

**T.C.  
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ERZURUM MERKEZ İLÇELERİNDEKİ ZEMİNLERİN STANDART  
PENETRASYON DENEYİ VERİLERİNDEN FAYDALANARAK  
SIVILAŞMA ANALİZLERİNİN YAPILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Şerafettin ÖZTÜRKOĞLU**

**NİSAN- 2018  
BAYBURT**



**ERZURUM MERKEZ İLÇELERİNDEKİ ZEMİNLERİN STANDART  
PENETRASYON DENEYİ VERİLERİNDEN FAYDALANARAK  
SIVILAŞMA ANALİZLERİNİN YAPILMASI**

**İnş. Müh. Şerafettin ÖZTÜRKOĞLU**

**Yüksek Lisans Tezi  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fatih YILMAZ**

**T.C.**  
**BAYBURT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ERZURUM MERKEZ İLÇELERİNDEKİ ZEMİNLERİN STANDART  
PENETRASYON DENEYİ VERİLERİNDEN FAYDALANARAK  
SIVILAŞMA ANALİZLERİNİN YAPILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Şerafettin ÖZTÜRKOĞLU**

**2018**  
**BAYBURT**  
**Her Hakkı Saklıdır**

TEZ ONAY SAYFASI

ERZURUM MERKEZ İLÇELERİNDEKİ ZEMİNLERİN STANDART  
PENETRASYON DENEYİ VERİLERİNDEN FAYDALANARAK  
SIVILAŞMA ANALİZLERİNİN YAPILMASI

Dr. Öğr. Üyesi Fatih YILMAZ danışmanlığında, Şerafettin ÖZTÜRKOĞLU tarafından hazırlanan bu tez çalışması 24/04/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Fahri Uluç ÖZBAYOĞLU..... İmza :

Üye : Doç. Dr. Erol ŞADOĞLU..... İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatih YILMAZ..... İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.

  
Prof. Dr. Metin UÇURUM  
Enstitü Müdür V.

Not: Bu tezde kullanılan ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bu çalışmada şahsıma ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

  
Şerafettin ÖZTÜRKOĞLU



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ERZURUM MERKEZ İLÇELERİNDEKİ ZEMİNLERİN STANDART PENETRASYON DENEYİ VERİLERİNDEN FAYDALANARAK SIVILAŞMA ANALİZLERİNİN YAPILMASI

Şerafettin ÖZTÜRKOĞLU

Bayburt Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fatih YILMAZ

Su ile etkileşim halinde olan zeminlerde deprem yüklerine bağlı olarak, oturma, çökme veya sıvılaşma gibi olumsuz durumlar ortaya çıkabilmektedir. Bu çalışmada Erzurum merkez ilçelerini oluşturan Aziziye, Palandöken ve Yakutiye ilçeleri zeminlerinin sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında, yapılaşmanın son yıllarda ivmeli bir artış gösterdiği ve yeraltı su seviyelerinin yüksek olduğu alanlardaki zeminlerin sıvılaşma potansiyelleri tespit edilmiş ve sıvılaşma şiddeti haritaları hazırlanmıştır.

Erzurum şehir merkezinin tamamı ikinci derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Şehir merkezi çevresinde birçok diri fay hattı bulunmaktadır. Erzurum merkez ilçeleri bu fay hatlarına yakındır ve olası bir depremde oldukça fazla etkilenebilecek potansiyelindedir. Dört aşamalı olarak planlanan bu yüksek lisans tez çalışmasının birinci aşamasında, SPT deneyi verileri yardımıyla çalışma alanındaki zeminlerin mühendislik özellikleri belirlenmiştir. İkinci aşamada, çalışma alanının sismik aktivitesi incelenerek ortaya çıkabilecek muhtemel depremleri temsil eden senaryo depremler tanımlanmıştır. Üçüncü aşamada, Seed ve Idriss (1971), Tokimatsu ve Yoshimi (1983) ve Iwasaki vd. (1981) yöntemleri kullanılarak zeminlerin sıvılaşma analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın son aşamasında Aziziye, Palandöken ve Yakutiye ilçeleri zeminlerinin sıvılaşma potansiyeli haritaları farklı deprem etkileri altında oluşturulmuştur.

**2018, 233 sayfa**

**Anahtar kelimeler:** Erzurum, sıvılaşma, SPT, deprem, sıvılaşma potansiyeli

## ABSTRACT

MSc. Thesis

### LIQUEFACTION ANALYSIS OF THE SOILS USING STANDARD PENETRATION TEST DATA IN THE CENTRAL DISTRICT OF ERZURUM

Şerafettin ÖZTÜRKOĞLU

Bayburt University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Civil Engineering

Supervisor: Lecturer PhD. Fatih YILMAZ

Depending on the earthquake loads on the soils interacting with water, unfavorable cases such as settlement, collapse or liquefaction can occur. In this study the liquefaction analyzes of the Aziziye, Palandöken and Yakutiye districts which constitute the central districts of Erzurum were carried out. Within the scope of the study, the liquefaction potentials of the soils in areas where construction has shown an accelerated increase in recent years and groundwater levels are high, have been determined and liquefaction intensity maps have been prepared.

Erzurum city center is located in the second degree earthquake zone. There are many active fault lines around the city center. Erzurum central districts are close to these fault lines and have the potential to be highly affected by a possible earthquake. In the first phase of this master thesis study, which was planned in four phases, engineering properties of soils in the study area were determined with the help of SPT experiment data. In the second phase, scenario earthquakes are described which represent potential earthquakes that may occur by examining the seismic activity of the study area. In the third phase, Seed and Idriss (1971), Tokimatsu and Yoshimi (1983) and Iwasaki et al. (1981) were used to analyze the liquefaction of soils. At the last phase of the study, the liquefaction potential maps of Aziziye, Palandöken and Yakutiye districts soils were prepared under different earthquake effects.

**2018, 233 pages**

**Keywords:** Erzurum, liquefaction, SPT, earthquake, liquefaction potential

## TEŞEKKÜR

Öncelikle kendileri büyük zahmetler içerisinde olmasına rağmen eğitimimizi her zaman destekleyen ve bunun için her türlü zorluğa katlanan anne ve babama teşekkürü borç bilirim.

Tanıştığım ilk günden beri beni her konuda destekleyen, bana yoldaş olan sevgili eşim Derya ÖZTÜRKOĞLU hanımefendiye teşekkür ederim.

2012 yılında başladığım yüksek lisans çalışmamda birçok aksama yaşanmasına rağmen çalışmamın tamamlanması için beni destekleyen ve teşviklerini esirgemeyen, danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Fatih YILMAZ'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmamda her konuda destek aldığım değerli mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Şerafettin ÖZTÜRKOĞLU

Nisan /2018



## İÇİNDEKİLER

|  |            |
|--|------------|
| <b>ÖZET</b> .....  | <b>i</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>ii</b>  |
| <b>TEŞEKKÜR</b> .....  | <b>iii</b> |
| <b>SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....                    | <b>vi</b>  |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....                                   | <b>ix</b>  |
| <b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....                                 | <b>xiv</b> |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....  | <b>1</b>   |
| 1.1 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı .....                           | 2          |
| <b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....                                | <b>3</b>   |
| 2.1 Literatür İncelemesi .....                                 | 3          |
| 2.2 Deprem.....  | 5          |
| 2.2.1 Sismik dalgalar.....                                     | 6          |
| 2.2.1.1 Cisim dalgaları .....                                  | 6          |
| 2.2.1.2 Yüzey dalgaları .....                                  | 8          |
| 2.2.2 Türkiye'nin depremselliği.....                           | 9          |
| 2.3 Sıvılaşmanın Tanımı ve Mekanizması.....                    | 9          |
| 2.3.1 Sıvılaşma mekanizması parametreleri.....                 | 12         |
| 2.3.2 Sıvılaşmadan kaynaklı zemin problemleri .....            | 16         |
| <b>3. MATERYAL ve YÖNTEMLER</b> .....                          | <b>20</b>  |
| 3.1 Materyal .....   | 20         |
| 3.1.1 İnceleme alanının coğrafi konum ve özellikleri.....      | 20         |
| 3.1.2 İnceleme alanının jeolojisi .....                        | 21         |
| 3.1.3 İnceleme alanının tektoniği .....                        | 22         |
| 3.2 Sıvılaşma Analizinde Kullanılan Deneyler.....              | 27         |
| 3.2.1 Standart Penetrasyon Deneyi .....                        | 27         |
| 3.2.1.1 SPT deneyi yapılışı .....                              | 29         |
| 3.2.1.2 SPT-N değerinin düzeltilmesi.....                      | 30         |
| 3.3 SPT Verilerine Göre Sıvılaşma Analizi .....                | 33         |
| 3.3.1 Seed ve Idriss (1971) yöntemi ile sıvılaşma analizi..... | 35         |
| 3.3.1.1 Devirsel gerilme oranının (CSR) hesaplanması.....      | 35         |
| 3.3.1.2 Devirsel direnç oranının (CRR) hesaplanması.....       | 36         |

|   |            |
|---|------------|
| 3.3.2 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemi ile sıvılaşma analizi.....      | 39         |
| 3.3.2.1 Devirsel gerilme oranının (CSR) hesaplanması.....                 | 39         |
| 3.3.2.2 Devirsel direnç oranının (CRR) hesaplanması.....                  | 40         |
| 3.3.3 Iwasaki vd. (1981) yöntemi ile sıvılaşma analizi.....               | 42         |
| 3.3.3.1 Devirsel gerilme oranının (CSR) hesaplanması.....                 | 42         |
| 3.3.3.2 Devirsel direnç oranının (CRR) hesaplanması.....                  | 43         |
| 3.4 Arazi Çalışmaları .....   | 45         |
| 3.5 Laboratuvar Çalışmaları.....  | 54         |
| <b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....</b>                                       | <b>68</b>  |
| 4.1 Sıvılaşma Analizlerinin Uygulanması.....                              | 68         |
| 4.1.1 Seed ve Idriss (1971) yöntemi .....                                 | 68         |
| 4.1.2 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemi .....                           | 122        |
| 4.1.3 Iwasaki vd. (1981) yöntemi .....                                    | 176        |
| 4.1.4 Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi ve haritalama yapılması ..... | 216        |
| <b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>                                      | <b>223</b> |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>  | <b>227</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>   |            |

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

|                |   |
|----------------|---|
| $a$            | : Devirsel direnç oranının hesabında kullanılan katsayı   |
| $\alpha$       | : İnce tane oranı düzeltme hesabında kullanılan katsayı   |
| $a_{\max}$     | : Maksimum yatay yeryüzü ivmesi   |
| $\beta$        | : İnce tane oranı düzeltme hesabında kullanılan katsayı   |
| $C_B$          | : Kuyu çapı düzeltme katsayısı  |
| $C_E$          | : Enerji oranı düzeltme katsayısı   |
| $C_N$          | : Efektif düşey basınç düzeltme katsayısı   |
| $C_R$          | : Tij uzunluğu düzeltme katsayısı   |
| $C_r$          | : Devirsel direnç oranını hesabında kullanılan katsayı  |
| $C_s$          | : Devirsel direnç oranını hesabında kullanılan katsayı  |
| $C_S$          | : Numune alma metodu katsayısı  |
| $D_{50}$       | : %50'den geçen (ortalama) dane çapı  |
| $D_r$          | : Rölatif sıkılık   |
| $E_x$          | : Kullanmak istenen enerji oranı  |
| $E_y$          | : Örnek alıcıya iletilen ortalama enerji oranı  |
| $E_R$          | : Enerji iletim oranı   |
| $g$            | : Yer çekimi ivmesi   |
| $LL$           | : Likit limit   |
| $M_s$          | : Yüzey dalgası büyüklüğü   |
| $M_w$          | : Deprem magnitudü  |
| $n$            | : Devirsel direnç oranının hesabında kullanılan katsayı   |
| $N$            | : Ölçülen SPT darbe sayısı  |
| $N_1$          | : Efektif düşey basınca göre düzeltilmiş SPT-N değeri   |
| $N_{60}$       | : %60 enerji oranı ve örtü gerilmesi düzeltilmesi yapılmış SPT-N değeri                         |
| $(N_1)_{60tk}$ | : %60 enerji oranı, örtü gerilmesi ve ince tane oranına göre düzeltilmesi yapılmış SPT-N değeri |
| $(N_1)_{80}$   | : %80 enerji oranı ve örtü gerilmesi düzeltilmesi yapılmış SPT-N değeri                         |
| $N_x$          | : Kullanmak istenen enerji oranına göre düzeltilmiş SPT-N sayısı                                |
| $N_y$          | : Arazide kaydedilen SPT- N sayısı  |
| $Pa$           | : Yaklaşık 100 kPa değerindeki referans gerilmesi   |

|                  |   |
|------------------|---|
| PL               | : Plastik limit   |
| P <sub>L</sub>   | : Sıvılaşma indeks sayısı                                   |
| Q <sub>al</sub>  | : Yeni alüvyon  |
| Q <sub>ale</sub> | : Eski alüvyon  |
| Q <sub>y</sub>   | : Yamaç molozu  |
| r <sub>d</sub>   | : Gerilme azaltma katsayısı                                 |
| r <sub>n</sub>   | : Deprem büyüklüğü düzeltme katsayısı                       |
| R <sub>e</sub>   | : Deprem odağına olan uzaklık (km)                          |
| S <sub>A</sub>   | : Maksimum yatay yeryüzü ivmesi hesabı için zemin katsayısı |
| S <sub>B</sub>   | : Maksimum yatay yeryüzü ivmesi hesabı için zemin katsayısı |
| SPT-N            | : Ölçülen SPT vuruş sayısı                                  |
| V <sub>p</sub>   | : Birincil kayma dalgası hızı                               |
| V <sub>s</sub>   | : İkincil kayma dalgası hızı                                |
| ω                | : Su muhtevası  |
| z                | : Derinlik  |
| ΔN <sub>f</sub>  | : İnce tane oranı düzeltme değişkeni                        |
| γ                | : Doğal birim hacim ağırlık                                 |
| σ <sub>vo</sub>  | : Düşey toplam gerilme                                      |
| σ' <sub>vo</sub> | : Düşey efektif gerilme                                     |

### Kısaltmalar

|                    |  |
|--------------------|--|
| BAF                | : Batı Anadolu Fay Hattı                             |
| CPT                | : Konik penetrasyon deneyi                           |
| CRR                | : Devirsel direnç oranı                              |
| CRR <sub>7,5</sub> | : 7,5 şiddetindeki deprem için devirsel direnç oranı |
| CSR                | : Devirsel gerilme oranı                             |
| CL                 | : Düşük plastisiteli kil                             |
| DAF                | : Doğu Anadolu Fay Hattı                             |
| GM                 | : Siltli çakıl                                       |
| GS                 | : Güvenlik sayısı                                    |
| GW-GM              | : İyi derecelenmiş çakıl-siltli çakıl                |
| İTO                | : İnce tane oranı                                    |
| KAF                | : Kuzey Anadolu Fay Hattı                            |

|     |                               |
|-----|-------------------------------|
| MH  | : Yüksek plastisiteli silt    |
| ML  | : Düşük plastisiteli silt     |
| MSF | : Magnitud düzeltme faktörü   |
| SC  | : Killi kum                   |
| SM  | : Siltli kum                  |
| SP  | : Kötü derecelenmiş kum       |
| SPT | : Standart penetrasyon deneyi |
| SW  | : İyi derecelenmiş kum        |



## ŞEKİLLER DİZİNİ

|   |    |
|---|----|
| Şekil 2.1 Deprem parametreleri .....  | 6  |
| Şekil 2.2 Zemin içinde hareket eden deprem dalgaları .....  | 6  |
| Şekil 2.3 P dalgası yayılımı .....  | 7  |
| Şekil 2.4 S dalgası yayılımı .....  | 8  |
| Şekil 2.5 Rayleigh dalgası yayılımı .....   | 8  |
| Şekil 2.6 Love dalgası yayılımı .....   | 9  |
| Şekil 2.7 Depremi neden olduğu makaslama yer değiştirmesiyle zemin<br>daneciklerinde sıvılaşma sürecinin gelişimi .....   | 10 |
| Şekil 2.8 (a) Zemin daneciklerinin deprem öncesi durumu (b) Zemin danecikleri<br>arası temas kuvvetleri (c) Boşluk suyu basıncının ani artışı sonucu taneler<br>arasındaki temas kuvvetlerinin ortadan kalkması ..... | 11 |
| Şekil 2.9 En kolay sıvılaşan ve potansiyel sıvılaşma eğilimine sahip zeminler için<br>dane çapı açısından sıvılaşma alt ve üst sınırlarını belirten dane çapı<br>dağılımı eğrileri .....                              | 14 |
| Şekil 2.10 Sıvılaşma riskinin rölatif sıklık oranı-boşluk oranı ve maksimum yeryüzü<br>ivmesi ile ilişkisi .....  | 15 |
| Şekil 2.11 Niigata 1964 depremi sıvılaşmaya uğramış zeminin yapılar üzerindeki<br>etkisi .....  | 17 |
| Şekil 2.12 Adapazarı 1999 depremi sıvılaşmaya uğramış zeminin yapılar üzerindeki<br>etkisi .....  | 17 |
| Şekil 2.13 Sıvılaşma sonucu hafif yapılarda görülen hasarlar .....  | 18 |
| Şekil 2.14 a) İstinat yapısı göçme şeması b) Kobe Japonya - 1995 depreminde<br>göçmüş bir istinat yapısı .....  | 18 |
| Şekil 2.15 Yanal yayılma olayının gösterimi ve bir örnek .....  | 19 |
| Şekil 2.16 Kum kaynaması olayı .....  | 19 |
| Şekil 3.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası .....  | 20 |
| Şekil 3.2 Erzurum şehir merkezi ve çevresini jeolojik haritası .....  | 22 |
| Şekil 3.3 Erzurum İl merkezi ve çevresinde bulunan fay hatları .....  | 23 |
| Şekil 3.4 SPT şeması .....  | 28 |
| Şekil 3.5 SPT yarılabilir örnek alıcı .....   | 29 |
| Şekil 3.6 Standart penetrasyon deneyi aşamaları .....   | 30 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Şekil 3.7</b> Farklı zemin tipleri için gerilme azaltma katsayısının derinliğe bağlı değişimini gösteren grafik ..... | 36  |
| <b>Şekil 3.8</b> İnceleme alanı lokasyon haritası.....   | 45  |
| <b>Şekil 3.9</b> Sondaj kuyusu dağılımı haritası .....   | 46  |
| <b>Şekil 3.10</b> 3,45 m derinliğindeki SPT-N değerinin sondaj kuyusu rakımına bağlı değişimi .....                      | 50  |
| <b>Şekil 3.11</b> 4,95 m derinliğindeki SPT-N değerinin sondaj kuyusu rakımına bağlı değişimi .....                      | 50  |
| <b>Şekil 3.12</b> 6,45 m derinliğindeki SPT-N değerinin sondaj kuyusu rakımına bağlı değişimi .....                      | 51  |
| <b>Şekil 3.13</b> İlkbahar başlangıcında Erzurum ovasından bir görüntü.....  | 54  |
| <b>Şekil 3.14</b> İnce taneli zeminlerin sıvılaşma potansiyeli .....   | 60  |
| <b>Şekil 3.15</b> Sıvılaşmaya karşı duyarlılık ölçütü .....  | 61  |
| <b>Şekil 4.1</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-01 sıvılaşma analizi grafiği .....                              | 73  |
| <b>Şekil 4.2</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-02 sıvılaşma analizi grafiği .....                              | 75  |
| <b>Şekil 4.3</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-03 sıvılaşma analizi grafiği .....                              | 77  |
| <b>Şekil 4.4</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-04 sıvılaşma analizi grafiği .....                              | 79  |
| <b>Şekil 4.5</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-05 sıvılaşma analizi grafiği .....                              | 81  |
| <b>Şekil 4.6</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-07 sıvılaşma analizi grafiği .....                              | 83  |
| <b>Şekil 4.7</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-08 sıvılaşma analizi grafiği .....                              | 85  |
| <b>Şekil 4.8</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-09 sıvılaşma analizi grafiği .....                              | 87  |
| <b>Şekil 4.9</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-10 sıvılaşma analizi grafiği .....                              | 89  |
| <b>Şekil 4.10</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-11 sıvılaşma analizi grafiği ...                               | 91  |
| <b>Şekil 4.11</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-14sıvılaşma analizi grafiği ....                               | 93  |
| <b>Şekil 4.12</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-15 sıvılaşma analizi grafiği ...                               | 95  |
| <b>Şekil 4.13</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-16 sıvılaşma analizi grafiği ...                               | 97  |
| <b>Şekil 4.14</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-17sıvılaşma analizi grafiği ....                               | 99  |
| <b>Şekil 4.15</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-18 sıvılaşma analizi grafiği .                                 | 101 |
| <b>Şekil 4.16</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-19 sıvılaşma analizi grafiği .                                 | 103 |
| <b>Şekil 4.17</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-20 sıvılaşma analizi grafiği .                                 | 105 |
| <b>Şekil 4.18</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-21 sıvılaşma analizi grafiği .                                 | 107 |
| <b>Şekil 4.19</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-22 sıvılaşma analizi grafiği .                                 | 109 |
| <b>Şekil 4.20</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-23 sıvılaşma analizi grafiği .                                 | 111 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Şekil 4.21</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-41 sıvılaşma analizi grafiği .          | 113 |
| <b>Şekil 4.22</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-42 sıvılaşma analizi grafiği .          | 115 |
| <b>Şekil 4.23</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-43 sıvılaşma analizi grafiği ..         | 117 |
| <b>Şekil 4.24</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-44 sıvılaşma analizi grafiği .          | 119 |
| <b>Şekil 4.25</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-46 sıvılaşma analizi grafiği .          | 121 |
| <b>Şekil 4.26</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-01 sıvılaşma analiz grafiği ..... | 127 |
| <b>Şekil 4.27</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-02 sıvılaşma analiz grafiği ..... | 129 |
| <b>Şekil 4.28</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-03 sıvılaşma analiz grafiği ..... | 131 |
| <b>Şekil 4.29</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-04 sıvılaşma analiz grafiği ..... | 133 |
| <b>Şekil 4.30</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-05 sıvılaşma analiz grafiği ..... | 135 |
| <b>Şekil 4.31</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-07 sıvılaşma analiz grafiği ..... | 137 |
| <b>Şekil 4.32</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-08 sıvılaşma analiz grafiği ..... | 139 |
| <b>Şekil 4.33</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-09 sıvılaşma analiz grafiği ..... | 141 |
| <b>Şekil 4.34</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-10 sıvılaşma analiz grafiği ..... | 143 |
| <b>Şekil 4.35</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-11 sıvılaşma analiz grafiği ..... | 145 |
| <b>Şekil 4.36</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-14 sıvılaşma analiz grafiği ..... | 147 |
| <b>Şekil 4.37</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-15 sıvılaşma analiz grafiği ..... | 149 |
| <b>Şekil 4.38</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-16 sıvılaşma analiz grafiği ..... | 151 |
| <b>Şekil 4.39</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-17 sıvılaşma analiz grafiği ..... | 153 |



|  |     |
|--|-----|
| <b>Şekil 4.40</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-18 sıvılaştırma analiz grafiği ..... | 155 |
| <b>Şekil 4.41</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-19 sıvılaştırma analiz grafiği ..... | 157 |
| <b>Şekil 4.42</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-20 sıvılaştırma analiz grafiği ..... | 159 |
| <b>Şekil 4.43</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-21 sıvılaştırma analiz grafiği ..... | 161 |
| <b>Şekil 4.44</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-22 sıvılaştırma analiz grafiği ..... | 163 |
| <b>Şekil 4.45</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-23 sıvılaştırma analiz grafiği ..... | 165 |
| <b>Şekil 4.46</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-41 sıvılaştırma analiz grafiği ..... | 167 |
| <b>Şekil 4.47</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-42 sıvılaştırma analiz grafiği ..... | 169 |
| <b>Şekil 4.48</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-43 sıvılaştırma analiz grafiği ..... | 171 |
| <b>Şekil 4.49</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-44 sıvılaştırma analiz grafiği ..... | 173 |
| <b>Şekil 4.50</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-46 sıvılaştırma analiz grafiği ..... | 175 |
| <b>Şekil 4.51</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-01 sıvılaştırma analiz grafiği .....          | 180 |
| <b>Şekil 4.52</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-02 sıvılaştırma analiz grafiği .....          | 182 |
| <b>Şekil 4.53</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-03 sıvılaştırma analiz grafiği .....          | 183 |
| <b>Şekil 4.54</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-04 sıvılaştırma analiz grafiği .....          | 185 |
| <b>Şekil 4.55</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-05 sıvılaştırma analiz grafiği .....          | 187 |
| <b>Şekil 4.56</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-08 sıvılaştırma analiz grafiği .....          | 188 |
| <b>Şekil 4.57</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-09 sıvılaştırma analiz grafiği .....          | 190 |
| <b>Şekil 4.58</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-10 sıvılaştırma analiz grafiği .....          | 191 |
| <b>Şekil 4.59</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-11 sıvılaştırma analiz grafiği .....          | 193 |
| <b>Şekil 4.60</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-14 sıvılaştırma analiz grafiği .....          | 195 |
| <b>Şekil 4.61</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-15 sıvılaştırma analiz grafiği .....          | 196 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Şekil 4.62</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-16 sıvılaşma analiz grafiği .....                                       | 198 |
| <b>Şekil 4.63</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-17 sıvılaşma analiz grafiği .....                                       | 199 |
| <b>Şekil 4.64</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-18 sıvılaşma analiz grafiği .....                                       | 201 |
| <b>Şekil 4.65</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-19 sıvılaşma analiz grafiği .....                                       | 202 |
| <b>Şekil 4.66</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-20 sıvılaşma analiz grafiği .....                                       | 204 |
| <b>Şekil 4.67</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-21 sıvılaşma analiz grafiği .....                                       | 205 |
| <b>Şekil 4.68</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-22 sıvılaşma analiz grafiği .....                                       | 207 |
| <b>Şekil 4.69</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-01 sıvılaşma analiz grafiği .....                                       | 209 |
| <b>Şekil 4.70</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-41 sıvılaşma analiz grafiği .....                                       | 210 |
| <b>Şekil 4.71</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-43 sıvılaşma analiz grafiği .....                                       | 212 |
| <b>Şekil 4.72</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-44 sıvılaşma analiz grafiği .....                                       | 213 |
| <b>Şekil 4.73</b> Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-46 sıvılaşma analiz grafiği .....                                       | 215 |
| <b>Şekil 4.74</b> M=6,5 deprem büyüklüğünde Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre<br>sıvılaşma potansiyeli haritası .....       | 218 |
| <b>Şekil 4.75</b> M=7,0 deprem büyüklüğünde Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre<br>sıvılaşma potansiyeli haritası .....       | 219 |
| <b>Şekil 4.76</b> M=7,5 deprem büyüklüğünde Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre<br>sıvılaşma potansiyeli haritası .....       | 219 |
| <b>Şekil 4.77</b> M=6,0 deprem büyüklüğünde Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine<br>göre sıvılaşma potansiyeli haritası ..... | 220 |
| <b>Şekil 4.78</b> M=6,5 deprem büyüklüğünde Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine<br>göre sıvılaşma potansiyeli haritası ..... | 220 |
| <b>Şekil 4.79</b> M=7,0 deprem büyüklüğünde Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine<br>göre sıvılaşma potansiyeli haritası ..... | 221 |
| <b>Şekil 4.80</b> M=7,5 deprem büyüklüğünde Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine<br>göre sıvılaşma potansiyeli haritası ..... | 221 |
| <b>Şekil 4.81</b> M=7,0 deprem büyüklüğünde Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre<br>sıvılaşma potansiyeli haritası .....          | 222 |
| <b>Şekil 4.82</b> M=7,5 deprem büyüklüğünde Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre<br>sıvılaşma potansiyeli haritası .....          | 222 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|  |    |
|--|----|
| Çizelge 3.1 Erzurum ve çevresinde oluşan tarihsel depremler .....                                    | 24 |
| Çizelge 3.2 Erzurum ve çevresinde 1900-2004 yılları arası yaşanan ( $M_s > 5,0$ )<br>depremler ..... | 25 |
| Çizelge 3.3 SPT deneyinin avantaj ve dezavantajları .....  | 28 |
| Çizelge 3.4 Şahmerdan ve düşürme yöntemine göre enerji iletim oranları .....                         | 32 |
| Çizelge 3.5 SPT-N düzeltme katsayıları .....   | 33 |
| Çizelge 3.6 $\Delta N_f$ 'in ince tane oranı oranına göre hesaplanması .....                         | 41 |
| Çizelge 3.7 Farklı zemin türleri için hacim ağırlıkları ve ortalama tane çapı .....                  | 43 |
| Çizelge 3.8 Aziziye ilçesi için derinliğe göre SPT-N değerleri .....                                 | 47 |
| Çizelge 3.9 Yakutiye ilçesi için derinliğe göre SPT-N değerleri .....                                | 48 |
| Çizelge 3.10 Palandöken ilçesi için derinliğe göre SPT-N değerleri .....                             | 49 |
| Çizelge 3.11 Aziziye ilçesi yer altı suyu seviyesi çizelgesi .....                                   | 52 |
| Çizelge 3.12 Yakutiye ilçesi yer altı suyu seviyesi çizelgesi .....                                  | 52 |
| Çizelge 3.13 Palandöken ilçesi yer altı suyu seviyesi çizelgesi .....                                | 53 |
| Çizelge 3.14 Aziziye ilçesi zemin geoteknik özellikleri .....  | 55 |
| Çizelge 3.15 Silt ve kil içeren kumların sınıflandırılabilirliği .....                               | 59 |
| Çizelge 3.16 Yakutiye ilçesi zemin geoteknik özellikleri .....                                       | 62 |
| Çizelge 3.17 Palandöken ilçesi zemin geoteknik özellikleri .....                                     | 66 |
| Çizelge 4.1 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-01 analiz sonuçları .....                        | 72 |
| Çizelge 4.2 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-02 analiz sonuçları .....                        | 74 |
| Çizelge 4.3 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-03 analiz sonuçları .....                        | 76 |
| Çizelge 4.4 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-04 analiz sonuçları .....                        | 78 |
| Çizelge 4.5 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-05 analiz sonuçları .....                        | 80 |
| Çizelge 4.6 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-07 analiz sonuçları .....                        | 82 |
| Çizelge 4.7 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-08 analiz sonuçları .....                        | 84 |
| Çizelge 4.8 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-09 analiz sonuçları .....                        | 86 |
| Çizelge 4.9 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-10 analiz sonuçları .....                        | 88 |
| Çizelge 4.10 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-11 analiz sonuçları .....                       | 90 |
| Çizelge 4.11 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-14 analiz sonuçları .....                       | 92 |
| Çizelge 4.12 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-15 analiz sonuçları .....                       | 94 |
| Çizelge 4.13 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-16 analiz sonuçları .....                       | 96 |
| Çizelge 4.14 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-17 analiz sonuçları .....                       | 98 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Çizelge 4.15</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-18 analiz sonuçları.....       | 100 |
| <b>Çizelge 4.16</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-19 analiz sonuçları.....       | 102 |
| <b>Çizelge 4.17</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-20 analiz sonuçları.....       | 104 |
| <b>Çizelge 4.18</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-21 analiz sonuçları.....       | 106 |
| <b>Çizelge 4.19</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-22 analiz sonuçları.....       | 108 |
| <b>Çizelge 4.20</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-23 analiz sonuçları.....       | 110 |
| <b>Çizelge 4.21</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-41 analiz sonuçları.....       | 112 |
| <b>Çizelge 4.22</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-42 analiz sonuçları.....       | 114 |
| <b>Çizelge 4.23</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-43 analiz sonuçları.....       | 116 |
| <b>Çizelge 4.24</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-44 analiz sonuçları.....       | 118 |
| <b>Çizelge 4.25</b> Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-46 analiz sonuçları.....       | 120 |
| <b>Çizelge 4.26</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-01 analiz sonuçları..... | 126 |
| <b>Çizelge 4.27</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-02 analiz sonuçları..... | 128 |
| <b>Çizelge 4.28</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-03 analiz sonuçları..... | 130 |
| <b>Çizelge 4.29</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-04 analiz sonuçları..... | 132 |
| <b>Çizelge 4.30</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-05 analiz sonuçları..... | 134 |
| <b>Çizelge 4.31</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-07 analiz sonuçları..... | 136 |
| <b>Çizelge 4.32</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-08 analiz sonuçları..... | 138 |
| <b>Çizelge 4.33</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-09 analiz sonuçları..... | 140 |
| <b>Çizelge 4.34</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-10 analiz sonuçları..... | 142 |
| <b>Çizelge 4.35</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-11 analiz sonuçları..... | 144 |
| <b>Çizelge 4.36</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-14 analiz sonuçları..... | 146 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Çizelge 4.37</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-15 analiz sonuçları..... | 148 |
| <b>Çizelge 4.38</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-16 analiz sonuçları..... | 150 |
| <b>Çizelge 4.39</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-17 analiz sonuçları..... | 152 |
| <b>Çizelge 4.40</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-18 analiz sonuçları..... | 154 |
| <b>Çizelge 4.41</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-19 analiz sonuçları..... | 156 |
| <b>Çizelge 4.42</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-20 analiz sonuçları..... | 158 |
| <b>Çizelge 4.43</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-21 analiz sonuçları..... | 160 |
| <b>Çizelge 4.44</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-22 analiz sonuçları..... | 162 |
| <b>Çizelge 4.45</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-23 analiz sonuçları..... | 164 |
| <b>Çizelge 4.46</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-41 analiz sonuçları..... | 166 |
| <b>Çizelge 4.47</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-42 analiz sonuçları..... | 168 |
| <b>Çizelge 4.48</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-43 analiz sonuçları..... | 170 |
| <b>Çizelge 4.49</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-44 analiz sonuçları..... | 172 |
| <b>Çizelge 4.50</b> Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-46 analiz sonuçları..... | 174 |
| <b>Çizelge 4.51</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-01 analiz sonuçları .....            | 180 |
| <b>Çizelge 4.52</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-02 analiz sonuçları .....            | 181 |
| <b>Çizelge 4.53</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-03 analiz sonuçları .....            | 183 |
| <b>Çizelge 4.54</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-04 analiz sonuçları .....            | 184 |
| <b>Çizelge 4.55</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-05 analiz sonuçları .....            | 186 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Çizelge 4.56</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-08 analiz sonuçları .....  | 188 |
| <b>Çizelge 4.57</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-09 analiz sonuçları .....  | 189 |
| <b>Çizelge 4.58</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-10 analiz sonuçları .....  | 191 |
| <b>Çizelge 4.59</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-11 analiz sonuçları .....  | 192 |
| <b>Çizelge 4.60</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-14 analiz sonuçları .....  | 194 |
| <b>Çizelge 4.61</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-15 analiz sonuçları .....  | 196 |
| <b>Çizelge 4.62</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-16 analiz sonuçları .....  | 197 |
| <b>Çizelge 4.63</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-17 analiz sonuçları .....  | 199 |
| <b>Çizelge 4.64</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-18 analiz sonuçları .....  | 200 |
| <b>Çizelge 4.65</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-19 analiz sonuçları .....  | 202 |
| <b>Çizelge 4.66</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-20 analiz sonuçları .....  | 203 |
| <b>Çizelge 4.67</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-21 analiz sonuçları .....  | 205 |
| <b>Çizelge 4.68</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-22 analiz sonuçları .....  | 206 |
| <b>Çizelge 4.69</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-23 analiz sonuçları .....  | 208 |
| <b>Çizelge 4.70</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-41 analiz sonuçları .....  | 210 |
| <b>Çizelge 4.71</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-43 analiz sonuçları .....  | 211 |
| <b>Çizelge 4.72</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-44 analiz sonuçları .....  | 213 |
| <b>Çizelge 4.73</b> Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-46 analiz sonuçları .....  | 214 |
| <b>Çizelge 4.74</b> Iwasaki vd. (1982), tarafından önerilen sınıflama indeksine göre<br>potansiyel sınıflandırılması .....         | 217 |
| <b>Çizelge 4.75</b> Sönmez ve Gökçeoğlu (2005), tarafından önerilen sınıflama indeksine<br>göre potansiyel sınıflandırılması ..... | 217 |

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun sürekli artması ve ilerleyen teknolojik gelişmelere bağlı olarak insanların yaşam standartları gün geçtikçe değişim göstermekte ve yeni arayışlar ortaya çıkmaktadır. Bu değişim sonucunda insanoğlu barınma amaçlı basit yapıların yanı sıra eğitim, sağlık, kültür, spor, işyeri, otel gibi nitelikli binalara ihtiyaç duymuşlardır. Gelişen ve büyüyen şehirlerin ihtiyaçlarını karşılayacak alt yapı sistemleri, ulaşım yolları, enerji hatları, su hatları ve depolama sistemleri ihtiyaç duyulan diğer mühendislik yapılarından. Yapıların geçmişten günümüze kadar yapılmış çalışmalar ışığında emniyetli, ekonomik ve estetik olarak projelerini tasarlamak ve uygulamasını yapmak mühendisliğin esas görevini teşkil etmektedir.

Depremler, yağmur, sel, fırtına, yangın gibi önceden tahmin edilebilen veya bir şekilde kendisinden kaçabildiğimiz doğal afetlerden değildir. Ülkemizde yaşanan büyük afetleri sıralayacak olursak; Erzincan, Erzurum ve Marmara depremleri istemsiz olarak aklımıza gelecektir. Çünkü bu depremler ulusumuzu sarsan büyük hasarlara neden olmuştur. Özellikle gece sularında meydana gelen Marmara depremi hafızalarımızdaki yerini korumaktadır. Öyle ki bu depremi yaşayan insanların birçoğu halen yaşadıkları travmanın etkisi ile çok katlı binalara girmekten kaçınılmaktadırlar. Bu ve buna benzer birçok depremde, depreme dayanıksız binaların yıkılmasının yanı sıra, depremin tetiklemeyle başlayan zemin sıvılaşması sonucu yapıların çerçeve sistemlerinde büyük hasarlar oluşmaksızın devrilmelerin, yan yatma ve batma gibi olayların meydana geldiği görülmüştür. Bu gibi olaylar ise, zemin sıvılaşma analizlerinin yapılmasının ne derece önemli olduğunu oraya koymaktadır.

Yapı tasarımı; kullanım amacı, iklim şartları, tarihsel doku, kültürel ve estetik kaygılar gibi birçok değişkene bağlıdır. Tasarımın en önemli bileşenlerinden biri ise, yapı temelinin taşıyan zeminin mühendislik özelliklerinin belirlenmesidir. Proje sahalarının zemin özelliklerini incelemek yapılardaki sabit yüklerden kaynaklı oluşabilecek hasarların önceden tespiti ve engellenmesi ayrıca deprem etkisi

altındaki binalar için ön görülen minimum performans hedeflerine ulaşabilmek için gerçekçi ve ekonomik tasarımlar yapmamıza yardımcı olur.

### **1.1 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı**

Erzurum Kuzey Doğu Anadolu fay hattı üzerinde yer almaktadır. Aktif fay yoğunluğu sebebi ile tarihsel ve aletsel dönemde Erzurum çok sık yıkıcı depremlerin meydana geldiği bir bölgedir (MTA-2, 2004). Yaşanılan bu depremlere rağmen Erzurum ilinde zeminlerin sıvılaşması üzerine detaylı bir çalışma yapılmadığı görülmektedir.

Bu çalışma kapsamında Erzurum şehir merkezini oluşturan özellikle yapılaşmanın son yıllarda ivmeli bir artış gösterdiği Aziziye, Palandöken, Yakutiye ilçelerinde yer altı su seviyelerinin sığ olduğu alanlardaki zeminlerin, mekanik ve geoteknik özelliklerine ulaşarak deprem etkisi ile oluşabilecek sıvılaşma potansiyelleri tespit edilmiştir. Seçilen senaryo deprem büyüklüklerine göre, devirsel gerilme yaklaşımına dayanan üç farklı analiz yöntemi (Seed ve Idriss (1971), Tokimatsu ve Yoshimi (1983) ve Iwasaki vd. (1981)) kullanılarak tespit edilen tüm deprem büyüklüklerin etkisi altında sıvılaşma potansiyeli haritaları hazırlanmıştır.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1 Literatür İncelemesi

Casagrande (1936) tarafından yapılan çalışma sıvılaşma konusu için öncü çalışma olarak gösterilmektedir. Kritik boşluk oranı olarak bilinen bu çalışmaya göre kesme gerilmesi uygulanan sıkı kumlar hacimsel olarak genişleme, gevşek kumlar ise daralma gösterirler. Casagrande'ye göre, kum zeminler öyle bir boşluk oranına sahip olabilir ki, kesme gerilmesi uygulandığında drenajlı şartlarda hacimsel olarak değişme olmazken, drenajsız şartlarda ise boşluk suyu basıncı değişmez. Casagrande 1938 tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise kritik boşluk oranının çevre basıncına göre değiştiğini belirlemiştir (Seed ve Lee, 1966).

Sıvılaşma terimi ise ilk olarak Mogomi ve Kubo (1953) tarafından kohezyonsuz zeminlerde drenajsız, dengesiz ve tekrarlı örselenmeden kaynaklanan zemin deformasyonlarını tanımlamak için kullanılmıştır.

1960'lı ve 1970'li yıllarda Harry Bolton Seed ve meslektaşlarının yaptığı çalışmalar sıvılaşma konusunun açıklanmasında önemli rol oynamıştır. Bu çalışmalar sonucunda sıvılaşmanın devirsel gerilmeler altında olduğu tespit edilmiştir. Zeminlerin sıvılaşma potansiyeli hesabı, deprem büyüklüğü ve depremden kaynaklı kayma gerilmelerinin tekrar sayısını dikkate alan hesaplama yöntemi oluşturmuştur. Basitleştirilmiş yöntem olarak isimlendirilen bu yöntem günümüzde sıvılaşma analizlerinde standart haline gelmiştir (Şen, 2010).

Wang (1979), Çin'de meydana gelen 1975 Haicheng ve 1976 Tangshan depremlerinde zemin yenilmeleri oluşan ince taneli çökel istifler üzerinde yaptığı araştırmalar sonucunda, ince tane içeren zeminlerin sıvılaşma şartlarını gösteren "Çin Ölçütü"nü geliştirmiştir.

Youd vd. 2001 yılında 21 araştırmacı ile birlikte sıvılaşma analizinde kullanılacak SPT-N değerine bağlı devirsel direnç oranının hesaplanması için ortak bir bağıntı

geliştirmişlerdir. Bu bağıntı ile zeminlerin farklı büyüklükteki deprem etkisi altında oluşacak sıvılaşma potansiyellerinin de belirlenebilmesi için, Idriss (1995) tarafından önerilen magnitüd düzeltme faktörü yeniden düzenlemişlerdir (Uyanık, 2002).

Çavuş (2004), gevşek kum depozitlerinin sıvılaşma potansiyellerini sıvılaşmada etkili birkaç arazi verisine dayanarak bulanık mantık modelleme yöntemine ile hesaplamıştır.

Şaylan (2006), Erzincan ilinde seçmiş olduğu çalışma alanının sismik ve DES verilerini kullanarak Poisson oran,  $V_p$  ve  $V_s$  haritalarını hazırlamış, bu verilerden faydalanarak çalışma alanının sıvılaşma potansiyelini belirlemiştir.

Tonaroğlu (2006), zeminlerin sıvılaşmasını sağlayan etkenlere ve mekanizmaları LASS III bilgisayar programını kullanarak açıklık getirmeyi hedeflemiştir. Gerçekleştirdiği analizler sonucunda yüksek geçirgenliğe sahip kumların, sarsıntı şiddeti ve tekrar derecesinden bağımsız olarak sıvılaşmadığını tespit etmiştir. Ayrıca bu çalışmada sıvılaşma derinliği seviyesi yer sarsıntılarının tek yönlü veya iki yönlü olması durumlarına göre incelemiştir. Çalışma sonucunda zemin hareketleri, tek yönlü ise sıvılaşma derinliğinin 10 metreyi aşmadığı, iki yönlü ise 15 metreyi aştığı tespit edilmiştir.

Yalçın vd. (2008), SPT verilerini kullanarak Aksaray ili şehir merkezi için sıvılaşma şiddeti haritalarını hazırlamıştır.

Şen ve Akyol (2010), kumlu zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde genetik algoritma yaklaşımını geliştirmişlerdir. Sıvılaşma analizlerinde koni penetrasyon testi (CPT) verilerinden faydalanmışlardır.

Özsoy (2012), Antalya ili Kundu bölgesinde zeminlerin geoteknik teknik özelliklerini arazi ve laboratuvar deneyleri ile araştırmıştır. 10 adet 20 metre derinliğinde sondaj kuyusu açarak her 1,5 metrede bir numune almıştır. Toplam 487 adet SPT verisi ile analiz yaparak bölgenin sıvılaşma indeksini gösteren tematik haritalar hazırlamıştır.

Topçu (2015) yaptığı çalışmada, Kızılırmak nehri yatağına inşa edilen Kargı Hidroelektrik Barajı gövdesinin oturacağı alanın zeminini güçlendirmek amacıyla

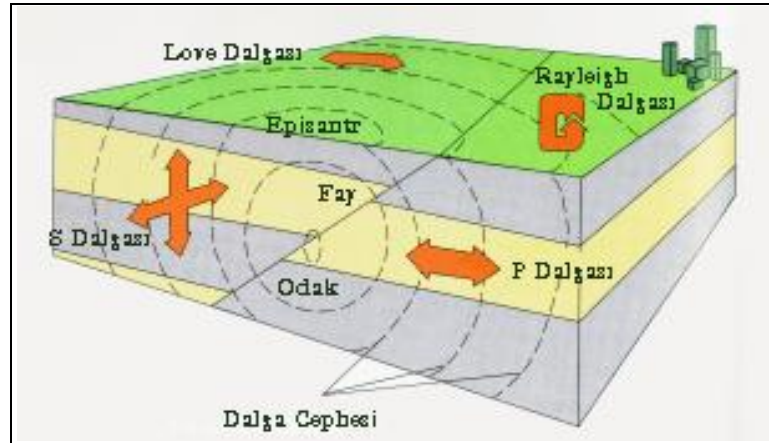
yapılan taş kolon uygulamasının ve bulamaç hendeğinin sıvılaşma açısından durumunu incelemiştir. Bu amaçla baraj gövdesinin oturacağı alan ve bulamaç hendeği Yeraltı Radarı (GPR) ile taranmıştır.

## 2.2 Deprem

Depremlerin büyük çoğunluğu yer kabuğunu oluşturan plakaların birbirleri ile etkileşim halinde oldukları sınır bölgelerinde meydana gelmektedir. Levhalar arasında hareketlerini engelleyen sürtünme kuvvetleri vardır. Bir plakanın hareket edebilmesi ancak bu sürtünme kuvvetini aşacak gerilmeye sahip olması ile mümkündür. Başka bir deyiş ile birbirleri arasındaki sürtünme kuvvetini aşacak kadar gerilmeye maruz kalan plaka hareket eder. Bu hareket çok kısa bir sürede tamamlanır ve şok niteliğindedir. Bu hareketin sonucunda çok uzaklara da yayılabilen deprem dalgaları oluşur (Onur, 2007).

Celep ve Kumbasar. (2001), depremin oluşumunu şu şekilde tanımlamıştır; yer kabuğunu oluşturan plakalar, sınır bölgelerinde birbirlerine göre, çarpışma veya kayma hareketleri yaparlar. Bu hareketlerin oluşturduğu gerilmelerin yanı sıra yer kabuğunun altında akışkan halde bulunan magma, soğuma ve benzeri nedenlerle yer kabuğunda gerilmelere neden olur. Yer kabuğunda artan bu gerilmeler plakaların, fay çizgileri üzerinde veya belirli zayıf bölgelerde taşıma gücünü (harekete karşı koyan sürtünme kuvvetini) aşarak ani bir kayma yapmasına neden olur. Yer kabuğunda meydana gelen bu kayma olayının, sismik dalga hareketleri ile yeryüzünde oluşturduğu titreşimler deprem olarak algılanır.

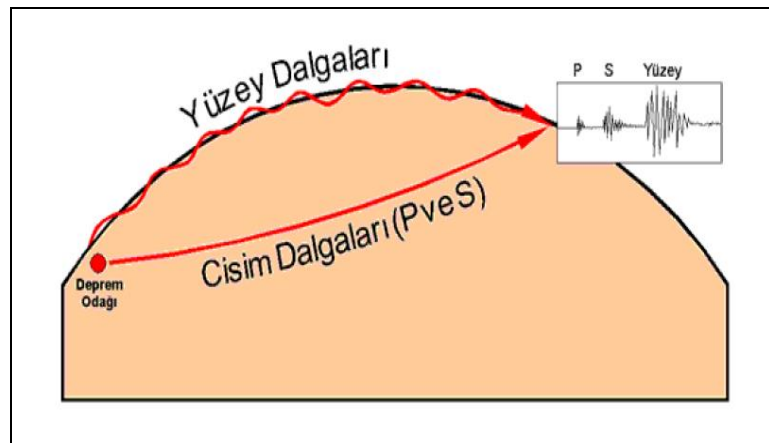
Yerkabuğunda fay adı verilen zayıf düzlemler vardır. Levha hareketleri nedeniyle yerkabuğunun değişik bölgelerinde oluşan gerilmeler bu zayıf düzlemler boyunca, taşıma gücü değerini geçecek kadar arttığında, kaya mevcut fay düzlemleri boyunca veya yeni bir fay oluşturacak şekilde kırılır. Kırılma ya da kaymanın başladığı noktaya deprem odağı (hiposantr), bu noktanın düşeyde yeryüzü üzerindeki izdüşümü noktasına ise yüzey merkezi (episantr) denmektedir (Tonaroğlu, 2006). Şekil 2.1'de literatürde deprem parametreleri olarak adlandırılan bazı kavramlar gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Deprem parametreleri (Onur, 2007)

### 2.2.1 Sismik dalgalar

Faylarda veya kayaçlarda oluşan kırılma, biriken gerilmelerin boşalmasına neden olur. Bu gerilme boşalımı ile birlikte açığa çıkan enerji sismik dalgaların oluşmasına sebep olur. Sismik dalgalar cisim ve yüzey dalgaları olmak üzere iki ana başlık altında incelenmektedir (Tonaroğlu, 2006). Şekil 2.2'de zemin içinde hareket eden deprem dalgaları gösterilmiştir.



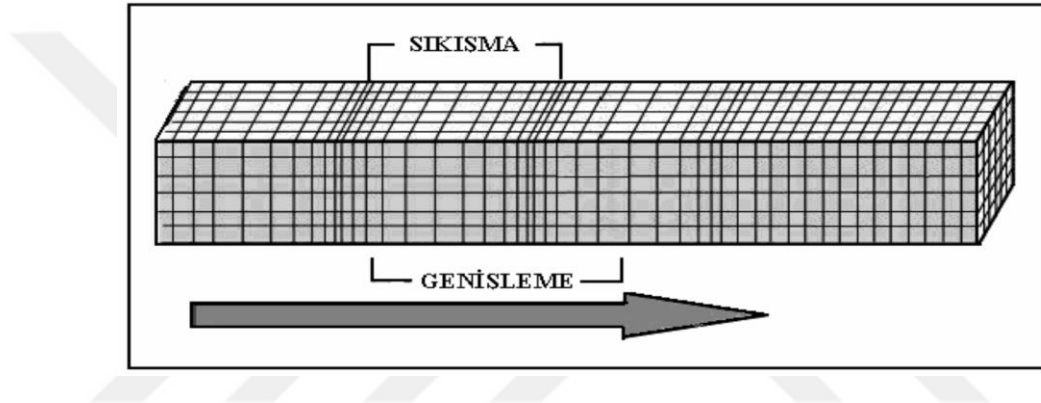
Şekil 2.2 Zemin içinde hareket eden deprem dalgaları

#### 2.2.1.1 Cisim dalgaları

Cisim dalgaları, deprem odağından tüm yönlere doğru yer kabuğu içerisinde yayılarak ilerler. Cisim dalgaları, birincil (P) ve ikincil (S) dalgalar olmak üzere ikiye ayrılır.

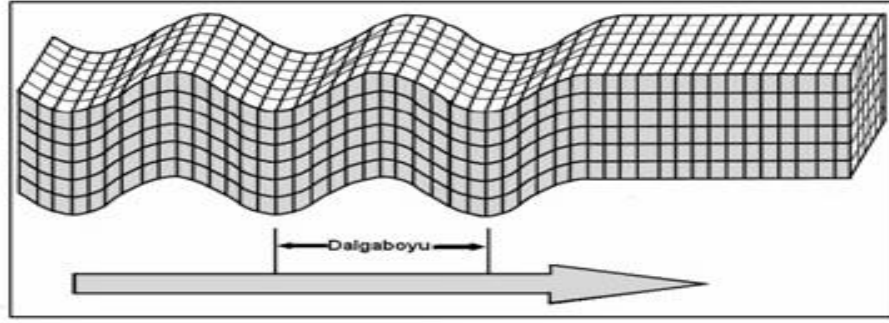
P dalgası depremlerin ölçülmesi için yerleştirilen sismometrelere ulaşan ilk sismik dalga olması ve yayıldıkları zeminlere uygulamış olduğu etkiden dolayı birincil, baskı ve boyuna dalgalar olarak adlandırılır. Bu dalgaların titreşim hareketleri yayılma doğrultusu yönündedir.

P dalgaları, yayılımı sırasında, geçtiği ortamın partiküllerini dalganın yayılım doğrultusunda hareket ettirir (Şekil 2.3). Bu dalgalar hem katı hem sıvı ortamlarda yayılırlar ve geçtikleri zeminlerde hacimsel değişimlere neden olurlar (Tonaroğlu, 2006).



Şekil 2.3 P dalgası yayılımı (Reynolds, 1997)

S dalgaları, P dalgalarına göre daha yavaş yayılması ve yayıldıkları zeminlerin yayılma doğrultusuna dik hareket ettirmesi nedeni ile geçtikleri ortamlara çok büyük zarar verir. S dalgaları sadece katı ortamlarda yayılabilirler, sıvı ortamlarda yayılamazlar. Zemin tabakalarından geçen S dalgalarının hızı tespit edilebilirse zemin parametreleri hakkında bilgi edinebiliriz. Örneğin S dalgası hızına bakılarak kayaçların sıklık oranları tespit edilebilir (Tonaroğlu, 2006). Şekil 2.4'te S dalgalarının yayılımı gösterilmiştir.

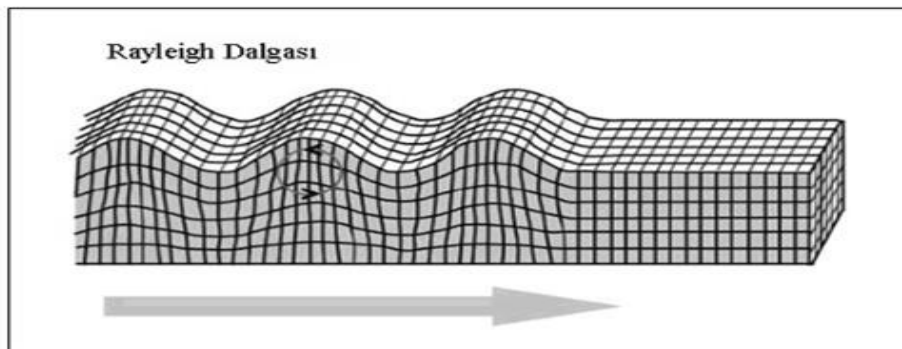


**Şekil 2.4** S dalgası yayılımı (Reynolds, 1997)

### 2.2.1.2 Yüzey dalgaları

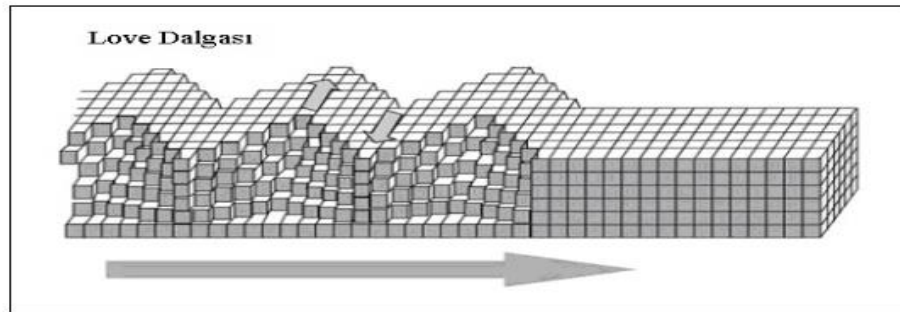
Yüzey dalgaları, serbest ara yüzeylerde cisim dalgalarının değişimi sonucu oluşurlar ve yer-hava ara yüzeyinde yayılım yapabilirler (Shearer, 1999). Yüzey dalgaları, yerin serbest yüzeyi boyunca ve sadece yeryüzüne paralel bir yörünge üzerinde yayılırlar. Rayleigh ve Love dalgaları olmak üzere iki başlığa ayrılırlar (Babacan, 2007).

Rayleigh dalgaları göle atılmış bir taşın oluşturduğu dalgalara benzetilebilir. Rayleigh dalgaları yayıldıkları zemin taneciklerini hem düşey hem de yatay olarak hareket ettirir (Grit, 2014). Rayleigh dalgaları, içerisinde yayıldıkları zemin taneciklerini üst kısmındaki hareket yönü yayılma doğrultusuna ters olan bir elips şeklinde hareket ettirirler (Telford, vd. 1990). Şekil 2.5'te Rayleigh dalgası yayılımı gösterilmiştir.



**Şekil 2.5** Rayleigh dalgası yayılımı (Ünüçok, 2007)

Love dalgaları, içinden geçtikleri zemin taneciklerini yer yüzeyine paralel şekilde ve enlemesine hareket ettirirler (Telford, vd. 1990). Şekil 2.6'da Love dalgası yayılımı gösterilmiştir.



**Şekil 2.6** Love dalgası yayılımı (Ünüçok, 2007)

### 2.2.2 Türkiye'nin depremselliği

Türkiye, üzerinde aktif fay hatlarının bulunmasından dolayı dünyada en sık depremlerin yaşandığı ülkelerden birisidir. Bunun nedeni, dünya üzerindeki coğrafi konumundan ötürü çevredeki birçok levha tarafından sıkıştırılmasıdır. Meydana gelen bu sıkıştırma sonucu üzerinde üç büyük fay hattı meydana gelmiştir. Bunlar Kuzey Anadolu Fay Hattı (KAF), Doğu Anadolu Fay Hattı (DAF), ve Batı Anadolu Fay Hattı (BAF)'dır. Türkiye'nin sismik açıdan aktif bir ülke olmasından dolayı meydana gelen şiddetli depremler ülkede bulunan yapı stoğu kalitesi ile de alakalı olarak birçok insanın ölümüne sebebiyet vermiştir (Toy, 2016).

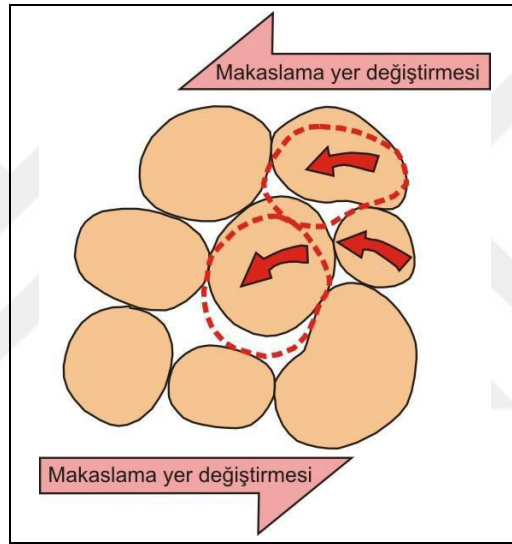
Deprem titreşimlerine maruz kalan bölgelerde, yapı ve zemin türüne, bölgenin bir su kütlesine yakın olup olmamasına, yeraltı su seviyesinin yüksekliği gibi etkenlere bağlı olarak aşırı ve/veya farklı oturmalar, taşıma gücü kaybı, şev kaymaları, sıvılaşma, istinat yapılarına gelen yanal yüklerin büyümesi ve deprem hareketinin zemin tarafından büyütülmesi gibi tehlikeli sonuçlar doğuran problemler meydana gelebilmektedir (Tonaroğlu, 2006). Bu çalışma kapsamında zemin sıvılaşması problemleri ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

### 2.3 Sıvılaşmanın Tanımı ve Mekanizması

Sıvılaşma olayını anlamak için zeminlerin depozit durumunu incelemek gerekir.

Birbirleri üzerinde istiflenerek zemin kütlelerini oluşturan zemin danecikleri, ağırlıkları sayesinde aralarında temas kuvveti oluşturarak ayrık durumdaki daneleri sabit tutar ve zemin direncini oluştururlar (Eskişar, 2002). Suya doymun zeminlerde boşluklar arasını dolduran su, boşluk suyu basıncını oluşturur ve zemin daneciklerini bir arada tutan dirence negatif etki yapar. Farklı deyişle danecikleri birbirinden uzaklaştırmaya çalışır.

Deprem süresince sismik dalgalar, özellikle kayma dalgaları zemin daneciklerini yer değıştirerek birbirlerine yaklaşmaya, hacimsel azalmaya zorlar.

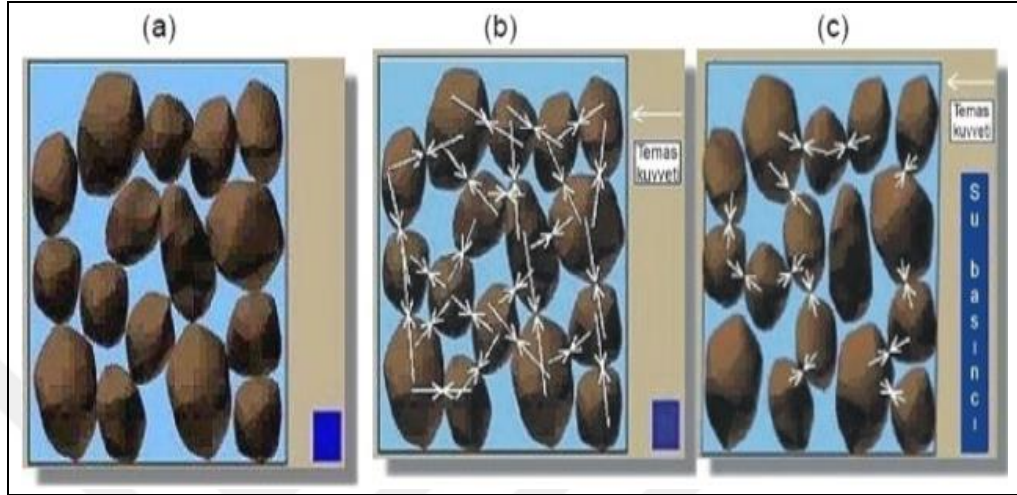


**Şekil 2.7** Depremın neden olduğu makaslama yer değıstirmesiyle zemin daneciklerinde sıvılaşma sürecinin gelişimi (Youd, 1984)

Şekil 2.7’de depremin neden olduğu makaslama yer değıstirmesiyle zemin daneciklerinde sıvılaşma sürecinin gelişimi gösterilmiştir. Bu yer değışimi danecikler arasındaki temas yüzeyini azaltır. Suya doymun zeminlerde birbirleri ile temas yüzeyi azalan daneciklerin yükleri kendilerini çevreleyen suya aktarılır veya yükleri su tarafından taşınır. Deprem süresince sismik dalgalar ani ve çok kısa süreli hareket ederek, danecikler arası suyun drene olmasını engeller ve boşluk suyu basıncında ani artış meydana getirir. Boşluk suyundaki bu ani artış zemin daneciklerini bir arada tutan direnci yok ederek danecikler arasındaki teması keser, böylece zemin dayanımını yitirir. Efektif düşey basıncının sıfır olduğu bu şartlar altında zemin, deprem öncesi gösterdiği katı zemin davranışı yerine sıvı gibi davranarak suyla



beraber toprak yüzeyine doğru hareket eder ve fişkırmaya başlar. Zeminin dinamik yükler sonucunda ortaya koyduğu bu davranış biçimi sıvılaşma olarak tanımlanır (Karanlık, 2006). Şekil 2.8’de sıvılaşma olayının süreci gösterilmiştir.



**Şekil 2.8** (a) Zemin taneciklerinin deprem öncesi durumu (b) Zemin tanecikleri arası temas kuvvetleri (c) Boşluk suyu basıncının ani artışı sonucu taneler arasındaki temas kuvvetlerinin ortadan kalkması (Özsoy, 2012)

Sıvılaşma olayı, oluşum şekline göre akma sıvılaşması ve devirsel hareketlilik olarak iki gruba ayrılmıştır.

Akma sıvılaşması, sıvılaşmış zeminin kayma gerilmesi sınır değerinin, zemin kütlelerini statik dengede tutmak için gereken kayma gerilmesi sınır değerinden daha az olması durumunda meydana gelmektedir. Akma türü sıvılaşma geniş zemin kütlelerinin büyük miktarda deplasman yapmasına neden olur. Akma sıvılaşması, oluşumu başladıktan sonra kendi statik kayma gerilmeleri tarafından sürdürülür (Kramer, 1996).

Akma sıvılaşması, eğimi üç dereceden daha fazla olan araziler boyunca, gevşek ve suya doymun kumlarda veya siltlerde meydana gelmektedir. Akma yenilmelerinin temel karakteristikleri ansızın meydana gelmeleri, hızlı bir şekilde gelişmeleri ve sıvılaşan zemin kütlelerinin büyük mesafeler boyunca yer değiştirmeleri olarak tanımlanabilir (Koç, 2007).

Akma sıvılaşmasının oluşum sıklığı devrimsel hareketliliğe göre daha az olmasına rağmen daha yıkıcı etkiye sahiptir. Devirsel hareketlilik ise deprem sırasında kademeli olarak gelişir ve yanal yayılma olarak adlandırılan şekil bozulmalarına sebep olmaktadır (Şaylan, 2006).

Devirsel hareketlilik, akma sıvılaşmasının tersine zemini statik dengede tutmak için gerekli kayma gerilmesi sınır değerinin, sıvılaşmış zeminin kayma gerilmesi sınır değerinden daha küçük olduğu durumlarda oluşmaktadır. Devirsel hareketlilik, hem statik kayma gerilmeleri hem de devirsel kayma gerilmeleri etkisi altında oluşabilmektedir. Yanal yayılma olarak anılan bu deplasman türü çok az eğimli zeminlere veya su kütlelerine komşu düzlüklerde gelişmekte ve yapıların olduğu alanlarda büyük hasarlara neden olmaktadır (Kramer, 1996).

Devirsel hareketlilik etkisi altında şev yenilmesi, taşıma gücü kayıpları, yapılarda oturmalar, yanal yayılma, istinat yapılarında yatay ve düşey yer değiştirmeler gibi hasarlar gözlenmektedir (Koç, 2007).

### **2.3.1 Sıvılaşma mekanizması parametreleri**

Deprem etkisi altında bulunan suya doygun kohezyonsuz zeminlerde meydana gelen sıvılaşma olayı, birçok parametreye bağlı olarak değişiklik gösterir bunlardan bazıları: deprem magnitudü ve süresi, ivme, sismik geçmiş, zemin türü, dane şekli ve dane çapı dağılımı, rölatif sıklık, yaş ve çimentolanma, yer altı su seviyesi ve drenaj şartları, efektif basınç ve bina yükleri olarak sıralayabiliriz.

Magnitud deprem esnasında açığa çıkan enerji miktarının ölçüsü olarak ifade edilir. Dolayısıyla magnitudü büyük olan depremlerde açığa çıkan enerji miktarı da büyük olacaktır. Deprem enerjisi tarafından oluşan titreşimler, zemin danelerinin ve yeraltı suyunun hareketlerini belirleyen önemli bir etkendir. Deprem magnitudü ve süresi arttıkça bu hareketlenmeler de artacaktır, kısacası deprem magnitudü ve süresinin artması sıvılaşma potansiyelinin de artmasına sebep olacaktır (Koç, 2007).

İvme depremin en önemli parametresidir. İvme artışı ile birlikte zemin danelerinin ve zemin içerisindeki suyun yer değiştirme hızı artar ve sıvılaşmanın önemli bir etkeni ortaya çıkmış olur. İvme arttıkça, oluşan hasar eksponansiyel olarak artmaktadır (Akkaş, 2006).

Kumlu zeminlerin daha önce tekrarlı yükler altında kalmış olması sıvılaşma duyarlılığını etkilediği tespit edilmiştir. Bu sismik hareketlerin zeminler üzerindeki etkilerini daha iyi kavrayabilmek için aynı şekilde ve aynı sıklıkla hazırlanmış zemin numunelerinin bir kısmına çok küçük titreşimler uygulanmıştır. Bütün numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda titreşim uygulanan zemin numunelerinin sıvılaşması için gerekli gerilme büyüklüğü, hiç titreşim uygulanmamış zemin numunelerine oranla %50'den daha büyük olduğu gözlenmiştir. Daneli yapıya sahip zeminlere küçük titreşimler uygulanması danelerin daha iyi yerleşmesini sağlar, birbirine kilitlenen dane miktarı arttıkça sıvılaşmaya karşı olan direnç artar. Yüksek frekanslı titreşim uygulanmış zeminler sıvılaşmaya karşı en büyük direnci gösterir (Yatman, 2006).

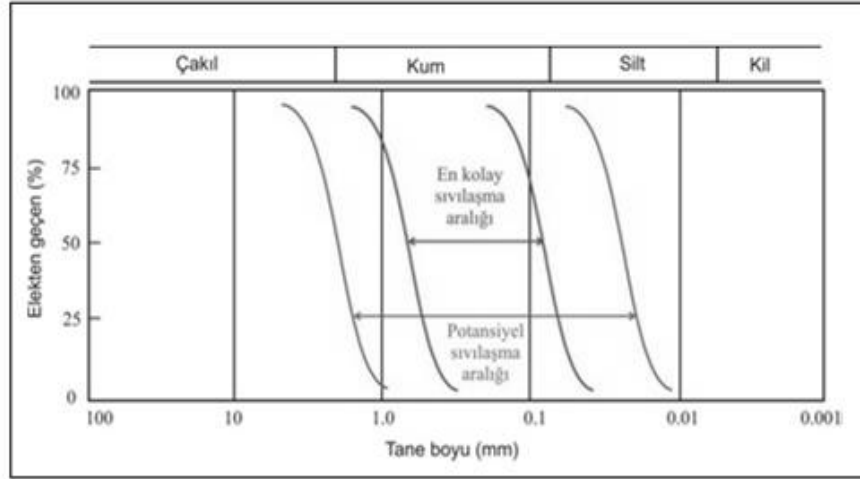
Deprem etkisi altında sıvılaşma potansiyeli en fazla olan zeminler ince ve orta kum ile düşük plastisiteli daneler içeren kumlu zeminlerdir. Bunların yanında çakıllı zeminlerde de sıvılaşma gözlenmiştir (Ishihara, 1985).

Seed ve Idriss'e (1981) göre, derinliği 15 m ve 20 m arasında olan ve düşey gerilmesi yüksek olmayan suya doymuş kumlu, siltli kumlu ve killi kumlu zeminler, dane boyutları üniform olan zeminler, Çin ölçütlerini sağlayan zeminler, SPT-N değeri yüzeye yakın alanlarda  $N < 10$  ve 20 m derinlikte  $N < 20$  olan kumlu zeminler sıvılaşma eğilimi gösterir (Akkaş, 2006). Sıvılaşmaya duyarlı zeminler hakkında her araştırmacı kendi çalışmasına göre çeşitli kriterler önerse de; bu kriterlerin değişebildiği görülmektedir.

Dane şeklinin sıvılaşmaya etkisinde genel kabul, köşeli danelere sahip zeminlerin belirli bir basınca kadar sıvılaşmaya karşı daha dirençli olduğu, daha büyük basınçlarda ise köşelerin kırılması ince tane oluşturarak sıvılaşmayı kolaylaştırdığı yönündedir (Yatman, 2006).

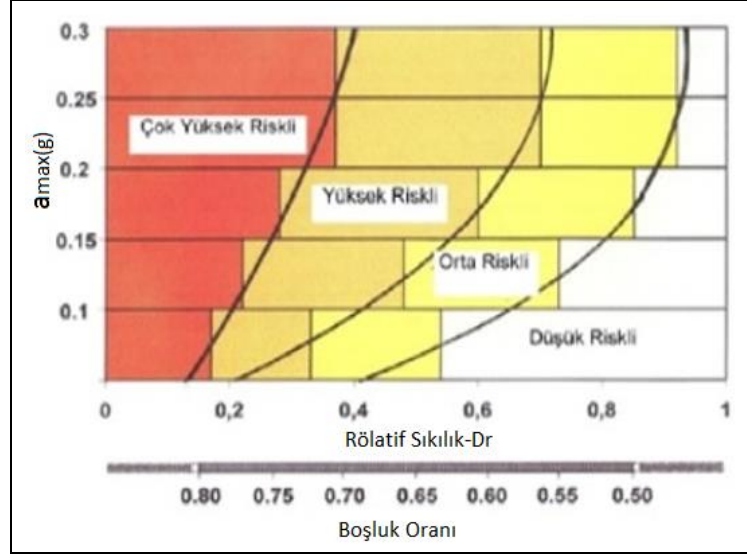
İyi derecelenmiş kumlarda deprem veya diğer etkiler ile oluşacak hacim daralması, iyi derecelenmemiş kumlara göre daha az olacaktır. Boşluk suyu basıncındaki ani artışları sınırlayacak bu etken sıvılaşmayı zorlaştıracaktır. Dane çapı dağılımında bir diğer etken iri dane oranıdır. İri dane oranı yüksek zeminler, ince daneli zeminlere göre su drenajını daha kolay gerçekleştireceği için sıvılaşmayı zorlaştıracaktır

(Akkaş, 2006). Sıvılaşma eğilimine sahip zeminler için dane çapı açısından sıvılaşma alt ve üst sınırlarını gösteren dane çapı dağılımı eğrileri Şekil 2.9’da gösterilmiştir.



**Şekil 2.9** En kolay sıvılaşan ve potansiyel sıvılaşma eğilimine sahip zeminler için dane çapı açısından sıvılaşma alt ve üst sınırlarını belirten dane çapı dağılımı eğrileri (Hasançebi, 2011)

Deprem süresince sıvılaşan gevşek kumlar, daha sıkı oldukları durumda iken sıvılaşmayabilirler. Örnek olarak 1964 Niigata depreminde, rölatif sıklığı %50 olan kumlarda sıvılaşma durumu meydana geldiği halde, bağıl sıklığı %70’i aşan kumlarda sıvılaşma olmadığı gözlenmiştir (Uyanık, 2002). Kumlu zeminler üzerinde yapılan deneyler sonucunda, başlangıç rölatif sıklık oranı %65’ten fazla olan kumlu zeminlerin boşluk suyu basıncında artış olmadığı tespit edilmiştir. Bu sıklık oranına sahip olan zeminlerin sıvılaşma riski düşüktür (Güngör, 2007). Rölatif sıklık oranının sıvılaşmaya etkisi Şekil 2.10’da gösterilmiştir.



**Şekil 2.10** Sıvılaşma riskinin rölatif sıklık oranı-boşluk oranı ve maksimum yeryüzü ivmesi ile ilişkisi (Seed ve Idriss, 1971)

Sediment yaşlı zeminler ve sıvılaşma eğilimi gösteren zeminler dar bir jeolojik dönem aralığında oluşurlar (Kramer, 1996). Bir diğer deyişle, yeni çökelmiş zeminlerin sıvılaşma eğilimi yüksektir (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

Seed (1979), laboratuvar ortamında oluşturulan numunelerin yaşı arttıkça sıvılaşma direncinde önemli artışlar olduğunu belirtmiştir. Şöyle ki; 100 günlük numunelerin ilk günlük şartlarına göre %25 oranında daha fazla direnç gösterdikleri tespit etmiştir.

Youd vd. (2001), zeminlerin yaş ile sıvılaşma direncindeki artış arasındaki etkiyi tespit etmelerine rağmen, bu etkiyi sıvılaşma analizlerine yansıtacak kadar yeterli sayıda nicel veri elde edememişlerdir.

Sıvılaşmanın olduğu zeminler, daneleri arasında bağlayıcı özelliğine sahip doğal çimento bulunmayan ayrık katı bileşenler veya bağlayıcının su etkisiyle ortamdan kolayca uzaklaşarak danelerin serbest duruma geçebildiği ayrık kayalar ve minerallerden oluşan zemin kitleleridir (Uyanık, 2002).

Sıvılaşma mekanizmasının olmazsa olmaz etkeni yer altı suyudur. Zeminlerin sıvılaşma eğilimleri, yeraltı suyu seviyesi ile ters orantılıdır. Yeraltı su seviyesindeki küçük artışlar bile sıvılaşma potansiyelini oldukça azaltabilmektedir. Yeraltı suyu seviyesi üç metreden daha az olan zeminlerin sıvılaşma riski yüksektir. Ancak yer

altı su seviyesinin 15-20 metre derinliğinde olduğu durumlarda bile sıvılaşma gözlemlenmektedir (Çavuş, 2004).

Eğer deprem esnasında ortamdaki yer altı suyu drene edilebilirse veya zemin geçirimli ise, deprem esnasında boşluk suyu basıncındaki artış drenajsız şartlara göre daha az olacaktır. Bu durum ise sıvılaşmayı zorlaştırıcı bir etki olacaktır.

Zeminler geçirimli olsa dahi bazen ortamdaki suyun drene edilemediği durumlarla karşılaşılabilir. Örneğin, geçirimsizliği yüksek olan zemin kütlesi, üzeri geçirimsiz zeminle kaplandığında ya da zemin tabakasının geniş istifler halinde bulunduğu (drenaj yolunun uzun olduğu) durumlarda deprem esnasında ortamda bulunan yeraltı suyu kısa sürede tahliye olmaz.

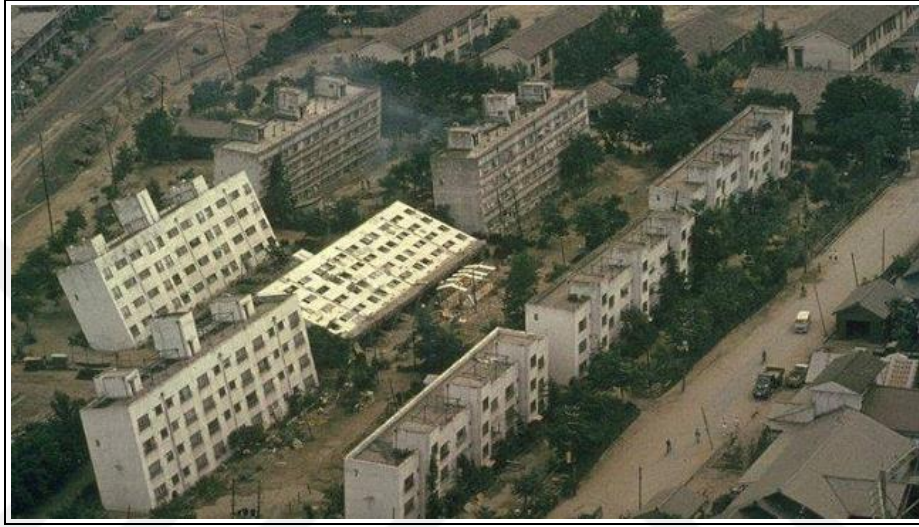
Suya doymuş gevşek zeminlerde mukavemet kaybı, deprem sırasında boşluk suyu basıncının artarak toplam basınca eşit olması, dolayısıyla efektif basıncın sıfır olması şeklinde gelişir. Zeminlerde ilk efektif basınç değerinin yüksek olması sıvılaşma riskini azaltır (Uyanık, 2002).

Bir kum çökeli üstüne ağır bir yapının inşası zemini sıvılaşmaya daha duyarlı yapabilir. Örneğin, zemin yüzeyinde yapılan ağır bir bina ve onu destekleyen radye temeli ele alırsak, radye altındaki zemin, bina yükünün neden olduğu kayma gerilmelerine maruz kalır. Bina yükünün zemine neden olduğu bu kayma gerilmeleri zemini sıvılaşmaya karşı daha duyarlı yapabilir. Bunun nedeni; zeminin hacimsel büzülmesi ve dolayısıyla sıvılaşma için gerekli deprem kaynaklı ilave kayma gerilmesinin daha küçük olmasıdır (Mollamahmutoğlu ve Babuçu, 2006).

### **2.3.2 Sıvılaşmadan kaynaklı zemin problemleri**

Zeminler üzerinde yapılan çalışmalarda suya doymuş kohezyonsuz gevşek zeminlerde deprem yükleri altında meydana gelen sıvılaşma olayının, zemin kütlelerine veya zemin ile etkileşimli yapılara verdiği hasarlar irdelenmiştir. Bu hasar tiplerinden bazıları, kum kaynaması, yanal yayılma, akma göçmesi, istinat yapısının yenilmesi, taşıma gücü kaybı, gömülü hafif yapıların yükselmesi olarak sıralanabilir.

Deprem veya diğer etkilerin oluşturacağı titreşimlerden kaynaklanan sıvılaşma sonucunda en fazla mal ve can kaybına yol açan zemin problemi zeminlerdeki taşıma gücü kaybı olayıdır. Temel zemini, sıvılaşma olayı ile birlikte dayanımını kaybeder. Bunun sonucunda üzerinde bulunan yapılar batar, döner, yan yatar veya devrilir (Doğan, 2015). Zemin taşıma gücü kaybı sonucunu oluşturan hasar örnekleri Şekil 2.11 ve Şekil 2.12’de gösterilmiştir.



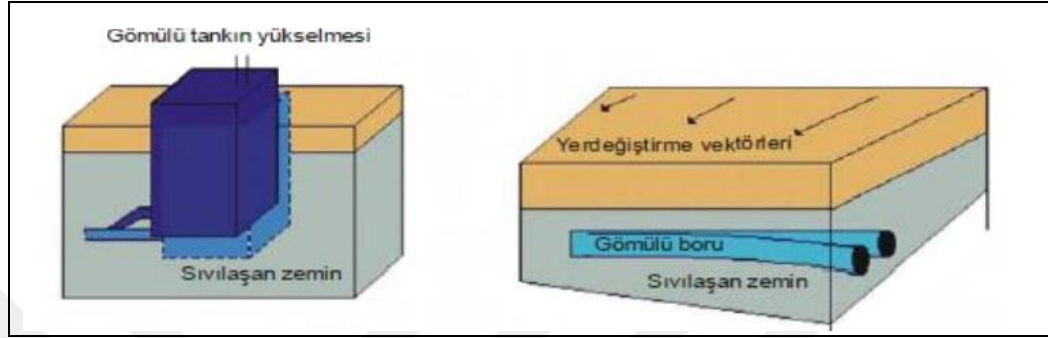
**Şekil 2.11** Niigata 1964 depremi sıvılaşmaya uğramış zeminin yapılar üzerindeki etkisi



**Şekil 2.12** Adapazarı 1999 depremi sıvılaşmaya uğramış zeminin yapılar üzerindeki etkisi

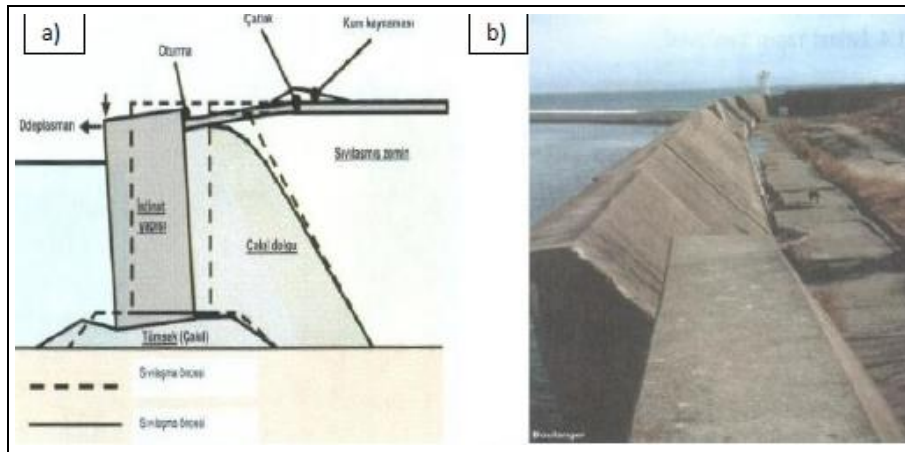
Stratejik açıdan önemli sorunlar doğurabilecek, deprem sonrası şehirlerin alt yapı sistemlerini kullanılmaz hale getirebilecek bir diğer zemin problemi ise gömülü hafif

yapıların yükselmesidir. Zemin içerisinde yerleştirilmiş boru hattı, muayene bacası, depo ve tank gibi hafif yapılar, boşluk suyu basıncının artması ve zeminin sıvılaşması ile birlikte yüzeye doğru yükselebilmektedir. Sıvılaşma sonucu hafif yapılarda görülen hasar mekanizması Şekil 2.13’de sunulmuştur.



**Şekil 2.13** Sıvılaşma sonucu hafif yapılarda görülen hasarlar (Sönmez, 2006)

Sıvılaşma sonucu temel zemininde taşıma gücü kaybı yaşanır. İstinat perdesi arkasında bulunan zemin sıvılaşma sonucu kendisini taşıyamaz ve istinat perdesine ekstra yanıl yük uygular. Bu etkiler sonucu istinat duvarı düşey ve/veya yatay yer değiştirme yapar (Doğan, 2015). Şekil 2.14’te istinat yapısı göçme şeması ve meydana gelmiş istinat yapısı göçme örneği verilmiştir.

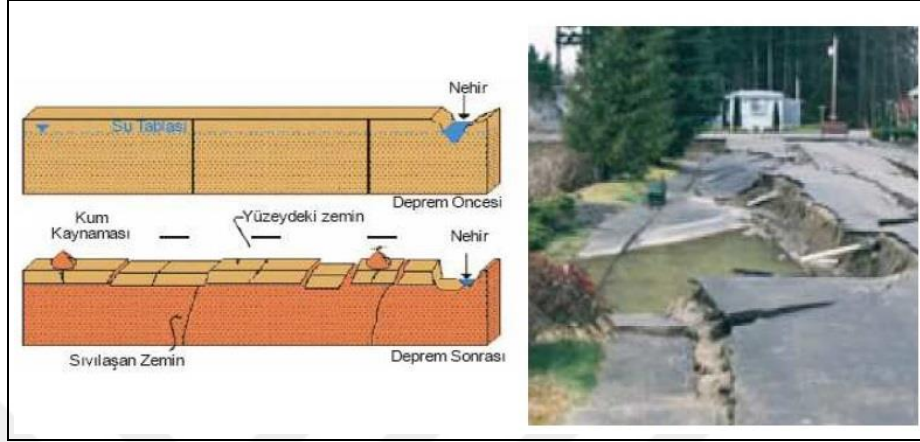


**Şekil 2.14** a) İstinat yapısı göçme şeması b) Kobe Japonya-1995 depreminde göçmüş bir istinat yapısı (Doğan, 2015)

Yanal yayılma genellikle herhangi bir su kütlesi yakınında bulunan ve eğimi yaklaşık %0,3 ile %3,0 değerleri arasında değişen düşük eğimli arazilerde gerçekleşir. Yanal



yayılma olayı, yüzeye yakın olan katmanın alt kısmında bulunan ve sıvılaştıran katman üzerinde bloklara ayrılarak hareket etmesi olarak tanımlanabilir (Dere, 2009). Şekil 2.15'te yanal yayılma olayı bir örnek vasıtasıyla gösterilmiştir.



**Şekil 2.15** Yanal yayılma olayının gösterimi ve bir örnek (Ulusay, 2000)

Kum kaynaması, sıvılaşma ile birlikte sıkça görülen bir hasar türüdür. Deprem yüklerinin oluşturduğu artık boşluk suyu basınçları zemin içerisinde hidrolik eğim meydana getirir. Su enerjisi yüksek olan noktadan düşük olan noktaya doğru hareket eder. Su bu hareketi sırasında sıvılaşmış bölgeden taşıdığı zemin daneleri ile birlikte zeminde oluşan çatlaklar arasından yüzeye çıkarak kum öbekleri oluşturur (Tonaroğlu, 2006). Şekil 2.16'da kum kaynaması olayı gösterilmektedir.



**Şekil 2.16** Kum kaynaması olayı

### 3. MATERYAL ve YÖNTEMLER

#### 3.1 Materyal

Yüksek lisans tez çalışması kapsamında Erzurum ili şehir merkezi ilçeleri olan Aziziye, Yakutiye ve Palandöken ilçelerinin sıvılaşma potansiyeli incelenmiştir. Bu ilçeler merkez ilçe olmalarının yanı sıra Erzurum'un nüfus yoğunluğu en fazla olduğu ilçelerdir.

#### 3.1.1 İnceleme alanının coğrafi konum ve özellikleri

Erzurum Doğu Anadolu Bölgesinde, coğrafi konum olarak  $40^{\circ} 15' - 42^{\circ} 35'$  doğu boylamları ve  $39^{\circ} 10' - 40^{\circ} 57'$  kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Erzurum ilinin konumu Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası (Kayserili, 2011)

Erzurum'un yüz ölçümü yaklaşık 25.066 km<sup>2</sup>'dir ve arazi büyüklüğü bakımında ülkemizin 4. Büyük ilidir. Sahip olduğu arazinin %30'u Doğu Karadeniz Bölgesinde, %70'i ise Doğu Anadolu Bölgesinde yer almaktadır.

Erzurum genelini yüksek araziler meydana getirir. Bu araziler genelde güney kısımlarda engebeleşmiştir. Erzurum'daki başlıca dağ kütleleri; güneyde Palandöken Dağları (3176 m) ve Şahveled Dağları (3063 m), kuzeyde İspir ve Erzurum arasındaki Mescit Dağları (3239 m) ve bunların doğusunda yer alan Kargapazarı Dağları (3169 m) dır. Bahsi geçen bu dağlar arasında Erzurum Ovası ve Hasankale Ovası adıyla bilinen iki depresyon ovası bulunur. Erzurum Ovası'nın en alçak noktası 1850 m iken Hasankale Ovası'nın en alçak noktası 1650 m'dir. Bu iki ovayı yüksekliği 2030 m olan Deveboynubeli ayırmaktadır.

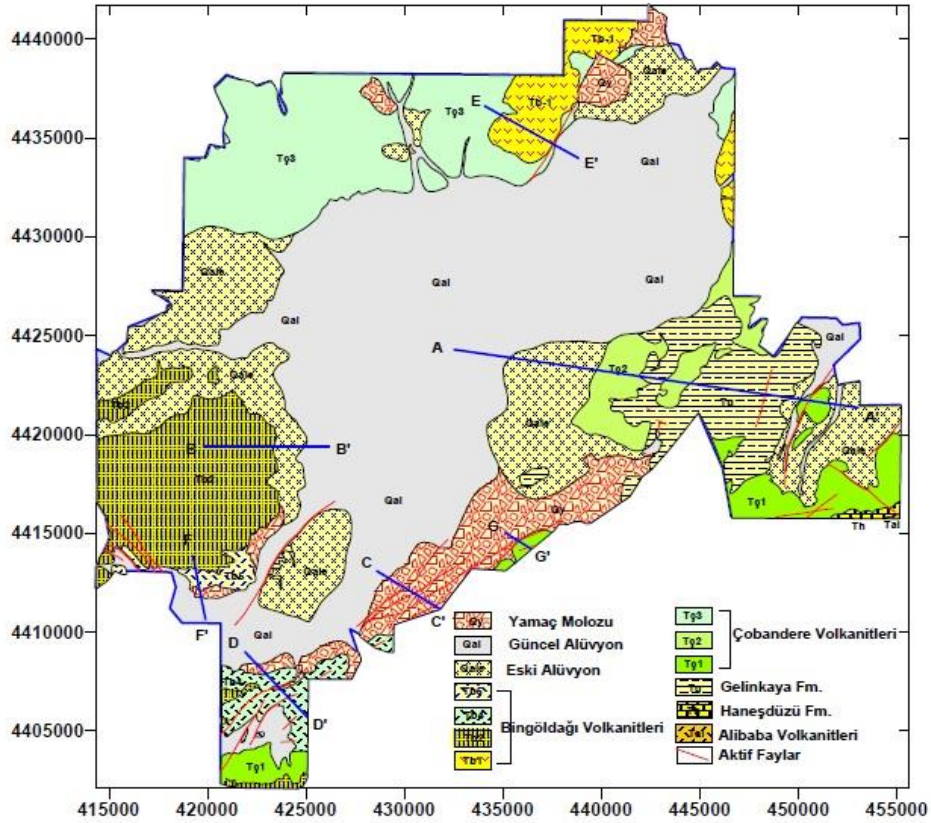
Diğer doğu illerinde olduğu gibi Erzurum'da da karasal iklim özellikleri hakimdir. Şehir kuzeyinde yüksekliği 1500 metreye inen vadi içlerinde iklim çoğunlukla yumuşar. Erzurum arazisinin doğu kısmı Hazar Akaçlama Havzası, batı kısmı Basra Körfezi Akaçlama Havzası, kuzeyi ise Karadeniz Akaçlama Havzasında bulunur. Aras Irmağı doğu, Karasu batı, Tortum ve Oltu çaylarının birleşimiyle meydana gelen Çoruh ırmağı ise kuzey kısmının sularını bünyesinde toplar (Url-1).

Erzurum şehir merkezi, yüz ölçümü yaklaşık 520 km<sup>2</sup> olan Erzurum Ovası üzerinde konumlanmıştır. Erzurum ovasının oluşturduğu düzlük alanlar, şehrin doğu, batı ve kuzeybatısına doğru genişlemektedir. Doğu-batı doğrultusundaki uzunluğu 22,5 km dir. Ovanın denizden yüksekliği ortalama 1850 m civarındadır. Ovanın rakımı en düşük olduğu alan Karasu çayı ile Adaçay deresi arasındaki bölge olup 1750 m civarındadır (Penirci vd. 2010).

### **3.1.2 İnceleme alanının jeolojisi**

İnceleme alanının, dağlık ve tepelik kısımlarında kaya birimler gözlenmesine rağmen kuvaterner yaşlı güncel ve eski alüvyonlar inceleme alanında yayılımı en fazla olan birimlerdir. Erzurum ovasının Palandöken dağları ile birleştiği alanlar boyunca yamaç molozu (Q<sub>y</sub>), kenar kısımlarında eski alüvyon (Q<sub>ale</sub>), orta kısımlarında akarsu vadilerinde ve düzlüklerde oluşumu devam eden yeni alüvyon (Q<sub>al</sub>) birimler bulunmaktadır. Altındaki birimleri kalın istifler halinde örten yeni alüvyonlar da

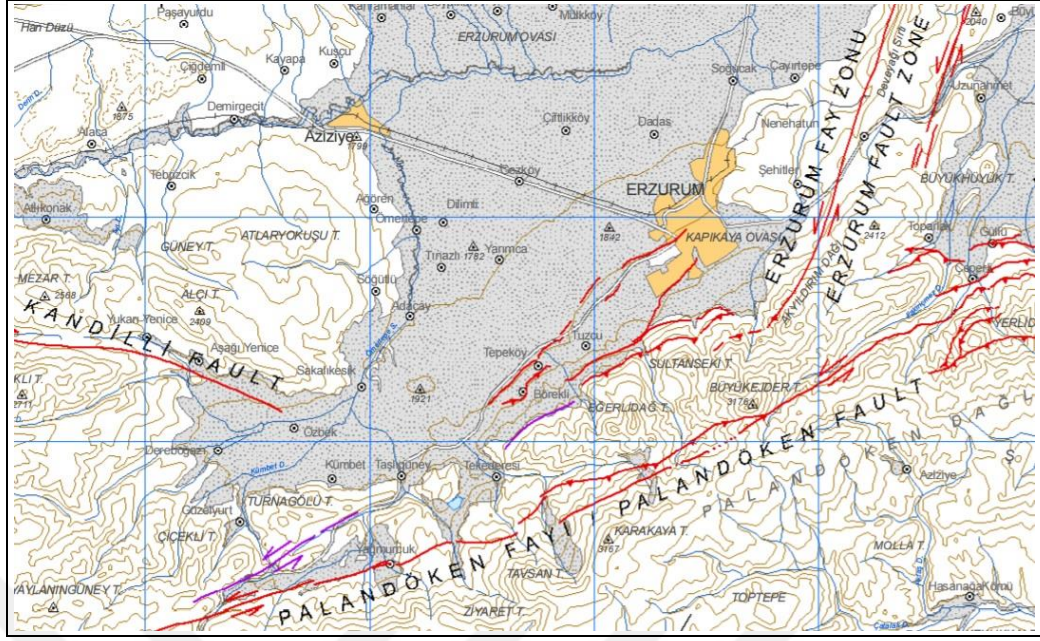
yapılan sondaj çalışmalarında bu birimlerin genellikle suya doygun ince taneli kum, silt ve killi yapıda olduğu ayrıca yer altı su seviyesinin çok yüksek olduğu tespit edilmiştir (Penirci vd. 2010). Erzurum şehir merkezi ve çevresindeki alanın jeolojik haritası Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Erzurum şehir merkezi ve çevresini jeolojik haritası (Penirci vd. 2010)

### 3.1.3 İnceleme alanının tektoniği

Erzurum yöresi Kuzey Doğu Anadolu’da yer alır ve batıdan Kuzey Anadolu Fayı ile sınırlandırılır. Erzurum ve çevresinde çok sayıda aktif fay bulunmaktadır. Erzurum Fayı bölgenin en uzun aktif fayı niteliğindedir. Erzurum ovasını güney ve doğudan sınırlandırır. Erzurum kenti yakınında bulunan bu fay magnitudü 7’den büyük deprem üretebilecek kapasitededir. Bu nedenle Erzurum ve yakın çevresi ülkede deprem tehlikesi yüksek olan bölgelerden biri olarak değerlendirilmelidir (MTA-2). Şekil 3.3’te Erzurum ve çevresinde bulunana fay hatları gösterilmiştir.



**Şekil 3.3** Erzurum İl merkezi ve çevresinde bulunan fay hatları (MTA-1)

Erzurum, Türkiye'nin en tehlikeli fay zonları olan Kuzey Anadolu Deprem Fay zonu ve Doğu Anadolu Fay zonu üzerindedir. Bunun yanı sıra, şehir merkezi ve çevresinde Palandöken ve Kandilli Fayı ve Erzurum Fay zonu gibi birçok diri fay hattı bulunmaktadır. Erzurum'da tarih boyunca birçok deprem meydana gelmiştir. Erzurum ve çevresinde oluşan depremler kronolojik sıraya göre Çizelge 3.1'de sıralanmıştır.

**Çizelge 3.1** Erzurum ve çevresinde oluşan tarihsel depremler (Url- 2)

| Tarih | Şiddet (Mecalli) | Merkez Üssü              | Hasar Sonucu     |
|-------|------------------|--------------------------|------------------|
| 1268  | IX               | Erzurum-Erzincan         | 15.000 can kaybı |
| 1458  | X                | Erzurum-Erzincan         | 32.000 can kaybı |
| 1482  | IX               | Erzurum-Erzincan         | Bilgi yok        |
| 1875  | X                | Erzurum yöresi           | Bilgi yok        |
| 1877  | VI               | Erzurum                  | Bilgi yok        |
| 1886  | VI               | Erzurum yöresi           | Bilgi yok        |
| 1584  | IX               | Erzurum-Erzincan         | 15.000 can kaybı |
| 1659  | VI               | Erzurum                  | Bilgi yok        |
| 1781  | VII              | Erzurum                  | Bilgi yok        |
| 1784  | VIII             | Erzincan-Pülümür-Erzurum | 5.000 can kaybı  |
| 1790  | VIII             | Erzurum                  | Bilgi yok        |
| 1794  | VI               | Erzurum                  | Bilgi yok        |
| 1844  | VII              | Erzurum                  | Bilgi yok        |
| 1850  | VII              | Erzurum yöresi           | Bilgi yok        |
| 1852  | IX               | Erzurum                  | Bilgi yok        |
| 1852  | VI               | Erzurum                  | Bilgi yok        |
| 1859  | VII              | Erzurum                  | Bilgi yok        |
| 1859  | IX               | Erzurum geniş yöresi     | 15.000 can kaybı |
| 1859  | VIII             | Pasinler-Erzurum         | 500 can kaybı    |
| 1860  | VII              | Erzurum                  | Bilgi yok        |
| 1866  | VIII             | Erzurum                  | Bilgi yok        |
| 1868  | IX               | Erzurum Kars             | Bilgi yok        |
| 1868  | VIII             | Erzurum Pasinler yöresi  | Bilgi yok        |
| 1868  | VIII             | Kars-Erzurum-Ardahan     | Bilgi yok        |

Çizelge 3.1 incelendiğinde kısa aralıklarla hatta aynı yıl içerisinde birden fazla yıkıcı ve can kaybına yol açan depremin meydana geldiği görülmektedir. Oluşan bu depremler inceleme alanımızın tarihsel dönemden itibaren aktif bir tektonik yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Özellikle Erzurum-Pasinler civarındaki köyleri ağır hasara uğratan 21 Ocak 1859 Erzurum depremi ve yine kısa süre içerisinde yaşanan Erzurum'da büyük hasar meydana getiren doğuda İran'a kadar hissedilen 1-2 Haziran 1859 depremleri tarihsel dönem içinde Erzurum halkı tarafından hatırlanan en büyük depremler olarak bilinir (Pinar ve Lahn, 1952).

Aletsel dönem olarak bilinen 1900 yılından itibaren Erzurum ili ve çevresinde birçok yıkıcı deprem yaşanmıştır. Bu depremler içerisinde en yıkıcı olanı 13 Eylül 1924’de meydana gelen  $M_s=6,8$  büyüklüğündeki Pasinler depremidir. Bu deprem özellikle Erzurum doğusunda Hasankale, Sarıkamış, Karayazı ile Görür arasında kalan bölgede etkili olmuştur 25.000 kişi evsiz kalmış 60 köy harabe haline gelmiştir. Deprem etkisi ile oluşan heyelan ve kaya düşmeleri sonucu hasar daha da ağırlaşmıştır. Hasankale’de istasyon binası ve Aras nehri üzerindeki Çobandede köprüsü yıkılmış, Köprüköy’deki tüm raylar hasara uğramış, Erzurum’daki büyük caminin minaresi devrilmiş, hükümet binası ve telgraf binası dâhil birçok bina hasar görmüştür (Pınar ve Lahn, 1952). Ülkemizde 1900-2004 yılları içerisinde  $M_s=5,0$  ve daha büyük olan depremler içerisinde Erzurum ve çevresinde yaşanan depremler Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.2** Erzurum ve çevresinde 1900-2004 yılları arası yaşanan ( $M_s>5,0$ ) depremler (Url- 3)

| Tarih      | Yer               | h(km) | $M_s$ | Sonuç   | Fay sistemi                                    |
|------------|-------------------|-------|-------|---|--|
| 08.11.1901 | Erzurum           | -     | 6,1   | Can kaybı yok 2000 bina ağır hasarlı ya da yıkık durumda  | K.D.A.F  |
| 13.09.1924 | Erzurum-Pasinler  | 10    | 6,8   | 310 Can kaybı 4300 bina ağır hasarlı ya da yıkık durumda  | K.D.A.F (Erzurum Fay Zonu)                     |
| 03.01.1952 | Erzurum-Hasankale | 40    | 5,6   | 133 Can kaybı 701 bina ağır hasarlı ya da yıkık durumda   | K.D.A.F  |
| 30.10.1983 | Erzurum-Horasan   | 16    | 6,8   | 1155 Can kaybı 1142 yaralı 3241 bina ağır hasarlı ve 7092 bina ise hafif ya da orta hasarlı durumda | K.D.A.F (Erzurum Fay Zonu)                     |
| 18.09.1984 | Erzurum-Balkaya   | 10    | 5,5   | 3 can kaybı 35 yaralı 187 binada ağır hasar 1230 binada ağır ya da hafif hasarlı durumda            | K.D.A.F (Erzurum Fay Zonu)                     |
| 25.03.2004 | Erzurum-Aşkale    | 10    | 5,1   | 9 Can kaybı 51 yaralı 2934 bina ağır hasar ya da yıkık durumda 2423 bina hafif hasarlı durumda      | Aşkale Fayı ( $M_w>7$ üretebilecek bir faydır) |
| 28.03.2004 | Erzurum-Aşkale    | 10    | 5,3   |   |  |

Çizelge 3.2 incelendiğinde depremlerde Erzurum Fay Zonu etkisinin fazla olduğu ve hiposantr derinliğinin genellikle 10 km olduğu görülmektedir.

30 Ekim 1983 yılında Horasan-Narman arasında etkili olan  $M_s=6,8$  büyüklüğündeki depremde can kaybının fazla olmasının nedenleri, deprem büyüklüğü ve kırsal kesimde bulunan binaların yapı itibari ile depreme karşı dayanıksız olmasıdır (Penirci vd. 2010).

Erzurum ili Aşkale ilçesinde üç gün ara ile orta büyüklükte iki deprem meydana gelmiştir. Aşkale ilçesi yakınlarına rastlayan depremler orta büyüklükte olmalarına karşın Kandilli Beldesi başta olmak üzere çok sayıda kırsal yerleşim alanında beklenenin üzerinde hasara yol açmıştır. Depremde 9 kişi hayatını kaybetmiş, 51 kişi ise yaralanmıştır. Erzurum merkez köyleri ile Ilıca (Aziziye), Aşkale ve Çat ilçelerine bağlı köylerde toplam 1629 konut yıkılmış veya ağır hasar görmüştür (MTA-2).

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünün Aşkale depremleri için yayımlanmış olduğu değerlendirme raporunda; söz konusu depremlerin Aşkale fayından kaynaklandığını ve oluşan hasarın beklenenin üzerinde olduğunu belirtilmiştir. Hasar yoğunluğunun çamur harçlı yığma taş binalarda arttığını nehir boylarındaki pekişmemiş alüvyon ve eski alüvyonlarda kurulu olan köylerde ise en yüksek seviyelere çıktığını tespit etmişlerdir. Bu tespit zeminlerin yerel jeolojik özelliklerinin yapıdaki hasar oluşumunda etkili olduğunu göstermektedir.

Deprem tehlikesi yüksek bölgede yer alan Erzurum havzası, son otuz yıl içinde kuzey, batı ve güneybatısına doğru çarpık ve hızlı yapılaşmaya maruz kalmıştır. Erzurum havzasının güneyi Palandöken dağlarından kaynaklanan kalın alüvyon yelpazelerle kaplıdır. Şükrüpaşa ve Dadaşköy Mahallerini (havzanın orta kısımları) kaplayan alüvyon zemin ise zayıf geoteknik özelliklere sahiptir. Bu nedenle Erzurum havzasındaki özellikle yeni alüvyon birimler meydana gelebilecek kuvvetli yer hareketleri ( $M_w>5,0$ ) sonucunda olumsuz zemin-yapı etkileşimi meydana gelecektir (Penirci vd. 2010).

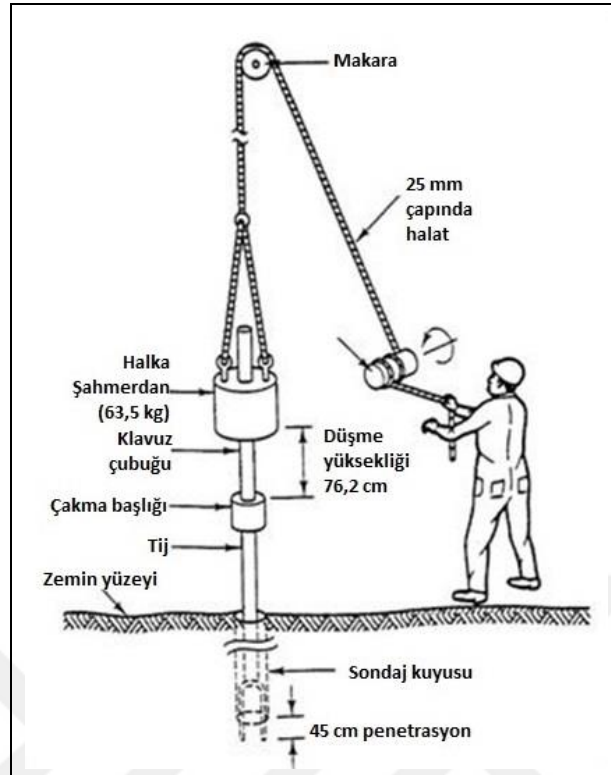


### 3.2 Sıvılaşma Analizinde Kullanılan Deneyler

Zeminlerin sıvılaşmaya karşı direnci, örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile tespit edilebilir. Arazideki gerilime durumu laboratuvar ortamında tam olarak oluşturulamadığından, standart yöntemler ile alınan örselenmiş zemin örneklerinin sonuçları arazi verilerini birebir yansıtmayabilir. Sadece özel örnekleme yöntemleri ile örselenmemiş zemin örnekleri elde edilir. Bu yöntemlerin ise önemli projeler haricinde uygulanmaması, standart sıvılaşma analizinde arazi deneylerinin yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır. Standart Penetrasyon Testi (SPT), Koni Penetrasyon Testi (CPT), kesme dalgası hızı ölçümleri (Vs) ve Becker Penetrasyon Testi (BPT) arazi deneyleri yaygın olarak sıvılaşma analizinde kullanılmaktadır. Daha kapsamlı veri tabanına sahip olmalarından dolayı Standart Penetrasyon Testi (SPT) ve Koni Penetrasyon Testi (CPT) yaygın olarak kullanılır (Youd vd. 2001).

#### 3.2.1 Standart Penetrasyon Deneyi

Penetrasyon kelimesi nüfuz etme, işleme anlamına gelmektedir. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) en genel tanımı, sondaj kuyusu içerisinde yapılan, en uçta boyuna yarık tüp olarak bilinen standart örnek alıcının bağlı olduğu tijlerin üzerine 63,5 kg ağırlığındaki bir şahmerdanın 76,2 cm yükseklikten tekrarlı bir şekilde bırakılarak kuyu tabanından toplamda 45 cm'lik penetrasyona ulaşıncaya kadar çakılması ve bunun için gerekli olan SPT-N değerlerinin tespiti, olarak yapılır. Zemine çakılan yarık tüp sayesinde zeminden örnek alınarak zeminin doğru bir şekilde tanımlanması sağlanır. Deneyin mekanizması ve yapım yöntemi basittir. Deney kısa sürede tamamlanabilir. Dünyada yaygın olarak kullanılması, deneyin yorumlanmasında zengin bir bilgi birikimi ve veri tabanı oluşmasını sağlamıştır (Erol ve Çekinmez, 2014). SPT deneyi şeması Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4 SPT Şeması (Coduto, 2000)

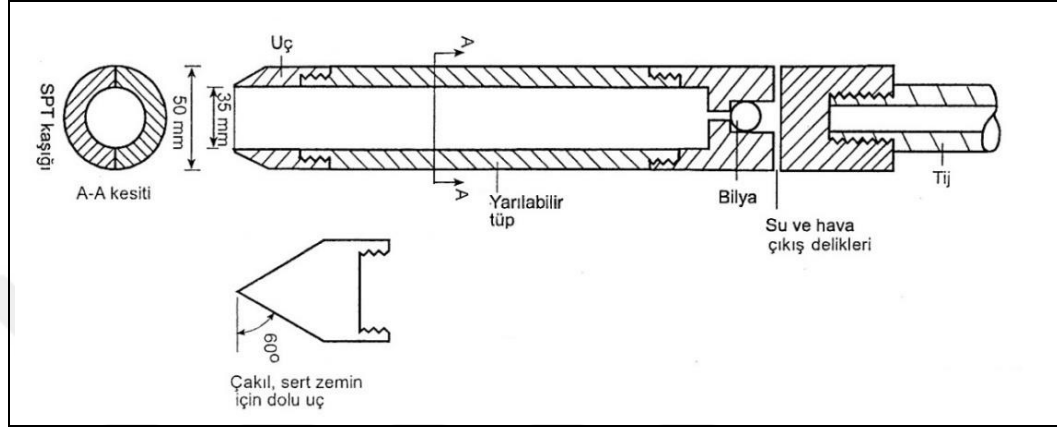
Farklı ülkelerde yaygın olarak uygulanan SPT deneyinin bazı avantaj ve dezavantajları Çizelge 3.3'te belirtilmiştir (Erol ve Çekinmez 2014).

Çizelge 3.3 SPT deneyinin avantaj ve dezavantajları

| Avantajları   | Dezavantajları   |
|---|--|
| Deney süresi kısa ve yapımı basittir  | Operatör hatasından etkilenir  |
| Uluslararası düzeyde en yaygın kullanılan arazi deneyidir   | Deney sonuçları, deneyde kullanılan tüm ekipmanlardan etkilenir  |
| Hem zemin direncini ölçüp hem de numune alabilen deneyler içinde maliyeti daha azdır                          | İri granüler, bloklı veya kaya zeminlerde örnek alıcı hasar görebileceğinden elde edilen sonuçlar sağlıklı olmayabilir |
| Kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerin yanı sıra sıkı, ince çakıl ve dolgu tabakalarında da uygulanabilmektedir | Çok yumuşak ve hassas killerde yanıltıcı sonuçlar verebilir  |
| Verilerinden mühendislik yorumu ve parametreleri elde etmek için çok sayıda yöntem vardır                     | Yer altı suyu seviyesi altında yanıltıcı sonuçlar verebilir  |

### 3.2.1.1 SPT deneyi yapılışı

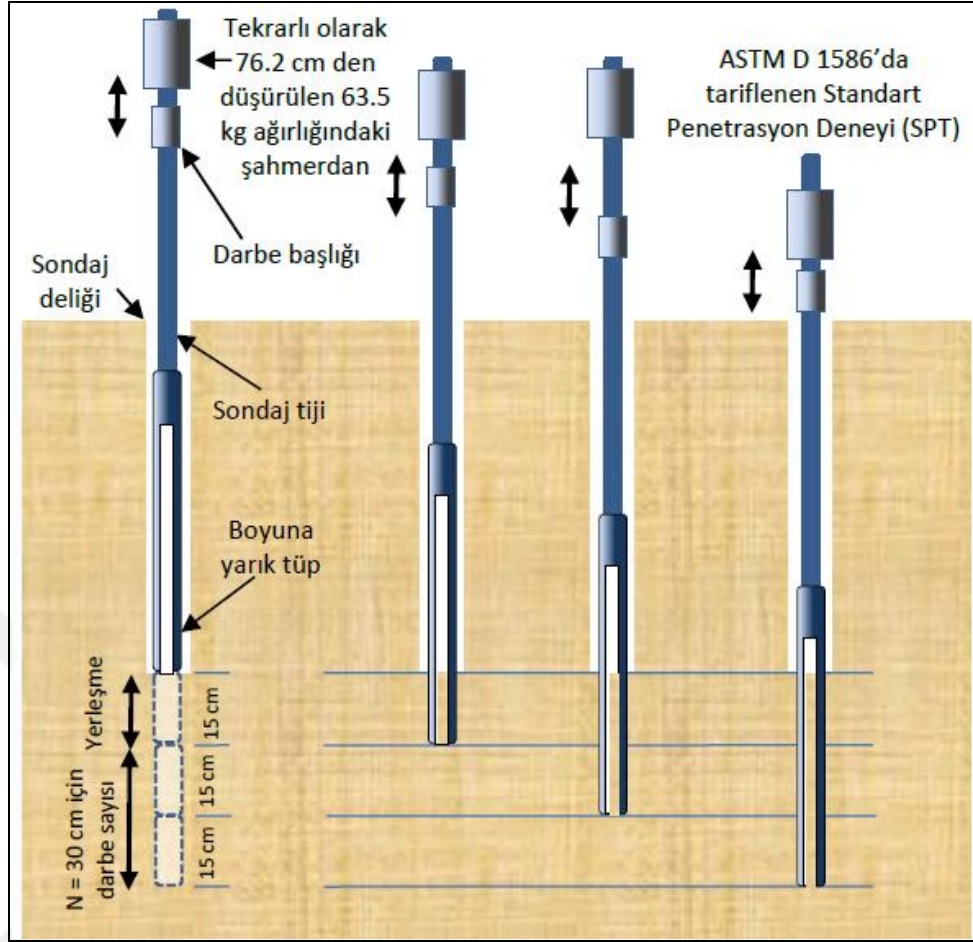
Deney, tij ucuna takılı yarılabilir örnek alıcının (Şekil 3.5), 63,5 kg ağırlığa sahip bir şahmerdanın her defasında 76,2 cm yüksekliğinden serbest düşürülmesi ile oluşan kinetik enerji ile zemine çakılması esasına dayanır.



Şekil 3.5 SPT yarılabilir örnek alıcı (Uzuner, 2011)

Bu deney için öncelikle sondaj kuyusu açılır. Sondaj kuyusunun tabanı iyice temizlenir ve sondaj derinliği kaydedilir, örnek alıcı tijle takıldıktan sonra yavaşça sondaj kuyusu tabanına indirilir. Tij üzerinde 3 adet 15 cm'lik ilerleme kademesi belirlenir. Her 15 cm'lik ilerlemeyi sağlayan düşüş (darbe) sayısı kaydedilir. Bu 3 ilerleme kademelerinden herhangi birisinde 50 darbe sayısına ulaşıldığı halde 15 cm penetrasyon sağlanamaz ise deney durdurulur ve refü değerine ulaşıldığı şekilde yorumlanır. Bir diğer durumda ise 10 düşüş (darbe) sonucunda ilerleme olmazsa deney bitirilir.

Deney sonucunda her 15 cm'lik penetrasyonu sağlayan darbe sayıları belirlenmiş olur. İlk 15 cm penetrasyon değeri delgi tabanındaki örselenmelerden dolayı dikkate alınmaz. İkinci ve üçüncü 15 cm'lik penetrasyonu sağlayan darbe sayıları toplanarak standart penetrasyon sayısı (SPT-N) tespit edilir (Erol ve Çekinmez, 2014). Deney aşamaları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Standart penetrasyon deneyi aşamaları (Erol ve Çekinmez, 2014)

### 3.2.1.2 SPT-N değerinin düzeltilmesi

SPT-N değeri, yeraltı suyunun, zemin tabakasının oluşturduğu efektif düşey basıncın ve şahmerdanın düşüşünden oluşan enerjinin aktarımı gibi etkenlerden dolayı farklılık göstermekte olup bu farklılıkların giderilmesi için çeşitli denklemler geliştirilmiştir.

Deney esnasında ortamdaki su uzaklaşmayan su negatif boşluk suyu basıncı oluşturarak SPT-N sayısında artış meydana getirir. Yer altı su seviyesi altında bulunan sıkı siltli kumlarda SPT-N değerinin 15'ten büyük olduğu durumlarda aşağıdaki düzeltme kullanılır (Sanglerat, 1982).

$$N' = 15 + 0,5 \times (N - 15) \quad (3.1)$$

Burada;

$N'$  : Düzeltilmiş darbe sayısı

$N$  : Ölçülen SPT- N sayısıdır.

SPT- N değeri, zeminin bağıl yoğunluğunun yanı sıra standart penetrasyon deneyinin yapıldığı noktada oluşan efektif gerilmelerden etkilenir. Bağıl yoğunluğu aynı olan bir zeminin penetrasyon direnci yani SPT-N değeri farklı derinliklerde farklı sonuçlar verir. Bu nedenle tespit edilen SPT-N değerlerine efektif örtü gerilime düzeltilmesi yapılmalıdır (Uyanık, 2002).

$$N_1 = C_N \times N \quad (3.2)$$

Burada;

$N_1$  : Efektif düşey basınca göre düzeltilmiş SPT-N değeri

$C_N$  : Efektif düşey basınç düzeltme katsayısı

$N$  : Ölçülen SPT-N sayısıdır.

Standart penetrasyon deneyinde numune alıcısının zemin içerisinde ilerleyebilmesi (çakılması) için gerekli enerji 63,5 kg ağırlığındaki şahmerdanın 76 cm yükseklikten düşürülmesi ile elde edilir. Fakat oluşan bu enerjinin tamamı numune alıcısına iletilmez. Şahmerdanın oluşturduğu enerjinin bir kısmı, şahmerdan düşürme yöntemi, şahmerdan ve darbe bloğunun tipi, tij uzunluğu, numune tüpünün tipi, kuyu çapı gibi etkenlerden dolayı kaybolur. Bu nedenle arazide ölçülen SPT-N değerinin sıvılaştırma analizlerinde kullanılabilmesi için, enerji oranına bağlı düzeltme yapılmalıdır (Uyanık, 2002).

Clayton vd. (1995) SPT-N değerinin, şahmerdan tarafından üretilen enerjinin örnek alıcıya iletilen enerji oranı ile ters orantılı olduğunu belirterek, iki farklı enerji üreten sistem arasındaki bağlantıyı aşağıdaki gibi tanımlamıştır.

$$N_x = N_y \times (E_y/E_x) = N_y \times C_E \quad (3.3)$$

Burada;

$N_x$  : Kullanmak istenen enerji oranına göre düzeltilmiş SPT-N sayısı

$N_y$  : Arazide kaydedilen SPT-N sayısı

$E_x$  : Kullanmak istenen enerji oranı

$E_y$  : Örnek alıcıya iletilen ortalama enerji oranı

$C_E$  : Enerji oranı düzeltme katsayısı

Farklı ülkelerde kullanılan deney mekanizmalarının örnek alıcıya ilettiği enerji oranları Çizelge 3.4'te gösterilmiştir.

**Çizelge 3.4** Şahmerdan ve düşürme yöntemine göre enerji iletim oranları (Clayton vd. 1995)

| Ülke      | Şahmerdan Tipi | Düşürme Mekanizması              | Enerji İletim Oranı $E_R$ (%) |
|-----------|----------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Arjantin  | Halka          | Kedibaşı                         | 45                            |
| Brezilya  | İğneli Ağırlık | Elle bırakmalı                   | 75                            |
| Çin       | Otomatik Halka | Elle dolamalı                    | 60                            |
|           | Halka          | Serbest bırakma                  | 55                            |
|           | Halka          | Kedibaşı                         | 50                            |
| Kolombiya | Halka          | Kedibaşı                         | 50                            |
| Japonya   | Halka          | Tombi                            | 78-85                         |
|           | Halka          | Kedibaşı, 2 tur + özel salıverme | 65-67                         |
| İngiltere | Otomatik       | Gitgel                           | 73                            |
| ABD       | Emniyet Halka  | Kedibaşı, 2 tur                  | 55-30                         |
|           | Emniyet Halka  | Kedibaşı, 2 tur                  | 45                            |
| Venezuela | Halka          | Kedibaşı                         | 43                            |

Enerji iletimi tüm deney ekipmanları ile bağlantılıdır. Bu yüzden, tij uzunluğu, örnek alıcının tipi, sondaj çapının farklı durumları için düzeltme katsayıları Çizelge 3.5'teki gibi önerilmiştir.

**Çizelge 3.5** SPT-N düzeltme katsayıları (Youd vd. 2001)

| Etken               | Etkenin durumu     | Simge          | Katsayı   |
|---------------------|--------------------|----------------|-----------|
| Kuyu çapı           | 65-115 mm          | C <sub>B</sub> | 1,00      |
| Kuyu çapı           | 150 mm             | C <sub>B</sub> | 1,05      |
| Kuyu çapı           | 200 mm             | C <sub>B</sub> | 1,15      |
| Tij uzunluğu        | <3 m               | C <sub>R</sub> | 0,75      |
| Tij uzunluğu        | 3 – 4 m            | C <sub>R</sub> | 0,80      |
| Tij uzunluğu        | 4 – 6 m            | C <sub>R</sub> | 0,85      |
| Tij uzunluğu        | 6 – 10 m           | C <sub>R</sub> | 0,95      |
| Tij uzunluğu        | 10 – 30 m          | C <sub>R</sub> | 1,00      |
| Örnek alıcının tipi | Kılıflı (Standart) | C <sub>S</sub> | 1,00      |
| Örnek alıcının tipi | Kılıfsız           | C <sub>S</sub> | 1,10-1,30 |

### 3.3 SPT Verilerine Göre Sıvılaşma Analizi

SPT deneyi sonuçları zeminler hakkında bilgi edinmemizi sağlasa da sıvılaşmanın tespiti için yeterli olamamaktadır. Bu nedenle daha önce sıvılaşma yaşanmış alanlarda yapılan çalışmalarda elde edilen SPT sonuçları ile bağıntılı ampirik denklemler geliştirilmiştir.

Bu çalışmaların omurgasını Seed ve arkadaşlarının 1964 yılında Alaska ve Niigata meydana gelen deprem sonrası yapmış olduğu çalışmalar oluşturmaktadır Seed ve Idriss tarafından önerilen “Basitleştirilmiş Yöntem” günümüzde sıvılaşma analizlerinde standart olarak kullanılmaktadır.

Devirsel gerilme oranı yaklaşımında sıvılaşma tespiti kabaca; zeminin sıvılaşmaya olan direncinin (CRR), depremin oluşturduğu sismik etkiye (CSR) oranı şeklinde yapılır. Devirsel Gerilme Oranı (CSR), deprem ve sıvılaşma durumunda zeminde değişiklik üretmek için gerekli devirsel gerilme oranı (Asiabi, 2010) iken; Devirsel Direnç Oranı (CRR), zeminin sıklığından dolayı sıvılaşmaya karşı olan gerilme oranı (Mollamahmutoğlu ve Babuçu, 2006) olarak tanımlanmıştır.

$$GS = \frac{CRR}{CSR} \quad (3.4)$$

Burada;

GS : Güvenlik sayısı

CRR : Devirsel direnç oranı

CSR : Devirsel gerilme oranı

Güvenlik sayısının 1'den küçük olduğu durumlarda sıvılaşmanın olduğu kabul edilmektedir (Kramer, 1996). Ancak güvenlik katsayısının 1'den çok az daha büyük olan zeminlerde de sıvılaşma görülebilir (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

GS değerine göre zeminlerin sıvılaşma durumu aşağıdaki gibidir (Day, 2002).

$GS < 1$  ise sıvılaşma var

$1 \leq GS < 1.2$  ise sıvılaşma riski var

$GS \geq 1.2$  ise sıvılaşma yok

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemi hariç diğer araştırmacılar zeminlerin sıvılaşmaya olan direncini (CRR),  $M_w=7,5$  büyüklüğündeki depremler için hazırlamışlardır. Farklı büyüklükte depremler kullanılarak sıvılaşma analizi yapmak için GS değerinin bir düzeltmeye tabii tutulması gerekmektedir (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

$$GS = \frac{CRR_{7,5}}{CSR} \times MSF \quad (3.5)$$

Burada;

GS : Güvenlik sayısı

$CRR_{7,5}$  : 7,5 şiddetindeki deprem için devirsel direnç oranı

CSR : Devirsel gerilme oranı

MSF : Magnitüd düzeltme faktörü

Youd vd. (2001), magnitüd düzeltme faktörü için aşağıdaki denkliği vermişlerdir.



$$MSF = \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}} \quad (3.6)$$

Burada;

MSF : Magnitüd düzeltme faktörü

$M_w$  : Deprem magnitüdüdür.

### 3.3.1 Seed ve Idriss (1971) yöntemi ile sıvılaşma analizi

Seed ve Idriss (1971) tarafından 1964 yılında Alaska ve Niigata da meydana gelen yıkıcı depremlerden sonra geliştirilen sıvılaşma analizi yöntemi, zaman içinde Seed (1979), Seed ve Idriss (1982), Seed vd. (1985) ve Seed ve DeAlba (1986) tarafından geliştirilen yöntem, son kez Geoteknik Deprem Mühendisliği çalıştayında (NCEER, 1997) alınan kararlar doğrultusunda Youd vd. (2001) tarafından tekrar düzenlenmiştir (Hasançebi, 2011).

#### 3.3.1.1 Devirsel gerilme oranının (CSR) hesaplanması

Seed ve Idriss (1971) yönteminde devirsel gerilme oranı, deprem veya devirsel bir yükleme nedeniyle zeminde oluşan ortalama devirsel makaslama gerilmesinin devirsel gerilmelerin uygulanmasından önce zemine etkileyen ilksel etkin düşey gerilmeye oranlanması şeklinde hesaplanmıştır (Sönmez, 2006).

$$CSR = 0,65 \times \frac{a_{maks}}{g} \times \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \times r_d \quad (3.7)$$

Burada;

CSR : Deprem nedeniyle oluşan devirsel gerilme oranı

$a_{maks}$  : Zemin yüzeyindeki maksimum yatay yer ivmesi

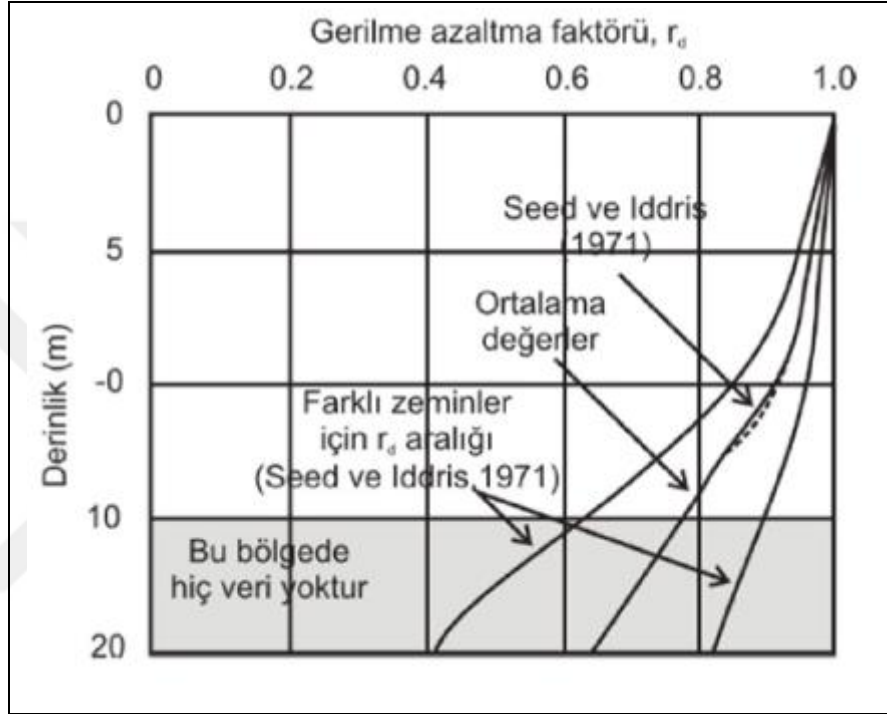
$g$  : Yerçekimi ivmesi

$\sigma_{vo}$  : Düşey toplam gerilme ( $\text{kN/m}^2$ )

$\sigma'_{vo}$  : Düşey efektif gerilme (kN/m<sup>2</sup>)

$r_d$  : Gerilme azaltma katsayısıdır.

Seed ve Idriss (1971), farklı zemin profilleri için derinliğe bağlı gerilme azaltma katsayısı değerlerini ( $r_d$ ) Şekil 3.7'deki gibi belirlemiştir.



**Şekil 3.7** Farklı zemin tipleri için gerilme azaltma katsayısının derinliğe bağlı değişimini gösteren grafik (Hasançebi, 2011).

Sıvılaşma analizi hesaplarında elektronik hesaplayıcıların kullanması için  $r_d$  değeri,  $z$  derinliği için aşağıdaki gibi formüle edilmiştir (Youd vd. 2001).

$$r_d = \frac{1,0 - 0,4113 z^{0,5} + 0,04052 z + 0,001753 z^{1,5}}{1,0 - 0,4177 z^{0,5} + 0,05729z - 0,006205 z^{1,5} + 0,00121 z^2} \quad (3.8)$$

### 3.3.1.2 Devirsel direnç oranının (CRR) hesaplanması

Youd vd. (2001), suya doymun zeminlerde CRR'nin aşağıdaki denklem ile hesaplanmasını önermişlerdir.

$$CRR_{7,5} = \left[ \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{(10(N_1)_{60} + 45)^2} - \frac{1}{200} \right] \quad (3.9)$$

Burada;

$CRR_{7,5}$  : 7,5 şiddetindeki deprem için devirsel direnç oranı

$(N_1)_{60}$  : %60 enerji iletim oranı ve örtü gerilmesi düzeltilmesi yapılmış SPT-N değeridir.

Youd vd. (2001), sınılaşma analizinde kullanılacak SPT-N değerinin, örtü yükü için ve %60 enerji oranına göre düzenlemesini kapsayan aşağıdaki denklemi önermişlerdir.

$$(N_1)_{60} = N \times C_N \times C_R \times C_S \times C_B \times C_E \quad (3.10)$$

Burada;

$(N_1)_{60}$  : %60 enerji iletim oranı ve örtü gerilmesi düzeltilmesi yapılmış SPT-N değeri

$N$  : Ölçülen SPT-N değeri

$C_N$  : Efektif düşey basınç düzeltme katsayısı

$C_R$  : Tij uzunluğu düzeltme katsayısı

$C_S$  : Numune alma metodu katsayısı

$C_B$  : Kuyu çapı düzeltme katsayısı

$C_E$  : Enerji oranı düzeltme katsayısı

Liao ve Whitman (1986), efektif düşey basınç düzeltme katsayısı  $C_N$  için aşağıdaki denklemi kullanmışlardır.

$$C_N = \sqrt{\frac{Pa}{\sigma'_{v0}}} \leq 1,7 \quad (3.11)$$

Burada;

$Pa$  : Yaklaşık 100 kN/m<sup>2</sup> değerindeki referans gerilmesi

$\sigma'_{v0}$  : Düşey efektif gerilme (kN/m<sup>2</sup>)'dir.

Kayen vd. (1992) ise  $C_N$  değeri için 1,7'yi aşmamak üzere aşağıdaki denklemi kullanmışlardır.

$$C_N = 2,2 / (1,2 + \frac{\sigma'_{v0}}{Pa}) \leq 1,7 \quad (3.12)$$

Burada;

$Pa$  : Yaklaşık 100 kN/m<sup>2</sup> değerindeki referans gerilme

$\sigma'_{v0}$  : Düşey efektif gerilme (kN/m<sup>2</sup>)

Her iki denklem de rutin mühendislik hesaplamalarında kullanılabilir.  $\sigma'_{v0} < 200$  kPa ise (11) nolu denklem güvenilir sonuçlar verir.  $\sigma'_{v0} > 200$  kPa olması durumunda sonuç belirsizdir.  $\sigma'_{v0} \leq 300$  kPa için ise (12) nolu denklem daha tutarlı sonuçlar vermektedir (Youd vd. 2001).

Seed vd. (1985), ince tane oranının artmasının zeminin sıvılaşmaya karşı direncini pozitif yönde etkilediğini kanıtlamışlardır Sıvılaşma analizlerinde kullanılan  $(N_1)_{60}$  değerinde ince tane oranına göre aşağıdaki düzeltmelerin yapılması gerekir.  $(N_1)_{60}$  değeri 30'dan büyük olan zeminler sıvılaşmaz (Youd vd. 2001).

$$(N_1)_{60tk} = \alpha + \beta \times (N_1)_{60} \quad (3.13)$$

Burada;

$(N_1)_{60tk}$  : İnce tane oranına göre düzeltilmiş SPT-N değerleri

$(N_1)_{60}$  : %60 enerji oranı ve örtü gerilmesi düzeltilmesi yapılmış SPT-N değeri

$\alpha$  ve  $\beta$  düzeltme katsayıları ince tane oranına (İTO) göre aşağıda belirtilen denklemlere göre belirlenir.

$$\text{İTO} \leq \%5 \text{ için} \quad \alpha = 0 \quad \beta = 1,0 \quad (3.14)$$

$$\%5 \leq \text{İTO} \leq \%35 \text{ için} \quad \alpha = \exp[1,76 - (190/\text{İTO}^2)] \quad \beta = 0,99 + (\text{İTO}^{1,5}/1000) \quad (3.15)$$

$$\text{İTO} \geq \%35 \text{ için} \quad \alpha = 5,0 \quad \beta = 1,2 \quad (3.16)$$

### 3.3.2 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemi ile sıvılaşma analizi

Araştırmacılar bu yöntemde zeminlerin sıvılaşma analizini SPT-N sayısı ve ince tane oranını dikkate alarak hesaplamışlardır. Bu çalışmaya göre, %10'dan fazla ince tane içeren kumların sıvılaşma direncinin temiz kumlara kıyasla çok daha büyük olduğunu, SPT-N değeri 25'ten büyük olan kumlu zeminlerde büyük hasarlar oluşmadığını, %20 den fazla kil içeren zeminlerin plastisite değerleri düşük değil ise sıvılaşmadığını, çakıl taneleri içeren kumların sıvılaşma eğiliminin çakılsız temiz kumlara göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

#### 3.3.2.1 Devirsel gerilme oranının (CSR) hesaplanması

Tokimatsu ve Yoshimi (1983), sıvılaşan suya doymun zeminlerin devirsel gerilme oranı hesabında iki nicelikten faydalanmışlardır. Bunlar; yatay yer ivmesi ve yer hareketinin devir sayısı (Mollamahmutoglu ve Babuçu, 2006). Tokimatsu ve Yoshimi (1983), devirsel gerilme oranını aşağıdaki gibi hesaplamıştır.

$$CSR = \frac{a_{maks}}{g} \times \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \times r_d \times r_n \quad (3.17)$$

Burada;

CSR : Deprem nedeniyle oluşan devirsel gerilme oranı

$a_{maks}$  : Zemin yüzeyindeki maksimum yatay yer ivmesi

$g$  : Yerçekimi ivmesi

$\sigma_{vo}$  : Düşey toplam gerilme (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma'_{vo}$  : Düşey efektif gerilme (kN/m<sup>2</sup>)

$r_d$  : Gerilme azaltma katsayısı

$r_n$  : Deprem büyüklüğü düzeltme katsayısıdır.

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yönteminde gerilme azaltma katsayısı için Iwasaki vd. (1978), tarafından önerdiği denklemi kullanmışlardır.

$$r_d = 1 - 0,015 \times z \quad (3.18)$$

Deprem büyüklüğü düzeltme katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$r_n = 0,1 \times (M - 1) \quad (3.19)$$

(3.18) ve (3.19) denklemlerinde z derinlik iken, M deprem magnitudür.

### 3.3.2.2 Devirsel direnç oranının (CRR) hesaplanması

Tokimatsu ve Yoshimi (1983), yaptıkları laboratuvar çalışmaları sonucunda zeminlerin kayma gerilmeleri ve rölatif sıkılıkları arasındaki bağıntıyı bulmuşlar ve bu bağıntıdan faydalanarak devirsel direnç oranını SPT-N sayısı ile aşağıdaki gibi belirlemişlerdir.

$$CRR = a \times C_r \times \left[ \frac{16 \times \sqrt{N_a}}{100} + \left( \frac{16 \times \sqrt{N_a}}{C_s} \right)^n \right] \quad (3.20)$$

Burada;

CRR : Devirsel direnç oranı

$N_a$  : Örtü gerilmesi ve ince tane oranı düzeltilmesi yapılmış SPT-N değeri

$a = 0,45, C_r = 0,57, C_s = 80, n = 14$  denklem sabitleridir.

$$N_a = N_1 + \Delta N_f \quad (3.21)$$

$N_a$  : Örtü gerilime ve ince tane oranı düzeltmesi yapılmış SPT-N değeri

$\Delta N_f$  : İnce tane oranı düzeltme faktörü

$N_1$  : Örtü gerilime düzeltmesi yapılmış SPT-N değeridir.

İnce tane oranı düzeltme katsayısının, zeminlerin içerdiği ince tane oranına göre değişimi Çizelge 3.6'da gösterilmiştir.

**Çizelge 3.6**  $\Delta N_f$ 'in ince tane oranı oranına göre hesaplanması

| İnce Tane Oranı (%) | $\Delta N_f$                |
|---------------------|-----------------------------|
| 0-5                 | 0                           |
| 5-10                | İTO(%) - 5                  |
| 10-                 | $0,1 \times \text{İTO} + 4$ |

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yönteminde  $N_1$  değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$N_1 = \frac{170}{\sigma'_{v0} + 70} \times N \quad (3.22)$$

Burada;

$N_1$  : Örtü gerilime düzeltmesi yapılmış SPT-N değeri

$N$  : Arazide ölçülen SPT-N değeridir.

$\sigma'_{v0}$  : Düşey efektif gerilme ( $\text{kN/m}^2$ )'dir.

Tokimatsu ve Yoshimi (1983), çalışmalarında SPT-N değerini en fazla değiştiren etkeni enerji iletim oranı olarak belirtmişlerdir. Gerekli düzenlemelerin yapılmasını vurgulamışlardır. Kullandıkları SPT düzeneğinin tahmini enerji iletim oranı %80'dir.

### 3.3.3 Iwasaki vd. (1981) yöntemi ile sıvılaşma analizi

Zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin tespit edilmesi için içerisinde sıvılaşma direnci faktörünü (GS) de barındıran bir sıvılaşma potansiyeli faktörünün ( $P_L$ ) tanımlandığı çalışmadır. GS zeminin belirli bir derinlikteki sıvılaşma potansiyelini belirtirken  $P_L$  ise zemin kütlesinin sıvılaşma potansiyelini belirtir (Iwasaki vd. 1981). Önergeler Japonya’da yaşanan 6 depremde toplam 64 sıvılaşmış ve 23 sıvılaşmamış alanlardaki GS değerlerinin laboratuvar deneyleri ile incelenerek oluşturulmuştur. Bu alanlardaki sıvılaşma tespiti, zeminlerin uğradığı deformasyonlar veya üzerlerindeki yapıların hasar durumu gözlenerek tespit edilemediğinde durumlarda SPT-N değeri 15’ten küçük, ortalama dane çapı 0,02 mm ile 2,0 mm arasında değişen suya doymuş kumlu zeminler sıvılaşmış olarak kabul edilmiştir. GS değeri sıvılaşma meydana gelen alanların %87’sinde 1,0’dan küçük, sıvılaşmanın yaşanmadığı alanların %89’unda 1,0’dan büyüktür. Sıvılaşmış alanların %13’ünde GS değeri 1,0’dan büyük, sıvılaşmamış alanların %11’inde GS değeri 1,0’dan küçük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Niigata (1964) depreminde sıvılaşmış zeminler üzerinde yapılan çalışmada, sıvılaşmış zemin tabakalarının 10 metreden daha sığ derinlikte olduğunu tespit edilmiştir (Iwasaki vd. 1981).

#### 3.3.3.1 Devirsel gerilme oranının (CSR) hesaplanması

Iwasaki vd. (1981), devirsel gerilme oranını aşağıdaki denklem ile hesaplamışlardır.

$$CSR = \frac{a_{maks}}{g} \times \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \times r_d \quad (3.23)$$

Burada;

CSR : Deprem nedeniyle oluşan devirsel gerilme oranı

$a_{maks}$  : Zemin yüzeyindeki maksimum yatay yer ivmesi

$g$  : Yerçekimi ivmesi

$\sigma_{vo}$  : Düşey toplam gerilme (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma'_{vo}$  : Düşey efektif gerilme (kN/m<sup>2</sup>)



$r_d$  : Gerilme azaltma katsayısıdır.

Gerilme azaltma katsayısı hesabında Iwasaki vd. (1978), aşağıda önerilen denklemi kullanılmışlardır.

$$r_d = 1 - 0,015 \times z \quad (3.24)$$

Bu denklemde z metre cinsinden derinliktir.

### 3.3.3.2 Devirsel direnç oranının (CRR) hesaplanması

Iwasaki vd. (1981), devirsel direnç oranını drenajsız devirsel kesme kutusu deneyi sonuçlarından faydalanarak elde ettikleri basit bir yaklaşımla tanımlamışlardır (Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006).

Iwasaki vd. (1981), analiz yönteminde devirsel direnç oranı hesabında SPT-N değeri ile birlikte ortalama tane çapı  $D_{50}$  değeri de kullanılmaktadır. Ortalama tane çapının belirlenemediği durumlarda analizin yapılabilmesi için  $D_{50}$  değeri zemin sınıfına göre Çizelge 3.7'deki tablo yardımıyla belirlenir.

**Çizelge 3.7** Farklı zemin türleri için hacim ağırlıkları ve ortalama tane çapı (Iwasaki vd. 1981)

| Zemin Sınıfı | Doğal Birim Ağırlığı (kN /m <sup>3</sup> ) | Ortalama Tane Çapı $D_{50}$ (mm) |
|--------------|--|----------------------------------|
| Yüzey zemini | 17   | 0,02                             |
| Silt         | 17,5                                       | 0,025                            |
| Kumlu silt   | 18   | 0,04                             |
| Çok ince kum | 18,5                                       | 0,10                             |
| İnce kum     | 19,5                                       | 0,15                             |
| Orta kum     | 20   | 0,35                             |
| İri kum      | 20   | 0,6                              |
| Çakıl        | 21   | 2,0                              |

Iwasaki vd. (1981), tarafından geliştirilen yöntemde devirsel direnç oranı ortalama tane çapı aralıklarına göre aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$0,04\text{mm} \leq D_{50} \leq 0,6 \text{ mm}$  için

$$CRR_{7,5} = 0,882 \sqrt{\frac{N}{\sigma'_{v0} + 0,7}} + 0,225 \log \frac{0,35}{D_{50}} \quad (3.25)$$

$0,6\text{mm} \leq D_{50} \leq 1,5 \text{ mm}$  için

$$CRR_{7,5} = 0,882 \sqrt{\frac{N}{\sigma'_{v0} + 0,7}} - 0,05 \quad (3.26)$$

Burada;

$CRR_{7,5}$ : 7,5 şiddetindeki deprem için devirsel direnç oranı

$N$  : Arazide ölçüle SPT-N değeri

$\sigma'_{v0}$  : Düşey efektif gerilme ( $\text{kgf/cm}^2$ )

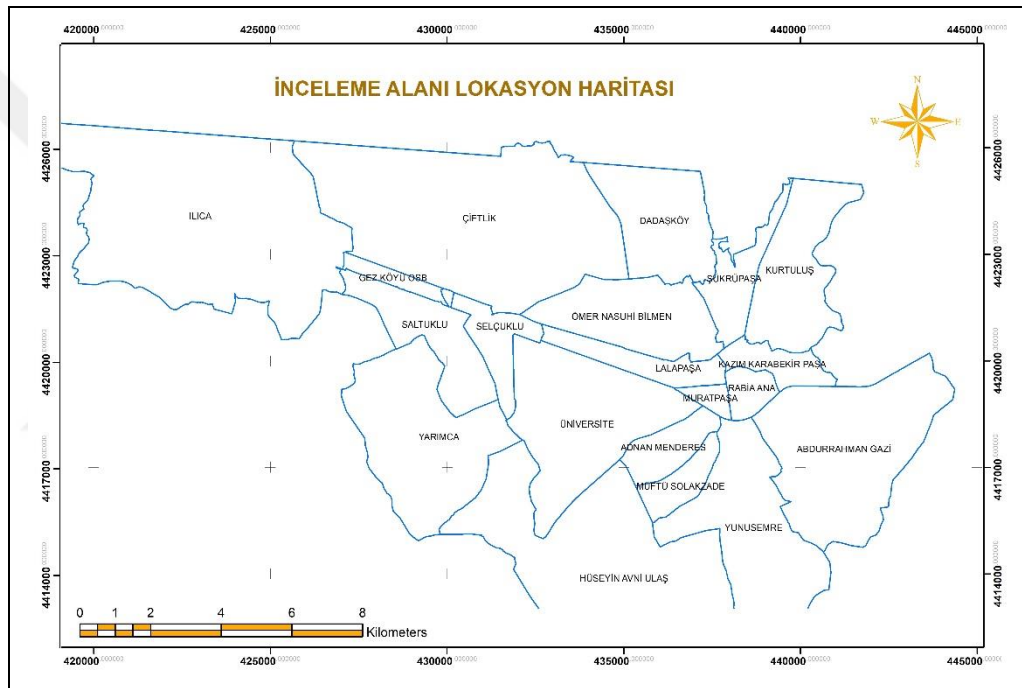
$D_{50}$  : Ortalama dane çapı (mm)

Iwasaki vd. (1981) sıvılaşma analizi hesaplarında kullandığı SPT-N değerine enerji aktarımı oranı düzeltilmesi yapmamışlardır. Fakat sıvılaşma konusu üzerine yapılan araştırmalarda SPT-N değerinde çeşitli düzeltmeler yapılmasının öneminden bahsedilmiştir. Tokimatsu ve Yoshimi (1983), SPT-N değerini en fazla değiştiren etkinin enerji iletim oranı olduğunu bildirmiştir. Youd vd. (2001), ise SPT uygulanan her yerde enerji iletim oranının ölçülmesinin sıklıkla yapılmasını önermişlerdir. Bunun yapılamadığı yerlerde ise SPT ekipmanlarının ve uygulama yöntemlerinin iyice takip edilerek bir katsayı hesaplanmasının gerekliliğini vurgulamışlardır.

Iwasaki vd. (1981), Japonya'da deprem yaşanmış alanlar üzerinde çalışma yapmışlardır. Japonya'da en yaygın kullanılan şahmerdan düşürme mekanizmaları Tombi, Kedibaşı (2 tur sarım) ve Kedibaşı'dır (Tokimatsu ve Yoshimi, 1983). Bu yöntemlerin enerji iletim oranı %65-85 arasında değişmektedir. Bu çalışma kapsamında, enerji iletim oranının %60 kabul edilerek SPT-N değerinde tüm düzeltmeler yapılmıştır.

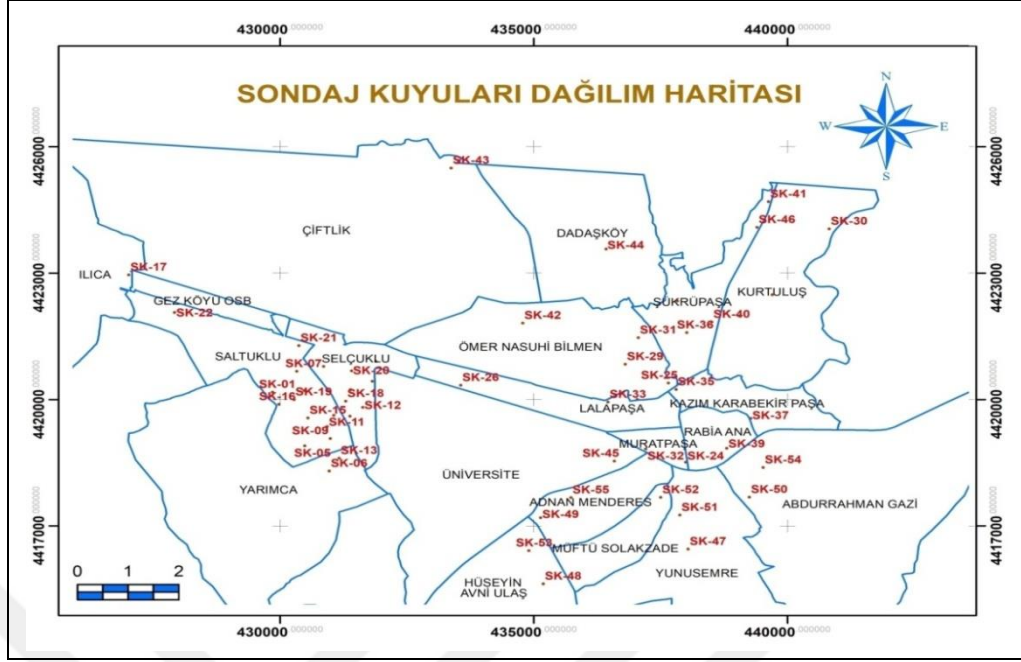
### 3.4 Arazi Çalışmaları

Sıvılaşma analizi yapılacak olan inceleme alanı, Erzurum il merkezini oluşturan Aziziye, Yakutiye ve Palandöken ilçeleridir. Aziziye ilçesinde Saltuklu, Selçuklu, Yarımca, Ilıca ve Gez Köyü mahalleri, Yakutiye ilçesinde Muratpaşa, Rabiaana, Kâzımkarabekir, Kurtuluş, Şükrüpaşa, Ömer Nasuhi Bilmen, Dadaşköy, Lalapaşa, Üniversite ve Çiftlik mahalleleri, Palandöken ilçesinde Hüseyin Avni Ulaş, Müftü Solakzade, Adnan Menderes, Yunusemre ve Abdurrahmangazi mahalleri seçilmiştir. Şekil 3.8’de inceleme alanı lokasyon haritası sunulmuştur.



**Şekil 3.8** İnceleme alanı lokasyon haritası

Zeminleri oluşturan birimlerin geoteknik özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla çeşitli arazi ve laboratuvar deneyleri yapılmaktadır. Bu kapsamda inceleme alanı içerisinde statik projeye esas zemin ve temel etüdü için farklı noktalarda açılmış 55 adet sondaj kuyusunda her 1,5 m’de tekrarlanan toplam 536 adet SPT deneyi verileri incelenmiştir. Sondaj kuyusu dağılımı haritası Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Sondaj kuyusu dağılımı haritası

İnceleme alanının en doğru şekilde tanımlanabilmesi için, sondaj kuyusu dağılımına özen gösterilmiştir. Aziziye ilçesi için derinliğe göre SPT-N değerleri Çizelge 3.8’de, Yakutiye ilçesi için derinliğe göre SPT-N değerleri Çizelge 3.9’da Palandöken ilçesi için derinliğe göre SPT-N değerleri Çizelge 3.10’da sırasıyla sunulmuştur.

**Çizelge 3.8** Aziziye ilçesi için derinliğe göre SPT-N değerleri

| Sondaj Kuyusu                  | Kot (km) | Seviye(m) |      |      |      |      |      |       |       |       |       |    |
|--------------------------------|----------|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|----|
|                                |          | 1,95      | 3,45 | 4,95 | 6,45 | 7,95 | 9,45 | 10,95 | 12,45 | 13,95 | 15,45 |    |
| AZİZİYE İLÇESİ SPT-N DEĞERLERİ | SK-1     | 1765      | 15   | 17   | 18   | 23   | R    | 21    | 20    | 19    | 19    | 29 |
|                                | SK-2     | 1794      | 15   | 21   | 30   | 32   | R    | 37    | R     | R     | R     | R  |
|                                | SK-3     | 1802      | 17   | 21   | 33   | R    | 37   | 35    | R     | R     | R     | R  |
|                                | SK-4     | 1802      | 19   | 23   | 25   | 27   | 26   | 36    | 33    | 25    | 28    | 27 |
|                                | SK-5     | 1806      | 16   | 20   | 22   | 25   | 39   | 34    | 42    | R     | R     | R  |
|                                | SK-6     | 1807      | 19   | 26   | 26   | 32   | 37   | R     | R     | R     | R     | R  |
|                                | SK-7     | 1807      | 15   | 15   | 18   | 20   | 19   | 23    | 24    | R     | R     | R  |
|                                | SK-8     | 1817      | 20   | 19   | 33   | 28   | 28   | R     | R     | R     | R     | R  |
|                                | SK-9     | 1818      | 22   | 23   | 25   | 32   | 40   | R     | R     | R     | R     | R  |
|                                | SK-10    | 1780      | 21   | 21   | 38   | 29   | 40   | R     | R     | R     | R     | R  |
|                                | SK-11    | 1784      | 21   | 20   | 21   | 23   | 35   | R     | R     | R     | R     | R  |
|                                | SK-12    | 1786      | 14   | 18   | 36   | R    | R    | R     | R     | R     | R     | R  |
|                                | SK-13    | 1786      | 24   | 22   | 28   | 36   | R    | R     | R     | R     | R     | R  |
|                                | SK-14    | 1787      | 45   | 35   | R    | 43   | R    | R     | R     | 51    | R     | R  |
|                                | SK-15    | 1787      | 22   | 26   | 23   | 32   | 35   | 38    | R     | R     | R     | R  |
|                                | SK-16    | 1789      | 17   | 17   | 28   | 23   | 27   | 30    | 30    | 34    | 32    | 34 |
|                                | SK-17    | 1764      | 26   | 20   | 19   | 32   | 31   | 34    | R     | R     | R     | R  |
|                                | SK-18    | 1793      | 22   | 21   | 33   | 37   | 36   | R     | R     | R     | R     | R  |
|                                | SK-19    | 1793      | 19   | 15   | 19   | 27   | 29   | R     | 35    | 31    | 31    | 32 |
|                                | SK-20    | 1797      | 21   | 22   | 23   | 35   | 36   | R     | R     | R     | R     | R  |
|                                | SK-21    | 1799      | 13   | 15   | 20   | 21   | 22   | 23    | R     | R     | 40    | R  |
|                                | SK-22    | 1800      | -    | 11   | 15   | 18   | 16   | 21    | 24    | 23    | 21    | 24 |
|                                | SK-23    | 1801      | 23   | R    | 26   | 35   | 38   | 32    | R     | 59    | R     | 46 |

Aziziye ilçesinde yapılan arazi deneyi sonuçları (Çizelge 3.8) incelendiğinde, SPT-N değerinin 11-59 arasında değiştiği görülmektedir. Aziziye ilçesinde yapılan inşaatların temel derinliğinin genel olarak 3 m'yi aşmadığı göz önüne alındığında SPT-N değerlerinin 1,95-6,45 m seviyesi arasındaki değişiminin incelenmesi, tez çalışması kapsamında daha faydalı olacaktır. Bu derinlikler arasında 23 sondaj kuyusunda uygulanan toplam 87 adet SPT deneyi verisi incelendiğinde, SPT-N değerlerinin birbirlerine yakın, ortalamasının ise 23,71 olduğu tespit edilmiştir. SPT-N değerlerinin sıvılaşma hesabında kullanılabilmesi için belirli düzeltmeler yapılacak olsa da; ortalama değer 25'ten küçük olması, 1,95-6,45 m seviyesi

aralığındaki zeminlerin sıvılaşmaya karşı duyarlı olabileceği konusunda bize ön bilgi vermektedir.

**Çizelge 3.9** Yakutiye ilçesi için derinliğe göre SPT-N değerleri

| Sondaj Kuyusu                   | Kot (km) | Seviye(m) |            |      |      |      |      |       |       |       |       |    |  |
|---------------------------------|----------|-----------|------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|----|--|
|                                 |          | 1,95      | 3,45       | 4,95 | 6,45 | 7,95 | 9,45 | 10,95 | 12,45 | 13,95 | 15,45 |    |  |
| YAKUTİYE İLÇESİ SPT-N DEĞERLERİ | SK-24    | 1952      | R          | 49   | R    | R    | 52   | R     | R     | R     | R     | R  |  |
|                                 | SK-25    | 1861      | 28         | 46   | 38   | R    | R    | 39    | 36    | R     | R     | 34 |  |
|                                 | SK-26    | 1816      | 22         | 32   | 32   | 33   | R    | R     | R     | R     | R     | R  |  |
|                                 | SK-27    | 1864      | KAYA ZEMİN |      |      |      |      |       |       |       |       |    |  |
|                                 | SK-28    | 1863      | 30         | 46   | 36   | 51   | 48   | R     | R     | R     | R     | R  |  |
|                                 | SK-29    | 1834      | 29         | 33   | 42   | R    | 47   | R     | R     | 55    | R     | R  |  |
|                                 | SK-30    | 1845      | R          | R    | R    | R    | R    | R     | R     | R     | R     | R  |  |
|                                 | SK-31    | 1820      | 27         | 32   | 26   | 39   | 43   | 52    | R     | R     | R     | R  |  |
|                                 | SK-32    | 1919      | 32         | 35   | R    | 50   | R    | R     | R     | R     | R     | R  |  |
|                                 | SK-33    | 1854      | 46         | 39   | 41   | 49   | 73   | 47    | R     | R     | R     | R  |  |
|                                 | SK-34    | 1813      | 28         | 31   | 34   | 35   | R    | 33    | R     | 39    | 39    | R  |  |
|                                 | SK-35    | 1872      | R          | R    | R    | 36   | 46   | 43    | 46    | R     | R     | R  |  |
|                                 | SK-36    | 1842      | 36         | 37   | 36   | R    | 49   | 43    | R     | R     | R     | R  |  |
|                                 | SK-37    | 1937      | -          | 34   | 31   | 36   | R    | 35    | 42    | 44    | R     | 49 |  |
|                                 | SK-38    | 1828      | 30         | 38   | R    | 45   | 34   | R     | R     | R     | 50    | 43 |  |
|                                 | SK-39    | 1947      | 24         | 26   | 35   | 36   | R    | R     | R     | R     | R     | R  |  |
|                                 | SK-40    | 1934      | 29         | 34   | 47   | 43   | 39   | R     | R     | R     | R     | R  |  |
|                                 | SK-41    | 1771      | 13         | 20   | 20   | 24   | 35   | R     | R     | R     | R     | R  |  |
|                                 | SK-42    | 1795      | 24         | 30   | 29   | 34   | R    | 41    | 28    | 31    | 30    | 31 |  |
|                                 | SK-43    | 1760      | 13         | 14   | 17   | 18   | 19   | 21    | -     | -     | -     | -  |  |
|                                 | SK-44    | 1782      | 27         | R    | 55   | R    | R    | 31    | 20    | R     | R     | R  |  |
| SK-45                           | 1908     | R         | R          | 53   | R    | R    | R    | R     | R     | R     | R     |    |  |
| SK-46                           | 1781     | R         | R          | R    | R    | R    | 30   | 37    | R     | 43    | 38    |    |  |

Yakutiye ilçesinde yapılan arazi deneyi sonuçları (Çizelge 3.9) incelendiğinde, SPT-N değerinin 13-73 arasında değiştiği görülmektedir. Yakutiye ilçe merkezinde yerleşim büyük ölçüde rakımın yüksek olduğu alanlar üzerine kurulmuştur. Yeni yapılaşmalar ise rakımın düşük olduğu Erzurum ovası düzlüklerine doğru ilerlemektedir. İlçe merkezindeki rakım farklılığı seçilen sondaj kuyularına da yansımaktadır. Öyle ki, seçilen sondaj kuyularında rakımın en yüksek olduğu nokta 1950 metre iken, en düşük nokta 1760 metreye kadar düşmektedir. Yakutiye

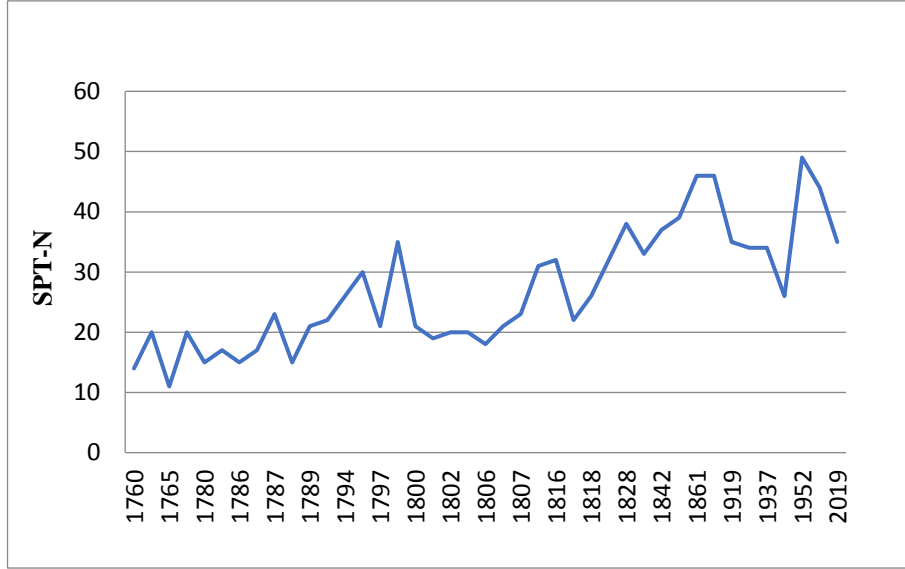
bölgesindeki SPT-N değeri, genel olarak rakımın yüksek olduğu noktalarda iri taneli zeminlerin ve blok ve yamaç molozu özelliğindeki malzemenin artması sebebiyle, büyük değerlere ulaşmış ve birçok noktada refü kaydedilmiştir. Sert zeminlerde, üç ilerleme aşamasından bir tanesinde, 50 darbede 15 cm penetrasyon sağlanamaz ise deney durdurulur ve refü değerine ulaşıldığı belirtilir (Erol ve Çekinmez, 2014). Rakımın düşük olduğu noktalarda ise SPT-N değerleri Aziziye ilçesi sonuçlarına yakın değerlerdir.

**Çizelge 3.10** Palandöken ilçesi için derinliğe göre SPT-N değerleri

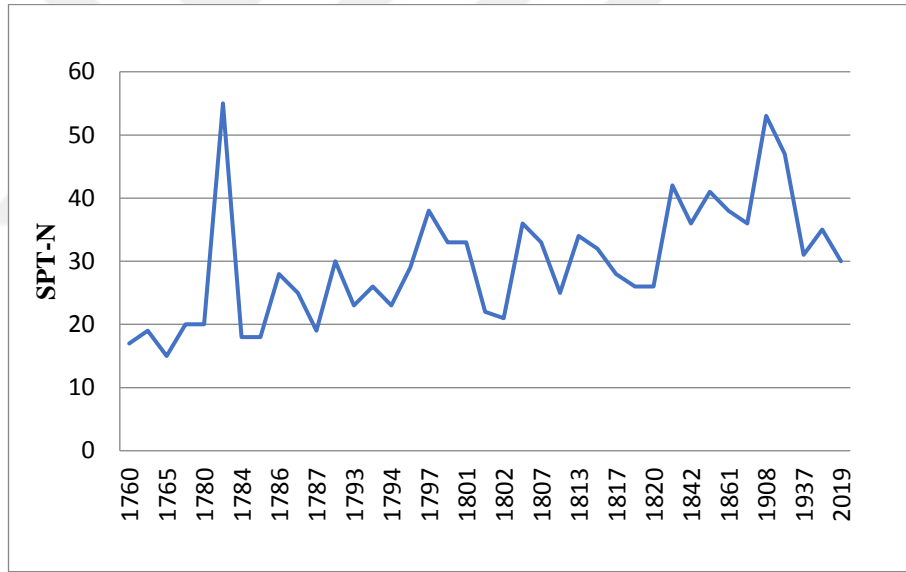
| Sondaj Kuyusu                     | Kot   | Seviye |      |      |      |      |      |       |       |       |       |   |
|-----------------------------------|-------|--------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|---|
|                                   |       | 1,95   | 3,95 | 4,95 | 6,45 | 7,95 | 9,45 | 10,95 | 12,45 | 13,95 | 15,45 |   |
| PALANDÖKEN İLÇESİ SPT-N DEĞERLERİ | SK-47 | 2019   | 21   | 35   | 30   | R    | 46   | 41    | R     | R     | R     | R |
|                                   | SK-48 | 1987   | R    | R    | R    | R    | R    | R     | R     | R     | R     | R |
|                                   | SK-49 | 1926   | R    | R    | R    | R    | R    | R     | R     | R     | R     | R |
|                                   | SK-50 | 2008   | R    | R    | R    | R    | R    | R     | R     | R     | R     | R |
|                                   | SK-51 | 1983   | R    | R    | R    | R    | R    | R     | R     | R     | R     | R |
|                                   | SK-52 | 1966   | 53   | 44   | R    | R    | R    | R     | R     | R     | R     | R |
|                                   | SK-53 | 1950   | R    | R    | R    | R    | R    | R     | R     | R     | R     | R |
|                                   | SK-54 | 1973   | R    | R    | R    | R    | R    | R     | R     | R     | R     | R |
|                                   | SK-55 | 1928   | R    | R    | R    | R    | R    | 31    | 27    | R     | R     | R |

Palandöken dağ silsilesi eteklerine kurulan, Palandöken ilçesi inceleme alanları içerisinde rakımın en yüksek olduğu alandır. Çizelge 3.10 incelendiğinde, Palandöken ilçesinde SPT-N değerinin birçok yerde refü kaydedildiği, ölçüm yapılabilen noktalarda ise 21 ile 53 arasında yüksek değerler aldığı gözlenmektedir.

Çizelge 3.8, Çizelge 3.9 ve Çizelge 3.10 incelendiğinde yükseklik (kot) arttıkça genel olarak SPT-N değerinin de artış gösterdiği görülmektedir. 3,45 m derinliğindeki SPT-N değerinin sondaj kuyusu rakımına bağlı değişimi Şekil 3.10'da, 4,95 m derinliğindeki SPT-N değerinin sondaj kuyusu rakımına bağlı değişimi Şekil 3.11'de, 6,45 m derinliğindeki SPT-N değerinin sondaj kuyusu rakımına bağlı değişimi Şekil 3.12'de sunulmuştur.

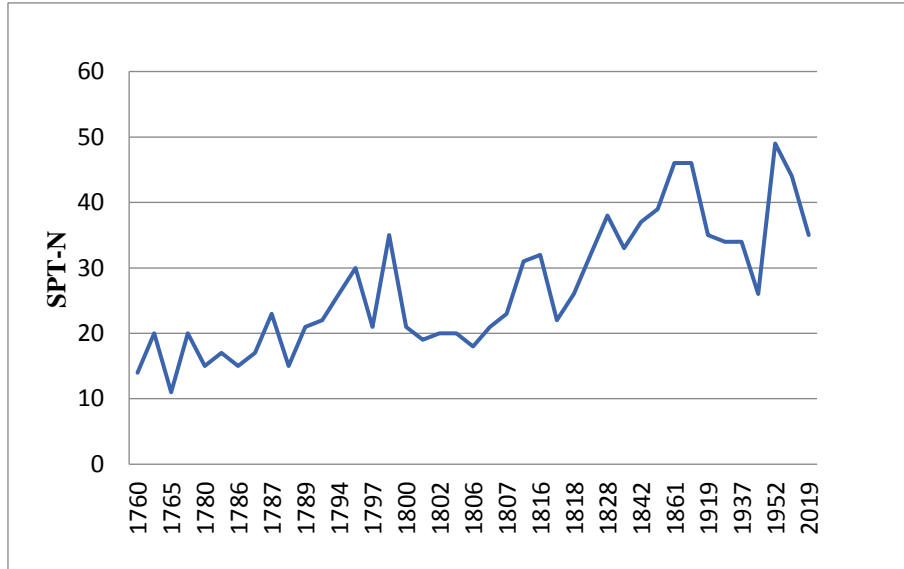


**Şekil 3.10** 3,45 m derinliğindeki SPT-N değerinin sondaj kuyusu rakımına bağlı değişimi



**Şekil 3.11** 4,95 m derinliğindeki SPT-N değerinin sondaj kuyusu rakımına bağlı değişimi





**Şekil 3.12** 6,45 m derinliğindeki SPT-N değerinin sondaj kuyusu rakımına bağlı değişimi

Şekil 3.10, Şekil 3.11 ve Şekil 3.12 incelendiğinde, SPT-N değerinin sondaj noktası rakımının artması ile artış gösterdiği açıkça görülmektedir. Bunun sebebi rakımın yüksek olduğu alanlarda çeşitli kayalar, eski alüvyon ve yamaç molozu gibi sıkı zeminlerin, rakımın düşük olduğu alanlarda ise güncel alüvyon gibi gevşek zeminlerin bulunmasıdır.

Şekil 3.11’de SPT-N değerinde ani artış gözlenmektedir. Bu ve buna benzer sonuçlar, numune alma kaşığının bloklu bir yapı ile sıkışabilmesi, sıkı zemin tabakasına rastlanması veya operatör hatalarından kaynaklanabilir. SPT deneyi uzun yıllardan beri uygulanmasına karşın, SPT-N değeri birçok değişkene bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Arazi çalışmaları sonucunda sondaj kuyularında tespit edilen yer altı su seviyeleri Aziziye ilçesi için Çizelge 3.11’de, Yakutiye ilçesi için Çizelge 3.12’de, Palandöken ilçesi için Çizelge 3.13’de sunulmuştur.

**Çizelge 3.11** Aziziye ilçesi yer altı suyu seviyesi çizelgesi

| Sondaj No                    |       | Yer altı su seviyesi | Sondaj No                    |       | Yer altı su seviyesi |
|------------------------------|-------|----------------------|------------------------------|-------|----------------------|
| AZİZİYE İLÇESİ SONDAJ KUYUSU | SK-1  | 1,6                  | AZİZİYE İLÇESİ SONDAJ KUYUSU | SK-13 | -                    |
|                              | SK-2  | 3,3                  |                              | SK-14 | 10                   |
|                              | SK-3  | 9,6                  |                              | SK-15 | 5                    |
|                              | SK-4  | 2,7                  |                              | SK-16 | 2,2                  |
|                              | SK-5  | 10                   |                              | SK-17 | 2,5                  |
|                              | SK-6  | -                    |                              | SK-18 | 9,5                  |
|                              | SK-7  | 1,9                  |                              | SK-19 | 2,4                  |
|                              | SK-8  | 11,50                |                              | SK-20 | 5,8                  |
|                              | SK-9  | 12                   |                              | SK-21 | 2,5                  |
|                              | SK-10 | 9                    |                              | SK-22 | 5                    |
|                              | SK-11 | 10,50                |                              | SK-23 | 8                    |
|                              | SK-12 | -                    |                              | -     | -                    |

Çizelge 3.11 incelendiğinde Aziziye ilçesinde yer altı su seviyesinin sığ olduğu görülmektedir. Yapılan arazi çalışmalarında yer altı su seviyesinin 1,6-12 m arasında değiştiği görülmektedir. Bazı sondaj kuyularında yer altı su seviyesi tepit edilmemiştir.

**Çizelge 3.12** Yakutiye ilçesi yer altı suyu seviyesi çizelgesi

| Sondaj No                     |       | Yer altı su seviyesi | Sondaj No                     |       | Yer altı su seviyesi |
|-------------------------------|-------|----------------------|-------------------------------|-------|----------------------|
| YAKUTİYE İLÇESİ SONDAJ KUYUSU | SK-24 | -                    | YAKUTİYE İLÇESİ SONDAJ KUYUSU | SK-36 | -                    |
|                               | SK-25 | -                    |                               | SK-37 | -                    |
|                               | SK-26 | -                    |                               | SK-38 | -                    |
|                               | SK-27 | -                    |                               | SK-39 | -                    |
|                               | SK-28 | -                    |                               | SK-40 | -                    |
|                               | SK-29 | -                    |                               | SK-41 | 2                    |
|                               | SK-30 | -                    |                               | SK-42 | 8                    |
|                               | SK-31 | -                    |                               | SK-43 | 0,8                  |
|                               | SK-32 | -                    |                               | SK-44 | 2                    |
|                               | SK-33 | -                    |                               | SK-45 | -                    |
|                               | SK-34 | -                    |                               | SK-46 | 4                    |
|                               | SK-35 | -                    |                               | -     | -                    |

Çizelge 3.12 incelendiğinde Yakutiye ilçesinde birçok sondaj kuyusunda yer altı su seviyesi tespit edilmemiştir. Diğer sondaj kuyularında ise yer altı su seviyesinin 0,8 m'ye kadar düştüğü görülmüştür.

**Çizelge 3.13** Palandöken ilçesi yer altı suyu seviyesi çizelgesi

| Sondaj No                             |       | Yer altı su seviyesi | Sondaj No                             |       | Yer altı su seviyesi |
|---------------------------------------|-------|----------------------|---------------------------------------|-------|----------------------|
| PALANDÖKEN<br>İLÇESİ SONDAJ<br>KUYUSU | SK-47 | -                    | PALANDÖKEN<br>İLÇESİ SONDAJ<br>KUYUSU | SK-52 | -                    |
|                                       | SK-48 | -                    |                                       | SK-53 | -                    |
|                                       | SK-49 | -                    |                                       | SK-54 | -                    |
|                                       | SK-50 | -                    |                                       | SK-55 | -                    |
|                                       | SK-51 | -                    |                                       |       |                      |

Çizelge 3.13 incelendiğinde Palandöken ilçesinde yapılan sondaj çalışmalarının hiçbirinde yer altı su seviyesi tespit edilmemiştir.

Erzurum Ovası düzlüklerinde ve rakımın düşük olduğu alanlarda, yer altı su seviyesinde mevsimsel olarak ta değişimler gözlenmektedir. Yağışların bol olduğu ilkbahar aylarında Aziziye ve Yakutiye ilçelerinde bölgesel olarak doğal göllenmeler oluşmaktadır (Şekil 3.13). Erzurum Ovası içerisinde şehir merkezinin içme suyunu karşılayan kuyular ve çiftçiler tarafından tarımsal sulama amaçlı açılan kuyuların, Kuzgun ve Çat Barajı yapımı sonrasında kapatılması ile birlikte yeraltı su seviyesinde yükselme meydana gelmiştir.



**Şekil 3.13** İlkbahar başlangıcında Erzurum ovasından bir görüntü

### **3.5 Laboratuvar Çalışmaları**

Çalışma alanını oluşturan zeminlerin geoteknik özelliklerini belirleyebilmek amacıyla, sondaj kuyularından elde edilen numuneler üzerinde çeşitli laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Bunlar; Doğal birim ağırlık ( $\gamma_n$ ), Su muhtevası ( $\omega$ ), Elek analizleri, Likit limit (LL), Plastik limit (PL), Plastisite indisi (PI), Zemin sınıfı deneyleridir. Elde edilen laboratuvar deney sonuçlarına göre Aziziye ilçesi zemin geoteknik özellikleri Çizelge 3.14’te sunulmuştur.

Çizelge 3.14 Aziziye ilçesi zemin geoteknik özellikleri

| Sondaj No | Seviye (m) | D.Birim Ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | Su Muhtevası (ω) % | 4 nolu Elekten Kalan (%) | 200 nolu Elekten Geçen (%) | Likit Limit (LL)% | Plastik Limit (PL)% | Plastisite İndisi (PI)% | Zemin Sınıfı |
|-----------|------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|--------------|
| SK-01     | 3,45       | 18,4                                 | 22,1               | 0                        | 78,9                       | 34,9              | 24,1                | 10,8                    | ML           |
|           | 4,95       | 18,4                                 | 16,9               | 3,1                      | 36,1                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 9,45       | 18,4                                 | 20,9               | 2,4                      | 40,5                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 12,45      | 18,4                                 | 23,4               | 5,9                      | 32,8                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
| SK-02     | 3,45       | 18,1                                 | 16,9               | 6,7                      | 70,1                       | 36,5              | 24,7                | 11,8                    | ML           |
|           | 4,95       | 18,1                                 | 17,5               | 12,1                     | 47,8                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 6,45       | 18,1                                 | 16,2               | 9,6                      | 41,2                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 7,95       | 18,1                                 | 14,3               | 54,6                     | 15,8                       | -                 | NP                  | -                       | GM           |
|           | 9,45       | 18,1                                 | 15,9               | 16,8                     | 28,7                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
| SK-3      | 3,45       | 18,4                                 | 19,6               | 7,3                      | 64,1                       | 34,1              | 23,9                | 10,2                    | ML           |
|           | 6,45       | 18,4                                 | 16,3               | 20,6                     | 29,8                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 7,95       | 18,4                                 | 18,7               | 13,9                     | 32,5                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 9,45       | 18,4                                 | 20,1               | 22,7                     | 25,3                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
| SK-4      | 3,45       | 18,5                                 | 21,6               | 3,1                      | 67,9                       | 36,5              | 24,9                | 11,6                    | ML           |
|           | 4,95       | 18,5                                 | 12,5               | 17,8                     | 24,3                       | 30,6              | 20,7                | 9,9                     | SC           |
|           | 6,45       | 18,5                                 | 16,4               | 14,6                     | 32,7                       | 32,4              | 21,9                | 10,5                    | SC           |
|           | 9,45       | 18,5                                 | 17,1               | 10,1                     | 39,8                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 12,45      | 18,5                                 | 18,9               | 9,7                      | 43,1                       | 33,9              | 23,1                | 10,8                    | SC           |
| SK-5      | 3,45       | 18,5                                 | 19,6               | 3,3                      | 73,5                       | 37,7              | 24,9                | 12,8                    | ML           |
|           | 4,95       | 18,5                                 | 20,1               | 4,1                      | 66,4                       | 36,9              | 25,1                | 11,8                    | ML           |
|           | 6,45       | 18,5                                 | 17,9               | 7,5                      | 59,8                       | 34,6              | 24,1                | 10,5                    | ML           |
|           | 7,95       | 18,5                                 | 16,5               | 11,2                     | 43,4                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 9,45       | 18,5                                 | 18,3               | 17,9                     | 35,1                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 12,45      | 18,5                                 | 19,1               | 23,6                     | 30,9                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
| SK-6      | 1,95       | 18,2                                 | 20,4               | 5,3                      | 68,9                       | 38,6              | 25,7                | 12,9                    | ML           |
|           | 3,45       | 18,2                                 | 15,4               | 12,6                     | 40,9                       | 35,1              | 22,6                | 12,5                    | SC           |
|           | 4,95       | 18,2                                 | 16,5               | 14,1                     | 35,1                       | 33,5              | 22,1                | 11,4                    | SC           |
|           | 7,95       | 18,2                                 | 18,1               | 23,5                     | 26,1                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
| SK-7      | 3,45       | 18,3                                 | 15,6               | 9,2                      | 61,9                       | -                 | NP                  | -                       | ML           |
|           | 4,95       | 17,5                                 | 21,6               | 5,4                      | 12,5                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 6,45       | 17,5                                 | 12,5               | 40,5                     | 1,6                        | -                 | NP                  | -                       | SW           |
|           | 7,95       | 17,5                                 | 18,8               | 43,1                     | 1                          | -                 | NP                  | -                       | SW           |
|           | 9,45       | 17,5                                 | 15,1               | 41,6                     | 0,1                        | -                 | NP                  | -                       | SW           |

Çizelge 3.14 Aziziye ilçesi zemin geoteknik özellikleri (devam)

|       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| SK-08 | 3,45  | 18,6 | 21,3 | 2,1  | 74,6 | 38,9 | 25,3 | 13,6 | ML    |
|       | 4,95  | 18,6 | 17,5 | 7,9  | 41,5 | 35,6 | 23,8 | 11,8 | SC    |
|       | 6,45  | 18,6 | 19,8 | 13,2 | 32,8 | 34,1 | 22,1 | 12   | SC    |
|       | 7,95  | 18,6 | 20,4 | 15,1 | 29,8 | 30,6 | 20,9 | 9,7  | SC    |
| SK-09 | 3,45  | 18,5 | 20,6 | 3,9  | 72,5 | 38,9 | 25,6 | 13,3 | ML    |
|       | 4,95  | 18,5 | 17,8 | 21,4 | 35,8 | 32,7 | 23,1 | 9,6  | SC    |
|       | 6,45  | 18,5 | 19,5 | 17,6 | 28,4 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 7,95  | 18,5 | 18,1 | 21,4 | 30,5 | -    | NP   | -    | SM    |
| SK-10 | 3,45  | 18,5 | 16,9 | 2,6  | 75,2 | 39,1 | 25,6 | 13,5 | ML    |
|       | 4,95  | 18,5 | 14,1 | 4,3  | 42,3 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 6,45  | 18,5 | 15,3 | 7,1  | 38,6 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 7,95  | 18,5 | 17,6 | 10,5 | 32,5 | -    | NP   | -    | SM    |
| SK-11 | 3,45  | 18,5 | 20,9 | 5,4  | 69,8 | 38,1 | 25,3 | 12,8 | ML    |
|       | 4,95  | 18,5 | 16,4 | 13,5 | 39,7 | 33,6 | 22,7 | 10,9 | SC    |
|       | 6,45  | 18,5 | 18,5 | 9,3  | 42,8 | 34,9 | 23,1 | 11,8 | SC    |
|       | 7,95  | 18,5 | 21,3 | 15,1 | 30,6 | -    | NP   | -    | SM    |
| SK-12 | 1,95  | 17,7 | 13,6 | 7,6  | 65,4 | 34,6 | 24,5 | 10,1 | ML    |
|       | 4,95  | 17,7 | 11,5 | 20,7 | 29,1 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 6,45  | 17,7 | 12,9 | 15,3 | 46,7 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 7,95  | 17,7 | 14,7 | 26,8 | 25,3 | -    | NP   | -    | SM    |
| SK-13 | 1,95  | 18,2 | 14,2 | 16,2 | 35,2 | 34,9 | 20,1 | 14,8 | SC    |
|       | 3,45  | 18,2 | 13,7 | 14,1 | 31,7 | 32,1 | 19,6 | 12,5 | SC    |
|       | 4,95  | 18,2 | 12,8 | 10,8 | 40,8 | -    | NP   | -    | SM    |
| SK-14 | 3,45  | 17,8 | 12,3 | 7,3  | 33,1 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 4,95  | 17,8 | 10,5 | 36,9 | 28,7 | -    | NP   | -    | GM    |
|       | 6,45  | 17,8 | 14,1 | 42,3 | 26,2 | -    | NP   | -    | GM    |
|       | 7,95  | 17,8 | 16,4 | 0    | 3,6  | -    | NP   | -    | SP    |
|       | 9,45  | 17,8 | 15,9 | 17,2 | 40,4 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 12,45 | 17,8 | 15,2 | 56,1 | 9,8  | -    | NP   | -    | GW-GM |
| SK-15 | 3,45  | 18,4 | 23,1 | 2,3  | 75,6 | 37,5 | 25,1 | 12,4 | ML    |
|       | 4,95  | 18,4 | 22,4 | 4,2  | 62,4 | 35,6 | 24,8 | 10,8 | ML    |
|       | 6,45  | 18,4 | 18,9 | 9,1  | 35,4 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 7,95  | 18,4 | 19,1 | 13,9 | 26,5 | -    | NP   | -    | SM    |
| SK-16 | 3,45  | 18,5 | 19,8 | 9,1  | 67,1 | 39,7 | 25,9 | 13,8 | ML    |
|       | 4,95  | 18,5 | 18,2 | 12,5 | 38,5 | 32,1 | 20,5 | 11,6 | SC    |
|       | 7,95  | 18,5 | 14,1 | 24,5 | 35,3 | -    | NP   | -    | SM    |
| SK-17 | 3,45  | 17,8 | 16,4 | 7,8  | 35,1 | 33,4 | 17,6 | 15,8 | SC    |
|       | 6,45  | 17,8 | 13,8 | 10,9 | 25,7 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 7,95  | 17,8 | 16,7 | 8,5  | 39,3 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 9,45  | 17,8 | 18,1 | 16,1 | 31,4 | -    | NP   | -    | SM    |

Çizelge 3.14 Aziziye ilçesi zemin geoteknik özellikleri (devam)

|       |       |      |      |       |      |      |      |      |    |
|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|----|
| SK-18 | 3,45  | 18,6 | 20,5 | 4,7   | 68,7 | 40,2 | 26,1 | 14,1 | ML |
|       | 4,95  | 18,6 | 19,8 | 12,1  | 39,8 | 32,9 | 19,6 | 13,3 | SC |
|       | 7,95  | 18,6 | 20,4 | 23,44 | 39,7 | -    | NP   | -    | SM |
|       | 13,95 | 18,6 | 19,9 | 18,7  | 35,2 | 31,8 | 18,7 | 13,1 | SC |
|       | 15,45 | 18,6 | 19,8 | 21,3  | 29,8 | 30,6 | 17,9 | 12,7 | SC |
| SK-19 | 3,45  | 18,5 | 21,3 | 0,9   | 72,5 | 36,2 | 24,5 | 11,7 | ML |
|       | 4,95  | 18,5 | 23,8 | 2,9   | 59,8 | 32,9 | 24,1 | 8,8  | ML |
|       | 7,95  | 18,5 | 15,4 | 9,3   | 40,6 | -    | NP   | -    | SM |
|       | 10,95 | 18,5 | 16,8 | 6,8   | 46,3 | -    | NP   | -    | SM |
| SK-20 | 1,95  | 18,6 | 20,8 | 9,8   | 53,4 | 40,1 | 26,3 | 13,8 | ML |
|       | 3,45  | 18,6 | 22,6 | 4,7   | 50,8 | 39,8 | 25,5 | 14,3 | ML |
|       | 6,45  | 18,6 | 12,9 | 6,2   | 37,1 | -    | NP   | -    | SM |
|       | 7,95  | 18,6 | 14,5 | 4,5   | 32,8 | -    | NP   | -    | SM |
| SK-21 | 3,45  | 18,5 | 19,8 | 2,9   | 76,2 | 46,2 | 27,8 | 18,4 | ML |
|       | 4,95  | 18,5 | 20,5 | 4,3   | 66,7 | 43,8 | 26,5 | 17,3 | ML |
|       | 6,45  | 18,5 | 16,1 | 1,9   | 82,5 | 51,3 | 29,6 | 21,7 | MH |
|       | 7,95  | 18,5 | 28,9 | 5,9   | 62,8 | 53,4 | 30,2 | 23,2 | MH |
|       | 13,95 | 18,5 | 17,9 | 9,7   | 42,1 | -    | NP   | -    | SM |
| SK-22 | 4,95  | 18,3 | 26,8 | 26,3  | 50,2 | 35,1 | 25,2 | 9,9  | ML |
|       | 6,45  | 18,3 | 30,1 | 20,7  | 53,9 | 38,8 | 25,6 | 13,2 | ML |
|       | 7,95  | 18,3 | 33,5 | 19,3  | 61,3 | 34,4 | 23,9 | 10,5 | ML |
|       | 9,45  | 18,3 | 36,1 | 15,9  | 63,7 | 37,7 | 25,1 | 12,6 | ML |
| SK-23 | 3,45  | 18,5 | 13,4 | 65    | 21,1 | 38,5 | 25   | 13,5 | GM |
|       | 4,95  | 18,5 | 16,4 | 18,6  | 42,1 | 33,8 | 20   | 13,8 | SC |
|       | 6,45  | 18,5 | 6    | 78,6  | 16,7 | -    | NP   | -    | GM |
|       | 9,45  | 18,5 | 18,3 | 5,2   | 13,7 | -    | NP   | -    | SM |
|       | 12,45 | 18,5 | 16   | 14,3  | 47,4 | 27,2 | 19,1 | 8,1  | SC |
|       | 15,45 | 18,5 | 9,5  | 24,3  | 39,7 | -    | NP   | -    | SM |

Çizelge 3.14 incelendiğinde çalışma alanını oluşturan birimlerin ince tane oranının yüksek olduğu görülmektedir. Yüzeğe yakın noktalarda bu oran %60 ve üzerinde iken, derinlik arttıkça %30-%40 seviyelerine inmektedir. İri tane oranı SK-2, SK-7, SK-14, SK-22, SK-23 sondaj kuyularının haricinde, %25'den daha az değerlerdedir. Su muhtevası ( $\omega$ ) değerinin %6-%36,1 değerleri arasında değiştiği ortalamasının ise %18 olduğu tespit edilmiştir.

Sondaj kuyularının büyük kısmında yüzeğe yakın noktalarda plastisite özelliği olan zeminlere rastlanılmıştır. Bu durum bazı sondaj kuyularında alt derinliklerde de

gözlemlenmiştir. Bu zeminlerde likit limit (LL) değeri %27-%53, plastik limit (PL) değeri %17-%30 değerleri arasında değişmektedir.

Zemin sınıfları incelendiğinde, ince daneli zeminlerden ML, MH iri daneli zeminlerden SC, SM, SP, SW, GM, GM-GW zemin tiplerine rastlanmıştır.

Sıvılaşma ilk olarak temiz kumlarda meydana gelen bir zemin problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat bu durumun sadece temiz kumlara özgü olmadığı meydana gelen depremler ve yapılan araştırmalar sonucunda kesinleşmiştir. İri daneli zeminlerin yüksek geçirimli olması deprem anında oluşacak boşluk suyu basıncı artışını engelleyerek bu tür zeminlerde sıvılaşmayı güçleştirmektedir. Fakat bu tür zeminlerin kalın tabakalar halinde bulunarak drenaj yolunun uzaması veya üzerinin geçirimsiz bir zemin tabakası ile kaplanmış olduğu durumlarda, deprem anında oluşacak boşluk suyu basıncındaki aşırı artış sonucunda bu tür zeminlerde de sıvılaşma meydana gelebilir. 1964 yılında Alaska'da meydana gelen depremde çakıllı zeminlerin sıvılaştığı tespit edilmiştir (Obermeier, 1996).

SK-07'de yapılan çalışma sonuçları incelendiğinde, alt derinliklerde %40 üzeri kaba tane bulunan iyi derecelenmiş kum zeminler varken üst kısmının %62 oranında ince tane bulunan düşük plastisiteli silt zemin ile kaplandığı görülmektedir. SK-14'te yapılan çalışmalar incelendiğinde yine alt derinliklerde iyi derecelenmiş çakıl-siltli çakıl zemin türüne rastlanırken üst kısımlarda siltli kum zeminler ile kaplıdır.

Sıvılaşma meydana gelen depremler incelendiğinde, ince tane oranının yüksek olduğu zeminlerin sıvılaşmaya karşı daha dirençli olduğu rapor edilmiştir. Örnek olarak, 1964 yılında Niigata'da meydana gelen depremde ince tane oranının %10'dan daha düşük olan zeminlerde sıvılaşma eğiliminin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. (Okashi, 1970).

Yapılan araştırmalarda, ince taneli bileşenin siltli ya da killi olması, daha da önemlisi plastik veya plastik olmayan özellik göstermesi durumunda zeminin çevrimsel direncinde tutarlı farklılıklar olduğu birçok araştırmacı tarafından kabul görmüştür (Polito, 1999). Bu konuda yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda zeminlerde plastik ince tane bulunması durumunda zeminlerin sıvılaşma direncini arttığı bildirilmektedir (Karanlık, 2006).



Wang (1979) tarafından, 1975 Haicheng ve 1976 Tangshan depremleri sonrasında sıvılaşılan zeminler üzerinde yapılan çalışma sonucunda, ince tane bulunduran zeminler için Çin ölçütleri olarak adlandırılan aşağıdaki ölçütler elde edilmiştir.

-İnce tane (0,005 mm'den küçük) <% 15

-Likit limit (LL) <% 35

-Su muhtevası ( $\omega$ )  $\geq 0,9$  LL

Wang bu çalışmasında, ince tane içeren zeminlerin ancak doğal durumdaki su muhtevasının, likit limit su muhtevasına çok yakın olduğu durumda sıvılaşabileceğini tespit etmiştir.

Seed vd. (1983), kil içeriği %20'nin üzerinde olan zeminlerde sıvılaşmanın olmadığını önermiş olsa da, 1995 yılında meydana gelen Kobe depreminde deniz kıyındaki killerde sıvılaşma görülmüştür.

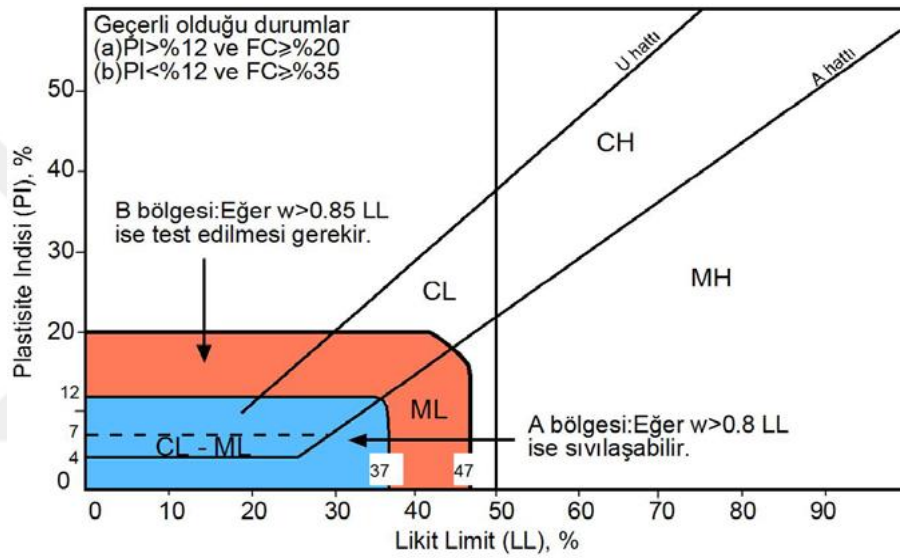
Andrews ve Martin (2000), silt, kil ve kum karışımlarının sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesine yönelik çalışmalarında, Seed vd. (1984-1985) veri tabanını yeniden değerlendirmişlerdir. Bu çalışmalarının sonucunda Çizelge 3.10'da belirtilen kil oranı ve likit limit bağıntılı önermede bulunmuşlardır.

**Çizelge 3.15** Silt ve kil içeren kumların sıvılaşabilirliği (Andrews ve Martin, 2000).

|                    | Likit limit <32       | Likit limit >32       |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Kil İçeriği <% 10  | Sıvılaşabilir         | İleri çalışma gerekir |
| Kil İçeriği > % 10 | İleri çalışma gerekir | Sıvılaşmaz            |

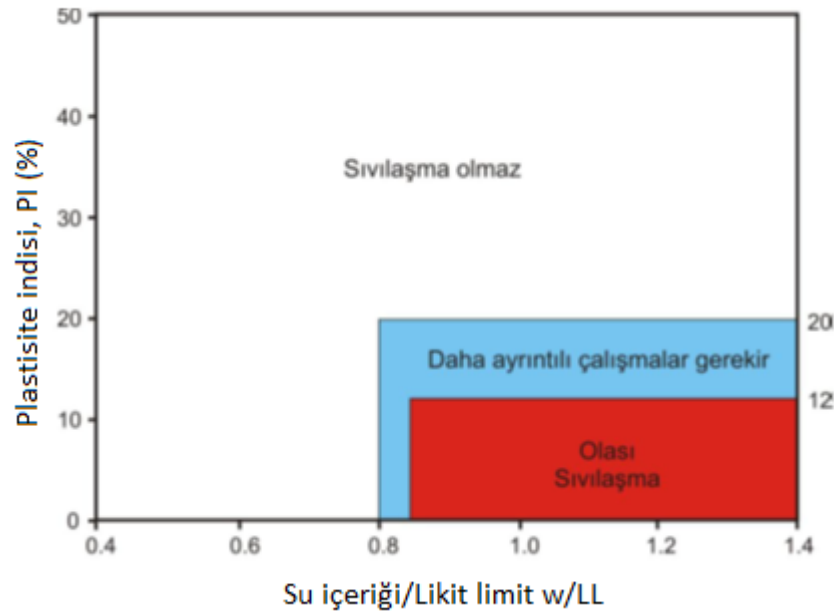
Yapılan çalışmalar ince tane içeren zeminlerin sıvılaşma davranışlarını tespit etmek için yeterli olmamıştır. 1999 yılında meydana gelen Kocaeli depremi sonrası Adapazarı'nda incelemeler yapan Bray vd. (2004), Çin kriterlerine göre sıvılaşmaması öngörülen zeminlerde sıvılaşma olduğunu tespit etmişlerdir (Çetin ve Unutmaz, 2004).

1999 yılında Kocaeli ve Chi-Chi’de oluşan depremlere ilişkin tüm laboratuvar ve saha gözlemlerine ait veriyi kullanan Seed vd. (2003), yüksek plastisiteli zeminlerin de boşluk suyu basıncındaki artışa karşı duyarlı olabileceklerini ve Çin ölçütünde belirtilenden daha çok taşıma gücü kaybı olabileceğini öne sürmüşlerdir. Bu verilere dayalı olarak Seed vd. (2003), ince tane içeren zeminlerin sıvılaşma davranışlarını belirlenmesine yönelik olarak Şekil 3.14’te verilen yeni kriterleri tanımlamışlardır. Seed vd., killerin aktivitesinin, kil oranından daha önemli olduğunu belirtmişlerdir (Hasançebi, 2011).



**Şekil 3.14** İnce taneli zeminlerin sıvılaşma potansiyeli (Seed vd. 2003)

Bray vd. (2004), 1999 Kocaeli depreminde Adapazarı’nda sıvılaşmanın gözlemlendiği yedi farklı alandan aldıkları örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde yaptıkları çalışmalar sonucunda Şekil 3.15’te gösterilen ölçütü geliştirmişlerdir (Hasançebi, 2011).



**Şekil 3.15** Sıvılaşmaya karşı duyarlılık ölçütü Bray vd. (2004)

SK-08 sondaj kuyusu çalışmaları incelendiğinde, 4,95-7,95 m derinlikleri arasında ince tane oranı %29,8-41,50 arasında değişen, killi kum bulunmaktadır. Killi kum zeminin su muhtevası ( $\omega$ ), likit limit (LL), plastisite indisi (PI) değerleri incelendiğinde bu zeminlerde, yukarıda belirtilen Çin ölçütü, Seed vd. (2003) ve Bray vd. (2004) ölçütlerine göre sıvılaşmanın olmaması beklenmektedir.

SK-21 sondaj kuyusu çalışmaları incelendiğinde, 13,95 m derinliğinde kaba daneli zeminlerden siltli kum bulunmakta, yüzeye doğru ince tane oranı %63-82 arasında değişen, yüksek plastisiteli silt ve düşük plastisiteli silt yer almaktadır. Silt zeminin su muhtevası ( $\omega$ ), likit limit (LL), plastisite indisi (PI) değerleri incelendiğinde, bu zeminlerin yukarıda belirtilen Çin ölçütü, Seed vd. (2003) ve Bray vd. (2004) ölçütlerine göre sıvılaşmanın olmayacağı bölgelere denk geldiği tespit edilmiştir. Siltli kum zemin ise sıvılaşma potansiyeli taşımaktadır.

SK-22 sondaj kuyusu çalışmaları incelendiğinde bu sondaj kuyusunun tamamen ince tane oranı %63-82 arasında değişen, düşük plastisiteli silt zeminlerden meydana geldiği gözlenmiştir. Silt zeminin su muhtevası ( $\omega$ ), likit limit (LL), plastisite indisi (PI) değerleri incelendiğinde,  $\omega/LL$  oranının 0,9'dan yüksek olduğu, PI değerinin %10-13, LL değerinin %34,4-38,8 arasında değiştiği görülmektedir. Bu bilgiler

ışığında bu sondaj kuyusunda 7,95 m derinliğindeki zeminin Çin ölçütlerine göre, 9,45 m derinliğindeki zeminin ise Seed vd. (2003) ve Bray vd. (2004) ölçütlerine göre sıvılaşma potansiyeli bulunan alanlara denk düştüğü görülmektedir. Üst kısımda bulunan zeminlerin ise PI, LL değerleri sıvılaşma potansiyeli bulunan alanlarda denk gelmesine rağmen  $\omega/LL$  oranı 0,78'dir. Yer altı su seviyesinin 2 m olduğu bu alanın, Seed vd. (2003) ve Bray vd. (2004) ölçütlerine göre sıvılaşma potansiyeli taşıdığı düşünülmektedir. Yakutiye ilçesi zemin geoteknik özellikleri Çizelge 3.16'da sunulmuştur.

**Çizelge 3.16** Yakutiye ilçesi zemin geoteknik özellikleri

| Sondaj No | Derinlik (m) | Birim Ağırlık kN/m <sup>3</sup> | Su Muhtevası ( $\omega$ ) % | 4 nolu Elekten Kalan (%) | 200 nolu Elekten Geçen (%) | Likit Limit (LL)% | Plastik Limit (PL)% | Plastisite İndisi (PI)% | Zemin Sınıfı |
|-----------|--------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|--------------|
| SK-24     | 3,45         | 17,2                            | 9,8                         | 46,8                     | 15,60                      | -                 | NP                  | -                       | GM           |
|           | 6,45         | 17,2                            | 11,6                        | 42,8                     | 23,50                      | -                 | NP                  | -                       | GM           |
|           | 7,95         | 17,2                            | 14,5                        | 54,1                     | 13,50                      | -                 | NP                  | -                       | GM           |
| SK-25     | 3,45         | 17,9                            | 13,5                        | 9,8                      | 42,50                      | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 4,95         | 17,9                            | 15,6                        | 13,5                     | 38,70                      | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 6,45         | 17,9                            | 15,2                        | 21,1                     | 35,10                      | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 7,95         | 17,9                            | 16,3                        | 26,9                     | 30,50                      | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 9,45         | 17,9                            | 14,1                        | 56,3                     | 14,60                      | -                 | NP                  | -                       | GM           |
| SK-26     | 3,45         | 18,7                            | 23,7                        | 6,8                      | 56,10                      | 41,1              | 26,8                | 14,3                    | ML           |
|           | 4,95         | 18,7                            | 21,9                        | 10,1                     | 51,60                      | 38,2              | 25,7                | 12,5                    | ML           |
|           | 6,45         | 18,7                            | 25,1                        | 4,4                      | 57,30                      | 42,9              | 26,3                | 16,6                    | ML           |
| SK-27     | 1,95-15,45   | KAYA ZEMİN                      |                             |                          |                            |                   |                     |                         |              |
| SK-28     | 3,45         | 18,2                            | 13,9                        | 23,5                     | 32,90                      | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 6,45         | 18,2                            | 16,1                        | 17,4                     | 39,20                      | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 7,95         | 18,2                            | 15,4                        | 32,1                     | 24,50                      | -                 | NP                  | -                       | SM           |
| SK-29     | 3,45         | 18,6                            | 19                          | 5,5                      | 66,30                      | -                 | NP                  | -                       | ML           |
|           | 4,95         | 17,8                            | 8,3                         | 51,8                     | 17,50                      | -                 | NP                  | -                       | GM           |
|           | 6,45         | 17,8                            | 14,6                        | 14,2                     | 41,20                      | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 7,95         | 17,8                            | 10,6                        | 29,6                     | 20,20                      | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 9,45         | 17,8                            | 12,8                        | 20,3                     | 37,20                      | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 12,45        | 17,8                            | 7,4                         | 57,7                     | 15,80                      | -                 | NP                  | -                       | GM           |

Çizelge 3.16 Yakutiye ilçesi zemin geoteknik özellikleri (devam)

| SK-30 | 1,95-15,45 | KAYA ZEMİN |      |      |       |      |      |      |       |
|-------|------------|------------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| SK-31 | 3,45       | 18,4       | 13,2 | 25,4 | 31,80 | 35,1 | 20,6 | 14,5 | SC    |
|       | 4,95       | 18,4       | 15,4 | 28,8 | 21,10 | 30,9 | 19,7 | 11,2 | SC    |
|       | 9,45       | 18,4       | 8,6  | 65,7 | 9,80  | -    | NP   | -    | GW-GM |
| SK-32 | 3,45       | 17,9       | 18,6 | 9,8  | 42,10 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 4,95       | 17,9       | 16,4 | 41,2 | 23,60 | -    | NP   | -    | GM    |
|       | 6,45       | 17,9       | 17,1 | 24,6 | 30,80 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 9,45       | 17,9       | 22,1 | 56,9 | 17,50 | -    | NP   | -    | GM    |
| SK-33 | 3,45       | 18,1       | 14,3 | 0,7  | 47,60 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 6,45       | 18,1       | 11,8 | 1,3  | 40,30 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 9,45       | 18,1       | 12,6 | 0,9  | 44,20 | -    | NP   | -    | SM    |
| SK-34 | 3,45       | 17,5       | 10,8 | 32,6 | 18,20 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 4,95       | 17,5       | 10,6 | 39,8 | 13,50 | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 6,45       | 17,5       | 13,1 | 48,6 | 19,20 | -    | NP   | -    | GM    |
|       | 7,95       | 17,5       | 12,6 | 50,6 | 39,40 | -    | NP   | -    | GM    |
|       | 9,45       | 17,5       | 11,3 | 40,2 | 17,30 | -    | NP   | -    | SM    |
| SK-35 | 6,45       | 18,4       | 16,8 | 10,1 | 36,90 | 38,4 | 19,6 | 18,8 | SC    |
|       | 7,95       | 18,4       | 15,2 | 15,9 | 32,40 | 34,1 | 17,8 | 16,3 | SC    |
|       | 9,45       | 18,4       | 13,1 | 12,5 | 41,10 | 32,6 | 16,5 | 16,1 | SC    |
|       | 10,95      | 18,4       | 16,4 | 20,2 | 31,70 | 30,8 | 17,7 | 13,1 | SC    |
| SK-36 | 3,45       | 17,8       | 12,3 | 9,8  | 39,5  | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 7,95       | 17,8       | 13,5 | 49,8 | 19,8  | -    | NP   | -    | GM    |
|       | 9,45       | 17,8       | 17,2 | 21,1 | 32,3  | -    | NP   | -    | SM    |
| SK-37 | 3,45       | 18,7       | 5,5  | 4,7  | 76,8  | 31,3 | 23,1 | 8,2  | CL    |
|       | 4,95       | 18,7       | 9,4  | 2,1  | 80,6  | 33,4 | 25,5 | 7,9  | CL    |
|       | 6,45       | 18,7       | 9,2  | 9,2  | 56,4  | 29,7 | 22,8 | 6,9  | CL    |
|       | 7,95       | 18,7       | 16,3 | 0,9  | 89,1  | 36,6 | 25,1 | 11,5 | CL    |
|       | 10,95      | 18,7       | 3,9  | 10,7 | 54,3  | 30,1 | 23,5 | 6,6  | CL    |
|       | 15,45      | 18,7       | 5,3  | 8,1  | 60,7  | 32,8 | 24,2 | 8,6  | CL    |
| SK-38 | 4,95       | 17,9       | 16,2 | 11,6 | 39,7  | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 6,45       | 17,9       | 12,4 | 52,3 | 15,7  | -    | NP   | -    | GM    |
|       | 7,95       | 17,9       | 17,3 | 18,9 | 32,1  | -    | NP   | -    | SM    |
| SK-39 | 1,95       | 18,6       | 17,6 | 3,9  | 80,4  | 36,8 | 24,9 | 11,9 | ML    |
|       | 3,45       | 18,6       | 18,6 | 6,3  | 67,9  | 35,6 | 24,3 | 11,3 | ML    |
|       | 4,95       | 18,6       | 15,4 | 12,3 | 38,7  | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 6,45       | 18,6       | 18,9 | 38,2 | 32,9  | -    | NP   | -    | GM    |
|       | 7,95       | 18,6       | 16,7 | 47,1 | 20,1  | -    | NP   | -    | GM    |

Çizelge 3.16 Yakutiye ilçesi zemin geoteknik özellikleri (devam)

|       |       |      |      |      |       |      |      |      |       |
|-------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| SK-39 | 1,95  | 18,6 | 17,6 | 3,9  | 80,4  | 36,8 | 24,9 | 11,9 | ML    |
|       | 3,45  | 18,6 | 18,6 | 6,3  | 67,9  | 35,6 | 24,3 | 11,3 | ML    |
|       | 4,95  | 18,6 | 15,4 | 12,3 | 38,7  | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 6,45  | 18,6 | 18,9 | 38,2 | 32,9  | -    | NP   | -    | GM    |
|       | 7,95  | 18,6 | 16,7 | 47,1 | 20,1  | -    | NP   | -    | GM    |
| SK-40 | 3,45  | 17,8 | 15,6 | 5,3  | 39,7  | 34,5 | 19,3 | 15,2 | SC    |
|       | 4,95  | 17,8 | 18,4 | 9,8  | 35,2  | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 6,45  | 17,8 | 19,1 | 13,7 | 26,1  | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 9,45  | 17,8 | 17,3 | 20,6 | 23,5  | -    | NP   | -    | SM    |
| SK-41 | 4,95  | 18   | 16,8 | 9,8  | 39,8  | 32,9 | 19,7 | 13,2 | SC    |
|       | 6,45  | 18   | 15,2 | 20,1 | 22,7  | 30,5 | 19,2 | 11,3 | SC    |
|       | 7,95  | 18   | 14,3 | 15,3 | 32,7  | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 9,45  | 18   | 13,7 | 46,1 | 15,3  | -    | NP   | -    | GM    |
| SK-42 | 3,45  | 17,5 | 8,2  | 23,1 | 31,6  | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 4,95  | 17,5 | 9,6  | 15,4 | 40,5  | -    | NP   | -    | SM    |
|       | 12,45 | 17,5 | 18,9 | 4,6  | 7,25  | 37,1 | 24,9 | 12,2 | ML    |
|       | 13,95 | 17,5 | 20,5 | 7,3  | 60,8  | 35,3 | 24,6 | 10,7 | ML    |
| SK-43 | 3,45  | 18,2 | 27,6 | 4,6  | 74,3  | 42,3 | 19,2 | 23,1 | CL    |
|       | 4,95  | 18,2 | 30,6 | 3,9  | 86,7  | 39,8 | 20,1 | 19,7 | CL    |
|       | 6,45  | 18,2 | 32,7 | 8,2  | 78,3  | 46,7 | 23,4 | 23,3 | CL    |
|       | 7,95  | 18,2 | 33,1 | 7,9  | 66,33 | 45,6 | 22,9 | 22,7 | CL    |
|       | 9,45  | 18,2 | 30,6 | 4,4  | 90,1  | 49,7 | 24,9 | 24,8 | CL    |
| SK-44 | 4,95  | 17,9 | 16   | 56,2 | 8,3   | -    | NP   | -    | GW-GM |
|       | 9,45  | 17,9 | 28,7 | 1,7  | 32,4  | -    | NP   | -    | SM    |
| SK-45 | 4,95  | 17,4 | 9,7  | 51,6 | 12,5  | -    | NP   | -    | GM    |
| SK-46 | 9,45  | 18,1 | 17,3 | 15,3 | 41,5  | 34,6 | 20,1 | 14,5 | SC    |
|       | 12,45 | 18,1 | 19,2 | 19,2 | 32,9  | 32,9 | 19,7 | 13,2 | SC    |
|       | 13,95 | 18,1 | 18,6 | 9,8  | 47,3  | 37,2 | 21,5 | 15,7 | SC    |
|       | 15,45 | 18,1 | 20,1 | 17,4 | 35,4  | 31,7 | 20,4 | 11,3 | SC    |

Çizelge 3.16 incelendiğinde çalışma alanını oluşturan birimlerin ince tane oranının %7,25-%90,10 arasında değiştiği ve ortalamasının %38 olduğu görülmektedir. İri dane oranının birçok sondaj kuyusunda %40 değerini aştığı ortalamasının ise %22,11 olduğu tespit edilmiştir. Su muhtevası %3,90-%33,10 arasında olup ortalaması %15,84'dir. Çalışma alanının büyük kısmı plastik olmayan (NP) zeminlerden oluşmaktadır. Likit limit değeri SK-26, SK-31, SK-35, SK-37, SK-43, SK-46 sondaj kuyularında %49,7'e kadar çıktığı görülmektedir.

Zemin sınıfları incelendiğinde, ince daneli zeminlerden CL ve ML iri daneli zeminlerden SC, SM, GM ve GM-GW zemin tiplerine rastlanmıştır.

SK-26 sondaj kuyusu incelendiğinde 3,45-6,45 m seviyeleri arasının düşük plastisiteli silt zeminlerden oluştuğu görülmektedir. Düşük plastisiteli silt ve siltli kumlar hem sıvılaştırılabilir olmaları hem de boşluk suyu basıncının hızlı drenajını engelleyebilecek kadar düşük geçirimsizlikleri nedeniyle en tehlikeli zeminler olarak değerlendirilmektedir (Çetin ve Unutmaz, 2004).

SK-27, SK-30 noktasındaki çalışmalarda bu alanların kayalık zemin olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda bu alanlar sıvılaştırılmaz olarak belirtilmiştir.

SK-35 sondaj kuyusu incelendiğinde kaba tane oranı %10-%20 arasında değişen killi kum zeminlere rastlanmıştır.

SK-37 sondaj kuyusu incelendiğinde bu kuyunun sadece düşük plastisiteli kil zeminlerden oluştuğu görülmektedir. Su muhtevasının ( $\omega$ ) %3,9 gibi çok küçük değerler aldığı görülmektedir.

SK-43 sondaj kuyusu incelendiğinde bu kuyunun sadece düşük plastisiteli kil zeminlerden oluştuğu görülmektedir. Su muhtevası ( $\omega$ ) değeri %27,6-%33,1 arasında, likit limit (LL) değeri 39,8-49,7 arasında, plastisite indisi (PI) %19,7-%24,8 arasında değişmektedir. 4,95 m derinliğindeki veriler incelendiğinde, bu zeminin Bray vd. (2004) ölçütüne yakın değerler aldığı görülmektedir.

SK-46 sondaj kuyusu incelendiğinde alt seviyelerde killi kum zeminlerin bulunduğu görülmektedir. Su muhtevası ( $\omega$ ) %17,3-%20,1 arasında, likit limit (LL) %31,7-%37,2 arasında, plastisite indisi (PI) %11,3-%15,7 arasında değişmektedir.

SK-31, SK-35, SK-37, SK-43, SK-46 kuyularındaki zeminlerin özellikleri incelendiğinde ince tane bileşeninin kil olduğu veya zeminin tamamen kilden oluştuğu görülmektedir. Bu zeminlerin su muhtevası ( $\omega$ ), likit limit (LL), plastisite indisi (PI) değerleri incelendiğinde bu zeminlerin, yukarıda belirtilen Çin ölçütü, Seed vd. (2003) ve Bray vd. (2004) ölçütlerine göre sıvılaştırmanın olmayacağı bölgelere denk geldiği tespit edilmiştir.

Tamamen kil veya yüksek oranda kil içeren bu SK-43 ve SK-46 sondaj kuyularında yeraltı suyu seviyesi sırasıyla 0,8 m ve 4 m'dir.

SK-43 ve SK-46 sondaj kuyularında tespit edilen killi zeminler her ne kadar sınılaşma ölçütlerini birebir sağlamıyor olsa da killi zeminlerin daha önceki depremlerde ön görülmeyen davranışlar sergilediği tespit edilmiştir. 1995 yılında Kobe'de yaşanan 7,2 büyüklüğündeki depremde killi zeminlerde sınılaşma meydana gelmesi (Aslan, 2010) ve 1999 Kocaeli depreminde Çin ölçütlerine göre sınılaşması düşünülmemeyen killi zeminlerin sınılaşması (Karanlık, 2006) bu duruma iki örnektir. Bu örnekler killi zeminlerin sınılaşma ölçütlerinin değişebildiğini ve kesinlikle sınılaşmaz olarak değerlendirilmemesi gerektiğini göstermektedir. Palandöken ilçesi zemin geoteknik özellikleri Çizelge 3.17'de sunulmuştur.

**Çizelge 3.17** Palandöken ilçesi zemin geoteknik özellikleri

| Sondaj No | Derinlik (m) | Birim Ağırlık kN/m <sup>3</sup> | Su Muhtevası (ω) % | 4 nolu Elekten Kalan (%) | 200 nolu Elekten Geçen (%) | Likit Limit (LL)% | Plastik Limit (PL)% | Plastisite İndisi (PI)% | Zemin Sınıfı |
|-----------|--------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|--------------|
| SK-47     | 3,45         | 18,2                            | 19,6               | 5,2                      | 62,3                       | -                 | NP                  | -                       | ML           |
|           | 4,95         | 18,4                            | 17,5               | 2,7                      | 71,6                       | -                 | NP                  | -                       | ML           |
|           | 7,95         | 18,4                            | 14,4               | 11,2                     | 41,6                       | -                 | NP                  | -                       | SM           |
|           | 9,45         | 18,4                            | 7,6                | 44,2                     | 15,1                       | -                 | NP                  | -                       | GM           |
| SK-48     | 1,95         | 17,3                            | 8,5                | 50,9                     | 9,6                        | -                 | NP                  | -                       | GW-GM        |
|           | 3,45         | 17,3                            | 10,9               | 54,1                     | 9,1                        | -                 | NP                  | -                       | GW-GM        |
|           | 4,95         | 17,3                            | 8,5                | 62,3                     | 10,5                       | -                 | NP                  | -                       | GW-GM        |
| SK-49     | 1,95         | 17,8                            | 8,2                | 57,6                     | 7,9                        | -                 | NP                  | -                       | GW-GM        |
|           | 3,45         | 17,8                            | 11,5               | 46,9                     | 11,2                       | -                 | NP                  | -                       | GW-GM        |
|           | 4,95         | 17,8                            | 12,9               | 57,3                     | 12,5                       | -                 | NP                  | -                       | GW-GM        |
|           | 6,45         | 17,8                            | 9,6                | 60,3                     | 9,2                        | -                 | NP                  | -                       | GW-GM        |
| SK-50     | 3,45         | 17,4                            | 7,3                | 64,1                     | 6,5                        | -                 | NP                  | -                       | GW-GM        |
|           | 4,95         | 17,4                            | 10,2               | 53,9                     | 10,5                       | -                 | NP                  | -                       | GW-GM        |
|           | 6,45         | 17,4                            | 9,4                | 57,1                     | 9,8                        | -                 | NP                  | -                       | GW-GM        |
|           | 9,45         | 17,4                            | 11,5               | 48,7                     | 11,4                       | -                 | NP                  | -                       | GW-GM        |
| SK-51     | 1,95         | 17,5                            | 9,3                | 60,7                     | 8,3                        | -                 | NP                  | -                       | GW-GM        |
|           | 3,45         | 17,5                            | 8,3                | 58,1                     | 10,9                       | -                 | NP                  | -                       | GW-GM        |
|           | 4,95         | 17,5                            | 10,5               | 65,3                     | 9,5                        | -                 | NP                  | -                       | GW-GM        |



**Çizelge 3.17** Palandöken ilçesi zemin geoteknik özellikleri (devam)

|       |       |      |      |      |      |      |      |      |       |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| SK-52 | 1,95  | 17,1 | 4,6  | 66,1 | 3,8  | -    | NP   | -    | GW-GM |
|       | 3,45  | 17,1 | 5,1  | 59,7 | 4,6  | -    | NP   | -    | GW-GM |
| SK-53 | 1,95  | 17,2 | 4,5  | 66,8 | 7,2  | -    | NP   | -    | GW-GM |
|       | 3,45  | 17,2 | 7,1  | 56,4 | 10,9 | -    | NP   | -    | GW-GM |
|       | 4,95  | 17,2 | 10,6 | 62,3 | 8,9  | -    | NP   | -    | GW-GM |
| SK-54 | 1,95  | 17,4 | 6,2  | 61,5 | 7,8  | -    | NP   | -    | GM    |
|       | 3,45  | 17,4 | 10,5 | 53,9 | 9,7  | -    | NP   | -    | GM    |
|       | 4,95  | 17,4 | 12,1 | 55,7 | 10,9 | -    | NP   | -    | GM    |
| SK-55 | 9,45  | 17,8 | 14   | 23,8 | 25,4 | 33,6 | 22,8 | 10,8 | SC    |
|       | 10,95 | 17,8 | 18,2 | 20,1 | 35,6 | 40   | 23,6 | 16,4 | SC    |

Çizelge 3.17 incelendiğinde çalışma alanını oluşturan zeminlerin ince tane oranı SK-47’de %15-%62,3 aralığında, diğer sondaj kuyularında ise ortalama %10 seviyesindedir. Kaba tane oranı ise SK-47 hariç ortalama %55 seviyesinde değerler almaktadır. Su muhtevasının ( $\omega$ ) %4,5-%19,6 değerleri arasında değiştiği ortalamasının ise %10,3 olduğu görülmektedir. Sondaj kuyularının neredeyse tamamı plastik olmayan (NP) zeminlerden oluşmaktadır. Zemin sınıfları incelendiğinde ince daneli zeminlerden ML, iri daneli zeminlerden SC, SM, SP, GM ve GM-GW zemin tiplerine rastlanmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1 Sıvılaşma Analizlerinin Uygulanması

Bu tez çalışması kapsamında sıvılaşma analizleri, Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) verileri kullanılarak, Seed ve Idriss (1971), Tokimatsu ve Yoshimi (1983) ve Iwasaki vd. (1981) yöntemleriyle belirlenmiştir.

#### 4.1.1 Seed ve Idriss (1971) yöntemi

-Devirsel gerilme oranı (CSR)'nın hesaplanmasında Seed ve Idriss aşağıdaki denklemi önermiştir.

$$CSR = 0,65 \times \frac{a_{maks}}{g} \times \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \times r_d \quad (4.1)$$

Burada;

CSR : Deprem nedeniyle oluşan devirsel gerilme oranı

$a_{maks}$  : Zemin yüzeyindeki maksimum yatay yer ivmesi

$g$  : Yerçekimi ivmesi

$\sigma_{vo}$  : Düşey toplam gerilme (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma'_{vo}$  : Düşey efektif gerilme (kN/m<sup>2</sup>)

$r_d$  : Gerilme azaltma katsayısıdır.

Maksimum yeryüzü ivmesi ( $a_{maks}$ ) değeri için birçok araştırmacı değişik denklemler önermiştir. Bu çalışma kapsamında kullanılacak denklemin seçimi için Erzurum ve civarında meydana gelmiş depremler incelenerek, bu depremlerde oluşan maksimum yeryüzü ivmesi değerleri, deprem magnitüdü ve hiposantr mesafesine göre en yakın

sonuç veren Ulusay vd. (2004) tarafından önerilen denklem kullanılmıştır. Bu denklem aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

$$a_{maks} = 2,18e^{0,0218(33,3M_w - R_e + 7,8427S_A + 18,9282S_B)} \quad (4.2)$$

Burada;

$M_w$  : Deprem magnitüdü

$R_e$  : Deprem odağına olan uzaklık (km)

$S_A, S_B$  : Zeminler için katsayılar

Erzurum fayı çalışma alanına en yakın ve en büyük şiddete sahip ( $M_w > 7,0$ ) depremleri üretebilecek potansiyele sahiptir. Bu yüzden  $R_e$  değeri olarak çalışma alanımız ve Erzurum fayı arası mesafe alınmıştır. Bu mesafe 15 km'dir.

$S_A = 0$  ve  $S_B = 1$  değerleri alınmıştır. (Yumuşak zeminler için)

$g$  : Yerçekimi ivmesi değeri  $9,81 \text{ m/s}^2$

$\gamma_{su}$  : Suyun birim ağırlığı  $10 \text{ kN/m}^3$ 'tür.

Youd vd. (2001),  $r_d$  değerini  $z$  derinliği için aşağıdaki gibi formüle edilmiştir (Youd vd. 2001).

$$r_d = \frac{1,0 - 0,4113 z^{0,5} + 0,04052 z + 0,001753 z^{1,5}}{1,0 - 0,4177 z^{0,5} + 0,05729z - 0,006205 z^{1,5} + 0,00121 z^2} \quad (4.3)$$

Devirsel direnç oranı (CRR) hesabı için aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$CRR_{7,5} = \left[ \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{(10(N_1)_{60} + 45)^2} - \frac{1}{200} \right] \quad (4.4)$$

Burada;

$CRR_{7,5}$  : 7,5 şiddetindeki deprem için devirsel direnç oranı

$(N_1)_{60}$  : %60 enerji iletim oranı ve örtü gerilmesi düzeltilmesi yapılmış SPT-N değeridir ve aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır.

$$(N_1)_{60} = N \times C_N \times C_R \times C_S \times C_B \times C_E \quad (4.5)$$

Burada;

$N$  : Ölçülen SPT-N değeri

$C_N$  : Efektif düşey basınç düzeltme katsayısı

$C_R$  : Tij uzunluğu düzeltme katsayısı

$C_S$  : Numune alma metodu katsayısı

$C_B$  : Kuyu çapı düzeltme katsayısı

$C_E$  : Enerji oranı düzeltme katsayısıdır.

Tij uzunluğu düzeltme katsayısı ( $C_R$ ) Çizelge 3.5'te belirtildiği üzere deneyin yapıldığı seviyeye göre değişmektedir.

Efektif düşey basınç düzeltme katsayısı ( $C_N$ ), (3.11) ve (3.12) nolu denklemler yardımıyla hesaplanmıştır.

Numune alma metodu katsayısı ( $C_S$ ), standart tüp (astarlı) alıcı kullanıldığı için hesaplara 1,0 olarak katılmıştır.

Kuyu çapı düzeltme katsayısı ( $C_B$ ), sondaj delgi çapı 60-120mm arasında olduğu için hesaplara 1,0 olarak katılmıştır.

Enerji oranı düzeltme katsayısı ( $C_E$ ), çalışmada kullanılan şahmerdan halatlı ve iki tur sarım tipinde olduğu için enerji iletimi ortalama %45'dir (Çizelge 3.4). Seed ve Idriss (1971) yönteminde kullanılabilmesi için %60 enerji oranına göre hesaplanması gerekmektedir. Bu yüzden  $C_E = 45/60 = 0,75$  olarak hesaplanmıştır.

$(N_1)_{60}$  değerinin ince tane oranına göre düzeltilmesi (3.13), (3.14), (3.15) ve (3.16) nolu denklemler yardımıyla yapılmıştır. Güvenlik sayısı (GS) aşağıdaki denklem ile hesaplanarak sıvılaşma potansiyelleri tespit edilmiştir.

$$GS = \frac{CRR_{7,5}}{CSR} \times MSF \quad (4.6)$$

Burada;

$CRR_{7,5}$ : 7,5 şiddetindeki deprem için devirsel direnç oranı

CSR : Devirsel gerilme oranı

MSF : Magnitüd düzeltme faktörü

Youd vd. (2001), magnitüd düzeltme faktörü için aşağıdaki denkliği vermişlerdir.

$$MSF = \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}} \quad (4.7)$$

Burada;

$M_w$  : Deprem magnitüdü

GS değerine göre zeminlerin sıvılaşma durumu aşağıdaki gibidir (Day, 2002).

$GS < 1$  ise sıvılaşma var

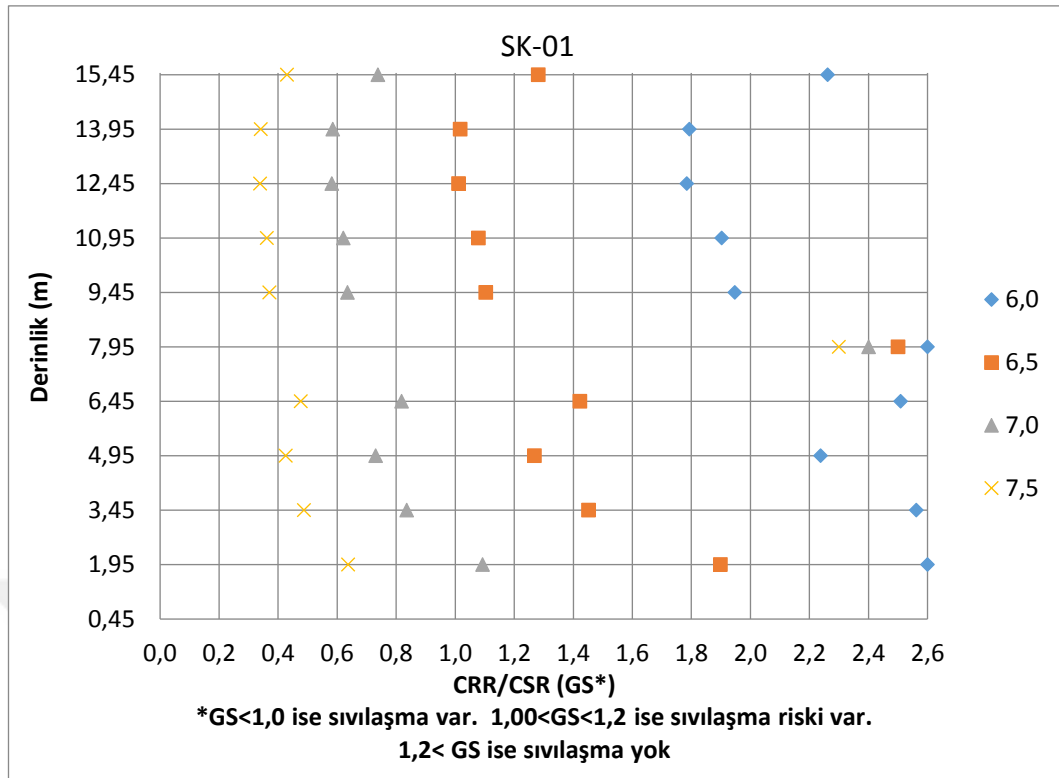
$1 \leq GS < 1.2$  ise sıvılaşma riski var

$GS \geq 1.2$  ise sıvılaşma yok

Yüksek lisans tez çalışmasının izelge 4.1 ve şekil 4.1 ile başlayıp, izelge 4.25 ve şekil 4.25'e kadar devam eden kısımda, Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre sondaj kuyularından elde edilen veriler yardımıyla yapılan analiz sonuçları ve yorumlanması yer almaktadır. Yer altı su seviyesi tespit edilmeyen ve kaya zemin olan sondaj kuyularında analiz yapılmamıştır.

Çizelge 4.1 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-01 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | $(N_1)_{60k}$ | CRR  | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|---------------|------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 15    | 1,6      | 78,90               | 18,4                               | 35,88         | 32,38          | 0,99  | 0,13 | 15,00           | 1,76  | 0,75  | 22,79         | 0,45 | 3,35    | YOK                   |
|                | 3,45   | 17    | 1,6      | 78,90               | 18,4                               | 63,48         | 44,98          | 0,98  | 0,17 | 16,00           | 1,49  | 0,80  | 22,18         | 0,43 | 2,56    | YOK                   |
|                | 4,95   | 18    | 1,6      | 36,10               | 18,4                               | 91,08         | 57,58          | 0,97  | 0,19 | 16,50           | 1,32  | 0,85  | 21,63         | 0,42 | 2,24    | YOK                   |
|                | 6,45   | 23    | 1,6      | 36,10               | 18,4                               | 118,68        | 70,18          | 0,95  | 0,20 | 19,00           | 1,19  | 0,95  | 24,39         | 0,50 | 2,51    | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 1,6      | 36,10               | 18,4                               | 146,28        | 82,78          | 0,94  | 0,20 | 57,50           | 1,10  | 0,95  | 59,03         | 0,69 | 3,42    | YOK                   |
|                | 9,45   | 21    | 1,6      | 40,50               | 18,4                               | 173,88        | 95,38          | 0,92  | 0,20 | 18,00           | 1,02  | 0,95  | 20,76         | 0,40 | 1,95    | YOK                   |
|                | 10,95  | 20    | 1,6      | 40,50               | 18,4                               | 201,48        | 107,98         | 0,88  | 0,20 | 17,50           | 0,96  | 1,00  | 20,16         | 0,38 | 1,90    | YOK                   |
|                | 12,45  | 19    | 1,6      | 32,80               | 18,4                               | 229,08        | 120,58         | 0,84  | 0,20 | 17,00           | 0,91  | 1,00  | 18,55         | 0,35 | 1,78    | YOK                   |
|                | 13,95  | 19    | 1,6      | 32,80               | 18,4                               | 256,68        | 133,18         | 0,80  | 0,19 | 17,00           | 0,87  | 1,00  | 17,88         | 0,34 | 1,79    | YOK                   |
|                | 15,45  | 29    | 1,6      | 32,80               | 18,4                               | 284,28        | 145,78         | 0,75  | 0,18 | 22,00           | 0,83  | 1,00  | 20,97         | 0,40 | 2,26    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 15    | 1,6      | 78,90               | 18,4                               | 35,88         | 32,38          | 0,99  | 0,19 | 15,00           | 1,76  | 0,75  | 22,79         | 0,37 | 1,90    | YOK                   |
|                | 3,45   | 17    | 1,6      | 78,90               | 18,4                               | 63,48         | 44,98          | 0,98  | 0,24 | 16,00           | 1,49  | 0,80  | 22,18         | 0,35 | 1,45    | YOK                   |
|                | 4,95   | 18    | 1,6      | 36,10               | 18,4                               | 91,08         | 57,58          | 0,97  | 0,27 | 16,50           | 1,32  | 0,85  | 21,63         | 0,34 | 1,27    | YOK                   |
|                | 6,45   | 23    | 1,6      | 36,10               | 18,4                               | 118,68        | 70,18          | 0,95  | 0,28 | 19,00           | 1,19  | 0,95  | 24,39         | 0,40 | 1,42    | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 1,6      | 36,10               | 18,4                               | 146,28        | 82,78          | 0,94  | 0,29 | 57,50           | 1,10  | 0,95  | 59,03         | 0,57 | 1,94    | YOK                   |
|                | 9,45   | 21    | 1,6      | 40,50               | 18,4                               | 173,88        | 95,38          | 0,92  | 0,29 | 18,00           | 1,02  | 0,95  | 20,76         | 0,32 | 1,10    | RİSKLİ                |
|                | 10,95  | 20    | 1,6      | 40,50               | 18,4                               | 201,48        | 107,98         | 0,88  | 0,29 | 17,50           | 0,96  | 1,00  | 20,16         | 0,31 | 1,08    | RİSKLİ                |
|                | 12,45  | 19    | 1,6      | 32,80               | 18,4                               | 229,08        | 120,58         | 0,84  | 0,28 | 17,00           | 0,91  | 1,00  | 18,55         | 0,29 | 1,01    | RİSKLİ                |
|                | 13,95  | 19    | 1,6      | 32,80               | 18,4                               | 256,68        | 133,18         | 0,80  | 0,27 | 17,00           | 0,87  | 1,00  | 17,88         | 0,27 | 1,02    | RİSKLİ                |
|                | 15,45  | 29    | 1,6      | 32,80               | 18,4                               | 284,28        | 145,78         | 0,75  | 0,26 | 22,00           | 0,83  | 1,00  | 20,97         | 0,33 | 1,28    | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 15    | 1,6      | 78,90               | 18,4                               | 35,88         | 32,38          | 0,99  | 0,28 | 15,00           | 1,76  | 0,75  | 22,79         | 0,30 | 1,09    | RİSKLİ                |
|                | 3,45   | 17    | 1,6      | 78,90               | 18,4                               | 63,48         | 44,98          | 0,98  | 0,35 | 16,00           | 1,49  | 0,80  | 22,18         | 0,29 | 0,84    | VAR                   |
|                | 4,95   | 18    | 1,6      | 36,10               | 18,4                               | 91,08         | 57,58          | 0,97  | 0,39 | 16,50           | 1,32  | 0,85  | 21,63         | 0,28 | 0,73    | VAR                   |
|                | 6,45   | 23    | 1,6      | 36,10               | 18,4                               | 118,68        | 70,18          | 0,95  | 0,41 | 19,00           | 1,19  | 0,95  | 24,39         | 0,33 | 0,82    | VAR                   |
|                | 7,95   | 100   | 1,6      | 36,10               | 18,4                               | 146,28        | 82,78          | 0,94  | 0,42 | 57,50           | 1,10  | 0,95  | 59,03         | 0,47 | 1,11    | YOK                   |
|                | 9,45   | 21    | 1,6      | 40,50               | 18,4                               | 173,88        | 95,38          | 0,92  | 0,42 | 18,00           | 1,02  | 0,95  | 20,76         | 0,27 | 0,63    | VAR                   |
|                | 10,95  | 20    | 1,6      | 40,50               | 18,4                               | 201,48        | 107,98         | 0,88  | 0,42 | 17,50           | 0,96  | 1,00  | 20,16         | 0,26 | 0,62    | VAR                   |
|                | 12,45  | 19    | 1,6      | 32,80               | 18,4                               | 229,08        | 120,58         | 0,84  | 0,41 | 17,00           | 0,91  | 1,00  | 18,55         | 0,24 | 0,58    | VAR                   |
|                | 13,95  | 19    | 1,6      | 32,80               | 18,4                               | 256,68        | 133,18         | 0,80  | 0,39 | 17,00           | 0,87  | 1,00  | 17,88         | 0,23 | 0,58    | VAR                   |
|                | 15,45  | 29    | 1,6      | 32,80               | 18,4                               | 284,28        | 145,78         | 0,75  | 0,37 | 22,00           | 0,83  | 1,00  | 20,97         | 0,27 | 0,74    | VAR                   |
| 7,5            | 1,95   | 15    | 1,6      | 78,90               | 18,4                               | 35,88         | 32,38          | 0,99  | 0,40 | 15,00           | 1,76  | 0,75  | 22,79         | 0,25 | 0,64    | VAR                   |
|                | 3,45   | 17    | 1,6      | 78,90               | 18,4                               | 63,48         | 44,98          | 0,98  | 0,50 | 16,00           | 1,49  | 0,80  | 22,18         | 0,24 | 0,49    | VAR                   |
|                | 4,95   | 18    | 1,6      | 36,10               | 18,4                               | 91,08         | 57,58          | 0,97  | 0,56 | 16,50           | 1,32  | 0,85  | 21,63         | 0,24 | 0,43    | VAR                   |
|                | 6,45   | 23    | 1,6      | 36,10               | 18,4                               | 118,68        | 70,18          | 0,95  | 0,59 | 19,00           | 1,19  | 0,95  | 24,39         | 0,28 | 0,48    | VAR                   |
|                | 7,95   | 100   | 1,6      | 36,10               | 18,4                               | 146,28        | 82,78          | 0,94  | 0,60 | 57,50           | 1,10  | 0,95  | 59,03         | 0,39 | 0,65    | YOK                   |
|                | 9,45   | 21    | 1,6      | 40,50               | 18,4                               | 173,88        | 95,38          | 0,92  | 0,61 | 18,00           | 1,02  | 0,95  | 20,76         | 0,22 | 0,37    | VAR                   |
|                | 10,95  | 20    | 1,6      | 40,50               | 18,4                               | 201,48        | 107,98         | 0,88  | 0,60 | 17,50           | 0,96  | 1,00  | 20,16         | 0,22 | 0,36    | VAR                   |
|                | 12,45  | 19    | 1,6      | 32,80               | 18,4                               | 229,08        | 120,58         | 0,84  | 0,58 | 17,00           | 0,91  | 1,00  | 18,55         | 0,20 | 0,34    | VAR                   |
|                | 13,95  | 19    | 1,6      | 32,80               | 18,4                               | 256,68        | 133,18         | 0,80  | 0,56 | 17,00           | 0,87  | 1,00  | 17,88         | 0,19 | 0,34    | VAR                   |
|                | 15,45  | 29    | 1,6      | 32,80               | 18,4                               | 284,28        | 145,78         | 0,75  | 0,53 | 22,00           | 0,83  | 1,00  | 20,97         | 0,23 | 0,43    | VAR                   |



**Şekil 4.1** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-01 sivilaşma analizi grafiği

SK-01 sondaj kuyusunda yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde 1,95-6,45 m seviyeleri arasında ve 15,45 m seviyesinde 1,20'den büyük, 9,45-13,95 m seviyeleri arasında 1,00-1,20 arasında olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 1,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında, diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu,

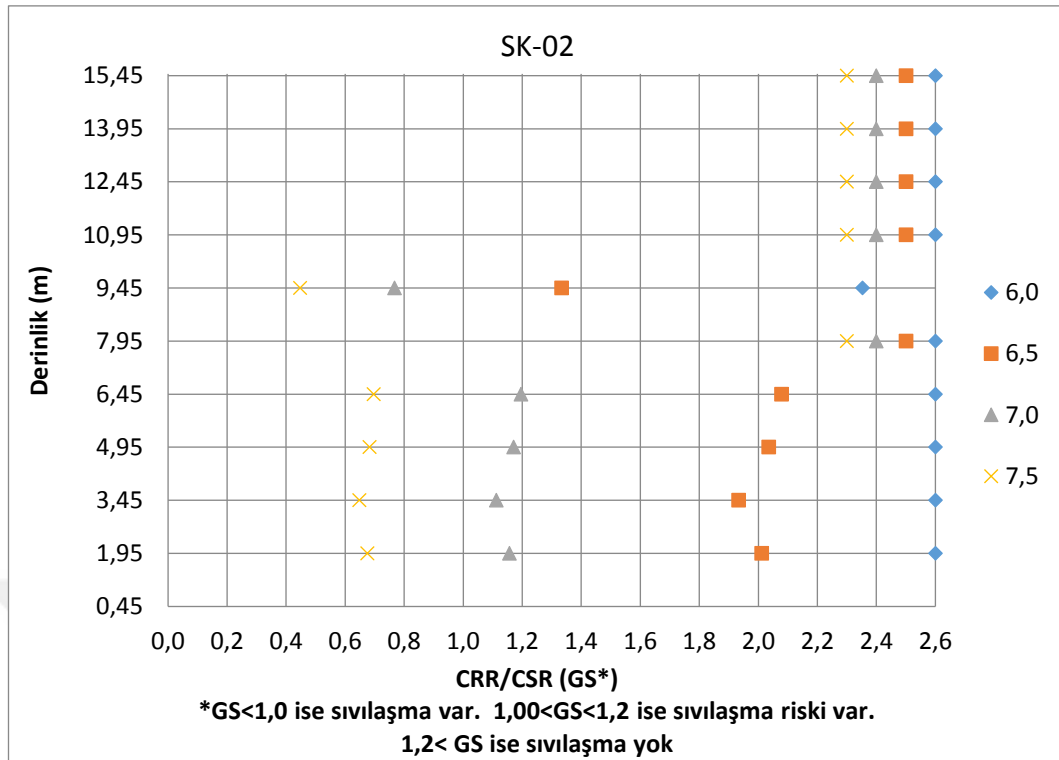
7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

7,95 m, seviyesinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sivilaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-02 analiz sonuçları

| Deprem Şiddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | $(N_1)_{\text{Düzeltilmiş}}$ | CRR  | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|------------------------------|------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 15    | 3,3      | 70,10               | 18,1                               | 35,30         | 35,30          | 0,99  | 0,12 | 15,00           | 1,68  | 0,75  | 22,04                        | 0,43 | 3,55    | YOK                   |
|                | 3,45   | 21    | 3,3      | 70,10               | 18,1                               | 62,45         | 60,95          | 0,98  | 0,12 | 18,00           | 1,28  | 0,80  | 21,60                        | 0,42 | 3,41    | YOK                   |
|                | 4,95   | 30    | 3,3      | 47,80               | 18,1                               | 89,60         | 73,10          | 0,97  | 0,15 | 22,50           | 1,17  | 0,85  | 25,13                        | 0,52 | 3,59    | YOK                   |
|                | 6,45   | 32    | 3,3      | 41,20               | 18,1                               | 116,75        | 85,25          | 0,95  | 0,16 | 23,50           | 1,08  | 0,95  | 26,76                        | 0,59 | 3,67    | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 143,90        | 97,40          | 0,94  | 0,17 | 57,50           | 1,01  | 0,95  | 46,42                        | 0,46 | 2,69    | YOK                   |
|                | 9,45   | 37    | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 171,05        | 109,55         | 0,92  | 0,18 | 26,00           | 0,96  | 0,95  | 21,35                        | 0,41 | 2,35    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 198,20        | 121,70         | 0,88  | 0,18 | 57,50           | 0,91  | 1,00  | 43,87                        | 0,39 | 2,19    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 225,35        | 133,85         | 0,84  | 0,17 | 57,50           | 0,86  | 1,00  | 41,96                        | 0,32 | 1,83    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 252,50        | 146,00         | 0,80  | 0,17 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 40,29                        | 0,24 | 1,41    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 279,65        | 158,15         | 0,75  | 0,16 | 57,50           | 0,80  | 1,00  | 38,82                        | 0,13 | 0,82    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 15    | 3,3      | 70,10               | 18,1                               | 35,30         | 35,30          | 0,99  | 0,17 | 15,00           | 1,68  | 0,75  | 22,04                        | 0,35 | 2,01    | YOK                   |
|                | 3,45   | 21    | 3,3      | 70,10               | 18,1                               | 62,45         | 60,95          | 0,98  | 0,18 | 18,00           | 1,28  | 0,80  | 21,60                        | 0,34 | 1,93    | YOK                   |
|                | 4,95   | 30    | 3,3      | 47,80               | 18,1                               | 89,60         | 73,10          | 0,97  | 0,21 | 22,50           | 1,17  | 0,85  | 25,13                        | 0,42 | 2,04    | YOK                   |
|                | 6,45   | 32    | 3,3      | 41,20               | 18,1                               | 116,75        | 85,25          | 0,95  | 0,23 | 23,50           | 1,08  | 0,95  | 26,76                        | 0,48 | 2,08    | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 143,90        | 97,40          | 0,94  | 0,24 | 57,50           | 1,01  | 0,95  | 46,42                        | 0,37 | 1,53    | YOK                   |
|                | 9,45   | 37    | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 171,05        | 109,55         | 0,92  | 0,25 | 26,00           | 0,96  | 0,95  | 21,35                        | 0,34 | 1,33    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 198,20        | 121,70         | 0,88  | 0,25 | 57,50           | 0,91  | 1,00  | 43,87                        | 0,32 | 1,24    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 225,35        | 133,85         | 0,84  | 0,25 | 57,50           | 0,86  | 1,00  | 41,96                        | 0,26 | 1,04    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 252,50        | 146,00         | 0,80  | 0,24 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 40,29                        | 0,19 | 0,80    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 279,65        | 158,15         | 0,75  | 0,23 | 57,50           | 0,80  | 1,00  | 38,82                        | 0,11 | 0,47    | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 15    | 3,3      | 70,10               | 18,1                               | 35,30         | 35,30          | 0,99  | 0,25 | 15,00           | 1,68  | 0,75  | 22,04                        | 0,29 | 1,16    | RİSKLİ                |
|                | 3,45   | 21    | 3,3      | 70,10               | 18,1                               | 62,45         | 60,95          | 0,98  | 0,25 | 18,00           | 1,28  | 0,80  | 21,60                        | 0,28 | 1,11    | RİSKLİ                |
|                | 4,95   | 30    | 3,3      | 47,80               | 18,1                               | 89,60         | 73,10          | 0,97  | 0,30 | 22,50           | 1,17  | 0,85  | 25,13                        | 0,35 | 1,17    | RİSKLİ                |
|                | 6,45   | 32    | 3,3      | 41,20               | 18,1                               | 116,75        | 85,25          | 0,95  | 0,33 | 23,50           | 1,08  | 0,95  | 26,76                        | 0,40 | 1,20    | RİSKLİ                |
|                | 7,95   | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 143,90        | 97,40          | 0,94  | 0,35 | 57,50           | 1,01  | 0,95  | 46,42                        | 0,31 | 0,88    | YOK                   |
|                | 9,45   | 37    | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 171,05        | 109,55         | 0,92  | 0,36 | 26,00           | 0,96  | 0,95  | 21,35                        | 0,28 | 0,77    | VAR                   |
|                | 10,95  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 198,20        | 121,70         | 0,88  | 0,36 | 57,50           | 0,91  | 1,00  | 43,87                        | 0,26 | 0,72    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 225,35        | 133,85         | 0,84  | 0,36 | 57,50           | 0,86  | 1,00  | 41,96                        | 0,22 | 0,60    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 252,50        | 146,00         | 0,80  | 0,35 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 40,29                        | 0,16 | 0,46    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 279,65        | 158,15         | 0,75  | 0,33 | 57,50           | 0,80  | 1,00  | 38,82                        | 0,09 | 0,27    | YOK                   |
| 7,5            | 1,95   | 15    | 3,3      | 70,10               | 18,1                               | 35,30         | 35,30          | 0,99  | 0,36 | 15,00           | 1,68  | 0,75  | 22,04                        | 0,24 | 0,67    | VAR                   |
|                | 3,45   | 21    | 3,3      | 70,10               | 18,1                               | 62,45         | 60,95          | 0,98  | 0,36 | 18,00           | 1,28  | 0,80  | 21,60                        | 0,24 | 0,65    | VAR                   |
|                | 4,95   | 30    | 3,3      | 47,80               | 18,1                               | 89,60         | 73,10          | 0,97  | 0,43 | 22,50           | 1,17  | 0,85  | 25,13                        | 0,29 | 0,68    | VAR                   |
|                | 6,45   | 32    | 3,3      | 41,20               | 18,1                               | 116,75        | 85,25          | 0,95  | 0,48 | 23,50           | 1,08  | 0,95  | 26,76                        | 0,33 | 0,70    | VAR                   |
|                | 7,95   | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 143,90        | 97,40          | 0,94  | 0,50 | 57,50           | 1,01  | 0,95  | 46,42                        | 0,26 | 0,51    | YOK                   |
|                | 9,45   | 37    | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 171,05        | 109,55         | 0,92  | 0,52 | 26,00           | 0,96  | 0,95  | 21,35                        | 0,23 | 0,45    | VAR                   |
|                | 10,95  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 198,20        | 121,70         | 0,88  | 0,52 | 57,50           | 0,91  | 1,00  | 43,87                        | 0,22 | 0,42    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 225,35        | 133,85         | 0,84  | 0,52 | 57,50           | 0,86  | 1,00  | 41,96                        | 0,18 | 0,35    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 252,50        | 146,00         | 0,80  | 0,50 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 40,29                        | 0,13 | 0,27    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 3,3      | 15,80               | 18,1                               | 279,65        | 158,15         | 0,75  | 0,48 | 57,50           | 0,80  | 1,00  | 38,82                        | 0,08 | 0,16    | YOK                   |





**Şekil 4.2** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-02 sıvılaşma analizi grafiği

SK-02 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

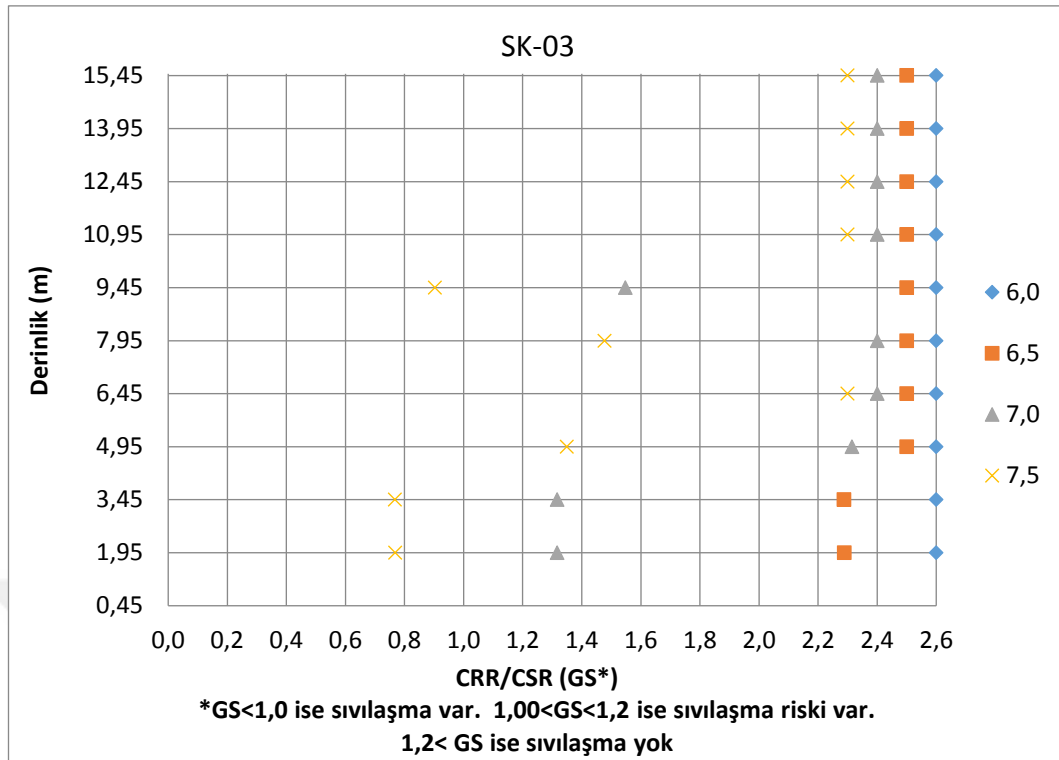
7,00 şiddetindeki depremde 1,95-6,45 m seviyeleri arasında 1,00-1,20 arasında, 9,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

7,95 m, 10,95 m, 12,45 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-03 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N <sub>i</sub> ) <sub>60k</sub> | CRR   | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|----------------------------------|-------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 17    | 9,6      | 64,10               | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,99  | 0,12 | 17,00           | 1,67  | 0,75  | 24,16                            | 0,49  | 4,04    | YOK                   |
|                | 3,45   | 21    | 9,6      | 64,10               | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,98  | 0,12 | 21,00           | 1,26  | 0,80  | 23,98                            | 0,48  | 4,04    | YOK                   |
|                | 4,95   | 33    | 9,6      | 29,80               | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,97  | 0,12 | 33,00           | 1,05  | 0,85  | 30,10                            | 0,84  | 7,10    | YOK                   |
|                | 6,45   | 100   | 9,6      | 29,80               | 18,4                               | 118,68        | 118,68         | 0,95  | 0,12 | 100,00          | 0,92  | 0,95  | 80,08                            | 1,00  | 8,57    | YOK                   |
|                | 7,95   | 37    | 9,6      | 32,50               | 18,4                               | 146,28        | 146,28         | 0,94  | 0,11 | 37,00           | 0,83  | 0,95  | 30,47                            | 0,89  | 7,77    | YOK                   |
|                | 9,45   | 35    | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 173,88        | 173,88         | 0,92  | 0,11 | 35,00           | 0,76  | 0,95  | 25,45                            | 0,53  | 4,75    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 201,48        | 187,98         | 0,88  | 0,12 | 57,50           | 0,73  | 1,00  | 39,46                            | 0,18  | 1,59    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 229,08        | 200,58         | 0,84  | 0,12 | 57,50           | 0,69  | 1,00  | 37,38                            | -0,04 | -0,35   | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 256,68        | 213,18         | 0,80  | 0,12 | 57,50           | 0,66  | 1,00  | 36,13                            | -0,36 | -3,10   | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 284,28        | 225,78         | 0,75  | 0,12 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 34,97                            | -1,37 | -11,86  | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 17    | 9,6      | 64,10               | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,99  | 0,17 | 17,00           | 1,67  | 0,75  | 24,16                            | 0,40  | 2,29    | YOK                   |
|                | 3,45   | 21    | 9,6      | 64,10               | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,98  | 0,17 | 21,00           | 1,26  | 0,80  | 23,98                            | 0,39  | 2,29    | YOK                   |
|                | 4,95   | 33    | 9,6      | 29,80               | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,97  | 0,17 | 33,00           | 1,05  | 0,85  | 30,10                            | 0,68  | 4,02    | YOK                   |
|                | 6,45   | 100   | 9,6      | 29,80               | 18,4                               | 118,68        | 118,68         | 0,95  | 0,17 | 100,00          | 0,92  | 0,95  | 80,08                            | 0,82  | 4,86    | YOK                   |
|                | 7,95   | 37    | 9,6      | 32,50               | 18,4                               | 146,28        | 146,28         | 0,94  | 0,17 | 37,00           | 0,83  | 0,95  | 30,47                            | 0,73  | 4,40    | YOK                   |
|                | 9,45   | 35    | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 173,88        | 173,88         | 0,92  | 0,16 | 35,00           | 0,76  | 0,95  | 25,45                            | 0,43  | 2,69    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 201,48        | 187,98         | 0,88  | 0,17 | 57,50           | 0,73  | 1,00  | 39,46                            | 0,15  | 0,90    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 229,08        | 200,58         | 0,84  | 0,17 | 57,50           | 0,69  | 1,00  | 37,38                            | -0,03 | -0,20   | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 256,68        | 213,18         | 0,80  | 0,17 | 57,50           | 0,66  | 1,00  | 36,13                            | -0,30 | -1,76   | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 284,28        | 225,78         | 0,75  | 0,17 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 34,97                            | -1,11 | -6,72   | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 17    | 9,6      | 64,10               | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,99  | 0,25 | 17,00           | 1,67  | 0,75  | 24,16                            | 0,33  | 1,32    | YOK                   |
|                | 3,45   | 21    | 9,6      | 64,10               | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,98  | 0,25 | 21,00           | 1,26  | 0,80  | 23,98                            | 0,33  | 1,32    | YOK                   |
|                | 4,95   | 33    | 9,6      | 29,80               | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,97  | 0,24 | 33,00           | 1,05  | 0,85  | 30,10                            | 0,57  | 2,31    | YOK                   |
|                | 6,45   | 100   | 9,6      | 29,80               | 18,4                               | 118,68        | 118,68         | 0,95  | 0,24 | 100,00          | 0,92  | 0,95  | 80,08                            | 0,68  | 2,80    | YOK                   |
|                | 7,95   | 37    | 9,6      | 32,50               | 18,4                               | 146,28        | 146,28         | 0,94  | 0,24 | 37,00           | 0,83  | 0,95  | 30,47                            | 0,60  | 2,53    | YOK                   |
|                | 9,45   | 35    | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 173,88        | 173,88         | 0,92  | 0,23 | 35,00           | 0,76  | 0,95  | 25,45                            | 0,36  | 1,55    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 201,48        | 187,98         | 0,88  | 0,24 | 57,50           | 0,73  | 1,00  | 39,46                            | 0,12  | 0,52    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 229,08        | 200,58         | 0,84  | 0,24 | 57,50           | 0,69  | 1,00  | 37,38                            | -0,03 | -0,11   | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 256,68        | 213,18         | 0,80  | 0,24 | 57,50           | 0,66  | 1,00  | 36,13                            | -0,25 | -1,01   | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 284,28        | 225,78         | 0,75  | 0,24 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 34,97                            | -0,92 | -3,87   | YOK                   |
| 7,5            | 1,95   | 17    | 9,6      | 64,10               | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,99  | 0,36 | 17,00           | 1,67  | 0,75  | 24,16                            | 0,28  | 0,77    | VAR                   |
|                | 3,45   | 21    | 9,6      | 64,10               | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,98  | 0,36 | 21,00           | 1,26  | 0,80  | 23,98                            | 0,27  | 0,77    | VAR                   |
|                | 4,95   | 33    | 9,6      | 29,80               | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,97  | 0,35 | 33,00           | 1,05  | 0,85  | 30,10                            | 0,47  | 1,35    | YOK                   |
|                | 6,45   | 100   | 9,6      | 29,80               | 18,4                               | 118,68        | 118,68         | 0,95  | 0,35 | 100,00          | 0,92  | 0,95  | 80,08                            | 0,57  | 1,63    | YOK                   |
|                | 7,95   | 37    | 9,6      | 32,50               | 18,4                               | 146,28        | 146,28         | 0,94  | 0,34 | 37,00           | 0,83  | 0,95  | 30,47                            | 0,50  | 1,48    | YOK                   |
|                | 9,45   | 35    | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 173,88        | 173,88         | 0,92  | 0,33 | 35,00           | 0,76  | 0,95  | 25,45                            | 0,30  | 0,90    | VAR                   |
|                | 10,95  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 201,48        | 187,98         | 0,88  | 0,35 | 57,50           | 0,73  | 1,00  | 39,46                            | 0,10  | 0,30    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 229,08        | 200,58         | 0,84  | 0,35 | 57,50           | 0,69  | 1,00  | 37,38                            | -0,02 | -0,07   | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 256,68        | 213,18         | 0,80  | 0,35 | 57,50           | 0,66  | 1,00  | 36,13                            | -0,21 | -0,59   | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 9,6      | 25,30               | 18,4                               | 284,28        | 225,78         | 0,75  | 0,34 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 34,97                            | -0,77 | -2,25   | YOK                   |



**şekil 4.3** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-03 sivilaşma analizi grafiği

SK-03 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

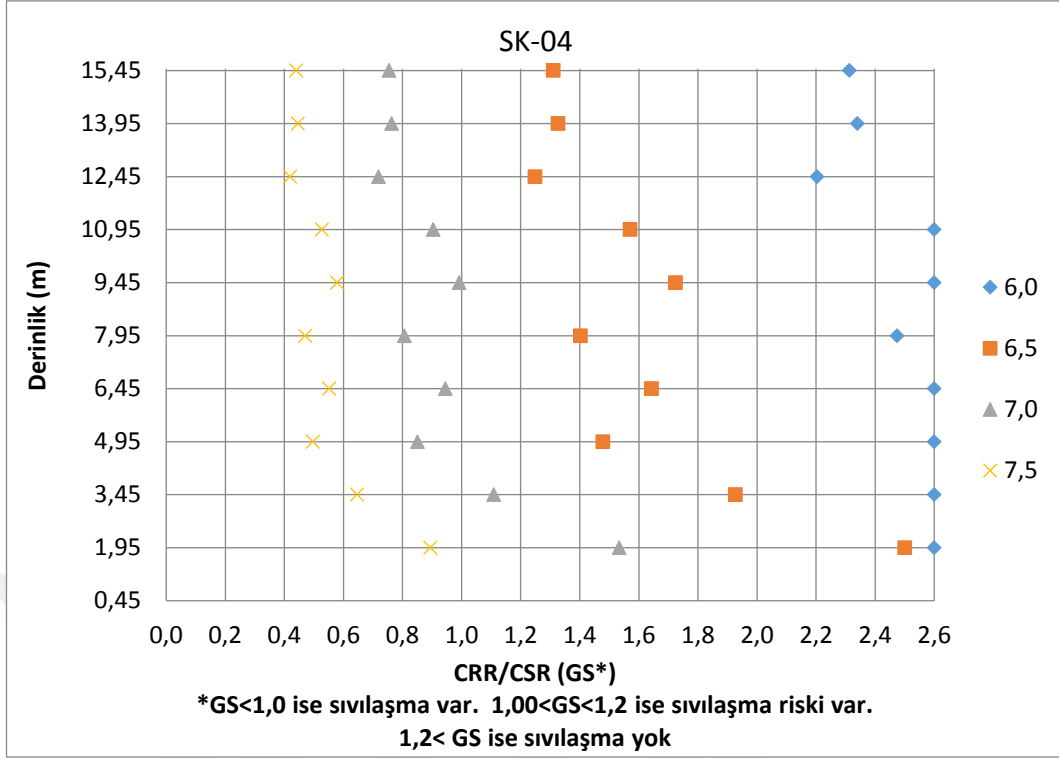
7,00 şiddetindeki depremde, tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 1,95 m, 3,45 m, 9,45 m seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

4,95 m, 6,45 m, 7,95 m, 10,95 m, 12,45 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sivilaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-04 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub> tk | CRR  | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|------------------------------------|------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 19    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,12 | 19,00           | 1,66  | 0,75  | 26,35                              | 0,57 | 4,70    | YOK                   |
|                | 3,45   | 23    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 63,83         | 56,33          | 0,98  | 0,14 | 19,00           | 1,33  | 0,80  | 23,23                              | 0,46 | 3,40    | YOK                   |
|                | 4,95   | 25    | 2,70     | 24,30               | 18,5                               | 91,58         | 69,08          | 0,97  | 0,16 | 20,00           | 1,20  | 0,85  | 21,24                              | 0,41 | 2,61    | YOK                   |
|                | 6,45   | 27    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 119,33        | 81,83          | 0,95  | 0,17 | 21,00           | 1,11  | 0,95  | 24,33                              | 0,49 | 2,90    | YOK                   |
|                | 7,95   | 26    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 147,08        | 94,58          | 0,94  | 0,18 | 20,50           | 1,03  | 0,95  | 22,54                              | 0,44 | 2,47    | YOK                   |
|                | 9,45   | 36    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 174,83        | 107,33         | 0,92  | 0,18 | 25,50           | 0,97  | 0,95  | 26,05                              | 0,56 | 3,04    | YOK                   |
|                | 10,95  | 33    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 202,58        | 120,08         | 0,88  | 0,18 | 24,00           | 0,91  | 1,00  | 24,71                              | 0,51 | 2,77    | YOK                   |
|                | 12,45  | 25    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 230,33        | 132,83         | 0,84  | 0,18 | 20,00           | 0,87  | 1,00  | 20,62                              | 0,40 | 2,20    | YOK                   |
|                | 13,95  | 28    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 258,08        | 145,58         | 0,80  | 0,17 | 21,50           | 0,83  | 1,00  | 21,04                              | 0,40 | 2,34    | YOK                   |
|                | 15,45  | 27    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 285,83        | 158,33         | 0,75  | 0,17 | 21,00           | 0,79  | 1,00  | 20,02                              | 0,38 | 2,31    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 19    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,17 | 19,00           | 1,66  | 0,75  | 26,35                              | 0,46 | 2,66    | YOK                   |
|                | 3,45   | 23    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 63,83         | 56,33          | 0,98  | 0,20 | 19,00           | 1,33  | 0,80  | 23,23                              | 0,38 | 1,93    | YOK                   |
|                | 4,95   | 25    | 2,70     | 24,30               | 18,5                               | 91,58         | 69,08          | 0,97  | 0,23 | 20,00           | 1,20  | 0,85  | 21,24                              | 0,33 | 1,48    | YOK                   |
|                | 6,45   | 27    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 119,33        | 81,83          | 0,95  | 0,25 | 21,00           | 1,11  | 0,95  | 24,33                              | 0,40 | 1,64    | YOK                   |
|                | 7,95   | 26    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 147,08        | 94,58          | 0,94  | 0,26 | 20,50           | 1,03  | 0,95  | 22,54                              | 0,36 | 1,40    | YOK                   |
|                | 9,45   | 36    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 174,83        | 107,33         | 0,92  | 0,26 | 25,50           | 0,97  | 0,95  | 26,05                              | 0,45 | 1,72    | YOK                   |
|                | 10,95  | 33    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 202,58        | 120,08         | 0,88  | 0,26 | 24,00           | 0,91  | 1,00  | 24,71                              | 0,41 | 1,57    | YOK                   |
|                | 12,45  | 25    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 230,33        | 132,83         | 0,84  | 0,26 | 20,00           | 0,87  | 1,00  | 20,62                              | 0,32 | 1,25    | YOK                   |
|                | 13,95  | 28    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 258,08        | 145,58         | 0,80  | 0,25 | 21,50           | 0,83  | 1,00  | 21,04                              | 0,33 | 1,33    | YOK                   |
|                | 15,45  | 27    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 285,83        | 158,33         | 0,75  | 0,24 | 21,00           | 0,79  | 1,00  | 20,02                              | 0,31 | 1,31    | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 19    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,25 | 19,00           | 1,66  | 0,75  | 26,35                              | 0,38 | 1,53    | YOK                   |
|                | 3,45   | 23    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 63,83         | 56,33          | 0,98  | 0,28 | 19,00           | 1,33  | 0,80  | 23,23                              | 0,31 | 1,11    | RİSKLİ                |
|                | 4,95   | 25    | 2,70     | 24,30               | 18,5                               | 91,58         | 69,08          | 0,97  | 0,32 | 20,00           | 1,20  | 0,85  | 21,24                              | 0,28 | 0,85    | VAR                   |
|                | 6,45   | 27    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 119,33        | 81,83          | 0,95  | 0,35 | 21,00           | 1,11  | 0,95  | 24,33                              | 0,33 | 0,95    | VAR                   |
|                | 7,95   | 26    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 147,08        | 94,58          | 0,94  | 0,37 | 20,50           | 1,03  | 0,95  | 22,54                              | 0,30 | 0,81    | VAR                   |
|                | 9,45   | 36    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 174,83        | 107,33         | 0,92  | 0,38 | 25,50           | 0,97  | 0,95  | 26,05                              | 0,37 | 0,99    | VAR                   |
|                | 10,95  | 33    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 202,58        | 120,08         | 0,88  | 0,38 | 24,00           | 0,91  | 1,00  | 24,71                              | 0,34 | 0,90    | VAR                   |
|                | 12,45  | 25    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 230,33        | 132,83         | 0,84  | 0,37 | 20,00           | 0,87  | 1,00  | 20,62                              | 0,27 | 0,72    | VAR                   |
|                | 13,95  | 28    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 258,08        | 145,58         | 0,80  | 0,36 | 21,50           | 0,83  | 1,00  | 21,04                              | 0,27 | 0,76    | VAR                   |
|                | 15,45  | 27    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 285,83        | 158,33         | 0,75  | 0,34 | 21,00           | 0,79  | 1,00  | 20,02                              | 0,26 | 0,75    | VAR                   |
| 7,5            | 1,95   | 19    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,36 | 19,00           | 1,66  | 0,75  | 26,35                              | 0,32 | 0,89    | VAR                   |
|                | 3,45   | 23    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 63,83         | 56,33          | 0,98  | 0,40 | 19,00           | 1,33  | 0,80  | 23,23                              | 0,26 | 0,65    | VAR                   |
|                | 4,95   | 25    | 2,70     | 24,30               | 18,5                               | 91,58         | 69,08          | 0,97  | 0,47 | 20,00           | 1,20  | 0,85  | 21,24                              | 0,23 | 0,50    | VAR                   |
|                | 6,45   | 27    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 119,33        | 81,83          | 0,95  | 0,51 | 21,00           | 1,11  | 0,95  | 24,33                              | 0,28 | 0,55    | VAR                   |
|                | 7,95   | 26    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 147,08        | 94,58          | 0,94  | 0,53 | 20,50           | 1,03  | 0,95  | 22,54                              | 0,25 | 0,47    | VAR                   |
|                | 9,45   | 36    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 174,83        | 107,33         | 0,92  | 0,54 | 25,50           | 0,97  | 0,95  | 26,05                              | 0,31 | 0,58    | VAR                   |
|                | 10,95  | 33    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 202,58        | 120,08         | 0,88  | 0,54 | 24,00           | 0,91  | 1,00  | 24,71                              | 0,29 | 0,53    | VAR                   |
|                | 12,45  | 25    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 230,33        | 132,83         | 0,84  | 0,53 | 20,00           | 0,87  | 1,00  | 20,62                              | 0,22 | 0,42    | VAR                   |
|                | 13,95  | 28    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 258,08        | 145,58         | 0,80  | 0,51 | 21,50           | 0,83  | 1,00  | 21,04                              | 0,23 | 0,44    | VAR                   |
|                | 15,45  | 27    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 285,83        | 158,33         | 0,75  | 0,49 | 21,00           | 0,79  | 1,00  | 20,02                              | 0,22 | 0,44    | VAR                   |



**Şekil 4.4** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-04 sivilaşma analizi grafiği

SK-04 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin tüm derinlik seviyelerinde 30'dan küçük olduğu ve GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

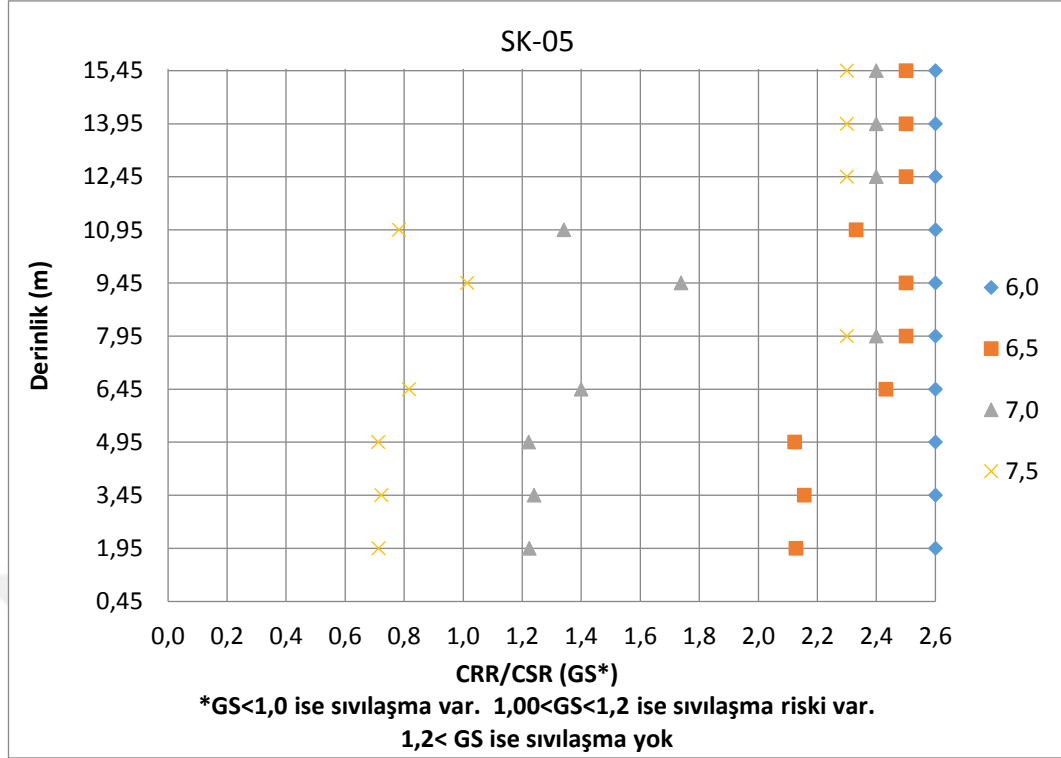
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 1,95 m seviyesinde 1,20'den büyük, 3,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında, 4,95–15,45 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-05 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | $(N_i)_{60k}$ | CRR   | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|---------------|-------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 16    | 10,0     | 73,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,12 | 16,00           | 1,66  | 0,75  | 22,98         | 0,45  | 3,75    | YOK                   |
|                | 3,45   | 20    | 10,0     | 73,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,12 | 20,00           | 1,25  | 0,80  | 23,02         | 0,46  | 3,80    | YOK                   |
|                | 4,95   | 22    | 10,0     | 66,40               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,12 | 22,00           | 1,04  | 0,85  | 22,59         | 0,44  | 3,75    | YOK                   |
|                | 6,45   | 25    | 10,0     | 59,80               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,12 | 25,00           | 0,92  | 0,95  | 24,57         | 0,50  | 4,29    | YOK                   |
|                | 7,95   | 39    | 10,0     | 43,40               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,11 | 39,00           | 0,82  | 0,95  | 32,50         | 1,59  | 13,86   | YOK                   |
|                | 9,45   | 34    | 10,0     | 35,10               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,92  | 0,11 | 34,00           | 0,76  | 0,95  | 26,99         | 0,60  | 5,33    | YOK                   |
|                | 10,95  | 42    | 10,0     | 35,10               | 18,5                               | 202,58        | 193,08         | 0,88  | 0,11 | 28,50           | 0,72  | 1,00  | 23,46         | 0,47  | 4,11    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 10,0     | 30,90               | 18,5                               | 230,33        | 205,83         | 0,84  | 0,12 | 57,50           | 0,68  | 1,00  | 38,59         | 0,11  | 0,97    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 10,0     | 30,90               | 18,5                               | 258,08        | 218,58         | 0,80  | 0,12 | 57,50           | 0,65  | 1,00  | 37,32         | -0,05 | -0,46   | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 10,0     | 30,90               | 18,5                               | 285,83        | 231,33         | 0,75  | 0,11 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 36,14         | -0,36 | -3,21   | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 16    | 10,0     | 73,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,17 | 16,00           | 1,66  | 0,75  | 22,98         | 0,37  | 2,13    | YOK                   |
|                | 3,45   | 20    | 10,0     | 73,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,17 | 20,00           | 1,25  | 0,80  | 23,02         | 0,37  | 2,16    | YOK                   |
|                | 4,95   | 22    | 10,0     | 66,40               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,17 | 22,00           | 1,04  | 0,85  | 22,59         | 0,36  | 2,12    | YOK                   |
|                | 6,45   | 25    | 10,0     | 59,80               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,17 | 25,00           | 0,92  | 0,95  | 24,57         | 0,41  | 2,43    | YOK                   |
|                | 7,95   | 39    | 10,0     | 43,40               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,17 | 39,00           | 0,82  | 0,95  | 32,50         | 1,30  | 7,86    | YOK                   |
|                | 9,45   | 34    | 10,0     | 35,10               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,92  | 0,16 | 34,00           | 0,76  | 0,95  | 26,99         | 0,49  | 3,02    | YOK                   |
|                | 10,95  | 42    | 10,0     | 35,10               | 18,5                               | 202,58        | 193,08         | 0,88  | 0,16 | 28,50           | 0,72  | 1,00  | 23,46         | 0,38  | 2,33    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 10,0     | 30,90               | 18,5                               | 230,33        | 205,83         | 0,84  | 0,17 | 57,50           | 0,68  | 1,00  | 38,59         | 0,09  | 0,55    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 10,0     | 30,90               | 18,5                               | 258,08        | 218,58         | 0,80  | 0,17 | 57,50           | 0,65  | 1,00  | 37,32         | -0,04 | -0,26   | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 10,0     | 30,90               | 18,5                               | 285,83        | 231,33         | 0,75  | 0,16 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 36,14         | -0,30 | -1,82   | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 16    | 10,0     | 73,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,25 | 16,00           | 1,66  | 0,75  | 22,98         | 0,31  | 1,22    | YOK                   |
|                | 3,45   | 20    | 10,0     | 73,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,25 | 20,00           | 1,25  | 0,80  | 23,02         | 0,31  | 1,24    | YOK                   |
|                | 4,95   | 22    | 10,0     | 66,40               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,24 | 22,00           | 1,04  | 0,85  | 22,59         | 0,30  | 1,22    | YOK                   |
|                | 6,45   | 25    | 10,0     | 59,80               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,24 | 25,00           | 0,92  | 0,95  | 24,57         | 0,34  | 1,40    | YOK                   |
|                | 7,95   | 39    | 10,0     | 43,40               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,24 | 39,00           | 0,82  | 0,95  | 32,50         | 1,07  | 4,52    | YOK                   |
|                | 9,45   | 34    | 10,0     | 35,10               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,92  | 0,23 | 34,00           | 0,76  | 0,95  | 26,99         | 0,40  | 1,74    | YOK                   |
|                | 10,95  | 42    | 10,0     | 35,10               | 18,5                               | 202,58        | 193,08         | 0,88  | 0,24 | 28,50           | 0,72  | 1,00  | 23,46         | 0,32  | 1,34    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 10,0     | 30,90               | 18,5                               | 230,33        | 205,83         | 0,84  | 0,24 | 57,50           | 0,68  | 1,00  | 38,59         | 0,08  | 0,32    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 10,0     | 30,90               | 18,5                               | 258,08        | 218,58         | 0,80  | 0,24 | 57,50           | 0,65  | 1,00  | 37,32         | -0,04 | -0,15   | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 10,0     | 30,90               | 18,5                               | 285,83        | 231,33         | 0,75  | 0,23 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 36,14         | -0,24 | -1,05   | YOK                   |
| 7,5            | 1,95   | 16    | 10,0     | 73,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,36 | 16,00           | 1,66  | 0,75  | 22,98         | 0,26  | 0,71    | VAR                   |
|                | 3,45   | 20    | 10,0     | 73,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,36 | 20,00           | 1,25  | 0,80  | 23,02         | 0,26  | 0,72    | VAR                   |
|                | 4,95   | 22    | 10,0     | 66,40               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,35 | 22,00           | 1,04  | 0,85  | 22,59         | 0,25  | 0,71    | VAR                   |
|                | 6,45   | 25    | 10,0     | 59,80               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,35 | 25,00           | 0,92  | 0,95  | 24,57         | 0,28  | 0,82    | VAR                   |
|                | 7,95   | 39    | 10,0     | 43,40               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,34 | 39,00           | 0,82  | 0,95  | 32,50         | 0,90  | 2,64    | YOK                   |
|                | 9,45   | 34    | 10,0     | 35,10               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,92  | 0,33 | 34,00           | 0,76  | 0,95  | 26,99         | 0,34  | 1,01    | RİSKLİ                |
|                | 10,95  | 42    | 10,0     | 35,10               | 18,5                               | 202,58        | 193,08         | 0,88  | 0,34 | 28,50           | 0,72  | 1,00  | 23,46         | 0,26  | 0,78    | VAR                   |
|                | 12,45  | 100   | 10,0     | 30,90               | 18,5                               | 230,33        | 205,83         | 0,84  | 0,34 | 57,50           | 0,68  | 1,00  | 38,59         | 0,06  | 0,18    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 10,0     | 30,90               | 18,5                               | 258,08        | 218,58         | 0,80  | 0,34 | 57,50           | 0,65  | 1,00  | 37,32         | -0,03 | -0,09   | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 10,0     | 30,90               | 18,5                               | 285,83        | 231,33         | 0,75  | 0,34 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 36,14         | -0,20 | -0,61   | YOK                   |



**Şekil 4.5** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-05 sıvılaşma analizi grafiği

SK-05 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

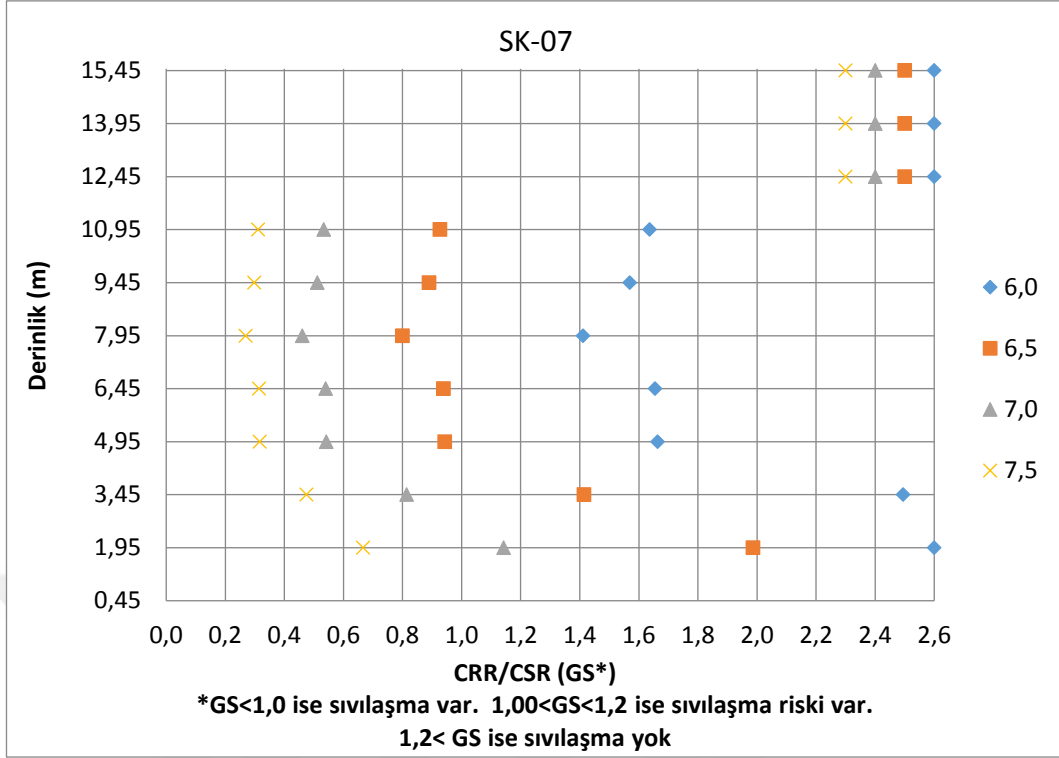
7,50 şiddetindeki depremde 1,95-6,45 m seviyeleri arası ve 10,95 m seviyelerde 1,00'den küçük olduğu, 9,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu tespit edilmiştir.

7,95 m, 12,45 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-07 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N) <sub>60k</sub> | CRR  | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------------|------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 15    | 1,9      | 61,90               | 18,3                               | 35,69         | 35,19          | 0,99  | 0,12 | 15,00           | 1,69  | 0,75  | 22,07              | 0,43 | 3,50    | YOK                   |
|                | 3,45   | 15    | 1,9      | 61,90               | 18,3                               | 63,14         | 47,64          | 0,98  | 0,16 | 15,00           | 1,45  | 0,80  | 20,65              | 0,40 | 2,49    | YOK                   |
|                | 4,95   | 18    | 1,9      | 12,50               | 18,3                               | 90,59         | 60,09          | 0,97  | 0,18 | 16,50           | 1,29  | 0,85  | 15,76              | 0,30 | 1,66    | YOK                   |
|                | 6,45   | 20    | 1,9      | 1,60                | 18,3                               | 118,04        | 72,54          | 0,95  | 0,19 | 20,00           | 1,17  | 0,95  | 16,73              | 0,31 | 1,66    | YOK                   |
|                | 7,95   | 19    | 1,9      | 1,00                | 18,3                               | 145,49        | 84,99          | 0,94  | 0,20 | 19,00           | 1,08  | 0,95  | 14,68              | 0,28 | 1,41    | YOK                   |
|                | 9,45   | 23    | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 172,94        | 97,44          | 0,92  | 0,20 | 23,00           | 1,01  | 0,95  | 16,60              | 0,31 | 1,57    | YOK                   |
|                | 11     | 24    | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 200,39        | 109,89         | 0,88  | 0,20 | 24,00           | 0,95  | 1,00  | 17,17              | 0,32 | 1,64    | YOK                   |
|                | 12,5   | 100   | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 227,84        | 122,34         | 0,84  | 0,19 | 100,00          | 0,90  | 1,00  | 67,81              | 0,83 | 4,30    | YOK                   |
|                | 14     | 100   | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 255,29        | 134,79         | 0,80  | 0,18 | 100,00          | 0,86  | 1,00  | 64,60              | 0,78 | 4,22    | YOK                   |
|                | 15,5   | 100   | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 282,74        | 147,24         | 0,75  | 0,18 | 100,00          | 0,82  | 1,00  | 61,81              | 0,74 | 4,20    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 15    | 1,9      | 61,90               | 18,3                               | 35,69         | 35,19          | 0,99  | 0,18 | 15,00           | 1,69  | 0,75  | 22,07              | 0,35 | 1,99    | YOK                   |
|                | 3,45   | 15    | 1,9      | 61,90               | 18,3                               | 63,14         | 47,64          | 0,98  | 0,23 | 15,00           | 1,45  | 0,80  | 20,65              | 0,32 | 1,41    | YOK                   |
|                | 4,95   | 18    | 1,9      | 12,50               | 18,3                               | 90,59         | 60,09          | 0,97  | 0,26 | 16,50           | 1,29  | 0,85  | 15,76              | 0,24 | 0,94    | VAR                   |
|                | 6,45   | 20    | 1,9      | 1,60                | 18,3                               | 118,04        | 72,54          | 0,95  | 0,27 | 20,00           | 1,17  | 0,95  | 16,73              | 0,26 | 0,94    | VAR                   |
|                | 7,95   | 19    | 1,9      | 1,00                | 18,3                               | 145,49        | 84,99          | 0,94  | 0,28 | 19,00           | 1,08  | 0,95  | 14,68              | 0,23 | 0,80    | VAR                   |
|                | 9,45   | 23    | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 172,94        | 97,44          | 0,92  | 0,29 | 23,00           | 1,01  | 0,95  | 16,60              | 0,25 | 0,89    | VAR                   |
|                | 11     | 24    | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 200,39        | 109,89         | 0,88  | 0,28 | 24,00           | 0,95  | 1,00  | 17,17              | 0,26 | 0,93    | VAR                   |
|                | 12,5   | 100   | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 227,84        | 122,34         | 0,84  | 0,28 | 100,00          | 0,90  | 1,00  | 67,81              | 0,67 | 2,44    | YOK                   |
|                | 14     | 100   | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 255,29        | 134,79         | 0,80  | 0,27 | 100,00          | 0,86  | 1,00  | 64,60              | 0,64 | 2,39    | YOK                   |
|                | 15,5   | 100   | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 282,74        | 147,24         | 0,75  | 0,25 | 100,00          | 0,82  | 1,00  | 61,81              | 0,60 | 2,38    | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 15    | 1,9      | 61,90               | 18,3                               | 35,69         | 35,19          | 0,99  | 0,25 | 15,00           | 1,69  | 0,75  | 22,07              | 0,29 | 1,14    | RİSKLİ                |
|                | 3,45   | 15    | 1,9      | 61,90               | 18,3                               | 63,14         | 47,64          | 0,98  | 0,33 | 15,00           | 1,45  | 0,80  | 20,65              | 0,27 | 0,81    | VAR                   |
|                | 4,95   | 18    | 1,9      | 12,50               | 18,3                               | 90,59         | 60,09          | 0,97  | 0,37 | 16,50           | 1,29  | 0,85  | 15,76              | 0,20 | 0,54    | VAR                   |
|                | 6,45   | 20    | 1,9      | 1,60                | 18,3                               | 118,04        | 72,54          | 0,95  | 0,39 | 20,00           | 1,17  | 0,95  | 16,73              | 0,21 | 0,54    | VAR                   |
|                | 7,95   | 19    | 1,9      | 1,00                | 18,3                               | 145,49        | 84,99          | 0,94  | 0,41 | 19,00           | 1,08  | 0,95  | 14,68              | 0,19 | 0,46    | VAR                   |
|                | 9,45   | 23    | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 172,94        | 97,44          | 0,92  | 0,41 | 23,00           | 1,01  | 0,95  | 16,60              | 0,21 | 0,51    | VAR                   |
|                | 11     | 24    | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 200,39        | 109,89         | 0,88  | 0,41 | 24,00           | 0,95  | 1,00  | 17,17              | 0,22 | 0,53    | VAR                   |
|                | 12,5   | 100   | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 227,84        | 122,34         | 0,84  | 0,40 | 100,00          | 0,90  | 1,00  | 67,81              | 0,56 | 1,40    | YOK                   |
|                | 14     | 100   | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 255,29        | 134,79         | 0,80  | 0,38 | 100,00          | 0,86  | 1,00  | 64,60              | 0,53 | 1,38    | YOK                   |
|                | 15,5   | 100   | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 282,74        | 147,24         | 0,75  | 0,36 | 100,00          | 0,82  | 1,00  | 61,81              | 0,50 | 1,37    | YOK                   |
| 7,5            | 1,95   | 15    | 1,9      | 61,90               | 18,3                               | 35,69         | 35,19          | 0,99  | 0,36 | 15,00           | 1,69  | 0,75  | 22,07              | 0,24 | 0,67    | VAR                   |
|                | 3,45   | 15    | 1,9      | 61,90               | 18,3                               | 63,14         | 47,64          | 0,98  | 0,47 | 15,00           | 1,45  | 0,80  | 20,65              | 0,22 | 0,47    | VAR                   |
|                | 4,95   | 18    | 1,9      | 12,50               | 18,3                               | 90,59         | 60,09          | 0,97  | 0,53 | 16,50           | 1,29  | 0,85  | 15,76              | 0,17 | 0,32    | VAR                   |
|                | 6,45   | 20    | 1,9      | 1,60                | 18,3                               | 118,04        | 72,54          | 0,95  | 0,57 | 20,00           | 1,17  | 0,95  | 16,73              | 0,18 | 0,31    | VAR                   |
|                | 7,95   | 19    | 1,9      | 1,00                | 18,3                               | 145,49        | 84,99          | 0,94  | 0,58 | 19,00           | 1,08  | 0,95  | 14,68              | 0,16 | 0,27    | VAR                   |
|                | 9,45   | 23    | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 172,94        | 97,44          | 0,92  | 0,59 | 23,00           | 1,01  | 0,95  | 16,60              | 0,18 | 0,30    | VAR                   |
|                | 11     | 24    | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 200,39        | 109,89         | 0,88  | 0,59 | 24,00           | 0,95  | 1,00  | 17,17              | 0,18 | 0,31    | VAR                   |
|                | 12,5   | 100   | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 227,84        | 122,34         | 0,84  | 0,57 | 100,00          | 0,90  | 1,00  | 67,81              | 0,47 | 0,82    | YOK                   |
|                | 14     | 100   | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 255,29        | 134,79         | 0,80  | 0,55 | 100,00          | 0,86  | 1,00  | 64,60              | 0,44 | 0,80    | YOK                   |
|                | 15,5   | 100   | 1,9      | 0,10                | 18,3                               | 282,74        | 147,24         | 0,75  | 0,52 | 100,00          | 0,82  | 1,00  | 61,81              | 0,42 | 0,80    | YOK                   |





**Şekil 4.6** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-07 sıvılaşma analizi grafiği

SK-07 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde 1,95 m ve 3,45 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu 4,95-10,95m seviyeleri arasında 1,00'den küçük olduğu,

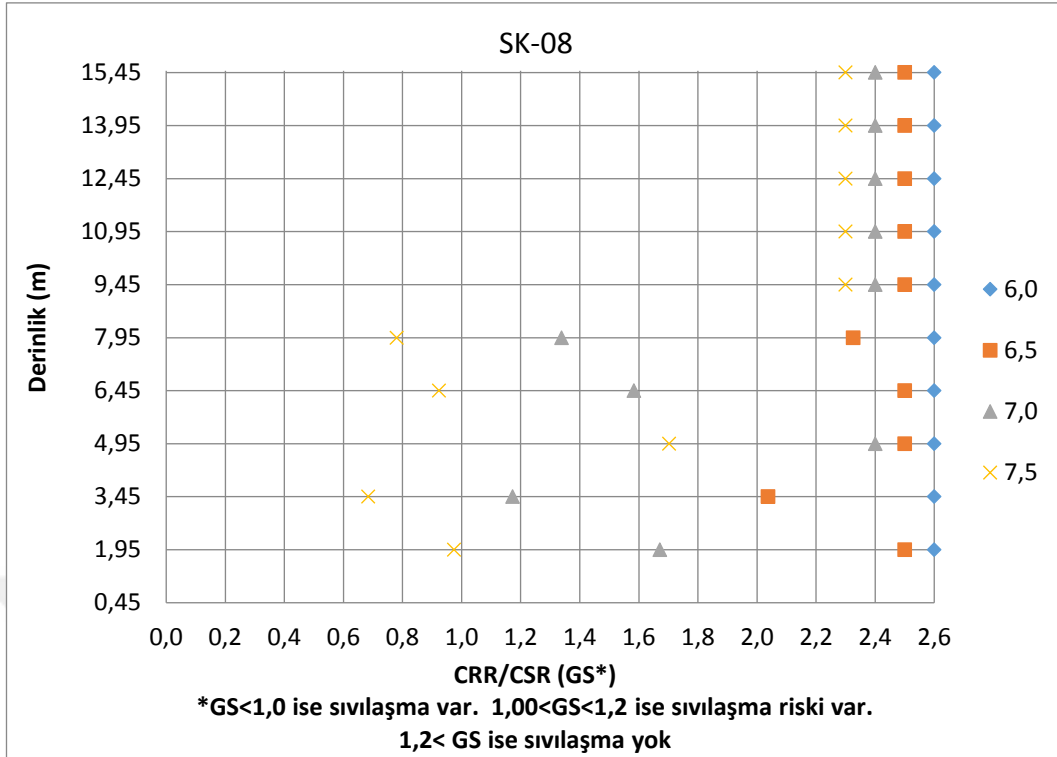
7,00 şiddetindeki depremde 1,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında, 3,45-10,95 m seviyeleri arasında 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

12,45 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.7 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-08 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $I_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N <sub>i</sub> ) <sub>60k</sub> | CRR   | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|----------------------------------|-------|---------|-----------------------|
| 6.0            | 1,95   | 20    | 11,5     | 74,60               | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,99  | 0,12 | 20,00           | 1,66  | 0,75  | 27,42                            | 0,62  | 5,13    | YOK                   |
|                | 3,45   | 19    | 11,5     | 74,60               | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,98  | 0,12 | 19,00           | 1,25  | 0,80  | 22,08                            | 0,43  | 3,59    | YOK                   |
|                | 4,95   | 33    | 11,5     | 41,50               | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,97  | 0,12 | 33,00           | 1,04  | 0,85  | 31,31                            | 1,06  | 8,95    | YOK                   |
|                | 6,45   | 28    | 11,5     | 32,80               | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,95  | 0,12 | 28,00           | 0,91  | 0,95  | 26,32                            | 0,57  | 4,86    | YOK                   |
|                | 7,95   | 28    | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,94  | 0,11 | 28,00           | 0,82  | 0,95  | 23,60                            | 0,47  | 4,10    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,92  | 0,11 | 100,00          | 0,75  | 0,95  | 66,64                            | 0,81  | 7,22    | YOK                   |
|                | 11     | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 203,67        | 203,67         | 0,88  | 0,11 | 100,00          | 0,68  | 1,00  | 63,45                            | 0,76  | 7,04    | YOK                   |
|                | 12,5   | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 231,57        | 222,07         | 0,84  | 0,11 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 36,66                            | -0,19 | -1,78   | YOK                   |
|                | 14     | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 259,47        | 234,97         | 0,80  | 0,11 | 57,50           | 0,62  | 1,00  | 35,50                            | -0,72 | -6,70   | YOK                   |
|                | 15,5   | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 287,37        | 247,87         | 0,75  | 0,11 | 57,50           | 0,60  | 1,00  | 34,42                            | -3,76 | -35,50  | YOK                   |
| 6.5            | 1,95   | 20    | 11,5     | 74,60               | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,99  | 0,17 | 20,00           | 1,66  | 0,75  | 27,42                            | 0,51  | 2,90    | YOK                   |
|                | 3,45   | 19    | 11,5     | 74,60               | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,98  | 0,17 | 19,00           | 1,25  | 0,80  | 22,08                            | 0,35  | 2,04    | YOK                   |
|                | 4,95   | 33    | 11,5     | 41,50               | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,97  | 0,17 | 33,00           | 1,04  | 0,85  | 31,31                            | 0,86  | 5,07    | YOK                   |
|                | 6,45   | 28    | 11,5     | 32,80               | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,95  | 0,17 | 28,00           | 0,91  | 0,95  | 26,32                            | 0,46  | 2,75    | YOK                   |
|                | 7,95   | 28    | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,94  | 0,17 | 28,00           | 0,82  | 0,95  | 23,60                            | 0,38  | 2,33    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,92  | 0,16 | 100,00          | 0,75  | 0,95  | 66,64                            | 0,66  | 4,09    | YOK                   |
|                | 11     | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 203,67        | 203,67         | 0,88  | 0,16 | 100,00          | 0,68  | 1,00  | 63,45                            | 0,62  | 3,99    | YOK                   |
|                | 12,5   | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 231,57        | 222,07         | 0,84  | 0,16 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 36,66                            | -0,16 | -1,01   | YOK                   |
|                | 14     | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 259,47        | 234,97         | 0,80  | 0,15 | 57,50           | 0,62  | 1,00  | 35,50                            | -0,59 | -3,80   | YOK                   |
|                | 15,5   | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 287,37        | 247,87         | 0,75  | 0,15 | 57,50           | 0,60  | 1,00  | 34,42                            | -3,07 | -20,12  | YOK                   |
| 7.0            | 1,95   | 20    | 11,5     | 74,60               | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,99  | 0,25 | 20,00           | 1,66  | 0,75  | 27,42                            | 0,42  | 1,67    | YOK                   |
|                | 3,45   | 19    | 11,5     | 74,60               | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,98  | 0,25 | 19,00           | 1,25  | 0,80  | 22,08                            | 0,29  | 1,17    | RİSKLİ                |
|                | 4,95   | 33    | 11,5     | 41,50               | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,97  | 0,24 | 33,00           | 1,04  | 0,85  | 31,31                            | 0,71  | 2,92    | YOK                   |
|                | 6,45   | 28    | 11,5     | 32,80               | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,95  | 0,24 | 28,00           | 0,91  | 0,95  | 26,32                            | 0,38  | 1,58    | YOK                   |
|                | 7,95   | 28    | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,94  | 0,24 | 28,00           | 0,82  | 0,95  | 23,60                            | 0,32  | 1,34    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,92  | 0,23 | 100,00          | 0,75  | 0,95  | 66,64                            | 0,55  | 2,36    | YOK                   |
|                | 11     | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 203,67        | 203,67         | 0,88  | 0,22 | 100,00          | 0,68  | 1,00  | 63,45                            | 0,51  | 2,30    | YOK                   |
|                | 12,5   | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 231,57        | 222,07         | 0,84  | 0,22 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 36,66                            | -0,13 | -0,58   | YOK                   |
|                | 14     | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 259,47        | 234,97         | 0,80  | 0,22 | 57,50           | 0,62  | 1,00  | 35,50                            | -0,49 | -2,18   | YOK                   |
|                | 15,5   | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 287,37        | 247,87         | 0,75  | 0,22 | 57,50           | 0,60  | 1,00  | 34,42                            | -2,54 | -11,58  | YOK                   |
| 7.5            | 1,95   | 20    | 11,5     | 74,60               | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,99  | 0,36 | 20,00           | 1,66  | 0,75  | 27,42                            | 0,35  | 0,97    | VAR                   |
|                | 3,45   | 19    | 11,5     | 74,60               | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,98  | 0,36 | 19,00           | 1,25  | 0,80  | 22,08                            | 0,24  | 0,68    | VAR                   |
|                | 4,95   | 33    | 11,5     | 41,50               | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,97  | 0,35 | 33,00           | 1,04  | 0,85  | 31,31                            | 0,60  | 1,70    | YOK                   |
|                | 6,45   | 28    | 11,5     | 32,80               | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,95  | 0,35 | 28,00           | 0,91  | 0,95  | 26,32                            | 0,32  | 0,92    | VAR                   |
|                | 7,95   | 28    | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,94  | 0,34 | 28,00           | 0,82  | 0,95  | 23,60                            | 0,27  | 0,78    | VAR                   |
|                | 9,45   | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,92  | 0,33 | 100,00          | 0,75  | 0,95  | 66,64                            | 0,46  | 1,37    | YOK                   |
|                | 11     | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 203,67        | 203,67         | 0,88  | 0,32 | 100,00          | 0,68  | 1,00  | 63,45                            | 0,43  | 1,34    | YOK                   |
|                | 12,5   | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 231,57        | 222,07         | 0,84  | 0,32 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 36,66                            | -0,11 | -0,34   | YOK                   |
|                | 14     | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 259,47        | 234,97         | 0,80  | 0,32 | 57,50           | 0,62  | 1,00  | 35,50                            | -0,41 | -1,27   | YOK                   |
|                | 15,5   | 100   | 11,5     | 29,80               | 18,6                               | 287,37        | 247,87         | 0,75  | 0,31 | 57,50           | 0,60  | 1,00  | 34,42                            | -2,13 | -6,75   | YOK                   |



**Şekil 4.7** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-08 sıvılaşma analizi grafiği

SK-08 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

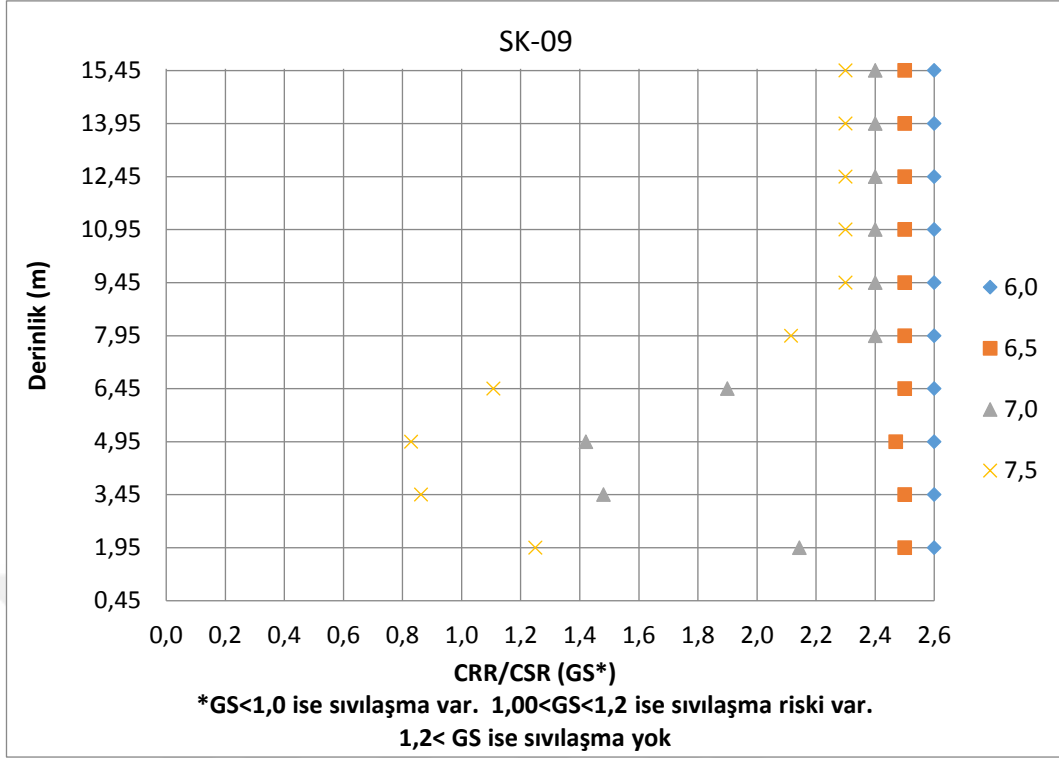
7,00 şiddetindeki depremde 3,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında, diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

9,45 m, 10,95 m, 12,45 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-09 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>E</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>60k</sub> | CRR   | CRR/CSR | Sivülme Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|----------------------------------|-------|---------|---------------------|
| 6.0            | 1,95   | 22    | 12,0     | 72,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,12 | 22,00           | 1,66           | 0,75           | 29,72                            | 0,80  | 6,57    | YOK                 |
|                | 3,45   | 23    | 12,0     | 72,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,12 | 23,00           | 1,25           | 0,80           | 25,73                            | 0,54  | 4,54    | YOK                 |
|                | 4,95   | 25    | 12,0     | 35,80               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,12 | 25,00           | 1,04           | 0,85           | 24,99                            | 0,52  | 4,36    | YOK                 |
|                | 6,45   | 32    | 12,0     | 28,40               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,12 | 32,00           | 0,92           | 0,95           | 28,42                            | 0,68  | 5,83    | YOK                 |
|                | 7,95   | 40    | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,11 | 40,00           | 0,82           | 0,95           | 31,96                            | 1,28  | 11,13   | YOK                 |
|                | 9,45   | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,92  | 0,11 | 100,00          | 0,76           | 0,95           | 67,16                            | 0,82  | 7,29    | YOK                 |
|                | 11     | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 202,58        | 202,58         | 0,88  | 0,11 | 100,00          | 0,68           | 1,00           | 63,99                            | 0,77  | 7,12    | YOK                 |
|                | 12,5   | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 230,33        | 225,83         | 0,84  | 0,11 | 57,50           | 0,64           | 1,00           | 36,52                            | -0,23 | -2,20   | YOK                 |
|                | 14     | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 258,08        | 238,58         | 0,80  | 0,11 | 57,50           | 0,61           | 1,00           | 35,39                            | -0,82 | -7,75   | YOK                 |
|                | 15,5   | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 285,83        | 251,33         | 0,75  | 0,10 | 57,50           | 0,59           | 1,00           | 34,34                            | -4,81 | -46,21  | YOK                 |
| 6.5            | 1,95   | 22    | 12,0     | 72,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,17 | 22,00           | 1,66           | 0,75           | 29,72                            | 0,65  | 3,73    | YOK                 |
|                | 3,45   | 23    | 12,0     | 72,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,17 | 23,00           | 1,25           | 0,80           | 25,73                            | 0,44  | 2,57    | YOK                 |
|                | 4,95   | 25    | 12,0     | 35,80               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,17 | 25,00           | 1,04           | 0,85           | 24,99                            | 0,42  | 2,47    | YOK                 |
|                | 6,45   | 32    | 12,0     | 28,40               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,17 | 32,00           | 0,92           | 0,95           | 28,42                            | 0,56  | 3,30    | YOK                 |
|                | 7,95   | 40    | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,17 | 40,00           | 0,82           | 0,95           | 31,96                            | 1,04  | 6,31    | YOK                 |
|                | 9,45   | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,92  | 0,16 | 100,00          | 0,76           | 0,95           | 67,16                            | 0,67  | 4,13    | YOK                 |
|                | 11     | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 202,58        | 202,58         | 0,88  | 0,16 | 100,00          | 0,68           | 1,00           | 63,99                            | 0,63  | 4,03    | YOK                 |
|                | 12,5   | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 230,33        | 225,83         | 0,84  | 0,15 | 57,50           | 0,64           | 1,00           | 36,52                            | -0,19 | -1,25   | YOK                 |
|                | 14     | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 258,08        | 238,58         | 0,80  | 0,15 | 57,50           | 0,61           | 1,00           | 35,39                            | -0,67 | -4,39   | YOK                 |
|                | 15,5   | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 285,83        | 251,33         | 0,75  | 0,15 | 57,50           | 0,59           | 1,00           | 34,34                            | -3,91 | -26,19  | YOK                 |
| 7.0            | 1,95   | 22    | 12,0     | 72,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,25 | 22,00           | 1,66           | 0,75           | 29,72                            | 0,54  | 2,14    | YOK                 |
|                | 3,45   | 23    | 12,0     | 72,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,25 | 23,00           | 1,25           | 0,80           | 25,73                            | 0,37  | 1,48    | YOK                 |
|                | 4,95   | 25    | 12,0     | 35,80               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,24 | 25,00           | 1,04           | 0,85           | 24,99                            | 0,35  | 1,42    | YOK                 |
|                | 6,45   | 32    | 12,0     | 28,40               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,24 | 32,00           | 0,92           | 0,95           | 28,42                            | 0,46  | 1,90    | YOK                 |
|                | 7,95   | 40    | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,24 | 40,00           | 0,82           | 0,95           | 31,96                            | 0,86  | 3,63    | YOK                 |
|                | 9,45   | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,92  | 0,23 | 100,00          | 0,76           | 0,95           | 67,16                            | 0,55  | 2,38    | YOK                 |
|                | 11     | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 202,58        | 202,58         | 0,88  | 0,22 | 100,00          | 0,68           | 1,00           | 63,99                            | 0,52  | 2,32    | YOK                 |
|                | 12,5   | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 230,33        | 225,83         | 0,84  | 0,22 | 57,50           | 0,64           | 1,00           | 36,52                            | -0,16 | -0,72   | YOK                 |
|                | 14     | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 258,08        | 238,58         | 0,80  | 0,22 | 57,50           | 0,61           | 1,00           | 35,39                            | -0,55 | -2,53   | YOK                 |
|                | 15,5   | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 285,83        | 251,33         | 0,75  | 0,21 | 57,50           | 0,59           | 1,00           | 34,34                            | -3,24 | -15,07  | YOK                 |
| 7.5            | 1,95   | 22    | 12,0     | 72,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,36 | 22,00           | 1,66           | 0,75           | 29,72                            | 0,45  | 1,25    | YOK                 |
|                | 3,45   | 23    | 12,0     | 72,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,36 | 23,00           | 1,25           | 0,80           | 25,73                            | 0,31  | 0,86    | VAR                 |
|                | 4,95   | 25    | 12,0     | 35,80               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,35 | 25,00           | 1,04           | 0,85           | 24,99                            | 0,29  | 0,83    | VAR                 |
|                | 6,45   | 32    | 12,0     | 28,40               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,35 | 32,00           | 0,92           | 0,95           | 28,42                            | 0,38  | 1,11    | RİSKLİ              |
|                | 7,95   | 40    | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,34 | 40,00           | 0,82           | 0,95           | 31,96                            | 0,72  | 2,12    | YOK                 |
|                | 9,45   | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,92  | 0,33 | 100,00          | 0,76           | 0,95           | 67,16                            | 0,46  | 1,39    | YOK                 |
|                | 11     | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 202,58        | 202,58         | 0,88  | 0,32 | 100,00          | 0,68           | 1,00           | 63,99                            | 0,44  | 1,35    | YOK                 |
|                | 12,5   | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 230,33        | 225,83         | 0,84  | 0,31 | 57,50           | 0,64           | 1,00           | 36,52                            | -0,13 | -0,42   | YOK                 |
|                | 14     | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 258,08        | 238,58         | 0,80  | 0,31 | 57,50           | 0,61           | 1,00           | 35,39                            | -0,46 | -1,47   | YOK                 |
|                | 15,5   | 100   | 12,0     | 30,50               | 18,5                               | 285,83        | 251,33         | 0,75  | 0,31 | 57,50           | 0,59           | 1,00           | 34,34                            | -2,71 | -8,79   | YOK                 |



**Şekil 4.8** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-09 sıvılaşma analizi grafiği

SK-09 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

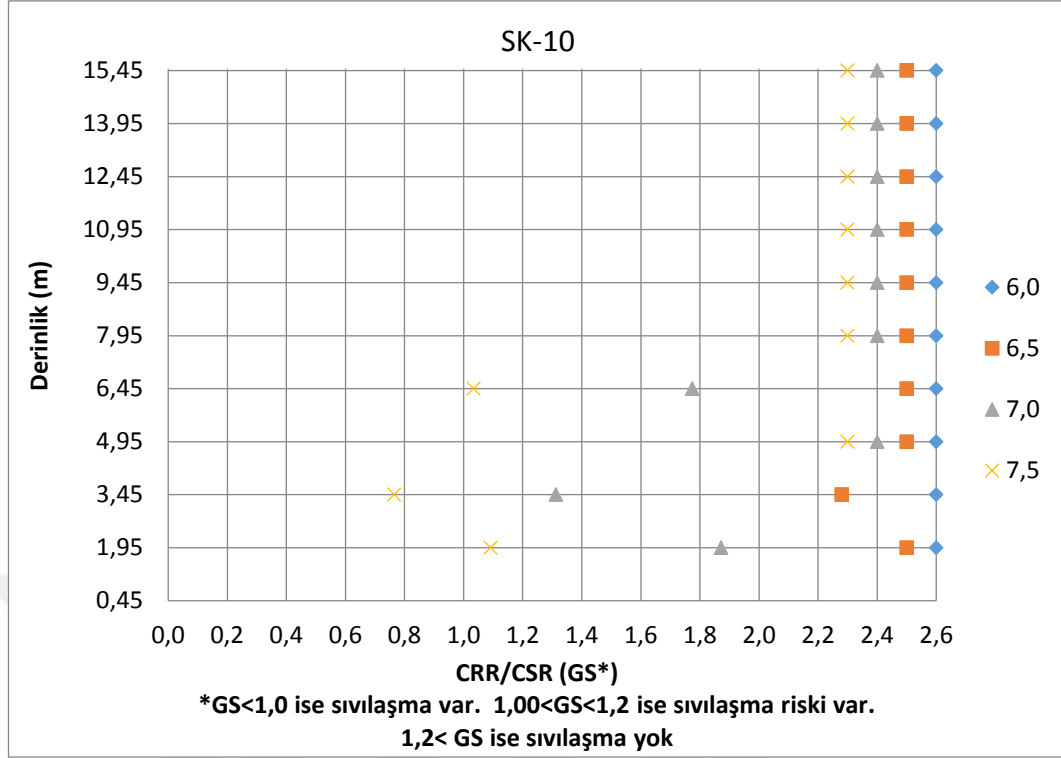
7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 1,95 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu 3,45 m ve 4,95 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu, 6,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu tespit edilmiştir.

9,45 m, 10,95 m, 12,45 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.9 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-10 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR   | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N) <sub>60k</sub> | CRR   | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|--------------------|-------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 21    | 9,0      | 75,20               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,12  | 21,00           | 1,66  | 0,75  | 28,60              | 0,69  | 5,74    | YOK                   |
|                | 3,45   | 21    | 9,0      | 75,20               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,12  | 21,00           | 1,25  | 0,80  | 23,93              | 0,48  | 4,02    | YOK                   |
|                | 4,95   | 38    | 9,0      | 42,30               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,12  | 38,00           | 1,04  | 0,85  | 35,38              | -0,83 | -7,00   | YOK                   |
|                | 6,45   | 29    | 9,0      | 38,60               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,12  | 29,00           | 0,92  | 0,95  | 27,70              | 0,64  | 5,44    | YOK                   |
|                | 7,95   | 40    | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,11  | 40,00           | 0,82  | 0,95  | 32,48              | 1,58  | 13,72   | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 174,83        | 170,33         | 0,92  | 0,12  | 57,50           | 0,77  | 0,95  | 41,75              | 0,31  | 2,70    | YOK                   |
|                | 11     | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 202,58        | 183,08         | 0,88  | 0,12  | 57,50           | 0,74  | 1,00  | 42,31              | 0,33  | 2,78    | YOK                   |
|                | 12,5   | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 230,33        | 195,83         | 0,84  | 0,12  | 57,50           | 0,71  | 1,00  | 41,07              | 0,28  | 2,30    | YOK                   |
|                | 14     | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 258,08        | 208,58         | 0,80  | 0,12  | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 38,79              | 0,13  | 1,08    | YOK                   |
| 15,5           | 100    | 9,0   | 32,50    | 18,5                | 285,83                             | 221,33        | 0,75           | 0,12  | 57,50 | 0,64            | 1,00  | 37,52 | -0,02              | -0,16 | YOK     |                       |
| 6,5            | 1,95   | 21    | 9,0      | 75,20               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,17  | 21,00           | 1,66  | 0,75  | 28,60              | 0,57  | 3,25    | YOK                   |
|                | 3,45   | 21    | 9,0      | 75,20               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,17  | 21,00           | 1,25  | 0,80  | 23,93              | 0,39  | 2,28    | YOK                   |
|                | 4,95   | 38    | 9,0      | 42,30               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,17  | 38,00           | 1,04  | 0,85  | 35,38              | -0,68 | -3,97   | YOK                   |
|                | 6,45   | 29    | 9,0      | 38,60               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,17  | 29,00           | 0,92  | 0,95  | 27,70              | 0,52  | 3,08    | YOK                   |
|                | 7,95   | 40    | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,17  | 40,00           | 0,82  | 0,95  | 32,48              | 1,29  | 7,78    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 174,83        | 170,33         | 0,92  | 0,17  | 57,50           | 0,77  | 0,95  | 41,75              | 0,25  | 1,53    | YOK                   |
|                | 11     | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 202,58        | 183,08         | 0,88  | 0,17  | 57,50           | 0,74  | 1,00  | 42,31              | 0,27  | 1,58    | YOK                   |
|                | 12,5   | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 230,33        | 195,83         | 0,84  | 0,17  | 57,50           | 0,71  | 1,00  | 41,07              | 0,23  | 1,30    | YOK                   |
|                | 14     | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 258,08        | 208,58         | 0,80  | 0,17  | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 38,79              | 0,11  | 0,61    | YOK                   |
| 15,5           | 100    | 9,0   | 32,50    | 18,5                | 285,83                             | 221,33        | 0,75           | 0,17  | 57,50 | 0,64            | 1,00  | 37,52 | -0,02              | -0,09 | YOK     |                       |
| 7,0            | 1,95   | 21    | 9,0      | 75,20               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,25  | 21,00           | 1,66  | 0,75  | 28,60              | 0,47  | 1,87    | YOK                   |
|                | 3,45   | 21    | 9,0      | 75,20               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,25  | 21,00           | 1,25  | 0,80  | 23,93              | 0,32  | 1,31    | YOK                   |
|                | 4,95   | 38    | 9,0      | 42,30               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,24  | 38,00           | 1,04  | 0,85  | 35,38              | -0,56 | -2,28   | YOK                   |
|                | 6,45   | 29    | 9,0      | 38,60               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,24  | 29,00           | 0,92  | 0,95  | 27,70              | 0,43  | 1,77    | YOK                   |
|                | 7,95   | 40    | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,24  | 40,00           | 0,82  | 0,95  | 32,48              | 1,06  | 4,48    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 174,83        | 170,33         | 0,92  | 0,24  | 57,50           | 0,77  | 0,95  | 41,75              | 0,21  | 0,88    | YOK                   |
|                | 11     | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 202,58        | 183,08         | 0,88  | 0,25  | 57,50           | 0,74  | 1,00  | 42,31              | 0,22  | 0,91    | YOK                   |
|                | 12,5   | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 230,33        | 195,83         | 0,84  | 0,25  | 57,50           | 0,71  | 1,00  | 41,07              | 0,19  | 0,75    | YOK                   |
|                | 14     | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 258,08        | 208,58         | 0,80  | 0,25  | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 38,79              | 0,09  | 0,35    | YOK                   |
| 15,5           | 100    | 9,0   | 32,50    | 18,5                | 285,83                             | 221,33        | 0,75           | 0,24  | 57,50 | 0,64            | 1,00  | 37,52 | -0,01              | -0,05 | YOK     |                       |
| 7,5            | 1,95   | 21    | 9,0      | 75,20               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,36  | 21,00           | 1,66  | 0,75  | 28,60              | 0,39  | 1,09    | RISKLİ                |
|                | 3,45   | 21    | 9,0      | 75,20               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,36  | 21,00           | 1,25  | 0,80  | 23,93              | 0,27  | 0,76    | VAR                   |
|                | 4,95   | 38    | 9,0      | 42,30               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,35  | 38,00           | 1,04  | 0,85  | 35,38              | -0,47 | -1,33   | YOK                   |
|                | 6,45   | 29    | 9,0      | 38,60               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,35  | 29,00           | 0,92  | 0,95  | 27,70              | 0,36  | 1,03    | RISKLİ                |
|                | 7,95   | 40    | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,34  | 40,00           | 0,82  | 0,95  | 32,48              | 0,89  | 2,61    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 174,83        | 170,33         | 0,92  | 0,34  | 57,50           | 0,77  | 0,95  | 41,75              | 0,18  | 0,51    | YOK                   |
|                | 11     | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 202,58        | 183,08         | 0,88  | 0,36  | 57,50           | 0,74  | 1,00  | 42,31              | 0,19  | 0,53    | YOK                   |
|                | 12,5   | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 230,33        | 195,83         | 0,84  | 0,36  | 57,50           | 0,71  | 1,00  | 41,07              | 0,16  | 0,44    | YOK                   |
|                | 14     | 100   | 9,0      | 32,50               | 18,5                               | 258,08        | 208,58         | 0,80  | 0,36  | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 38,79              | 0,07  | 0,21    | YOK                   |
| 15,5           | 100    | 9,0   | 32,50    | 18,5                | 285,83                             | 221,33        | 0,75           | 0,35  | 57,50 | 0,64            | 1,00  | 37,52 | -0,01              | -0,03 | YOK     |                       |



**Şekil 4.9** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-10 sıvılaşma analizi grafiği

SK-10 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

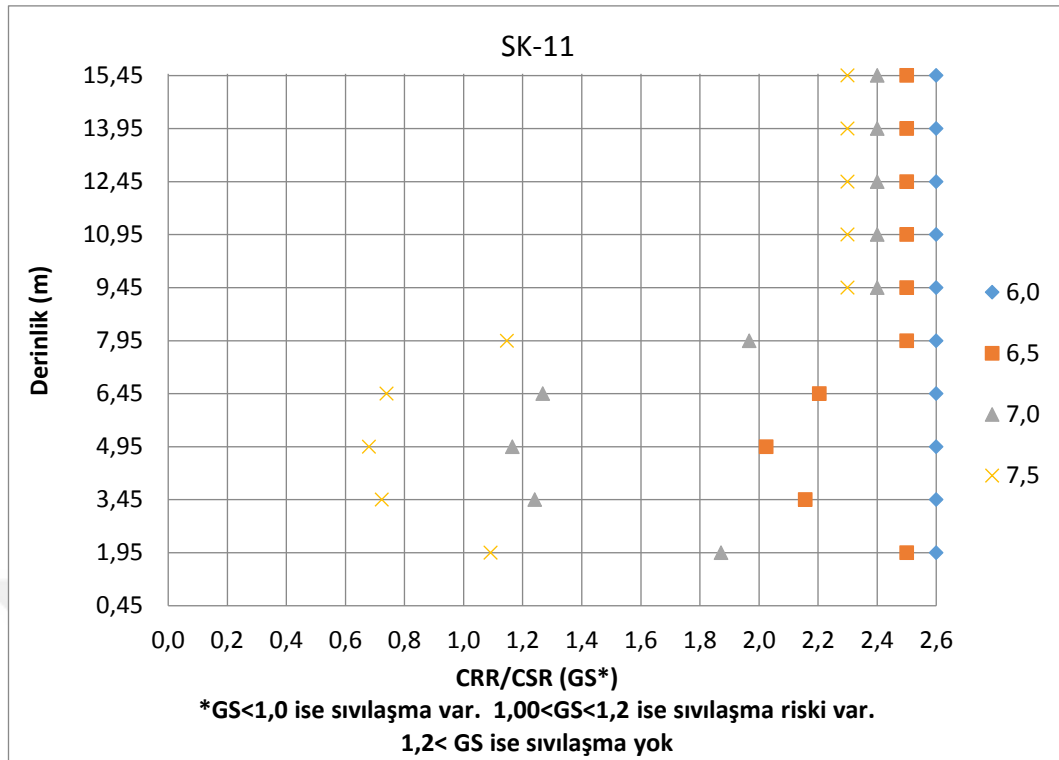
7,50 şiddetindeki depremde 1,95 m ve 6,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu, 3,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

9,45 m, 10,95 m, 12,45 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.10 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-11 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık ( $kN/m^3$ ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | $(N_1)_{60k}$ | CRR   | CRR/CSR | Sivlaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|----------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|---------------|-------|---------|----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 21    | 10,5     | 69,80               | 18,5                       | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,12 | 21,00           | 1,66  | 0,75  | 28,60         | 0,69  | 5,74    | YOK                  |
|                | 3,45   | 20    | 10,5     | 69,80               | 18,5                       | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,12 | 20,00           | 1,25  | 0,80  | 23,02         | 0,46  | 3,80    | YOK                  |
|                | 4,95   | 21    | 10,5     | 39,70               | 18,5                       | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,12 | 21,00           | 1,04  | 0,85  | 21,79         | 0,42  | 3,57    | YOK                  |
|                | 6,45   | 23    | 10,5     | 42,80               | 18,5                       | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,12 | 23,00           | 0,92  | 0,95  | 23,00         | 0,45  | 3,89    | YOK                  |
|                | 7,95   | 35    | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,11 | 35,00           | 0,82  | 0,95  | 28,58         | 0,69  | 6,03    | YOK                  |
|                | 9,45   | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 174,83        | 174,83         | 0,92  | 0,11 | 100,00          | 0,76  | 0,95  | 67,21         | 0,82  | 7,30    | YOK                  |
|                | 10,95  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 202,58        | 198,08         | 0,88  | 0,11 | 57,50           | 0,71  | 1,00  | 40,27         | 0,24  | 2,14    | YOK                  |
|                | 12,45  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 230,33        | 210,83         | 0,84  | 0,11 | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 37,99         | 0,05  | 0,41    | YOK                  |
|                | 13,95  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 258,08        | 223,58         | 0,80  | 0,11 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 36,76         | -0,17 | -1,49   | YOK                  |
|                | 15,45  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 285,83        | 236,33         | 0,75  | 0,11 | 57,50           | 0,62  | 1,00  | 35,61         | -0,64 | -5,78   | YOK                  |
| 6,5            | 1,95   | 21    | 10,5     | 69,80               | 18,5                       | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,17 | 21,00           | 1,66  | 0,75  | 28,60         | 0,57  | 3,25    | YOK                  |
|                | 3,45   | 20    | 10,5     | 69,80               | 18,5                       | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,17 | 20,00           | 1,25  | 0,80  | 23,02         | 0,37  | 2,16    | YOK                  |
|                | 4,95   | 21    | 10,5     | 39,70               | 18,5                       | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,17 | 21,00           | 1,04  | 0,85  | 21,79         | 0,34  | 2,02    | YOK                  |
|                | 6,45   | 23    | 10,5     | 42,80               | 18,5                       | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,17 | 23,00           | 0,92  | 0,95  | 23,00         | 0,37  | 2,20    | YOK                  |
|                | 7,95   | 35    | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,17 | 35,00           | 0,82  | 0,95  | 28,58         | 0,56  | 3,42    | YOK                  |
|                | 9,45   | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 174,83        | 174,83         | 0,92  | 0,16 | 100,00          | 0,76  | 0,95  | 67,21         | 0,67  | 4,14    | YOK                  |
|                | 10,95  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 202,58        | 198,08         | 0,88  | 0,16 | 57,50           | 0,71  | 1,00  | 40,27         | 0,19  | 1,21    | YOK                  |
|                | 12,45  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 230,33        | 210,83         | 0,84  | 0,16 | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 37,99         | 0,04  | 0,23    | YOK                  |
|                | 13,95  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 258,08        | 223,58         | 0,80  | 0,16 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 36,76         | -0,14 | -0,85   | YOK                  |
|                | 15,45  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 285,83        | 236,33         | 0,75  | 0,16 | 57,50           | 0,62  | 1,00  | 35,61         | -0,52 | -3,28   | YOK                  |
| 7,0            | 1,95   | 21    | 10,5     | 69,80               | 18,5                       | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,25 | 21,00           | 1,66  | 0,75  | 28,60         | 0,47  | 1,87    | YOK                  |
|                | 3,45   | 20    | 10,5     | 69,80               | 18,5                       | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,25 | 20,00           | 1,25  | 0,80  | 23,02         | 0,31  | 1,24    | YOK                  |
|                | 4,95   | 21    | 10,5     | 39,70               | 18,5                       | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,24 | 21,00           | 1,04  | 0,85  | 21,79         | 0,29  | 1,16    | RİSKLİ               |
|                | 6,45   | 23    | 10,5     | 42,80               | 18,5                       | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,24 | 23,00           | 0,92  | 0,95  | 23,00         | 0,31  | 1,27    | YOK                  |
|                | 7,95   | 35    | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,24 | 35,00           | 0,82  | 0,95  | 28,58         | 0,47  | 1,97    | YOK                  |
|                | 9,45   | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 174,83        | 174,83         | 0,92  | 0,23 | 100,00          | 0,76  | 0,95  | 67,21         | 0,55  | 2,38    | YOK                  |
|                | 10,95  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 202,58        | 198,08         | 0,88  | 0,23 | 57,50           | 0,71  | 1,00  | 40,27         | 0,16  | 0,70    | YOK                  |
|                | 12,45  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 230,33        | 210,83         | 0,84  | 0,23 | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 37,99         | 0,03  | 0,13    | YOK                  |
|                | 13,95  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 258,08        | 223,58         | 0,80  | 0,23 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 36,76         | -0,11 | -0,49   | YOK                  |
|                | 15,45  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 285,83        | 236,33         | 0,75  | 0,23 | 57,50           | 0,62  | 1,00  | 35,61         | -0,43 | -1,89   | YOK                  |
| 7,5            | 1,95   | 21    | 10,5     | 69,80               | 18,5                       | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,36 | 21,00           | 1,66  | 0,75  | 28,60         | 0,39  | 1,09    | RİSKLİ               |
|                | 3,45   | 20    | 10,5     | 69,80               | 18,5                       | 63,83         | 63,83          | 0,98  | 0,36 | 20,00           | 1,25  | 0,80  | 23,02         | 0,26  | 0,72    | VAR                  |
|                | 4,95   | 21    | 10,5     | 39,70               | 18,5                       | 91,58         | 91,58          | 0,97  | 0,35 | 21,00           | 1,04  | 0,85  | 21,79         | 0,24  | 0,68    | VAR                  |
|                | 6,45   | 23    | 10,5     | 42,80               | 18,5                       | 119,33        | 119,33         | 0,95  | 0,35 | 23,00           | 0,92  | 0,95  | 23,00         | 0,26  | 0,74    | VAR                  |
|                | 7,95   | 35    | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 147,08        | 147,08         | 0,94  | 0,34 | 35,00           | 0,82  | 0,95  | 28,58         | 0,39  | 1,15    | RİSKLİ               |
|                | 9,45   | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 174,83        | 174,83         | 0,92  | 0,33 | 100,00          | 0,76  | 0,95  | 67,21         | 0,46  | 1,39    | YOK                  |
|                | 10,95  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 202,58        | 198,08         | 0,88  | 0,33 | 57,50           | 0,71  | 1,00  | 40,27         | 0,13  | 0,41    | YOK                  |
|                | 12,45  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 230,33        | 210,83         | 0,84  | 0,34 | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 37,99         | 0,03  | 0,08    | YOK                  |
|                | 13,95  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 258,08        | 223,58         | 0,80  | 0,33 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 36,76         | -0,10 | -0,28   | YOK                  |
|                | 15,45  | 100   | 10,5     | 30,60               | 18,5                       | 285,83        | 236,33         | 0,75  | 0,33 | 57,50           | 0,62  | 1,00  | 35,61         | -0,36 | -1,10   | YOK                  |





**Şekil 4.10** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-11 sıvılaşma analizi grafiği

SK-11 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

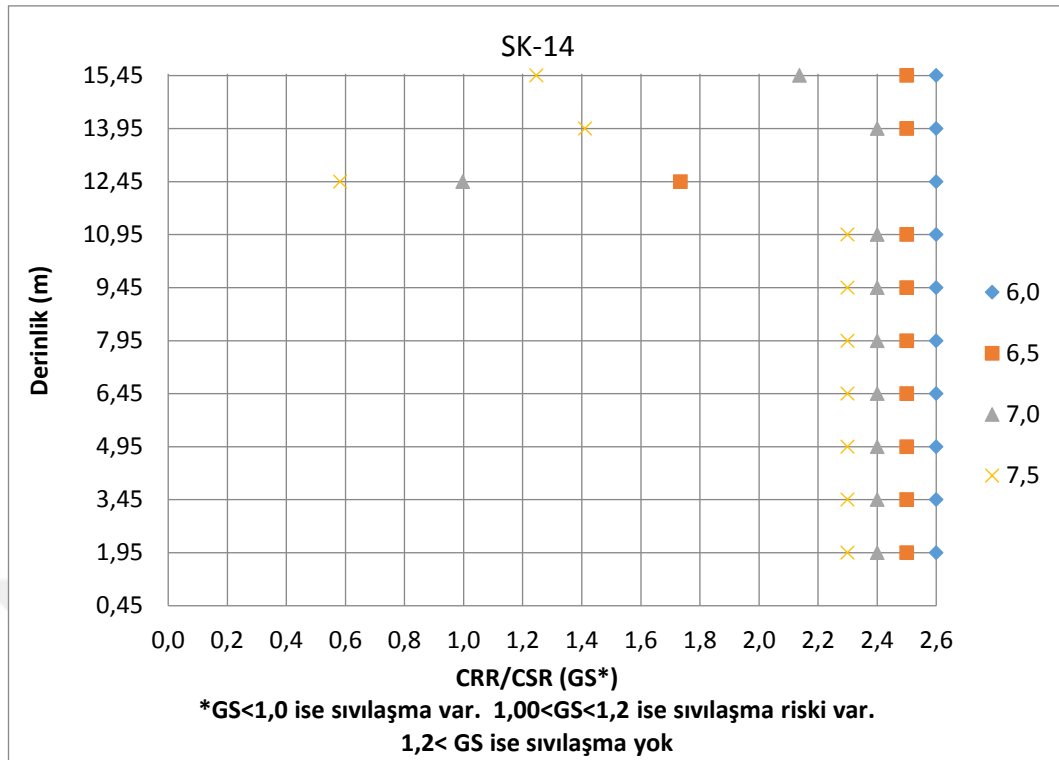
7,00 şiddetindeki depremde 4,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 1,95 m ve 7,95 m seviyesinde 3,45 m, 4,95 m, 6,45 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

9,45 m, 10,95 m, 12,45 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.11 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-14 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>E</sub> | (N <sub>i</sub> ) <sub>60k</sub> | CRR   | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|----------------------------------|-------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 45    | 10,0     | 33,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,99  | 0,12 | 45,00           | 1,70           | 0,75           | 55,60                            | 0,64  | 5,28    | YOK                   |
|                | 3,45   | 35    | 10,0     | 33,1                | 17,8                               | 61,41         | 61,41          | 0,98  | 0,12 | 35,00           | 1,28           | 0,80           | 36,52                            | -0,23 | -1,94   | YOK                   |
|                | 4,95   | 100   | 10,0     | 28,7                | 17,8                               | 88,11         | 88,11          | 0,97  | 0,12 | 100,00          | 1,07           | 0,85           | 82,29                            | 1,03  | 8,73    | YOK                   |
|                | 6,45   | 43    | 10,0     | 26,2                | 17,8                               | 114,81        | 114,81         | 0,95  | 0,12 | 43,00           | 0,93           | 0,95           | 36,55                            | -0,22 | -1,91   | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 10,0     | 3,6                 | 17,8                               | 141,51        | 141,51         | 0,94  | 0,11 | 100,00          | 0,84           | 0,95           | 59,90                            | 0,71  | 6,16    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 10,0     | 40,4                | 17,8                               | 168,21        | 168,21         | 0,92  | 0,11 | 100,00          | 0,77           | 0,95           | 70,92                            | 0,87  | 7,78    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 10,0     | 40,4                | 17,8                               | 194,91        | 185,41         | 0,88  | 0,11 | 57,50           | 0,73           | 1,00           | 43,01                            | 0,36  | 3,15    | YOK                   |
|                | 12,45  | 51    | 10,0     | 9,8                 | 17,8                               | 221,61        | 197,11         | 0,84  | 0,12 | 33,00           | 0,71           | 1,00           | 18,80                            | 0,36  | 3,06    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 10,0     | 9,8                 | 17,8                               | 248,31        | 208,81         | 0,80  | 0,12 | 57,50           | 0,67           | 1,00           | 30,25                            | 0,86  | 7,42    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 10,0     | 9,8                 | 17,8                               | 275,01        | 220,51         | 0,75  | 0,11 | 57,50           | 0,65           | 1,00           | 29,24                            | 0,75  | 6,55    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 45    | 10,0     | 33,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,99  | 0,17 | 45,00           | 1,70           | 0,75           | 55,60                            | 0,52  | 2,99    | YOK                   |
|                | 3,45   | 35    | 10,0     | 33,1                | 17,8                               | 61,41         | 61,41          | 0,98  | 0,17 | 35,00           | 1,28           | 0,80           | 36,52                            | -0,19 | -1,10   | YOK                   |
|                | 4,95   | 100   | 10,0     | 28,7                | 17,8                               | 88,11         | 88,11          | 0,97  | 0,17 | 100,00          | 1,07           | 0,85           | 82,29                            | 0,84  | 4,95    | YOK                   |
|                | 6,45   | 43    | 10,0     | 26,2                | 17,8                               | 114,81        | 114,81         | 0,95  | 0,17 | 43,00           | 0,93           | 0,95           | 36,55                            | -0,18 | -1,08   | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 10,0     | 3,6                 | 17,8                               | 141,51        | 141,51         | 0,94  | 0,17 | 100,00          | 0,84           | 0,95           | 59,90                            | 0,58  | 3,49    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 10,0     | 40,4                | 17,8                               | 168,21        | 168,21         | 0,92  | 0,16 | 100,00          | 0,77           | 0,95           | 70,92                            | 0,71  | 4,41    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 10,0     | 40,4                | 17,8                               | 194,91        | 185,41         | 0,88  | 0,16 | 57,50           | 0,73           | 1,00           | 43,01                            | 0,29  | 1,78    | YOK                   |
|                | 12,45  | 51    | 10,0     | 9,8                 | 17,8                               | 221,61        | 197,11         | 0,84  | 0,17 | 33,00           | 0,71           | 1,00           | 18,80                            | 0,29  | 1,73    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 10,0     | 9,8                 | 17,8                               | 248,31        | 208,81         | 0,80  | 0,17 | 57,50           | 0,67           | 1,00           | 30,25                            | 0,70  | 4,21    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 10,0     | 9,8                 | 17,8                               | 275,01        | 220,51         | 0,75  | 0,16 | 57,50           | 0,65           | 1,00           | 29,24                            | 0,61  | 3,71    | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 45    | 10,0     | 33,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,99  | 0,25 | 45,00           | 1,70           | 0,75           | 55,60                            | 0,43  | 1,72    | YOK                   |
|                | 3,45   | 35    | 10,0     | 33,1                | 17,8                               | 61,41         | 61,41          | 0,98  | 0,25 | 35,00           | 1,28           | 0,80           | 36,52                            | -0,16 | -0,63   | YOK                   |
|                | 4,95   | 100   | 10,0     | 28,7                | 17,8                               | 88,11         | 88,11          | 0,97  | 0,24 | 100,00          | 1,07           | 0,85           | 82,29                            | 0,70  | 2,85    | YOK                   |
|                | 6,45   | 43    | 10,0     | 26,2                | 17,8                               | 114,81        | 114,81         | 0,95  | 0,24 | 43,00           | 0,93           | 0,95           | 36,55                            | -0,15 | -0,62   | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 10,0     | 3,6                 | 17,8                               | 141,51        | 141,51         | 0,94  | 0,24 | 100,00          | 0,84           | 0,95           | 59,90                            | 0,48  | 2,01    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 10,0     | 40,4                | 17,8                               | 168,21        | 168,21         | 0,92  | 0,23 | 100,00          | 0,77           | 0,95           | 70,92                            | 0,59  | 2,54    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 10,0     | 40,4                | 17,8                               | 194,91        | 185,41         | 0,88  | 0,24 | 57,50           | 0,73           | 1,00           | 43,01                            | 0,24  | 1,03    | YOK                   |
|                | 12,45  | 51    | 10,0     | 9,8                 | 17,8                               | 221,61        | 197,11         | 0,84  | 0,24 | 33,00           | 0,71           | 1,00           | 18,80                            | 0,24  | 1,00    | VAR                   |
|                | 13,95  | 100   | 10,0     | 9,8                 | 17,8                               | 248,31        | 208,81         | 0,80  | 0,24 | 57,50           | 0,67           | 1,00           | 30,25                            | 0,58  | 2,42    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 10,0     | 9,8                 | 17,8                               | 275,01        | 220,51         | 0,75  | 0,24 | 57,50           | 0,65           | 1,00           | 29,24                            | 0,50  | 2,14    | YOK                   |
| 7,5            | 1,95   | 45    | 10,0     | 33,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,99  | 0,36 | 45,00           | 1,70           | 0,75           | 55,60                            | 0,36  | 1,00    | YOK                   |
|                | 3,45   | 35    | 10,0     | 33,1                | 17,8                               | 61,41         | 61,41          | 0,98  | 0,36 | 35,00           | 1,28           | 0,80           | 36,52                            | -0,13 | -0,37   | YOK                   |
|                | 4,95   | 100   | 10,0     | 28,7                | 17,8                               | 88,11         | 88,11          | 0,97  | 0,35 | 100,00          | 1,07           | 0,85           | 82,29                            | 0,58  | 1,66    | YOK                   |
|                | 6,45   | 43    | 10,0     | 26,2                | 17,8                               | 114,81        | 114,81         | 0,95  | 0,35 | 43,00           | 0,93           | 0,95           | 36,55                            | -0,13 | -0,36   | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 10,0     | 3,6                 | 17,8                               | 141,51        | 141,51         | 0,94  | 0,34 | 100,00          | 0,84           | 0,95           | 59,90                            | 0,40  | 1,17    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 10,0     | 40,4                | 17,8                               | 168,21        | 168,21         | 0,92  | 0,33 | 100,00          | 0,77           | 0,95           | 70,92                            | 0,49  | 1,48    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 10,0     | 40,4                | 17,8                               | 194,91        | 185,41         | 0,88  | 0,34 | 57,50           | 0,73           | 1,00           | 43,01                            | 0,20  | 0,60    | YOK                   |
|                | 12,45  | 51    | 10,0     | 9,8                 | 17,8                               | 221,61        | 197,11         | 0,84  | 0,35 | 33,00           | 0,71           | 1,00           | 18,80                            | 0,20  | 0,58    | VAR                   |
|                | 13,95  | 100   | 10,0     | 9,8                 | 17,8                               | 248,31        | 208,81         | 0,80  | 0,34 | 57,50           | 0,67           | 1,00           | 30,25                            | 0,49  | 1,41    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 10,0     | 9,8                 | 17,8                               | 275,01        | 220,51         | 0,75  | 0,34 | 57,50           | 0,65           | 1,00           | 29,24                            | 0,42  | 1,25    | YOK                   |



Şekil 4.11 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-14 sıvılaşma analizi grafiği

SK-14 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

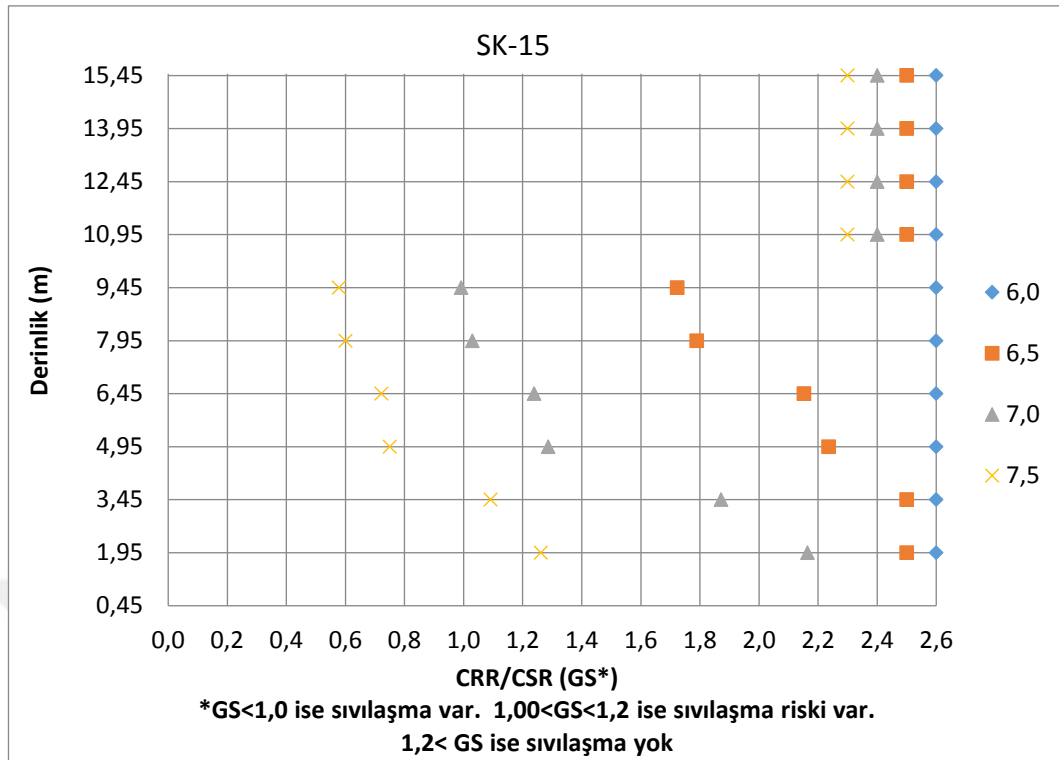
7,00 şiddetindeki depremde 12,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 12,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu, tespit edilmiştir.

1,95 m, 3,45 m, 4,95 m, 6,45 m, 7,95 m, 9,45 m, 10,95 m, 13,95m, 15,45 m seviyelerinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.12 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-15 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N) <sub>60k</sub> | CRR  | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------------|------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 22    | 5,0      | 75,6                | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,99  | 0,12 | 22,00           | 1,67  | 0,75  | 29,79              | 0,80 | 6,64    | YOK                   |
|                | 3,45   | 26    | 5,0      | 75,6                | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,98  | 0,12 | 26,00           | 1,26  | 0,80  | 28,50              | 0,69 | 5,74    | YOK                   |
|                | 4,95   | 23    | 5,0      | 62,4                | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,97  | 0,12 | 23,00           | 1,05  | 0,85  | 23,44              | 0,47 | 3,94    | YOK                   |
|                | 6,45   | 32    | 5,0      | 35,4                | 18,4                               | 118,68        | 104,18         | 0,95  | 0,13 | 23,50           | 0,98  | 0,95  | 24,69              | 0,51 | 3,80    | YOK                   |
|                | 7,95   | 35    | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 146,28        | 116,78         | 0,94  | 0,14 | 25,00           | 0,93  | 0,95  | 23,00              | 0,45 | 3,16    | YOK                   |
|                | 9,45   | 38    | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 173,88        | 129,38         | 0,92  | 0,15 | 26,50           | 0,88  | 0,95  | 23,13              | 0,46 | 3,04    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 201,48        | 141,98         | 0,88  | 0,15 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 45,20              | 0,43 | 2,77    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 229,08        | 154,58         | 0,84  | 0,15 | 57,50           | 0,80  | 1,00  | 43,51              | 0,38 | 2,45    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 256,68        | 167,18         | 0,80  | 0,15 | 57,50           | 0,77  | 1,00  | 42,00              | 0,32 | 2,14    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 284,28        | 179,78         | 0,75  | 0,14 | 57,50           | 0,75  | 1,00  | 40,66              | 0,26 | 1,79    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 22    | 5,0      | 75,6                | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,99  | 0,17 | 22,00           | 1,67  | 0,75  | 29,79              | 0,65 | 3,76    | YOK                   |
|                | 3,45   | 26    | 5,0      | 75,6                | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,98  | 0,17 | 26,00           | 1,26  | 0,80  | 28,50              | 0,56 | 3,25    | YOK                   |
|                | 4,95   | 23    | 5,0      | 62,4                | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,97  | 0,17 | 23,00           | 1,05  | 0,85  | 23,44              | 0,38 | 2,24    | YOK                   |
|                | 6,45   | 32    | 5,0      | 35,4                | 18,4                               | 118,68        | 104,18         | 0,95  | 0,19 | 23,50           | 0,98  | 0,95  | 24,69              | 0,41 | 2,15    | YOK                   |
|                | 7,95   | 35    | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 146,28        | 116,78         | 0,94  | 0,21 | 25,00           | 0,93  | 0,95  | 23,00              | 0,37 | 1,79    | YOK                   |
|                | 9,45   | 38    | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 173,88        | 129,38         | 0,92  | 0,22 | 26,50           | 0,88  | 0,95  | 23,13              | 0,37 | 1,72    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 201,48        | 141,98         | 0,88  | 0,22 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 45,20              | 0,35 | 1,57    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 229,08        | 154,58         | 0,84  | 0,22 | 57,50           | 0,80  | 1,00  | 43,51              | 0,31 | 1,39    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 256,68        | 167,18         | 0,80  | 0,22 | 57,50           | 0,77  | 1,00  | 42,00              | 0,26 | 1,21    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 284,28        | 179,78         | 0,75  | 0,21 | 57,50           | 0,75  | 1,00  | 40,66              | 0,21 | 1,02    | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 22    | 5,0      | 75,6                | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,99  | 0,25 | 22,00           | 1,67  | 0,75  | 29,79              | 0,54 | 2,16    | YOK                   |
|                | 3,45   | 26    | 5,0      | 75,6                | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,98  | 0,25 | 26,00           | 1,26  | 0,80  | 28,50              | 0,46 | 1,87    | YOK                   |
|                | 4,95   | 23    | 5,0      | 62,4                | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,97  | 0,24 | 23,00           | 1,05  | 0,85  | 23,44              | 0,31 | 1,29    | YOK                   |
|                | 6,45   | 32    | 5,0      | 35,4                | 18,4                               | 118,68        | 104,18         | 0,95  | 0,28 | 23,50           | 0,98  | 0,95  | 24,69              | 0,34 | 1,24    | YOK                   |
|                | 7,95   | 35    | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 146,28        | 116,78         | 0,94  | 0,30 | 25,00           | 0,93  | 0,95  | 23,00              | 0,31 | 1,03    | RİSKLİ                |
|                | 9,45   | 38    | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 173,88        | 129,38         | 0,92  | 0,31 | 26,50           | 0,88  | 0,95  | 23,13              | 0,31 | 0,99    | VAR                   |
|                | 10,95  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 201,48        | 141,98         | 0,88  | 0,32 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 45,20              | 0,29 | 0,90    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 229,08        | 154,58         | 0,84  | 0,32 | 57,50           | 0,80  | 1,00  | 43,51              | 0,25 | 0,80    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 256,68        | 167,18         | 0,80  | 0,31 | 57,50           | 0,77  | 1,00  | 42,00              | 0,22 | 0,70    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 284,28        | 179,78         | 0,75  | 0,30 | 57,50           | 0,75  | 1,00  | 40,66              | 0,17 | 0,58    | YOK                   |
| 7,5            | 1,95   | 22    | 5,0      | 75,6                | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,99  | 0,36 | 22,00           | 1,67  | 0,75  | 29,79              | 0,45 | 1,26    | YOK                   |
|                | 3,45   | 26    | 5,0      | 75,6                | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,98  | 0,36 | 26,00           | 1,26  | 0,80  | 28,50              | 0,39 | 1,09    | RİSKLİ                |
|                | 4,95   | 23    | 5,0      | 62,4                | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,97  | 0,35 | 23,00           | 1,05  | 0,85  | 23,44              | 0,26 | 0,75    | VAR                   |
|                | 6,45   | 32    | 5,0      | 35,4                | 18,4                               | 118,68        | 104,18         | 0,95  | 0,40 | 23,50           | 0,98  | 0,95  | 24,69              | 0,29 | 0,72    | VAR                   |
|                | 7,95   | 35    | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 146,28        | 116,78         | 0,94  | 0,43 | 25,00           | 0,93  | 0,95  | 23,00              | 0,26 | 0,60    | VAR                   |
|                | 9,45   | 38    | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 173,88        | 129,38         | 0,92  | 0,45 | 26,50           | 0,88  | 0,95  | 23,13              | 0,26 | 0,58    | VAR                   |
|                | 10,95  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 201,48        | 141,98         | 0,88  | 0,46 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 45,20              | 0,24 | 0,53    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 229,08        | 154,58         | 0,84  | 0,46 | 57,50           | 0,80  | 1,00  | 43,51              | 0,21 | 0,47    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 256,68        | 167,18         | 0,80  | 0,45 | 57,50           | 0,77  | 1,00  | 42,00              | 0,18 | 0,41    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 5,0      | 26,5                | 18,4                               | 284,28        | 179,78         | 0,75  | 0,43 | 57,50           | 0,75  | 1,00  | 40,66              | 0,15 | 0,34    | YOK                   |



**Şekil 4.12** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-15 sivilaşma analizi grafiği

SK-15 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

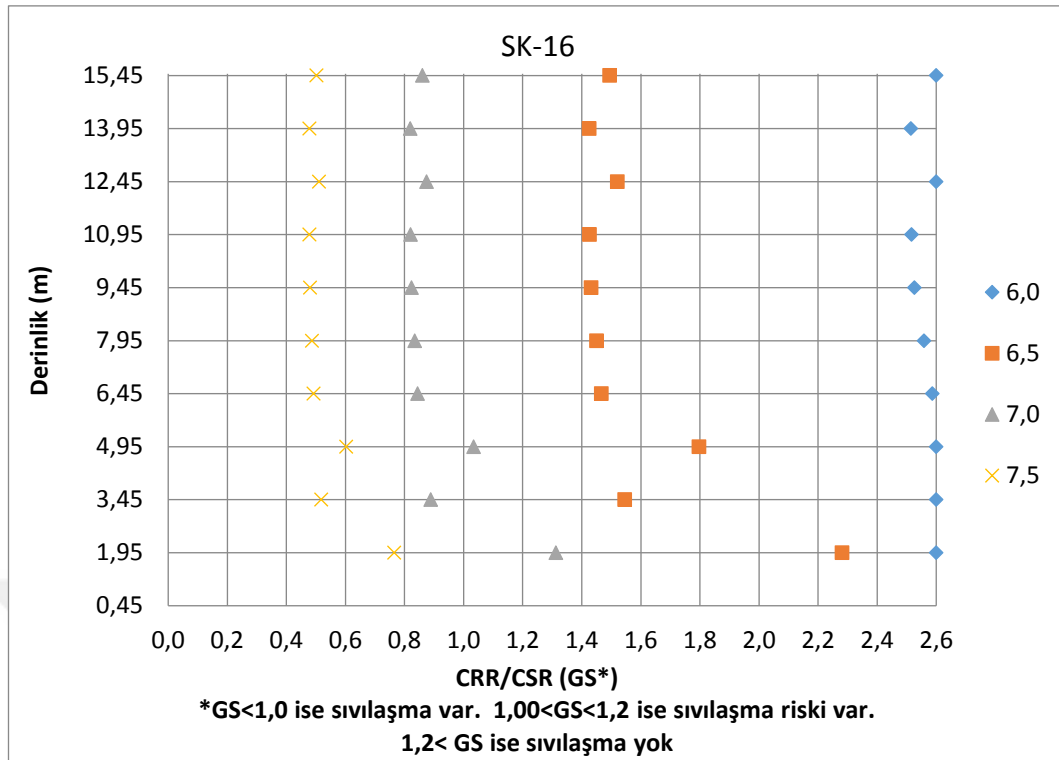
7,00 şiddetindeki depremde 1,95–6,45 m seviyeleri arasında 1,20'den büyük olduğu 7,95m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu, 9,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 1,95 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu, 3,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu 4,95–9,45 m seviyeleri arasında 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

10,95 m, 12,45 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sivilaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.13 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-16 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N) <sub>60k</sub> | CRR  | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------------|------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 17    | 2,2      | 67,1                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,12 | 17,00           | 1,66  | 0,75  | 24,11              | 0,49 | 4,03    | YOK                   |
|                | 3,45   | 17    | 2,2      | 67,1                | 18,5                               | 63,83         | 51,33          | 0,98  | 0,15 | 16,00           | 1,40  | 0,80  | 21,08              | 0,41 | 2,73    | YOK                   |
|                | 4,95   | 28    | 2,2      | 38,5                | 18,5                               | 91,58         | 64,08          | 0,97  | 0,17 | 21,50           | 1,25  | 0,85  | 25,55              | 0,54 | 3,17    | YOK                   |
|                | 6,45   | 23    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 119,33        | 76,83          | 0,95  | 0,18 | 19,00           | 1,14  | 0,95  | 23,53              | 0,47 | 2,59    | YOK                   |
|                | 7,95   | 27    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 147,08        | 89,58          | 0,94  | 0,19 | 21,00           | 1,06  | 0,95  | 23,97              | 0,48 | 2,56    | YOK                   |
|                | 9,45   | 30    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 174,83        | 102,33         | 0,92  | 0,19 | 22,50           | 0,99  | 0,95  | 24,02              | 0,48 | 2,53    | YOK                   |
|                | 10,95  | 30    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 202,58        | 115,08         | 0,88  | 0,19 | 22,50           | 0,93  | 1,00  | 23,88              | 0,48 | 2,52    | YOK                   |
|                | 12,45  | 34    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 230,33        | 127,83         | 0,84  | 0,19 | 24,50           | 0,88  | 1,00  | 24,50              | 0,50 | 2,68    | YOK                   |
|                | 13,95  | 32    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 258,08        | 140,58         | 0,80  | 0,18 | 23,50           | 0,84  | 1,00  | 22,84              | 0,45 | 2,51    | YOK                   |
|                | 15,45  | 34    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 285,83        | 153,33         | 0,75  | 0,17 | 24,50           | 0,81  | 1,00  | 22,81              | 0,45 | 2,64    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 17    | 2,2      | 67,1                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,17 | 17,00           | 1,66  | 0,75  | 24,11              | 0,40 | 2,28    | YOK                   |
|                | 3,45   | 17    | 2,2      | 67,1                | 18,5                               | 63,83         | 51,33          | 0,98  | 0,21 | 16,00           | 1,40  | 0,80  | 21,08              | 0,33 | 1,55    | YOK                   |
|                | 4,95   | 28    | 2,2      | 38,5                | 18,5                               | 91,58         | 64,08          | 0,97  | 0,24 | 21,50           | 1,25  | 0,85  | 25,55              | 0,44 | 1,80    | YOK                   |
|                | 6,45   | 23    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 119,33        | 76,83          | 0,95  | 0,26 | 19,00           | 1,14  | 0,95  | 23,53              | 0,38 | 1,47    | YOK                   |
|                | 7,95   | 27    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 147,08        | 89,58          | 0,94  | 0,27 | 21,00           | 1,06  | 0,95  | 23,97              | 0,39 | 1,45    | YOK                   |
|                | 9,45   | 30    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 174,83        | 102,33         | 0,92  | 0,28 | 22,50           | 0,99  | 0,95  | 24,02              | 0,39 | 1,43    | YOK                   |
|                | 10,95  | 30    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 202,58        | 115,08         | 0,88  | 0,27 | 22,50           | 0,93  | 1,00  | 23,88              | 0,39 | 1,43    | YOK                   |
|                | 12,45  | 34    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 230,33        | 127,83         | 0,84  | 0,27 | 24,50           | 0,88  | 1,00  | 24,50              | 0,41 | 1,52    | YOK                   |
|                | 13,95  | 32    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 258,08        | 140,58         | 0,80  | 0,26 | 23,50           | 0,84  | 1,00  | 22,84              | 0,37 | 1,42    | YOK                   |
|                | 15,45  | 34    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 285,83        | 153,33         | 0,75  | 0,25 | 24,50           | 0,81  | 1,00  | 22,81              | 0,37 | 1,49    | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 17    | 2,2      | 67,1                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,25 | 17,00           | 1,66  | 0,75  | 24,11              | 0,33 | 1,31    | YOK                   |
|                | 3,45   | 17    | 2,2      | 67,1                | 18,5                               | 63,83         | 51,33          | 0,98  | 0,31 | 16,00           | 1,40  | 0,80  | 21,08              | 0,27 | 0,89    | VAR                   |
|                | 4,95   | 28    | 2,2      | 38,5                | 18,5                               | 91,58         | 64,08          | 0,97  | 0,35 | 21,50           | 1,25  | 0,85  | 25,55              | 0,36 | 1,03    | RİSKLİ                |
|                | 6,45   | 23    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 119,33        | 76,83          | 0,95  | 0,38 | 19,00           | 1,14  | 0,95  | 23,53              | 0,32 | 0,84    | VAR                   |
|                | 7,95   | 27    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 147,08        | 89,58          | 0,94  | 0,39 | 21,00           | 1,06  | 0,95  | 23,97              | 0,33 | 0,83    | VAR                   |
|                | 9,45   | 30    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 174,83        | 102,33         | 0,92  | 0,40 | 22,50           | 0,99  | 0,95  | 24,02              | 0,33 | 0,82    | VAR                   |
|                | 10,95  | 30    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 202,58        | 115,08         | 0,88  | 0,39 | 22,50           | 0,93  | 1,00  | 23,88              | 0,32 | 0,82    | VAR                   |
|                | 12,45  | 34    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 230,33        | 127,83         | 0,84  | 0,39 | 24,50           | 0,88  | 1,00  | 24,50              | 0,34 | 0,87    | VAR                   |
|                | 13,95  | 32    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 258,08        | 140,58         | 0,80  | 0,37 | 23,50           | 0,84  | 1,00  | 22,84              | 0,30 | 0,82    | VAR                   |
|                | 15,45  | 34    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 285,83        | 153,33         | 0,75  | 0,35 | 24,50           | 0,81  | 1,00  | 22,81              | 0,30 | 0,86    | VAR                   |
| 7,5            | 1,95   | 17    | 2,2      | 67,1                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,36 | 17,00           | 1,66  | 0,75  | 24,11              | 0,28 | 0,77    | VAR                   |
|                | 3,45   | 17    | 2,2      | 67,1                | 18,5                               | 63,83         | 51,33          | 0,98  | 0,44 | 16,00           | 1,40  | 0,80  | 21,08              | 0,23 | 0,52    | VAR                   |
|                | 4,95   | 28    | 2,2      | 38,5                | 18,5                               | 91,58         | 64,08          | 0,97  | 0,50 | 21,50           | 1,25  | 0,85  | 25,55              | 0,30 | 0,60    | VAR                   |
|                | 6,45   | 23    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 119,33        | 76,83          | 0,95  | 0,54 | 19,00           | 1,14  | 0,95  | 23,53              | 0,27 | 0,49    | VAR                   |
|                | 7,95   | 27    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 147,08        | 89,58          | 0,94  | 0,56 | 21,00           | 1,06  | 0,95  | 23,97              | 0,27 | 0,49    | VAR                   |
|                | 9,45   | 30    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 174,83        | 102,33         | 0,92  | 0,57 | 22,50           | 0,99  | 0,95  | 24,02              | 0,27 | 0,48    | VAR                   |
|                | 10,95  | 30    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 202,58        | 115,08         | 0,88  | 0,57 | 22,50           | 0,93  | 1,00  | 23,88              | 0,27 | 0,48    | VAR                   |
|                | 12,45  | 34    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 230,33        | 127,83         | 0,84  | 0,55 | 24,50           | 0,88  | 1,00  | 24,50              | 0,28 | 0,51    | VAR                   |
|                | 13,95  | 32    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 258,08        | 140,58         | 0,80  | 0,53 | 23,50           | 0,84  | 1,00  | 22,84              | 0,25 | 0,48    | VAR                   |
|                | 15,45  | 34    | 2,2      | 35,3                | 18,5                               | 285,83        | 153,33         | 0,75  | 0,51 | 24,50           | 0,81  | 1,00  | 22,81              | 0,25 | 0,50    | VAR                   |



**Şekil 4.13** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-16 sıvılaşma analizi grafiği

SK-16 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin tüm derinlik seviyelerinde 30'dan küçük olduğu ve GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

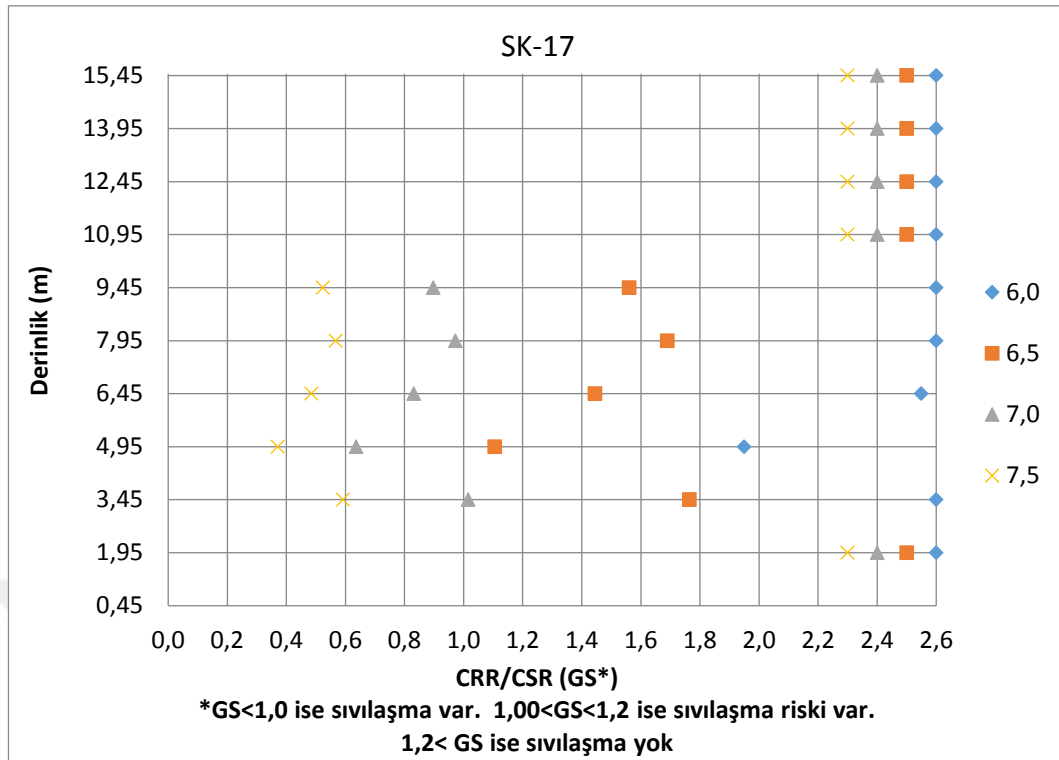
7,00 şiddetindeki depremde 1,95 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu 4,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu, diğer tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu, tespit edilmiştir.

Çizelge 4.14 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-17 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N <sub>1</sub> ) <sub>60k</sub> | CRR   | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|----------------------------------|-------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 26    | 2,5      | 35,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,99  | 0,12 | 26,00           | 1,70  | 0,75  | 34,79                            | -1,80 | -14,85  | YOK                   |
|                | 3,45   | 20    | 2,5      | 35,1                | 17,8                               | 61,41         | 51,91          | 0,98  | 0,14 | 17,50           | 1,39  | 0,80  | 22,49                            | 0,44  | 3,11    | YOK                   |
|                | 4,95   | 19    | 2,5      | 15,7                | 17,8                               | 88,11         | 63,61          | 0,97  | 0,16 | 17,00           | 1,25  | 0,85  | 16,99                            | 0,32  | 1,95    | YOK                   |
|                | 6,45   | 32    | 2,5      | 15,7                | 17,8                               | 114,81        | 75,31          | 0,95  | 0,18 | 23,50           | 1,15  | 0,95  | 22,99                            | 0,45  | 2,55    | YOK                   |
|                | 7,95   | 31    | 2,5      | 39,3                | 17,8                               | 141,51        | 87,01          | 0,94  | 0,19 | 23,00           | 1,07  | 0,95  | 26,08                            | 0,56  | 2,98    | YOK                   |
|                | 9,45   | 34    | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 168,21        | 98,71          | 0,92  | 0,19 | 24,50           | 1,01  | 0,95  | 25,28                            | 0,53  | 2,75    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 194,91        | 110,41         | 0,88  | 0,19 | 57,50           | 0,95  | 1,00  | 52,65                            | 0,59  | 3,07    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 221,61        | 122,11         | 0,84  | 0,19 | 57,50           | 0,90  | 1,00  | 50,30                            | 0,54  | 2,89    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 248,31        | 133,81         | 0,80  | 0,18 | 57,50           | 0,86  | 1,00  | 48,26                            | 0,50  | 2,76    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 275,01        | 145,51         | 0,75  | 0,17 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 46,48                            | 0,46  | 2,66    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 26    | 2,5      | 35,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,99  | 0,17 | 26,00           | 1,70  | 0,75  | 34,79                            | -1,46 | -8,41   | YOK                   |
|                | 3,45   | 20    | 2,5      | 35,1                | 17,8                               | 61,41         | 51,91          | 0,98  | 0,20 | 17,50           | 1,39  | 0,80  | 22,49                            | 0,36  | 1,76    | YOK                   |
|                | 4,95   | 19    | 2,5      | 15,7                | 17,8                               | 88,11         | 63,61          | 0,97  | 0,24 | 17,00           | 1,25  | 0,85  | 16,99                            | 0,26  | 1,10    | RİSKLİ                |
|                | 6,45   | 32    | 2,5      | 15,7                | 17,8                               | 114,81        | 75,31          | 0,95  | 0,26 | 23,50           | 1,15  | 0,95  | 22,99                            | 0,37  | 1,44    | YOK                   |
|                | 7,95   | 31    | 2,5      | 39,3                | 17,8                               | 141,51        | 87,01          | 0,94  | 0,27 | 23,00           | 1,07  | 0,95  | 26,08                            | 0,45  | 1,69    | YOK                   |
|                | 9,45   | 34    | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 168,21        | 98,71          | 0,92  | 0,27 | 24,50           | 1,01  | 0,95  | 25,28                            | 0,43  | 1,56    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 194,91        | 110,41         | 0,88  | 0,28 | 57,50           | 0,95  | 1,00  | 52,65                            | 0,48  | 1,74    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 221,61        | 122,11         | 0,84  | 0,27 | 57,50           | 0,90  | 1,00  | 50,30                            | 0,44  | 1,64    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 248,31        | 133,81         | 0,80  | 0,26 | 57,50           | 0,86  | 1,00  | 48,26                            | 0,41  | 1,56    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 275,01        | 145,51         | 0,75  | 0,25 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 46,48                            | 0,37  | 1,51    | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 26    | 2,5      | 35,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,99  | 0,25 | 26,00           | 1,70  | 0,75  | 34,79                            | -1,21 | -4,84   | YOK                   |
|                | 3,45   | 20    | 2,5      | 35,1                | 17,8                               | 61,41         | 51,91          | 0,98  | 0,29 | 17,50           | 1,39  | 0,80  | 22,49                            | 0,30  | 1,02    | RİSKLİ                |
|                | 4,95   | 19    | 2,5      | 15,7                | 17,8                               | 88,11         | 63,61          | 0,97  | 0,34 | 17,00           | 1,25  | 0,85  | 16,99                            | 0,22  | 0,64    | VAR                   |
|                | 6,45   | 32    | 2,5      | 15,7                | 17,8                               | 114,81        | 75,31          | 0,95  | 0,37 | 23,50           | 1,15  | 0,95  | 22,99                            | 0,31  | 0,83    | VAR                   |
|                | 7,95   | 31    | 2,5      | 39,3                | 17,8                               | 141,51        | 87,01          | 0,94  | 0,39 | 23,00           | 1,07  | 0,95  | 26,08                            | 0,38  | 0,97    | VAR                   |
|                | 9,45   | 34    | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 168,21        | 98,71          | 0,92  | 0,40 | 24,50           | 1,01  | 0,95  | 25,28                            | 0,35  | 0,90    | VAR                   |
|                | 10,95  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 194,91        | 110,41         | 0,88  | 0,40 | 57,50           | 0,95  | 1,00  | 52,65                            | 0,40  | 1,00    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 221,61        | 122,11         | 0,84  | 0,39 | 57,50           | 0,90  | 1,00  | 50,30                            | 0,37  | 0,94    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 248,31        | 133,81         | 0,80  | 0,37 | 57,50           | 0,86  | 1,00  | 48,26                            | 0,34  | 0,90    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 275,01        | 145,51         | 0,75  | 0,36 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 46,48                            | 0,31  | 0,87    | YOK                   |
| 7,5            | 1,95   | 26    | 2,5      | 35,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,99  | 0,36 | 26,00           | 1,70  | 0,75  | 34,79                            | -1,01 | -2,82   | YOK                   |
|                | 3,45   | 20    | 2,5      | 35,1                | 17,8                               | 61,41         | 51,91          | 0,98  | 0,42 | 17,50           | 1,39  | 0,80  | 22,49                            | 0,25  | 0,59    | VAR                   |
|                | 4,95   | 19    | 2,5      | 15,7                | 17,8                               | 88,11         | 63,61          | 0,97  | 0,49 | 17,00           | 1,25  | 0,85  | 16,99                            | 0,18  | 0,37    | VAR                   |
|                | 6,45   | 32    | 2,5      | 15,7                | 17,8                               | 114,81        | 75,31          | 0,95  | 0,53 | 23,50           | 1,15  | 0,95  | 22,99                            | 0,26  | 0,48    | VAR                   |
|                | 7,95   | 31    | 2,5      | 39,3                | 17,8                               | 141,51        | 87,01          | 0,94  | 0,56 | 23,00           | 1,07  | 0,95  | 26,08                            | 0,31  | 0,57    | VAR                   |
|                | 9,45   | 34    | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 168,21        | 98,71          | 0,92  | 0,57 | 24,50           | 1,01  | 0,95  | 25,28                            | 0,30  | 0,52    | VAR                   |
|                | 10,95  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 194,91        | 110,41         | 0,88  | 0,57 | 57,50           | 0,95  | 1,00  | 52,65                            | 0,33  | 0,58    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 221,61        | 122,11         | 0,84  | 0,56 | 57,50           | 0,90  | 1,00  | 50,30                            | 0,31  | 0,55    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 248,31        | 133,81         | 0,80  | 0,54 | 57,50           | 0,86  | 1,00  | 48,26                            | 0,28  | 0,52    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 2,5      | 31,4                | 17,8                               | 275,01        | 145,51         | 0,75  | 0,51 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 46,48                            | 0,26  | 0,50    | YOK                   |





**Şekil 4.14** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-17sıvılaşma analizi grafiği

SK-17 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde 4,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında, diğer tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

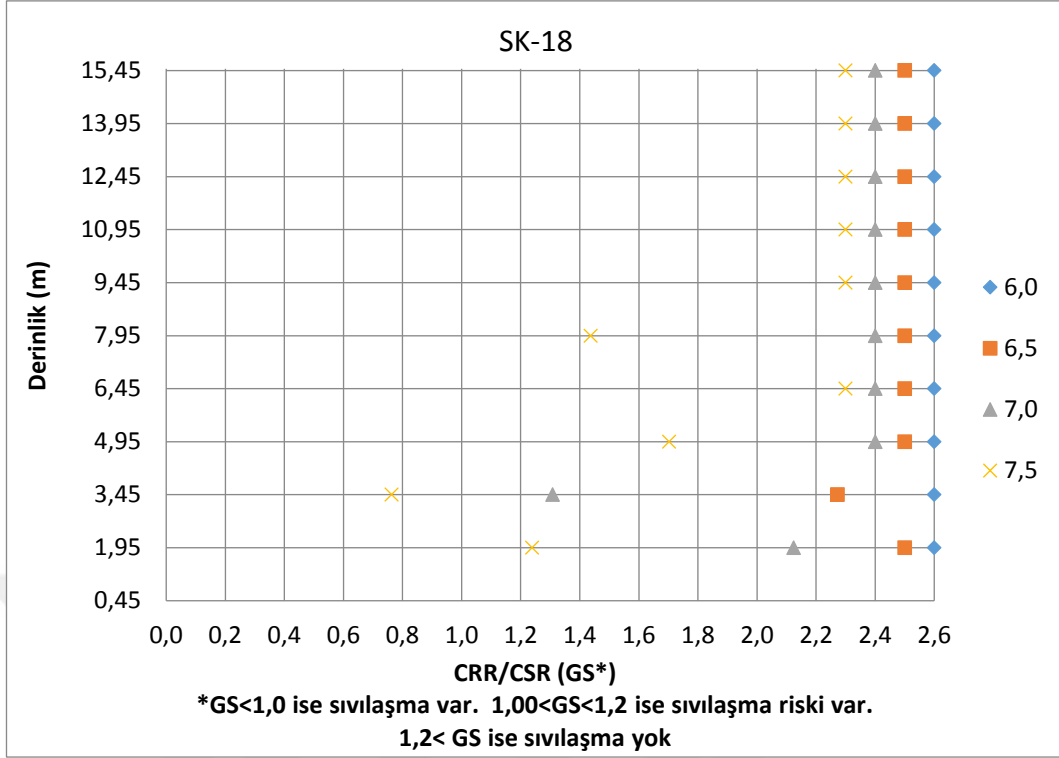
7,00 şiddetindeki depremde 3,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu, 4,95-9,45 m seviyeleri arasında 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

1,95 m, 10,95 m, 12,45 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.15 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-18 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $I_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | $(N_1)_{60k}$ | CRR   | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|---------------|-------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 22    | 9,5      | 68,7                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,99  | 0,12 | 22,00           | 1,66  | 0,75  | 29,66         | 0,79  | 6,51    | YOK                   |
|                | 3,45   | 21    | 9,5      | 68,7                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,98  | 0,12 | 21,00           | 1,25  | 0,80  | 23,87         | 0,48  | 4,01    | YOK                   |
|                | 4,95   | 33    | 9,5      | 39,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,97  | 0,12 | 33,00           | 1,04  | 0,85  | 31,31         | 1,06  | 8,95    | YOK                   |
|                | 6,45   | 37    | 9,5      | 39,8                | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,95  | 0,12 | 37,00           | 0,91  | 0,95  | 33,88         | 15,47 | 132,29  | YOK                   |
|                | 7,95   | 36    | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,94  | 0,11 | 36,00           | 0,82  | 0,95  | 30,31         | 0,87  | 7,56    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,92  | 0,11 | 100,00          | 0,75  | 0,95  | 69,49         | 0,85  | 7,60    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 203,67        | 189,17         | 0,88  | 0,12 | 57,50           | 0,73  | 1,00  | 42,63         | 0,35  | 2,96    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 231,57        | 202,07         | 0,84  | 0,12 | 57,50           | 0,68  | 1,00  | 40,35         | 0,24  | 2,04    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 259,47        | 214,97         | 0,80  | 0,12 | 57,50           | 0,66  | 1,00  | 38,99         | 0,15  | 1,26    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 287,37        | 227,87         | 0,75  | 0,12 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 37,73         | 0,01  | 0,10    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 22    | 9,5      | 68,7                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,99  | 0,17 | 22,00           | 1,66  | 0,75  | 29,66         | 0,64  | 3,69    | YOK                   |
|                | 3,45   | 21    | 9,5      | 68,7                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,98  | 0,17 | 21,00           | 1,25  | 0,80  | 23,87         | 0,39  | 2,27    | YOK                   |
|                | 4,95   | 33    | 9,5      | 39,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,97  | 0,17 | 33,00           | 1,04  | 0,85  | 31,31         | 0,86  | 5,07    | YOK                   |
|                | 6,45   | 37    | 9,5      | 39,8                | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,95  | 0,17 | 37,00           | 0,91  | 0,95  | 33,88         | 12,60 | 74,97   | YOK                   |
|                | 7,95   | 36    | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,94  | 0,17 | 36,00           | 0,82  | 0,95  | 30,31         | 0,71  | 4,28    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,92  | 0,16 | 100,00          | 0,75  | 0,95  | 69,49         | 0,69  | 4,30    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 203,67        | 189,17         | 0,88  | 0,17 | 57,50           | 0,73  | 1,00  | 42,63         | 0,28  | 1,68    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 231,57        | 202,07         | 0,84  | 0,17 | 57,50           | 0,68  | 1,00  | 40,35         | 0,20  | 1,16    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 259,47        | 214,97         | 0,80  | 0,17 | 57,50           | 0,66  | 1,00  | 38,99         | 0,12  | 0,71    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 287,37        | 227,87         | 0,75  | 0,17 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 37,73         | 0,01  | 0,06    | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 22    | 9,5      | 68,7                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,99  | 0,25 | 22,00           | 1,66  | 0,75  | 29,66         | 0,53  | 2,12    | YOK                   |
|                | 3,45   | 21    | 9,5      | 68,7                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,98  | 0,25 | 21,00           | 1,25  | 0,80  | 23,87         | 0,32  | 1,31    | YOK                   |
|                | 4,95   | 33    | 9,5      | 39,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,97  | 0,24 | 33,00           | 1,04  | 0,85  | 31,31         | 0,71  | 2,92    | YOK                   |
|                | 6,45   | 37    | 9,5      | 39,8                | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,95  | 0,24 | 37,00           | 0,91  | 0,95  | 33,88         | 10,43 | 43,14   | YOK                   |
|                | 7,95   | 36    | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,94  | 0,24 | 36,00           | 0,82  | 0,95  | 30,31         | 0,59  | 2,46    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,92  | 0,23 | 100,00          | 0,75  | 0,95  | 69,49         | 0,57  | 2,48    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 203,67        | 189,17         | 0,88  | 0,24 | 57,50           | 0,73  | 1,00  | 42,63         | 0,23  | 0,96    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 231,57        | 202,07         | 0,84  | 0,24 | 57,50           | 0,68  | 1,00  | 40,35         | 0,16  | 0,67    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 259,47        | 214,97         | 0,80  | 0,24 | 57,50           | 0,66  | 1,00  | 38,99         | 0,10  | 0,41    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 287,37        | 227,87         | 0,75  | 0,24 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 37,73         | 0,01  | 0,03    | YOK                   |
| 7,5            | 1,95   | 22    | 9,5      | 68,7                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,99  | 0,36 | 22,00           | 1,66  | 0,75  | 29,66         | 0,45  | 1,24    | YOK                   |
|                | 3,45   | 21    | 9,5      | 68,7                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,98  | 0,36 | 21,00           | 1,25  | 0,80  | 23,87         | 0,27  | 0,76    | VAR                   |
|                | 4,95   | 33    | 9,5      | 39,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,97  | 0,35 | 33,00           | 1,04  | 0,85  | 31,31         | 0,60  | 1,70    | YOK                   |
|                | 6,45   | 37    | 9,5      | 39,8                | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,95  | 0,35 | 37,00           | 0,91  | 0,95  | 33,88         | 8,74  | 25,15   | YOK                   |
|                | 7,95   | 36    | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,94  | 0,34 | 36,00           | 0,82  | 0,95  | 30,31         | 0,49  | 1,44    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,92  | 0,33 | 100,00          | 0,75  | 0,95  | 69,49         | 0,48  | 1,44    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 203,67        | 189,17         | 0,88  | 0,35 | 57,50           | 0,73  | 1,00  | 42,63         | 0,19  | 0,56    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 231,57        | 202,07         | 0,84  | 0,35 | 57,50           | 0,68  | 1,00  | 40,35         | 0,14  | 0,39    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 259,47        | 214,97         | 0,80  | 0,35 | 57,50           | 0,66  | 1,00  | 38,99         | 0,08  | 0,24    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 9,5      | 39,7                | 18,6                               | 287,37        | 227,87         | 0,75  | 0,34 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 37,73         | 0,01  | 0,02    | YOK                   |



**Şekil 4.15** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-18 sıvılaşma analizi grafiği

SK-18 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

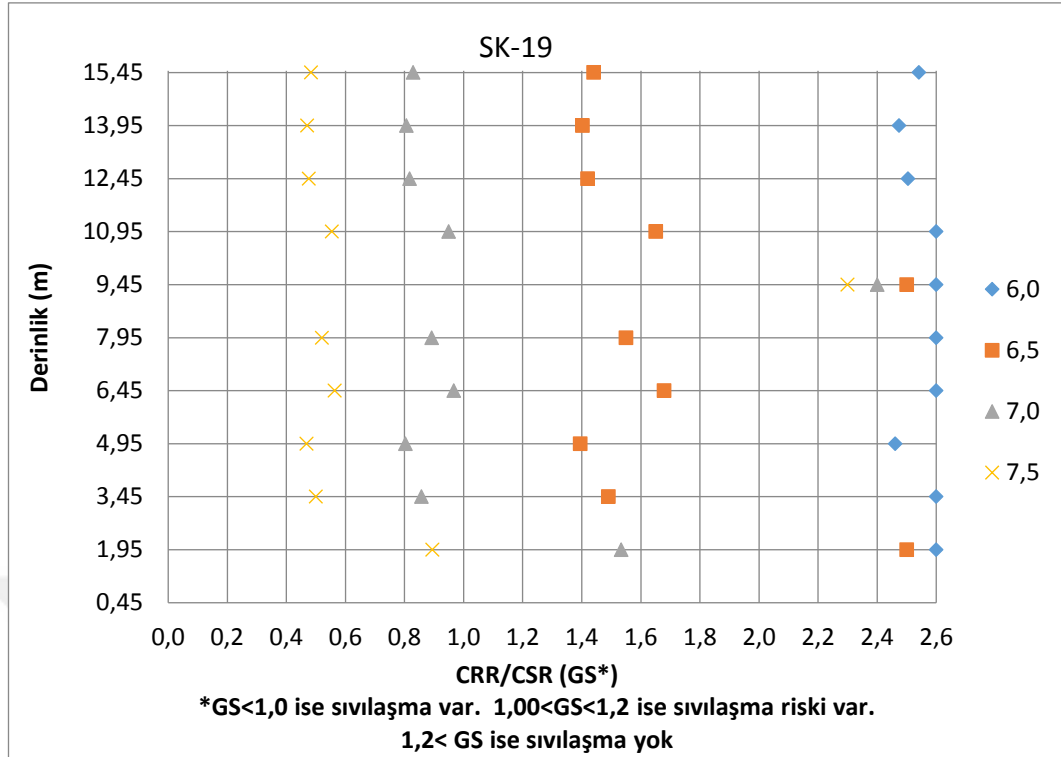
7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 1,95 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu 3,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

4,95-15,45 m seviyeleri arasında,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.16 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-19 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N <sub>i</sub> ) <sub>60k</sub> | CRR  | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|----------------------------------|------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 19    | 2,4      | 72,5                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,12 | 19,00           | 1,66  | 0,75  | 26,35                            | 0,57 | 4,70    | YOK                   |
|                | 3,45   | 15    | 2,4      | 72,5                | 18,5                               | 63,83         | 53,33          | 0,98  | 0,14 | 15,00           | 1,37  | 0,80  | 19,79                            | 0,38 | 2,63    | YOK                   |
|                | 4,95   | 19    | 2,4      | 59,8                | 18,5                               | 91,58         | 66,08          | 0,97  | 0,16 | 17,00           | 1,23  | 0,85  | 21,00                            | 0,40 | 2,46    | YOK                   |
|                | 6,45   | 27    | 2,4      | 59,8                | 18,5                               | 119,33        | 78,83          | 0,95  | 0,18 | 21,00           | 1,13  | 0,95  | 25,22                            | 0,52 | 2,96    | YOK                   |
|                | 7,95   | 29    | 2,4      | 40,6                | 18,5                               | 147,08        | 91,58          | 0,94  | 0,18 | 22,00           | 1,04  | 0,95  | 24,66                            | 0,50 | 2,73    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 2,4      | 40,6                | 18,5                               | 174,83        | 104,33         | 0,92  | 0,19 | 57,50           | 0,98  | 0,95  | 53,13                            | 0,60 | 3,17    | YOK                   |
|                | 10,95  | 35    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 202,58        | 117,08         | 0,88  | 0,19 | 25,00           | 0,92  | 1,00  | 25,79                            | 0,55 | 2,91    | YOK                   |
|                | 12,45  | 31    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 230,33        | 129,83         | 0,84  | 0,18 | 23,00           | 0,88  | 1,00  | 23,17                            | 0,46 | 2,50    | YOK                   |
|                | 13,95  | 31    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 258,08        | 142,58         | 0,80  | 0,18 | 23,00           | 0,84  | 1,00  | 22,34                            | 0,44 | 2,47    | YOK                   |
|                | 15,45  | 32    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 285,83        | 155,33         | 0,75  | 0,17 | 23,50           | 0,80  | 1,00  | 21,97                            | 0,43 | 2,54    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 19    | 2,4      | 72,5                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,17 | 19,00           | 1,66  | 0,75  | 26,35                            | 0,46 | 2,66    | YOK                   |
|                | 3,45   | 15    | 2,4      | 72,5                | 18,5                               | 63,83         | 53,33          | 0,98  | 0,21 | 15,00           | 1,37  | 0,80  | 19,79                            | 0,31 | 1,49    | YOK                   |
|                | 4,95   | 19    | 2,4      | 59,8                | 18,5                               | 91,58         | 66,08          | 0,97  | 0,24 | 17,00           | 1,23  | 0,85  | 21,00                            | 0,33 | 1,39    | YOK                   |
|                | 6,45   | 27    | 2,4      | 59,8                | 18,5                               | 119,33        | 78,83          | 0,95  | 0,25 | 21,00           | 1,13  | 0,95  | 25,22                            | 0,43 | 1,68    | YOK                   |
|                | 7,95   | 29    | 2,4      | 40,6                | 18,5                               | 147,08        | 91,58          | 0,94  | 0,27 | 22,00           | 1,04  | 0,95  | 24,66                            | 0,41 | 1,55    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 2,4      | 40,6                | 18,5                               | 174,83        | 104,33         | 0,92  | 0,27 | 57,50           | 0,98  | 0,95  | 53,13                            | 0,49 | 1,79    | YOK                   |
|                | 10,95  | 35    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 202,58        | 117,08         | 0,88  | 0,27 | 25,00           | 0,92  | 1,00  | 25,79                            | 0,44 | 1,65    | YOK                   |
|                | 12,45  | 31    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 230,33        | 129,83         | 0,84  | 0,26 | 23,00           | 0,88  | 1,00  | 23,17                            | 0,37 | 1,42    | YOK                   |
|                | 13,95  | 31    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 258,08        | 142,58         | 0,80  | 0,25 | 23,00           | 0,84  | 1,00  | 22,34                            | 0,36 | 1,40    | YOK                   |
|                | 15,45  | 32    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 285,83        | 155,33         | 0,75  | 0,24 | 23,50           | 0,80  | 1,00  | 21,97                            | 0,35 | 1,44    | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 19    | 2,4      | 72,5                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,25 | 19,00           | 1,66  | 0,75  | 26,35                            | 0,38 | 1,53    | YOK                   |
|                | 3,45   | 15    | 2,4      | 72,5                | 18,5                               | 63,83         | 53,33          | 0,98  | 0,30 | 15,00           | 1,37  | 0,80  | 19,79                            | 0,25 | 0,86    | VAR                   |
|                | 4,95   | 19    | 2,4      | 59,8                | 18,5                               | 91,58         | 66,08          | 0,97  | 0,34 | 17,00           | 1,23  | 0,85  | 21,00                            | 0,27 | 0,80    | VAR                   |
|                | 6,45   | 27    | 2,4      | 59,8                | 18,5                               | 119,33        | 78,83          | 0,95  | 0,37 | 21,00           | 1,13  | 0,95  | 25,22                            | 0,35 | 0,97    | VAR                   |
|                | 7,95   | 29    | 2,4      | 40,6                | 18,5                               | 147,08        | 91,58          | 0,94  | 0,38 | 22,00           | 1,04  | 0,95  | 24,66                            | 0,34 | 0,89    | VAR                   |
|                | 9,45   | 100   | 2,4      | 40,6                | 18,5                               | 174,83        | 104,33         | 0,92  | 0,39 | 57,50           | 0,98  | 0,95  | 53,13                            | 0,40 | 1,03    | YOK                   |
|                | 10,95  | 35    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 202,58        | 117,08         | 0,88  | 0,39 | 25,00           | 0,92  | 1,00  | 25,79                            | 0,37 | 0,95    | VAR                   |
|                | 12,45  | 31    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 230,33        | 129,83         | 0,84  | 0,38 | 23,00           | 0,88  | 1,00  | 23,17                            | 0,31 | 0,82    | VAR                   |
|                | 13,95  | 31    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 258,08        | 142,58         | 0,80  | 0,37 | 23,00           | 0,84  | 1,00  | 22,34                            | 0,29 | 0,81    | VAR                   |
|                | 15,45  | 32    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 285,83        | 155,33         | 0,75  | 0,35 | 23,50           | 0,80  | 1,00  | 21,97                            | 0,29 | 0,83    | VAR                   |
| 7,5            | 1,95   | 19    | 2,4      | 72,5                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,36 | 19,00           | 1,66  | 0,75  | 26,35                            | 0,32 | 0,89    | VAR                   |
|                | 3,45   | 15    | 2,4      | 72,5                | 18,5                               | 63,83         | 53,33          | 0,98  | 0,43 | 15,00           | 1,37  | 0,80  | 19,79                            | 0,21 | 0,50    | VAR                   |
|                | 4,95   | 19    | 2,4      | 59,8                | 18,5                               | 91,58         | 66,08          | 0,97  | 0,49 | 17,00           | 1,23  | 0,85  | 21,00                            | 0,23 | 0,47    | VAR                   |
|                | 6,45   | 27    | 2,4      | 59,8                | 18,5                               | 119,33        | 78,83          | 0,95  | 0,53 | 21,00           | 1,13  | 0,95  | 25,22                            | 0,30 | 0,56    | VAR                   |
|                | 7,95   | 29    | 2,4      | 40,6                | 18,5                               | 147,08        | 91,58          | 0,94  | 0,55 | 22,00           | 1,04  | 0,95  | 24,66                            | 0,29 | 0,52    | VAR                   |
|                | 9,45   | 100   | 2,4      | 40,6                | 18,5                               | 174,83        | 104,33         | 0,92  | 0,56 | 57,50           | 0,98  | 0,95  | 53,13                            | 0,34 | 0,60    | YOK                   |
|                | 10,95  | 35    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 202,58        | 117,08         | 0,88  | 0,56 | 25,00           | 0,92  | 1,00  | 25,79                            | 0,31 | 0,55    | VAR                   |
|                | 12,45  | 31    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 230,33        | 129,83         | 0,84  | 0,55 | 23,00           | 0,88  | 1,00  | 23,17                            | 0,26 | 0,48    | VAR                   |
|                | 13,95  | 31    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 258,08        | 142,58         | 0,80  | 0,52 | 23,00           | 0,84  | 1,00  | 22,34                            | 0,25 | 0,47    | VAR                   |
|                | 15,45  | 32    | 2,4      | 46,3                | 18,5                               | 285,83        | 155,33         | 0,75  | 0,50 | 23,50           | 0,80  | 1,00  | 21,97                            | 0,24 | 0,48    | VAR                   |



**Şekil 4.16** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-19 sıvılaşma analizi grafiği

SK-19 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

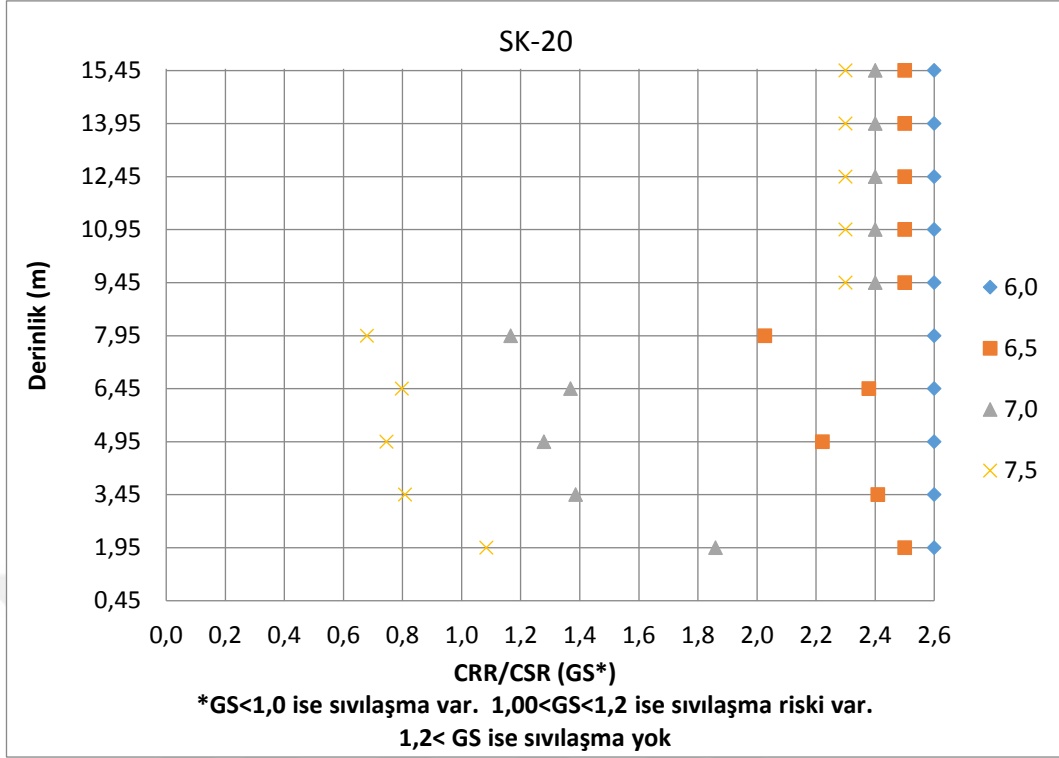
7,00 şiddetindeki depremde 1,95 m seviyesinde 1,20'den büyük, diğer tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

9,45 m seviyesinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.17 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-20 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N) <sub>60k</sub> | CRR  | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------------|------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 21    | 5,8      | 53,4                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,99  | 0,12 | 21,00           | 1,66  | 0,75  | 28,54              | 0,69 | 5,70    | YOK                   |
|                | 3,45   | 22    | 5,8      | 50,8                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,98  | 0,12 | 22,00           | 1,25  | 0,80  | 24,77              | 0,51 | 4,25    | YOK                   |
|                | 4,95   | 23    | 5,8      | 50,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,97  | 0,12 | 23,00           | 1,04  | 0,85  | 23,34              | 0,46 | 3,92    | YOK                   |
|                | 6,45   | 35    | 5,8      | 37,1                | 18,6                               | 119,97        | 113,47         | 0,95  | 0,12 | 25,00           | 0,94  | 0,95  | 25,07              | 0,52 | 4,20    | YOK                   |
|                | 7,95   | 36    | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 147,87        | 126,37         | 0,94  | 0,13 | 25,50           | 0,89  | 0,95  | 23,91              | 0,48 | 3,58    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 175,77        | 139,27         | 0,92  | 0,14 | 57,50           | 0,85  | 0,95  | 45,76              | 0,44 | 3,11    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 203,67        | 152,17         | 0,88  | 0,15 | 57,50           | 0,81  | 1,00  | 46,05              | 0,45 | 3,09    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 231,57        | 165,07         | 0,84  | 0,15 | 57,50           | 0,78  | 1,00  | 44,41              | 0,40 | 2,78    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 259,47        | 177,97         | 0,80  | 0,14 | 57,50           | 0,75  | 1,00  | 42,95              | 0,36 | 2,51    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 287,37        | 190,87         | 0,75  | 0,14 | 57,50           | 0,72  | 1,00  | 41,64              | 0,31 | 2,22    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 21    | 5,8      | 53,4                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,99  | 0,17 | 21,00           | 1,66  | 0,75  | 28,54              | 0,56 | 3,23    | YOK                   |
|                | 3,45   | 22    | 5,8      | 50,8                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,98  | 0,17 | 22,00           | 1,25  | 0,80  | 24,77              | 0,41 | 2,41    | YOK                   |
|                | 4,95   | 23    | 5,8      | 50,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,97  | 0,17 | 23,00           | 1,04  | 0,85  | 23,34              | 0,38 | 2,22    | YOK                   |
|                | 6,45   | 35    | 5,8      | 37,1                | 18,6                               | 119,97        | 113,47         | 0,95  | 0,18 | 25,00           | 0,94  | 0,95  | 25,07              | 0,42 | 2,38    | YOK                   |
|                | 7,95   | 36    | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 147,87        | 126,37         | 0,94  | 0,19 | 25,50           | 0,89  | 0,95  | 23,91              | 0,39 | 2,03    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 175,77        | 139,27         | 0,92  | 0,20 | 57,50           | 0,85  | 0,95  | 45,76              | 0,36 | 1,76    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 203,67        | 152,17         | 0,88  | 0,21 | 57,50           | 0,81  | 1,00  | 46,05              | 0,37 | 1,75    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 231,57        | 165,07         | 0,84  | 0,21 | 57,50           | 0,78  | 1,00  | 44,41              | 0,33 | 1,58    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 259,47        | 177,97         | 0,80  | 0,20 | 57,50           | 0,75  | 1,00  | 42,95              | 0,29 | 1,42    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 287,37        | 190,87         | 0,75  | 0,20 | 57,50           | 0,72  | 1,00  | 41,64              | 0,25 | 1,26    | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 21    | 5,8      | 53,4                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,99  | 0,25 | 21,00           | 1,66  | 0,75  | 28,54              | 0,47 | 1,86    | YOK                   |
|                | 3,45   | 22    | 5,8      | 50,8                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,98  | 0,25 | 22,00           | 1,25  | 0,80  | 24,77              | 0,34 | 1,39    | YOK                   |
|                | 4,95   | 23    | 5,8      | 50,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,97  | 0,24 | 23,00           | 1,04  | 0,85  | 23,34              | 0,31 | 1,28    | YOK                   |
|                | 6,45   | 35    | 5,8      | 37,1                | 18,6                               | 119,97        | 113,47         | 0,95  | 0,26 | 25,00           | 0,94  | 0,95  | 25,07              | 0,35 | 1,37    | YOK                   |
|                | 7,95   | 36    | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 147,87        | 126,37         | 0,94  | 0,28 | 25,50           | 0,89  | 0,95  | 23,91              | 0,32 | 1,17    | RİSKLİ                |
|                | 9,45   | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 175,77        | 139,27         | 0,92  | 0,29 | 57,50           | 0,85  | 0,95  | 45,76              | 0,30 | 1,02    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 203,67        | 152,17         | 0,88  | 0,30 | 57,50           | 0,81  | 1,00  | 46,05              | 0,30 | 1,01    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 231,57        | 165,07         | 0,84  | 0,30 | 57,50           | 0,78  | 1,00  | 44,41              | 0,27 | 0,91    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 259,47        | 177,97         | 0,80  | 0,29 | 57,50           | 0,75  | 1,00  | 42,95              | 0,24 | 0,82    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 287,37        | 190,87         | 0,75  | 0,28 | 57,50           | 0,72  | 1,00  | 41,64              | 0,21 | 0,72    | YOK                   |
| 7,5            | 1,95   | 21    | 5,8      | 53,4                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,99  | 0,36 | 21,00           | 1,66  | 0,75  | 28,54              | 0,39 | 1,08    | RİSKLİ                |
|                | 3,45   | 22    | 5,8      | 50,8                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,98  | 0,36 | 22,00           | 1,25  | 0,80  | 24,77              | 0,29 | 0,81    | VAR                   |
|                | 4,95   | 23    | 5,8      | 50,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,97  | 0,35 | 23,00           | 1,04  | 0,85  | 23,34              | 0,26 | 0,75    | VAR                   |
|                | 6,45   | 35    | 5,8      | 37,1                | 18,6                               | 119,97        | 113,47         | 0,95  | 0,37 | 25,00           | 0,94  | 0,95  | 25,07              | 0,29 | 0,80    | VAR                   |
|                | 7,95   | 36    | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 147,87        | 126,37         | 0,94  | 0,40 | 25,50           | 0,89  | 0,95  | 23,91              | 0,27 | 0,68    | VAR                   |
|                | 9,45   | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 175,77        | 139,27         | 0,92  | 0,42 | 57,50           | 0,85  | 0,95  | 45,76              | 0,25 | 0,59    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 203,67        | 152,17         | 0,88  | 0,43 | 57,50           | 0,81  | 1,00  | 46,05              | 0,25 | 0,59    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 231,57        | 165,07         | 0,84  | 0,43 | 57,50           | 0,78  | 1,00  | 44,41              | 0,23 | 0,53    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 259,47        | 177,97         | 0,80  | 0,42 | 57,50           | 0,75  | 1,00  | 42,95              | 0,20 | 0,48    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 5,8      | 32,8                | 18,6                               | 287,37        | 190,87         | 0,75  | 0,41 | 57,50           | 0,72  | 1,00  | 41,64              | 0,17 | 0,42    | YOK                   |



**Şekil 4.17** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-20 sıvılaşma analizi grafiği

SK-20 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 7,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu, diğer tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

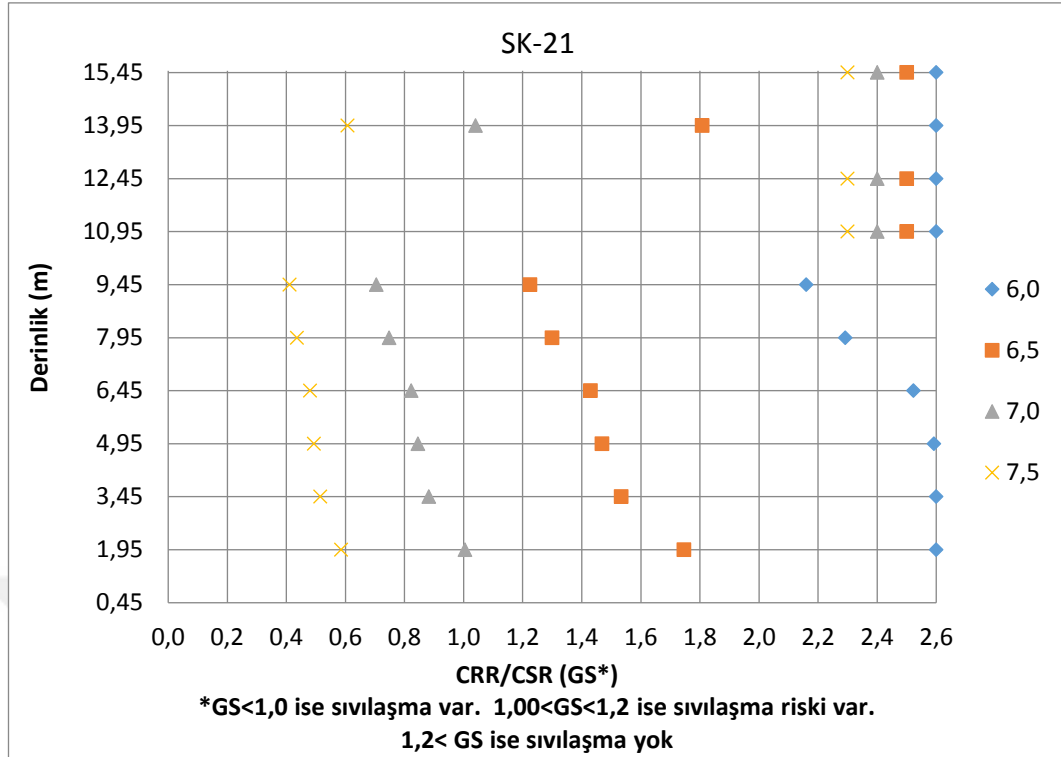
7,50 şiddetindeki depremde 1,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu 3,45-7,95 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

9,45-15,45 m seviyelerinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.18 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-21 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N <sub>1</sub> ) <sub>60k</sub> | CRR  | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|----------------------------------|------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 13    | 2,5      | 76,2                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,12 | 13,00           | 1,66  | 0,75  | 19,61                            | 0,37 | 3,08    | YOK                   |
|                | 3,45   | 15    | 2,5      | 76,2                | 17,5                               | 60,38         | 50,88          | 0,98  | 0,14 | 15,00           | 1,40  | 0,80  | 20,14                            | 0,38 | 2,71    | YOK                   |
|                | 4,95   | 20    | 2,5      | 66,7                | 17,5                               | 86,63         | 62,13          | 0,97  | 0,17 | 17,50           | 1,27  | 0,85  | 21,99                            | 0,43 | 2,59    | YOK                   |
|                | 6,45   | 21    | 2,5      | 82,5                | 17,5                               | 112,88        | 73,38          | 0,95  | 0,18 | 18,00           | 1,17  | 0,95  | 22,97                            | 0,45 | 2,52    | YOK                   |
|                | 7,95   | 22    | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 139,13        | 84,63          | 0,94  | 0,19 | 18,50           | 1,09  | 0,95  | 22,19                            | 0,43 | 2,29    | YOK                   |
|                | 9,45   | 23    | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 165,38        | 95,88          | 0,92  | 0,19 | 19,00           | 1,02  | 0,95  | 21,59                            | 0,42 | 2,16    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 191,63        | 107,13         | 0,88  | 0,19 | 57,50           | 0,97  | 1,00  | 55,00                            | 0,63 | 3,24    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 217,88        | 118,38         | 0,84  | 0,19 | 57,50           | 0,92  | 1,00  | 52,56                            | 0,59 | 3,07    | YOK                   |
|                | 13,95  | 40    | 2,5      | 42,1                | 17,5                               | 244,13        | 129,63         | 0,80  | 0,18 | 27,50           | 0,88  | 1,00  | 26,74                            | 0,59 | 3,19    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 2,5      | 42,1                | 17,5                               | 270,38        | 140,88         | 0,75  | 0,18 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 48,60                            | 0,51 | 2,89    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 13    | 2,5      | 76,2                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,17 | 13,00           | 1,66  | 0,75  | 19,61                            | 0,30 | 1,75    | YOK                   |
|                | 3,45   | 15    | 2,5      | 76,2                | 17,5                               | 60,38         | 50,88          | 0,98  | 0,20 | 15,00           | 1,40  | 0,80  | 20,14                            | 0,31 | 1,53    | YOK                   |
|                | 4,95   | 20    | 2,5      | 66,7                | 17,5                               | 86,63         | 62,13          | 0,97  | 0,24 | 17,50           | 1,27  | 0,85  | 21,99                            | 0,35 | 1,47    | YOK                   |
|                | 6,45   | 21    | 2,5      | 82,5                | 17,5                               | 112,88        | 73,38          | 0,95  | 0,26 | 18,00           | 1,17  | 0,95  | 22,97                            | 0,37 | 1,43    | YOK                   |
|                | 7,95   | 22    | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 139,13        | 84,63          | 0,94  | 0,27 | 18,50           | 1,09  | 0,95  | 22,19                            | 0,35 | 1,30    | YOK                   |
|                | 9,45   | 23    | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 165,38        | 95,88          | 0,92  | 0,28 | 19,00           | 1,02  | 0,95  | 21,59                            | 0,34 | 1,22    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 191,63        | 107,13         | 0,88  | 0,28 | 57,50           | 0,97  | 1,00  | 55,00                            | 0,51 | 1,84    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 217,88        | 118,38         | 0,84  | 0,27 | 57,50           | 0,92  | 1,00  | 52,56                            | 0,48 | 1,74    | YOK                   |
|                | 13,95  | 40    | 2,5      | 42,1                | 17,5                               | 244,13        | 129,63         | 0,80  | 0,26 | 27,50           | 0,88  | 1,00  | 26,74                            | 0,48 | 1,81    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 2,5      | 42,1                | 17,5                               | 270,38        | 140,88         | 0,75  | 0,25 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 48,60                            | 0,41 | 1,64    | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 13    | 2,5      | 76,2                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,25 | 13,00           | 1,66  | 0,75  | 19,61                            | 0,25 | 1,00    | RİSKLİ                |
|                | 3,45   | 15    | 2,5      | 76,2                | 17,5                               | 60,38         | 50,88          | 0,98  | 0,29 | 15,00           | 1,40  | 0,80  | 20,14                            | 0,26 | 0,88    | VAR                   |
|                | 4,95   | 20    | 2,5      | 66,7                | 17,5                               | 86,63         | 62,13          | 0,97  | 0,34 | 17,50           | 1,27  | 0,85  | 21,99                            | 0,29 | 0,85    | VAR                   |
|                | 6,45   | 21    | 2,5      | 82,5                | 17,5                               | 112,88        | 73,38          | 0,95  | 0,37 | 18,00           | 1,17  | 0,95  | 22,97                            | 0,31 | 0,82    | VAR                   |
|                | 7,95   | 22    | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 139,13        | 84,63          | 0,94  | 0,39 | 18,50           | 1,09  | 0,95  | 22,19                            | 0,29 | 0,75    | VAR                   |
|                | 9,45   | 23    | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 165,38        | 95,88          | 0,92  | 0,40 | 19,00           | 1,02  | 0,95  | 21,59                            | 0,28 | 0,70    | VAR                   |
|                | 10,95  | 100   | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 191,63        | 107,13         | 0,88  | 0,40 | 57,50           | 0,97  | 1,00  | 55,00                            | 0,42 | 1,06    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 217,88        | 118,38         | 0,84  | 0,39 | 57,50           | 0,92  | 1,00  | 52,56                            | 0,39 | 1,00    | YOK                   |
|                | 13,95  | 40    | 2,5      | 42,1                | 17,5                               | 244,13        | 129,63         | 0,80  | 0,38 | 27,50           | 0,88  | 1,00  | 26,74                            | 0,40 | 1,04    | RİSKLİ                |
|                | 15,45  | 100   | 2,5      | 42,1                | 17,5                               | 270,38        | 140,88         | 0,75  | 0,36 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 48,60                            | 0,34 | 0,94    | YOK                   |
| 7,5            | 1,95   | 13    | 2,5      | 76,2                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,99  | 0,36 | 13,00           | 1,66  | 0,75  | 19,61                            | 0,21 | 0,59    | VAR                   |
|                | 3,45   | 15    | 2,5      | 76,2                | 17,5                               | 60,38         | 50,88          | 0,98  | 0,42 | 15,00           | 1,40  | 0,80  | 20,14                            | 0,22 | 0,51    | VAR                   |
|                | 4,95   | 20    | 2,5      | 66,7                | 17,5                               | 86,63         | 62,13          | 0,97  | 0,49 | 17,50           | 1,27  | 0,85  | 21,99                            | 0,24 | 0,49    | VAR                   |
|                | 6,45   | 21    | 2,5      | 82,5                | 17,5                               | 112,88        | 73,38          | 0,95  | 0,53 | 18,00           | 1,17  | 0,95  | 22,97                            | 0,26 | 0,48    | VAR                   |
|                | 7,95   | 22    | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 139,13        | 84,63          | 0,94  | 0,56 | 18,50           | 1,09  | 0,95  | 22,19                            | 0,24 | 0,44    | VAR                   |
|                | 9,45   | 23    | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 165,38        | 95,88          | 0,92  | 0,58 | 19,00           | 1,02  | 0,95  | 21,59                            | 0,24 | 0,41    | VAR                   |
|                | 10,95  | 100   | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 191,63        | 107,13         | 0,88  | 0,58 | 57,50           | 0,97  | 1,00  | 55,00                            | 0,35 | 0,62    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 2,5      | 62,8                | 17,5                               | 217,88        | 118,38         | 0,84  | 0,57 | 57,50           | 0,92  | 1,00  | 52,56                            | 0,33 | 0,58    | YOK                   |
|                | 13,95  | 40    | 2,5      | 42,1                | 17,5                               | 244,13        | 129,63         | 0,80  | 0,55 | 27,50           | 0,88  | 1,00  | 26,74                            | 0,33 | 0,61    | VAR                   |
|                | 15,45  | 100   | 2,5      | 42,1                | 17,5                               | 270,38        | 140,88         | 0,75  | 0,52 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 48,60                            | 0,29 | 0,55    | YOK                   |





**Şekil 4.18** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-21 sıvılaşma analizi grafiği

SK-21 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

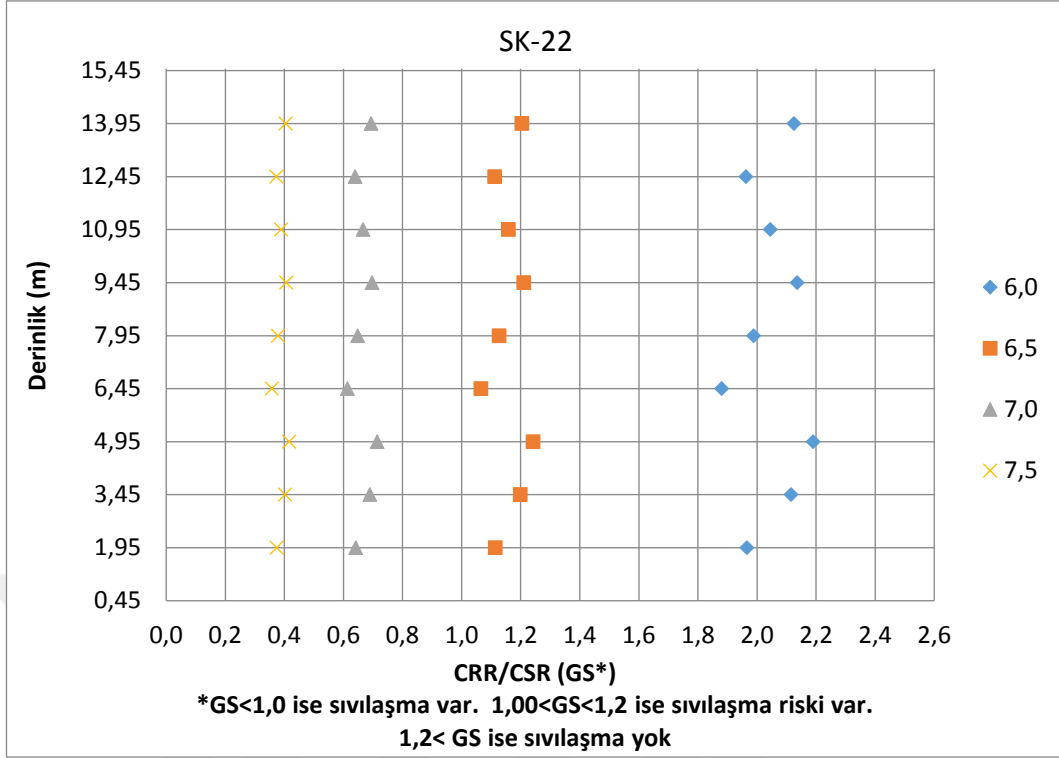
7,00 şiddetindeki depremde 1,95 m ve 13,95 m seviyelerinde 1,00-1,20 arasında olduğu, 3,45-9,45 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

10,95 m, 12,45 m, 15,45 m seviyelerinde  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.19 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-22 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N <sub>1</sub> ) <sub>60k</sub> | CRR  | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|----------------------------------|------|---------|-----------------------|
| 6.0            | 3,45   | 11    | 2,0      | 50,2                | 19,3                               | 66,59         | 52,09          | 0,98  | 0,15 | 11,00           | 1,39  | 0,80  | 15,97                            | 0,30 | 1,97    | YOK                   |
|                | 4,95   | 15    | 2,0      | 50,2                | 19,3                               | 95,54         | 66,04          | 0,97  | 0,17 | 15,00           | 1,23  | 0,85  | 19,12                            | 0,36 | 2,12    | YOK                   |
|                | 6,45   | 18    | 2,0      | 53,9                | 19,3                               | 124,49        | 79,99          | 0,95  | 0,18 | 16,50           | 1,12  | 0,95  | 20,77                            | 0,40 | 2,19    | YOK                   |
|                | 7,95   | 16    | 2,0      | 61,3                | 19,3                               | 153,44        | 93,94          | 0,94  | 0,19 | 15,50           | 1,03  | 0,95  | 18,67                            | 0,35 | 1,88    | YOK                   |
|                | 9,45   | 21    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 182,39        | 107,89         | 0,92  | 0,19 | 18,00           | 0,96  | 0,95  | 19,82                            | 0,38 | 1,99    | YOK                   |
|                | 10,95  | 24    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 211,34        | 121,84         | 0,88  | 0,19 | 19,50           | 0,91  | 1,00  | 20,90                            | 0,40 | 2,14    | YOK                   |
|                | 12,45  | 23    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 240,29        | 135,79         | 0,84  | 0,18 | 19,00           | 0,86  | 1,00  | 19,67                            | 0,37 | 2,04    | YOK                   |
|                | 13,95  | 21    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 269,24        | 149,74         | 0,80  | 0,18 | 18,00           | 0,82  | 1,00  | 18,24                            | 0,34 | 1,96    | YOK                   |
|                | 15,45  | 24    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 298,19        | 163,69         | 0,75  | 0,17 | 19,50           | 0,78  | 1,00  | 18,72                            | 0,35 | 2,13    | YOK                   |
| 6.5            | 3,45   | 11    | 2,0      | 50,2                | 19,3                               | 66,59         | 52,09          | 0,98  | 0,22 | 11,00           | 1,39  | 0,80  | 15,97                            | 0,25 | 1,11    | RİSKLİ                |
|                | 4,95   | 15    | 2,0      | 50,2                | 19,3                               | 95,54         | 66,04          | 0,97  | 0,25 | 15,00           | 1,23  | 0,85  | 19,12                            | 0,30 | 1,20    | RİSKLİ                |
|                | 6,45   | 18    | 2,0      | 53,9                | 19,3                               | 124,49        | 79,99          | 0,95  | 0,26 | 16,50           | 1,12  | 0,95  | 20,77                            | 0,32 | 1,24    | YOK                   |
|                | 7,95   | 16    | 2,0      | 61,3                | 19,3                               | 153,44        | 93,94          | 0,94  | 0,27 | 15,50           | 1,03  | 0,95  | 18,67                            | 0,29 | 1,07    | RİSKLİ                |
|                | 9,45   | 21    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 182,39        | 107,89         | 0,92  | 0,27 | 18,00           | 0,96  | 0,95  | 19,82                            | 0,31 | 1,13    | RİSKLİ                |
|                | 10,95  | 24    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 211,34        | 121,84         | 0,88  | 0,27 | 19,50           | 0,91  | 1,00  | 20,90                            | 0,33 | 1,21    | YOK                   |
|                | 12,45  | 23    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 240,29        | 135,79         | 0,84  | 0,26 | 19,00           | 0,86  | 1,00  | 19,67                            | 0,30 | 1,16    | RİSKLİ                |
|                | 13,95  | 21    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 269,24        | 149,74         | 0,80  | 0,25 | 18,00           | 0,82  | 1,00  | 18,24                            | 0,28 | 1,11    | RİSKLİ                |
|                | 15,45  | 24    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 298,19        | 163,69         | 0,75  | 0,24 | 19,50           | 0,78  | 1,00  | 18,72                            | 0,29 | 1,20    | YOK                   |
| 7.0            | 3,45   | 11    | 2,0      | 50,2                | 19,3                               | 66,59         | 52,09          | 0,98  | 0,32 | 11,00           | 1,39  | 0,80  | 15,97                            | 0,20 | 0,64    | VAR                   |
|                | 4,95   | 15    | 2,0      | 50,2                | 19,3                               | 95,54         | 66,04          | 0,97  | 0,35 | 15,00           | 1,23  | 0,85  | 19,12                            | 0,24 | 0,69    | VAR                   |
|                | 6,45   | 18    | 2,0      | 53,9                | 19,3                               | 124,49        | 79,99          | 0,95  | 0,38 | 16,50           | 1,12  | 0,95  | 20,77                            | 0,27 | 0,71    | VAR                   |
|                | 7,95   | 16    | 2,0      | 61,3                | 19,3                               | 153,44        | 93,94          | 0,94  | 0,39 | 15,50           | 1,03  | 0,95  | 18,67                            | 0,24 | 0,61    | VAR                   |
|                | 9,45   | 21    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 182,39        | 107,89         | 0,92  | 0,39 | 18,00           | 0,96  | 0,95  | 19,82                            | 0,25 | 0,65    | VAR                   |
|                | 10,95  | 24    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 211,34        | 121,84         | 0,88  | 0,39 | 19,50           | 0,91  | 1,00  | 20,90                            | 0,27 | 0,70    | VAR                   |
|                | 12,45  | 23    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 240,29        | 135,79         | 0,84  | 0,38 | 19,00           | 0,86  | 1,00  | 19,67                            | 0,25 | 0,67    | VAR                   |
|                | 13,95  | 21    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 269,24        | 149,74         | 0,80  | 0,36 | 18,00           | 0,82  | 1,00  | 18,24                            | 0,23 | 0,64    | VAR                   |
|                | 15,45  | 24    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 298,19        | 163,69         | 0,75  | 0,34 | 19,50           | 0,78  | 1,00  | 18,72                            | 0,24 | 0,69    | VAR                   |
| 7.5            | 3,45   | 11    | 2,0      | 50,2                | 19,3                               | 66,59         | 52,09          | 0,98  | 0,45 | 11,00           | 1,39  | 0,80  | 15,97                            | 0,17 | 0,37    | VAR                   |
|                | 4,95   | 15    | 2,0      | 50,2                | 19,3                               | 95,54         | 66,04          | 0,97  | 0,51 | 15,00           | 1,23  | 0,85  | 19,12                            | 0,20 | 0,40    | VAR                   |
|                | 6,45   | 18    | 2,0      | 53,9                | 19,3                               | 124,49        | 79,99          | 0,95  | 0,54 | 16,50           | 1,12  | 0,95  | 20,77                            | 0,23 | 0,42    | VAR                   |
|                | 7,95   | 16    | 2,0      | 61,3                | 19,3                               | 153,44        | 93,94          | 0,94  | 0,56 | 15,50           | 1,03  | 0,95  | 18,67                            | 0,20 | 0,36    | VAR                   |
|                | 9,45   | 21    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 182,39        | 107,89         | 0,92  | 0,56 | 18,00           | 0,96  | 0,95  | 19,82                            | 0,21 | 0,38    | VAR                   |
|                | 10,95  | 24    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 211,34        | 121,84         | 0,88  | 0,56 | 19,50           | 0,91  | 1,00  | 20,90                            | 0,23 | 0,41    | VAR                   |
|                | 12,45  | 23    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 240,29        | 135,79         | 0,84  | 0,54 | 19,00           | 0,86  | 1,00  | 19,67                            | 0,21 | 0,39    | VAR                   |
|                | 13,95  | 21    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 269,24        | 149,74         | 0,80  | 0,52 | 18,00           | 0,82  | 1,00  | 18,24                            | 0,19 | 0,37    | VAR                   |
|                | 15,45  | 24    | 2,0      | 63,7                | 19,3                               | 298,19        | 163,69         | 0,75  | 0,49 | 19,50           | 0,78  | 1,00  | 18,72                            | 0,20 | 0,40    | VAR                   |



**Şekil 4.19** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-22 sivilaşma analizi grafiği

SK-22 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)k}$  değerinin tüm derinlik seviyelerinde 30'dan küçük olduğu ve GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

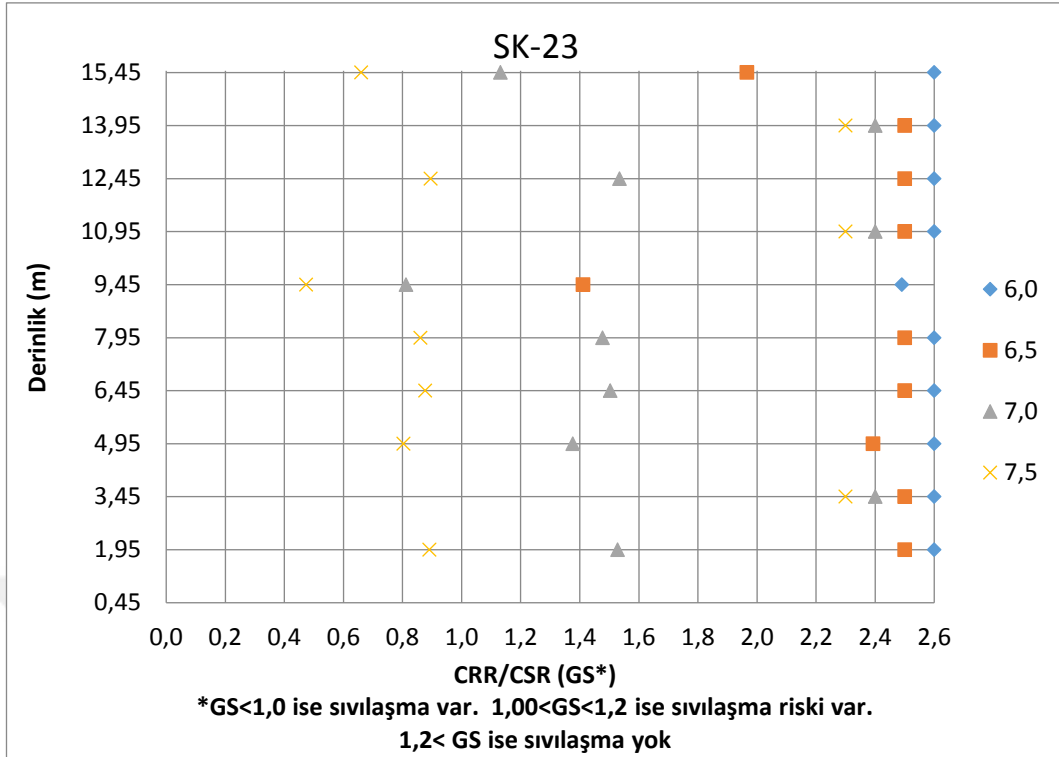
6,50 şiddetindeki depremde 6,45 m, 10,95 m, 15,45 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00-1,20 arasında olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.20 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-23 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $I_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N <sub>i</sub> ) <sub>60k</sub> | CRR   | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|----------------------------------|-------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 23    | 8,0      | 21,1                | 20,0                               | 39,00         | 39,00          | 0,99  | 0,12 | 23,00           | 1,60  | 0,75  | 26,31                            | 0,57  | 4,69    | YOK                   |
|                | 3,45   | 100   | 8,0      | 21,1                | 20,0                               | 69,00         | 69,00          | 0,98  | 0,12 | 100,00          | 1,20  | 0,80  | 82,30                            | 1,03  | 8,63    | YOK                   |
|                | 4,95   | 26    | 8,0      | 42,1                | 21,0                               | 103,95        | 103,95         | 0,97  | 0,12 | 26,00           | 0,98  | 0,85  | 24,51                            | 0,50  | 4,22    | YOK                   |
|                | 6,45   | 35    | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 135,45        | 135,45         | 0,95  | 0,12 | 35,00           | 0,86  | 0,95  | 25,62                            | 0,54  | 4,61    | YOK                   |
|                | 7,95   | 38    | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 166,95        | 166,95         | 0,94  | 0,11 | 38,00           | 0,77  | 0,95  | 25,12                            | 0,52  | 4,53    | YOK                   |
|                | 9,45   | 32    | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 198,45        | 183,95         | 0,92  | 0,12 | 23,50           | 0,74  | 0,95  | 16,01                            | 0,30  | 2,49    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 229,95        | 200,45         | 0,88  | 0,12 | 57,50           | 0,69  | 1,00  | 34,27                            | -6,06 | -48,74  | YOK                   |
|                | 12,45  | 59    | 8,0      | 47,4                | 21,0                               | 261,45        | 216,95         | 0,84  | 0,12 | 37,00           | 0,65  | 1,00  | 26,74                            | 0,59  | 4,71    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 8,0      | 47,4                | 21,0                               | 292,95        | 233,45         | 0,80  | 0,12 | 57,50           | 0,62  | 1,00  | 37,21                            | -0,07 | -0,59   | YOK                   |
|                | 15,45  | 46    | 8,0      | 39,7                | 21,0                               | 324,45        | 249,95         | 0,75  | 0,12 | 30,50           | 0,59  | 1,00  | 21,32                            | 0,41  | 3,47    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 23    | 8,0      | 21,1                | 20,0                               | 39,00         | 39,00          | 0,99  | 0,17 | 23,00           | 1,60  | 0,75  | 26,31                            | 0,46  | 2,66    | YOK                   |
|                | 3,45   | 100   | 8,0      | 21,1                | 20,0                               | 69,00         | 69,00          | 0,98  | 0,17 | 100,00          | 1,20  | 0,80  | 82,30                            | 0,84  | 4,89    | YOK                   |
|                | 4,95   | 26    | 8,0      | 42,1                | 21,0                               | 103,95        | 103,95         | 0,97  | 0,17 | 26,00           | 0,98  | 0,85  | 24,51                            | 0,41  | 2,39    | YOK                   |
|                | 6,45   | 35    | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 135,45        | 135,45         | 0,95  | 0,17 | 35,00           | 0,86  | 0,95  | 25,62                            | 0,44  | 2,61    | YOK                   |
|                | 7,95   | 38    | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 166,95        | 166,95         | 0,94  | 0,17 | 38,00           | 0,77  | 0,95  | 25,12                            | 0,42  | 2,57    | YOK                   |
|                | 9,45   | 32    | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 198,45        | 183,95         | 0,92  | 0,17 | 23,50           | 0,74  | 0,95  | 16,01                            | 0,25  | 1,41    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 229,95        | 200,45         | 0,88  | 0,18 | 57,50           | 0,69  | 1,00  | 34,27                            | -4,94 | -27,62  | YOK                   |
|                | 12,45  | 59    | 8,0      | 47,4                | 21,0                               | 261,45        | 216,95         | 0,84  | 0,18 | 37,00           | 0,65  | 1,00  | 26,74                            | 0,48  | 2,67    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 8,0      | 47,4                | 21,0                               | 292,95        | 233,45         | 0,80  | 0,18 | 57,50           | 0,62  | 1,00  | 37,21                            | -0,06 | -0,33   | YOK                   |
|                | 15,45  | 46    | 8,0      | 39,7                | 21,0                               | 324,45        | 249,95         | 0,75  | 0,17 | 30,50           | 0,59  | 1,00  | 21,32                            | 0,34  | 1,97    | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 23    | 8,0      | 21,1                | 20,0                               | 39,00         | 39,00          | 0,99  | 0,25 | 23,00           | 1,60  | 0,75  | 26,31                            | 0,38  | 1,53    | YOK                   |
|                | 3,45   | 100   | 8,0      | 21,1                | 20,0                               | 69,00         | 69,00          | 0,98  | 0,25 | 100,00          | 1,20  | 0,80  | 82,30                            | 0,70  | 2,82    | YOK                   |
|                | 4,95   | 26    | 8,0      | 42,1                | 21,0                               | 103,95        | 103,95         | 0,97  | 0,24 | 26,00           | 0,98  | 0,85  | 24,51                            | 0,34  | 1,38    | YOK                   |
|                | 6,45   | 35    | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 135,45        | 135,45         | 0,95  | 0,24 | 35,00           | 0,86  | 0,95  | 25,62                            | 0,36  | 1,50    | YOK                   |
|                | 7,95   | 38    | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 166,95        | 166,95         | 0,94  | 0,24 | 38,00           | 0,77  | 0,95  | 25,12                            | 0,35  | 1,48    | YOK                   |
|                | 9,45   | 32    | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 198,45        | 183,95         | 0,92  | 0,25 | 23,50           | 0,74  | 0,95  | 16,01                            | 0,20  | 0,81    | VAR                   |
|                | 10,95  | 100   | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 229,95        | 200,45         | 0,88  | 0,26 | 57,50           | 0,69  | 1,00  | 34,27                            | -4,08 | -15,90  | YOK                   |
|                | 12,45  | 59    | 8,0      | 47,4                | 21,0                               | 261,45        | 216,95         | 0,84  | 0,26 | 37,00           | 0,65  | 1,00  | 26,74                            | 0,40  | 1,53    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 8,0      | 47,4                | 21,0                               | 292,95        | 233,45         | 0,80  | 0,25 | 57,50           | 0,62  | 1,00  | 37,21                            | -0,05 | -0,19   | YOK                   |
|                | 15,45  | 46    | 8,0      | 39,7                | 21,0                               | 324,45        | 249,95         | 0,75  | 0,25 | 30,50           | 0,59  | 1,00  | 21,32                            | 0,28  | 1,13    | RİSKLİ                |
| 7,5            | 1,95   | 23    | 8,0      | 21,1                | 20,0                               | 39,00         | 39,00          | 0,99  | 0,36 | 23,00           | 1,60  | 0,75  | 26,31                            | 0,32  | 0,89    | VAR                   |
|                | 3,45   | 100   | 8,0      | 21,1                | 20,0                               | 69,00         | 69,00          | 0,98  | 0,36 | 100,00          | 1,20  | 0,80  | 82,30                            | 0,58  | 1,64    | YOK                   |
|                | 4,95   | 26    | 8,0      | 42,1                | 21,0                               | 103,95        | 103,95         | 0,97  | 0,35 | 26,00           | 0,98  | 0,85  | 24,51                            | 0,28  | 0,80    | VAR                   |
|                | 6,45   | 35    | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 135,45        | 135,45         | 0,95  | 0,35 | 35,00           | 0,86  | 0,95  | 25,62                            | 0,30  | 0,88    | VAR                   |
|                | 7,95   | 38    | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 166,95        | 166,95         | 0,94  | 0,34 | 38,00           | 0,77  | 0,95  | 25,12                            | 0,29  | 0,86    | VAR                   |
|                | 9,45   | 32    | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 198,45        | 183,95         | 0,92  | 0,36 | 23,50           | 0,74  | 0,95  | 16,01                            | 0,17  | 0,47    | VAR                   |
|                | 10,95  | 100   | 8,0      | 16,7                | 21,0                               | 229,95        | 200,45         | 0,88  | 0,37 | 57,50           | 0,69  | 1,00  | 34,27                            | -3,42 | -9,27   | YOK                   |
|                | 12,45  | 59    | 8,0      | 47,4                | 21,0                               | 261,45        | 216,95         | 0,84  | 0,37 | 37,00           | 0,65  | 1,00  | 26,74                            | 0,33  | 0,89    | VAR                   |
|                | 13,95  | 100   | 8,0      | 47,4                | 21,0                               | 292,95        | 233,45         | 0,80  | 0,36 | 57,50           | 0,62  | 1,00  | 37,21                            | -0,04 | -0,11   | YOK                   |
|                | 15,45  | 46    | 8,0      | 39,7                | 21,0                               | 324,45        | 249,95         | 0,75  | 0,35 | 30,50           | 0,59  | 1,00  | 21,32                            | 0,23  | 0,66    | VAR                   |



**Şekil 4.20** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-23 sıvılaşma analizi grafiği

SK-23 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

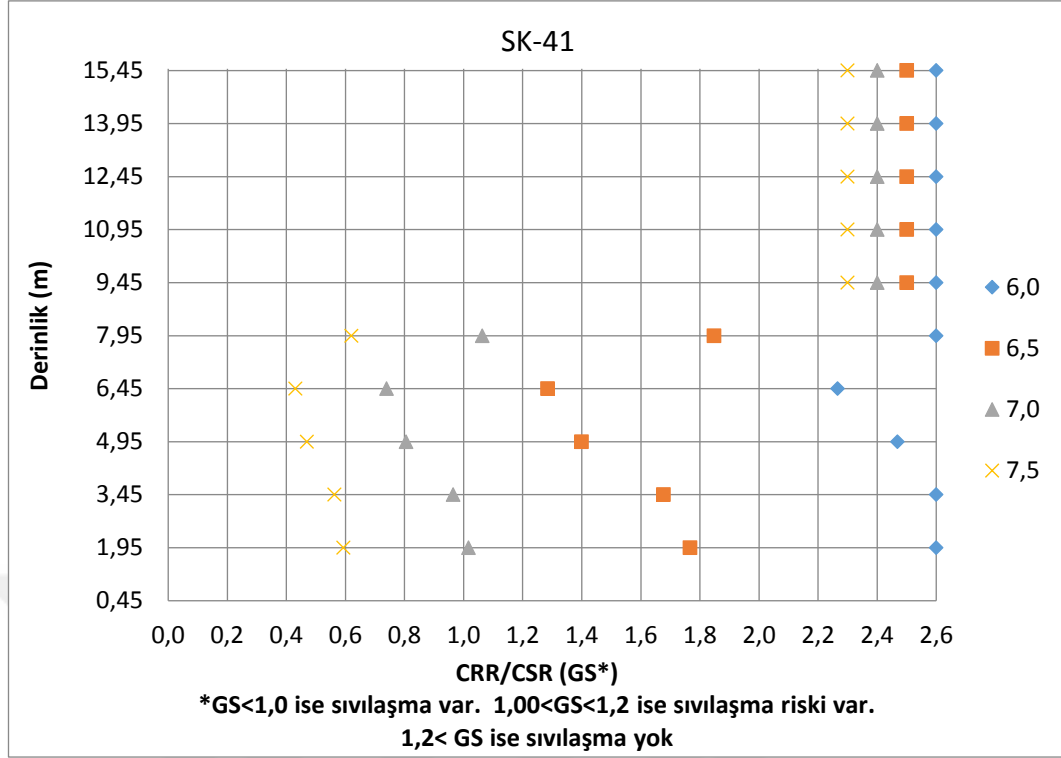
7,00 şiddetindeki depremde 9,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu 15,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

3,45 m, 10,95 m, 13,95 m seviyelerinde  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.21 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-41 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N <sub>1</sub> ) <sub>60k</sub> | CRR  | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|----------------------------------|------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 13    | 2,0      | 39,8                | 18,0                               | 35,10         | 35,10          | 0,99  | 0,12 | 13,00           | 1,69  | 0,75  | 19,81                            | 0,38 | 3,12    | YOK                   |
|                | 3,45   | 20    | 2,0      | 39,8                | 18,0                               | 62,10         | 47,60          | 0,98  | 0,16 | 17,50           | 1,45  | 0,80  | 23,26                            | 0,46 | 2,96    | YOK                   |
|                | 4,95   | 20    | 2,0      | 39,8                | 18,0                               | 89,10         | 59,60          | 0,97  | 0,18 | 17,50           | 1,30  | 0,85  | 22,34                            | 0,44 | 2,47    | YOK                   |
|                | 6,45   | 24    | 2,0      | 22,7                | 18,0                               | 116,10        | 71,60          | 0,95  | 0,19 | 19,50           | 1,18  | 0,95  | 22,05                            | 0,43 | 2,27    | YOK                   |
|                | 7,95   | 35    | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 143,10        | 83,60          | 0,94  | 0,20 | 25,00           | 1,09  | 0,95  | 27,80                            | 0,64 | 3,26    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 170,10        | 95,60          | 0,92  | 0,20 | 57,50           | 1,02  | 0,95  | 54,18                            | 0,61 | 3,08    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 197,10        | 107,60         | 0,88  | 0,20 | 57,50           | 0,96  | 1,00  | 53,80                            | 0,61 | 3,06    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 224,10        | 119,60         | 0,84  | 0,19 | 57,50           | 0,91  | 1,00  | 51,28                            | 0,56 | 2,90    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 251,10        | 131,60         | 0,80  | 0,19 | 57,50           | 0,87  | 1,00  | 49,11                            | 0,52 | 2,78    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 2,0      | 15,3                | 18,0                               | 278,10        | 143,60         | 0,75  | 0,18 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 40,36                            | 0,24 | 1,37    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 13    | 2,0      | 39,8                | 18,0                               | 35,10         | 35,10          | 0,99  | 0,17 | 13,00           | 1,69  | 0,75  | 19,81                            | 0,31 | 1,77    | YOK                   |
|                | 3,45   | 20    | 2,0      | 39,8                | 18,0                               | 62,10         | 47,60          | 0,98  | 0,22 | 17,50           | 1,45  | 0,80  | 23,26                            | 0,38 | 1,68    | YOK                   |
|                | 4,95   | 20    | 2,0      | 39,8                | 18,0                               | 89,10         | 59,60          | 0,97  | 0,25 | 17,50           | 1,30  | 0,85  | 22,34                            | 0,36 | 1,40    | YOK                   |
|                | 6,45   | 24    | 2,0      | 22,7                | 18,0                               | 116,10        | 71,60          | 0,95  | 0,27 | 19,50           | 1,18  | 0,95  | 22,05                            | 0,35 | 1,28    | YOK                   |
|                | 7,95   | 35    | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 143,10        | 83,60          | 0,94  | 0,28 | 25,00           | 1,09  | 0,95  | 27,80                            | 0,52 | 1,85    | YOK                   |
|                | 9,45   | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 170,10        | 95,60          | 0,92  | 0,29 | 57,50           | 1,02  | 0,95  | 54,18                            | 0,50 | 1,74    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 197,10        | 107,60         | 0,88  | 0,29 | 57,50           | 0,96  | 1,00  | 53,80                            | 0,49 | 1,73    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 224,10        | 119,60         | 0,84  | 0,28 | 57,50           | 0,91  | 1,00  | 51,28                            | 0,46 | 1,64    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 251,10        | 131,60         | 0,80  | 0,27 | 57,50           | 0,87  | 1,00  | 49,11                            | 0,42 | 1,58    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 2,0      | 15,3                | 18,0                               | 278,10        | 143,60         | 0,75  | 0,25 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 40,36                            | 0,20 | 0,78    | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 13    | 2,0      | 39,8                | 18,0                               | 35,10         | 35,10          | 0,99  | 0,25 | 13,00           | 1,69  | 0,75  | 19,81                            | 0,25 | 1,02    | RİSKLİ                |
|                | 3,45   | 20    | 2,0      | 39,8                | 18,0                               | 62,10         | 47,60          | 0,98  | 0,32 | 17,50           | 1,45  | 0,80  | 23,26                            | 0,31 | 0,96    | VAR                   |
|                | 4,95   | 20    | 2,0      | 39,8                | 18,0                               | 89,10         | 59,60          | 0,97  | 0,37 | 17,50           | 1,30  | 0,85  | 22,34                            | 0,29 | 0,81    | VAR                   |
|                | 6,45   | 24    | 2,0      | 22,7                | 18,0                               | 116,10        | 71,60          | 0,95  | 0,39 | 19,50           | 1,18  | 0,95  | 22,05                            | 0,29 | 0,74    | VAR                   |
|                | 7,95   | 35    | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 143,10        | 83,60          | 0,94  | 0,41 | 25,00           | 1,09  | 0,95  | 27,80                            | 0,43 | 1,06    | RİSKLİ                |
|                | 9,45   | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 170,10        | 95,60          | 0,92  | 0,41 | 57,50           | 1,02  | 0,95  | 54,18                            | 0,41 | 1,00    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 197,10        | 107,60         | 0,88  | 0,41 | 57,50           | 0,96  | 1,00  | 53,80                            | 0,41 | 1,00    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 224,10        | 119,60         | 0,84  | 0,40 | 57,50           | 0,91  | 1,00  | 51,28                            | 0,38 | 0,94    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 251,10        | 131,60         | 0,80  | 0,38 | 57,50           | 0,87  | 1,00  | 49,11                            | 0,35 | 0,91    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 2,0      | 15,3                | 18,0                               | 278,10        | 143,60         | 0,75  | 0,37 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 40,36                            | 0,16 | 0,45    | YOK                   |
| 7,5            | 1,95   | 13    | 2,0      | 39,8                | 18,0                               | 35,10         | 35,10          | 0,99  | 0,36 | 13,00           | 1,69  | 0,75  | 19,81                            | 0,21 | 0,59    | VAR                   |
|                | 3,45   | 20    | 2,0      | 39,8                | 18,0                               | 62,10         | 47,60          | 0,98  | 0,46 | 17,50           | 1,45  | 0,80  | 23,26                            | 0,26 | 0,56    | VAR                   |
|                | 4,95   | 20    | 2,0      | 39,8                | 18,0                               | 89,10         | 59,60          | 0,97  | 0,53 | 17,50           | 1,30  | 0,85  | 22,34                            | 0,25 | 0,47    | VAR                   |
|                | 6,45   | 24    | 2,0      | 22,7                | 18,0                               | 116,10        | 71,60          | 0,95  | 0,56 | 19,50           | 1,18  | 0,95  | 22,05                            | 0,24 | 0,43    | VAR                   |
|                | 7,95   | 35    | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 143,10        | 83,60          | 0,94  | 0,58 | 25,00           | 1,09  | 0,95  | 27,80                            | 0,36 | 0,62    | VAR                   |
|                | 9,45   | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 170,10        | 95,60          | 0,92  | 0,59 | 57,50           | 1,02  | 0,95  | 54,18                            | 0,35 | 0,58    | YOK                   |
|                | 10,95  | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 197,10        | 107,60         | 0,88  | 0,59 | 57,50           | 0,96  | 1,00  | 53,80                            | 0,34 | 0,58    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 224,10        | 119,60         | 0,84  | 0,58 | 57,50           | 0,91  | 1,00  | 51,28                            | 0,32 | 0,55    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 2,0      | 32,7                | 18,0                               | 251,10        | 131,60         | 0,80  | 0,55 | 57,50           | 0,87  | 1,00  | 49,11                            | 0,29 | 0,53    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 2,0      | 15,3                | 18,0                               | 278,10        | 143,60         | 0,75  | 0,53 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 40,36                            | 0,14 | 0,26    | YOK                   |



**Şekil 4.21** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-41 sıvılaşma analizi grafiği

SK-41 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 1,95 m ve 7,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu  
3,45-6,45 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu,

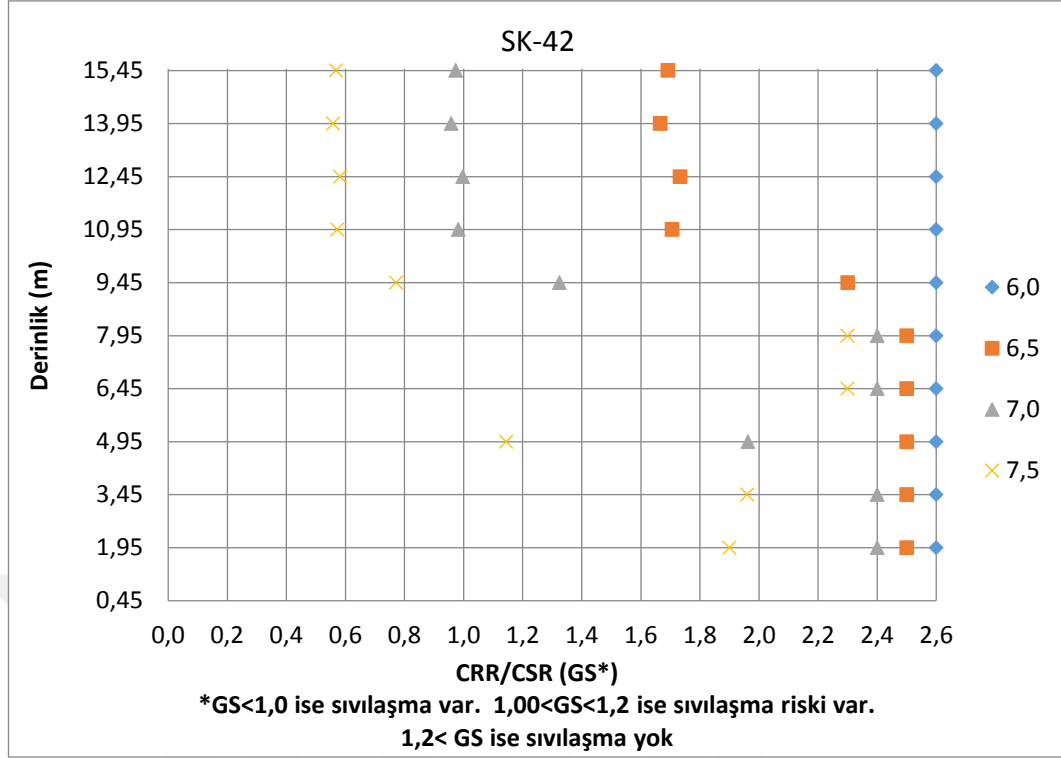
7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

9,45-15,45 m seviyelerinde  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.22 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-42 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $I_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N <sub>i</sub> ) <sub>60k</sub> | CRR  | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|----------------------------------|------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 24    | 8,0      | 31,6                | 17,5                               | 34,13         | 34,13          | 0,99  | 0,12 | 24,00           | 1,71  | 0,75  | 31,79                            | 1,21 | 9,99    | YOK                   |
|                | 3,45   | 30    | 8,0      | 31,6                | 17,5                               | 60,38         | 60,38          | 0,98  | 0,12 | 30,00           | 1,29  | 0,80  | 31,85                            | 1,23 | 10,31   | YOK                   |
|                | 4,95   | 29    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 86,63         | 86,63          | 0,97  | 0,12 | 29,00           | 1,07  | 0,85  | 28,84                            | 0,71 | 6,02    | YOK                   |
|                | 6,45   | 34    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 112,88        | 112,88         | 0,95  | 0,12 | 34,00           | 0,94  | 0,95  | 32,36                            | 1,50 | 12,80   | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 139,13        | 139,13         | 0,94  | 0,11 | 100,00          | 0,85  | 0,95  | 77,49                            | 0,97 | 8,40    | YOK                   |
|                | 9,45   | 41    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 165,38        | 150,88         | 0,92  | 0,12 | 28,00           | 0,81  | 0,95  | 24,49                            | 0,50 | 4,06    | YOK                   |
|                | 10,95  | 28    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 191,63        | 162,13         | 0,88  | 0,13 | 21,50           | 0,79  | 1,00  | 20,20                            | 0,39 | 3,01    | YOK                   |
|                | 12,45  | 31    | 8,0      | 72,5                | 17,5                               | 217,88        | 173,38         | 0,84  | 0,13 | 23,00           | 0,76  | 1,00  | 20,72                            | 0,40 | 3,06    | YOK                   |
|                | 13,95  | 30    | 8,0      | 60,8                | 17,5                               | 244,13        | 184,63         | 0,80  | 0,13 | 22,50           | 0,74  | 1,00  | 19,90                            | 0,38 | 2,94    | YOK                   |
|                | 15,45  | 31    | 8,0      | 60,8                | 17,5                               | 270,38        | 195,88         | 0,75  | 0,13 | 23,00           | 0,71  | 1,00  | 19,79                            | 0,38 | 2,98    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 24    | 8,0      | 31,6                | 17,5                               | 34,13         | 34,13          | 0,99  | 0,17 | 24,00           | 1,71  | 0,75  | 31,79                            | 0,99 | 5,66    | YOK                   |
|                | 3,45   | 30    | 8,0      | 31,6                | 17,5                               | 60,38         | 60,38          | 0,98  | 0,17 | 30,00           | 1,29  | 0,80  | 31,85                            | 1,01 | 5,84    | YOK                   |
|                | 4,95   | 29    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 86,63         | 86,63          | 0,97  | 0,17 | 29,00           | 1,07  | 0,85  | 28,84                            | 0,58 | 3,41    | YOK                   |
|                | 6,45   | 34    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 112,88        | 112,88         | 0,95  | 0,17 | 34,00           | 0,94  | 0,95  | 32,36                            | 1,22 | 7,25    | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 139,13        | 139,13         | 0,94  | 0,17 | 100,00          | 0,85  | 0,95  | 77,49                            | 0,79 | 4,76    | YOK                   |
|                | 9,45   | 41    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 165,38        | 150,88         | 0,92  | 0,18 | 28,00           | 0,81  | 0,95  | 24,49                            | 0,41 | 2,30    | YOK                   |
|                | 10,95  | 28    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 191,63        | 162,13         | 0,88  | 0,18 | 21,50           | 0,79  | 1,00  | 20,20                            | 0,31 | 1,71    | YOK                   |
|                | 12,45  | 31    | 8,0      | 72,5                | 17,5                               | 217,88        | 173,38         | 0,84  | 0,19 | 23,00           | 0,76  | 1,00  | 20,72                            | 0,32 | 1,73    | YOK                   |
|                | 13,95  | 30    | 8,0      | 60,8                | 17,5                               | 244,13        | 184,63         | 0,80  | 0,19 | 22,50           | 0,74  | 1,00  | 19,90                            | 0,31 | 1,67    | YOK                   |
|                | 15,45  | 31    | 8,0      | 60,8                | 17,5                               | 270,38        | 195,88         | 0,75  | 0,18 | 23,00           | 0,71  | 1,00  | 19,79                            | 0,31 | 1,69    | YOK                   |
| 7,0            | 1,95   | 24    | 8,0      | 31,6                | 17,5                               | 34,13         | 34,13          | 0,99  | 0,25 | 24,00           | 1,71  | 0,75  | 31,79                            | 0,81 | 3,26    | YOK                   |
|                | 3,45   | 30    | 8,0      | 31,6                | 17,5                               | 60,38         | 60,38          | 0,98  | 0,25 | 30,00           | 1,29  | 0,80  | 31,85                            | 0,83 | 3,36    | YOK                   |
|                | 4,95   | 29    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 86,63         | 86,63          | 0,97  | 0,24 | 29,00           | 1,07  | 0,85  | 28,84                            | 0,48 | 1,96    | YOK                   |
|                | 6,45   | 34    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 112,88        | 112,88         | 0,95  | 0,24 | 34,00           | 0,94  | 0,95  | 32,36                            | 1,01 | 4,17    | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 139,13        | 139,13         | 0,94  | 0,24 | 100,00          | 0,85  | 0,95  | 77,49                            | 0,65 | 2,74    | YOK                   |
|                | 9,45   | 41    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 165,38        | 150,88         | 0,92  | 0,25 | 28,00           | 0,81  | 0,95  | 24,49                            | 0,34 | 1,32    | YOK                   |
|                | 10,95  | 28    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 191,63        | 162,13         | 0,88  | 0,26 | 21,50           | 0,79  | 1,00  | 20,20                            | 0,26 | 0,98    | VAR                   |
|                | 12,45  | 31    | 8,0      | 72,5                | 17,5                               | 217,88        | 173,38         | 0,84  | 0,27 | 23,00           | 0,76  | 1,00  | 20,72                            | 0,27 | 1,00    | VAR                   |
|                | 13,95  | 30    | 8,0      | 60,8                | 17,5                               | 244,13        | 184,63         | 0,80  | 0,27 | 22,50           | 0,74  | 1,00  | 19,90                            | 0,26 | 0,96    | VAR                   |
|                | 15,45  | 31    | 8,0      | 60,8                | 17,5                               | 270,38        | 195,88         | 0,75  | 0,26 | 23,00           | 0,71  | 1,00  | 19,79                            | 0,25 | 0,97    | VAR                   |
| 7,5            | 1,95   | 24    | 8,0      | 31,6                | 17,5                               | 34,13         | 34,13          | 0,99  | 0,36 | 24,00           | 1,71  | 0,75  | 31,79                            | 0,68 | 1,90    | YOK                   |
|                | 3,45   | 30    | 8,0      | 31,6                | 17,5                               | 60,38         | 60,38          | 0,98  | 0,36 | 30,00           | 1,29  | 0,80  | 31,85                            | 0,70 | 1,96    | YOK                   |
|                | 4,95   | 29    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 86,63         | 86,63          | 0,97  | 0,35 | 29,00           | 1,07  | 0,85  | 28,84                            | 0,40 | 1,14    | RİSKLİ                |
|                | 6,45   | 34    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 112,88        | 112,88         | 0,95  | 0,35 | 34,00           | 0,94  | 0,95  | 32,36                            | 0,85 | 2,43    | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 139,13        | 139,13         | 0,94  | 0,34 | 100,00          | 0,85  | 0,95  | 77,49                            | 0,55 | 1,60    | YOK                   |
|                | 9,45   | 41    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 165,38        | 150,88         | 0,92  | 0,37 | 28,00           | 0,81  | 0,95  | 24,49                            | 0,28 | 0,77    | VAR                   |
|                | 10,95  | 28    | 8,0      | 40,5                | 17,5                               | 191,63        | 162,13         | 0,88  | 0,38 | 21,50           | 0,79  | 1,00  | 20,20                            | 0,22 | 0,57    | VAR                   |
|                | 12,45  | 31    | 8,0      | 72,5                | 17,5                               | 217,88        | 173,38         | 0,84  | 0,39 | 23,00           | 0,76  | 1,00  | 20,72                            | 0,22 | 0,58    | VAR                   |
|                | 13,95  | 30    | 8,0      | 60,8                | 17,5                               | 244,13        | 184,63         | 0,80  | 0,38 | 22,50           | 0,74  | 1,00  | 19,90                            | 0,21 | 0,56    | VAR                   |
|                | 15,45  | 31    | 8,0      | 60,8                | 17,5                               | 270,38        | 195,88         | 0,75  | 0,37 | 23,00           | 0,71  | 1,00  | 19,79                            | 0,21 | 0,57    | VAR                   |





**Şekil 4.22** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-42 sıvılaşma analizi grafiği

SK-42 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

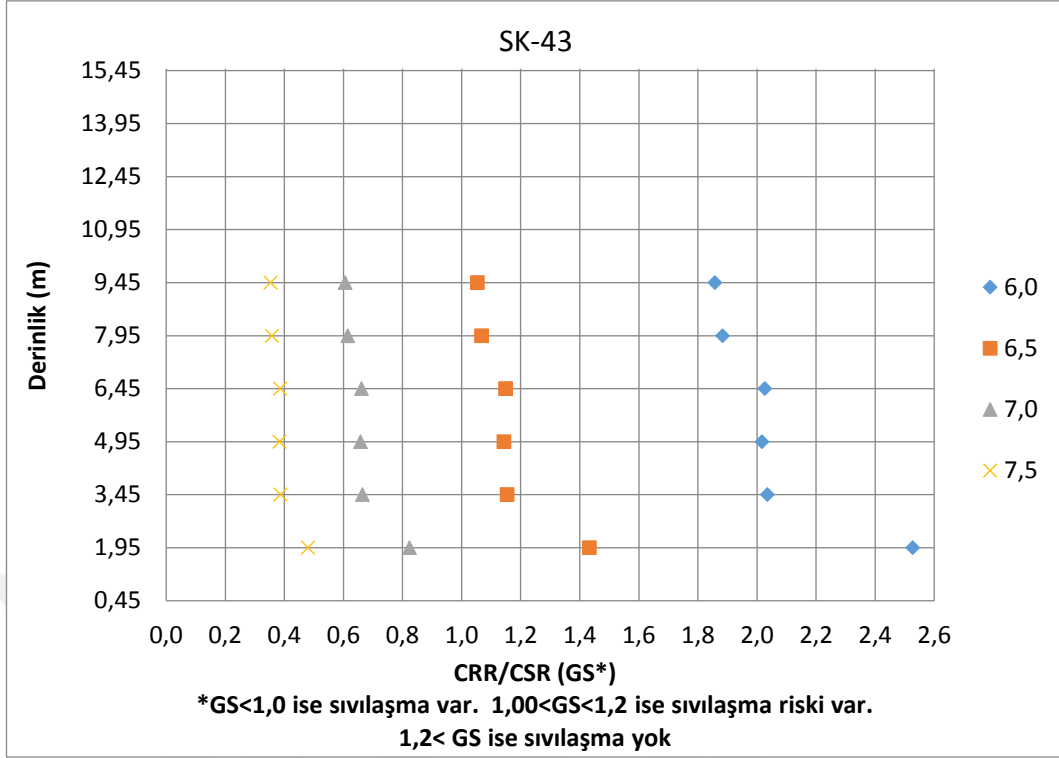
7,00 şiddetindeki depremde 4,95 m ve 9,45 m seviyesinde 1,20'den yüksek olduğu  
10,95-15,4 5m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 4,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu  
9,45-15,45 m arasında 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

1,95 m, 3,45 m, 6,45 m, 7,95 m seviyelerinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.23 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-43 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | $(N_1)_{60k}$ | CRR  | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|---------------|------|---------|-----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 13    | 0,8      | 74,3                | 18,2                               | 35,49         | 23,99          | 0,99  | 0,18 | 13,00           | 2,04  | 0,75  | 22,92         | 0,45 | 2,53    | YOK                   |
|                | 3,45   | 14    | 0,8      | 74,3                | 18,2                               | 62,79         | 36,29          | 0,98  | 0,21 | 14,00           | 1,66  | 0,80  | 21,73         | 0,42 | 2,04    | YOK                   |
|                | 4,95   | 17    | 0,8      | 86,7                | 18,2                               | 90,09         | 48,59          | 0,97  | 0,22 | 16,00           | 1,43  | 0,85  | 22,56         | 0,44 | 2,02    | YOK                   |
|                | 6,45   | 18    | 0,8      | 87,2                | 18,2                               | 117,39        | 60,89          | 0,95  | 0,23 | 16,50           | 1,28  | 0,95  | 23,08         | 0,46 | 2,03    | YOK                   |
|                | 7,95   | 19    | 0,8      | 66,3                | 18,2                               | 144,69        | 73,19          | 0,94  | 0,23 | 17,00           | 1,17  | 0,95  | 21,99         | 0,43 | 1,88    | YOK                   |
|                | 9,45   | 21    | 0,8      | 90,1                | 18,2                               | 171,99        | 85,49          | 0,92  | 0,23 | 18,00           | 1,08  | 0,95  | 21,64         | 0,42 | 1,86    | YOK                   |
| 6,5            | 1,95   | 13    | 0,8      | 74,3                | 18,2                               | 35,49         | 23,99          | 0,99  | 0,26 | 13,00           | 2,04  | 0,75  | 22,92         | 0,37 | 1,43    | YOK                   |
|                | 3,45   | 14    | 0,8      | 74,3                | 18,2                               | 62,79         | 36,29          | 0,98  | 0,30 | 14,00           | 1,66  | 0,80  | 21,73         | 0,34 | 1,15    | RİSKLİ                |
|                | 4,95   | 17    | 0,8      | 86,7                | 18,2                               | 90,09         | 48,59          | 0,97  | 0,32 | 16,00           | 1,43  | 0,85  | 22,56         | 0,36 | 1,14    | RİSKLİ                |
|                | 6,45   | 18    | 0,8      | 87,2                | 18,2                               | 117,39        | 60,89          | 0,95  | 0,32 | 16,50           | 1,28  | 0,95  | 23,08         | 0,37 | 1,15    | RİSKLİ                |
|                | 7,95   | 19    | 0,8      | 66,3                | 18,2                               | 144,69        | 73,19          | 0,94  | 0,33 | 17,00           | 1,17  | 0,95  | 21,99         | 0,35 | 1,07    | RİSKLİ                |
|                | 9,45   | 21    | 0,8      | 90,1                | 18,2                               | 171,99        | 85,49          | 0,92  | 0,32 | 18,00           | 1,08  | 0,95  | 21,64         | 0,34 | 1,05    | RİSKLİ                |
| 7,0            | 1,95   | 13    | 0,8      | 74,3                | 18,2                               | 35,49         | 23,99          | 0,99  | 0,37 | 13,00           | 2,04  | 0,75  | 22,92         | 0,30 | 0,82    | VAR                   |
|                | 3,45   | 14    | 0,8      | 74,3                | 18,2                               | 62,79         | 36,29          | 0,98  | 0,43 | 14,00           | 1,66  | 0,80  | 21,73         | 0,28 | 0,66    | VAR                   |
|                | 4,95   | 17    | 0,8      | 86,7                | 18,2                               | 90,09         | 48,59          | 0,97  | 0,45 | 16,00           | 1,43  | 0,85  | 22,56         | 0,30 | 0,66    | VAR                   |
|                | 6,45   | 18    | 0,8      | 87,2                | 18,2                               | 117,39        | 60,89          | 0,95  | 0,47 | 16,50           | 1,28  | 0,95  | 23,08         | 0,31 | 0,66    | VAR                   |
|                | 7,95   | 19    | 0,8      | 66,3                | 18,2                               | 144,69        | 73,19          | 0,94  | 0,47 | 17,00           | 1,17  | 0,95  | 21,99         | 0,29 | 0,61    | VAR                   |
|                | 9,45   | 21    | 0,8      | 90,1                | 18,2                               | 171,99        | 85,49          | 0,92  | 0,47 | 18,00           | 1,08  | 0,95  | 21,64         | 0,28 | 0,61    | VAR                   |
| 7,5            | 1,95   | 13    | 0,8      | 74,3                | 18,2                               | 35,49         | 23,99          | 0,99  | 0,53 | 13,00           | 2,04  | 0,75  | 22,92         | 0,26 | 0,48    | VAR                   |
|                | 3,45   | 14    | 0,8      | 74,3                | 18,2                               | 62,79         | 36,29          | 0,98  | 0,62 | 14,00           | 1,66  | 0,80  | 21,73         | 0,24 | 0,39    | VAR                   |
|                | 4,95   | 17    | 0,8      | 86,7                | 18,2                               | 90,09         | 48,59          | 0,97  | 0,65 | 16,00           | 1,43  | 0,85  | 22,56         | 0,25 | 0,38    | VAR                   |
|                | 6,45   | 18    | 0,8      | 87,2                | 18,2                               | 117,39        | 60,89          | 0,95  | 0,67 | 16,50           | 1,28  | 0,95  | 23,08         | 0,26 | 0,39    | VAR                   |
|                | 7,95   | 19    | 0,8      | 66,3                | 18,2                               | 144,69        | 73,19          | 0,94  | 0,68 | 17,00           | 1,17  | 0,95  | 21,99         | 0,24 | 0,36    | VAR                   |
|                | 9,45   | 21    | 0,8      | 90,1                | 18,2                               | 171,99        | 85,49          | 0,92  | 0,67 | 18,00           | 1,08  | 0,95  | 21,64         | 0,24 | 0,35    | VAR                   |



**Şekil 4.23** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-43sıvılaşma analizi grafiği

SK-43 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin tüm derinlik seviyelerinde 30'dan küçük olduğu ve GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

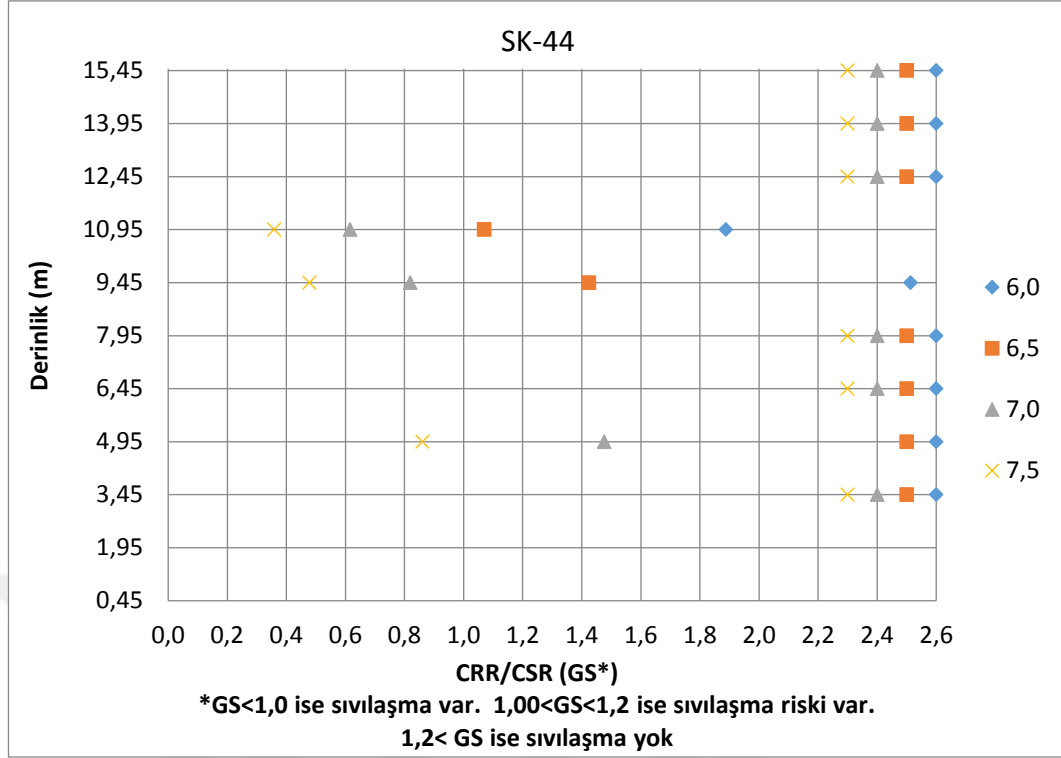
6,50 şiddetindeki depremde 1,95 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu, 3,45-9,45 m seviyelerinde 1,00-1,20 arasında olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.24 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-44 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N <sub>1</sub> ) <sub>60k</sub> | CRR  | CRR/CSR | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|----------------------------------|------|---------|-----------------------|
| 6.0            | 3,45   | 100   | 2,0      | 8,3                 | 17,9                               | 61,76         | 47,26          | 0,98  | 0,16 | 57,50           | 1,45  | 0,80  | 51,25                            | 0,56 | 3,58    | YOK                   |
|                | 4,95   | 55    | 2,0      | 8,3                 | 17,9                               | 88,61         | 59,11          | 0,97  | 0,18 | 35,00           | 1,30  | 0,85  | 29,79                            | 0,80 | 4,53    | YOK                   |
|                | 6,45   | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 115,46        | 70,96          | 0,95  | 0,19 | 57,50           | 1,19  | 0,95  | 61,97                            | 0,74 | 3,89    | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 142,31        | 82,81          | 0,94  | 0,20 | 57,50           | 1,10  | 0,95  | 57,73                            | 0,67 | 3,41    | YOK                   |
|                | 9,45   | 31    | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 169,16        | 94,66          | 0,92  | 0,20 | 23,00           | 1,03  | 0,95  | 24,63                            | 0,50 | 2,51    | YOK                   |
|                | 10,95  | 20    | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 196,01        | 106,51         | 0,88  | 0,20 | 17,50           | 0,97  | 1,00  | 19,79                            | 0,38 | 1,89    | YOK                   |
|                | 12,45  | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 222,86        | 118,36         | 0,84  | 0,19 | 57,50           | 0,92  | 1,00  | 51,40                            | 0,56 | 2,89    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 249,71        | 130,21         | 0,80  | 0,19 | 57,50           | 0,88  | 1,00  | 49,24                            | 0,52 | 2,78    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 276,56        | 142,06         | 0,75  | 0,18 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 47,34                            | 0,48 | 2,69    | YOK                   |
| 6.5            | 3,45   | 100   | 2,0      | 8,3                 | 17,9                               | 61,76         | 47,26          | 0,98  | 0,22 | 57,50           | 1,45  | 0,80  | 51,25                            | 0,46 | 2,03    | YOK                   |
|                | 4,95   | 55    | 2,0      | 8,3                 | 17,9                               | 88,61         | 59,11          | 0,97  | 0,26 | 35,00           | 1,30  | 0,85  | 29,79                            | 0,65 | 2,56    | YOK                   |
|                | 6,45   | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 115,46        | 70,96          | 0,95  | 0,27 | 57,50           | 1,19  | 0,95  | 61,97                            | 0,60 | 2,21    | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 142,31        | 82,81          | 0,94  | 0,28 | 57,50           | 1,10  | 0,95  | 57,73                            | 0,55 | 1,93    | YOK                   |
|                | 9,45   | 31    | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 169,16        | 94,66          | 0,92  | 0,29 | 23,00           | 1,03  | 0,95  | 24,63                            | 0,41 | 1,42    | YOK                   |
|                | 10,95  | 20    | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 196,01        | 106,51         | 0,88  | 0,29 | 17,50           | 0,97  | 1,00  | 19,79                            | 0,31 | 1,07    | RİSKLİ                |
|                | 12,45  | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 222,86        | 118,36         | 0,84  | 0,28 | 57,50           | 0,92  | 1,00  | 51,40                            | 0,46 | 1,64    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 249,71        | 130,21         | 0,80  | 0,27 | 57,50           | 0,88  | 1,00  | 49,24                            | 0,42 | 1,58    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 276,56        | 142,06         | 0,75  | 0,26 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 47,34                            | 0,39 | 1,53    | YOK                   |
| 7.0            | 3,45   | 100   | 2,0      | 8,3                 | 17,9                               | 61,76         | 47,26          | 0,98  | 0,32 | 57,50           | 1,45  | 0,80  | 51,25                            | 0,38 | 1,17    | YOK                   |
|                | 4,95   | 55    | 2,0      | 8,3                 | 17,9                               | 88,61         | 59,11          | 0,97  | 0,37 | 35,00           | 1,30  | 0,85  | 29,79                            | 0,54 | 1,48    | YOK                   |
|                | 6,45   | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 115,46        | 70,96          | 0,95  | 0,39 | 57,50           | 1,19  | 0,95  | 61,97                            | 0,50 | 1,27    | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 142,31        | 82,81          | 0,94  | 0,41 | 57,50           | 1,10  | 0,95  | 57,73                            | 0,45 | 1,11    | YOK                   |
|                | 9,45   | 31    | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 169,16        | 94,66          | 0,92  | 0,41 | 23,00           | 1,03  | 0,95  | 24,63                            | 0,34 | 0,82    | VAR                   |
|                | 10,95  | 20    | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 196,01        | 106,51         | 0,88  | 0,41 | 17,50           | 0,97  | 1,00  | 19,79                            | 0,25 | 0,62    | VAR                   |
|                | 12,45  | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 222,86        | 118,36         | 0,84  | 0,40 | 57,50           | 0,92  | 1,00  | 51,40                            | 0,38 | 0,94    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 249,71        | 130,21         | 0,80  | 0,39 | 57,50           | 0,88  | 1,00  | 49,24                            | 0,35 | 0,91    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 276,56        | 142,06         | 0,75  | 0,37 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 47,34                            | 0,32 | 0,88    | YOK                   |
| 7.5            | 3,45   | 100   | 2,0      | 8,3                 | 17,9                               | 61,76         | 47,26          | 0,98  | 0,46 | 57,50           | 1,45  | 0,80  | 51,25                            | 0,32 | 0,68    | YOK                   |
|                | 4,95   | 55    | 2,0      | 8,3                 | 17,9                               | 88,61         | 59,11          | 0,97  | 0,53 | 35,00           | 1,30  | 0,85  | 29,79                            | 0,45 | 0,86    | VAR                   |
|                | 6,45   | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 115,46        | 70,96          | 0,95  | 0,57 | 57,50           | 1,19  | 0,95  | 61,97                            | 0,42 | 0,74    | YOK                   |
|                | 7,95   | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 142,31        | 82,81          | 0,94  | 0,59 | 57,50           | 1,10  | 0,95  | 57,73                            | 0,38 | 0,65    | YOK                   |
|                | 9,45   | 31    | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 169,16        | 94,66          | 0,92  | 0,60 | 23,00           | 1,03  | 0,95  | 24,63                            | 0,28 | 0,48    | VAR                   |
|                | 10,95  | 20    | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 196,01        | 106,51         | 0,88  | 0,59 | 17,50           | 0,97  | 1,00  | 19,79                            | 0,21 | 0,36    | VAR                   |
|                | 12,45  | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 222,86        | 118,36         | 0,84  | 0,58 | 57,50           | 0,92  | 1,00  | 51,40                            | 0,32 | 0,55    | YOK                   |
|                | 13,95  | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 249,71        | 130,21         | 0,80  | 0,56 | 57,50           | 0,88  | 1,00  | 49,24                            | 0,29 | 0,53    | YOK                   |
|                | 15,45  | 100   | 2,0      | 32,4                | 17,9                               | 276,56        | 142,06         | 0,75  | 0,53 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 47,34                            | 0,27 | 0,51    | YOK                   |



**Şekil 4.24** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-44 sıvılaşma analizi grafiği

SK-44 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde 10,95m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

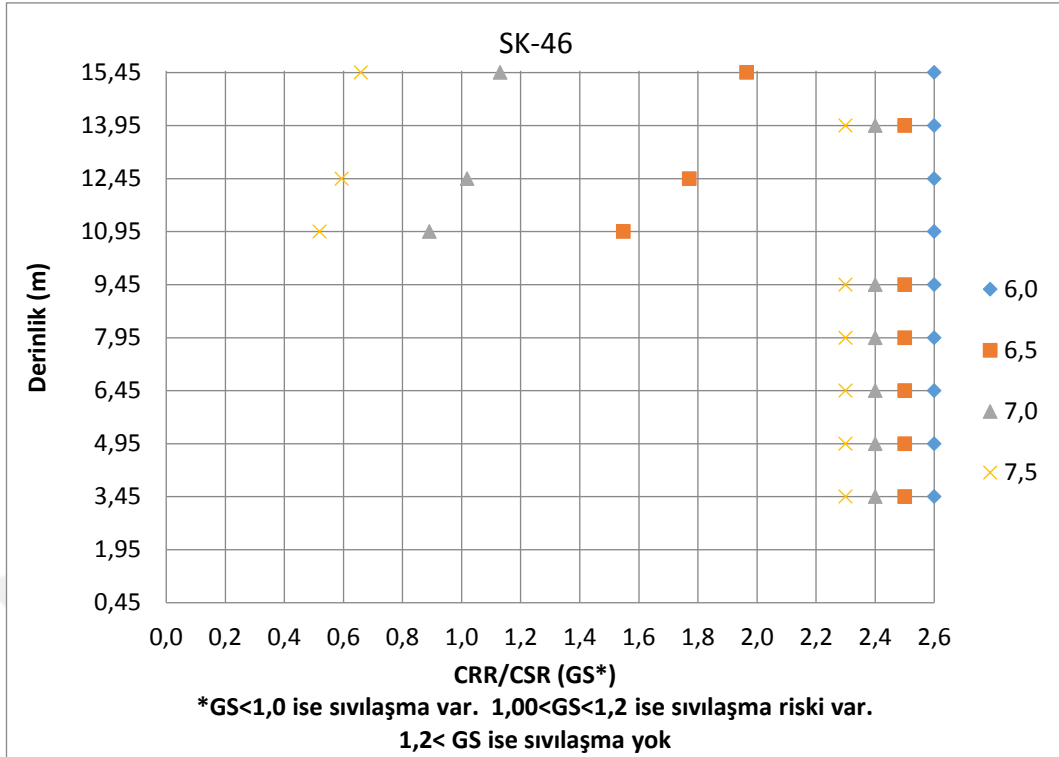
7,00 şiddetindeki depremde 9,45 m ve 10,95 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu diğer tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu

7,50 şiddetindeki depremde, 4,95 m, 9,45 m, 10,95 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu diğer tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

3,45 m, 6,45 m, 7,95 m, 12,45 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

Çizelge 4.25 Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-46 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_E$ | (N) <sub>60k</sub> | CRR  | CRR/CSR | Sivlaşma Potansiyeli |
|----------------|--------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------------|------|---------|----------------------|
| 6,0            | 1,95   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 35,30         | 35,30          | 0,99  | 0,12 | 100,00          | 1,68  | 0,75  | 118,62             | 1,53 | 12,60   | YOK                  |
|                | 3,45   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 62,45         | 62,45          | 0,98  | 0,12 | 100,00          | 1,27  | 0,80  | 96,11              | 1,22 | 10,21   | YOK                  |
|                | 4,95   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 89,60         | 80,10          | 0,97  | 0,13 | 57,50           | 1,12  | 0,85  | 54,15              | 0,61 | 4,63    | YOK                  |
|                | 6,45   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 116,75        | 92,25          | 0,95  | 0,15 | 57,50           | 1,04  | 0,95  | 56,19              | 0,65 | 4,38    | YOK                  |
|                | 7,95   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 143,90        | 104,40         | 0,94  | 0,16 | 57,50           | 0,98  | 0,95  | 53,12              | 0,60 | 3,76    | YOK                  |
|                | 9,45   | 30    | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 171,05        | 116,55         | 0,92  | 0,16 | 22,50           | 0,93  | 0,95  | 22,82              | 0,45 | 2,73    | YOK                  |
|                | 10,95  | 37    | 4,0      | 32,9                | 18,1                               | 198,20        | 128,70         | 0,88  | 0,17 | 26,00           | 0,88  | 1,00  | 25,14              | 0,52 | 3,12    | YOK                  |
|                | 12,45  | 100   | 4,0      | 32,9                | 18,1                               | 225,35        | 140,85         | 0,84  | 0,17 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 47,71              | 0,49 | 2,95    | YOK                  |
|                | 13,95  | 43    | 4,0      | 47,3                | 18,1                               | 252,50        | 153,00         | 0,80  | 0,16 | 29,00           | 0,81  | 1,00  | 26,10              | 0,56 | 3,47    | YOK                  |
|                | 15,45  | 38    | 4,0      | 35,4                | 18,1                               | 279,65        | 165,15         | 0,75  | 0,15 | 26,50           | 0,78  | 1,00  | 23,56              | 0,47 | 3,04    | YOK                  |
| 6,5            | 1,95   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 35,30         | 35,30          | 0,99  | 0,17 | 100,00          | 1,68  | 0,75  | 118,62             | 1,24 | 7,14    | YOK                  |
|                | 3,45   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 62,45         | 62,45          | 0,98  | 0,17 | 100,00          | 1,27  | 0,80  | 96,11              | 1,00 | 5,79    | YOK                  |
|                | 4,95   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 89,60         | 80,10          | 0,97  | 0,19 | 57,50           | 1,12  | 0,85  | 54,15              | 0,50 | 2,62    | YOK                  |
|                | 6,45   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 116,75        | 92,25          | 0,95  | 0,21 | 57,50           | 1,04  | 0,95  | 56,19              | 0,53 | 2,48    | YOK                  |
|                | 7,95   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 143,90        | 104,40         | 0,94  | 0,23 | 57,50           | 0,98  | 0,95  | 53,12              | 0,48 | 2,13    | YOK                  |
|                | 9,45   | 30    | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 171,05        | 116,55         | 0,92  | 0,24 | 22,50           | 0,93  | 0,95  | 22,82              | 0,37 | 1,55    | YOK                  |
|                | 10,95  | 37    | 4,0      | 32,9                | 18,1                               | 198,20        | 128,70         | 0,88  | 0,24 | 26,00           | 0,88  | 1,00  | 25,14              | 0,42 | 1,77    | YOK                  |
|                | 12,45  | 100   | 4,0      | 32,9                | 18,1                               | 225,35        | 140,85         | 0,84  | 0,24 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 47,71              | 0,40 | 1,67    | YOK                  |
|                | 13,95  | 43    | 4,0      | 47,3                | 18,1                               | 252,50        | 153,00         | 0,80  | 0,23 | 29,00           | 0,81  | 1,00  | 26,10              | 0,45 | 1,96    | YOK                  |
|                | 15,45  | 38    | 4,0      | 35,4                | 18,1                               | 279,65        | 165,15         | 0,75  | 0,22 | 26,50           | 0,78  | 1,00  | 23,56              | 0,38 | 1,72    | YOK                  |
| 7,0            | 1,95   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 35,30         | 35,30          | 0,99  | 0,25 | 100,00          | 1,68  | 0,75  | 118,62             | 1,03 | 4,11    | YOK                  |
|                | 3,45   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 62,45         | 62,45          | 0,98  | 0,25 | 100,00          | 1,27  | 0,80  | 96,11              | 0,82 | 3,33    | YOK                  |
|                | 4,95   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 89,60         | 80,10          | 0,97  | 0,27 | 57,50           | 1,12  | 0,85  | 54,15              | 0,41 | 1,51    | YOK                  |
|                | 6,45   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 116,75        | 92,25          | 0,95  | 0,31 | 57,50           | 1,04  | 0,95  | 56,19              | 0,44 | 1,43    | YOK                  |
|                | 7,95   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 143,90        | 104,40         | 0,94  | 0,33 | 57,50           | 0,98  | 0,95  | 53,12              | 0,40 | 1,22    | YOK                  |
|                | 9,45   | 30    | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 171,05        | 116,55         | 0,92  | 0,34 | 22,50           | 0,93  | 0,95  | 22,82              | 0,30 | 0,89    | VAR                  |
|                | 10,95  | 37    | 4,0      | 32,9                | 18,1                               | 198,20        | 128,70         | 0,88  | 0,34 | 26,00           | 0,88  | 1,00  | 25,14              | 0,35 | 1,02    | RİSKLİ               |
|                | 12,45  | 100   | 4,0      | 32,9                | 18,1                               | 225,35        | 140,85         | 0,84  | 0,34 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 47,71              | 0,33 | 0,96    | YOK                  |
|                | 13,95  | 43    | 4,0      | 47,3                | 18,1                               | 252,50        | 153,00         | 0,80  | 0,33 | 29,00           | 0,81  | 1,00  | 26,10              | 0,38 | 1,13    | RİSKLİ               |
|                | 15,45  | 38    | 4,0      | 35,4                | 18,1                               | 279,65        | 165,15         | 0,75  | 0,32 | 26,50           | 0,78  | 1,00  | 23,56              | 0,32 | 0,99    | VAR                  |
| 7,5            | 1,95   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 35,30         | 35,30          | 0,99  | 0,36 | 100,00          | 1,68  | 0,75  | 118,62             | 0,86 | 2,40    | YOK                  |
|                | 3,45   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 62,45         | 62,45          | 0,98  | 0,36 | 100,00          | 1,27  | 0,80  | 96,11              | 0,69 | 1,94    | YOK                  |
|                | 4,95   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 89,60         | 80,10          | 0,97  | 0,39 | 57,50           | 1,12  | 0,85  | 54,15              | 0,35 | 0,88    | YOK                  |
|                | 6,45   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 116,75        | 92,25          | 0,95  | 0,44 | 57,50           | 1,04  | 0,95  | 56,19              | 0,37 | 0,83    | YOK                  |
|                | 7,95   | 100   | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 143,90        | 104,40         | 0,94  | 0,47 | 57,50           | 0,98  | 0,95  | 53,12              | 0,34 | 0,71    | YOK                  |
|                | 9,45   | 30    | 4,0      | 41,5                | 18,1                               | 171,05        | 116,55         | 0,92  | 0,49 | 22,50           | 0,93  | 0,95  | 22,82              | 0,25 | 0,52    | VAR                  |
|                | 10,95  | 37    | 4,0      | 32,9                | 18,1                               | 198,20        | 128,70         | 0,88  | 0,50 | 26,00           | 0,88  | 1,00  | 25,14              | 0,29 | 0,59    | VAR                  |
|                | 12,45  | 100   | 4,0      | 32,9                | 18,1                               | 225,35        | 140,85         | 0,84  | 0,49 | 57,50           | 0,84  | 1,00  | 47,71              | 0,28 | 0,56    | YOK                  |
|                | 13,95  | 43    | 4,0      | 47,3                | 18,1                               | 252,50        | 153,00         | 0,80  | 0,48 | 29,00           | 0,81  | 1,00  | 26,10              | 0,32 | 0,66    | VAR                  |
|                | 15,45  | 38    | 4,0      | 35,4                | 18,1                               | 279,65        | 165,15         | 0,75  | 0,46 | 26,50           | 0,78  | 1,00  | 23,56              | 0,27 | 0,58    | VAR                  |



**Şekil 4.25** Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-46 sıvılaşma analizi grafiği

SK-46 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde  $N_{(60)tk}$  değerinin 30'dan küçük olduğu seviyelerde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 9,45 m ve 15,45 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu  
10,95 m ve 13,95 m seviyelerinde 1,00-1,20 arasında olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 9,45 m, 10,95 m, 13,95 m, 15,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

1,95 m, 3,45 m, 4,95 m, 6,45 m, 7,95 m, 12,45 m seviyelerinde,  $N_{(60)tk}$  30'dan büyük olduğu için bu seviyedeki zeminler tüm deprem şiddetleri için sıvılaşmaz olarak kabul edilmiş ve grafikte yan yana sıralı şekilde gösterilmiştir.

#### 4.1.2 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemi

Tokimatsu ve Yoshimi (1983), devirsel gerilme oranını aşağıdaki gibi hesaplamışlardır.

$$CSR = \frac{a_{maks}}{g} \times \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \times r_d \times r_n \quad (4.8)$$

Burada;

CSR : Deprem nedeniyle oluşan devirsel gerilme oranı

$a_{maks}$  : Zemin yüzeyindeki maksimum yatay yer ivmesi

$g$  : Yerçekimi ivmesi

$\sigma_{vo}$  : Düşey toplam gerilme (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma'_{vo}$  : Düşey efektif gerilme (kN/m<sup>2</sup>)

$r_d$  : Gerilme azaltma katsayısı

$r_n$  : Deprem büyüklüğü düzeltme katsayısıdır.

Gerilme azaltma katsayısı hesabında Iwasaki vd. (1978) tarafından önerilen denklem kullanılmıştır.

$$r_d = 1 - 0,015 \times z \quad (4.9)$$

Bu denklemde z metre cinsinden derinliği ifade etmektedir.

Deprem büyüklüğü düzeltme katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$r_n = 0,1 \times (M - 1) \quad (4.10)$$

Bu denklemde M deprem magnitudüdür.



$a_{maks}$  hesaplanması için Ulusay vd. (2004) tarafından önerilen denklem kullanılmıştır.

$$a_{maks} = 2,18e^{0,0218(33,3M_W - R_e + 7,8427S_A + 18,9282S_B)} \quad (4.11)$$

Burada;

$M_W$  : Deprem magnitüdü

$R_e$  : Deprem odağına olan uzaklık (km)

$S_A, S_B$  : Zeminler için kat sayıdır.

$S_A = 0$  ve  $S_B = 1$  değerleri alınmıştır. (Yumuşak zeminler için)

$R_e = 15$  km alınmıştır. (Çalışma alanının Erzurum fayına olan uzaklığı)

Tokimatsu ve Yoshimi (1983), devirsel direnç oranını aşağıdaki denklemi kullanarak hesaplamışlardır.

$$CRR = a \times C_r \times \left[ \frac{16 \times \sqrt{N_a}}{100} + \left( \frac{16 \times \sqrt{N_a}}{C_s} \right)^n \right] \quad (4.12)$$

Burada;

CRR : Devirsel direnç oranı

$N_a$  : Örtü gerilmesi ve ince tane oranı düzeltilmesi yapılmış SPT-N değeri

$a = 0,45, C_r = 0,57, C_s = 80, n = 14$  denklem sabitleridir.

Tokimatsu ve Yoshimi (1983),  $N_a$  değeri aşağıdaki gibi hesaplamışlardır.

$$N_a = N_1 + \Delta N_f \quad (4.13)$$

$N_a$  : Örtü gerilmesi ve ince tane oranı düzeltilmesi yapılmış SPT-N değeri

$\Delta N_f$  : İnce tane oranı düzeltme faktörü

$N_1$  : Örtü gerilime düzeltilmesi yapılmış SPT-N değeridir.

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yönteminde,  $N_1$  değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$N_1 = \frac{170}{\sigma'_{v0} + 70} \times N \quad (4.14)$$

Burada;

$N_1$  : Örtü gerilime düzeltilmesi yapılmış SPT-N değeri

$N$  : Arazide ölçülen SPT- Ndeğeridir.

$\sigma'_{v0}$  : Düşey efektif gerilme (kN/m<sup>2</sup>)

Tokimatsu ve Yoshimi (1983) tarafından kullanılan SPT düzeneğinin tahmini enerji aktarım oranı %80'dir. Denklemlerde kullanılacak SPT-N değeri bu orana göre düzeltilmelidir.

$(N_1)_{80}$  değeri aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır.

$$(N_1)_{80} = N_1 \times C_R \times C_S \times C_B \times C_E \quad (4.15)$$

Burada;

$(N_1)_{80}$ : %80 enerji oranı ve örtü gerilmesi düzeltilmesi yapılmış SPT-N değeri

$N_1$  : Örtü gerilime düzeltilmesi yapılmış SPT-N değeri

$C_R$  :  $T_{ij}$  uzunluğu düzeltme katsayısı

$C_S$  : Numune alma metodu katsayısı

$C_B$  : Kuyu çapı düzeltme katsayısı

$C_E$  : Enerji oranı düzeltme katsayısıdır

Tij uzunluğu düzeltme katsayısı ( $C_R$ ) Çizelge 3.5'te belirtildiği üzere deneyin yapıldığı seviyeye göre değişmektedir.

Numune alma metodu katsayısı ( $C_S$ ), standart tüp (astarlı) alıcı kullanıldığı için hesaplara 1,0 olarak katılmıştır.

Kuyu çapı düzeltme katsayısı ( $C_B$ ), sondaj delgi çapının 60-120 mm arasında olduğu için hesaplara 1,0 olarak katılmıştır.

Enerji oranı düzeltme katsayısı ( $C_E$ ), çalışmada kullanılan şahmerdan halatlı ve iki tur sarım tipinde olduğu için enerji iletimi ortalama %45'dir. (Çizelge 3.4) Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yönteminde kullanılabilmesi için %80 enerji oranına göre hesaplanması gerekmektedir bu yüzden  $C_E = 45/80 = 0,56$  olarak hesaplanmıştır.

İnce tane oranı düzeltme değişkeni hesaplanma yöntemi Çizelge 3.6'dan alınmıştır.

Güvenlik sayısı (GS) aşağıdaki denklem ile hesaplanarak sıvılaşma potansiyelleri tespit edilmiştir.

$$GS = \frac{CRR}{CSR} \quad (4.16)$$

Burada;

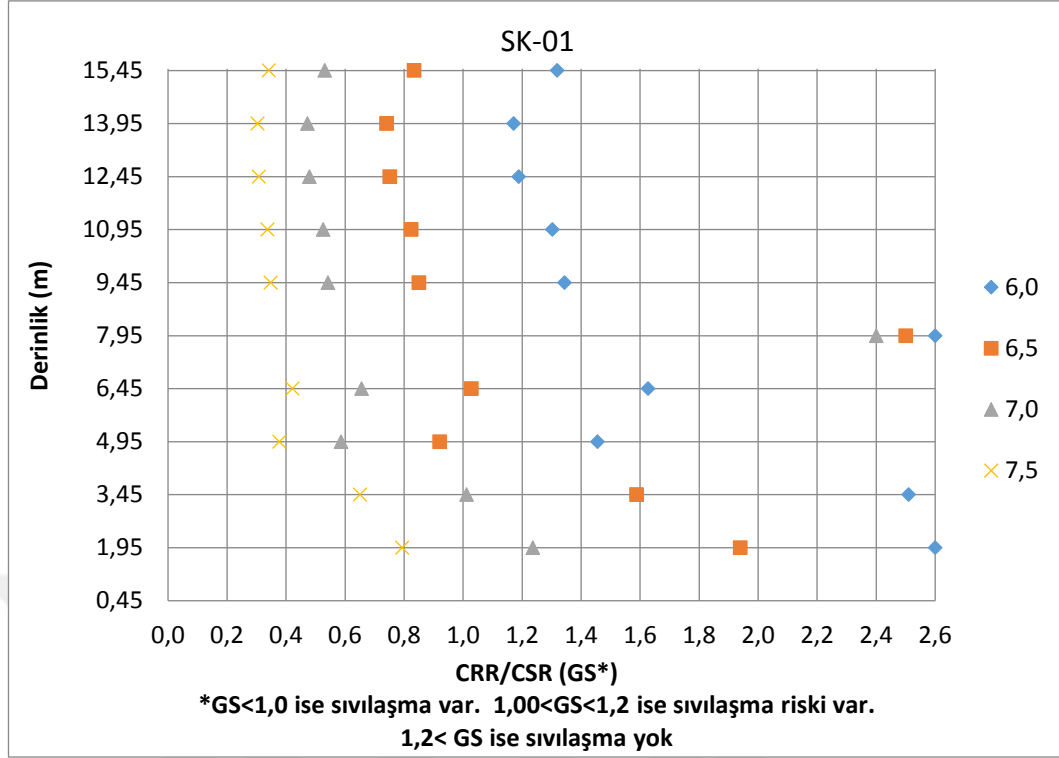
CRR : Devirsel direnç oranı

CSR : Devirsel gerilme oranı

Yüksek lisans tez çalışmasının Çizelge 4.26 ve Şekil 4.26 ile başlayıp, Çizelge 4.50 ve Şekil 4.50'e kadar devam eden kısmında, Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre sondaj kuyularından elde edilen veriler yardımıyla yapılan analiz sonuçları ve yorumlanması yer almaktadır. Yer altı su seviyesi tespit edilmeyen ve kaya zemin olan sondaj kuyularında analiz yapılmamıştır.

Çizelge 4.26 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-01 analiz sonuçları

| Deprem Sıklığı | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | (N <sub>1</sub> ) <sub>80</sub> | $\Delta N_f$ | CRR  | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|---------------------------------|--------------|------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 15    | 1,60     | 78,90               | 18,4                               | 35,88         | 32,38          | 0,97  | 0,10 | 15,00           | 1,66  | 0,75  | 10,46                           | 11,89        | 0,31 | 3,07         | YOK                   |
|                | 3,45       | 17    | 1,60     | 78,90               | 18,4                               | 63,48         | 44,98          | 0,95  | 0,13 | 16,00           | 1,48  | 0,80  | 10,60                           | 11,89        | 0,32 | 2,51         | YOK                   |
|                | 4,95       | 18    | 1,60     | 36,10               | 18,4                               | 91,08         | 57,58          | 0,93  | 0,14 | 16,50           | 1,33  | 0,85  | 10,47                           | 7,61         | 0,20 | 1,46         | YOK                   |
|                | 6,45       | 23    | 1,60     | 36,10               | 18,4                               | 118,68        | 70,18          | 0,90  | 0,14 | 19,00           | 1,21  | 0,95  | 12,26                           | 7,61         | 0,23 | 1,63         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 1,60     | 36,10               | 18,4                               | 146,28        | 82,78          | 0,88  | 0,15 | 57,50           | 1,11  | 0,95  | 34,04                           | 7,61         | 9,40 | 64,03        | YOK                   |
|                | 9,45       | 21    | 1,60     | 40,50               | 18,4                               | 173,88        | 95,38          | 0,86  | 0,15 | 18,00           | 1,03  | 0,95  | 9,84                            | 8,05         | 0,20 | 1,34         | YOK                   |
|                | 10,95      | 20    | 1,60     | 40,50               | 18,4                               | 201,48        | 107,98         | 0,84  | 0,15 | 17,50           | 0,96  | 1,00  | 9,36                            | 8,05         | 0,19 | 1,30         | YOK                   |
|                | 12,45      | 19    | 1,60     | 32,80               | 18,4                               | 229,08        | 120,58         | 0,81  | 0,15 | 17,00           | 0,89  | 1,00  | 8,49                            | 7,28         | 0,17 | 1,19         | RİSKLİ                |
|                | 13,95      | 19    | 1,60     | 32,80               | 18,4                               | 256,68        | 133,18         | 0,79  | 0,14 | 17,00           | 0,84  | 1,00  | 7,97                            | 7,28         | 0,17 | 1,17         | RİSKLİ                |
|                | 15,45      | 29    | 1,60     | 32,80               | 18,4                               | 284,28        | 145,78         | 0,77  | 0,14 | 22,00           | 0,79  | 1,00  | 9,71                            | 7,28         | 0,19 | 1,32         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 15    | 1,60     | 78,90               | 18,4                               | 35,88         | 32,38          | 0,97  | 0,16 | 15,00           | 1,66  | 0,75  | 10,46                           | 11,89        | 0,31 | 1,94         | YOK                   |
|                | 3,45       | 17    | 1,60     | 78,90               | 18,4                               | 63,48         | 44,98          | 0,95  | 0,20 | 16,00           | 1,48  | 0,80  | 10,60                           | 11,89        | 0,32 | 1,59         | YOK                   |
|                | 4,95       | 18    | 1,60     | 36,10               | 18,4                               | 91,08         | 57,58          | 0,93  | 0,22 | 16,50           | 1,33  | 0,85  | 10,47                           | 7,61         | 0,20 | 0,92         | VAR                   |
|                | 6,45       | 23    | 1,60     | 36,10               | 18,4                               | 118,68        | 70,18          | 0,90  | 0,23 | 19,00           | 1,21  | 0,95  | 12,26                           | 7,61         | 0,23 | 1,03         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 100   | 1,60     | 36,10               | 18,4                               | 146,28        | 82,78          | 0,88  | 0,23 | 57,50           | 1,11  | 0,95  | 34,04                           | 7,61         | 9,40 | 40,49        | YOK                   |
|                | 9,45       | 21    | 1,60     | 40,50               | 18,4                               | 173,88        | 95,38          | 0,86  | 0,23 | 18,00           | 1,03  | 0,95  | 9,84                            | 8,05         | 0,20 | 0,85         | VAR                   |
|                | 10,95      | 20    | 1,60     | 40,50               | 18,4                               | 201,48        | 107,98         | 0,84  | 0,23 | 17,50           | 0,96  | 1,00  | 9,36                            | 8,05         | 0,19 | 0,82         | VAR                   |
|                | 12,45      | 19    | 1,60     | 32,80               | 18,4                               | 229,08        | 120,58         | 0,81  | 0,23 | 17,00           | 0,89  | 1,00  | 8,49                            | 7,28         | 0,17 | 0,75         | VAR                   |
|                | 13,95      | 19    | 1,60     | 32,80               | 18,4                               | 256,68        | 133,18         | 0,79  | 0,23 | 17,00           | 0,84  | 1,00  | 7,97                            | 7,28         | 0,17 | 0,74         | VAR                   |
|                | 15,45      | 29    | 1,60     | 32,80               | 18,4                               | 284,28        | 145,78         | 0,77  | 0,22 | 22,00           | 0,79  | 1,00  | 9,71                            | 7,28         | 0,19 | 0,83         | VAR                   |
| 7,00           | 1,95       | 15    | 1,60     | 78,90               | 18,4                               | 35,88         | 32,38          | 0,97  | 0,25 | 15,00           | 1,66  | 0,75  | 10,46                           | 11,89        | 0,31 | 1,24         | YOK                   |
|                | 3,45       | 17    | 1,60     | 78,90               | 18,4                               | 63,48         | 44,98          | 0,95  | 0,31 | 16,00           | 1,48  | 0,80  | 10,60                           | 11,89        | 0,32 | 1,01         | RİSKLİ                |
|                | 4,95       | 18    | 1,60     | 36,10               | 18,4                               | 91,08         | 57,58          | 0,93  | 0,34 | 16,50           | 1,33  | 0,85  | 10,47                           | 7,61         | 0,20 | 0,59         | VAR                   |
|                | 6,45       | 23    | 1,60     | 36,10               | 18,4                               | 118,68        | 70,18          | 0,90  | 0,36 | 19,00           | 1,21  | 0,95  | 12,26                           | 7,61         | 0,23 | 0,66         | VAR                   |
|                | 7,95       | 100   | 1,60     | 36,10               | 18,4                               | 146,28        | 82,78          | 0,88  | 0,36 | 57,50           | 1,11  | 0,95  | 34,04                           | 7,61         | 9,40 | 25,82        | YOK                   |
|                | 9,45       | 21    | 1,60     | 40,50               | 18,4                               | 173,88        | 95,38          | 0,86  | 0,37 | 18,00           | 1,03  | 0,95  | 9,84                            | 8,05         | 0,20 | 0,54         | VAR                   |
|                | 10,95      | 20    | 1,60     | 40,50               | 18,4                               | 201,48        | 107,98         | 0,84  | 0,36 | 17,50           | 0,96  | 1,00  | 9,36                            | 8,05         | 0,19 | 0,53         | VAR                   |
|                | 12,45      | 19    | 1,60     | 32,80               | 18,4                               | 229,08        | 120,58         | 0,81  | 0,36 | 17,00           | 0,89  | 1,00  | 8,49                            | 7,28         | 0,17 | 0,48         | VAR                   |
|                | 13,95      | 19    | 1,60     | 32,80               | 18,4                               | 256,68        | 133,18         | 0,79  | 0,36 | 17,00           | 0,84  | 1,00  | 7,97                            | 7,28         | 0,17 | 0,47         | VAR                   |
|                | 15,45      | 29    | 1,60     | 32,80               | 18,4                               | 284,28        | 145,78         | 0,77  | 0,35 | 22,00           | 0,79  | 1,00  | 9,71                            | 7,28         | 0,19 | 0,53         | VAR                   |
| 7,50           | 1,95       | 15    | 1,60     | 78,90               | 18,4                               | 35,88         | 32,38          | 0,97  | 0,39 | 15,00           | 1,66  | 0,75  | 10,46                           | 11,89        | 0,31 | 0,79         | VAR                   |
|                | 3,45       | 17    | 1,60     | 78,90               | 18,4                               | 63,48         | 44,98          | 0,95  | 0,49 | 16,00           | 1,48  | 0,80  | 10,60                           | 11,89        | 0,32 | 0,65         | VAR                   |
|                | 4,95       | 18    | 1,60     | 36,10               | 18,4                               | 91,08         | 57,58          | 0,93  | 0,53 | 16,50           | 1,33  | 0,85  | 10,47                           | 7,61         | 0,20 | 0,38         | VAR                   |
|                | 6,45       | 23    | 1,60     | 36,10               | 18,4                               | 118,68        | 70,18          | 0,90  | 0,56 | 19,00           | 1,21  | 0,95  | 12,26                           | 7,61         | 0,23 | 0,42         | VAR                   |
|                | 7,95       | 100   | 1,60     | 36,10               | 18,4                               | 146,28        | 82,78          | 0,88  | 0,57 | 57,50           | 1,11  | 0,95  | 34,04                           | 7,61         | 9,40 | 16,58        | YOK                   |
|                | 9,45       | 21    | 1,60     | 40,50               | 18,4                               | 173,88        | 95,38          | 0,86  | 0,57 | 18,00           | 1,03  | 0,95  | 9,84                            | 8,05         | 0,20 | 0,35         | VAR                   |
|                | 10,95      | 20    | 1,60     | 40,50               | 18,4                               | 201,48        | 107,98         | 0,84  | 0,57 | 17,50           | 0,96  | 1,00  | 9,36                            | 8,05         | 0,19 | 0,34         | VAR                   |
|                | 12,45      | 19    | 1,60     | 32,80               | 18,4                               | 229,08        | 120,58         | 0,81  | 0,56 | 17,00           | 0,89  | 1,00  | 8,49                            | 7,28         | 0,17 | 0,31         | VAR                   |
|                | 13,95      | 19    | 1,60     | 32,80               | 18,4                               | 256,68        | 133,18         | 0,79  | 0,56 | 17,00           | 0,84  | 1,00  | 7,97                            | 7,28         | 0,17 | 0,30         | VAR                   |
|                | 15,45      | 29    | 1,60     | 32,80               | 18,4                               | 284,28        | 145,78         | 0,77  | 0,55 | 22,00           | 0,79  | 1,00  | 9,71                            | 7,28         | 0,19 | 0,34         | VAR                   |



**Şekil 4.26** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-01 sıvılaşma analiz grafiği

SK-01 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde 12,45 m ve 13,95 m seviyelerde 1,00-1,20 arasında diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

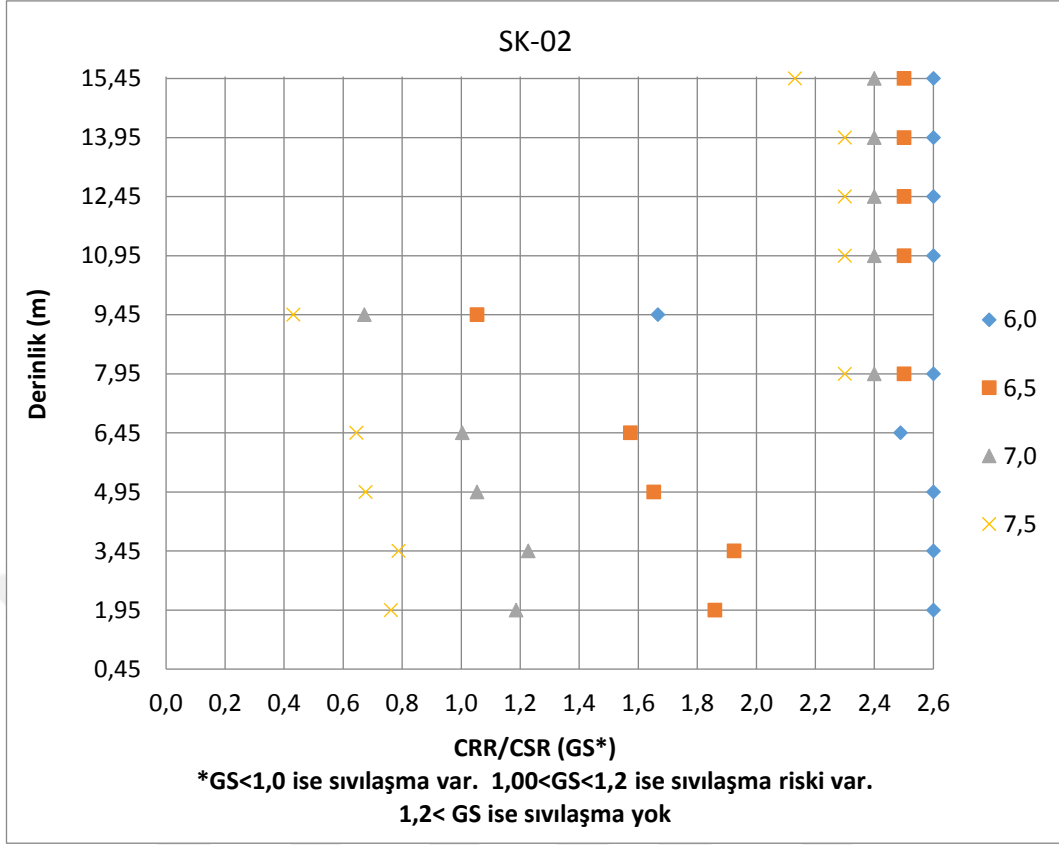
6,50 şiddetindeki depremde 1,95 m, 3,45 m ve 7,95 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu, 6,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde, 1,95 m ve 7,95 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu 3,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 7,95 m seviyesinde 1,20'den büyük, diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.27 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-02 analiz sonuçları

| Deprem Sıklığı | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık ( $\gamma_{sat}$ ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | $(N_1)_{80}$ | $\Delta N_f$ | CRR  | CRR/CSR (GS) | Sivilleşme Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|----------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------|--------------|------|--------------|------------------------|
| 6,00           | 1,95       | 15    | 3,30     | 70,10               | 18,1                             | 35,30         | 35,30          | 0,97  | 0,09 | 15,00           | 1,61  | 0,75  | 10,17        | 11,01        | 0,27 | 2,94         | YOK                    |
|                | 3,45       | 21    | 3,30     | 70,10               | 18,1                             | 62,45         | 60,95          | 0,95  | 0,09 | 18,00           | 1,30  | 0,80  | 10,47        | 11,01        | 0,28 | 3,04         | YOK                    |
|                | 4,95       | 30    | 3,30     | 47,80               | 18,1                             | 89,60         | 73,10          | 0,93  | 0,11 | 22,50           | 1,19  | 0,85  | 12,72        | 8,78         | 0,28 | 2,61         | YOK                    |
|                | 6,45       | 32    | 3,30     | 41,20               | 18,1                             | 116,75        | 85,25          | 0,90  | 0,12 | 23,50           | 1,10  | 0,95  | 13,69        | 8,12         | 0,29 | 2,49         | YOK                    |
|                | 7,95       | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 143,90        | 97,40          | 0,88  | 0,12 | 57,50           | 1,02  | 0,95  | 31,07        | 5,58         | 3,98 | 32,42        | YOK                    |
|                | 9,45       | 37    | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 171,05        | 109,55         | 0,86  | 0,13 | 26,00           | 0,95  | 0,95  | 13,10        | 5,58         | 0,21 | 1,67         | YOK                    |
|                | 10,95      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 198,20        | 121,70         | 0,84  | 0,13 | 57,50           | 0,89  | 1,00  | 28,56        | 5,58         | 2,51 | 19,55        | YOK                    |
|                | 12,45      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 225,35        | 133,85         | 0,81  | 0,13 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 26,85        | 5,58         | 1,82 | 14,10        | YOK                    |
|                | 13,95      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 252,50        | 146,00         | 0,79  | 0,13 | 57,50           | 0,79  | 1,00  | 25,34        | 5,58         | 1,36 | 10,58        | YOK                    |
|                | 15,45      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 279,65        | 158,15         | 0,77  | 0,13 | 57,50           | 0,75  | 1,00  | 23,99        | 5,58         | 1,05 | 8,23         | YOK                    |
| 6,50           | 1,95       | 15    | 3,30     | 70,10               | 18,1                             | 35,30         | 35,30          | 0,97  | 0,14 | 15,00           | 1,61  | 0,75  | 10,17        | 11,01        | 0,27 | 1,86         | YOK                    |
|                | 3,45       | 21    | 3,30     | 70,10               | 18,1                             | 62,45         | 60,95          | 0,95  | 0,14 | 18,00           | 1,30  | 0,80  | 10,47        | 11,01        | 0,28 | 1,92         | YOK                    |
|                | 4,95       | 30    | 3,30     | 47,80               | 18,1                             | 89,60         | 73,10          | 0,93  | 0,17 | 22,50           | 1,19  | 0,85  | 12,72        | 8,78         | 0,28 | 1,65         | YOK                    |
|                | 6,45       | 32    | 3,30     | 41,20               | 18,1                             | 116,75        | 85,25          | 0,90  | 0,18 | 23,50           | 1,10  | 0,95  | 13,69        | 8,12         | 0,29 | 1,57         | YOK                    |
|                | 7,95       | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 143,90        | 97,40          | 0,88  | 0,19 | 57,50           | 1,02  | 0,95  | 31,07        | 5,58         | 3,98 | 20,50        | YOK                    |
|                | 9,45       | 37    | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 171,05        | 109,55         | 0,86  | 0,20 | 26,00           | 0,95  | 0,95  | 13,10        | 5,58         | 0,21 | 1,05         | RİSKLİ                 |
|                | 10,95      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 198,20        | 121,70         | 0,84  | 0,20 | 57,50           | 0,89  | 1,00  | 28,56        | 5,58         | 2,51 | 12,36        | YOK                    |
|                | 12,45      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 225,35        | 133,85         | 0,81  | 0,20 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 26,85        | 5,58         | 1,82 | 8,91         | YOK                    |
|                | 13,95      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 252,50        | 146,00         | 0,79  | 0,20 | 57,50           | 0,79  | 1,00  | 25,34        | 5,58         | 1,36 | 6,69         | YOK                    |
|                | 15,45      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 279,65        | 158,15         | 0,77  | 0,20 | 57,50           | 0,75  | 1,00  | 23,99        | 5,58         | 1,05 | 5,21         | YOK                    |
| 7,00           | 1,95       | 15    | 3,30     | 70,10               | 18,1                             | 35,30         | 35,30          | 0,97  | 0,23 | 15,00           | 1,61  | 0,75  | 10,17        | 11,01        | 0,27 | 1,19         | RİSKLİ                 |
|                | 3,45       | 21    | 3,30     | 70,10               | 18,1                             | 62,45         | 60,95          | 0,95  | 0,23 | 18,00           | 1,30  | 0,80  | 10,47        | 11,01        | 0,28 | 1,23         | YOK                    |
|                | 4,95       | 30    | 3,30     | 47,80               | 18,1                             | 89,60         | 73,10          | 0,93  | 0,27 | 22,50           | 1,19  | 0,85  | 12,72        | 8,78         | 0,28 | 1,05         | RİSKLİ                 |
|                | 6,45       | 32    | 3,30     | 41,20               | 18,1                             | 116,75        | 85,25          | 0,90  | 0,29 | 23,50           | 1,10  | 0,95  | 13,69        | 8,12         | 0,29 | 1,00         | RİSKLİ                 |
|                | 7,95       | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 143,90        | 97,40          | 0,88  | 0,30 | 57,50           | 1,02  | 0,95  | 31,07        | 5,58         | 3,98 | 13,07        | YOK                    |
|                | 9,45       | 37    | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 171,05        | 109,55         | 0,86  | 0,31 | 26,00           | 0,95  | 0,95  | 13,10        | 5,58         | 0,21 | 0,67         | VAR                    |
|                | 10,95      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 198,20        | 121,70         | 0,84  | 0,32 | 57,50           | 0,89  | 1,00  | 28,56        | 5,58         | 2,51 | 7,88         | YOK                    |
|                | 12,45      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 225,35        | 133,85         | 0,81  | 0,32 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 26,85        | 5,58         | 1,82 | 5,68         | YOK                    |
|                | 13,95      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 252,50        | 146,00         | 0,79  | 0,32 | 57,50           | 0,79  | 1,00  | 25,34        | 5,58         | 1,36 | 4,27         | YOK                    |
|                | 15,45      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 279,65        | 158,15         | 0,77  | 0,32 | 57,50           | 0,75  | 1,00  | 23,99        | 5,58         | 1,05 | 3,32         | YOK                    |
| 7,50           | 1,95       | 15    | 3,30     | 70,10               | 18,1                             | 35,30         | 35,30          | 0,97  | 0,35 | 15,00           | 1,61  | 0,75  | 10,17        | 11,01        | 0,27 | 0,76         | VAR                    |
|                | 3,45       | 21    | 3,30     | 70,10               | 18,1                             | 62,45         | 60,95          | 0,95  | 0,35 | 18,00           | 1,30  | 0,80  | 10,47        | 11,01        | 0,28 | 0,79         | VAR                    |
|                | 4,95       | 30    | 3,30     | 47,80               | 18,1                             | 89,60         | 73,10          | 0,93  | 0,41 | 22,50           | 1,19  | 0,85  | 12,72        | 8,78         | 0,28 | 0,68         | VAR                    |
|                | 6,45       | 32    | 3,30     | 41,20               | 18,1                             | 116,75        | 85,25          | 0,90  | 0,45 | 23,50           | 1,10  | 0,95  | 13,69        | 8,12         | 0,29 | 0,64         | VAR                    |
|                | 7,95       | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 143,90        | 97,40          | 0,88  | 0,47 | 57,50           | 1,02  | 0,95  | 31,07        | 5,58         | 3,98 | 8,39         | YOK                    |
|                | 9,45       | 37    | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 171,05        | 109,55         | 0,86  | 0,49 | 26,00           | 0,95  | 0,95  | 13,10        | 5,58         | 0,21 | 0,43         | VAR                    |
|                | 10,95      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 198,20        | 121,70         | 0,84  | 0,50 | 57,50           | 0,89  | 1,00  | 28,56        | 5,58         | 2,51 | 5,06         | YOK                    |
|                | 12,45      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 225,35        | 133,85         | 0,81  | 0,50 | 57,50           | 0,83  | 1,00  | 26,85        | 5,58         | 1,82 | 3,65         | YOK                    |
|                | 13,95      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 252,50        | 146,00         | 0,79  | 0,50 | 57,50           | 0,79  | 1,00  | 25,34        | 5,58         | 1,36 | 2,74         | YOK                    |
|                | 15,45      | 100   | 3,30     | 15,80               | 18,1                             | 279,65        | 158,15         | 0,77  | 0,49 | 57,50           | 0,75  | 1,00  | 23,99        | 5,58         | 1,05 | 2,13         | YOK                    |



**Şekil 4.27** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-02 sivilaşma analiz grafiği

SK-02 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde 9,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

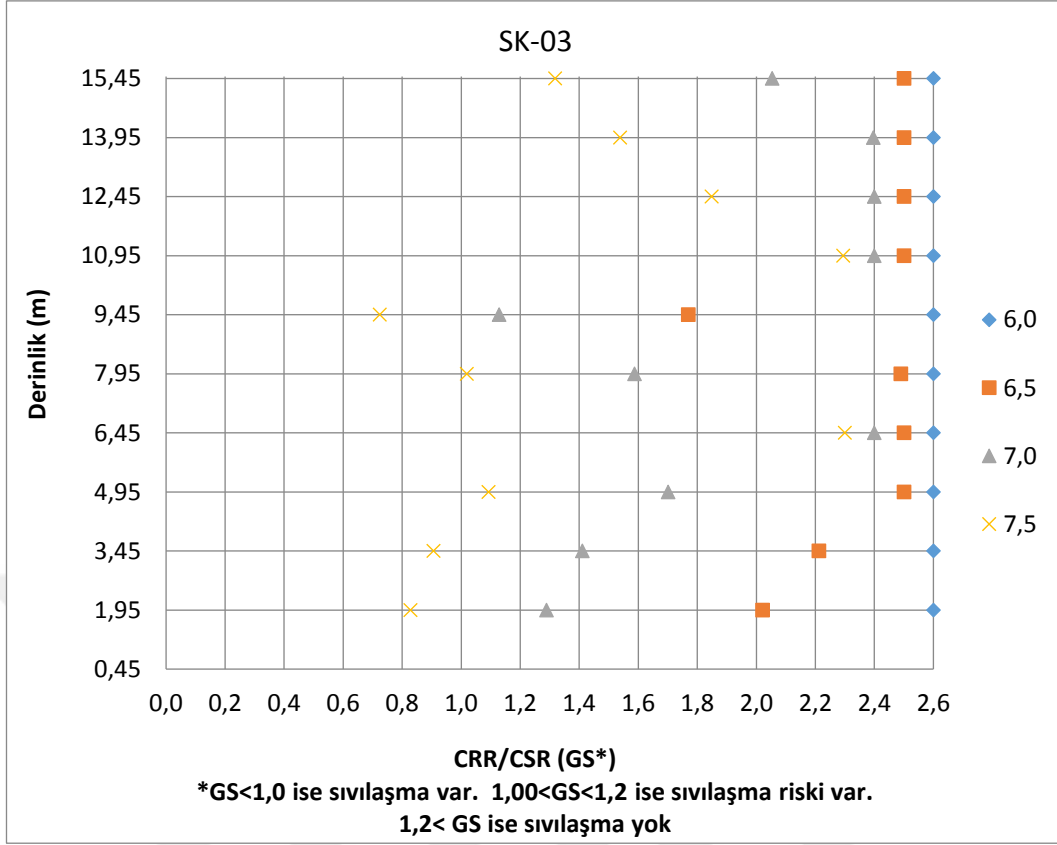
7,00 şiddetindeki depremde 9,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu, 1,95 m, 4,95 m, 6,45 m seviyeleri arasında 1,00-1,20 arasında diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 1,95-6,45 m ve 9,45 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu, diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.28 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-03 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N) <sub>80</sub> | $\Delta N_f$ | CRR   | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|--------------|-------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 17    | 9,60     | 64,10               | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,97  | 0,09 | 17,00           | 1,61           | 0,75           | 11,46             | 10,41        | 0,29  | 3,20         | YOK                   |
|                | 3,45       | 21    | 9,60     | 64,10               | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,09 | 21,00           | 1,27           | 0,80           | 11,98             | 10,41        | 0,31  | 3,50         | YOK                   |
|                | 4,95       | 33    | 9,60     | 29,80               | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,93  | 0,09 | 33,00           | 1,06           | 0,85           | 16,58             | 6,98         | 0,37  | 4,22         | YOK                   |
|                | 6,45       | 100   | 9,60     | 29,80               | 18,4                               | 118,68        | 118,68         | 0,90  | 0,09 | 100,00          | 0,90           | 0,95           | 47,93             | 6,98         | 63,58 | 746,33       | YOK                   |
|                | 7,95       | 37    | 9,60     | 32,50               | 18,4                               | 146,28        | 146,28         | 0,88  | 0,08 | 37,00           | 0,79           | 0,95           | 15,47             | 7,25         | 0,33  | 3,94         | YOK                   |
|                | 9,45       | 35    | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 173,88        | 173,88         | 0,86  | 0,08 | 35,00           | 0,70           | 0,95           | 12,98             | 6,53         | 0,23  | 2,80         | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 201,48        | 187,98         | 0,84  | 0,08 | 57,50           | 0,66           | 1,00           | 21,22             | 6,53         | 0,75  | 8,86         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 229,08        | 200,58         | 0,81  | 0,09 | 57,50           | 0,63           | 1,00           | 20,23             | 6,53         | 0,63  | 7,14         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 256,68        | 213,18         | 0,79  | 0,09 | 57,50           | 0,60           | 1,00           | 19,33             | 6,53         | 0,53  | 5,94         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 284,28        | 225,78         | 0,77  | 0,09 | 57,50           | 0,57           | 1,00           | 18,51             | 6,53         | 0,46  | 5,09         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 17    | 9,60     | 64,10               | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,97  | 0,14 | 17,00           | 1,61           | 0,75           | 11,46             | 10,41        | 0,29  | 2,02         | YOK                   |
|                | 3,45       | 21    | 9,60     | 64,10               | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,14 | 21,00           | 1,27           | 0,80           | 11,98             | 10,41        | 0,31  | 2,21         | YOK                   |
|                | 4,95       | 33    | 9,60     | 29,80               | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,93  | 0,14 | 33,00           | 1,06           | 0,85           | 16,58             | 6,98         | 0,37  | 2,67         | YOK                   |
|                | 6,45       | 100   | 9,60     | 29,80               | 18,4                               | 118,68        | 118,68         | 0,90  | 0,13 | 100,00          | 0,90           | 0,95           | 47,93             | 6,98         | 63,58 | 471,96       | YOK                   |
|                | 7,95       | 37    | 9,60     | 32,50               | 18,4                               | 146,28        | 146,28         | 0,88  | 0,13 | 37,00           | 0,79           | 0,95           | 15,47             | 7,25         | 0,33  | 2,49         | YOK                   |
|                | 9,45       | 35    | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 173,88        | 173,88         | 0,86  | 0,13 | 35,00           | 0,70           | 0,95           | 12,98             | 6,53         | 0,23  | 1,77         | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 201,48        | 187,98         | 0,84  | 0,13 | 57,50           | 0,66           | 1,00           | 21,22             | 6,53         | 0,75  | 5,60         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 229,08        | 200,58         | 0,81  | 0,14 | 57,50           | 0,63           | 1,00           | 20,23             | 6,53         | 0,63  | 4,51         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 256,68        | 213,18         | 0,79  | 0,14 | 57,50           | 0,60           | 1,00           | 19,33             | 6,53         | 0,53  | 3,76         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 284,28        | 225,78         | 0,77  | 0,14 | 57,50           | 0,57           | 1,00           | 18,51             | 6,53         | 0,46  | 3,22         | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 17    | 9,60     | 64,10               | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,97  | 0,23 | 17,00           | 1,61           | 0,75           | 11,46             | 10,41        | 0,29  | 1,29         | YOK                   |
|                | 3,45       | 21    | 9,60     | 64,10               | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,22 | 21,00           | 1,27           | 0,80           | 11,98             | 10,41        | 0,31  | 1,41         | YOK                   |
|                | 4,95       | 33    | 9,60     | 29,80               | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,93  | 0,22 | 33,00           | 1,06           | 0,85           | 16,58             | 6,98         | 0,37  | 1,70         | YOK                   |
|                | 6,45       | 100   | 9,60     | 29,80               | 18,4                               | 118,68        | 118,68         | 0,90  | 0,21 | 100,00          | 0,90           | 0,95           | 47,93             | 6,98         | 63,58 | 300,94       | YOK                   |
|                | 7,95       | 37    | 9,60     | 32,50               | 18,4                               | 146,28        | 146,28         | 0,88  | 0,21 | 37,00           | 0,79           | 0,95           | 15,47             | 7,25         | 0,33  | 1,59         | YOK                   |
|                | 9,45       | 35    | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 173,88        | 173,88         | 0,86  | 0,20 | 35,00           | 0,70           | 0,95           | 12,98             | 6,53         | 0,23  | 1,13         | RİSKLİ                |
|                | 10,95      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 201,48        | 187,98         | 0,84  | 0,21 | 57,50           | 0,66           | 1,00           | 21,22             | 6,53         | 0,75  | 3,57         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 229,08        | 200,58         | 0,81  | 0,22 | 57,50           | 0,63           | 1,00           | 20,23             | 6,53         | 0,63  | 2,88         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 256,68        | 213,18         | 0,79  | 0,22 | 57,50           | 0,60           | 1,00           | 19,33             | 6,53         | 0,53  | 2,40         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 284,28        | 225,78         | 0,77  | 0,23 | 57,50           | 0,57           | 1,00           | 18,51             | 6,53         | 0,46  | 2,05         | YOK                   |
| 7,50           | 1,95       | 17    | 9,60     | 64,10               | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,97  | 0,35 | 17,00           | 1,61           | 0,75           | 11,46             | 10,41        | 0,29  | 0,83         | VAR                   |
|                | 3,45       | 21    | 9,60     | 64,10               | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,35 | 21,00           | 1,27           | 0,80           | 11,98             | 10,41        | 0,31  | 0,91         | VAR                   |
|                | 4,95       | 33    | 9,60     | 29,80               | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,93  | 0,34 | 33,00           | 1,06           | 0,85           | 16,58             | 6,98         | 0,37  | 1,09         | RİSKLİ                |
|                | 6,45       | 100   | 9,60     | 29,80               | 18,4                               | 118,68        | 118,68         | 0,90  | 0,33 | 100,00          | 0,90           | 0,95           | 47,93             | 6,98         | 63,58 | 193,23       | YOK                   |
|                | 7,95       | 37    | 9,60     | 32,50               | 18,4                               | 146,28        | 146,28         | 0,88  | 0,32 | 37,00           | 0,79           | 0,95           | 15,47             | 7,25         | 0,33  | 1,02         | RİSKLİ                |
|                | 9,45       | 35    | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 173,88        | 173,88         | 0,86  | 0,31 | 35,00           | 0,70           | 0,95           | 12,98             | 6,53         | 0,23  | 0,72         | VAR                   |
|                | 10,95      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 201,48        | 187,98         | 0,84  | 0,33 | 57,50           | 0,66           | 1,00           | 21,22             | 6,53         | 0,75  | 2,29         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 229,08        | 200,58         | 0,81  | 0,34 | 57,50           | 0,63           | 1,00           | 20,23             | 6,53         | 0,63  | 1,85         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 256,68        | 213,18         | 0,79  | 0,35 | 57,50           | 0,60           | 1,00           | 19,33             | 6,53         | 0,53  | 1,54         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 9,60     | 25,30               | 18,4                               | 284,28        | 225,78         | 0,77  | 0,35 | 57,50           | 0,57           | 1,00           | 18,51             | 6,53         | 0,46  | 1,32         | YOK                   |





**Şekil 4.28** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-03 sıvılaşma analiz grafiği

SK-03 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

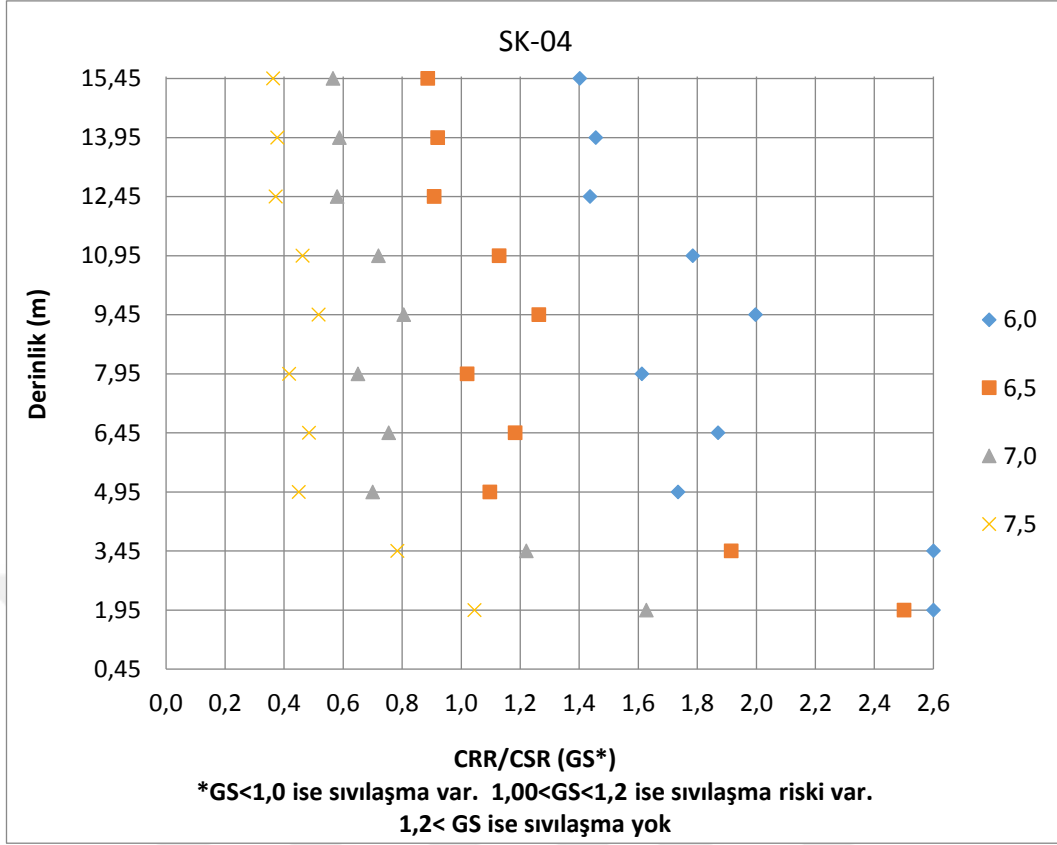
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde, 9,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 1,95 m, 3,45 m, 9,45 m seviyelerde 1,00'den küçük olduğu 4,95 m, 7,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.29 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-04 analiz sonuçları

| Deprem Şiddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $f_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | $(N_f)_{80}$ | $\Delta N_f$ | CRR  | CRR/CSR (GS) | Sivileşme Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------|--------------|------|--------------|-----------------------|
| 6.00           | 1,95       | 19    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,09 | 19,00           | 1,60  | 0,75  | 12,79        | 10,79        | 0,37 | 4,04         | YOK                   |
|                | 3,45       | 23    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 63,83         | 56,33          | 0,95  | 0,10 | 19,00           | 1,35  | 0,80  | 11,45        | 10,79        | 0,31 | 3,03         | YOK                   |
|                | 4,95       | 25    | 2,70     | 24,30               | 18,5                               | 91,58         | 69,08          | 0,93  | 0,12 | 20,00           | 1,22  | 0,85  | 11,64        | 6,43         | 0,20 | 1,74         | YOK                   |
|                | 6,45       | 27    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 119,33        | 81,83          | 0,90  | 0,12 | 21,00           | 1,12  | 0,95  | 12,51        | 7,27         | 0,23 | 1,87         | YOK                   |
|                | 7,95       | 26    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 147,08        | 94,58          | 0,88  | 0,13 | 20,50           | 1,03  | 0,95  | 11,27        | 7,27         | 0,21 | 1,61         | YOK                   |
|                | 9,45       | 36    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 174,83        | 107,33         | 0,86  | 0,13 | 25,50           | 0,96  | 0,95  | 13,01        | 7,98         | 0,26 | 2,00         | YOK                   |
|                | 10,95      | 33    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 202,58        | 120,08         | 0,84  | 0,13 | 24,00           | 0,89  | 1,00  | 12,02        | 7,98         | 0,24 | 1,78         | YOK                   |
|                | 12,45      | 25    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 230,33        | 132,83         | 0,81  | 0,13 | 20,00           | 0,84  | 1,00  | 9,39         | 7,98         | 0,19 | 1,44         | YOK                   |
|                | 13,95      | 28    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 258,08        | 145,58         | 0,79  | 0,13 | 21,50           | 0,79  | 1,00  | 9,49         | 7,98         | 0,19 | 1,46         | YOK                   |
|                | 15,45      | 27    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 285,83        | 158,33         | 0,77  | 0,13 | 21,00           | 0,74  | 1,00  | 8,76         | 7,98         | 0,18 | 1,40         | YOK                   |
| 6.50           | 1,95       | 19    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,14 | 19,00           | 1,60  | 0,75  | 12,79        | 10,79        | 0,37 | 2,55         | YOK                   |
|                | 3,45       | 23    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 63,83         | 56,33          | 0,95  | 0,16 | 19,00           | 1,35  | 0,80  | 11,45        | 10,79        | 0,31 | 1,91         | YOK                   |
|                | 4,95       | 25    | 2,70     | 24,30               | 18,5                               | 91,58         | 69,08          | 0,93  | 0,18 | 20,00           | 1,22  | 0,85  | 11,64        | 6,43         | 0,20 | 1,10         | RİSKLİ                |
|                | 6,45       | 27    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 119,33        | 81,83          | 0,90  | 0,20 | 21,00           | 1,12  | 0,95  | 12,51        | 7,27         | 0,23 | 1,18         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 26    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 147,08        | 94,58          | 0,88  | 0,20 | 20,50           | 1,03  | 0,95  | 11,27        | 7,27         | 0,21 | 1,02         | RİSKLİ                |
|                | 9,45       | 36    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 174,83        | 107,33         | 0,86  | 0,21 | 25,50           | 0,96  | 0,95  | 13,01        | 7,98         | 0,26 | 1,26         | YOK                   |
|                | 10,95      | 33    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 202,58        | 120,08         | 0,84  | 0,21 | 24,00           | 0,89  | 1,00  | 12,02        | 7,98         | 0,24 | 1,13         | RİSKLİ                |
|                | 12,45      | 25    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 230,33        | 132,83         | 0,81  | 0,21 | 20,00           | 0,84  | 1,00  | 9,39         | 7,98         | 0,19 | 0,91         | VAR                   |
|                | 13,95      | 28    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 258,08        | 145,58         | 0,79  | 0,21 | 21,50           | 0,79  | 1,00  | 9,49         | 7,98         | 0,19 | 0,92         | VAR                   |
|                | 15,45      | 27    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 285,83        | 158,33         | 0,77  | 0,21 | 21,00           | 0,74  | 1,00  | 8,76         | 7,98         | 0,18 | 0,89         | VAR                   |
| 7.00           | 1,95       | 19    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,23 | 19,00           | 1,60  | 0,75  | 12,79        | 10,79        | 0,37 | 1,63         | YOK                   |
|                | 3,45       | 23    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 63,83         | 56,33          | 0,95  | 0,25 | 19,00           | 1,35  | 0,80  | 11,45        | 10,79        | 0,31 | 1,22         | YOK                   |
|                | 4,95       | 25    | 2,70     | 24,30               | 18,5                               | 91,58         | 69,08          | 0,93  | 0,29 | 20,00           | 1,22  | 0,85  | 11,64        | 6,43         | 0,20 | 0,70         | VAR                   |
|                | 6,45       | 27    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 119,33        | 81,83          | 0,90  | 0,31 | 21,00           | 1,12  | 0,95  | 12,51        | 7,27         | 0,23 | 0,75         | VAR                   |
|                | 7,95       | 26    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 147,08        | 94,58          | 0,88  | 0,32 | 20,50           | 1,03  | 0,95  | 11,27        | 7,27         | 0,21 | 0,65         | VAR                   |
|                | 9,45       | 36    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 174,83        | 107,33         | 0,86  | 0,33 | 25,50           | 0,96  | 0,95  | 13,01        | 7,98         | 0,26 | 0,81         | VAR                   |
|                | 10,95      | 33    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 202,58        | 120,08         | 0,84  | 0,33 | 24,00           | 0,89  | 1,00  | 12,02        | 7,98         | 0,24 | 0,72         | VAR                   |
|                | 12,45      | 25    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 230,33        | 132,83         | 0,81  | 0,33 | 20,00           | 0,84  | 1,00  | 9,39         | 7,98         | 0,19 | 0,58         | VAR                   |
|                | 13,95      | 28    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 258,08        | 145,58         | 0,79  | 0,33 | 21,50           | 0,79  | 1,00  | 9,49         | 7,98         | 0,19 | 0,59         | VAR                   |
|                | 15,45      | 27    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 285,83        | 158,33         | 0,77  | 0,32 | 21,00           | 0,74  | 1,00  | 8,76         | 7,98         | 0,18 | 0,57         | VAR                   |
| 7.50           | 1,95       | 19    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,35 | 19,00           | 1,60  | 0,75  | 12,79        | 10,79        | 0,37 | 1,05         | RİSKLİ                |
|                | 3,45       | 23    | 2,70     | 67,90               | 18,5                               | 63,83         | 56,33          | 0,95  | 0,39 | 19,00           | 1,35  | 0,80  | 11,45        | 10,79        | 0,31 | 0,78         | VAR                   |
|                | 4,95       | 25    | 2,70     | 24,30               | 18,5                               | 91,58         | 69,08          | 0,93  | 0,45 | 20,00           | 1,22  | 0,85  | 11,64        | 6,43         | 0,20 | 0,45         | VAR                   |
|                | 6,45       | 27    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 119,33        | 81,83          | 0,90  | 0,48 | 21,00           | 1,12  | 0,95  | 12,51        | 7,27         | 0,23 | 0,48         | VAR                   |
|                | 7,95       | 26    | 2,70     | 32,70               | 18,5                               | 147,08        | 94,58          | 0,88  | 0,50 | 20,50           | 1,03  | 0,95  | 11,27        | 7,27         | 0,21 | 0,42         | VAR                   |
|                | 9,45       | 36    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 174,83        | 107,33         | 0,86  | 0,51 | 25,50           | 0,96  | 0,95  | 13,01        | 7,98         | 0,26 | 0,52         | VAR                   |
|                | 10,95      | 33    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 202,58        | 120,08         | 0,84  | 0,51 | 24,00           | 0,89  | 1,00  | 12,02        | 7,98         | 0,24 | 0,46         | VAR                   |
|                | 12,45      | 25    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 230,33        | 132,83         | 0,81  | 0,51 | 20,00           | 0,84  | 1,00  | 9,39         | 7,98         | 0,19 | 0,37         | VAR                   |
|                | 13,95      | 28    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 258,08        | 145,58         | 0,79  | 0,51 | 21,50           | 0,79  | 1,00  | 9,49         | 7,98         | 0,19 | 0,38         | VAR                   |
|                | 15,45      | 27    | 2,70     | 39,80               | 18,5                               | 285,83        | 158,33         | 0,77  | 0,51 | 21,00           | 0,74  | 1,00  | 8,76         | 7,98         | 0,18 | 0,36         | VAR                   |



**Şekil 4.29** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-04 sıvılaşma analiz grafiği

SK-04 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

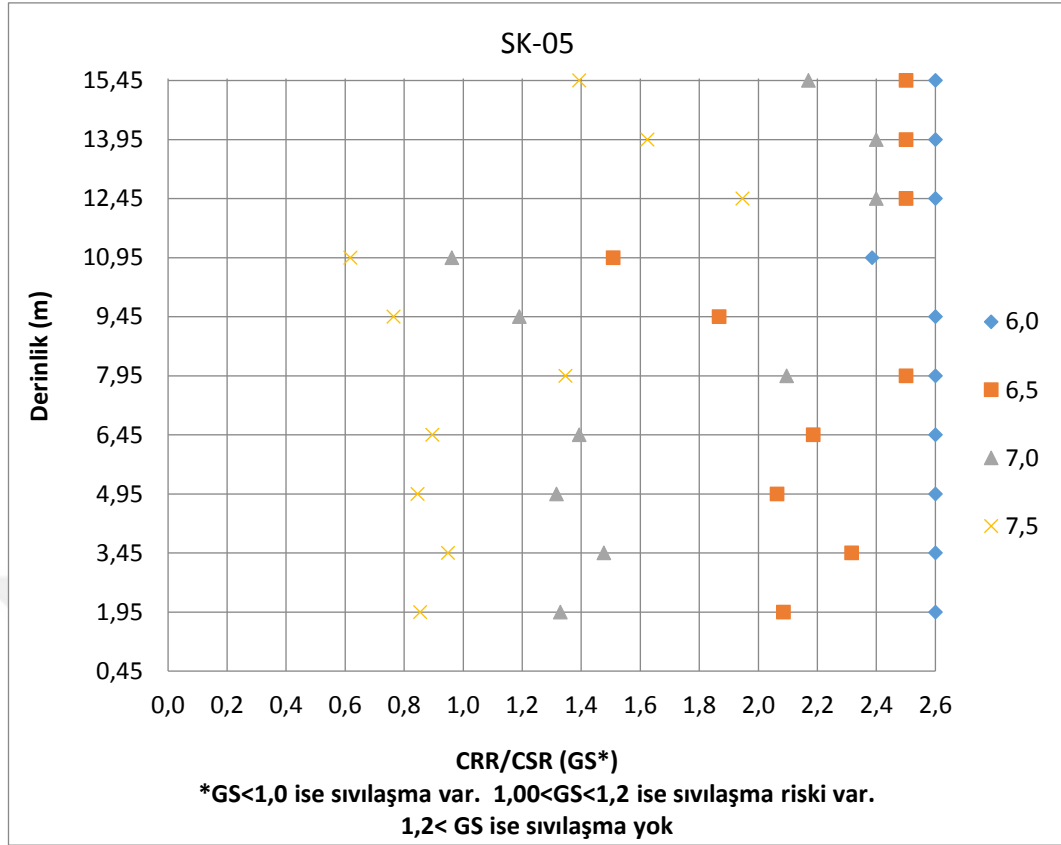
6,50 şiddetindeki depremde 1,95 m, 3,45 m, 9,45 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu, 4,95 m, 6,45 m, 7,95 m, 10,95 m seviyelerinde 1,00-1,20 arasında olduğu 10,95 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 1,95 m, 3,45 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 1,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.30 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-05 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $I_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>80</sub> | $\Delta N_f$ | CRR  | CRR/CSR (GS) | Sivilaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|--------------|------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 16    | 10,00    | 73,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,09 | 16,00           | 1,60           | 0,75           | 10,77                           | 11,35        | 0,30 | 3,30         | YOK                   |
|                | 3,45       | 20    | 10,00    | 73,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,09 | 20,00           | 1,27           | 0,80           | 11,38                           | 11,35        | 0,33 | 3,66         | YOK                   |
|                | 4,95       | 22    | 10,00    | 66,40               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,09 | 22,00           | 1,05           | 0,85           | 11,02                           | 10,64        | 0,28 | 3,26         | YOK                   |
|                | 6,45       | 25    | 10,00    | 59,80               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,09 | 25,00           | 0,90           | 0,95           | 11,94                           | 9,98         | 0,29 | 3,46         | YOK                   |
|                | 7,95       | 39    | 10,00    | 43,40               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,08 | 39,00           | 0,78           | 0,95           | 16,25                           | 8,34         | 0,43 | 5,20         | YOK                   |
|                | 9,45       | 34    | 10,00    | 35,10               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,08 | 34,00           | 0,69           | 0,95           | 12,56                           | 7,51         | 0,24 | 2,95         | YOK                   |
|                | 10,95      | 42    | 10,00    | 35,10               | 18,5                               | 202,58        | 193,08         | 0,84  | 0,08 | 28,50           | 0,65           | 1,00           | 10,31                           | 7,51         | 0,20 | 2,39         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 10,00    | 30,90               | 18,5                               | 230,33        | 205,83         | 0,81  | 0,09 | 57,50           | 0,62           | 1,00           | 19,85                           | 7,09         | 0,65 | 7,52         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 10,00    | 30,90               | 18,5                               | 258,08        | 218,58         | 0,79  | 0,09 | 57,50           | 0,59           | 1,00           | 18,97                           | 7,09         | 0,55 | 6,27         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 10,00    | 30,90               | 18,5                               | 285,83        | 231,33         | 0,77  | 0,09 | 57,50           | 0,56           | 1,00           | 18,17                           | 7,09         | 0,48 | 5,38         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 16    | 10,00    | 73,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,14 | 16,00           | 1,60           | 0,75           | 10,77                           | 11,35        | 0,30 | 2,09         | YOK                   |
|                | 3,45       | 20    | 10,00    | 73,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,14 | 20,00           | 1,27           | 0,80           | 11,38                           | 11,35        | 0,33 | 2,32         | YOK                   |
|                | 4,95       | 22    | 10,00    | 66,40               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,14 | 22,00           | 1,05           | 0,85           | 11,02                           | 10,64        | 0,28 | 2,06         | YOK                   |
|                | 6,45       | 25    | 10,00    | 59,80               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,13 | 25,00           | 0,90           | 0,95           | 11,94                           | 9,98         | 0,29 | 2,19         | YOK                   |
|                | 7,95       | 39    | 10,00    | 43,40               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,13 | 39,00           | 0,78           | 0,95           | 16,25                           | 8,34         | 0,43 | 3,29         | YOK                   |
|                | 9,45       | 34    | 10,00    | 35,10               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,13 | 34,00           | 0,69           | 0,95           | 12,56                           | 7,51         | 0,24 | 1,87         | YOK                   |
|                | 10,95      | 42    | 10,00    | 35,10               | 18,5                               | 202,58        | 193,08         | 0,84  | 0,13 | 28,50           | 0,65           | 1,00           | 10,31                           | 7,51         | 0,20 | 1,51         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 10,00    | 30,90               | 18,5                               | 230,33        | 205,83         | 0,81  | 0,14 | 57,50           | 0,62           | 1,00           | 19,85                           | 7,09         | 0,65 | 4,75         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 10,00    | 30,90               | 18,5                               | 258,08        | 218,58         | 0,79  | 0,14 | 57,50           | 0,59           | 1,00           | 18,97                           | 7,09         | 0,55 | 3,97         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 10,00    | 30,90               | 18,5                               | 285,83        | 231,33         | 0,77  | 0,14 | 57,50           | 0,56           | 1,00           | 18,17                           | 7,09         | 0,48 | 3,40         | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 16    | 10,00    | 73,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,23 | 16,00           | 1,60           | 0,75           | 10,77                           | 11,35        | 0,30 | 1,33         | YOK                   |
|                | 3,45       | 20    | 10,00    | 73,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,22 | 20,00           | 1,27           | 0,80           | 11,38                           | 11,35        | 0,33 | 1,48         | YOK                   |
|                | 4,95       | 22    | 10,00    | 66,40               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,22 | 22,00           | 1,05           | 0,85           | 11,02                           | 10,64        | 0,28 | 1,32         | YOK                   |
|                | 6,45       | 25    | 10,00    | 59,80               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,21 | 25,00           | 0,90           | 0,95           | 11,94                           | 9,98         | 0,29 | 1,39         | YOK                   |
|                | 7,95       | 39    | 10,00    | 43,40               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,21 | 39,00           | 0,78           | 0,95           | 16,25                           | 8,34         | 0,43 | 2,10         | YOK                   |
|                | 9,45       | 34    | 10,00    | 35,10               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,20 | 34,00           | 0,69           | 0,95           | 12,56                           | 7,51         | 0,24 | 1,19         | RISKLI                |
|                | 10,95      | 42    | 10,00    | 35,10               | 18,5                               | 202,58        | 193,08         | 0,84  | 0,21 | 28,50           | 0,65           | 1,00           | 10,31                           | 7,51         | 0,20 | 0,96         | VAR                   |
|                | 12,45      | 100   | 10,00    | 30,90               | 18,5                               | 230,33        | 205,83         | 0,81  | 0,21 | 57,50           | 0,62           | 1,00           | 19,85                           | 7,09         | 0,65 | 3,03         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 10,00    | 30,90               | 18,5                               | 258,08        | 218,58         | 0,79  | 0,22 | 57,50           | 0,59           | 1,00           | 18,97                           | 7,09         | 0,55 | 2,53         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 10,00    | 30,90               | 18,5                               | 285,83        | 231,33         | 0,77  | 0,22 | 57,50           | 0,56           | 1,00           | 18,17                           | 7,09         | 0,48 | 2,17         | YOK                   |
| 7,50           | 1,95       | 16    | 10,00    | 73,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,35 | 16,00           | 1,60           | 0,75           | 10,77                           | 11,35        | 0,30 | 0,85         | VAR                   |
|                | 3,45       | 20    | 10,00    | 73,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,35 | 20,00           | 1,27           | 0,80           | 11,38                           | 11,35        | 0,33 | 0,95         | VAR                   |
|                | 4,95       | 22    | 10,00    | 66,40               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,34 | 22,00           | 1,05           | 0,85           | 11,02                           | 10,64        | 0,28 | 0,84         | VAR                   |
|                | 6,45       | 25    | 10,00    | 59,80               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,33 | 25,00           | 0,90           | 0,95           | 11,94                           | 9,98         | 0,29 | 0,89         | VAR                   |
|                | 7,95       | 39    | 10,00    | 43,40               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,32 | 39,00           | 0,78           | 0,95           | 16,25                           | 8,34         | 0,43 | 1,35         | YOK                   |
|                | 9,45       | 34    | 10,00    | 35,10               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,31 | 34,00           | 0,69           | 0,95           | 12,56                           | 7,51         | 0,24 | 0,76         | VAR                   |
|                | 10,95      | 42    | 10,00    | 35,10               | 18,5                               | 202,58        | 193,08         | 0,84  | 0,32 | 28,50           | 0,65           | 1,00           | 10,31                           | 7,51         | 0,20 | 0,62         | VAR                   |
|                | 12,45      | 100   | 10,00    | 30,90               | 18,5                               | 230,33        | 205,83         | 0,81  | 0,33 | 57,50           | 0,62           | 1,00           | 19,85                           | 7,09         | 0,65 | 1,95         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 10,00    | 30,90               | 18,5                               | 258,08        | 218,58         | 0,79  | 0,34 | 57,50           | 0,59           | 1,00           | 18,97                           | 7,09         | 0,55 | 1,62         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 10,00    | 30,90               | 18,5                               | 285,83        | 231,33         | 0,77  | 0,35 | 57,50           | 0,56           | 1,00           | 18,17                           | 7,09         | 0,48 | 1,39         | YOK                   |



**Şekil 4.30** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-05 sıvılaşma analiz grafiği

SK-05 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

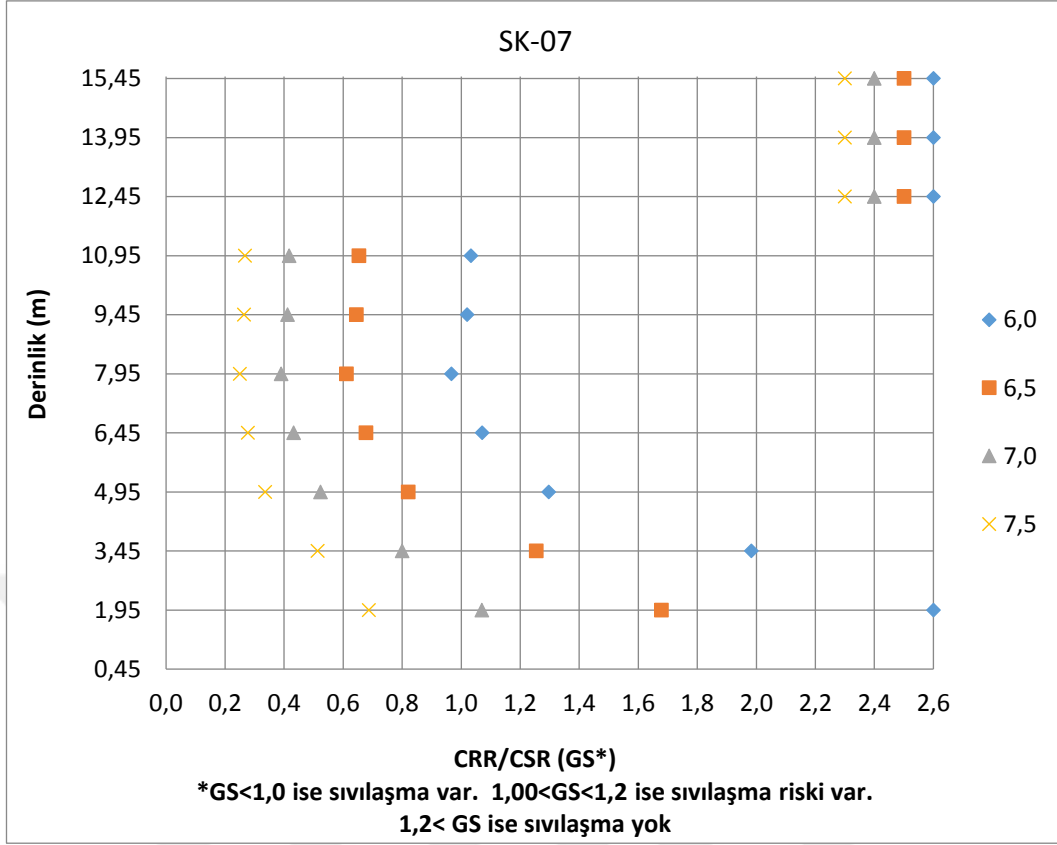
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 9,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu 10,95 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 7,95 m, 12,45 m, 13,95 m, 15,45 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.31 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-07 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | $(N_1)_{80}$ | $\Delta N_f$ | CRR   | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|-----------------------|
|                |            |       |          |                     |                                    |               |                |       |      |                 |       |       |              |              |       |              |                       |
| 6,00           | 1,95       | 15    | 1,90     | 61,90               | 18,3                               | 35,69         | 35,19          | 0,97  | 0,09 | 15,00           | 1,62  | 0,75  | 10,18        | 10,19        | 0,25  | 2,65         | YOK                   |
|                | 3,45       | 15    | 1,90     | 61,90               | 18,3                               | 63,14         | 47,64          | 0,95  | 0,12 | 15,00           | 1,45  | 0,80  | 9,71         | 10,19        | 0,24  | 1,98         | YOK                   |
|                | 4,95       | 18    | 1,90     | 12,50               | 18,3                               | 90,59         | 60,09          | 0,93  | 0,13 | 16,50           | 1,31  | 0,85  | 10,26        | 5,25         | 0,17  | 1,30         | YOK                   |
|                | 6,45       | 20    | 1,90     | 1,60                | 18,3                               | 118,04        | 72,54          | 0,90  | 0,14 | 20,00           | 1,19  | 0,95  | 12,69        | 0,00         | 0,15  | 1,07         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 19    | 1,90     | 1,00                | 18,3                               | 145,49        | 84,99          | 0,88  | 0,14 | 19,00           | 1,10  | 0,95  | 11,09        | 0,00         | 0,14  | 0,97         | VAR                   |
|                | 9,45       | 23    | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 172,94        | 97,44          | 0,86  | 0,14 | 23,00           | 1,02  | 0,95  | 12,42        | 0,00         | 0,15  | 1,02         | RİSKLİ                |
|                | 10,95      | 24    | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 200,39        | 109,89         | 0,84  | 0,14 | 24,00           | 0,95  | 1,00  | 12,70        | 0,00         | 0,15  | 1,03         | RİSKLİ                |
|                | 12,45      | 100   | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 227,84        | 122,34         | 0,81  | 0,14 | 100,00          | 0,88  | 1,00  | 49,50        | 0,00         | 30,88 | 216,16       | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 255,29        | 134,79         | 0,79  | 0,14 | 100,00          | 0,83  | 1,00  | 46,49        | 0,00         | 20,00 | 141,58       | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 282,74        | 147,24         | 0,77  | 0,14 | 100,00          | 0,78  | 1,00  | 43,82        | 0,00         | 13,32 | 95,71        | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 15    | 1,90     | 61,90               | 18,3                               | 35,69         | 35,19          | 0,97  | 0,15 | 15,00           | 1,62  | 0,75  | 10,18        | 10,19        | 0,25  | 1,68         | YOK                   |
|                | 3,45       | 15    | 1,90     | 61,90               | 18,3                               | 63,14         | 47,64          | 0,95  | 0,19 | 15,00           | 1,45  | 0,80  | 9,71         | 10,19        | 0,24  | 1,25         | YOK                   |
|                | 4,95       | 18    | 1,90     | 12,50               | 18,3                               | 90,59         | 60,09          | 0,93  | 0,21 | 16,50           | 1,31  | 0,85  | 10,26        | 5,25         | 0,17  | 0,82         | VAR                   |
|                | 6,45       | 20    | 1,90     | 1,60                | 18,3                               | 118,04        | 72,54          | 0,90  | 0,22 | 20,00           | 1,19  | 0,95  | 12,69        | 0,00         | 0,15  | 0,68         | VAR                   |
|                | 7,95       | 19    | 1,90     | 1,00                | 18,3                               | 145,49        | 84,99          | 0,88  | 0,22 | 19,00           | 1,10  | 0,95  | 11,09        | 0,00         | 0,14  | 0,61         | VAR                   |
|                | 9,45       | 23    | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 172,94        | 97,44          | 0,86  | 0,23 | 23,00           | 1,02  | 0,95  | 12,42        | 0,00         | 0,15  | 0,65         | VAR                   |
|                | 10,95      | 24    | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 200,39        | 109,89         | 0,84  | 0,23 | 24,00           | 0,95  | 1,00  | 12,70        | 0,00         | 0,15  | 0,65         | VAR                   |
|                | 12,45      | 100   | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 227,84        | 122,34         | 0,81  | 0,23 | 100,00          | 0,88  | 1,00  | 49,50        | 0,00         | 30,88 | 136,69       | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 255,29        | 134,79         | 0,79  | 0,22 | 100,00          | 0,83  | 1,00  | 46,49        | 0,00         | 20,00 | 89,53        | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 282,74        | 147,24         | 0,77  | 0,22 | 100,00          | 0,78  | 1,00  | 43,82        | 0,00         | 13,32 | 60,52        | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 15    | 1,90     | 61,90               | 18,3                               | 35,69         | 35,19          | 0,97  | 0,23 | 15,00           | 1,62  | 0,75  | 10,18        | 10,19        | 0,25  | 1,07         | RİSKLİ                |
|                | 3,45       | 15    | 1,90     | 61,90               | 18,3                               | 63,14         | 47,64          | 0,95  | 0,29 | 15,00           | 1,45  | 0,80  | 9,71         | 10,19        | 0,24  | 0,80         | VAR                   |
|                | 4,95       | 18    | 1,90     | 12,50               | 18,3                               | 90,59         | 60,09          | 0,93  | 0,33 | 16,50           | 1,31  | 0,85  | 10,26        | 5,25         | 0,17  | 0,52         | VAR                   |
|                | 6,45       | 20    | 1,90     | 1,60                | 18,3                               | 118,04        | 72,54          | 0,90  | 0,34 | 20,00           | 1,19  | 0,95  | 12,69        | 0,00         | 0,15  | 0,43         | VAR                   |
|                | 7,95       | 19    | 1,90     | 1,00                | 18,3                               | 145,49        | 84,99          | 0,88  | 0,35 | 19,00           | 1,10  | 0,95  | 11,09        | 0,00         | 0,14  | 0,39         | VAR                   |
|                | 9,45       | 23    | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 172,94        | 97,44          | 0,86  | 0,36 | 23,00           | 1,02  | 0,95  | 12,42        | 0,00         | 0,15  | 0,41         | VAR                   |
|                | 10,95      | 24    | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 200,39        | 109,89         | 0,84  | 0,36 | 24,00           | 0,95  | 1,00  | 12,70        | 0,00         | 0,15  | 0,42         | VAR                   |
|                | 12,45      | 100   | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 227,84        | 122,34         | 0,81  | 0,35 | 100,00          | 0,88  | 1,00  | 49,50        | 0,00         | 30,88 | 87,16        | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 255,29        | 134,79         | 0,79  | 0,35 | 100,00          | 0,83  | 1,00  | 46,49        | 0,00         | 20,00 | 57,09        | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 282,74        | 147,24         | 0,77  | 0,35 | 100,00          | 0,78  | 1,00  | 43,82        | 0,00         | 13,32 | 38,59        | YOK                   |
| 7,50           | 1,95       | 15    | 1,90     | 61,90               | 18,3                               | 35,69         | 35,19          | 0,97  | 0,36 | 15,00           | 1,62  | 0,75  | 10,18        | 10,19        | 0,25  | 0,69         | VAR                   |
|                | 3,45       | 15    | 1,90     | 61,90               | 18,3                               | 63,14         | 47,64          | 0,95  | 0,46 | 15,00           | 1,45  | 0,80  | 9,71         | 10,19        | 0,24  | 0,51         | VAR                   |
|                | 4,95       | 18    | 1,90     | 12,50               | 18,3                               | 90,59         | 60,09          | 0,93  | 0,51 | 16,50           | 1,31  | 0,85  | 10,26        | 5,25         | 0,17  | 0,34         | VAR                   |
|                | 6,45       | 20    | 1,90     | 1,60                | 18,3                               | 118,04        | 72,54          | 0,90  | 0,54 | 20,00           | 1,19  | 0,95  | 12,69        | 0,00         | 0,15  | 0,28         | VAR                   |
|                | 7,95       | 19    | 1,90     | 1,00                | 18,3                               | 145,49        | 84,99          | 0,88  | 0,55 | 19,00           | 1,10  | 0,95  | 11,09        | 0,00         | 0,14  | 0,25         | VAR                   |
|                | 9,45       | 23    | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 172,94        | 97,44          | 0,86  | 0,55 | 23,00           | 1,02  | 0,95  | 12,42        | 0,00         | 0,15  | 0,26         | VAR                   |
|                | 10,95      | 24    | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 200,39        | 109,89         | 0,84  | 0,56 | 24,00           | 0,95  | 1,00  | 12,70        | 0,00         | 0,15  | 0,27         | VAR                   |
|                | 12,45      | 100   | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 227,84        | 122,34         | 0,81  | 0,55 | 100,00          | 0,88  | 1,00  | 49,50        | 0,00         | 30,88 | 55,96        | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 255,29        | 134,79         | 0,79  | 0,55 | 100,00          | 0,83  | 1,00  | 46,49        | 0,00         | 20,00 | 36,66        | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 1,90     | 0,10                | 18,3                               | 282,74        | 147,24         | 0,77  | 0,54 | 100,00          | 0,78  | 1,00  | 43,82        | 0,00         | 13,32 | 24,78        | YOK                   |



**Şekil 4.31** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-07 sivilaşma analiz grafiği

SK-07 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde 7,95 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu 6,45 m, 9,45m, 10,95m seviyelerinde 1,00-1,200 arasında diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde 4,95-9,45 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

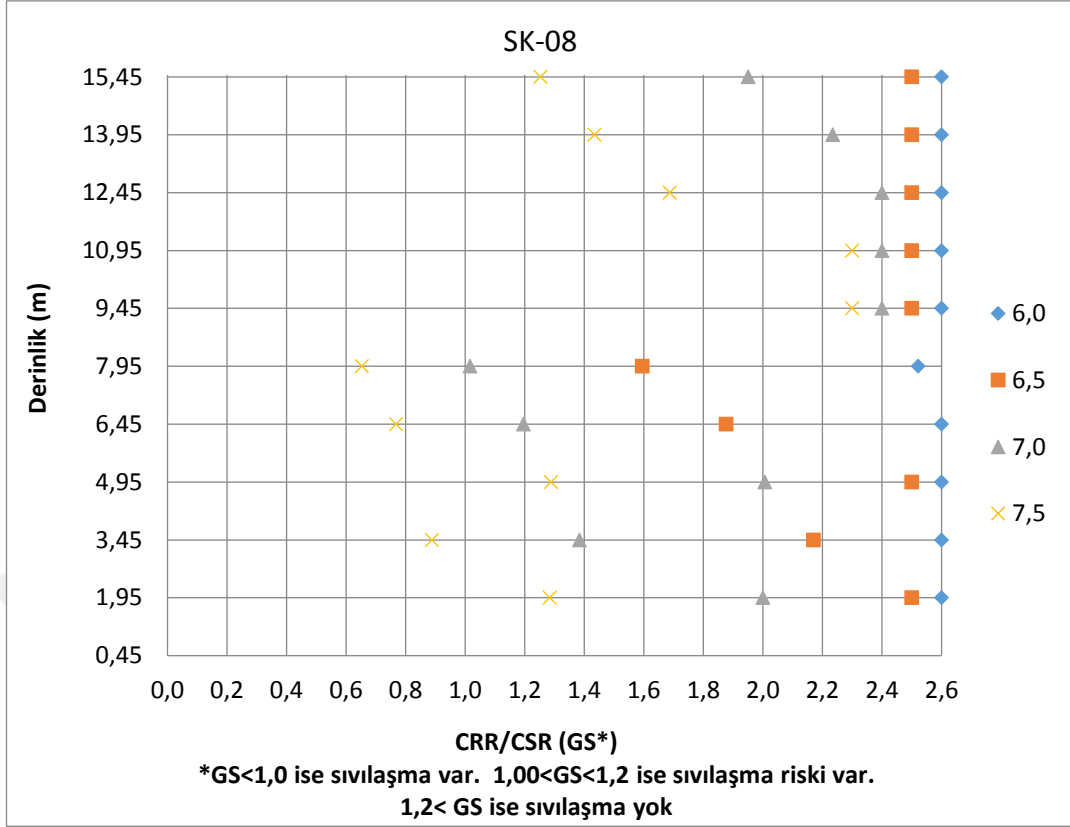
7,00 şiddetindeki depremde 1,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında 3,45-10,95 m seviyeleri arasında 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 12,45-15,45 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00' den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.32 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-08 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>80</sub> | $\Delta N_f$ | CRR   | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|--------------|-------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 20    | 11,50    | 74,60               | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,09 | 20,00           | 1,60           | 0,75           | 13,44                           | 11,46        | 0,45  | 4,96         | YOK                   |
|                | 3,45       | 19    | 11,50    | 74,60               | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,09 | 19,00           | 1,27           | 0,80           | 10,79                           | 11,46        | 0,31  | 3,43         | YOK                   |
|                | 4,95       | 33    | 11,50    | 41,50               | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,09 | 33,00           | 1,05           | 0,85           | 16,48                           | 8,15         | 0,43  | 4,98         | YOK                   |
|                | 6,45       | 28    | 11,50    | 32,80               | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,90  | 0,09 | 28,00           | 0,89           | 0,95           | 13,33                           | 7,28         | 0,25  | 2,97         | YOK                   |
|                | 7,95       | 28    | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,08 | 28,00           | 0,78           | 0,95           | 11,62                           | 6,98         | 0,21  | 2,52         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,86  | 0,08 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,80                           | 6,98         | 13,22 | 163,37       | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 203,67        | 203,67         | 0,84  | 0,08 | 100,00          | 0,62           | 1,00           | 34,79                           | 6,98         | 9,58  | 121,57       | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 231,57        | 222,07         | 0,81  | 0,08 | 57,50           | 0,58           | 1,00           | 18,74                           | 6,98         | 0,52  | 6,52         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 259,47        | 234,97         | 0,79  | 0,08 | 57,50           | 0,56           | 1,00           | 17,95                           | 6,98         | 0,46  | 5,54         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 287,37        | 247,87         | 0,77  | 0,08 | 57,50           | 0,53           | 1,00           | 17,22                           | 6,98         | 0,41  | 4,84         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 20    | 11,50    | 74,60               | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,14 | 20,00           | 1,60           | 0,75           | 13,44                           | 11,46        | 0,45  | 3,14         | YOK                   |
|                | 3,45       | 19    | 11,50    | 74,60               | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,14 | 19,00           | 1,27           | 0,80           | 10,79                           | 11,46        | 0,31  | 2,17         | YOK                   |
|                | 4,95       | 33    | 11,50    | 41,50               | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,14 | 33,00           | 1,05           | 0,85           | 16,48                           | 8,15         | 0,43  | 3,15         | YOK                   |
|                | 6,45       | 28    | 11,50    | 32,80               | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,90  | 0,13 | 28,00           | 0,89           | 0,95           | 13,33                           | 7,28         | 0,25  | 1,88         | YOK                   |
|                | 7,95       | 28    | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,13 | 28,00           | 0,78           | 0,95           | 11,62                           | 6,98         | 0,21  | 1,59         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,86  | 0,13 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,80                           | 6,98         | 13,22 | 103,31       | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 203,67        | 203,67         | 0,84  | 0,12 | 100,00          | 0,62           | 1,00           | 34,79                           | 6,98         | 9,58  | 76,88        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 231,57        | 222,07         | 0,81  | 0,13 | 57,50           | 0,58           | 1,00           | 18,74                           | 6,98         | 0,52  | 4,12         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 259,47        | 234,97         | 0,79  | 0,13 | 57,50           | 0,56           | 1,00           | 17,95                           | 6,98         | 0,46  | 3,50         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 287,37        | 247,87         | 0,77  | 0,13 | 57,50           | 0,53           | 1,00           | 17,22                           | 6,98         | 0,41  | 3,06         | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 20    | 11,50    | 74,60               | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,23 | 20,00           | 1,60           | 0,75           | 13,44                           | 11,46        | 0,45  | 2,00         | YOK                   |
|                | 3,45       | 19    | 11,50    | 74,60               | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,22 | 19,00           | 1,27           | 0,80           | 10,79                           | 11,46        | 0,31  | 1,38         | YOK                   |
|                | 4,95       | 33    | 11,50    | 41,50               | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,22 | 33,00           | 1,05           | 0,85           | 16,48                           | 8,15         | 0,43  | 2,01         | YOK                   |
|                | 6,45       | 28    | 11,50    | 32,80               | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,90  | 0,21 | 28,00           | 0,89           | 0,95           | 13,33                           | 7,28         | 0,25  | 1,20         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 28    | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,21 | 28,00           | 0,78           | 0,95           | 11,62                           | 6,98         | 0,21  | 1,02         | RİSKLİ                |
|                | 9,45       | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,86  | 0,20 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,80                           | 6,98         | 13,22 | 65,87        | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 203,67        | 203,67         | 0,84  | 0,20 | 100,00          | 0,62           | 1,00           | 34,79                           | 6,98         | 9,58  | 49,02        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 231,57        | 222,07         | 0,81  | 0,20 | 57,50           | 0,58           | 1,00           | 18,74                           | 6,98         | 0,52  | 2,63         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 259,47        | 234,97         | 0,79  | 0,20 | 57,50           | 0,56           | 1,00           | 17,95                           | 6,98         | 0,46  | 2,23         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 287,37        | 247,87         | 0,77  | 0,21 | 57,50           | 0,53           | 1,00           | 17,22                           | 6,98         | 0,41  | 1,95         | YOK                   |
| 7,50           | 1,95       | 20    | 11,50    | 74,60               | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,35 | 20,00           | 1,60           | 0,75           | 13,44                           | 11,46        | 0,45  | 1,28         | YOK                   |
|                | 3,45       | 19    | 11,50    | 74,60               | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,35 | 19,00           | 1,27           | 0,80           | 10,79                           | 11,46        | 0,31  | 0,89         | VAR                   |
|                | 4,95       | 33    | 11,50    | 41,50               | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,34 | 33,00           | 1,05           | 0,85           | 16,48                           | 8,15         | 0,43  | 1,29         | YOK                   |
|                | 6,45       | 28    | 11,50    | 32,80               | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,90  | 0,33 | 28,00           | 0,89           | 0,95           | 13,33                           | 7,28         | 0,25  | 0,77         | VAR                   |
|                | 7,95       | 28    | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,32 | 28,00           | 0,78           | 0,95           | 11,62                           | 6,98         | 0,21  | 0,65         | VAR                   |
|                | 9,45       | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,86  | 0,31 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,80                           | 6,98         | 13,22 | 42,30        | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 203,67        | 203,67         | 0,84  | 0,30 | 100,00          | 0,62           | 1,00           | 34,79                           | 6,98         | 9,58  | 31,48        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 231,57        | 222,07         | 0,81  | 0,31 | 57,50           | 0,58           | 1,00           | 18,74                           | 6,98         | 0,52  | 1,69         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 259,47        | 234,97         | 0,79  | 0,32 | 57,50           | 0,56           | 1,00           | 17,95                           | 6,98         | 0,46  | 1,43         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 11,50    | 29,80               | 18,6                               | 287,37        | 247,87         | 0,77  | 0,32 | 57,50           | 0,53           | 1,00           | 17,22                           | 6,98         | 0,41  | 1,25         | YOK                   |





**Şekil 4.32** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-08 sivilaşma analiz grafiği

SK-08 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

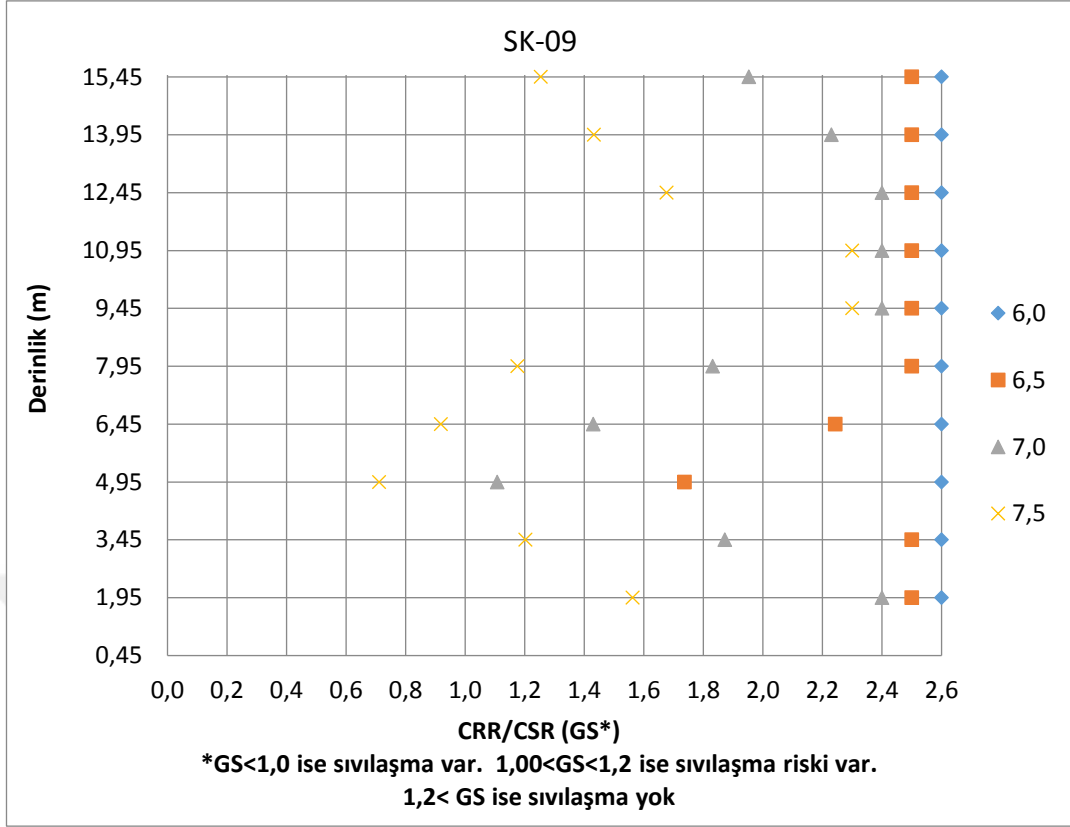
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 6,45 m, 7,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 3,45 m, 6,45 m, 7,95 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.33 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-09 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>80</sub> | $\Delta N_f$ | CRR   | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|--------------|-------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 22    | 12,00    | 72,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,09 | 22,00           | 1,60           | 0,75           | 14,81                           | 11,25        | 0,55  | 6,03         | YOK                   |
|                | 3,45       | 23    | 12,00    | 72,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,09 | 23,00           | 1,27           | 0,80           | 13,09                           | 11,25        | 0,42  | 4,64         | YOK                   |
|                | 4,95       | 25    | 12,00    | 35,80               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,09 | 25,00           | 1,05           | 0,85           | 12,52                           | 7,58         | 0,24  | 2,75         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 12,00    | 28,40               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,09 | 32,00           | 0,90           | 0,95           | 15,29                           | 6,84         | 0,30  | 3,55         | YOK                   |
|                | 7,95       | 40    | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,08 | 40,00           | 0,78           | 0,95           | 16,67                           | 7,05         | 0,38  | 4,54         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,08 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,94                           | 7,05         | 13,67 | 168,88       | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 202,58        | 202,58         | 0,84  | 0,08 | 100,00          | 0,62           | 1,00           | 34,93                           | 7,05         | 9,92  | 125,80       | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 230,33        | 225,83         | 0,81  | 0,08 | 57,50           | 0,57           | 1,00           | 18,50                           | 7,05         | 0,51  | 6,47         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 258,08        | 238,58         | 0,79  | 0,08 | 57,50           | 0,55           | 1,00           | 17,74                           | 7,05         | 0,45  | 5,53         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 285,83        | 251,33         | 0,77  | 0,08 | 57,50           | 0,53           | 1,00           | 17,04                           | 7,05         | 0,40  | 4,84         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 22    | 12,00    | 72,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,14 | 22,00           | 1,60           | 0,75           | 14,81                           | 11,25        | 0,55  | 3,82         | YOK                   |
|                | 3,45       | 23    | 12,00    | 72,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,14 | 23,00           | 1,27           | 0,80           | 13,09                           | 11,25        | 0,42  | 2,94         | YOK                   |
|                | 4,95       | 25    | 12,00    | 35,80               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,14 | 25,00           | 1,05           | 0,85           | 12,52                           | 7,58         | 0,24  | 1,74         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 12,00    | 28,40               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,13 | 32,00           | 0,90           | 0,95           | 15,29                           | 6,84         | 0,30  | 2,24         | YOK                   |
|                | 7,95       | 40    | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,13 | 40,00           | 0,78           | 0,95           | 16,67                           | 7,05         | 0,38  | 2,87         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,13 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,94                           | 7,05         | 13,67 | 106,79       | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 202,58        | 202,58         | 0,84  | 0,12 | 100,00          | 0,62           | 1,00           | 34,93                           | 7,05         | 9,92  | 79,55        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 230,33        | 225,83         | 0,81  | 0,12 | 57,50           | 0,57           | 1,00           | 18,50                           | 7,05         | 0,51  | 4,09         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 258,08        | 238,58         | 0,79  | 0,13 | 57,50           | 0,55           | 1,00           | 17,74                           | 7,05         | 0,45  | 3,50         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 285,83        | 251,33         | 0,77  | 0,13 | 57,50           | 0,53           | 1,00           | 17,04                           | 7,05         | 0,40  | 3,06         | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 22    | 12,00    | 72,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,23 | 22,00           | 1,60           | 0,75           | 14,81                           | 11,25        | 0,55  | 2,43         | YOK                   |
|                | 3,45       | 23    | 12,00    | 72,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,22 | 23,00           | 1,27           | 0,80           | 13,09                           | 11,25        | 0,42  | 1,87         | YOK                   |
|                | 4,95       | 25    | 12,00    | 35,80               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,22 | 25,00           | 1,05           | 0,85           | 12,52                           | 7,58         | 0,24  | 1,11         | RİSKLİ                |
|                | 6,45       | 32    | 12,00    | 28,40               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,21 | 32,00           | 0,90           | 0,95           | 15,29                           | 6,84         | 0,30  | 1,43         | YOK                   |
|                | 7,95       | 40    | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,21 | 40,00           | 0,78           | 0,95           | 16,67                           | 7,05         | 0,38  | 1,83         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,20 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,94                           | 7,05         | 13,67 | 68,10        | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 202,58        | 202,58         | 0,84  | 0,20 | 100,00          | 0,62           | 1,00           | 34,93                           | 7,05         | 9,92  | 50,73        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 230,33        | 225,83         | 0,81  | 0,19 | 57,50           | 0,57           | 1,00           | 18,50                           | 7,05         | 0,51  | 2,61         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 258,08        | 238,58         | 0,79  | 0,20 | 57,50           | 0,55           | 1,00           | 17,74                           | 7,05         | 0,45  | 2,23         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 285,83        | 251,33         | 0,77  | 0,20 | 57,50           | 0,53           | 1,00           | 17,04                           | 7,05         | 0,40  | 1,95         | YOK                   |
| 7,50           | 1,95       | 22    | 12,00    | 72,50               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,35 | 22,00           | 1,60           | 0,75           | 14,81                           | 11,25        | 0,55  | 1,56         | YOK                   |
|                | 3,45       | 23    | 12,00    | 72,50               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,35 | 23,00           | 1,27           | 0,80           | 13,09                           | 11,25        | 0,42  | 1,20         | YOK                   |
|                | 4,95       | 25    | 12,00    | 35,80               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,34 | 25,00           | 1,05           | 0,85           | 12,52                           | 7,58         | 0,24  | 0,71         | VAR                   |
|                | 6,45       | 32    | 12,00    | 28,40               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,33 | 32,00           | 0,90           | 0,95           | 15,29                           | 6,84         | 0,30  | 0,92         | VAR                   |
|                | 7,95       | 40    | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,32 | 40,00           | 0,78           | 0,95           | 16,67                           | 7,05         | 0,38  | 1,18         | RİSKLİ                |
|                | 9,45       | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,31 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,94                           | 7,05         | 13,67 | 43,72        | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 202,58        | 202,58         | 0,84  | 0,30 | 100,00          | 0,62           | 1,00           | 34,93                           | 7,05         | 9,92  | 32,57        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 230,33        | 225,83         | 0,81  | 0,30 | 57,50           | 0,57           | 1,00           | 18,50                           | 7,05         | 0,51  | 1,68         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 258,08        | 238,58         | 0,79  | 0,31 | 57,50           | 0,55           | 1,00           | 17,74                           | 7,05         | 0,45  | 1,43         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 12,00    | 30,50               | 18,5                               | 285,83        | 251,33         | 0,77  | 0,32 | 57,50           | 0,53           | 1,00           | 17,04                           | 7,05         | 0,40  | 1,25         | YOK                   |



**Şekil 4.33** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-09 sıvılaşma analiz grafiği

SK-09 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

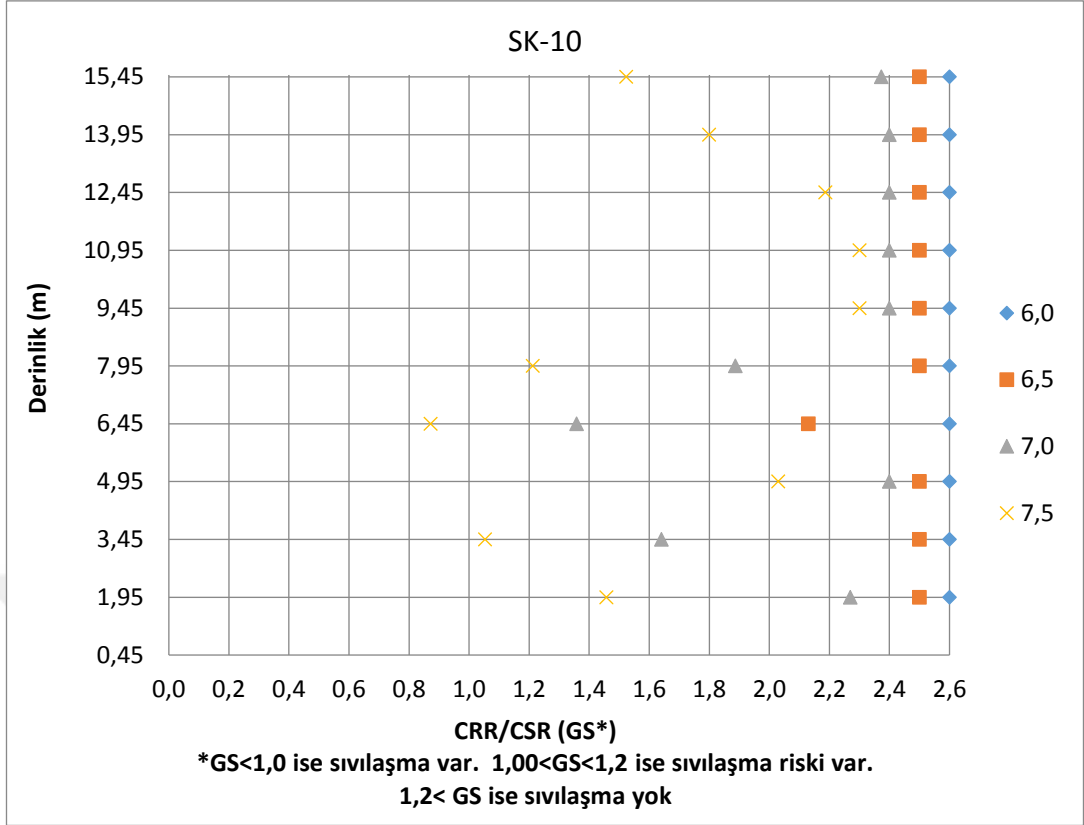
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 4,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 4,95 m, 6,45 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu 7,95m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.34 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-10 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | $(N_i)_{80}$ | $\Delta N_i$ | CRR  | CRR/CSR (GS) | Sivilaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------|--------------|------|--------------|-----------------------|
|                |            |       |          |                     |                                    |               |                |       |      |                 |       |       |              |              |      |              |                       |
| 6,00           | 1,95       | 21    | 9,00     | 75,20               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,09 | 21,00           | 1,60  | 0,75  | 14,14        | 11,52        | 0,52 | 5,63         | YOK                   |
|                | 3,45       | 21    | 9,00     | 75,20               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,09 | 21,00           | 1,27  | 0,80  | 11,95        | 11,52        | 0,36 | 4,07         | YOK                   |
|                | 4,95       | 38    | 9,00     | 42,30               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,09 | 38,00           | 1,05  | 0,85  | 19,03        | 8,23         | 0,68 | 7,84         | YOK                   |
|                | 6,45       | 29    | 9,00     | 38,60               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,09 | 29,00           | 0,90  | 0,95  | 13,85        | 7,86         | 0,29 | 3,37         | YOK                   |
|                | 7,95       | 40    | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,08 | 40,00           | 0,78  | 0,95  | 16,67        | 7,25         | 0,39 | 4,68         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 174,83        | 170,33         | 0,86  | 0,08 | 57,50           | 0,71  | 0,95  | 21,64        | 7,25         | 0,93 | 11,15        | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 202,58        | 183,08         | 0,84  | 0,09 | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 21,63        | 7,25         | 0,92 | 10,60        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 230,33        | 195,83         | 0,81  | 0,09 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 20,59        | 7,25         | 0,76 | 8,44         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 258,08        | 208,58         | 0,79  | 0,09 | 57,50           | 0,61  | 1,00  | 19,65        | 7,25         | 0,64 | 6,95         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 285,83        | 221,33         | 0,77  | 0,09 | 57,50           | 0,58  | 1,00  | 18,79        | 7,25         | 0,55 | 5,88         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 21    | 9,00     | 75,20               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,14 | 21,00           | 1,60  | 0,75  | 14,14        | 11,52        | 0,52 | 3,56         | YOK                   |
|                | 3,45       | 21    | 9,00     | 75,20               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,14 | 21,00           | 1,27  | 0,80  | 11,95        | 11,52        | 0,36 | 2,57         | YOK                   |
|                | 4,95       | 38    | 9,00     | 42,30               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,14 | 38,00           | 1,05  | 0,85  | 19,03        | 8,23         | 0,68 | 4,96         | YOK                   |
|                | 6,45       | 29    | 9,00     | 38,60               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,13 | 29,00           | 0,90  | 0,95  | 13,85        | 7,86         | 0,29 | 2,13         | YOK                   |
|                | 7,95       | 40    | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,13 | 40,00           | 0,78  | 0,95  | 16,67        | 7,25         | 0,39 | 2,96         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 174,83        | 170,33         | 0,86  | 0,13 | 57,50           | 0,71  | 0,95  | 21,64        | 7,25         | 0,93 | 7,05         | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 202,58        | 183,08         | 0,84  | 0,14 | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 21,63        | 7,25         | 0,92 | 6,70         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 230,33        | 195,83         | 0,81  | 0,14 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 20,59        | 7,25         | 0,76 | 5,34         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 258,08        | 208,58         | 0,79  | 0,15 | 57,50           | 0,61  | 1,00  | 19,65        | 7,25         | 0,64 | 4,39         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 285,83        | 221,33         | 0,77  | 0,15 | 57,50           | 0,58  | 1,00  | 18,79        | 7,25         | 0,55 | 3,72         | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 21    | 9,00     | 75,20               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,23 | 21,00           | 1,60  | 0,75  | 14,14        | 11,52        | 0,52 | 2,27         | YOK                   |
|                | 3,45       | 21    | 9,00     | 75,20               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,22 | 21,00           | 1,27  | 0,80  | 11,95        | 11,52        | 0,36 | 1,64         | YOK                   |
|                | 4,95       | 38    | 9,00     | 42,30               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,22 | 38,00           | 1,05  | 0,85  | 19,03        | 8,23         | 0,68 | 3,16         | YOK                   |
|                | 6,45       | 29    | 9,00     | 38,60               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,21 | 29,00           | 0,90  | 0,95  | 13,85        | 7,86         | 0,29 | 1,36         | YOK                   |
|                | 7,95       | 40    | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,21 | 40,00           | 0,78  | 0,95  | 16,67        | 7,25         | 0,39 | 1,89         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 174,83        | 170,33         | 0,86  | 0,21 | 57,50           | 0,71  | 0,95  | 21,64        | 7,25         | 0,93 | 4,50         | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 202,58        | 183,08         | 0,84  | 0,22 | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 21,63        | 7,25         | 0,92 | 4,28         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 230,33        | 195,83         | 0,81  | 0,22 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 20,59        | 7,25         | 0,76 | 3,40         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 258,08        | 208,58         | 0,79  | 0,23 | 57,50           | 0,61  | 1,00  | 19,65        | 7,25         | 0,64 | 2,80         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 285,83        | 221,33         | 0,77  | 0,23 | 57,50           | 0,58  | 1,00  | 18,79        | 7,25         | 0,55 | 2,37         | YOK                   |
| 7,50           | 1,95       | 21    | 9,00     | 75,20               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,35 | 21,00           | 1,60  | 0,75  | 14,14        | 11,52        | 0,52 | 1,46         | YOK                   |
|                | 3,45       | 21    | 9,00     | 75,20               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,35 | 21,00           | 1,27  | 0,80  | 11,95        | 11,52        | 0,36 | 1,05         | RİSKLİ                |
|                | 4,95       | 38    | 9,00     | 42,30               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,34 | 38,00           | 1,05  | 0,85  | 19,03        | 8,23         | 0,68 | 2,03         | YOK                   |
|                | 6,45       | 29    | 9,00     | 38,60               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,33 | 29,00           | 0,90  | 0,95  | 13,85        | 7,86         | 0,29 | 0,87         | VAR                   |
|                | 7,95       | 40    | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,32 | 40,00           | 0,78  | 0,95  | 16,67        | 7,25         | 0,39 | 1,21         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 174,83        | 170,33         | 0,86  | 0,32 | 57,50           | 0,71  | 0,95  | 21,64        | 7,25         | 0,93 | 2,89         | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 202,58        | 183,08         | 0,84  | 0,34 | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 21,63        | 7,25         | 0,92 | 2,75         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 230,33        | 195,83         | 0,81  | 0,35 | 57,50           | 0,64  | 1,00  | 20,59        | 7,25         | 0,76 | 2,19         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 258,08        | 208,58         | 0,79  | 0,36 | 57,50           | 0,61  | 1,00  | 19,65        | 7,25         | 0,64 | 1,80         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 9,00     | 32,50               | 18,5                               | 285,83        | 221,33         | 0,77  | 0,36 | 57,50           | 0,58  | 1,00  | 18,79        | 7,25         | 0,55 | 1,52         | YOK                   |



**Şekil 4.34** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-10 sıvılaşma analiz grafiği

SK-10 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

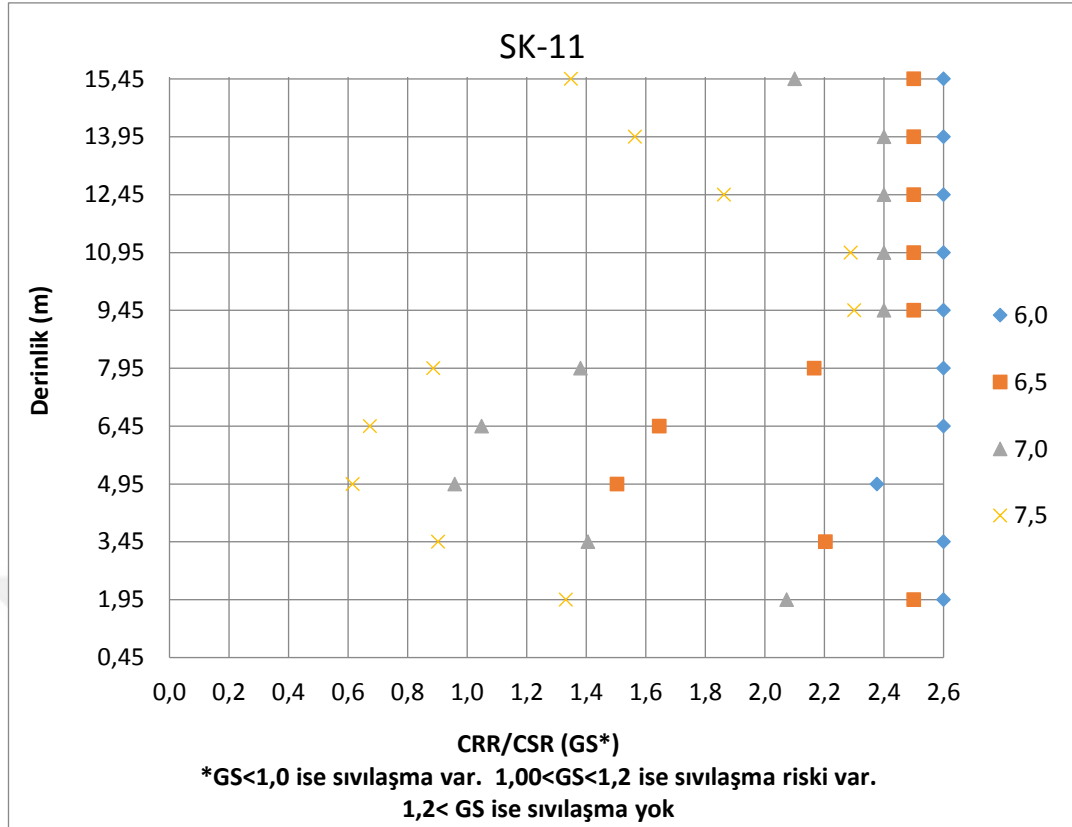
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 3,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu, 6,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'büyük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.35 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-11 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N) <sub>80</sub> | $\Delta N_f$ | CRR   | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|--------------|-------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 21    | 10,50    | 69,80               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,09 | 21,00           | 1,60           | 0,75           | 14,14             | 10,98        | 0,47  | 5,14         | YOK                   |
|                | 3,45       | 20    | 10,50    | 69,80               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,09 | 20,00           | 1,27           | 0,80           | 11,38             | 10,98        | 0,31  | 3,48         | YOK                   |
|                | 4,95       | 21    | 10,50    | 39,70               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,09 | 21,00           | 1,05           | 0,85           | 10,52             | 7,97         | 0,21  | 2,38         | YOK                   |
|                | 6,45       | 23    | 10,50    | 42,80               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,09 | 23,00           | 0,90           | 0,95           | 10,99             | 8,28         | 0,22  | 2,60         | YOK                   |
|                | 7,95       | 35    | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,08 | 35,00           | 0,78           | 0,95           | 14,58             | 7,06         | 0,28  | 3,42         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,08 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,94             | 7,06         | 13,69 | 169,14       | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 202,58        | 198,08         | 0,84  | 0,08 | 57,50           | 0,63           | 1,00           | 20,42             | 7,06         | 0,71  | 8,84         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 230,33        | 210,83         | 0,81  | 0,08 | 57,50           | 0,61           | 1,00           | 19,49             | 7,06         | 0,60  | 7,19         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 258,08        | 223,58         | 0,79  | 0,09 | 57,50           | 0,58           | 1,00           | 18,65             | 7,06         | 0,52  | 6,04         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 285,83        | 236,33         | 0,77  | 0,09 | 57,50           | 0,55           | 1,00           | 17,87             | 7,06         | 0,46  | 5,21         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 21    | 10,50    | 69,80               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,14 | 21,00           | 1,60           | 0,75           | 14,14             | 10,98        | 0,47  | 3,25         | YOK                   |
|                | 3,45       | 20    | 10,50    | 69,80               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,14 | 20,00           | 1,27           | 0,80           | 11,38             | 10,98        | 0,31  | 2,20         | YOK                   |
|                | 4,95       | 21    | 10,50    | 39,70               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,14 | 21,00           | 1,05           | 0,85           | 10,52             | 7,97         | 0,21  | 1,50         | YOK                   |
|                | 6,45       | 23    | 10,50    | 42,80               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,13 | 23,00           | 0,90           | 0,95           | 10,99             | 8,28         | 0,22  | 1,64         | YOK                   |
|                | 7,95       | 35    | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,13 | 35,00           | 0,78           | 0,95           | 14,58             | 7,06         | 0,28  | 2,16         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,13 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,94             | 7,06         | 13,69 | 106,96       | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 202,58        | 198,08         | 0,84  | 0,13 | 57,50           | 0,63           | 1,00           | 20,42             | 7,06         | 0,71  | 5,59         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 230,33        | 210,83         | 0,81  | 0,13 | 57,50           | 0,61           | 1,00           | 19,49             | 7,06         | 0,60  | 4,55         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 258,08        | 223,58         | 0,79  | 0,14 | 57,50           | 0,58           | 1,00           | 18,65             | 7,06         | 0,52  | 3,82         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 285,83        | 236,33         | 0,77  | 0,14 | 57,50           | 0,55           | 1,00           | 17,87             | 7,06         | 0,46  | 3,29         | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 21    | 10,50    | 69,80               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,23 | 21,00           | 1,60           | 0,75           | 14,14             | 10,98        | 0,47  | 2,07         | YOK                   |
|                | 3,45       | 20    | 10,50    | 69,80               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,22 | 20,00           | 1,27           | 0,80           | 11,38             | 10,98        | 0,31  | 1,40         | YOK                   |
|                | 4,95       | 21    | 10,50    | 39,70               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,22 | 21,00           | 1,05           | 0,85           | 10,52             | 7,97         | 0,21  | 0,96         | VAR                   |
|                | 6,45       | 23    | 10,50    | 42,80               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,21 | 23,00           | 0,90           | 0,95           | 10,99             | 8,28         | 0,22  | 1,05         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 35    | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,21 | 35,00           | 0,78           | 0,95           | 14,58             | 7,06         | 0,28  | 1,38         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,20 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,94             | 7,06         | 13,69 | 68,20        | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 202,58        | 198,08         | 0,84  | 0,20 | 57,50           | 0,63           | 1,00           | 20,42             | 7,06         | 0,71  | 3,56         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 230,33        | 210,83         | 0,81  | 0,21 | 57,50           | 0,61           | 1,00           | 19,49             | 7,06         | 0,60  | 2,90         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 258,08        | 223,58         | 0,79  | 0,21 | 57,50           | 0,58           | 1,00           | 18,65             | 7,06         | 0,52  | 2,43         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 285,83        | 236,33         | 0,77  | 0,22 | 57,50           | 0,55           | 1,00           | 17,87             | 7,06         | 0,46  | 2,10         | YOK                   |
| 7,50           | 1,95       | 21    | 10,50    | 69,80               | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,35 | 21,00           | 1,60           | 0,75           | 14,14             | 10,98        | 0,47  | 1,33         | YOK                   |
|                | 3,45       | 20    | 10,50    | 69,80               | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,35 | 20,00           | 1,27           | 0,80           | 11,38             | 10,98        | 0,31  | 0,90         | VAR                   |
|                | 4,95       | 21    | 10,50    | 39,70               | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,34 | 21,00           | 1,05           | 0,85           | 10,52             | 7,97         | 0,21  | 0,62         | VAR                   |
|                | 6,45       | 23    | 10,50    | 42,80               | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,33 | 23,00           | 0,90           | 0,95           | 10,99             | 8,28         | 0,22  | 0,67         | VAR                   |
|                | 7,95       | 35    | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,32 | 35,00           | 0,78           | 0,95           | 14,58             | 7,06         | 0,28  | 0,89         | VAR                   |
|                | 9,45       | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,31 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,94             | 7,06         | 13,69 | 43,79        | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 202,58        | 198,08         | 0,84  | 0,31 | 57,50           | 0,63           | 1,00           | 20,42             | 7,06         | 0,71  | 2,29         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 230,33        | 210,83         | 0,81  | 0,32 | 57,50           | 0,61           | 1,00           | 19,49             | 7,06         | 0,60  | 1,86         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 258,08        | 223,58         | 0,79  | 0,33 | 57,50           | 0,58           | 1,00           | 18,65             | 7,06         | 0,52  | 1,56         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 10,50    | 30,60               | 18,5                               | 285,83        | 236,33         | 0,77  | 0,34 | 57,50           | 0,55           | 1,00           | 17,87             | 7,06         | 0,46  | 1,35         | YOK                   |



**Şekil 4.35** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-11 sivilaşma analiz grafiği

SK-11 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

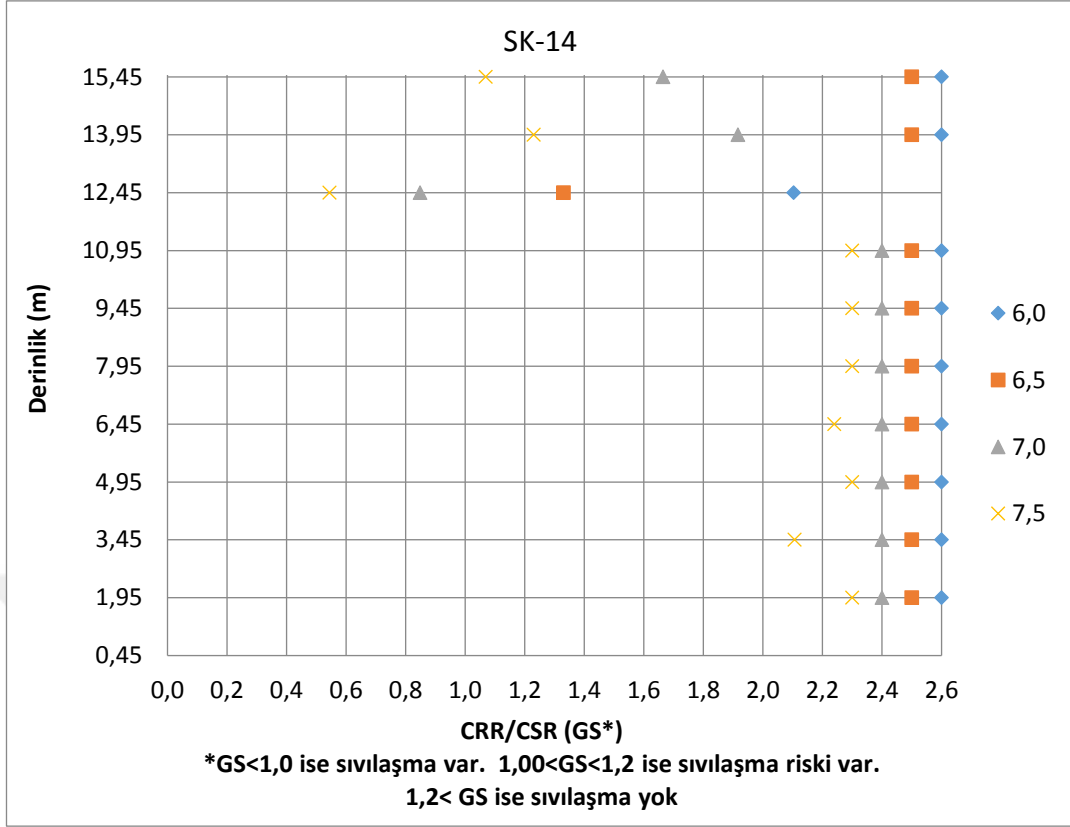
7,00 şiddetindeki depremde 4,95 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu 6,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 3,45-7,95 m seviyelerinde 1,00'den küçük diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.36 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-14 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | $(N_1)_{80}$ | $\Delta N_f$ | CRR   | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------|--------------|-------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 45    | 10,00    | 33,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,97  | 0,09 | 45,00           | 1,62  | 0,75  | 30,68        | 7,31         | 5,06  | 55,23        | YOK                   |
|                | 3,45       | 35    | 10,00    | 33,1                | 17,8                               | 61,41         | 61,41          | 0,95  | 0,09 | 35,00           | 1,29  | 0,80  | 20,28        | 7,31         | 0,73  | 8,14         | YOK                   |
|                | 4,95       | 100   | 10,00    | 28,7                | 17,8                               | 88,11         | 88,11          | 0,93  | 0,09 | 100,00          | 1,08  | 0,85  | 51,18        | 6,87         | 93,66 | 1072,7       | YOK                   |
|                | 6,45       | 43    | 10,00    | 26,2                | 17,8                               | 114,81        | 114,81         | 0,90  | 0,09 | 43,00           | 0,92  | 0,95  | 21,04        | 6,62         | 0,74  | 8,65         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 10,00    | 3,6                 | 17,8                               | 141,51        | 141,51         | 0,88  | 0,08 | 100,00          | 0,80  | 0,95  | 42,76        | 0,00         | 11,25 | 135,45       | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 10,00    | 40,4                | 17,8                               | 168,21        | 168,21         | 0,86  | 0,08 | 100,00          | 0,71  | 0,95  | 37,97        | 8,04         | 18,61 | 229,93       | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 10,00    | 40,4                | 17,8                               | 194,91        | 185,41         | 0,84  | 0,08 | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 21,43        | 8,04         | 1,03  | 12,48        | YOK                   |
|                | 12,45      | 51    | 10,00    | 9,8                 | 17,8                               | 221,61        | 197,11         | 0,81  | 0,09 | 33,00           | 0,64  | 1,00  | 11,76        | 4,80         | 0,18  | 2,10         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 10,00    | 9,8                 | 17,8                               | 248,31        | 208,81         | 0,79  | 0,09 | 57,50           | 0,61  | 1,00  | 19,63        | 4,80         | 0,42  | 4,75         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 10,00    | 9,8                 | 17,8                               | 275,01        | 220,51         | 0,77  | 0,09 | 57,50           | 0,59  | 1,00  | 18,84        | 4,80         | 0,37  | 4,13         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 45    | 10,00    | 33,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,97  | 0,14 | 45,00           | 1,62  | 0,75  | 30,68        | 7,31         | 5,06  | 34,93        | YOK                   |
|                | 3,45       | 35    | 10,00    | 33,1                | 17,8                               | 61,41         | 61,41          | 0,95  | 0,14 | 35,00           | 1,29  | 0,80  | 20,28        | 7,31         | 0,73  | 5,14         | YOK                   |
|                | 4,95       | 100   | 10,00    | 28,7                | 17,8                               | 88,11         | 88,11          | 0,93  | 0,14 | 100,00          | 1,08  | 0,85  | 51,18        | 6,87         | 93,66 | 678,35       | YOK                   |
|                | 6,45       | 43    | 10,00    | 26,2                | 17,8                               | 114,81        | 114,81         | 0,90  | 0,13 | 43,00           | 0,92  | 0,95  | 21,04        | 6,62         | 0,74  | 5,47         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 10,00    | 3,6                 | 17,8                               | 141,51        | 141,51         | 0,88  | 0,13 | 100,00          | 0,80  | 0,95  | 42,76        | 0,00         | 11,25 | 85,65        | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 10,00    | 40,4                | 17,8                               | 168,21        | 168,21         | 0,86  | 0,13 | 100,00          | 0,71  | 0,95  | 37,97        | 8,04         | 18,61 | 145,40       | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 10,00    | 40,4                | 17,8                               | 194,91        | 185,41         | 0,84  | 0,13 | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 21,43        | 8,04         | 1,03  | 7,89         | YOK                   |
|                | 12,45      | 51    | 10,00    | 9,8                 | 17,8                               | 221,61        | 197,11         | 0,81  | 0,14 | 33,00           | 0,64  | 1,00  | 11,76        | 4,80         | 0,18  | 1,33         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 10,00    | 9,8                 | 17,8                               | 248,31        | 208,81         | 0,79  | 0,14 | 57,50           | 0,61  | 1,00  | 19,63        | 4,80         | 0,42  | 3,00         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 10,00    | 9,8                 | 17,8                               | 275,01        | 220,51         | 0,77  | 0,14 | 57,50           | 0,59  | 1,00  | 18,84        | 4,80         | 0,37  | 2,61         | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 45    | 10,00    | 33,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,97  | 0,23 | 45,00           | 1,62  | 0,75  | 30,68        | 7,31         | 5,06  | 22,27        | YOK                   |
|                | 3,45       | 35    | 10,00    | 33,1                | 17,8                               | 61,41         | 61,41          | 0,95  | 0,22 | 35,00           | 1,29  | 0,80  | 20,28        | 7,31         | 0,73  | 3,28         | YOK                   |
|                | 4,95       | 100   | 10,00    | 28,7                | 17,8                               | 88,11         | 88,11          | 0,93  | 0,22 | 100,00          | 1,08  | 0,85  | 51,18        | 6,87         | 93,66 | 432,54       | YOK                   |
|                | 6,45       | 43    | 10,00    | 26,2                | 17,8                               | 114,81        | 114,81         | 0,90  | 0,21 | 43,00           | 0,92  | 0,95  | 21,04        | 6,62         | 0,74  | 3,49         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 10,00    | 3,6                 | 17,8                               | 141,51        | 141,51         | 0,88  | 0,21 | 100,00          | 0,80  | 0,95  | 42,76        | 0,00         | 11,25 | 54,62        | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 10,00    | 40,4                | 17,8                               | 168,21        | 168,21         | 0,86  | 0,20 | 100,00          | 0,71  | 0,95  | 37,97        | 8,04         | 18,61 | 92,71        | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 10,00    | 40,4                | 17,8                               | 194,91        | 185,41         | 0,84  | 0,21 | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 21,43        | 8,04         | 1,03  | 5,03         | YOK                   |
|                | 12,45      | 51    | 10,00    | 9,8                 | 17,8                               | 221,61        | 197,11         | 0,81  | 0,21 | 33,00           | 0,64  | 1,00  | 11,76        | 4,80         | 0,18  | 0,85         | VAR                   |
|                | 13,95      | 100   | 10,00    | 9,8                 | 17,8                               | 248,31        | 208,81         | 0,79  | 0,22 | 57,50           | 0,61  | 1,00  | 19,63        | 4,80         | 0,42  | 1,92         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 10,00    | 9,8                 | 17,8                               | 275,01        | 220,51         | 0,77  | 0,22 | 57,50           | 0,59  | 1,00  | 18,84        | 4,80         | 0,37  | 1,66         | YOK                   |
| 7,50           | 1,95       | 45    | 10,00    | 33,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,97  | 0,35 | 45,00           | 1,62  | 0,75  | 30,68        | 7,31         | 5,06  | 14,30        | YOK                   |
|                | 3,45       | 35    | 10,00    | 33,1                | 17,8                               | 61,41         | 61,41          | 0,95  | 0,35 | 35,00           | 1,29  | 0,80  | 20,28        | 7,31         | 0,73  | 2,11         | YOK                   |
|                | 4,95       | 100   | 10,00    | 28,7                | 17,8                               | 88,11         | 88,11          | 0,93  | 0,34 | 100,00          | 1,08  | 0,85  | 51,18        | 6,87         | 93,66 | 277,73       | YOK                   |
|                | 6,45       | 43    | 10,00    | 26,2                | 17,8                               | 114,81        | 114,81         | 0,90  | 0,33 | 43,00           | 0,92  | 0,95  | 21,04        | 6,62         | 0,74  | 2,24         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 10,00    | 3,6                 | 17,8                               | 141,51        | 141,51         | 0,88  | 0,32 | 100,00          | 0,80  | 0,95  | 42,76        | 0,00         | 11,25 | 35,07        | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 10,00    | 40,4                | 17,8                               | 168,21        | 168,21         | 0,86  | 0,31 | 100,00          | 0,71  | 0,95  | 37,97        | 8,04         | 18,61 | 59,53        | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 10,00    | 40,4                | 17,8                               | 194,91        | 185,41         | 0,84  | 0,32 | 57,50           | 0,67  | 1,00  | 21,43        | 8,04         | 1,03  | 3,23         | YOK                   |
|                | 12,45      | 51    | 10,00    | 9,8                 | 17,8                               | 221,61        | 197,11         | 0,81  | 0,33 | 33,00           | 0,64  | 1,00  | 11,76        | 4,80         | 0,18  | 0,54         | VAR                   |
|                | 13,95      | 100   | 10,00    | 9,8                 | 17,8                               | 248,31        | 208,81         | 0,79  | 0,34 | 57,50           | 0,61  | 1,00  | 19,63        | 4,80         | 0,42  | 1,23         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 10,00    | 9,8                 | 17,8                               | 275,01        | 220,51         | 0,77  | 0,35 | 57,50           | 0,59  | 1,00  | 18,84        | 4,80         | 0,37  | 1,07         | RİSKLİ                |





**Şekil 4.36** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-14 sivilaşma analiz grafiği

SK-14 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

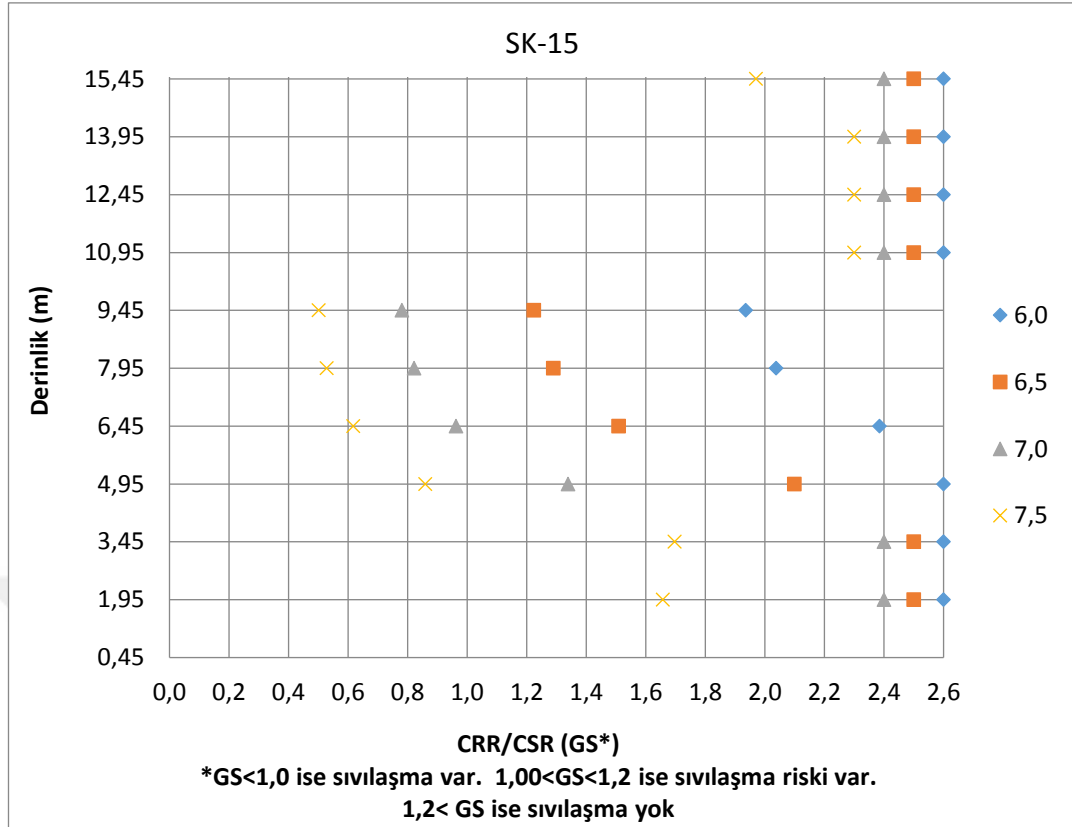
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 12,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 12,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu 15,45 m seviyesinde 1,00-1,200 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.37 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-15 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N) <sub>80</sub> | $\Delta N_f$ | CRR  | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|--------------|------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 22    | 5,00     | 75,6                | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,97  | 0,09 | 22,00           | 1,61           | 0,75           | 14,84             | 11,56        | 0,59 | 6,40         | YOK                   |
|                | 3,45       | 26    | 5,00     | 75,6                | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,09 | 26,00           | 1,27           | 0,80           | 14,83             | 11,56        | 0,59 | 6,55         | YOK                   |
|                | 4,95       | 23    | 5,00     | 62,4                | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,93  | 0,09 | 23,00           | 1,06           | 0,85           | 11,55             | 10,24        | 0,29 | 3,32         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 5,00     | 35,4                | 18,4                               | 118,68        | 104,18         | 0,90  | 0,10 | 23,50           | 0,98           | 0,95           | 12,20             | 7,54         | 0,23 | 2,39         | YOK                   |
|                | 7,95       | 35    | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 146,28        | 116,78         | 0,88  | 0,10 | 25,00           | 0,91           | 0,95           | 12,11             | 6,65         | 0,21 | 2,04         | YOK                   |
|                | 9,45       | 38    | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 173,88        | 129,38         | 0,86  | 0,11 | 26,50           | 0,85           | 0,95           | 12,02             | 6,65         | 0,21 | 1,94         | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 201,48        | 141,98         | 0,84  | 0,11 | 57,50           | 0,80           | 1,00           | 25,82             | 6,65         | 1,83 | 16,40        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 229,08        | 154,58         | 0,81  | 0,11 | 57,50           | 0,76           | 1,00           | 24,37             | 6,65         | 1,39 | 12,24        | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 256,68        | 167,18         | 0,79  | 0,11 | 57,50           | 0,72           | 1,00           | 23,08             | 6,65         | 1,09 | 9,49         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 284,28        | 179,78         | 0,77  | 0,11 | 57,50           | 0,68           | 1,00           | 21,92             | 6,65         | 0,87 | 7,61         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 22    | 5,00     | 75,6                | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,97  | 0,14 | 22,00           | 1,61           | 0,75           | 14,84             | 11,56        | 0,59 | 4,05         | YOK                   |
|                | 3,45       | 26    | 5,00     | 75,6                | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,14 | 26,00           | 1,27           | 0,80           | 14,83             | 11,56        | 0,59 | 4,14         | YOK                   |
|                | 4,95       | 23    | 5,00     | 62,4                | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,93  | 0,14 | 23,00           | 1,06           | 0,85           | 11,55             | 10,24        | 0,29 | 2,10         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 5,00     | 35,4                | 18,4                               | 118,68        | 104,18         | 0,90  | 0,15 | 23,50           | 0,98           | 0,95           | 12,20             | 7,54         | 0,23 | 1,51         | YOK                   |
|                | 7,95       | 35    | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 146,28        | 116,78         | 0,88  | 0,16 | 25,00           | 0,91           | 0,95           | 12,11             | 6,65         | 0,21 | 1,29         | YOK                   |
|                | 9,45       | 38    | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 173,88        | 129,38         | 0,86  | 0,17 | 26,50           | 0,85           | 0,95           | 12,02             | 6,65         | 0,21 | 1,22         | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 201,48        | 141,98         | 0,84  | 0,18 | 57,50           | 0,80           | 1,00           | 25,82             | 6,65         | 1,83 | 10,37        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 229,08        | 154,58         | 0,81  | 0,18 | 57,50           | 0,76           | 1,00           | 24,37             | 6,65         | 1,39 | 7,74         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 256,68        | 167,18         | 0,79  | 0,18 | 57,50           | 0,72           | 1,00           | 23,08             | 6,65         | 1,09 | 6,00         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 284,28        | 179,78         | 0,77  | 0,18 | 57,50           | 0,68           | 1,00           | 21,92             | 6,65         | 0,87 | 4,81         | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 22    | 5,00     | 75,6                | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,97  | 0,23 | 22,00           | 1,61           | 0,75           | 14,84             | 11,56        | 0,59 | 2,58         | YOK                   |
|                | 3,45       | 26    | 5,00     | 75,6                | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,22 | 26,00           | 1,27           | 0,80           | 14,83             | 11,56        | 0,59 | 2,64         | YOK                   |
|                | 4,95       | 23    | 5,00     | 62,4                | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,93  | 0,22 | 23,00           | 1,06           | 0,85           | 11,55             | 10,24        | 0,29 | 1,34         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 5,00     | 35,4                | 18,4                               | 118,68        | 104,18         | 0,90  | 0,24 | 23,50           | 0,98           | 0,95           | 12,20             | 7,54         | 0,23 | 0,96         | VAR                   |
|                | 7,95       | 35    | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 146,28        | 116,78         | 0,88  | 0,26 | 25,00           | 0,91           | 0,95           | 12,11             | 6,65         | 0,21 | 0,82         | VAR                   |
|                | 9,45       | 38    | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 173,88        | 129,38         | 0,86  | 0,27 | 26,50           | 0,85           | 0,95           | 12,02             | 6,65         | 0,21 | 0,78         | VAR                   |
|                | 10,95      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 201,48        | 141,98         | 0,84  | 0,28 | 57,50           | 0,80           | 1,00           | 25,82             | 6,65         | 1,83 | 6,61         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 229,08        | 154,58         | 0,81  | 0,28 | 57,50           | 0,76           | 1,00           | 24,37             | 6,65         | 1,39 | 4,94         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 256,68        | 167,18         | 0,79  | 0,28 | 57,50           | 0,72           | 1,00           | 23,08             | 6,65         | 1,09 | 3,83         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 284,28        | 179,78         | 0,77  | 0,28 | 57,50           | 0,68           | 1,00           | 21,92             | 6,65         | 0,87 | 3,07         | YOK                   |
| 7,50           | 1,95       | 22    | 5,00     | 75,6                | 18,4                               | 35,88         | 35,88          | 0,97  | 0,35 | 22,00           | 1,61           | 0,75           | 14,84             | 11,56        | 0,59 | 1,66         | YOK                   |
|                | 3,45       | 26    | 5,00     | 75,6                | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,35 | 26,00           | 1,27           | 0,80           | 14,83             | 11,56        | 0,59 | 1,70         | YOK                   |
|                | 4,95       | 23    | 5,00     | 62,4                | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,93  | 0,34 | 23,00           | 1,06           | 0,85           | 11,55             | 10,24        | 0,29 | 0,86         | VAR                   |
|                | 6,45       | 32    | 5,00     | 35,4                | 18,4                               | 118,68        | 104,18         | 0,90  | 0,37 | 23,50           | 0,98           | 0,95           | 12,20             | 7,54         | 0,23 | 0,62         | VAR                   |
|                | 7,95       | 35    | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 146,28        | 116,78         | 0,88  | 0,40 | 25,00           | 0,91           | 0,95           | 12,11             | 6,65         | 0,21 | 0,53         | VAR                   |
|                | 9,45       | 38    | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 173,88        | 129,38         | 0,86  | 0,42 | 26,50           | 0,85           | 0,95           | 12,02             | 6,65         | 0,21 | 0,50         | VAR                   |
|                | 10,95      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 201,48        | 141,98         | 0,84  | 0,43 | 57,50           | 0,80           | 1,00           | 25,82             | 6,65         | 1,83 | 4,25         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 229,08        | 154,58         | 0,81  | 0,44 | 57,50           | 0,76           | 1,00           | 24,37             | 6,65         | 1,39 | 3,17         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 256,68        | 167,18         | 0,79  | 0,44 | 57,50           | 0,72           | 1,00           | 23,08             | 6,65         | 1,09 | 2,46         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 5,00     | 26,5                | 18,4                               | 284,28        | 179,78         | 0,77  | 0,44 | 57,50           | 0,68           | 1,00           | 21,92             | 6,65         | 0,87 | 1,97         | YOK                   |



**Şekil 4.37** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-15 sıvılaşma analiz grafiği

SK-15 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

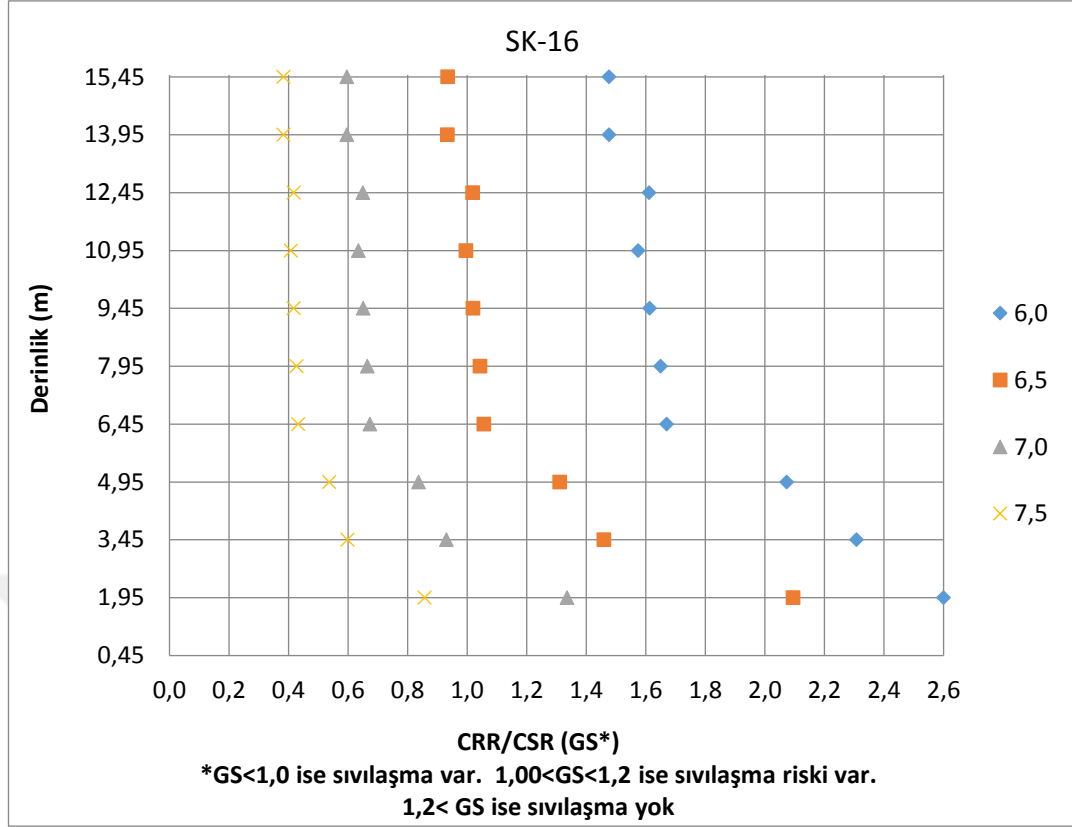
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 6,45-9,45 m seviyeleri arasında 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 4,95-9,45 m seviyeleri arasında 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.38 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-16 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | (N <sub>1</sub> ) <sub>80</sub> | $\Delta N_f$ | CRR  | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|---------------------------------|--------------|------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 17    | 2,20     | 67,1                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,09 | 17,00           | 1,60  | 0,75  | 11,44                           | 10,71        | 0,30 | 3,31         | YOK                   |
|                | 3,45       | 17    | 2,20     | 67,1                | 18,5                               | 63,83         | 51,33          | 0,95  | 0,11 | 16,00           | 1,40  | 0,80  | 10,04                           | 10,71        | 0,26 | 2,31         | YOK                   |
|                | 4,95       | 28    | 2,20     | 38,5                | 18,5                               | 91,58         | 64,08          | 0,93  | 0,12 | 21,50           | 1,27  | 0,85  | 12,98                           | 7,85         | 0,26 | 2,07         | YOK                   |
|                | 6,45       | 23    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 119,33        | 76,83          | 0,90  | 0,13 | 19,00           | 1,16  | 0,95  | 11,70                           | 7,53         | 0,22 | 1,67         | YOK                   |
|                | 7,95       | 27    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 147,08        | 89,58          | 0,88  | 0,14 | 21,00           | 1,07  | 0,95  | 11,90                           | 7,53         | 0,22 | 1,65         | YOK                   |
|                | 9,45       | 30    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 174,83        | 102,33         | 0,86  | 0,14 | 22,50           | 0,99  | 0,95  | 11,81                           | 7,53         | 0,22 | 1,61         | YOK                   |
|                | 10,95      | 30    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 202,58        | 115,08         | 0,84  | 0,14 | 22,50           | 0,92  | 1,00  | 11,57                           | 7,53         | 0,22 | 1,57         | YOK                   |
|                | 12,45      | 34    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 230,33        | 127,83         | 0,81  | 0,14 | 24,50           | 0,86  | 1,00  | 11,79                           | 7,53         | 0,22 | 1,61         | YOK                   |
|                | 13,95      | 32    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 258,08        | 140,58         | 0,79  | 0,14 | 23,50           | 0,81  | 1,00  | 10,62                           | 7,53         | 0,20 | 1,48         | YOK                   |
|                | 15,45      | 34    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 285,83        | 153,33         | 0,77  | 0,14 | 24,50           | 0,76  | 1,00  | 10,44                           | 7,53         | 0,20 | 1,48         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 17    | 2,20     | 67,1                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,14 | 17,00           | 1,60  | 0,75  | 11,44                           | 10,71        | 0,30 | 2,09         | YOK                   |
|                | 3,45       | 17    | 2,20     | 67,1                | 18,5                               | 63,83         | 51,33          | 0,95  | 0,18 | 16,00           | 1,40  | 0,80  | 10,04                           | 10,71        | 0,26 | 1,46         | YOK                   |
|                | 4,95       | 28    | 2,20     | 38,5                | 18,5                               | 91,58         | 64,08          | 0,93  | 0,20 | 21,50           | 1,27  | 0,85  | 12,98                           | 7,85         | 0,26 | 1,31         | YOK                   |
|                | 6,45       | 23    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 119,33        | 76,83          | 0,90  | 0,21 | 19,00           | 1,16  | 0,95  | 11,70                           | 7,53         | 0,22 | 1,06         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 27    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 147,08        | 89,58          | 0,88  | 0,22 | 21,00           | 1,07  | 0,95  | 11,90                           | 7,53         | 0,22 | 1,04         | RİSKLİ                |
|                | 9,45       | 30    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 174,83        | 102,33         | 0,86  | 0,22 | 22,50           | 0,99  | 0,95  | 11,81                           | 7,53         | 0,22 | 1,02         | RİSKLİ                |
|                | 10,95      | 30    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 202,58        | 115,08         | 0,84  | 0,22 | 22,50           | 0,92  | 1,00  | 11,57                           | 7,53         | 0,22 | 1,00         | VAR                   |
|                | 12,45      | 34    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 230,33        | 127,83         | 0,81  | 0,22 | 24,50           | 0,86  | 1,00  | 11,79                           | 7,53         | 0,22 | 1,02         | RİSKLİ                |
|                | 13,95      | 32    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 258,08        | 140,58         | 0,79  | 0,22 | 23,50           | 0,81  | 1,00  | 10,62                           | 7,53         | 0,20 | 0,93         | VAR                   |
|                | 15,45      | 34    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 285,83        | 153,33         | 0,77  | 0,21 | 24,50           | 0,76  | 1,00  | 10,44                           | 7,53         | 0,20 | 0,93         | VAR                   |
| 7,00           | 1,95       | 17    | 2,20     | 67,1                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,23 | 17,00           | 1,60  | 0,75  | 11,44                           | 10,71        | 0,30 | 1,34         | YOK                   |
|                | 3,45       | 17    | 2,20     | 67,1                | 18,5                               | 63,83         | 51,33          | 0,95  | 0,28 | 16,00           | 1,40  | 0,80  | 10,04                           | 10,71        | 0,26 | 0,93         | VAR                   |
|                | 4,95       | 28    | 2,20     | 38,5                | 18,5                               | 91,58         | 64,08          | 0,93  | 0,31 | 21,50           | 1,27  | 0,85  | 12,98                           | 7,85         | 0,26 | 0,84         | VAR                   |
|                | 6,45       | 23    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 119,33        | 76,83          | 0,90  | 0,33 | 19,00           | 1,16  | 0,95  | 11,70                           | 7,53         | 0,22 | 0,67         | VAR                   |
|                | 7,95       | 27    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 147,08        | 89,58          | 0,88  | 0,34 | 21,00           | 1,07  | 0,95  | 11,90                           | 7,53         | 0,22 | 0,66         | VAR                   |
|                | 9,45       | 30    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 174,83        | 102,33         | 0,86  | 0,34 | 22,50           | 0,99  | 0,95  | 11,81                           | 7,53         | 0,22 | 0,65         | VAR                   |
|                | 10,95      | 30    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 202,58        | 115,08         | 0,84  | 0,34 | 22,50           | 0,92  | 1,00  | 11,57                           | 7,53         | 0,22 | 0,63         | VAR                   |
|                | 12,45      | 34    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 230,33        | 127,83         | 0,81  | 0,34 | 24,50           | 0,86  | 1,00  | 11,79                           | 7,53         | 0,22 | 0,65         | VAR                   |
|                | 13,95      | 32    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 258,08        | 140,58         | 0,79  | 0,34 | 23,50           | 0,81  | 1,00  | 10,62                           | 7,53         | 0,20 | 0,60         | VAR                   |
|                | 15,45      | 34    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 285,83        | 153,33         | 0,77  | 0,33 | 24,50           | 0,76  | 1,00  | 10,44                           | 7,53         | 0,20 | 0,60         | VAR                   |
| 7,50           | 1,95       | 17    | 2,20     | 67,1                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,35 | 17,00           | 1,60  | 0,75  | 11,44                           | 10,71        | 0,30 | 0,86         | VAR                   |
|                | 3,45       | 17    | 2,20     | 67,1                | 18,5                               | 63,83         | 51,33          | 0,95  | 0,43 | 16,00           | 1,40  | 0,80  | 10,04                           | 10,71        | 0,26 | 0,60         | VAR                   |
|                | 4,95       | 28    | 2,20     | 38,5                | 18,5                               | 91,58         | 64,08          | 0,93  | 0,48 | 21,50           | 1,27  | 0,85  | 12,98                           | 7,85         | 0,26 | 0,54         | VAR                   |
|                | 6,45       | 23    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 119,33        | 76,83          | 0,90  | 0,51 | 19,00           | 1,16  | 0,95  | 11,70                           | 7,53         | 0,22 | 0,43         | VAR                   |
|                | 7,95       | 27    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 147,08        | 89,58          | 0,88  | 0,53 | 21,00           | 1,07  | 0,95  | 11,90                           | 7,53         | 0,22 | 0,43         | VAR                   |
|                | 9,45       | 30    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 174,83        | 102,33         | 0,86  | 0,53 | 22,50           | 0,99  | 0,95  | 11,81                           | 7,53         | 0,22 | 0,42         | VAR                   |
|                | 10,95      | 30    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 202,58        | 115,08         | 0,84  | 0,54 | 22,50           | 0,92  | 1,00  | 11,57                           | 7,53         | 0,22 | 0,41         | VAR                   |
|                | 12,45      | 34    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 230,33        | 127,83         | 0,81  | 0,53 | 24,50           | 0,86  | 1,00  | 11,79                           | 7,53         | 0,22 | 0,42         | VAR                   |
|                | 13,95      | 32    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 258,08        | 140,58         | 0,79  | 0,53 | 23,50           | 0,81  | 1,00  | 10,62                           | 7,53         | 0,20 | 0,38         | VAR                   |
|                | 15,45      | 34    | 2,20     | 35,3                | 18,5                               | 285,83        | 153,33         | 0,77  | 0,52 | 24,50           | 0,76  | 1,00  | 10,44                           | 7,53         | 0,20 | 0,38         | VAR                   |



**Şekil 4.38** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-16 sıvılaşma analiz grafiği

SK-16 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

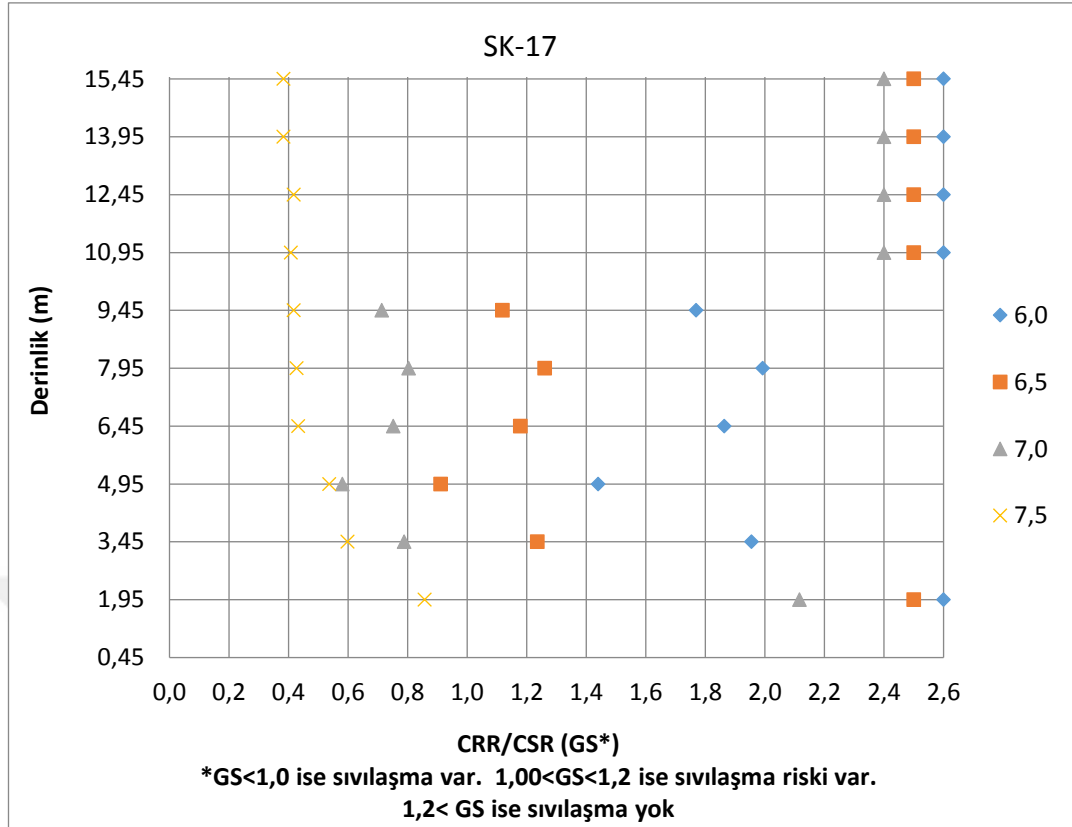
6,50 şiddetindeki depremde 6,45 m, 7,95 m, 9,45 m, 12,45 m seviyelerinde 1,00-1,20 arasında olduğu 10,95 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 1,95 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.39 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-17 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N) <sub>80</sub> | $\Delta N_r$ | CRR  | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|--------------|------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 26    | 2,50     | 35,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,97  | 0,09 | 26,00           | 1,62           | 0,75           | 17,73             | 7,51         | 0,48 | 5,25         | YOK                   |
|                | 3,45       | 20    | 2,50     | 35,1                | 17,8                               | 61,41         | 51,91          | 0,95  | 0,11 | 17,50           | 1,39           | 0,80           | 10,93             | 7,51         | 0,21 | 1,95         | YOK                   |
|                | 4,95       | 19    | 2,50     | 15,7                | 17,8                               | 88,11         | 63,61          | 0,93  | 0,12 | 17,00           | 1,27           | 0,85           | 10,30             | 5,57         | 0,17 | 1,44         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 2,50     | 15,7                | 17,8                               | 114,81        | 75,31          | 0,90  | 0,13 | 23,50           | 1,17           | 0,95           | 14,63             | 5,57         | 0,24 | 1,86         | YOK                   |
|                | 7,95       | 31    | 2,50     | 39,3                | 17,8                               | 141,51        | 87,01          | 0,88  | 0,14 | 23,00           | 1,08           | 0,95           | 13,25             | 7,93         | 0,27 | 1,99         | YOK                   |
|                | 9,45       | 34    | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 168,21        | 98,71          | 0,86  | 0,14 | 24,50           | 1,01           | 0,95           | 13,13             | 7,14         | 0,24 | 1,77         | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 194,91        | 110,41         | 0,84  | 0,14 | 57,50           | 0,94           | 1,00           | 30,34             | 7,14         | 4,62 | 33,20        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 221,61        | 122,11         | 0,81  | 0,14 | 57,50           | 0,88           | 1,00           | 28,49             | 7,14         | 3,31 | 23,79        | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 248,31        | 133,81         | 0,79  | 0,14 | 57,50           | 0,83           | 1,00           | 26,86             | 7,14         | 2,45 | 17,67        | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 275,01        | 145,51         | 0,77  | 0,14 | 57,50           | 0,79           | 1,00           | 25,40             | 7,14         | 1,86 | 13,56        | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 26    | 2,50     | 35,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,97  | 0,14 | 26,00           | 1,62           | 0,75           | 17,73             | 7,51         | 0,48 | 3,32         | YOK                   |
|                | 3,45       | 20    | 2,50     | 35,1                | 17,8                               | 61,41         | 51,91          | 0,95  | 0,17 | 17,50           | 1,39           | 0,80           | 10,93             | 7,51         | 0,21 | 1,24         | YOK                   |
|                | 4,95       | 19    | 2,50     | 15,7                | 17,8                               | 88,11         | 63,61          | 0,93  | 0,19 | 17,00           | 1,27           | 0,85           | 10,30             | 5,57         | 0,17 | 0,91         | VAR                   |
|                | 6,45       | 32    | 2,50     | 15,7                | 17,8                               | 114,81        | 75,31          | 0,90  | 0,21 | 23,50           | 1,17           | 0,95           | 14,63             | 5,57         | 0,24 | 1,18         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 31    | 2,50     | 39,3                | 17,8                               | 141,51        | 87,01          | 0,88  | 0,21 | 23,00           | 1,08           | 0,95           | 13,25             | 7,93         | 0,27 | 1,26         | YOK                   |
|                | 9,45       | 34    | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 168,21        | 98,71          | 0,86  | 0,22 | 24,50           | 1,01           | 0,95           | 13,13             | 7,14         | 0,24 | 1,12         | RİSKLİ                |
|                | 10,95      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 194,91        | 110,41         | 0,84  | 0,22 | 57,50           | 0,94           | 1,00           | 30,34             | 7,14         | 4,62 | 20,99        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 221,61        | 122,11         | 0,81  | 0,22 | 57,50           | 0,88           | 1,00           | 28,49             | 7,14         | 3,31 | 15,04        | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 248,31        | 133,81         | 0,79  | 0,22 | 57,50           | 0,83           | 1,00           | 26,86             | 7,14         | 2,45 | 11,18        | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 275,01        | 145,51         | 0,77  | 0,22 | 57,50           | 0,79           | 1,00           | 25,40             | 7,14         | 1,86 | 8,58         | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 26    | 2,50     | 35,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,97  | 0,23 | 26,00           | 1,62           | 0,75           | 17,73             | 7,51         | 0,48 | 2,12         | YOK                   |
|                | 3,45       | 20    | 2,50     | 35,1                | 17,8                               | 61,41         | 51,91          | 0,95  | 0,26 | 17,50           | 1,39           | 0,80           | 10,93             | 7,51         | 0,21 | 0,79         | VAR                   |
|                | 4,95       | 19    | 2,50     | 15,7                | 17,8                               | 88,11         | 63,61          | 0,93  | 0,30 | 17,00           | 1,27           | 0,85           | 10,30             | 5,57         | 0,17 | 0,58         | VAR                   |
|                | 6,45       | 32    | 2,50     | 15,7                | 17,8                               | 114,81        | 75,31          | 0,90  | 0,32 | 23,50           | 1,17           | 0,95           | 14,63             | 5,57         | 0,24 | 0,75         | VAR                   |
|                | 7,95       | 31    | 2,50     | 39,3                | 17,8                               | 141,51        | 87,01          | 0,88  | 0,34 | 23,00           | 1,08           | 0,95           | 13,25             | 7,93         | 0,27 | 0,80         | VAR                   |
|                | 9,45       | 34    | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 168,21        | 98,71          | 0,86  | 0,34 | 24,50           | 1,01           | 0,95           | 13,13             | 7,14         | 0,24 | 0,71         | VAR                   |
|                | 10,95      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 194,91        | 110,41         | 0,84  | 0,35 | 57,50           | 0,94           | 1,00           | 30,34             | 7,14         | 4,62 | 13,39        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 221,61        | 122,11         | 0,81  | 0,35 | 57,50           | 0,88           | 1,00           | 28,49             | 7,14         | 3,31 | 9,59         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 248,31        | 133,81         | 0,79  | 0,34 | 57,50           | 0,83           | 1,00           | 26,86             | 7,14         | 2,45 | 7,13         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 275,01        | 145,51         | 0,77  | 0,34 | 57,50           | 0,79           | 1,00           | 25,40             | 7,14         | 1,86 | 5,47         | YOK                   |
| 7,50           | 1,95       | 26    | 2,50     | 35,1                | 17,8                               | 34,71         | 34,71          | 0,97  | 0,35 | 26,00           | 1,62           | 0,75           | 17,73             | 7,51         | 0,48 | 1,36         | YOK                   |
|                | 3,45       | 20    | 2,50     | 35,1                | 17,8                               | 61,41         | 51,91          | 0,95  | 0,41 | 17,50           | 1,39           | 0,80           | 10,93             | 7,51         | 0,21 | 0,51         | VAR                   |
|                | 4,95       | 19    | 2,50     | 15,7                | 17,8                               | 88,11         | 63,61          | 0,93  | 0,47 | 17,00           | 1,27           | 0,85           | 10,30             | 5,57         | 0,17 | 0,37         | VAR                   |
|                | 6,45       | 32    | 2,50     | 15,7                | 17,8                               | 114,81        | 75,31          | 0,90  | 0,50 | 23,50           | 1,17           | 0,95           | 14,63             | 5,57         | 0,24 | 0,48         | VAR                   |
|                | 7,95       | 31    | 2,50     | 39,3                | 17,8                               | 141,51        | 87,01          | 0,88  | 0,52 | 23,00           | 1,08           | 0,95           | 13,25             | 7,93         | 0,27 | 0,52         | VAR                   |
|                | 9,45       | 34    | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 168,21        | 98,71          | 0,86  | 0,53 | 24,50           | 1,01           | 0,95           | 13,13             | 7,14         | 0,24 | 0,46         | VAR                   |
|                | 10,95      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 194,91        | 110,41         | 0,84  | 0,54 | 57,50           | 0,94           | 1,00           | 30,34             | 7,14         | 4,62 | 8,59         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 221,61        | 122,11         | 0,81  | 0,54 | 57,50           | 0,88           | 1,00           | 28,49             | 7,14         | 3,31 | 6,16         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 248,31        | 133,81         | 0,79  | 0,53 | 57,50           | 0,83           | 1,00           | 26,86             | 7,14         | 2,45 | 4,58         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 2,50     | 31,4                | 17,8                               | 275,01        | 145,51         | 0,77  | 0,53 | 57,50           | 0,79           | 1,00           | 25,40             | 7,14         | 1,86 | 3,51         | YOK                   |



**Şekil 4.39** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-17 sivilaşma analiz grafiği

SK-17 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde 4,95 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu 6,45 m ve 9,45 m seviyelerinde 1,00-1,20 arasında diğer tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

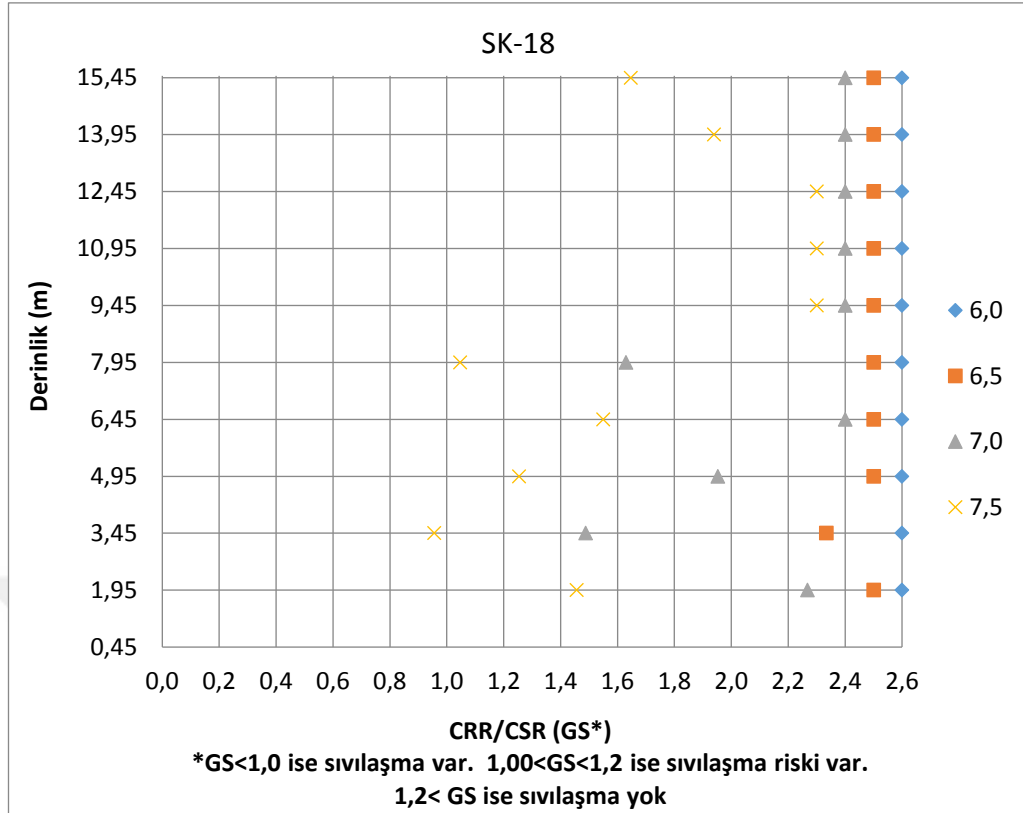
7,00 şiddetindeki depremde 3,45-9,45 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 3,45-9,45 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.40 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-18 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>80</sub> | $\Delta N_r$ | CRR   | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|--------------|-------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 22    | 9,50     | 68,7                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,09 | 22,00           | 1,60           | 0,75           | 14,78                           | 10,87        | 0,51  | 5,62         | YOK                   |
|                | 3,45       | 21    | 9,50     | 68,7                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,09 | 21,00           | 1,27           | 0,80           | 11,92                           | 10,87        | 0,33  | 3,69         | YOK                   |
|                | 4,95       | 33    | 9,50     | 39,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,09 | 33,00           | 1,05           | 0,85           | 16,48                           | 7,98         | 0,42  | 4,84         | YOK                   |
|                | 6,45       | 37    | 9,50     | 39,8                | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,90  | 0,09 | 37,00           | 0,89           | 0,95           | 17,61                           | 7,98         | 0,51  | 5,99         | YOK                   |
|                | 7,95       | 36    | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,08 | 36,00           | 0,78           | 0,95           | 14,94                           | 7,97         | 0,34  | 4,04         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,86  | 0,08 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,80                           | 7,97         | 15,42 | 190,52       | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 203,67        | 189,17         | 0,84  | 0,08 | 57,50           | 0,66           | 1,00           | 21,12                           | 7,97         | 0,96  | 11,34        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 231,57        | 202,07         | 0,81  | 0,09 | 57,50           | 0,62           | 1,00           | 20,12                           | 7,97         | 0,80  | 9,07         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 259,47        | 214,97         | 0,79  | 0,09 | 57,50           | 0,60           | 1,00           | 19,21                           | 7,97         | 0,67  | 7,49         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 287,37        | 227,87         | 0,77  | 0,09 | 57,50           | 0,57           | 1,00           | 18,38                           | 7,97         | 0,58  | 6,36         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 22    | 9,50     | 68,7                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,14 | 22,00           | 1,60           | 0,75           | 14,78                           | 10,87        | 0,51  | 3,56         | YOK                   |
|                | 3,45       | 21    | 9,50     | 68,7                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,14 | 21,00           | 1,27           | 0,80           | 11,92                           | 10,87        | 0,33  | 2,33         | YOK                   |
|                | 4,95       | 33    | 9,50     | 39,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,14 | 33,00           | 1,05           | 0,85           | 16,48                           | 7,98         | 0,42  | 3,06         | YOK                   |
|                | 6,45       | 37    | 9,50     | 39,8                | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,90  | 0,13 | 37,00           | 0,89           | 0,95           | 17,61                           | 7,98         | 0,51  | 3,79         | YOK                   |
|                | 7,95       | 36    | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,13 | 36,00           | 0,78           | 0,95           | 14,94                           | 7,97         | 0,34  | 2,56         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,86  | 0,13 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,80                           | 7,97         | 15,42 | 120,48       | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 203,67        | 189,17         | 0,84  | 0,13 | 57,50           | 0,66           | 1,00           | 21,12                           | 7,97         | 0,96  | 7,17         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 231,57        | 202,07         | 0,81  | 0,14 | 57,50           | 0,62           | 1,00           | 20,12                           | 7,97         | 0,80  | 5,74         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 259,47        | 214,97         | 0,79  | 0,14 | 57,50           | 0,60           | 1,00           | 19,21                           | 7,97         | 0,67  | 4,74         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 287,37        | 227,87         | 0,77  | 0,14 | 57,50           | 0,57           | 1,00           | 18,38                           | 7,97         | 0,58  | 4,02         | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 22    | 9,50     | 68,7                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,23 | 22,00           | 1,60           | 0,75           | 14,78                           | 10,87        | 0,51  | 2,27         | YOK                   |
|                | 3,45       | 21    | 9,50     | 68,7                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,22 | 21,00           | 1,27           | 0,80           | 11,92                           | 10,87        | 0,33  | 1,49         | YOK                   |
|                | 4,95       | 33    | 9,50     | 39,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,22 | 33,00           | 1,05           | 0,85           | 16,48                           | 7,98         | 0,42  | 1,95         | YOK                   |
|                | 6,45       | 37    | 9,50     | 39,8                | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,90  | 0,21 | 37,00           | 0,89           | 0,95           | 17,61                           | 7,98         | 0,51  | 2,41         | YOK                   |
|                | 7,95       | 36    | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,21 | 36,00           | 0,78           | 0,95           | 14,94                           | 7,97         | 0,34  | 1,63         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,86  | 0,20 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,80                           | 7,97         | 15,42 | 76,82        | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 203,67        | 189,17         | 0,84  | 0,21 | 57,50           | 0,66           | 1,00           | 21,12                           | 7,97         | 0,96  | 4,57         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 231,57        | 202,07         | 0,81  | 0,22 | 57,50           | 0,62           | 1,00           | 20,12                           | 7,97         | 0,80  | 3,66         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 259,47        | 214,97         | 0,79  | 0,22 | 57,50           | 0,60           | 1,00           | 19,21                           | 7,97         | 0,67  | 3,02         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 287,37        | 227,87         | 0,77  | 0,23 | 57,50           | 0,57           | 1,00           | 18,38                           | 7,97         | 0,58  | 2,56         | YOK                   |
| 7,50           | 1,95       | 22    | 9,50     | 68,7                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,35 | 22,00           | 1,60           | 0,75           | 14,78                           | 10,87        | 0,51  | 1,46         | YOK                   |
|                | 3,45       | 21    | 9,50     | 68,7                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,35 | 21,00           | 1,27           | 0,80           | 11,92                           | 10,87        | 0,33  | 0,96         | VAR                   |
|                | 4,95       | 33    | 9,50     | 39,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,34 | 33,00           | 1,05           | 0,85           | 16,48                           | 7,98         | 0,42  | 1,25         | YOK                   |
|                | 6,45       | 37    | 9,50     | 39,8                | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,90  | 0,33 | 37,00           | 0,89           | 0,95           | 17,61                           | 7,98         | 0,51  | 1,55         | YOK                   |
|                | 7,95       | 36    | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,32 | 36,00           | 0,78           | 0,95           | 14,94                           | 7,97         | 0,34  | 1,05         | RİSKLİ                |
|                | 9,45       | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 175,77        | 175,77         | 0,86  | 0,31 | 100,00          | 0,69           | 0,95           | 36,80                           | 7,97         | 15,42 | 49,33        | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 203,67        | 189,17         | 0,84  | 0,33 | 57,50           | 0,66           | 1,00           | 21,12                           | 7,97         | 0,96  | 2,94         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 231,57        | 202,07         | 0,81  | 0,34 | 57,50           | 0,62           | 1,00           | 20,12                           | 7,97         | 0,80  | 2,35         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 259,47        | 214,97         | 0,79  | 0,35 | 57,50           | 0,60           | 1,00           | 19,21                           | 7,97         | 0,67  | 1,94         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 9,50     | 39,7                | 18,6                               | 287,37        | 227,87         | 0,77  | 0,35 | 57,50           | 0,57           | 1,00           | 18,38                           | 7,97         | 0,58  | 1,65         | YOK                   |





**Şekil 4.40** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-18 sivilaşma analiz grafiği

SK-18 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

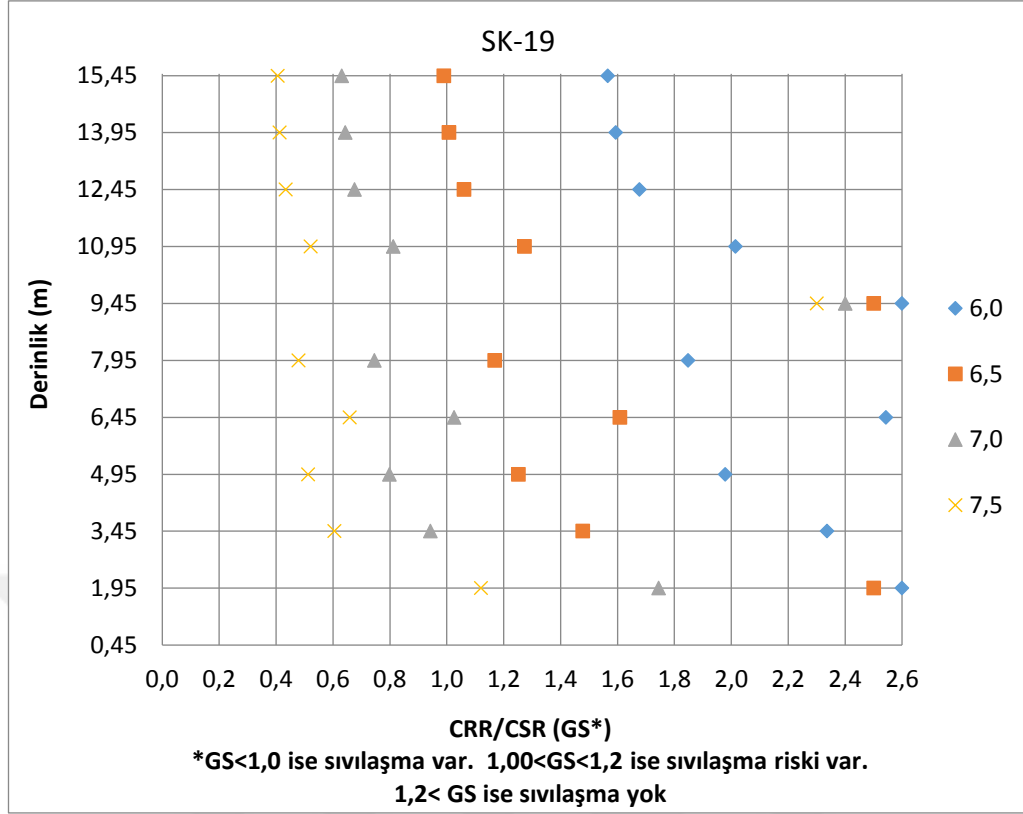
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 3,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu 7,95 m seviyesinde 1,00-1,20 olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.41 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-19 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>80</sub> | $\Delta N_r$ | CRR  | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|--------------|------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 19    | 2,40     | 72,5                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,09 | 19,00           | 1,60           | 0,75           | 12,79                           | 11,25        | 0,40 | 4,33         | YOK                   |
|                | 3,45       | 15    | 2,40     | 72,5                | 18,5                               | 63,83         | 53,33          | 0,95  | 0,11 | 15,00           | 1,38           | 0,80           | 9,26                            | 11,25        | 0,25 | 2,34         | YOK                   |
|                | 4,95       | 19    | 2,40     | 59,8                | 18,5                               | 91,58         | 66,08          | 0,93  | 0,12 | 17,00           | 1,25           | 0,85           | 10,11                           | 9,98         | 0,24 | 1,98         | YOK                   |
|                | 6,45       | 27    | 2,40     | 59,8                | 18,5                               | 119,33        | 78,83          | 0,90  | 0,13 | 21,00           | 1,14           | 0,95           | 12,76                           | 9,98         | 0,33 | 2,54         | YOK                   |
|                | 7,95       | 29    | 2,40     | 40,6                | 18,5                               | 147,08        | 91,58          | 0,88  | 0,13 | 22,00           | 1,05           | 0,95           | 12,31                           | 8,06         | 0,25 | 1,85         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 2,40     | 40,6                | 18,5                               | 174,83        | 104,33         | 0,86  | 0,14 | 57,50           | 0,98           | 0,95           | 29,83                           | 8,06         | 4,97 | 36,60        | YOK                   |
|                | 10,95      | 35    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 202,58        | 117,08         | 0,84  | 0,14 | 25,00           | 0,91           | 1,00           | 12,72                           | 8,63         | 0,27 | 2,01         | YOK                   |
|                | 12,45      | 31    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 230,33        | 129,83         | 0,81  | 0,14 | 23,00           | 0,85           | 1,00           | 10,96                           | 8,63         | 0,23 | 1,68         | YOK                   |
|                | 13,95      | 31    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 258,08        | 142,58         | 0,79  | 0,13 | 23,00           | 0,80           | 1,00           | 10,30                           | 8,63         | 0,22 | 1,59         | YOK                   |
|                | 15,45      | 32    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 285,83        | 155,33         | 0,77  | 0,13 | 23,50           | 0,75           | 1,00           | 9,93                            | 8,63         | 0,21 | 1,57         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 19    | 2,40     | 72,5                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,14 | 19,00           | 1,60           | 0,75           | 12,79                           | 11,25        | 0,40 | 2,74         | YOK                   |
|                | 3,45       | 15    | 2,40     | 72,5                | 18,5                               | 63,83         | 53,33          | 0,95  | 0,17 | 15,00           | 1,38           | 0,80           | 9,26                            | 11,25        | 0,25 | 1,48         | YOK                   |
|                | 4,95       | 19    | 2,40     | 59,8                | 18,5                               | 91,58         | 66,08          | 0,93  | 0,19 | 17,00           | 1,25           | 0,85           | 10,11                           | 9,98         | 0,24 | 1,25         | YOK                   |
|                | 6,45       | 27    | 2,40     | 59,8                | 18,5                               | 119,33        | 78,83          | 0,90  | 0,20 | 21,00           | 1,14           | 0,95           | 12,76                           | 9,98         | 0,33 | 1,61         | YOK                   |
|                | 7,95       | 29    | 2,40     | 40,6                | 18,5                               | 147,08        | 91,58          | 0,88  | 0,21 | 22,00           | 1,05           | 0,95           | 12,31                           | 8,06         | 0,25 | 1,17         | RİSKLİ                |
|                | 9,45       | 100   | 2,40     | 40,6                | 18,5                               | 174,83        | 104,33         | 0,86  | 0,21 | 57,50           | 0,98           | 0,95           | 29,83                           | 8,06         | 4,97 | 23,15        | YOK                   |
|                | 10,95      | 35    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 202,58        | 117,08         | 0,84  | 0,22 | 25,00           | 0,91           | 1,00           | 12,72                           | 8,63         | 0,27 | 1,27         | YOK                   |
|                | 12,45      | 31    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 230,33        | 129,83         | 0,81  | 0,22 | 23,00           | 0,85           | 1,00           | 10,96                           | 8,63         | 0,23 | 1,06         | RİSKLİ                |
|                | 13,95      | 31    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 258,08        | 142,58         | 0,79  | 0,21 | 23,00           | 0,80           | 1,00           | 10,30                           | 8,63         | 0,22 | 1,01         | RİSKLİ                |
|                | 15,45      | 32    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 285,83        | 155,33         | 0,77  | 0,21 | 23,50           | 0,75           | 1,00           | 9,93                            | 8,63         | 0,21 | 0,99         | VAR                   |
| 7,00           | 1,95       | 19    | 2,40     | 72,5                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,23 | 19,00           | 1,60           | 0,75           | 12,79                           | 11,25        | 0,40 | 1,74         | YOK                   |
|                | 3,45       | 15    | 2,40     | 72,5                | 18,5                               | 63,83         | 53,33          | 0,95  | 0,27 | 15,00           | 1,38           | 0,80           | 9,26                            | 11,25        | 0,25 | 0,94         | VAR                   |
|                | 4,95       | 19    | 2,40     | 59,8                | 18,5                               | 91,58         | 66,08          | 0,93  | 0,30 | 17,00           | 1,25           | 0,85           | 10,11                           | 9,98         | 0,24 | 0,80         | VAR                   |
|                | 6,45       | 27    | 2,40     | 59,8                | 18,5                               | 119,33        | 78,83          | 0,90  | 0,32 | 21,00           | 1,14           | 0,95           | 12,76                           | 9,98         | 0,33 | 1,03         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 29    | 2,40     | 40,6                | 18,5                               | 147,08        | 91,58          | 0,88  | 0,33 | 22,00           | 1,05           | 0,95           | 12,31                           | 8,06         | 0,25 | 0,75         | VAR                   |
|                | 9,45       | 100   | 2,40     | 40,6                | 18,5                               | 174,83        | 104,33         | 0,86  | 0,34 | 57,50           | 0,98           | 0,95           | 29,83                           | 8,06         | 4,97 | 14,76        | YOK                   |
|                | 10,95      | 35    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 202,58        | 117,08         | 0,84  | 0,34 | 25,00           | 0,91           | 1,00           | 12,72                           | 8,63         | 0,27 | 0,81         | VAR                   |
|                | 12,45      | 31    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 230,33        | 129,83         | 0,81  | 0,34 | 23,00           | 0,85           | 1,00           | 10,96                           | 8,63         | 0,23 | 0,68         | VAR                   |
|                | 13,95      | 31    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 258,08        | 142,58         | 0,79  | 0,33 | 23,00           | 0,80           | 1,00           | 10,30                           | 8,63         | 0,22 | 0,64         | VAR                   |
|                | 15,45      | 32    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 285,83        | 155,33         | 0,77  | 0,33 | 23,50           | 0,75           | 1,00           | 9,93                            | 8,63         | 0,21 | 0,63         | VAR                   |
| 7,50           | 1,95       | 19    | 2,40     | 72,5                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,35 | 19,00           | 1,60           | 0,75           | 12,79                           | 11,25        | 0,40 | 1,12         | RİSKLİ                |
|                | 3,45       | 15    | 2,40     | 72,5                | 18,5                               | 63,83         | 53,33          | 0,95  | 0,41 | 15,00           | 1,38           | 0,80           | 9,26                            | 11,25        | 0,25 | 0,60         | VAR                   |
|                | 4,95       | 19    | 2,40     | 59,8                | 18,5                               | 91,58         | 66,08          | 0,93  | 0,47 | 17,00           | 1,25           | 0,85           | 10,11                           | 9,98         | 0,24 | 0,51         | VAR                   |
|                | 6,45       | 27    | 2,40     | 59,8                | 18,5                               | 119,33        | 78,83          | 0,90  | 0,50 | 21,00           | 1,14           | 0,95           | 12,76                           | 9,98         | 0,33 | 0,66         | VAR                   |
|                | 7,95       | 29    | 2,40     | 40,6                | 18,5                               | 147,08        | 91,58          | 0,88  | 0,52 | 22,00           | 1,05           | 0,95           | 12,31                           | 8,06         | 0,25 | 0,48         | VAR                   |
|                | 9,45       | 100   | 2,40     | 40,6                | 18,5                               | 174,83        | 104,33         | 0,86  | 0,52 | 57,50           | 0,98           | 0,95           | 29,83                           | 8,06         | 4,97 | 9,48         | YOK                   |
|                | 10,95      | 35    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 202,58        | 117,08         | 0,84  | 0,53 | 25,00           | 0,91           | 1,00           | 12,72                           | 8,63         | 0,27 | 0,52         | VAR                   |
|                | 12,45      | 31    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 230,33        | 129,83         | 0,81  | 0,53 | 23,00           | 0,85           | 1,00           | 10,96                           | 8,63         | 0,23 | 0,43         | VAR                   |
|                | 13,95      | 31    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 258,08        | 142,58         | 0,79  | 0,52 | 23,00           | 0,80           | 1,00           | 10,30                           | 8,63         | 0,22 | 0,41         | VAR                   |
|                | 15,45      | 32    | 2,40     | 46,3                | 18,5                               | 285,83        | 155,33         | 0,77  | 0,51 | 23,50           | 0,75           | 1,00           | 9,93                            | 8,63         | 0,21 | 0,41         | VAR                   |



**Şekil 4.41** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-19 sivilaşma analiz grafiği

SK-19 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

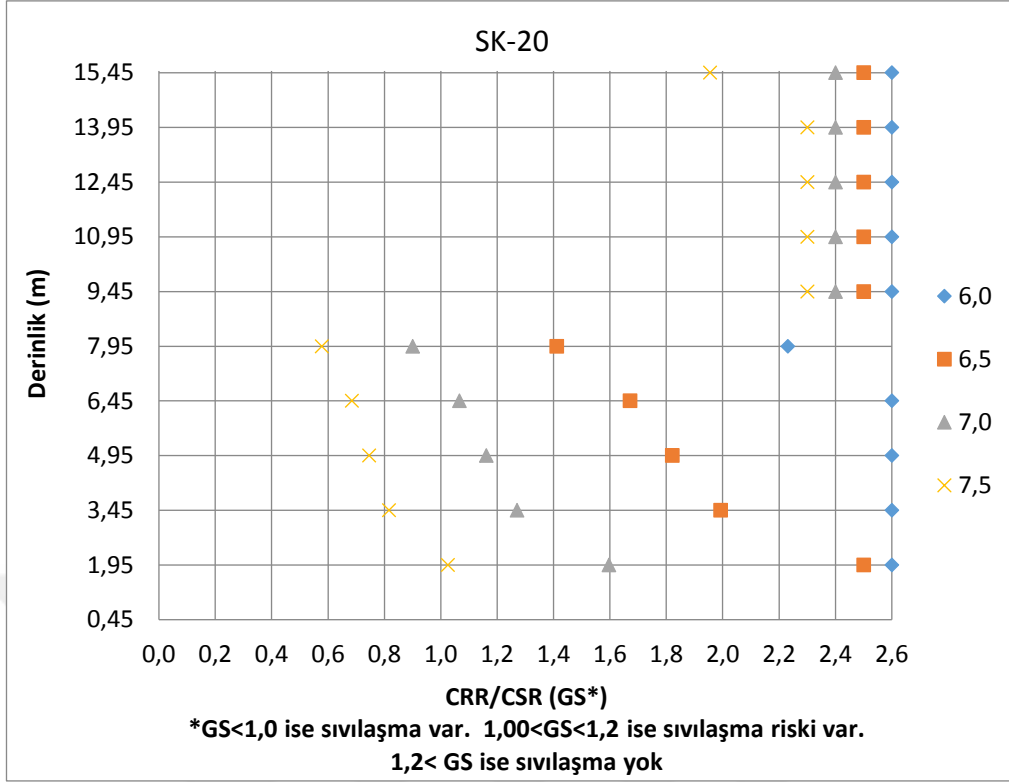
6,50 şiddetindeki depremde 7,95 m, 12,45 m, 13,95 m seviyelerinde 1,00-1,20 arasında 15,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 6,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu 1,95 m ve 9,45 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 1,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu 9,45 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.42 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-20 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N) <sub>80</sub> | $\Delta N_f$ | CRR  | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|--------------|------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 21    | 5,80     | 53,4                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,09 | 21,00           | 1,60           | 0,75           | 14,11             | 9,34         | 0,36 | 3,96         | YOK                   |
|                | 3,45       | 22    | 5,80     | 50,8                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,09 | 22,00           | 1,27           | 0,80           | 12,49             | 9,08         | 0,28 | 3,15         | YOK                   |
|                | 4,95       | 23    | 5,80     | 50,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,09 | 23,00           | 1,05           | 0,85           | 11,48             | 9,08         | 0,25 | 2,88         | YOK                   |
|                | 6,45       | 35    | 5,80     | 37,1                | 18,6                               | 119,97        | 113,47         | 0,90  | 0,09 | 25,00           | 0,93           | 0,95           | 12,32             | 7,71         | 0,24 | 2,64         | YOK                   |
|                | 7,95       | 36    | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 147,87        | 126,37         | 0,88  | 0,10 | 25,50           | 0,87           | 0,95           | 11,74             | 7,28         | 0,22 | 2,23         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 175,77        | 139,27         | 0,86  | 0,10 | 57,50           | 0,81           | 0,95           | 24,85             | 7,28         | 1,72 | 16,82        | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 203,67        | 152,17         | 0,84  | 0,11 | 57,50           | 0,77           | 1,00           | 24,64             | 7,28         | 1,65 | 15,64        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 231,57        | 165,07         | 0,81  | 0,11 | 57,50           | 0,72           | 1,00           | 23,29             | 7,28         | 1,27 | 11,85        | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 259,47        | 177,97         | 0,79  | 0,11 | 57,50           | 0,69           | 1,00           | 22,08             | 7,28         | 1,01 | 9,31         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 287,37        | 190,87         | 0,77  | 0,11 | 57,50           | 0,65           | 1,00           | 20,98             | 7,28         | 0,82 | 7,55         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 21    | 5,80     | 53,4                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,14 | 21,00           | 1,60           | 0,75           | 14,11             | 9,34         | 0,36 | 2,50         | YOK                   |
|                | 3,45       | 22    | 5,80     | 50,8                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,14 | 22,00           | 1,27           | 0,80           | 12,49             | 9,08         | 0,28 | 1,99         | YOK                   |
|                | 4,95       | 23    | 5,80     | 50,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,14 | 23,00           | 1,05           | 0,85           | 11,48             | 9,08         | 0,25 | 1,82         | YOK                   |
|                | 6,45       | 35    | 5,80     | 37,1                | 18,6                               | 119,97        | 113,47         | 0,90  | 0,14 | 25,00           | 0,93           | 0,95           | 12,32             | 7,71         | 0,24 | 1,67         | YOK                   |
|                | 7,95       | 36    | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 147,87        | 126,37         | 0,88  | 0,15 | 25,50           | 0,87           | 0,95           | 11,74             | 7,28         | 0,22 | 1,41         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 175,77        | 139,27         | 0,86  | 0,16 | 57,50           | 0,81           | 0,95           | 24,85             | 7,28         | 1,72 | 10,63        | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 203,67        | 152,17         | 0,84  | 0,17 | 57,50           | 0,77           | 1,00           | 24,64             | 7,28         | 1,65 | 9,89         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 231,57        | 165,07         | 0,81  | 0,17 | 57,50           | 0,72           | 1,00           | 23,29             | 7,28         | 1,27 | 7,49         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 259,47        | 177,97         | 0,79  | 0,17 | 57,50           | 0,69           | 1,00           | 22,08             | 7,28         | 1,01 | 5,88         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 287,37        | 190,87         | 0,77  | 0,17 | 57,50           | 0,65           | 1,00           | 20,98             | 7,28         | 0,82 | 4,77         | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 21    | 5,80     | 53,4                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,23 | 21,00           | 1,60           | 0,75           | 14,11             | 9,34         | 0,36 | 1,60         | YOK                   |
|                | 3,45       | 22    | 5,80     | 50,8                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,22 | 22,00           | 1,27           | 0,80           | 12,49             | 9,08         | 0,28 | 1,27         | YOK                   |
|                | 4,95       | 23    | 5,80     | 50,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,22 | 23,00           | 1,05           | 0,85           | 11,48             | 9,08         | 0,25 | 1,16         | RİSKLİ                |
|                | 6,45       | 35    | 5,80     | 37,1                | 18,6                               | 119,97        | 113,47         | 0,90  | 0,22 | 25,00           | 0,93           | 0,95           | 12,32             | 7,71         | 0,24 | 1,07         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 36    | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 147,87        | 126,37         | 0,88  | 0,24 | 25,50           | 0,87           | 0,95           | 11,74             | 7,28         | 0,22 | 0,90         | VAR                   |
|                | 9,45       | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 175,77        | 139,27         | 0,86  | 0,25 | 57,50           | 0,81           | 0,95           | 24,85             | 7,28         | 1,72 | 6,78         | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 203,67        | 152,17         | 0,84  | 0,26 | 57,50           | 0,77           | 1,00           | 24,64             | 7,28         | 1,65 | 6,31         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 231,57        | 165,07         | 0,81  | 0,27 | 57,50           | 0,72           | 1,00           | 23,29             | 7,28         | 1,27 | 4,78         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 259,47        | 177,97         | 0,79  | 0,27 | 57,50           | 0,69           | 1,00           | 22,08             | 7,28         | 1,01 | 3,75         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 287,37        | 190,87         | 0,77  | 0,27 | 57,50           | 0,65           | 1,00           | 20,98             | 7,28         | 0,82 | 3,04         | YOK                   |
| 7,50           | 1,95       | 21    | 5,80     | 53,4                | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,35 | 21,00           | 1,60           | 0,75           | 14,11             | 9,34         | 0,36 | 1,03         | RİSKLİ                |
|                | 3,45       | 22    | 5,80     | 50,8                | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,35 | 22,00           | 1,27           | 0,80           | 12,49             | 9,08         | 0,28 | 0,82         | VAR                   |
|                | 4,95       | 23    | 5,80     | 50,8                | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,34 | 23,00           | 1,05           | 0,85           | 11,48             | 9,08         | 0,25 | 0,75         | VAR                   |
|                | 6,45       | 35    | 5,80     | 37,1                | 18,6                               | 119,97        | 113,47         | 0,90  | 0,35 | 25,00           | 0,93           | 0,95           | 12,32             | 7,71         | 0,24 | 0,68         | VAR                   |
|                | 7,95       | 36    | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 147,87        | 126,37         | 0,88  | 0,38 | 25,50           | 0,87           | 0,95           | 11,74             | 7,28         | 0,22 | 0,58         | VAR                   |
|                | 9,45       | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 175,77        | 139,27         | 0,86  | 0,39 | 57,50           | 0,81           | 0,95           | 24,85             | 7,28         | 1,72 | 4,35         | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 203,67        | 152,17         | 0,84  | 0,41 | 57,50           | 0,77           | 1,00           | 24,64             | 7,28         | 1,65 | 4,05         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 231,57        | 165,07         | 0,81  | 0,42 | 57,50           | 0,72           | 1,00           | 23,29             | 7,28         | 1,27 | 3,07         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 259,47        | 177,97         | 0,79  | 0,42 | 57,50           | 0,69           | 1,00           | 22,08             | 7,28         | 1,01 | 2,41         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 5,80     | 32,8                | 18,6                               | 287,37        | 190,87         | 0,77  | 0,42 | 57,50           | 0,65           | 1,00           | 20,98             | 7,28         | 0,82 | 1,95         | YOK                   |



**Şekil 4.42** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-20 sivilaşma analiz grafiği

SK-20 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

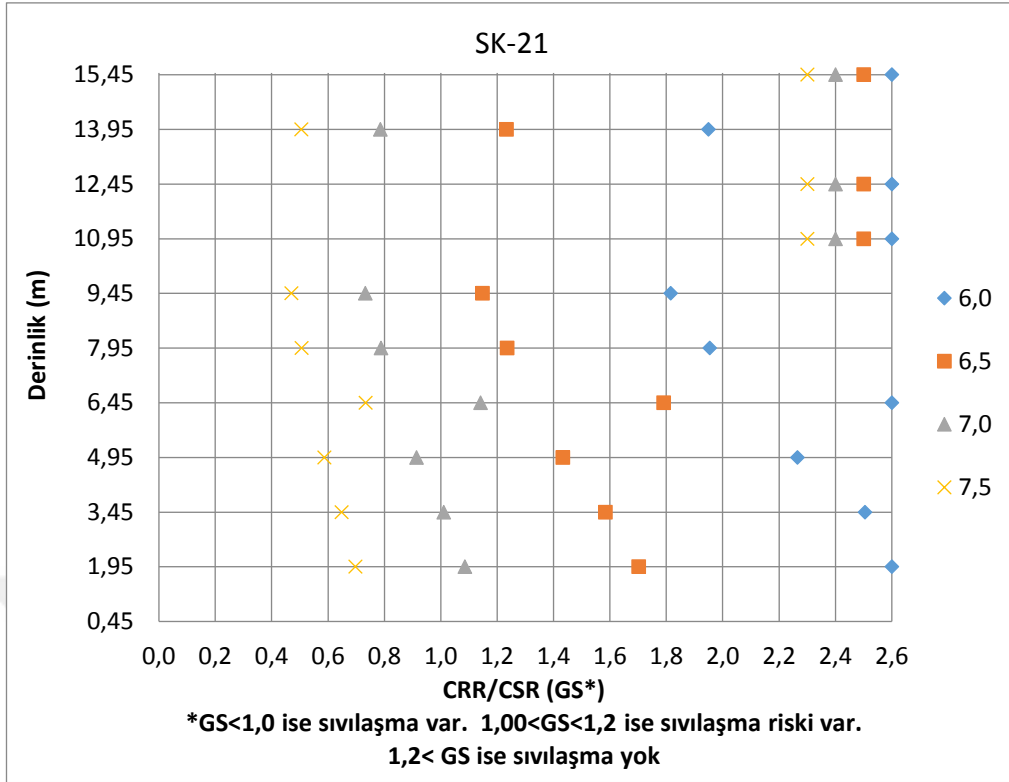
7,00 şiddetindeki depremde 4,95 m, 6,45 m seviyelerinde 1,00-1,20 arasında olduğu

7,95 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğudigerseviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 1,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu, 3,45-7,95 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.43 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-21 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>80</sub> | $\Delta N_r$ | CRR  | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|--------------|------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 13    | 2,50     | 76,2                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,09 | 13,00           | 1,60           | 0,75           | 8,75                            | 11,62        | 0,25 | 2,69         | YOK                   |
|                | 3,45       | 15    | 2,50     | 76,2                | 17,5                               | 60,38         | 50,88          | 0,95  | 0,11 | 15,00           | 1,41           | 0,80           | 9,45                            | 11,62        | 0,27 | 2,51         | YOK                   |
|                | 4,95       | 20    | 2,50     | 66,7                | 17,5                               | 86,63         | 62,13          | 0,93  | 0,12 | 17,50           | 1,29           | 0,85           | 10,72                           | 10,67        | 0,28 | 2,27         | YOK                   |
|                | 6,45       | 21    | 2,50     | 82,5                | 17,5                               | 112,88        | 73,38          | 0,90  | 0,13 | 18,00           | 1,19           | 0,95           | 11,35                           | 12,25        | 0,37 | 2,83         | YOK                   |
|                | 7,95       | 22    | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 139,13        | 84,63          | 0,88  | 0,14 | 18,50           | 1,10           | 0,95           | 10,82                           | 10,28        | 0,27 | 1,95         | YOK                   |
|                | 9,45       | 23    | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 165,38        | 95,88          | 0,86  | 0,14 | 19,00           | 1,02           | 0,95           | 10,36                           | 10,28        | 0,25 | 1,82         | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 191,63        | 107,13         | 0,84  | 0,14 | 57,50           | 0,96           | 1,00           | 30,90                           | 10,28        | 8,71 | 61,77        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 217,88        | 118,38         | 0,81  | 0,14 | 57,50           | 0,90           | 1,00           | 29,06                           | 10,28        | 6,38 | 45,23        | YOK                   |
|                | 13,95      | 40    | 2,50     | 42,1                | 17,5                               | 244,13        | 129,63         | 0,79  | 0,14 | 27,50           | 0,85           | 1,00           | 13,11                           | 8,21         | 0,27 | 1,95         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 2,50     | 42,1                | 17,5                               | 270,38        | 140,88         | 0,77  | 0,14 | 57,50           | 0,81           | 1,00           | 25,96                           | 8,21         | 2,52 | 18,16        | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 13    | 2,50     | 76,2                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,14 | 13,00           | 1,60           | 0,75           | 8,75                            | 11,62        | 0,25 | 1,70         | YOK                   |
|                | 3,45       | 15    | 2,50     | 76,2                | 17,5                               | 60,38         | 50,88          | 0,95  | 0,17 | 15,00           | 1,41           | 0,80           | 9,45                            | 11,62        | 0,27 | 1,58         | YOK                   |
|                | 4,95       | 20    | 2,50     | 66,7                | 17,5                               | 86,63         | 62,13          | 0,93  | 0,19 | 17,50           | 1,29           | 0,85           | 10,72                           | 10,67        | 0,28 | 1,43         | YOK                   |
|                | 6,45       | 21    | 2,50     | 82,5                | 17,5                               | 112,88        | 73,38          | 0,90  | 0,21 | 18,00           | 1,19           | 0,95           | 11,35                           | 12,25        | 0,37 | 1,79         | YOK                   |
|                | 7,95       | 22    | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 139,13        | 84,63          | 0,88  | 0,22 | 18,50           | 1,10           | 0,95           | 10,82                           | 10,28        | 0,27 | 1,24         | YOK                   |
|                | 9,45       | 23    | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 165,38        | 95,88          | 0,86  | 0,22 | 19,00           | 1,02           | 0,95           | 10,36                           | 10,28        | 0,25 | 1,15         | RİSKLİ                |
|                | 10,95      | 100   | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 191,63        | 107,13         | 0,84  | 0,22 | 57,50           | 0,96           | 1,00           | 30,90                           | 10,28        | 8,71 | 39,06        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 217,88        | 118,38         | 0,81  | 0,22 | 57,50           | 0,90           | 1,00           | 29,06                           | 10,28        | 6,38 | 28,60        | YOK                   |
|                | 13,95      | 40    | 2,50     | 42,1                | 17,5                               | 244,13        | 129,63         | 0,79  | 0,22 | 27,50           | 0,85           | 1,00           | 13,11                           | 8,21         | 0,27 | 1,23         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 2,50     | 42,1                | 17,5                               | 270,38        | 140,88         | 0,77  | 0,22 | 57,50           | 0,81           | 1,00           | 25,96                           | 8,21         | 2,52 | 11,48        | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 13    | 2,50     | 76,2                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,23 | 13,00           | 1,60           | 0,75           | 8,75                            | 11,62        | 0,25 | 1,09         | RİSKLİ                |
|                | 3,45       | 15    | 2,50     | 76,2                | 17,5                               | 60,38         | 50,88          | 0,95  | 0,26 | 15,00           | 1,41           | 0,80           | 9,45                            | 11,62        | 0,27 | 1,01         | RİSKLİ                |
|                | 4,95       | 20    | 2,50     | 66,7                | 17,5                               | 86,63         | 62,13          | 0,93  | 0,30 | 17,50           | 1,29           | 0,85           | 10,72                           | 10,67        | 0,28 | 0,91         | VAR                   |
|                | 6,45       | 21    | 2,50     | 82,5                | 17,5                               | 112,88        | 73,38          | 0,90  | 0,33 | 18,00           | 1,19           | 0,95           | 11,35                           | 12,25        | 0,37 | 1,14         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 22    | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 139,13        | 84,63          | 0,88  | 0,34 | 18,50           | 1,10           | 0,95           | 10,82                           | 10,28        | 0,27 | 0,79         | VAR                   |
|                | 9,45       | 23    | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 165,38        | 95,88          | 0,86  | 0,35 | 19,00           | 1,02           | 0,95           | 10,36                           | 10,28        | 0,25 | 0,73         | VAR                   |
|                | 10,95      | 100   | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 191,63        | 107,13         | 0,84  | 0,35 | 57,50           | 0,96           | 1,00           | 30,90                           | 10,28        | 8,71 | 24,91        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 217,88        | 118,38         | 0,81  | 0,35 | 57,50           | 0,90           | 1,00           | 29,06                           | 10,28        | 6,38 | 18,24        | YOK                   |
|                | 13,95      | 40    | 2,50     | 42,1                | 17,5                               | 244,13        | 129,63         | 0,79  | 0,35 | 27,50           | 0,85           | 1,00           | 13,11                           | 8,21         | 0,27 | 0,79         | VAR                   |
|                | 15,45      | 100   | 2,50     | 42,1                | 17,5                               | 270,38        | 140,88         | 0,77  | 0,34 | 57,50           | 0,81           | 1,00           | 25,96                           | 8,21         | 2,52 | 7,32         | YOK                   |
| 7,50           | 1,95       | 13    | 2,50     | 76,2                | 18,5                               | 36,08         | 36,08          | 0,97  | 0,35 | 13,00           | 1,60           | 0,75           | 8,75                            | 11,62        | 0,25 | 0,70         | VAR                   |
|                | 3,45       | 15    | 2,50     | 76,2                | 17,5                               | 60,38         | 50,88          | 0,95  | 0,41 | 15,00           | 1,41           | 0,80           | 9,45                            | 11,62        | 0,27 | 0,65         | VAR                   |
|                | 4,95       | 20    | 2,50     | 66,7                | 17,5                               | 86,63         | 62,13          | 0,93  | 0,47 | 17,50           | 1,29           | 0,85           | 10,72                           | 10,67        | 0,28 | 0,59         | VAR                   |
|                | 6,45       | 21    | 2,50     | 82,5                | 17,5                               | 112,88        | 73,38          | 0,90  | 0,51 | 18,00           | 1,19           | 0,95           | 11,35                           | 12,25        | 0,37 | 0,73         | VAR                   |
|                | 7,95       | 22    | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 139,13        | 84,63          | 0,88  | 0,53 | 18,50           | 1,10           | 0,95           | 10,82                           | 10,28        | 0,27 | 0,51         | VAR                   |
|                | 9,45       | 23    | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 165,38        | 95,88          | 0,86  | 0,54 | 19,00           | 1,02           | 0,95           | 10,36                           | 10,28        | 0,25 | 0,47         | VAR                   |
|                | 10,95      | 100   | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 191,63        | 107,13         | 0,84  | 0,54 | 57,50           | 0,96           | 1,00           | 30,90                           | 10,28        | 8,71 | 15,99        | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 2,50     | 62,8                | 17,5                               | 217,88        | 118,38         | 0,81  | 0,55 | 57,50           | 0,90           | 1,00           | 29,06                           | 10,28        | 6,38 | 11,71        | YOK                   |
|                | 13,95      | 40    | 2,50     | 42,1                | 17,5                               | 244,13        | 129,63         | 0,79  | 0,54 | 27,50           | 0,85           | 1,00           | 13,11                           | 8,21         | 0,27 | 0,50         | VAR                   |
|                | 15,45      | 100   | 2,50     | 42,1                | 17,5                               | 270,38        | 140,88         | 0,77  | 0,54 | 57,50           | 0,81           | 1,00           | 25,96                           | 8,21         | 2,52 | 4,70         | YOK                   |



**Şekil 4.43** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-21 sivilaşma analiz grafiği

SK-21 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde 9,45m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

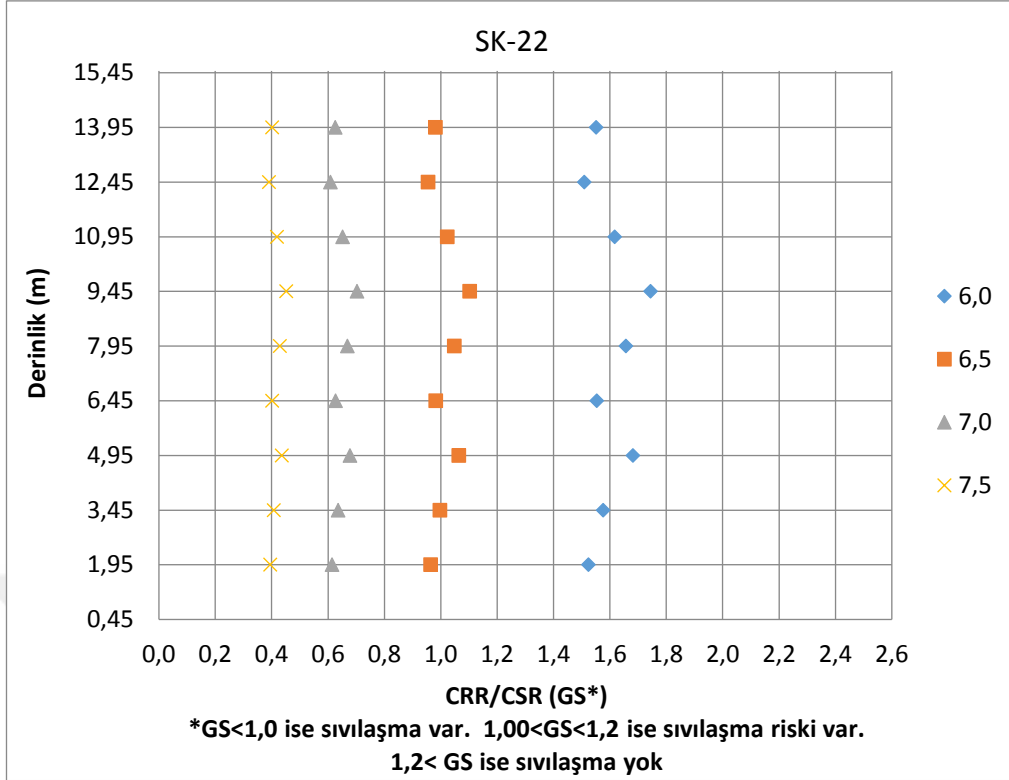
7,00 şiddetindeki depremde 1,95 m, 3,45 m, 6,45 m seviyelerinde 1,00-1,20 arasında olduğu 10,95 m, 12,45m, 15,45 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 10,95 m, 12,45 m, 15,45 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.44 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-22 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>80</sub> | $\Delta N_f$ | CRR  | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|--------------|------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 3,45       | 11    | 2,00     | 50,2                | 19,3                               | 66,59         | 52,09          | 0,95  | 0,11 | 11,00           | 1,39           | 0,80           | 6,86                            | 9,02         | 0,17 | 1,52         | YOK                   |
|                | 4,95       | 15    | 2,00     | 50,2                | 19,3                               | 95,54         | 66,04          | 0,93  | 0,13 | 15,00           | 1,25           | 0,85           | 8,92                            | 9,02         | 0,20 | 1,58         | YOK                   |
|                | 6,45       | 18    | 2,00     | 53,9                | 19,3                               | 124,49        | 79,99          | 0,90  | 0,13 | 16,50           | 1,13           | 0,95           | 9,95                            | 9,39         | 0,22 | 1,68         | YOK                   |
|                | 7,95       | 16    | 2,00     | 61,3                | 19,3                               | 153,44        | 93,94          | 0,88  | 0,14 | 15,50           | 1,04           | 0,95           | 8,55                            | 10,13        | 0,21 | 1,55         | YOK                   |
|                | 9,45       | 21    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 182,39        | 107,89         | 0,86  | 0,14 | 18,00           | 0,96           | 0,95           | 9,15                            | 10,37        | 0,23 | 1,66         | YOK                   |
|                | 10,95      | 24    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 211,34        | 121,84         | 0,84  | 0,14 | 19,50           | 0,89           | 1,00           | 9,68                            | 10,37        | 0,24 | 1,74         | YOK                   |
|                | 12,45      | 23    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 240,29        | 135,79         | 0,81  | 0,14 | 19,00           | 0,83           | 1,00           | 8,79                            | 10,37        | 0,22 | 1,62         | YOK                   |
|                | 13,95      | 21    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 269,24        | 149,74         | 0,79  | 0,13 | 18,00           | 0,77           | 1,00           | 7,80                            | 10,37        | 0,20 | 1,51         | YOK                   |
|                | 15,45      | 24    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 298,19        | 163,69         | 0,77  | 0,13 | 19,50           | 0,73           | 1,00           | 7,94                            | 10,37        | 0,20 | 1,55         | YOK                   |
| 6,50           | 3,45       | 11    | 2,00     | 50,2                | 19,3                               | 66,59         | 52,09          | 0,95  | 0,18 | 11,00           | 1,39           | 0,80           | 6,86                            | 9,02         | 0,17 | 0,96         | VAR                   |
|                | 4,95       | 15    | 2,00     | 50,2                | 19,3                               | 95,54         | 66,04          | 0,93  | 0,20 | 15,00           | 1,25           | 0,85           | 8,92                            | 9,02         | 0,20 | 1,00         | VAR                   |
|                | 6,45       | 18    | 2,00     | 53,9                | 19,3                               | 124,49        | 79,99          | 0,90  | 0,21 | 16,50           | 1,13           | 0,95           | 9,95                            | 9,39         | 0,22 | 1,06         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 16    | 2,00     | 61,3                | 19,3                               | 153,44        | 93,94          | 0,88  | 0,21 | 15,50           | 1,04           | 0,95           | 8,55                            | 10,13        | 0,21 | 0,98         | VAR                   |
|                | 9,45       | 21    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 182,39        | 107,89         | 0,86  | 0,22 | 18,00           | 0,96           | 0,95           | 9,15                            | 10,37        | 0,23 | 1,05         | RİSKLİ                |
|                | 10,95      | 24    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 211,34        | 121,84         | 0,84  | 0,22 | 19,50           | 0,89           | 1,00           | 9,68                            | 10,37        | 0,24 | 1,10         | RİSKLİ                |
|                | 12,45      | 23    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 240,29        | 135,79         | 0,81  | 0,21 | 19,00           | 0,83           | 1,00           | 8,79                            | 10,37        | 0,22 | 1,02         | RİSKLİ                |
|                | 13,95      | 21    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 269,24        | 149,74         | 0,79  | 0,21 | 18,00           | 0,77           | 1,00           | 7,80                            | 10,37        | 0,20 | 0,95         | VAR                   |
|                | 15,45      | 24    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 298,19        | 163,69         | 0,77  | 0,21 | 19,50           | 0,73           | 1,00           | 7,94                            | 10,37        | 0,20 | 0,98         | VAR                   |
| 7,00           | 3,45       | 11    | 2,00     | 50,2                | 19,3                               | 66,59         | 52,09          | 0,95  | 0,28 | 11,00           | 1,39           | 0,80           | 6,86                            | 9,02         | 0,17 | 0,61         | VAR                   |
|                | 4,95       | 15    | 2,00     | 50,2                | 19,3                               | 95,54         | 66,04          | 0,93  | 0,31 | 15,00           | 1,25           | 0,85           | 8,92                            | 9,02         | 0,20 | 0,64         | VAR                   |
|                | 6,45       | 18    | 2,00     | 53,9                | 19,3                               | 124,49        | 79,99          | 0,90  | 0,33 | 16,50           | 1,13           | 0,95           | 9,95                            | 9,39         | 0,22 | 0,68         | VAR                   |
|                | 7,95       | 16    | 2,00     | 61,3                | 19,3                               | 153,44        | 93,94          | 0,88  | 0,34 | 15,50           | 1,04           | 0,95           | 8,55                            | 10,13        | 0,21 | 0,63         | VAR                   |
|                | 9,45       | 21    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 182,39        | 107,89         | 0,86  | 0,34 | 18,00           | 0,96           | 0,95           | 9,15                            | 10,37        | 0,23 | 0,67         | VAR                   |
|                | 10,95      | 24    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 211,34        | 121,84         | 0,84  | 0,34 | 19,50           | 0,89           | 1,00           | 9,68                            | 10,37        | 0,24 | 0,70         | VAR                   |
|                | 12,45      | 23    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 240,29        | 135,79         | 0,81  | 0,34 | 19,00           | 0,83           | 1,00           | 8,79                            | 10,37        | 0,22 | 0,65         | VAR                   |
|                | 13,95      | 21    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 269,24        | 149,74         | 0,79  | 0,33 | 18,00           | 0,77           | 1,00           | 7,80                            | 10,37        | 0,20 | 0,61         | VAR                   |
|                | 15,45      | 24    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 298,19        | 163,69         | 0,77  | 0,33 | 19,50           | 0,73           | 1,00           | 7,94                            | 10,37        | 0,20 | 0,63         | VAR                   |
| 7,50           | 3,45       | 11    | 2,00     | 50,2                | 19,3                               | 66,59         | 52,09          | 0,95  | 0,44 | 11,00           | 1,39           | 0,80           | 6,86                            | 9,02         | 0,17 | 0,39         | VAR                   |
|                | 4,95       | 15    | 2,00     | 50,2                | 19,3                               | 95,54         | 66,04          | 0,93  | 0,49 | 15,00           | 1,25           | 0,85           | 8,92                            | 9,02         | 0,20 | 0,41         | VAR                   |
|                | 6,45       | 18    | 2,00     | 53,9                | 19,3                               | 124,49        | 79,99          | 0,90  | 0,51 | 16,50           | 1,13           | 0,95           | 9,95                            | 9,39         | 0,22 | 0,44         | VAR                   |
|                | 7,95       | 16    | 2,00     | 61,3                | 19,3                               | 153,44        | 93,94          | 0,88  | 0,52 | 15,50           | 1,04           | 0,95           | 8,55                            | 10,13        | 0,21 | 0,40         | VAR                   |
|                | 9,45       | 21    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 182,39        | 107,89         | 0,86  | 0,53 | 18,00           | 0,96           | 0,95           | 9,15                            | 10,37        | 0,23 | 0,43         | VAR                   |
|                | 10,95      | 24    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 211,34        | 121,84         | 0,84  | 0,53 | 19,50           | 0,89           | 1,00           | 9,68                            | 10,37        | 0,24 | 0,45         | VAR                   |
|                | 12,45      | 23    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 240,29        | 135,79         | 0,81  | 0,52 | 19,00           | 0,83           | 1,00           | 8,79                            | 10,37        | 0,22 | 0,42         | VAR                   |
|                | 13,95      | 21    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 269,24        | 149,74         | 0,79  | 0,52 | 18,00           | 0,77           | 1,00           | 7,80                            | 10,37        | 0,20 | 0,39         | VAR                   |
|                | 15,45      | 24    | 2,00     | 63,7                | 19,3                               | 298,19        | 163,69         | 0,77  | 0,51 | 19,50           | 0,73           | 1,00           | 7,94                            | 10,37        | 0,20 | 0,40         | VAR                   |





**Şekil 4.44** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-22 sivilaşma analiz grafiği

SK-22 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

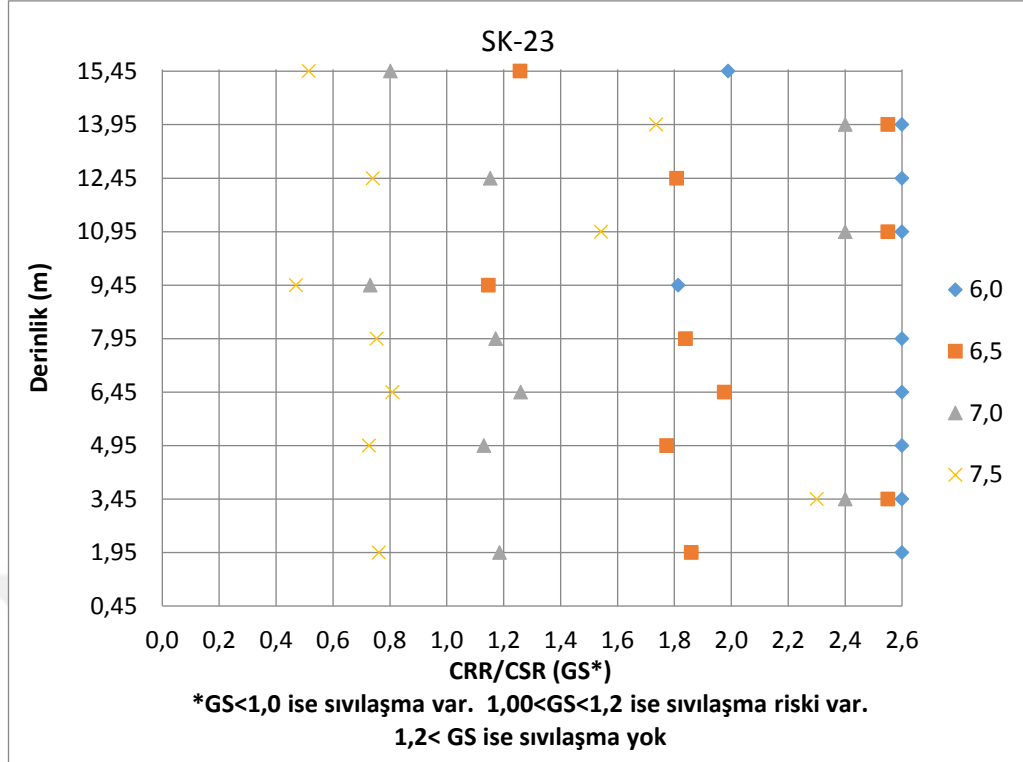
6,50 şiddetindeki depremde 6,45 m, 9,45 m, 10,95 m, 12,45 m seviyelerinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.45 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-23 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | $(N_i)_{80}$ | $\Delta N_i$ | CRR    | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------|--------------|--------|--------------|-----------------------|
|                |            |       |          |                     |                                    |               |                |       |      |                 |       |       |              |              |        |              |                       |
| 6,00           | 1,95       | 23    | 8,00     | 21,1                | 20,0                               | 39,00         | 39,00          | 0,97  | 0,09 | 23,00           | 1,56  | 0,75  | 15,07        | 6,11         | 0,27   | 2,94         | YOK                   |
|                | 3,45       | 100   | 8,00     | 21,1                | 20,0                               | 69,00         | 69,00          | 0,95  | 0,09 | 100,00          | 1,22  | 0,80  | 54,79        | 6,11         | 130,91 | 1463,72      | YOK                   |
|                | 4,95       | 26    | 8,00     | 42,1                | 21,0                               | 103,95        | 103,95         | 0,93  | 0,09 | 26,00           | 0,98  | 0,85  | 12,09        | 8,21         | 0,24   | 2,80         | YOK                   |
|                | 6,45       | 35    | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 135,45        | 135,45         | 0,90  | 0,09 | 35,00           | 0,83  | 0,95  | 15,41        | 5,67         | 0,27   | 3,12         | YOK                   |
|                | 7,95       | 38    | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 166,95        | 166,95         | 0,88  | 0,08 | 38,00           | 0,72  | 0,95  | 14,50        | 5,67         | 0,24   | 2,91         | YOK                   |
|                | 9,45       | 32    | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 198,45        | 183,95         | 0,86  | 0,09 | 23,50           | 0,67  | 0,95  | 8,37         | 5,67         | 0,16   | 1,81         | YOK                   |
|                | 10,95      | 100   | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 229,95        | 200,45         | 0,84  | 0,09 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 20,24        | 5,67         | 0,54   | 5,95         | YOK                   |
|                | 12,45      | 59    | 8,00     | 47,4                | 21,0                               | 261,45        | 216,95         | 0,81  | 0,09 | 37,00           | 0,59  | 1,00  | 12,28        | 8,74         | 0,26   | 2,86         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 8,00     | 47,4                | 21,0                               | 292,95        | 233,45         | 0,79  | 0,09 | 57,50           | 0,56  | 1,00  | 18,04        | 8,74         | 0,63   | 6,70         | YOK                   |
|                | 15,45      | 46    | 8,00     | 39,7                | 21,0                               | 324,45        | 249,95         | 0,77  | 0,09 | 30,50           | 0,53  | 1,00  | 9,08         | 7,97         | 0,19   | 1,99         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 23    | 8,00     | 21,1                | 20,0                               | 39,00         | 39,00          | 0,97  | 0,14 | 23,00           | 1,56  | 0,75  | 15,07        | 6,11         | 0,27   | 1,86         | YOK                   |
|                | 3,45       | 100   | 8,00     | 21,1                | 20,0                               | 69,00         | 69,00          | 0,95  | 0,14 | 100,00          | 1,22  | 0,80  | 54,79        | 6,11         | 130,91 | 925,62       | YOK                   |
|                | 4,95       | 26    | 8,00     | 42,1                | 21,0                               | 103,95        | 103,95         | 0,93  | 0,14 | 26,00           | 0,98  | 0,85  | 12,09        | 8,21         | 0,24   | 1,77         | YOK                   |
|                | 6,45       | 35    | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 135,45        | 135,45         | 0,90  | 0,13 | 35,00           | 0,83  | 0,95  | 15,41        | 5,67         | 0,27   | 1,98         | YOK                   |
|                | 7,95       | 38    | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 166,95        | 166,95         | 0,88  | 0,13 | 38,00           | 0,72  | 0,95  | 14,50        | 5,67         | 0,24   | 1,84         | YOK                   |
|                | 9,45       | 32    | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 198,45        | 183,95         | 0,86  | 0,14 | 23,50           | 0,67  | 0,95  | 8,37         | 5,67         | 0,16   | 1,15         | RİSKLİ                |
|                | 10,95      | 100   | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 229,95        | 200,45         | 0,84  | 0,14 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 20,24        | 5,67         | 0,54   | 3,77         | YOK                   |
|                | 12,45      | 59    | 8,00     | 47,4                | 21,0                               | 261,45        | 216,95         | 0,81  | 0,15 | 37,00           | 0,59  | 1,00  | 12,28        | 8,74         | 0,26   | 1,81         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 8,00     | 47,4                | 21,0                               | 292,95        | 233,45         | 0,79  | 0,15 | 57,50           | 0,56  | 1,00  | 18,04        | 8,74         | 0,63   | 4,24         | YOK                   |
|                | 15,45      | 46    | 8,00     | 39,7                | 21,0                               | 324,45        | 249,95         | 0,77  | 0,15 | 30,50           | 0,53  | 1,00  | 9,08         | 7,97         | 0,19   | 1,26         | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 23    | 8,00     | 21,1                | 20,0                               | 39,00         | 39,00          | 0,97  | 0,23 | 23,00           | 1,56  | 0,75  | 15,07        | 6,11         | 0,27   | 1,19         | RİSKLİ                |
|                | 3,45       | 100   | 8,00     | 21,1                | 20,0                               | 69,00         | 69,00          | 0,95  | 0,22 | 100,00          | 1,22  | 0,80  | 54,79        | 6,11         | 130,91 | 590,21       | YOK                   |
|                | 4,95       | 26    | 8,00     | 42,1                | 21,0                               | 103,95        | 103,95         | 0,93  | 0,22 | 26,00           | 0,98  | 0,85  | 12,09        | 8,21         | 0,24   | 1,13         | RİSKLİ                |
|                | 6,45       | 35    | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 135,45        | 135,45         | 0,90  | 0,21 | 35,00           | 0,83  | 0,95  | 15,41        | 5,67         | 0,27   | 1,26         | YOK                   |
|                | 7,95       | 38    | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 166,95        | 166,95         | 0,88  | 0,21 | 38,00           | 0,72  | 0,95  | 14,50        | 5,67         | 0,24   | 1,17         | RİSKLİ                |
|                | 9,45       | 32    | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 198,45        | 183,95         | 0,86  | 0,22 | 23,50           | 0,67  | 0,95  | 8,37         | 5,67         | 0,16   | 0,73         | VAR                   |
|                | 10,95      | 100   | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 229,95        | 200,45         | 0,84  | 0,22 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 20,24        | 5,67         | 0,54   | 2,40         | YOK                   |
|                | 12,45      | 59    | 8,00     | 47,4                | 21,0                               | 261,45        | 216,95         | 0,81  | 0,23 | 37,00           | 0,59  | 1,00  | 12,28        | 8,74         | 0,26   | 1,15         | RİSKLİ                |
|                | 13,95      | 100   | 8,00     | 47,4                | 21,0                               | 292,95        | 233,45         | 0,79  | 0,23 | 57,50           | 0,56  | 1,00  | 18,04        | 8,74         | 0,63   | 2,70         | YOK                   |
|                | 15,45      | 46    | 8,00     | 39,7                | 21,0                               | 324,45        | 249,95         | 0,77  | 0,23 | 30,50           | 0,53  | 1,00  | 9,08         | 7,97         | 0,19   | 0,80         | VAR                   |
| 7,50           | 1,95       | 23    | 8,00     | 21,1                | 20,0                               | 39,00         | 39,00          | 0,97  | 0,35 | 23,00           | 1,56  | 0,75  | 15,07        | 6,11         | 0,27   | 0,76         | VAR                   |
|                | 3,45       | 100   | 8,00     | 21,1                | 20,0                               | 69,00         | 69,00          | 0,95  | 0,35 | 100,00          | 1,22  | 0,80  | 54,79        | 6,11         | 130,91 | 378,97       | YOK                   |
|                | 4,95       | 26    | 8,00     | 42,1                | 21,0                               | 103,95        | 103,95         | 0,93  | 0,34 | 26,00           | 0,98  | 0,85  | 12,09        | 8,21         | 0,24   | 0,73         | VAR                   |
|                | 6,45       | 35    | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 135,45        | 135,45         | 0,90  | 0,33 | 35,00           | 0,83  | 0,95  | 15,41        | 5,67         | 0,27   | 0,81         | VAR                   |
|                | 7,95       | 38    | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 166,95        | 166,95         | 0,88  | 0,32 | 38,00           | 0,72  | 0,95  | 14,50        | 5,67         | 0,24   | 0,75         | VAR                   |
|                | 9,45       | 32    | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 198,45        | 183,95         | 0,86  | 0,34 | 23,50           | 0,67  | 0,95  | 8,37         | 5,67         | 0,16   | 0,47         | VAR                   |
|                | 10,95      | 100   | 8,00     | 16,7                | 21,0                               | 229,95        | 200,45         | 0,84  | 0,35 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 20,24        | 5,67         | 0,54   | 1,54         | YOK                   |
|                | 12,45      | 59    | 8,00     | 47,4                | 21,0                               | 261,45        | 216,95         | 0,81  | 0,36 | 37,00           | 0,59  | 1,00  | 12,28        | 8,74         | 0,26   | 0,74         | VAR                   |
|                | 13,95      | 100   | 8,00     | 47,4                | 21,0                               | 292,95        | 233,45         | 0,79  | 0,36 | 57,50           | 0,56  | 1,00  | 18,04        | 8,74         | 0,63   | 1,74         | YOK                   |
|                | 15,45      | 46    | 8,00     | 39,7                | 21,0                               | 324,45        | 249,95         | 0,77  | 0,36 | 30,50           | 0,53  | 1,00  | 9,08         | 7,97         | 0,19   | 0,51         | VAR                   |



**Şekil 4.45** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-23 sivilaşma analiz grafiği

SK-23 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

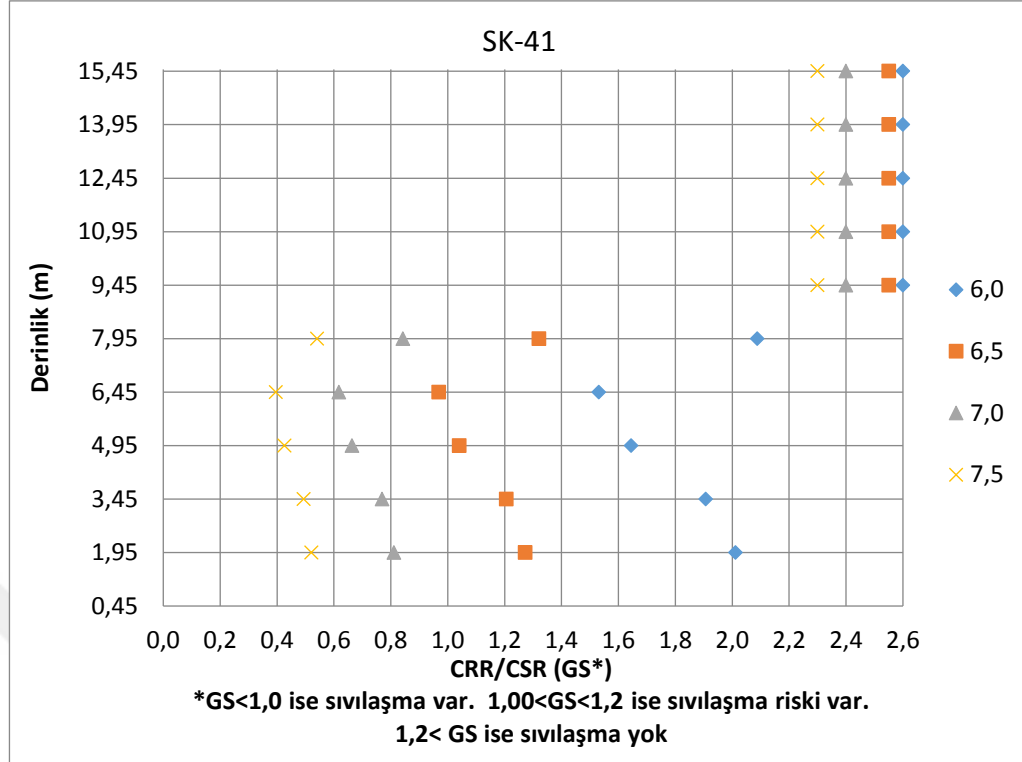
6,50 şiddetindeki depremde 9,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 3,45 m, 6,45 m, 13,95 m, seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu 1,95 m, 4,95 m, 7,95 m, 12,45 m seviyelerinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 3,45 m, 10,95 m, 13,95 m, seviyelerinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.46 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-41 analiz sonuçları

| Deprem<br>Siddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı<br>(%) | Birim ağırlık<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS<br>Düzeltilmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>i</sub> ) <sub>80</sub> | $\Delta N_i$ | CRR  | CRR/CSR<br>(GS) | Sıvılaşma<br>Potansiyeli |
|-------------------|------------|-------|----------|------------------------|---------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|----------------------|----------------|----------------|---------------------------------|--------------|------|-----------------|--------------------------|
| 6,00              | 1,95       | 13    | 2,00     | 39,8                   | 18,0                                  | 35,10         | 35,10          | 0,97  | 0,09 | 13,00                | 1,62           | 0,75           | 8,83                            | 7,98         | 0,18 | 2,01            | YOK                      |
|                   | 3,45       | 20    | 2,00     | 39,8                   | 18,0                                  | 62,10         | 47,60          | 0,95  | 0,12 | 17,50                | 1,45           | 0,80           | 11,33                           | 7,98         | 0,22 | 1,91            | YOK                      |
|                   | 4,95       | 20    | 2,00     | 39,8                   | 18,0                                  | 89,10         | 59,60          | 0,93  | 0,13 | 17,50                | 1,31           | 0,85           | 10,93                           | 7,98         | 0,21 | 1,65            | YOK                      |
|                   | 6,45       | 24    | 2,00     | 22,7                   | 18,0                                  | 116,10        | 71,60          | 0,90  | 0,14 | 19,50                | 1,20           | 0,95           | 12,45                           | 6,27         | 0,21 | 1,53            | YOK                      |
|                   | 7,95       | 35    | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 143,10        | 83,60          | 0,88  | 0,14 | 25,00                | 1,11           | 0,95           | 14,72                           | 7,27         | 0,30 | 2,09            | YOK                      |
|                   | 9,45       | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 170,10        | 95,60          | 0,86  | 0,14 | 57,50                | 1,03           | 0,95           | 31,40                           | 7,27         | 5,69 | 39,52           | YOK                      |
|                   | 10,95      | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 197,10        | 107,60         | 0,84  | 0,14 | 57,50                | 0,96           | 1,00           | 30,82                           | 7,27         | 5,14 | 35,62           | YOK                      |
|                   | 12,45      | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 224,10        | 119,60         | 0,81  | 0,14 | 57,50                | 0,90           | 1,00           | 28,87                           | 7,27         | 3,63 | 25,27           | YOK                      |
|                   | 13,95      | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 251,10        | 131,60         | 0,79  | 0,14 | 57,50                | 0,84           | 1,00           | 27,15                           | 7,27         | 2,65 | 18,61           | YOK                      |
|                   | 15,45      | 100   | 2,00     | 15,3                   | 18,0                                  | 278,10        | 143,60         | 0,77  | 0,14 | 57,50                | 0,80           | 1,00           | 25,63                           | 5,53         | 1,43 | 10,17           | YOK                      |
| 6,50              | 1,95       | 13    | 2,00     | 39,8                   | 18,0                                  | 35,10         | 35,10          | 0,97  | 0,14 | 13,00                | 1,62           | 0,75           | 8,83                            | 7,98         | 0,18 | 1,27            | YOK                      |
|                   | 3,45       | 20    | 2,00     | 39,8                   | 18,0                                  | 62,10         | 47,60          | 0,95  | 0,18 | 17,50                | 1,45           | 0,80           | 11,33                           | 7,98         | 0,22 | 1,21            | YOK                      |
|                   | 4,95       | 20    | 2,00     | 39,8                   | 18,0                                  | 89,10         | 59,60          | 0,93  | 0,21 | 17,50                | 1,31           | 0,85           | 10,93                           | 7,98         | 0,21 | 1,04            | RİSKLİ                   |
|                   | 6,45       | 24    | 2,00     | 22,7                   | 18,0                                  | 116,10        | 71,60          | 0,90  | 0,22 | 19,50                | 1,20           | 0,95           | 12,45                           | 6,27         | 0,21 | 0,97            | VAR                      |
|                   | 7,95       | 35    | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 143,10        | 83,60          | 0,88  | 0,22 | 25,00                | 1,11           | 0,95           | 14,72                           | 7,27         | 0,30 | 1,32            | YOK                      |
|                   | 9,45       | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 170,10        | 95,60          | 0,86  | 0,23 | 57,50                | 1,03           | 0,95           | 31,40                           | 7,27         | 5,69 | 24,99           | YOK                      |
|                   | 10,95      | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 197,10        | 107,60         | 0,84  | 0,23 | 57,50                | 0,96           | 1,00           | 30,82                           | 7,27         | 5,14 | 22,53           | YOK                      |
|                   | 12,45      | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 224,10        | 119,60         | 0,81  | 0,23 | 57,50                | 0,90           | 1,00           | 28,87                           | 7,27         | 3,63 | 15,98           | YOK                      |
|                   | 13,95      | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 251,10        | 131,60         | 0,79  | 0,23 | 57,50                | 0,84           | 1,00           | 27,15                           | 7,27         | 2,65 | 11,77           | YOK                      |
|                   | 15,45      | 100   | 2,00     | 15,3                   | 18,0                                  | 278,10        | 143,60         | 0,77  | 0,22 | 57,50                | 0,80           | 1,00           | 25,63                           | 5,53         | 1,43 | 6,43            | YOK                      |
| 7,00              | 1,95       | 13    | 2,00     | 39,8                   | 18,0                                  | 35,10         | 35,10          | 0,97  | 0,23 | 13,00                | 1,62           | 0,75           | 8,83                            | 7,98         | 0,18 | 0,81            | VAR                      |
|                   | 3,45       | 20    | 2,00     | 39,8                   | 18,0                                  | 62,10         | 47,60          | 0,95  | 0,29 | 17,50                | 1,45           | 0,80           | 11,33                           | 7,98         | 0,22 | 0,77            | VAR                      |
|                   | 4,95       | 20    | 2,00     | 39,8                   | 18,0                                  | 89,10         | 59,60          | 0,93  | 0,32 | 17,50                | 1,31           | 0,85           | 10,93                           | 7,98         | 0,21 | 0,66            | VAR                      |
|                   | 6,45       | 24    | 2,00     | 22,7                   | 18,0                                  | 116,10        | 71,60          | 0,90  | 0,34 | 19,50                | 1,20           | 0,95           | 12,45                           | 6,27         | 0,21 | 0,62            | VAR                      |
|                   | 7,95       | 35    | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 143,10        | 83,60          | 0,88  | 0,35 | 25,00                | 1,11           | 0,95           | 14,72                           | 7,27         | 0,30 | 0,84            | VAR                      |
|                   | 9,45       | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 170,10        | 95,60          | 0,86  | 0,36 | 57,50                | 1,03           | 0,95           | 31,40                           | 7,27         | 5,69 | 15,94           | YOK                      |
|                   | 10,95      | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 197,10        | 107,60         | 0,84  | 0,36 | 57,50                | 0,96           | 1,00           | 30,82                           | 7,27         | 5,14 | 14,36           | YOK                      |
|                   | 12,45      | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 224,10        | 119,60         | 0,81  | 0,36 | 57,50                | 0,90           | 1,00           | 28,87                           | 7,27         | 3,63 | 10,19           | YOK                      |
|                   | 13,95      | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 251,10        | 131,60         | 0,79  | 0,35 | 57,50                | 0,84           | 1,00           | 27,15                           | 7,27         | 2,65 | 7,50            | YOK                      |
|                   | 15,45      | 100   | 2,00     | 15,3                   | 18,0                                  | 278,10        | 143,60         | 0,77  | 0,35 | 57,50                | 0,80           | 1,00           | 25,63                           | 5,53         | 1,43 | 4,10            | YOK                      |
| 7,50              | 1,95       | 13    | 2,00     | 39,8                   | 18,0                                  | 35,10         | 35,10          | 0,97  | 0,35 | 13,00                | 1,62           | 0,75           | 8,83                            | 7,98         | 0,18 | 0,52            | VAR                      |
|                   | 3,45       | 20    | 2,00     | 39,8                   | 18,0                                  | 62,10         | 47,60          | 0,95  | 0,45 | 17,50                | 1,45           | 0,80           | 11,33                           | 7,98         | 0,22 | 0,49            | VAR                      |
|                   | 4,95       | 20    | 2,00     | 39,8                   | 18,0                                  | 89,10         | 59,60          | 0,93  | 0,50 | 17,50                | 1,31           | 0,85           | 10,93                           | 7,98         | 0,21 | 0,43            | VAR                      |
|                   | 6,45       | 24    | 2,00     | 22,7                   | 18,0                                  | 116,10        | 71,60          | 0,90  | 0,53 | 19,50                | 1,20           | 0,95           | 12,45                           | 6,27         | 0,21 | 0,40            | VAR                      |
|                   | 7,95       | 35    | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 143,10        | 83,60          | 0,88  | 0,55 | 25,00                | 1,11           | 0,95           | 14,72                           | 7,27         | 0,30 | 0,54            | VAR                      |
|                   | 9,45       | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 170,10        | 95,60          | 0,86  | 0,56 | 57,50                | 1,03           | 0,95           | 31,40                           | 7,27         | 5,69 | 10,23           | YOK                      |
|                   | 10,95      | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 197,10        | 107,60         | 0,84  | 0,56 | 57,50                | 0,96           | 1,00           | 30,82                           | 7,27         | 5,14 | 9,22            | YOK                      |
|                   | 12,45      | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 224,10        | 119,60         | 0,81  | 0,56 | 57,50                | 0,90           | 1,00           | 28,87                           | 7,27         | 3,63 | 6,54            | YOK                      |
|                   | 13,95      | 100   | 2,00     | 32,7                   | 18,0                                  | 251,10        | 131,60         | 0,79  | 0,55 | 57,50                | 0,84           | 1,00           | 27,15                           | 7,27         | 2,65 | 4,82            | YOK                      |
|                   | 15,45      | 100   | 2,00     | 15,3                   | 18,0                                  | 278,10        | 143,60         | 0,77  | 0,54 | 57,50                | 0,80           | 1,00           | 25,63                           | 5,53         | 1,43 | 2,63            | YOK                      |



**Şekil 4.46** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-41 sivilaşma analiz grafiği

SK-41 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

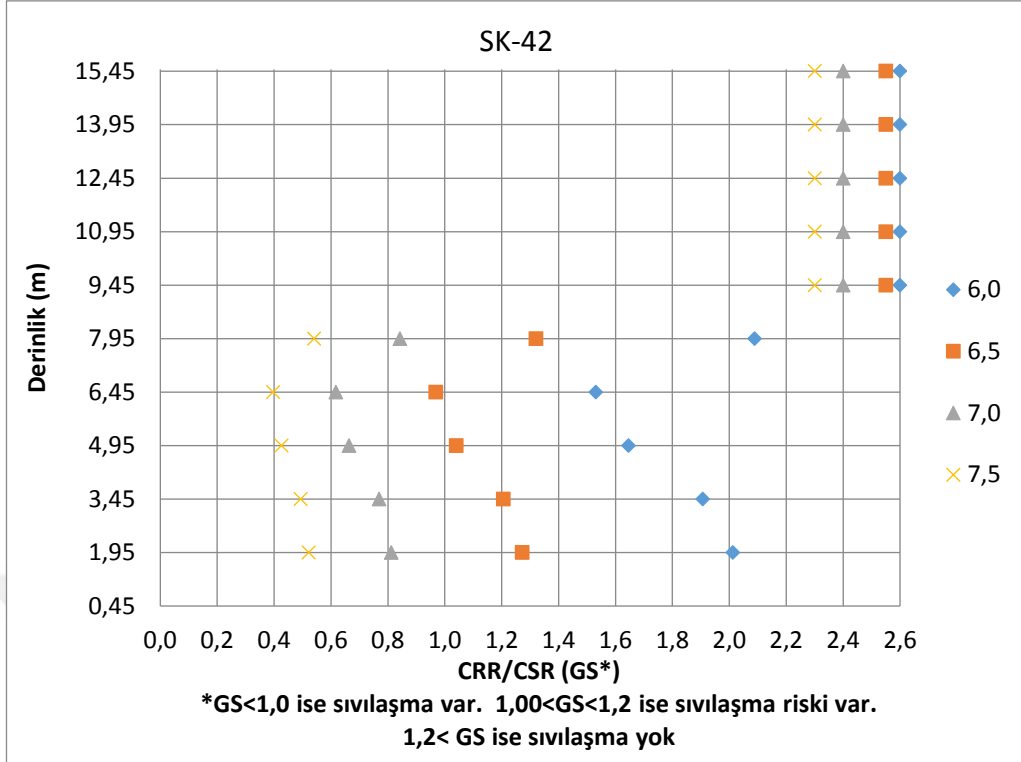
6,50 şiddetindeki depremde 4,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu 6,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 9,45-15,45 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 9,45-15,45 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu, tespit edilmiştir.

Çizelge 4.47 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-42 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>80</sub> | $\Delta N_r$ | CRR   | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|--------------|-------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 24    | 8,00     | 31,6                | 17,5                               | 34,13         | 34,13          | 0,97  | 0,09 | 24,00           | 1,63           | 0,75           | 16,46                           | 7,16         | 0,37  | 4,06         | YOK                   |
|                | 3,45       | 30    | 8,00     | 31,6                | 17,5                               | 60,38         | 60,38          | 0,95  | 0,09 | 30,00           | 1,30           | 0,80           | 17,52                           | 7,16         | 0,44  | 4,90         | YOK                   |
|                | 4,95       | 29    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 86,63         | 86,63          | 0,93  | 0,09 | 29,00           | 1,09           | 0,85           | 14,98                           | 8,05         | 0,34  | 3,91         | YOK                   |
|                | 6,45       | 34    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 112,88        | 112,88         | 0,90  | 0,09 | 34,00           | 0,93           | 0,95           | 16,81                           | 8,05         | 0,45  | 5,30         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 139,13        | 139,13         | 0,88  | 0,08 | 100,00          | 0,81           | 0,95           | 43,25                           | 8,05         | 39,57 | 476,38       | YOK                   |
|                | 9,45       | 41    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 165,38        | 150,88         | 0,86  | 0,09 | 28,00           | 0,77           | 0,95           | 11,46                           | 8,05         | 0,23  | 2,55         | YOK                   |
|                | 10,95      | 28    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 191,63        | 162,13         | 0,84  | 0,09 | 21,50           | 0,73           | 1,00           | 8,82                            | 8,05         | 0,18  | 1,98         | YOK                   |
|                | 12,45      | 31    | 8,00     | 72,5                | 17,5                               | 217,88        | 173,38         | 0,81  | 0,10 | 23,00           | 0,70           | 1,00           | 9,00                            | 11,25        | 0,24  | 2,52         | YOK                   |
|                | 13,95      | 30    | 8,00     | 60,8                | 17,5                               | 244,13        | 184,63         | 0,79  | 0,10 | 22,50           | 0,67           | 1,00           | 8,41                            | 10,08        | 0,21  | 2,10         | YOK                   |
|                | 15,45      | 31    | 8,00     | 60,8                | 17,5                               | 270,38        | 195,88         | 0,77  | 0,10 | 23,00           | 0,64           | 1,00           | 8,24                            | 10,08        | 0,20  | 2,05         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 24    | 8,00     | 31,6                | 17,5                               | 34,13         | 34,13          | 0,97  | 0,14 | 24,00           | 1,63           | 0,75           | 16,46                           | 7,16         | 0,37  | 2,57         | YOK                   |
|                | 3,45       | 30    | 8,00     | 31,6                | 17,5                               | 60,38         | 60,38          | 0,95  | 0,14 | 30,00           | 1,30           | 0,80           | 17,52                           | 7,16         | 0,44  | 3,10         | YOK                   |
|                | 4,95       | 29    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 86,63         | 86,63          | 0,93  | 0,14 | 29,00           | 1,09           | 0,85           | 14,98                           | 8,05         | 0,34  | 2,47         | YOK                   |
|                | 6,45       | 34    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 112,88        | 112,88         | 0,90  | 0,13 | 34,00           | 0,93           | 0,95           | 16,81                           | 8,05         | 0,45  | 3,35         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 139,13        | 139,13         | 0,88  | 0,13 | 100,00          | 0,81           | 0,95           | 43,25                           | 8,05         | 39,57 | 301,25       | YOK                   |
|                | 9,45       | 41    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 165,38        | 150,88         | 0,86  | 0,14 | 28,00           | 0,77           | 0,95           | 11,46                           | 8,05         | 0,23  | 1,62         | YOK                   |
|                | 10,95      | 28    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 191,63        | 162,13         | 0,84  | 0,15 | 21,50           | 0,73           | 1,00           | 8,82                            | 8,05         | 0,18  | 1,25         | YOK                   |
|                | 12,45      | 31    | 8,00     | 72,5                | 17,5                               | 217,88        | 173,38         | 0,81  | 0,15 | 23,00           | 0,70           | 1,00           | 9,00                            | 11,25        | 0,24  | 1,60         | YOK                   |
|                | 13,95      | 30    | 8,00     | 60,8                | 17,5                               | 244,13        | 184,63         | 0,79  | 0,16 | 22,50           | 0,67           | 1,00           | 8,41                            | 10,08        | 0,21  | 1,33         | YOK                   |
|                | 15,45      | 31    | 8,00     | 60,8                | 17,5                               | 270,38        | 195,88         | 0,77  | 0,16 | 23,00           | 0,64           | 1,00           | 8,24                            | 10,08        | 0,20  | 1,29         | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 24    | 8,00     | 31,6                | 17,5                               | 34,13         | 34,13          | 0,97  | 0,23 | 24,00           | 1,63           | 0,75           | 16,46                           | 7,16         | 0,37  | 1,64         | YOK                   |
|                | 3,45       | 30    | 8,00     | 31,6                | 17,5                               | 60,38         | 60,38          | 0,95  | 0,22 | 30,00           | 1,30           | 0,80           | 17,52                           | 7,16         | 0,44  | 1,98         | YOK                   |
|                | 4,95       | 29    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 86,63         | 86,63          | 0,93  | 0,22 | 29,00           | 1,09           | 0,85           | 14,98                           | 8,05         | 0,34  | 1,58         | YOK                   |
|                | 6,45       | 34    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 112,88        | 112,88         | 0,90  | 0,21 | 34,00           | 0,93           | 0,95           | 16,81                           | 8,05         | 0,45  | 2,14         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 139,13        | 139,13         | 0,88  | 0,21 | 100,00          | 0,81           | 0,95           | 43,25                           | 8,05         | 39,57 | 192,09       | YOK                   |
|                | 9,45       | 41    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 165,38        | 150,88         | 0,86  | 0,22 | 28,00           | 0,77           | 0,95           | 11,46                           | 8,05         | 0,23  | 1,03         | RİSKLİ                |
|                | 10,95      | 28    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 191,63        | 162,13         | 0,84  | 0,23 | 21,50           | 0,73           | 1,00           | 8,82                            | 8,05         | 0,18  | 0,80         | VAR                   |
|                | 12,45      | 31    | 8,00     | 72,5                | 17,5                               | 217,88        | 173,38         | 0,81  | 0,24 | 23,00           | 0,70           | 1,00           | 9,00                            | 11,25        | 0,24  | 1,02         | RİSKLİ                |
|                | 13,95      | 30    | 8,00     | 60,8                | 17,5                               | 244,13        | 184,63         | 0,79  | 0,24 | 22,50           | 0,67           | 1,00           | 8,41                            | 10,08        | 0,21  | 0,85         | VAR                   |
|                | 15,45      | 31    | 8,00     | 60,8                | 17,5                               | 270,38        | 195,88         | 0,77  | 0,25 | 23,00           | 0,64           | 1,00           | 8,24                            | 10,08        | 0,20  | 0,83         | VAR                   |
| 7,50           | 1,95       | 24    | 8,00     | 31,6                | 17,5                               | 34,13         | 34,13          | 0,97  | 0,35 | 24,00           | 1,63           | 0,75           | 16,46                           | 7,16         | 0,37  | 1,05         | RİSKLİ                |
|                | 3,45       | 30    | 8,00     | 31,6                | 17,5                               | 60,38         | 60,38          | 0,95  | 0,35 | 30,00           | 1,30           | 0,80           | 17,52                           | 7,16         | 0,44  | 1,27         | YOK                   |
|                | 4,95       | 29    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 86,63         | 86,63          | 0,93  | 0,34 | 29,00           | 1,09           | 0,85           | 14,98                           | 8,05         | 0,34  | 1,01         | RİSKLİ                |
|                | 6,45       | 34    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 112,88        | 112,88         | 0,90  | 0,33 | 34,00           | 0,93           | 0,95           | 16,81                           | 8,05         | 0,45  | 1,37         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 139,13        | 139,13         | 0,88  | 0,32 | 100,00          | 0,81           | 0,95           | 43,25                           | 8,05         | 39,57 | 123,34       | YOK                   |
|                | 9,45       | 41    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 165,38        | 150,88         | 0,86  | 0,34 | 28,00           | 0,77           | 0,95           | 11,46                           | 8,05         | 0,23  | 0,66         | VAR                   |
|                | 10,95      | 28    | 8,00     | 40,5                | 17,5                               | 191,63        | 162,13         | 0,84  | 0,36 | 21,50           | 0,73           | 1,00           | 8,82                            | 8,05         | 0,18  | 0,51         | VAR                   |
|                | 12,45      | 31    | 8,00     | 72,5                | 17,5                               | 217,88        | 173,38         | 0,81  | 0,37 | 23,00           | 0,70           | 1,00           | 9,00                            | 11,25        | 0,24  | 0,65         | VAR                   |
|                | 13,95      | 30    | 8,00     | 60,8                | 17,5                               | 244,13        | 184,63         | 0,79  | 0,38 | 22,50           | 0,67           | 1,00           | 8,41                            | 10,08        | 0,21  | 0,54         | VAR                   |
|                | 15,45      | 31    | 8,00     | 60,8                | 17,5                               | 270,38        | 195,88         | 0,77  | 0,39 | 23,00           | 0,64           | 1,00           | 8,24                            | 10,08        | 0,20  | 0,53         | VAR                   |



**Şekil 4.47** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-42 sıvılaşma analiz grafiği

SK-42 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

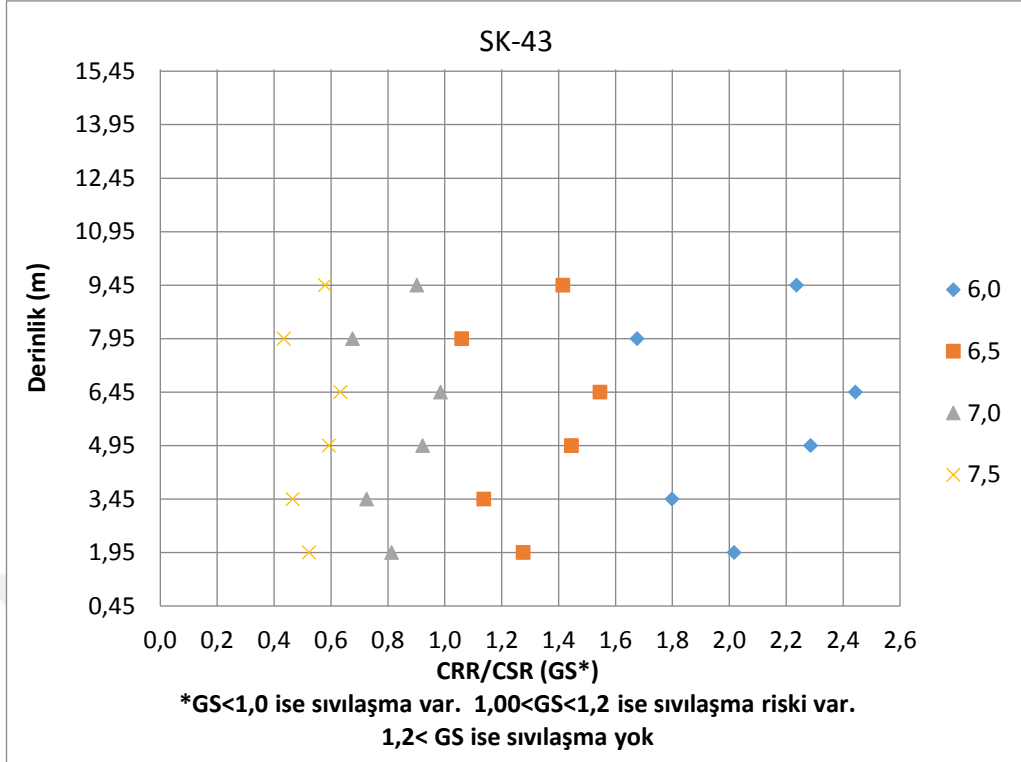
7,00 şiddetindeki depremde 9,45 m, 12,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu 10,95 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 1,95 m, 4,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu 3,45 m, 6,45 m, 7,95 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.48 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-43 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | $(N_1)_{80}$ | $\Delta N_f$ | CRR  | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------|--------------|------|--------------|-----------------------|
|                |            |       |          |                     |                                    |               |                |       |      |                 |       |       |              |              |      |              |                       |
| 6,00           | 1,95       | 13    | 0,80     | 74,3                | 18,2                               | 35,49         | 23,99          | 0,97  | 0,14 | 13,00           | 1,81  | 0,75  | 9,88         | 11,43        | 0,27 | 2,02         | YOK                   |
|                | 3,45       | 14    | 0,80     | 74,3                | 18,2                               | 62,79         | 36,29          | 0,95  | 0,15 | 14,00           | 1,60  | 0,80  | 10,03        | 11,43        | 0,28 | 1,80         | YOK                   |
|                | 4,95       | 17    | 0,80     | 86,7                | 18,2                               | 90,09         | 48,59          | 0,93  | 0,16 | 16,00           | 1,43  | 0,85  | 10,92        | 12,67        | 0,37 | 2,29         | YOK                   |
|                | 6,45       | 18    | 0,80     | 87,2                | 18,2                               | 117,39        | 60,89          | 0,90  | 0,16 | 16,50           | 1,30  | 0,95  | 11,40        | 12,72        | 0,40 | 2,44         | YOK                   |
|                | 7,95       | 19    | 0,80     | 66,3                | 18,2                               | 144,69        | 73,19          | 0,88  | 0,16 | 17,00           | 1,19  | 0,95  | 10,74        | 10,63        | 0,28 | 1,68         | YOK                   |
|                | 9,45       | 21    | 0,80     | 90,1                | 18,2                               | 171,99        | 85,49          | 0,86  | 0,16 | 18,00           | 1,09  | 0,95  | 10,47        | 13,01        | 0,36 | 2,24         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 13    | 0,80     | 74,3                | 18,2                               | 35,49         | 23,99          | 0,97  | 0,21 | 13,00           | 1,81  | 0,75  | 9,88         | 11,43        | 0,27 | 1,28         | YOK                   |
|                | 3,45       | 14    | 0,80     | 74,3                | 18,2                               | 62,79         | 36,29          | 0,95  | 0,24 | 14,00           | 1,60  | 0,80  | 10,03        | 11,43        | 0,28 | 1,14         | RİSKLİ                |
|                | 4,95       | 17    | 0,80     | 86,7                | 18,2                               | 90,09         | 48,59          | 0,93  | 0,26 | 16,00           | 1,43  | 0,85  | 10,92        | 12,67        | 0,37 | 1,45         | YOK                   |
|                | 6,45       | 18    | 0,80     | 87,2                | 18,2                               | 117,39        | 60,89          | 0,90  | 0,26 | 16,50           | 1,30  | 0,95  | 11,40        | 12,72        | 0,40 | 1,54         | YOK                   |
|                | 7,95       | 19    | 0,80     | 66,3                | 18,2                               | 144,69        | 73,19          | 0,88  | 0,26 | 17,00           | 1,19  | 0,95  | 10,74        | 10,63        | 0,28 | 1,06         | RİSKLİ                |
|                | 9,45       | 21    | 0,80     | 90,1                | 18,2                               | 171,99        | 85,49          | 0,86  | 0,26 | 18,00           | 1,09  | 0,95  | 10,47        | 13,01        | 0,36 | 1,41         | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 13    | 0,80     | 74,3                | 18,2                               | 35,49         | 23,99          | 0,97  | 0,34 | 13,00           | 1,81  | 0,75  | 9,88         | 11,43        | 0,27 | 0,81         | VAR                   |
|                | 3,45       | 14    | 0,80     | 74,3                | 18,2                               | 62,79         | 36,29          | 0,95  | 0,38 | 14,00           | 1,60  | 0,80  | 10,03        | 11,43        | 0,28 | 0,73         | VAR                   |
|                | 4,95       | 17    | 0,80     | 86,7                | 18,2                               | 90,09         | 48,59          | 0,93  | 0,40 | 16,00           | 1,43  | 0,85  | 10,92        | 12,67        | 0,37 | 0,92         | VAR                   |
|                | 6,45       | 18    | 0,80     | 87,2                | 18,2                               | 117,39        | 60,89          | 0,90  | 0,41 | 16,50           | 1,30  | 0,95  | 11,40        | 12,72        | 0,40 | 0,99         | VAR                   |
|                | 7,95       | 19    | 0,80     | 66,3                | 18,2                               | 144,69        | 73,19          | 0,88  | 0,41 | 17,00           | 1,19  | 0,95  | 10,74        | 10,63        | 0,28 | 0,68         | VAR                   |
|                | 9,45       | 21    | 0,80     | 90,1                | 18,2                               | 171,99        | 85,49          | 0,86  | 0,40 | 18,00           | 1,09  | 0,95  | 10,47        | 13,01        | 0,36 | 0,90         | VAR                   |
| 7,50           | 1,95       | 13    | 0,80     | 74,3                | 18,2                               | 35,49         | 23,99          | 0,97  | 0,52 | 13,00           | 1,81  | 0,75  | 9,88         | 11,43        | 0,27 | 0,52         | VAR                   |
|                | 3,45       | 14    | 0,80     | 74,3                | 18,2                               | 62,79         | 36,29          | 0,95  | 0,60 | 14,00           | 1,60  | 0,80  | 10,03        | 11,43        | 0,28 | 0,47         | VAR                   |
|                | 4,95       | 17    | 0,80     | 86,7                | 18,2                               | 90,09         | 48,59          | 0,93  | 0,63 | 16,00           | 1,43  | 0,85  | 10,92        | 12,67        | 0,37 | 0,59         | VAR                   |
|                | 6,45       | 18    | 0,80     | 87,2                | 18,2                               | 117,39        | 60,89          | 0,90  | 0,63 | 16,50           | 1,30  | 0,95  | 11,40        | 12,72        | 0,40 | 0,63         | VAR                   |
|                | 7,95       | 19    | 0,80     | 66,3                | 18,2                               | 144,69        | 73,19          | 0,88  | 0,63 | 17,00           | 1,19  | 0,95  | 10,74        | 10,63        | 0,28 | 0,43         | VAR                   |
|                | 9,45       | 21    | 0,80     | 90,1                | 18,2                               | 171,99        | 85,49          | 0,86  | 0,63 | 18,00           | 1,09  | 0,95  | 10,47        | 13,01        | 0,36 | 0,58         | VAR                   |





**Şekil 4.48** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-43 sivilaşma analiz grafiği

SK-43 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

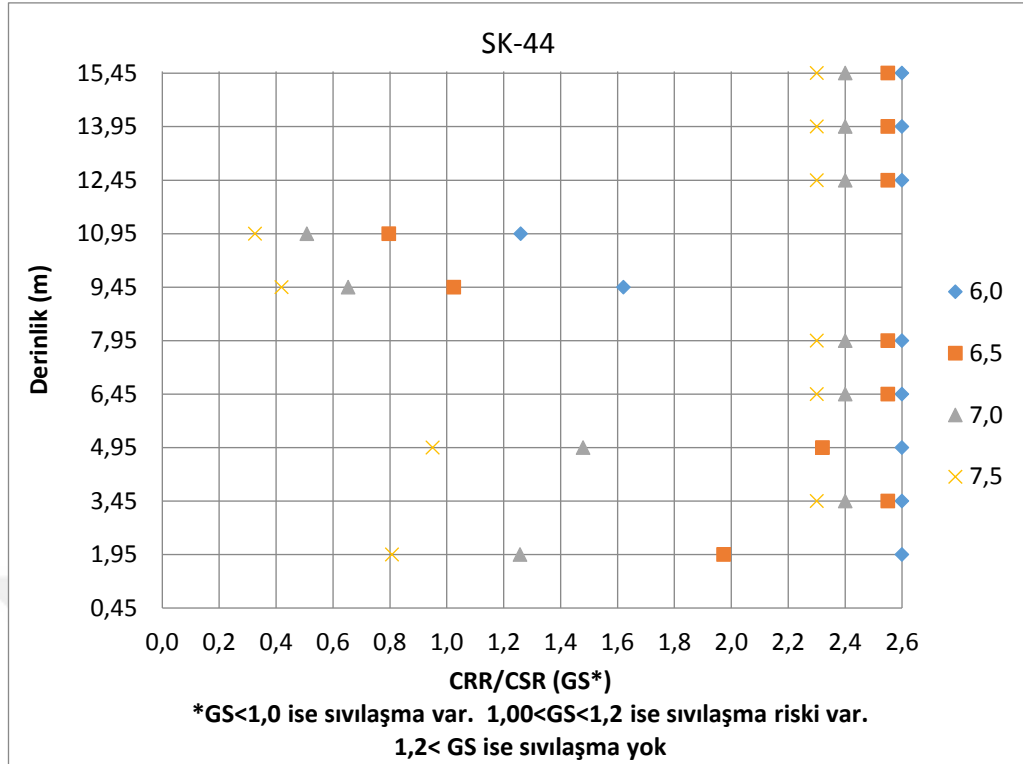
6,50 şiddetindeki depremde 3,45 m ve 7,95 m seviyelerinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.49 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-44 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | (N <sub>1</sub> ) <sub>80</sub> | $\Delta N_r$ | CRR   | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|---------------------------------|--------------|-------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 27    | 2,00     | 8,3                 | 17,9                               | 34,91         | 34,91          | 0,97  | 0,09 | 27,00           | 1,62  | 0,75  | 18,38                           | 3,30         | 0,29  | 3,12         | YOK                   |
|                | 3,45       | 100   | 2,00     | 8,3                 | 17,9                               | 61,76         | 47,26          | 0,95  | 0,12 | 57,50           | 1,45  | 0,80  | 37,35                           | 3,30         | 7,97  | 68,16        | YOK                   |
|                | 4,95       | 55    | 2,00     | 8,3                 | 17,9                               | 88,61         | 59,11          | 0,93  | 0,13 | 35,00           | 1,32  | 0,85  | 21,94                           | 3,30         | 0,48  | 3,67         | YOK                   |
|                | 6,45       | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 115,46        | 70,96          | 0,90  | 0,14 | 57,50           | 1,21  | 0,95  | 36,89                           | 7,24         | 13,98 | 100,84       | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 142,31        | 82,81          | 0,88  | 0,14 | 57,50           | 1,11  | 0,95  | 34,03                           | 7,24         | 8,84  | 61,90        | YOK                   |
|                | 9,45       | 31    | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 169,16        | 94,66          | 0,86  | 0,14 | 23,00           | 1,03  | 0,95  | 12,63                           | 7,24         | 0,23  | 1,62         | YOK                   |
|                | 10,95      | 20    | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 196,01        | 106,51         | 0,84  | 0,15 | 17,50           | 0,96  | 1,00  | 9,44                            | 7,24         | 0,18  | 1,26         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 222,86        | 118,36         | 0,81  | 0,14 | 57,50           | 0,90  | 1,00  | 29,06                           | 7,24         | 3,74  | 25,89        | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 249,71        | 130,21         | 0,79  | 0,14 | 57,50           | 0,85  | 1,00  | 27,34                           | 7,24         | 2,73  | 19,07        | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 276,6         | 142,1          | 0,77  | 0,1  | 57,5            | 0,8   | 1     | 25,8                            | 7,24         | 2,048 | 14,52        | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 27    | 2,00     | 8,3                 | 17,9                               | 34,91         | 34,91          | 0,97  | 0,14 | 27,00           | 1,62  | 0,75  | 18,38                           | 3,30         | 0,29  | 1,97         | YOK                   |
|                | 3,45       | 100   | 2,00     | 8,3                 | 17,9                               | 61,76         | 47,26          | 0,95  | 0,18 | 57,50           | 1,45  | 0,80  | 37,35                           | 3,30         | 7,97  | 43,10        | YOK                   |
|                | 4,95       | 55    | 2,00     | 8,3                 | 17,9                               | 88,61         | 59,11          | 0,93  | 0,21 | 35,00           | 1,32  | 0,85  | 21,94                           | 3,30         | 0,48  | 2,32         | YOK                   |
|                | 6,45       | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 115,46        | 70,96          | 0,90  | 0,22 | 57,50           | 1,21  | 0,95  | 36,89                           | 7,24         | 13,98 | 63,77        | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 142,31        | 82,81          | 0,88  | 0,23 | 57,50           | 1,11  | 0,95  | 34,03                           | 7,24         | 8,84  | 39,14        | YOK                   |
|                | 9,45       | 31    | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 169,16        | 94,66          | 0,86  | 0,23 | 23,00           | 1,03  | 0,95  | 12,63                           | 7,24         | 0,23  | 1,02         | RİSKLİ                |
|                | 10,95      | 20    | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 196,01        | 106,51         | 0,84  | 0,23 | 17,50           | 0,96  | 1,00  | 9,44                            | 7,24         | 0,18  | 0,80         | VAR                   |
|                | 12,45      | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 222,86        | 118,36         | 0,81  | 0,23 | 57,50           | 0,90  | 1,00  | 29,06                           | 7,24         | 3,74  | 16,37        | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 249,71        | 130,21         | 0,79  | 0,23 | 57,50           | 0,85  | 1,00  | 27,34                           | 7,24         | 2,73  | 12,06        | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 276,6         | 142,1          | 0,77  | 0,2  | 57,5            | 0,8   | 1     | 25,8                            | 7,24         | 2,048 | 9,18         | YOK                   |
| 7,00           | 1,95       | 27    | 2,00     | 8,3                 | 17,9                               | 34,91         | 34,91          | 0,97  | 0,23 | 27,00           | 1,62  | 0,75  | 18,38                           | 3,30         | 0,29  | 1,26         | YOK                   |
|                | 3,45       | 100   | 2,00     | 8,3                 | 17,9                               | 61,76         | 47,26          | 0,95  | 0,29 | 57,50           | 1,45  | 0,80  | 37,35                           | 3,30         | 7,97  | 27,48        | YOK                   |
|                | 4,95       | 55    | 2,00     | 8,3                 | 17,9                               | 88,61         | 59,11          | 0,93  | 0,32 | 35,00           | 1,32  | 0,85  | 21,94                           | 3,30         | 0,48  | 1,48         | YOK                   |
|                | 6,45       | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 115,46        | 70,96          | 0,90  | 0,34 | 57,50           | 1,21  | 0,95  | 36,89                           | 7,24         | 13,98 | 40,66        | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 142,31        | 82,81          | 0,88  | 0,35 | 57,50           | 1,11  | 0,95  | 34,03                           | 7,24         | 8,84  | 24,96        | YOK                   |
|                | 9,45       | 31    | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 169,16        | 94,66          | 0,86  | 0,36 | 23,00           | 1,03  | 0,95  | 12,63                           | 7,24         | 0,23  | 0,65         | VAR                   |
|                | 10,95      | 20    | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 196,01        | 106,51         | 0,84  | 0,36 | 17,50           | 0,96  | 1,00  | 9,44                            | 7,24         | 0,18  | 0,51         | VAR                   |
|                | 12,45      | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 222,86        | 118,36         | 0,81  | 0,36 | 57,50           | 0,90  | 1,00  | 29,06                           | 7,24         | 3,74  | 10,44        | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 249,71        | 130,21         | 0,79  | 0,35 | 57,50           | 0,85  | 1,00  | 27,34                           | 7,24         | 2,73  | 7,69         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 276,6         | 142,1          | 0,77  | 0,3  | 57,5            | 0,8   | 1     | 25,8                            | 7,24         | 2,048 | 5,85         | YOK                   |
| 7,50           | 1,95       | 27    | 2,00     | 8,3                 | 17,9                               | 34,91         | 34,91          | 0,97  | 0,35 | 27,00           | 1,62  | 0,75  | 18,38                           | 3,30         | 0,29  | 0,81         | VAR                   |
|                | 3,45       | 100   | 2,00     | 8,3                 | 17,9                               | 61,76         | 47,26          | 0,95  | 0,45 | 57,50           | 1,45  | 0,80  | 37,35                           | 3,30         | 7,97  | 17,65        | YOK                   |
|                | 4,95       | 55    | 2,00     | 8,3                 | 17,9                               | 88,61         | 59,11          | 0,93  | 0,51 | 35,00           | 1,32  | 0,85  | 21,94                           | 3,30         | 0,48  | 0,95         | VAR                   |
|                | 6,45       | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 115,46        | 70,96          | 0,90  | 0,54 | 57,50           | 1,21  | 0,95  | 36,89                           | 7,24         | 13,98 | 26,11        | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 142,31        | 82,81          | 0,88  | 0,55 | 57,50           | 1,11  | 0,95  | 34,03                           | 7,24         | 8,84  | 16,03        | YOK                   |
|                | 9,45       | 31    | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 169,16        | 94,66          | 0,86  | 0,56 | 23,00           | 1,03  | 0,95  | 12,63                           | 7,24         | 0,23  | 0,42         | VAR                   |
|                | 10,95      | 20    | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 196,01        | 106,51         | 0,84  | 0,56 | 17,50           | 0,96  | 1,00  | 9,44                            | 7,24         | 0,18  | 0,33         | VAR                   |
|                | 12,45      | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 222,86        | 118,36         | 0,81  | 0,56 | 57,50           | 0,90  | 1,00  | 29,06                           | 7,24         | 3,74  | 6,70         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 249,71        | 130,21         | 0,79  | 0,55 | 57,50           | 0,85  | 1,00  | 27,34                           | 7,24         | 2,73  | 4,94         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 2,00     | 32,4                | 17,9                               | 276,6         | 142,1          | 0,77  | 0,5  | 57,5            | 0,8   | 1     | 25,8                            | 7,24         | 2,048 | 3,76         | YOK                   |



**Şekil 4.49** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-44 sivilaşma analiz grafiği

SK-44 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

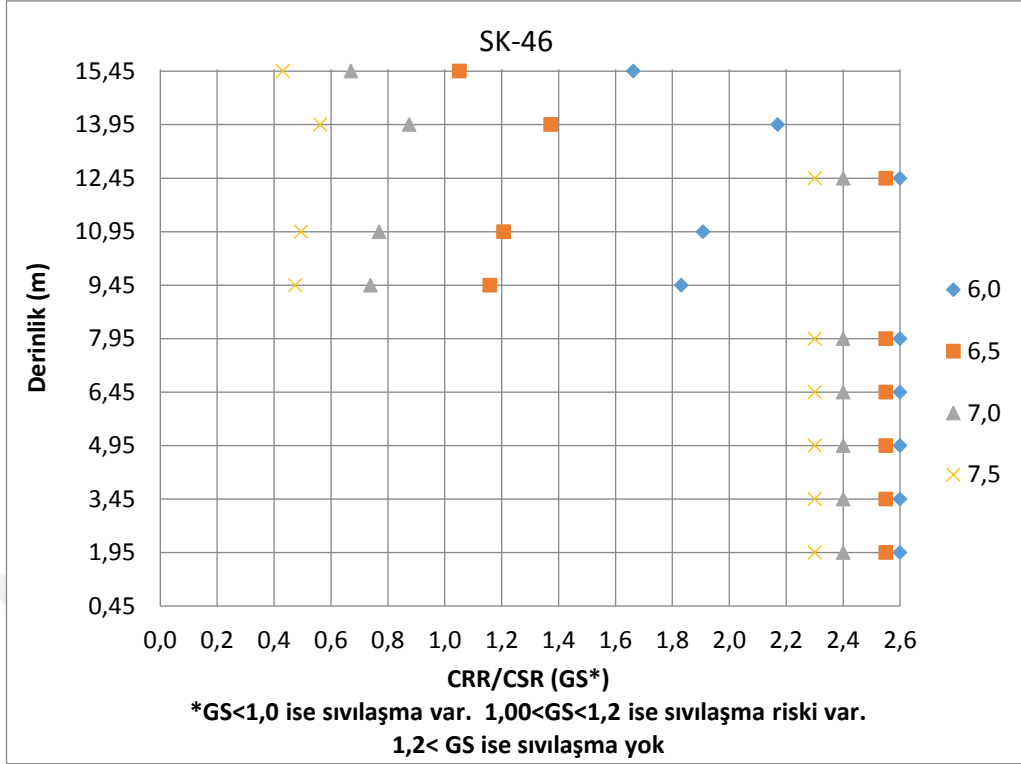
6,50 şiddetindeki depremde 9,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu 10,95 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 9,45 m ve 10,95 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 1,95 m, 4,95 m, 9,45 m, 10,95 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu diğer tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.50 Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-46 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | İnce tane oranı (%) | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | $(N_1)_{80}$ | $\Delta N_f$ | CRR    | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|---------------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------|--------------|--------|--------------|-----------------------|
| 6,00           | 1,95       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 35,30         | 35,30          | 0,97  | 0,09 | 100,00          | 1,61  | 0,75  | 67,81        | 8,15         | 613,53 | 6701,14      | YOK                   |
|                | 3,45       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 62,45         | 62,45          | 0,95  | 0,09 | 100,00          | 1,28  | 0,80  | 57,50        | 8,15         | 221,28 | 2474,26      | YOK                   |
|                | 4,95       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 89,60         | 80,10          | 0,93  | 0,10 | 57,50           | 1,13  | 0,85  | 31,00        | 8,15         | 6,18   | 63,28        | YOK                   |
|                | 6,45       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 116,75        | 92,25          | 0,90  | 0,11 | 57,50           | 1,05  | 0,95  | 32,05        | 8,15         | 7,39   | 68,57        | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 143,90        | 104,40         | 0,88  | 0,11 | 57,50           | 0,97  | 0,95  | 29,82        | 8,15         | 5,03   | 43,96        | YOK                   |
|                | 9,45       | 30    | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 171,05        | 116,55         | 0,86  | 0,12 | 22,50           | 0,91  | 0,95  | 10,91        | 8,15         | 0,22   | 1,83         | YOK                   |
|                | 10,95      | 37    | 4,00     | 32,9                | 18,1                               | 198,20        | 128,70         | 0,84  | 0,12 | 26,00           | 0,86  | 1,00  | 12,46        | 7,29         | 0,23   | 1,91         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 4,00     | 32,9                | 18,1                               | 225,35        | 140,85         | 0,81  | 0,12 | 57,50           | 0,81  | 1,00  | 25,96        | 7,29         | 2,13   | 17,32        | YOK                   |
|                | 13,95      | 43    | 4,00     | 47,3                | 18,1                               | 252,50        | 153,00         | 0,79  | 0,12 | 29,00           | 0,76  | 1,00  | 12,38        | 8,73         | 0,27   | 2,17         | YOK                   |
|                | 15,45      | 38    | 4,00     | 35,4                | 18,1                               | 279,65        | 165,15         | 0,77  | 0,12 | 26,5            | 0,7   | 1     | 10,73        | 7,54         | 0,20   | 1,66         | YOK                   |
| 6,50           | 1,95       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 35,30         | 35,30          | 0,97  | 0,14 | 100,00          | 1,61  | 0,75  | 67,81        | 8,15         | 613,53 | 4237,60      | YOK                   |
|                | 3,45       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 62,45         | 62,45          | 0,95  | 0,14 | 100,00          | 1,28  | 0,80  | 57,50        | 8,15         | 221,28 | 1564,65      | YOK                   |
|                | 4,95       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 89,60         | 80,10          | 0,93  | 0,15 | 57,50           | 1,13  | 0,85  | 31,00        | 8,15         | 6,18   | 40,02        | YOK                   |
|                | 6,45       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 116,75        | 92,25          | 0,90  | 0,17 | 57,50           | 1,05  | 0,95  | 32,05        | 8,15         | 7,39   | 43,36        | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 143,90        | 104,40         | 0,88  | 0,18 | 57,50           | 0,97  | 0,95  | 29,82        | 8,15         | 5,03   | 27,80        | YOK                   |
|                | 9,45       | 30    | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 171,05        | 116,55         | 0,86  | 0,19 | 22,50           | 0,91  | 0,95  | 10,91        | 8,15         | 0,22   | 1,16         | RİSKLİ                |
|                | 10,95      | 37    | 4,00     | 32,9                | 18,1                               | 198,20        | 128,70         | 0,84  | 0,19 | 26,00           | 0,86  | 1,00  | 12,46        | 7,29         | 0,23   | 1,21         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 4,00     | 32,9                | 18,1                               | 225,35        | 140,85         | 0,81  | 0,19 | 57,50           | 0,81  | 1,00  | 25,96        | 7,29         | 2,13   | 10,95        | YOK                   |
|                | 13,95      | 43    | 4,00     | 47,3                | 18,1                               | 252,50        | 153,00         | 0,79  | 0,19 | 29,00           | 0,76  | 1,00  | 12,38        | 8,73         | 0,27   | 1,37         | YOK                   |
|                | 15,45      | 38    | 4,00     | 35,4                | 18,1                               | 279,65        | 165,15         | 0,77  | 0,19 | 26,5            | 0,7   | 1     | 10,73        | 7,54         | 0,20   | 1,05         | RİSKLİ                |
| 7,00           | 1,95       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 35,30         | 35,30          | 0,97  | 0,23 | 100,00          | 1,61  | 0,75  | 67,81        | 8,15         | 613,53 | 2702,06      | YOK                   |
|                | 3,45       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 62,45         | 62,45          | 0,95  | 0,22 | 100,00          | 1,28  | 0,80  | 57,50        | 8,15         | 221,28 | 997,68       | YOK                   |
|                | 4,95       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 89,60         | 80,10          | 0,93  | 0,24 | 57,50           | 1,13  | 0,85  | 31,00        | 8,15         | 6,18   | 25,52        | YOK                   |
|                | 6,45       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 116,75        | 92,25          | 0,90  | 0,27 | 57,50           | 1,05  | 0,95  | 32,05        | 8,15         | 7,39   | 27,65        | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 143,90        | 104,40         | 0,88  | 0,28 | 57,50           | 0,97  | 0,95  | 29,82        | 8,15         | 5,03   | 17,73        | YOK                   |
|                | 9,45       | 30    | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 171,05        | 116,55         | 0,86  | 0,29 | 22,50           | 0,91  | 0,95  | 10,91        | 8,15         | 0,22   | 0,74         | VAR                   |
|                | 10,95      | 37    | 4,00     | 32,9                | 18,1                               | 198,20        | 128,70         | 0,84  | 0,30 | 26,00           | 0,86  | 1,00  | 12,46        | 7,29         | 0,23   | 0,77         | VAR                   |
|                | 12,45      | 100   | 4,00     | 32,9                | 18,1                               | 225,35        | 140,85         | 0,81  | 0,30 | 57,50           | 0,81  | 1,00  | 25,96        | 7,29         | 2,13   | 6,98         | YOK                   |
|                | 13,95      | 43    | 4,00     | 47,3                | 18,1                               | 252,50        | 153,00         | 0,79  | 0,31 | 29,00           | 0,76  | 1,00  | 12,38        | 8,73         | 0,27   | 0,87         | VAR                   |
|                | 15,45      | 38    | 4,00     | 35,4                | 18,1                               | 279,65        | 165,15         | 0,77  | 0,30 | 26,5            | 0,7   | 1     | 10,73        | 7,54         | 0,20   | 0,67         | VAR                   |
| 7,50           | 1,95       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 35,30         | 35,30          | 0,97  | 0,35 | 100,00          | 1,61  | 0,75  | 67,81        | 8,15         | 613,53 | 1734,99      | YOK                   |
|                | 3,45       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 62,45         | 62,45          | 0,95  | 0,35 | 100,00          | 1,28  | 0,80  | 57,50        | 8,15         | 221,28 | 640,61       | YOK                   |
|                | 4,95       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 89,60         | 80,10          | 0,93  | 0,38 | 57,50           | 1,13  | 0,85  | 31,00        | 8,15         | 6,18   | 16,38        | YOK                   |
|                | 6,45       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 116,75        | 92,25          | 0,90  | 0,42 | 57,50           | 1,05  | 0,95  | 32,05        | 8,15         | 7,39   | 17,75        | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 143,90        | 104,40         | 0,88  | 0,44 | 57,50           | 0,97  | 0,95  | 29,82        | 8,15         | 5,03   | 11,38        | YOK                   |
|                | 9,45       | 30    | 4,00     | 41,5                | 18,1                               | 171,05        | 116,55         | 0,86  | 0,46 | 22,50           | 0,91  | 0,95  | 10,91        | 8,15         | 0,22   | 0,47         | VAR                   |
|                | 10,95      | 37    | 4,00     | 32,9                | 18,1                               | 198,20        | 128,70         | 0,84  | 0,47 | 26,00           | 0,86  | 1,00  | 12,46        | 7,29         | 0,23   | 0,49         | VAR                   |
|                | 12,45      | 100   | 4,00     | 32,9                | 18,1                               | 225,35        | 140,85         | 0,81  | 0,47 | 57,50           | 0,81  | 1,00  | 25,96        | 7,29         | 2,13   | 4,48         | YOK                   |
|                | 13,95      | 43    | 4,00     | 47,3                | 18,1                               | 252,50        | 153,00         | 0,79  | 0,48 | 29,00           | 0,76  | 1,00  | 12,38        | 8,73         | 0,27   | 0,56         | VAR                   |
|                | 15,45      | 38    | 4,00     | 35,4                | 18,1                               | 279,65        | 165,15         | 0,77  | 0,47 | 26,5            | 0,7   | 1     | 10,73        | 7,54         | 0,20   | 0,43         | VAR                   |



**Şekil 4.50** Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre SK-46 sıvılaşma analiz grafiği

SK-46 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde 9,45 m, 15,45 m seviyelerde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 9,45 m, 10,95 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 9,45 m, 10,95 m, 13,95 m, 15,45 m seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

### 4.1.3 Iwasaki vd. (1981) yöntemi

Iwasaki vd. (1981), devirsel gerilme oranını (CSR) aşağıdaki denklem ile hesaplamışlardır.

$$CSR = \frac{a_{maks}}{g} \times \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \times r_d \quad (4.17)$$

Burada;

CSR : Deprem nedeniyle oluşan devirsel gerilme oranı

$a_{maks}$  : Zemin yüzeyindeki maksimum yatay yer ivmesi

$g$  : Yerçekimi ivmesi

$\sigma_{vo}$  : Düşey toplam gerilme (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma'_{vo}$  : Düşey efektif gerilme (kN/m<sup>2</sup>)

$r_d$  : Gerilme azaltma katsayısıdır.

Gerilme azaltma katsayısı hesabında, Iwasaki vd. (1978) tarafından önerilen denklem kullanılmıştır.

$$r_d = 1 - 0,015 \times z \quad (4.18)$$

Bu denklemde  $z$  metre cinsinden derinliktir.

$a_{maks}$  hesaplanmasında için Ulusay vd. (2004) tarafından önerilen denklem kullanılmıştır.

$$a_{maks} = 2,18e^{0,0218(33,3M_w - R_e + 7,8427S_A + 18,9282S_B)} \quad (4.19)$$

Burada;

$M_w$  : Deprem magnitüdü

$R_e$  : Deprem odağına olan uzaklık (km)

$S_A, S_B$  : Zeminler için kat sayılarıdır.

$S_A=0$  ve  $S_B=1$  değerleri alınmıştır. (Yumuşak zeminler için)

$R_e=15$  km alınmıştır. (Çalışma alanının Erzurum fayına olan uzaklığı)

Iwasaki vd. (1981), tarafından geliştirilen yöntemde devirsel direnç oranı (CRR) ortalama tane çapı aralıklarına göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$0,04\text{mm} \leq D_{50} \leq 0,6$  mm için

$$CRR_{7,5} = 0,882 \sqrt{\frac{N}{\sigma'_{v0} + 0,7}} + 0,225 \log \frac{0,35}{D_{50}} \quad (4.20)$$

$0,6\text{mm} \leq D_{50} \leq 1,5$  mm için

$$CRR_{7,5} = 0,882 \sqrt{\frac{N}{\sigma'_{v0} + 0,7}} - 0,05 \quad (4.21)$$

Burada;

$CRR_{7,5}$  : 7,5 şiddetindeki deprem için devirsel direnç oranı

$N$  : Arazide ölçülen SPT-N değeri

$\sigma'_{v0}$  : Düşey efektif gerilme ( $\text{kgf/cm}^2$ )

$D_{50}$  : Ortalama dane çapı (mm) dir.

Iwasaki vd. (1981) yönteminde kullanılan SPT-N değerinde şahmerdan enerji aktarım oranı %60 kabul ederek gerekli düzeltmeler aşağıdaki denklem kullanılarak yapılmıştır.

$$(N_1)_{60} = N \times C_N \times C_R \times C_S \times C_B \times C_E \quad (4.22)$$

Burada;

$(N_1)_{60}$ : %60 enerji oranı ve örtü gerilmesi düzeltilmesi yapılmış SPT-N değeri

$N$  : Ölçülen SPT-N değeri

$C_N$  : Efektif düşey basınç düzeltme katsayısı

$C_R$  : Tij uzunluğu düzeltme katsayısı

$C_S$  : Numune alma metodu katsayısı

$C_B$  : Kuyu çapı düzeltme katsayısı

$C_E$  : Enerji oranı düzeltme katsayısıdır.

Tij uzunluğu düzeltme katsayısı ( $C_R$ ), Çizelge 3.5'de belirtildiği üzere deneyin yapıldığı seviyeye göre değişmektedir

Efektif düşey basınç düzeltme katsayısı ( $C_N$ ), hesaplanmasında (3.11) ve (3.12) kullanılmıştır.

Numune alma metodu katsayısı ( $C_S$ ), standart tüp (astarlı) alıcı kullanıldığı için hesaplara 1,0 olarak katılmıştır.

Kuyu çapı düzeltme katsayısı ( $C_B$ ), sondaj delgi çapının 60-120 mm arasında olduğu için hesaplara 1,0 olarak katılmıştır.

Enerji oranı düzeltme katsayısı ( $C_E$ ), çalışmada kullanılan şahmerdan halatlı ve iki tur sarım tipinde olduğu için enerji iletimi ortalama %45'tir (Çizelge 3.4). Seed ve Idris (1971) yönteminde kullanılabilmesi için %60 enerji oranına göre hesaplanması gerekmektedir bu yüzden  $C_E = 45/60 = 0,75$  olarak hesaplanmıştır.

Güvenlik sayısı (GS) aşağıdaki denklem ile hesaplanarak sınıflama potansiyelleri tespit edilmiştir.



$$GS = \frac{CRR_{7,5}}{CSR} \times MSF \quad (4.23)$$

Burada;

$CRR_{7,5}$ : 7,5 şiddetindeki deprem için devirsel direnç oranı

$CSR$  : Devirsel gerilme oranı

$MSF$  : Magnitüd düzeltme faktörüdür.

Youd vd. (2001), magnitüd düzeltme faktörü için aşağıdaki denkliği vermişlerdir.

$$MSF = \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}} \quad (4.24)$$

Burada;

$M_w$  : Deprem magnitüdür.

GS değerine göre zeminlerin sıvılaşma durumu aşağıdaki gibidir (Day, 2002).

$GS < 1$  ise sıvılaşma var

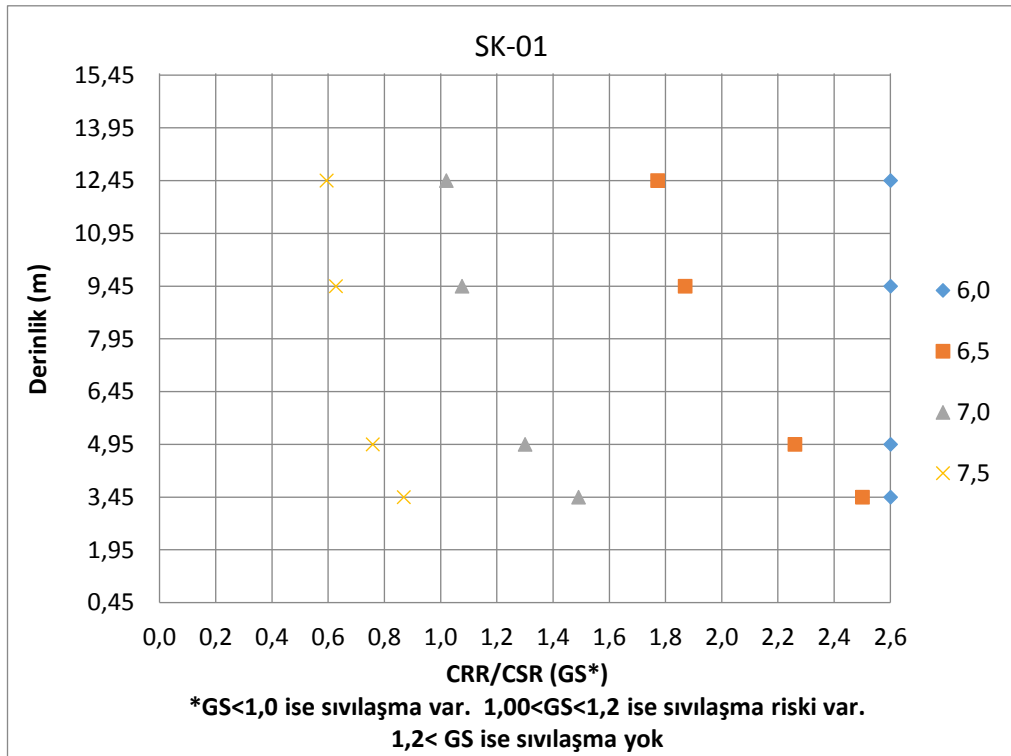
$1 \leq GS < 1.2$  ise sıvılaşma riski var

$GS \geq 1.2$  ise sıvılaşma yok

Yüksek lisans tez çalışmasının Çizelge 4.51 ve Şekil 4.51 ile başlayıp, Çizelge 4.73 ve Şekil 4.73'e kadar devam eden kısmında, Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre sondaj kuyularından elde edilen veriler yardımıyla yapılan analiz sonuçları ve yorumlanması yer almaktadır. Yer altı su seviyesi tespit edilmeyen ve kaya zemin olan sondaj kuyularında analiz yapılmamıştır. SK-07 ve SK-42 sondaj kuyularında bulunan zeminlerin ( $D_{50}$ ) ortalama dane çapı Iwasaki vd. (1983) tarafından belirtilen aralık dışında kaldığı için bu sondaj kuyularında analiz yapılamamıştır.

Çizelge 4.51 Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-01 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub> | d <sub>50</sub> | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|-----------------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-01          | 3,45       | 17    | 1,60     | ML           | 18,4                               | 63,48         | 44,98          | 0,95  | 0,16 | 16,00           | 1,49           | 0,75           | 13,42                           | 0,10            | 0,75      | 4,57         | YOK                   |
|                | 4,95       | 18    | 1,60     | SM           | 18,4                               | 91,08         | 57,58          | 0,93  | 0,18 | 16,50           | 1,32           | 0,80           | 13,05                           | 0,10            | 0,72      | 3,99         | YOK                   |
|                | 9,45       | 21    | 1,60     | SM           | 18,4                               | 173,88        | 95,38          | 0,86  | 0,19 | 18,00           | 1,02           | 0,85           | 11,75                           | 0,10            | 0,63      | 3,30         | YOK                   |
|                | 12,45      | 19    | 1,60     | SM           | 18,4                               | 229,08        | 120,58         | 0,81  | 0,19 | 17,00           | 0,91           | 0,95           | 11,03                           | 0,10            | 0,59      | 3,13         | YOK                   |
| SK-01          | 3,45       | 17    | 1,60     | ML           | 18,4                               | 63,48         | 44,98          | 0,95  | 0,24 | 16,00           | 1,49           | 0,75           | 13,42                           | 0,10            | 0,61      | 2,59         | YOK                   |
|                | 4,95       | 18    | 1,60     | SM           | 18,4                               | 91,08         | 57,58          | 0,93  | 0,26 | 16,50           | 1,32           | 0,80           | 13,05                           | 0,10            | 0,58      | 2,26         | YOK                   |
|                | 9,45       | 21    | 1,60     | SM           | 18,4                               | 173,88        | 95,38          | 0,86  | 0,28 | 18,00           | 1,02           | 0,85           | 11,75                           | 0,10            | 0,52      | 1,87         | YOK                   |
|                | 12,45      | 19    | 1,60     | SM           | 18,4                               | 229,08        | 120,58         | 0,81  | 0,27 | 17,00           | 0,91           | 0,95           | 11,03                           | 0,10            | 0,48      | 1,77         | YOK                   |
| SK-01          | 3,45       | 17    | 1,60     | ML           | 18,4                               | 63,48         | 44,98          | 0,95  | 0,34 | 16,00           | 1,49           | 0,75           | 13,42                           | 0,10            | 0,51      | 1,49         | YOK                   |
|                | 4,95       | 18    | 1,60     | SM           | 18,4                               | 91,08         | 57,58          | 0,93  | 0,37 | 16,50           | 1,32           | 0,80           | 13,05                           | 0,10            | 0,48      | 1,30         | YOK                   |
|                | 9,45       | 21    | 1,60     | SM           | 18,4                               | 173,88        | 95,38          | 0,86  | 0,40 | 18,00           | 1,02           | 0,85           | 11,75                           | 0,10            | 0,43      | 1,08         | RISKLİ                |
|                | 12,45      | 19    | 1,60     | SM           | 18,4                               | 229,08        | 120,58         | 0,81  | 0,39 | 17,00           | 0,91           | 0,95           | 11,03                           | 0,10            | 0,40      | 1,02         | RISKLİ                |
| SK-01          | 3,45       | 17    | 1,60     | ML           | 18,4                               | 63,48         | 44,98          | 0,95  | 0,49 | 16,00           | 1,49           | 0,75           | 13,42                           | 0,10            | 0,42      | 0,87         | VAR                   |
|                | 4,95       | 18    | 1,60     | SM           | 18,4                               | 91,08         | 57,58          | 0,93  | 0,53 | 16,50           | 1,32           | 0,80           | 13,05                           | 0,10            | 0,40      | 0,76         | VAR                   |
|                | 9,45       | 21    | 1,60     | SM           | 18,4                               | 173,88        | 95,38          | 0,86  | 0,57 | 18,00           | 1,02           | 0,85           | 11,75                           | 0,10            | 0,36      | 0,63         | VAR                   |
|                | 12,45      | 19    | 1,60     | SM           | 18,4                               | 229,08        | 120,58         | 0,81  | 0,56 | 17,00           | 0,91           | 0,95           | 11,03                           | 0,10            | 0,33      | 0,59         | VAR                   |



Şekil 4.51 Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-01 sıvılaşma analiz grafiği

SK-01 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

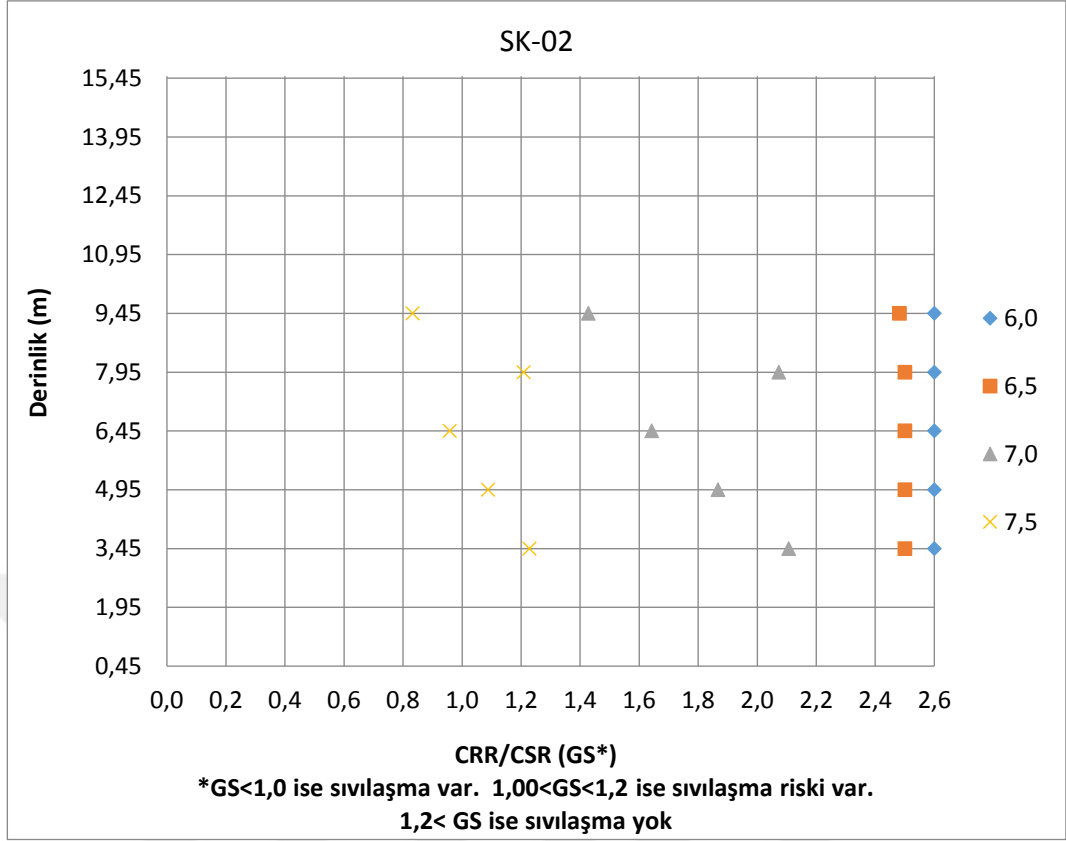
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1, 20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 3,45 m ve 4,95 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00-1,20 arasında olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu, tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.52** Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-02 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $t_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>r</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub> | d <sub>50</sub> | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|-----------------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-02          | 3,45       | 21    | 3,30     | ML           | 18,1                               | 62,45         | 60,95          | 0,95  | 0,12 | 18,00           | 1,28           | 0,95           | 16,43                           | 0,10            | 0,77      | 6,46         | YOK                   |
|                | 4,95       | 30    | 3,30     | SM           | 18,1                               | 89,60         | 73,10          | 0,93  | 0,14 | 22,50           | 1,17           | 1,00           | 19,74                           | 0,10            | 0,80      | 5,72         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 3,30     | SM           | 18,1                               | 116,75        | 85,25          | 0,90  | 0,15 | 23,50           | 1,08           | 1,00           | 19,09                           | 0,10            | 0,76      | 5,04         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 3,30     | GM           | 18,1                               | 143,90        | 97,40          | 0,88  | 0,16 | 57,50           | 1,01           | 1,00           | 43,70                           | 0,10            | 1,01      | 6,36         | YOK                   |
|                | 9,45       | 37    | 3,30     | SM           | 18,1                               | 171,05        | 109,55         | 0,86  | 0,16 | 26,00           | 0,96           | 1,00           | 18,63                           | 0,10            | 0,72      | 4,38         | YOK                   |
| SK-02          | 3,45       | 21    | 3,30     | ML           | 18,1                               | 62,45         | 60,95          | 0,95  | 0,17 | 18,00           | 1,28           | 0,95           | 16,43                           | 0,10            | 0,63      | 3,66         | YOK                   |
|                | 4,95       | 30    | 3,30     | SM           | 18,1                               | 89,60         | 73,10          | 0,93  | 0,20 | 22,50           | 1,17           | 1,00           | 19,74                           | 0,10            | 0,65      | 3,24         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 3,30     | SM           | 18,1                               | 116,75        | 85,25          | 0,90  | 0,22 | 23,50           | 1,08           | 1,00           | 19,09                           | 0,10            | 0,62      | 2,85         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 3,30     | GM           | 18,1                               | 143,90        | 97,40          | 0,88  | 0,23 | 57,50           | 1,01           | 1,00           | 43,70                           | 0,10            | 0,83      | 3,60         | YOK                   |
|                | 9,45       | 37    | 3,30     | SM           | 18,1                               | 171,05        | 109,55         | 0,86  | 0,24 | 26,00           | 0,96           | 1,00           | 18,63                           | 0,10            | 0,59      | 2,48         | YOK                   |
| SK-02          | 3,45       | 21    | 3,30     | ML           | 18,1                               | 62,45         | 60,95          | 0,95  | 0,25 | 18,00           | 1,28           | 0,95           | 16,43                           | 0,10            | 0,52      | 2,11         | YOK                   |
|                | 4,95       | 30    | 3,30     | SM           | 18,1                               | 89,60         | 73,10          | 0,93  | 0,29 | 22,50           | 1,17           | 1,00           | 19,74                           | 0,10            | 0,54      | 1,87         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 3,30     | SM           | 18,1                               | 116,75        | 85,25          | 0,90  | 0,31 | 23,50           | 1,08           | 1,00           | 19,09                           | 0,10            | 0,51      | 1,64         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 3,30     | GM           | 18,1                               | 143,90        | 97,40          | 0,88  | 0,33 | 57,50           | 1,01           | 1,00           | 43,70                           | 0,10            | 0,68      | 2,07         | YOK                   |
|                | 9,45       | 37    | 3,30     | SM           | 18,1                               | 171,05        | 109,55         | 0,86  | 0,34 | 26,00           | 0,96           | 1,00           | 18,63                           | 0,10            | 0,48      | 1,43         | YOK                   |
| SK-02          | 3,45       | 21    | 3,30     | ML           | 18,1                               | 62,45         | 60,95          | 0,95  | 0,35 | 18,00           | 1,28           | 0,95           | 16,43                           | 0,10            | 0,43      | 1,23         | YOK                   |
|                | 4,95       | 30    | 3,30     | SM           | 18,1                               | 89,60         | 73,10          | 0,93  | 0,41 | 22,50           | 1,17           | 1,00           | 19,74                           | 0,10            | 0,45      | 1,09         | RİSKLİ                |
|                | 6,45       | 32    | 3,30     | SM           | 18,1                               | 116,75        | 85,25          | 0,90  | 0,45 | 23,50           | 1,08           | 1,00           | 19,09                           | 0,10            | 0,43      | 0,96         | VAR                   |
|                | 7,95       | 100   | 3,30     | GM           | 18,1                               | 143,90        | 97,40          | 0,88  | 0,47 | 57,50           | 1,01           | 1,00           | 43,70                           | 0,10            | 0,57      | 1,21         | YOK                   |
|                | 9,45       | 37    | 3,30     | SM           | 18,1                               | 171,05        | 109,55         | 0,86  | 0,49 | 26,00           | 0,96           | 1,00           | 18,63                           | 0,10            | 0,41      | 0,83         | VAR                   |



**Şekil 4.52** Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-02 sivilaşma analiz grafiği

SK-02 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

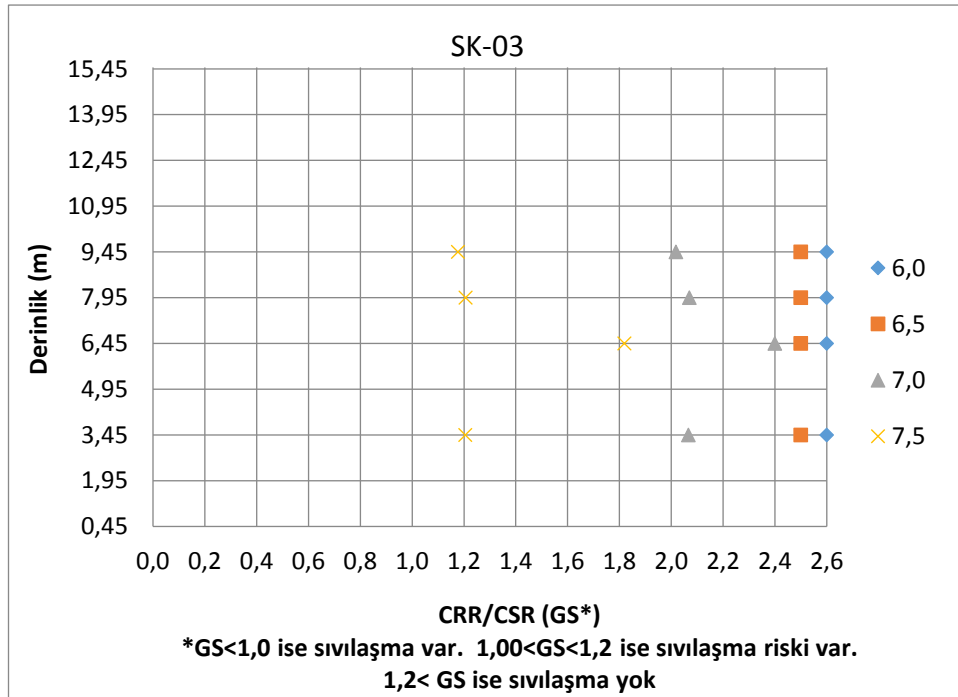
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 3,45 m ve 7,9 5m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu 4,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerinde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.53 Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-03 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | (N) <sub>60</sub> | $d_{50}$ | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|-------------------|----------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-03          | 3,45       | 21    | 9,60     | ML           | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,12 | 21,00           | 1,26  | 0,75  | 14,83             | 0,10     | 0,74      | 6,34         | YOK                   |
|                | 6,45       | 100   | 9,60     | SM           | 18,4                               | 118,68        | 118,68         | 0,90  | 0,11 | 100,00          | 0,92  | 0,80  | 55,08             | 0,10     | 1,06      | 9,57         | YOK                   |
|                | 7,95       | 37    | 9,60     | SM           | 18,4                               | 146,28        | 146,28         | 0,88  | 0,11 | 37,00           | 0,83  | 0,85  | 19,50             | 0,10     | 0,69      | 6,35         | YOK                   |
|                | 9,45       | 35    | 9,60     | SM           | 18,4                               | 173,88        | 173,88         | 0,86  | 0,11 | 35,00           | 0,76  | 0,95  | 18,91             | 0,10     | 0,65      | 6,19         | YOK                   |
| SK-03          | 3,45       | 21    | 9,60     | ML           | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,17 | 21,00           | 1,26  | 0,75  | 14,83             | 0,10     | 0,60      | 3,59         | YOK                   |
|                | 6,45       | 100   | 9,60     | SM           | 18,4                               | 118,68        | 118,68         | 0,90  | 0,16 | 100,00          | 0,92  | 0,80  | 55,08             | 0,10     | 0,86      | 5,42         | YOK                   |
|                | 7,95       | 37    | 9,60     | SM           | 18,4                               | 146,28        | 146,28         | 0,88  | 0,16 | 37,00           | 0,83  | 0,85  | 19,50             | 0,10     | 0,56      | 3,60         | YOK                   |
|                | 9,45       | 35    | 9,60     | SM           | 18,4                               | 173,88        | 173,88         | 0,86  | 0,15 | 35,00           | 0,76  | 0,95  | 18,91             | 0,10     | 0,53      | 3,51         | YOK                   |
| SK-03          | 3,45       | 21    | 9,60     | ML           | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,24 | 21,00           | 1,26  | 0,75  | 14,83             | 0,10     | 0,50      | 2,07         | YOK                   |
|                | 6,45       | 100   | 9,60     | SM           | 18,4                               | 118,68        | 118,68         | 0,90  | 0,23 | 100,00          | 0,92  | 0,80  | 55,08             | 0,10     | 0,71      | 3,12         | YOK                   |
|                | 7,95       | 37    | 9,60     | SM           | 18,4                               | 146,28        | 146,28         | 0,88  | 0,22 | 37,00           | 0,83  | 0,85  | 19,50             | 0,10     | 0,46      | 2,07         | YOK                   |
|                | 9,45       | 35    | 9,60     | SM           | 18,4                               | 173,88        | 173,88         | 0,86  | 0,22 | 35,00           | 0,76  | 0,95  | 18,91             | 0,10     | 0,44      | 2,02         | YOK                   |
| SK-03          | 3,45       | 21    | 9,60     | ML           | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,35 | 21,00           | 1,26  | 0,75  | 14,83             | 0,10     | 0,42      | 1,20         | YOK                   |
|                | 6,45       | 100   | 9,60     | SM           | 18,4                               | 118,68        | 118,68         | 0,90  | 0,33 | 100,00          | 0,92  | 0,80  | 55,08             | 0,10     | 0,60      | 1,82         | YOK                   |
|                | 7,95       | 37    | 9,60     | SM           | 18,4                               | 146,28        | 146,28         | 0,88  | 0,32 | 37,00           | 0,83  | 0,85  | 19,50             | 0,10     | 0,39      | 1,21         | YOK                   |
|                | 9,45       | 35    | 9,60     | SM           | 18,4                               | 173,88        | 173,88         | 0,86  | 0,31 | 35,00           | 0,76  | 0,95  | 18,91             | 0,10     | 0,37      | 1,18         | RİSKLİ                |



Şekil 4.53 Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-03 sıvılaşma analiz grafiği

SK-03 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

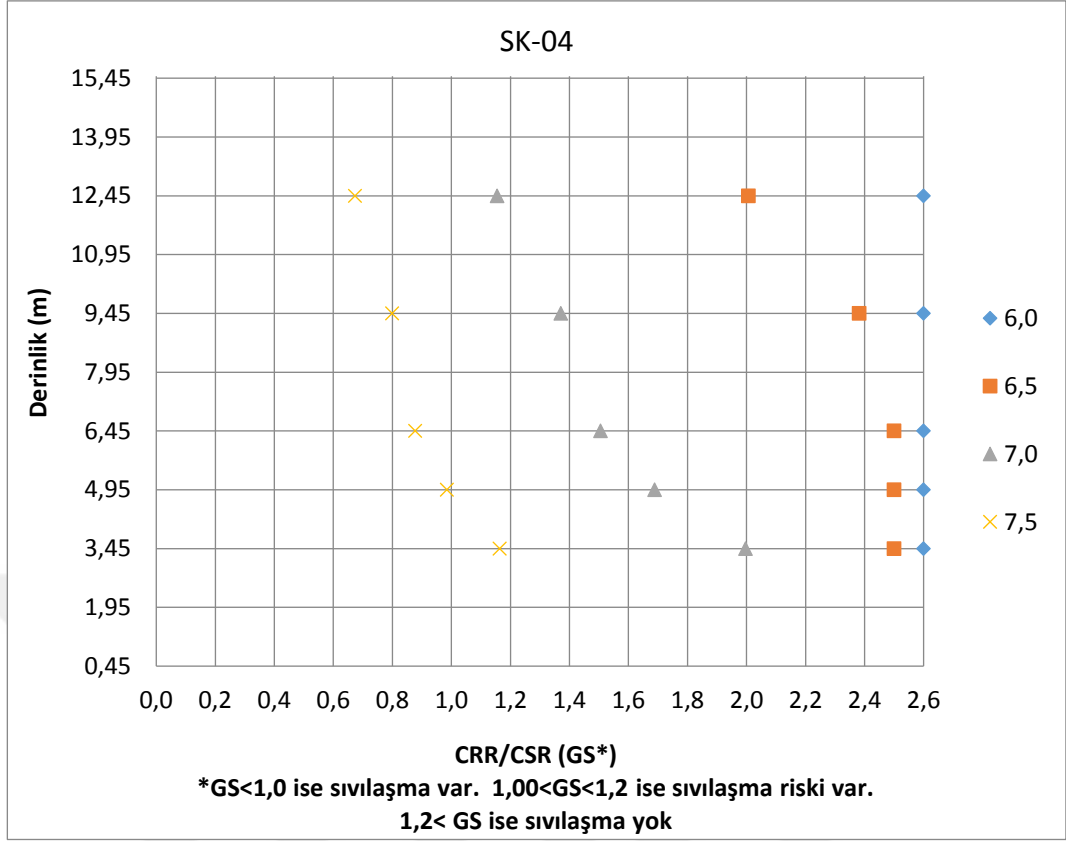
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 9,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.54** Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-04 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $I_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_r$ | $(N_1)_{60}$ | $d_{50}$ | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------|----------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-04          | 3,45       | 23    | 2,70     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 56,33          | 0,95  | 0,13 | 19,00           | 1,33  | 0,95  | 18,04        | 0,10     | 0,81      | 6,12         | YOK                   |
|                | 4,95       | 25    | 2,70     | SC           | 18,5                               | 91,58         | 69,08          | 0,93  | 0,15 | 20,00           | 1,20  | 1,00  | 18,05        | 0,10     | 0,78      | 5,18         | YOK                   |
|                | 6,45       | 27    | 2,70     | SC           | 18,5                               | 119,33        | 81,83          | 0,90  | 0,16 | 21,00           | 1,11  | 1,00  | 17,41        | 0,10     | 0,75      | 4,61         | YOK                   |
|                | 9,45       | 36    | 2,70     | SM           | 18,5                               | 174,83        | 107,33         | 0,86  | 0,17 | 25,50           | 0,97  | 1,00  | 18,46        | 0,10     | 0,72      | 4,20         | YOK                   |
|                | 12,45      | 25    | 2,70     | SC           | 18,5                               | 230,33        | 132,83         | 0,81  | 0,17 | 20,00           | 0,87  | 1,00  | 13,02        | 0,10     | 0,61      | 3,54         | YOK                   |
| SK-04          | 3,45       | 23    | 2,70     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 56,33          | 0,95  | 0,19 | 19,00           | 1,33  | 0,95  | 18,04        | 0,10     | 0,66      | 3,47         | YOK                   |
|                | 4,95       | 25    | 2,70     | SC           | 18,5                               | 91,58         | 69,08          | 0,93  | 0,22 | 20,00           | 1,20  | 1,00  | 18,05        | 0,10     | 0,63      | 2,93         | YOK                   |
|                | 6,45       | 27    | 2,70     | SC           | 18,5                               | 119,33        | 81,83          | 0,90  | 0,23 | 21,00           | 1,11  | 1,00  | 17,41        | 0,10     | 0,61      | 2,62         | YOK                   |
|                | 9,45       | 36    | 2,70     | SM           | 18,5                               | 174,83        | 107,33         | 0,86  | 0,25 | 25,50           | 0,97  | 1,00  | 18,46        | 0,10     | 0,59      | 2,38         | YOK                   |
|                | 12,45      | 25    | 2,70     | SC           | 18,5                               | 230,33        | 132,83         | 0,81  | 0,25 | 20,00           | 0,87  | 1,00  | 13,02        | 0,10     | 0,50      | 2,01         | YOK                   |
| SK-04          | 3,45       | 23    | 2,70     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 56,33          | 0,95  | 0,27 | 19,00           | 1,33  | 0,95  | 18,04        | 0,10     | 0,54      | 2,00         | YOK                   |
|                | 4,95       | 25    | 2,70     | SC           | 18,5                               | 91,58         | 69,08          | 0,93  | 0,31 | 20,00           | 1,20  | 1,00  | 18,05        | 0,10     | 0,52      | 1,69         | YOK                   |
|                | 6,45       | 27    | 2,70     | SC           | 18,5                               | 119,33        | 81,83          | 0,90  | 0,33 | 21,00           | 1,11  | 1,00  | 17,41        | 0,10     | 0,50      | 1,50         | YOK                   |
|                | 9,45       | 36    | 2,70     | SM           | 18,5                               | 174,83        | 107,33         | 0,86  | 0,35 | 25,50           | 0,97  | 1,00  | 18,46        | 0,10     | 0,49      | 1,37         | YOK                   |
|                | 12,45      | 25    | 2,70     | SC           | 18,5                               | 230,33        | 132,83         | 0,81  | 0,36 | 20,00           | 0,87  | 1,00  | 13,02        | 0,10     | 0,41      | 1,15         | RİSKLİ                |
| SK-04          | 3,45       | 23    | 2,70     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 56,33          | 0,95  | 0,39 | 19,00           | 1,33  | 0,95  | 18,04        | 0,10     | 0,46      | 1,16         | RİSKLİ                |
|                | 4,95       | 25    | 2,70     | SC           | 18,5                               | 91,58         | 69,08          | 0,93  | 0,45 | 20,00           | 1,20  | 1,00  | 18,05        | 0,10     | 0,44      | 0,98         | VAR                   |
|                | 6,45       | 27    | 2,70     | SC           | 18,5                               | 119,33        | 81,83          | 0,90  | 0,48 | 21,00           | 1,11  | 1,00  | 17,41        | 0,10     | 0,42      | 0,88         | VAR                   |
|                | 9,45       | 36    | 2,70     | SM           | 18,5                               | 174,83        | 107,33         | 0,86  | 0,51 | 25,50           | 0,97  | 1,00  | 18,46        | 0,10     | 0,41      | 0,80         | VAR                   |
|                | 12,45      | 25    | 2,70     | SC           | 18,5                               | 230,33        | 132,83         | 0,81  | 0,51 | 20,00           | 0,87  | 1,00  | 13,02        | 0,10     | 0,35      | 0,67         | VAR                   |



**Şekil 4.54** Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-04 sıvılaşma analiz grafiği

SK-04 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

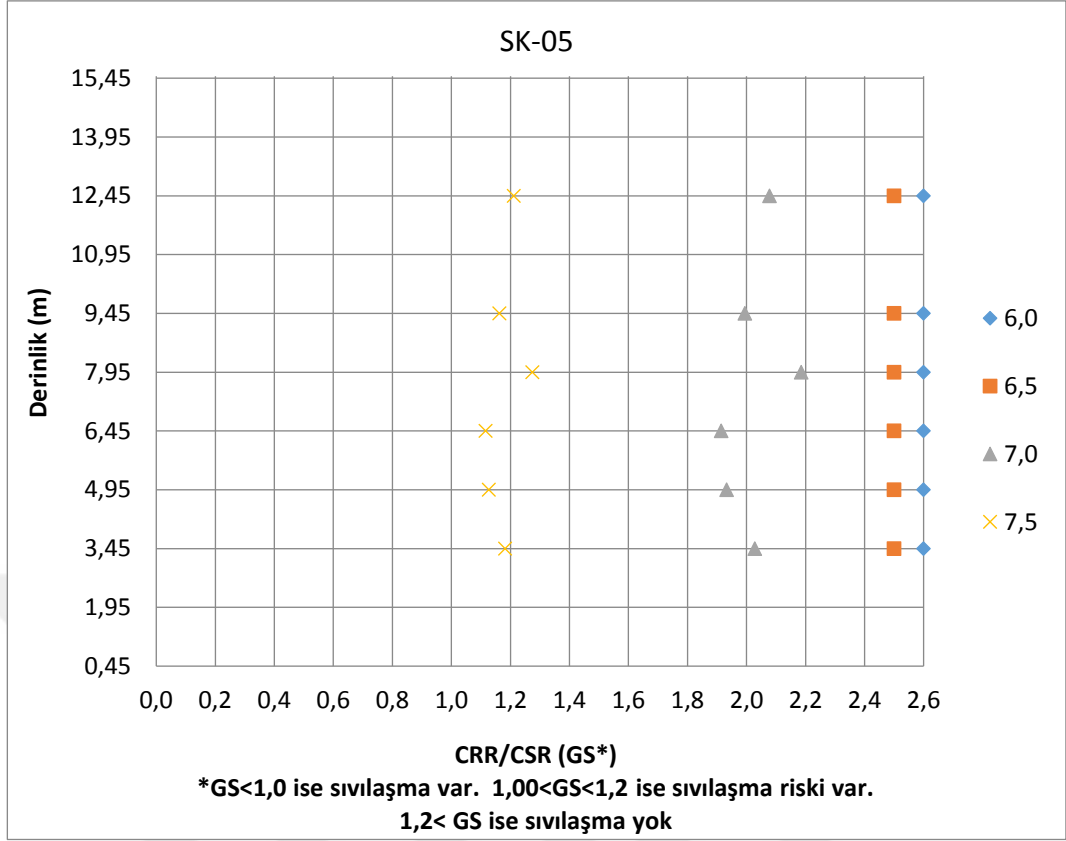
7,00 şiddetindeki depremde 12,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 3,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.55 Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-05 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | (N) <sub>60</sub> | $d_{50}$ | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|-------------------|----------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-05          | 3,45       | 20    | 10,00    | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,12 | 20,00           | 1,25  | 0,75  | 14,08             | 0,10     | 0,72      | 6,22         | YOK                   |
|                | 4,95       | 22    | 10,00    | ML           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,11 | 22,00           | 1,04  | 0,80  | 13,79             | 0,10     | 0,67      | 5,93         | YOK                   |
|                | 6,45       | 25    | 10,00    | ML           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,11 | 25,00           | 0,92  | 0,85  | 14,59             | 0,10     | 0,65      | 5,87         | YOK                   |
|                | 7,95       | 39    | 10,00    | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,11 | 39,00           | 0,82  | 0,95  | 22,91             | 0,10     | 0,72      | 6,70         | YOK                   |
|                | 9,45       | 34    | 10,00    | SM           | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,11 | 34,00           | 0,76  | 0,95  | 18,32             | 0,10     | 0,64      | 6,12         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 10,00    | SM           | 18,5                               | 230,33        | 205,83         | 0,81  | 0,11 | 57,50           | 0,68  | 0,95  | 27,66             | 0,10     | 0,71      | 6,37         | YOK                   |
| SK-05          | 3,45       | 20    | 10,00    | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,17 | 20,00           | 1,25  | 0,75  | 14,08             | 0,10     | 0,59      | 3,52         | YOK                   |
|                | 4,95       | 22    | 10,00    | ML           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,16 | 22,00           | 1,04  | 0,80  | 13,79             | 0,10     | 0,55      | 3,36         | YOK                   |
|                | 6,45       | 25    | 10,00    | ML           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,16 | 25,00           | 0,92  | 0,85  | 14,59             | 0,10     | 0,53      | 3,33         | YOK                   |
|                | 7,95       | 39    | 10,00    | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,16 | 39,00           | 0,82  | 0,95  | 22,91             | 0,10     | 0,59      | 3,80         | YOK                   |
|                | 9,45       | 34    | 10,00    | SM           | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,15 | 34,00           | 0,76  | 0,95  | 18,32             | 0,10     | 0,52      | 3,47         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 10,00    | SM           | 18,5                               | 230,33        | 205,83         | 0,81  | 0,16 | 57,50           | 0,68  | 0,95  | 27,66             | 0,10     | 0,58      | 3,61         | YOK                   |
| SK-05          | 3,45       | 20    | 10,00    | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,24 | 20,00           | 1,25  | 0,75  | 14,08             | 0,10     | 0,49      | 2,03         | YOK                   |
|                | 4,95       | 22    | 10,00    | ML           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,23 | 22,00           | 1,04  | 0,80  | 13,79             | 0,10     | 0,45      | 1,93         | YOK                   |
|                | 6,45       | 25    | 10,00    | ML           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,23 | 25,00           | 0,92  | 0,85  | 14,59             | 0,10     | 0,44      | 1,91         | YOK                   |
|                | 7,95       | 39    | 10,00    | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,22 | 39,00           | 0,82  | 0,95  | 22,91             | 0,10     | 0,49      | 2,19         | YOK                   |
|                | 9,45       | 34    | 10,00    | SM           | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,22 | 34,00           | 0,76  | 0,95  | 18,32             | 0,10     | 0,43      | 1,99         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 10,00    | SM           | 18,5                               | 230,33        | 205,83         | 0,81  | 0,23 | 57,50           | 0,68  | 0,95  | 27,66             | 0,10     | 0,48      | 2,08         | YOK                   |
| SK-05          | 3,45       | 20    | 10,00    | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,35 | 20,00           | 1,25  | 0,75  | 14,08             | 0,10     | 0,41      | 1,18         | RİSKLİ                |
|                | 4,95       | 22    | 10,00    | ML           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,34 | 22,00           | 1,04  | 0,80  | 13,79             | 0,10     | 0,38      | 1,13         | RİSKLİ                |
|                | 6,45       | 25    | 10,00    | ML           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,33 | 25,00           | 0,92  | 0,85  | 14,59             | 0,10     | 0,37      | 1,12         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 39    | 10,00    | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,32 | 39,00           | 0,82  | 0,95  | 22,91             | 0,10     | 0,41      | 1,27         | YOK                   |
|                | 9,45       | 34    | 10,00    | SM           | 18,5                               | 174,83        | 174,83         | 0,86  | 0,31 | 34,00           | 0,76  | 0,95  | 18,32             | 0,10     | 0,36      | 1,16         | RİSKLİ                |
|                | 12,45      | 100   | 10,00    | SM           | 18,5                               | 230,33        | 205,83         | 0,81  | 0,33 | 57,50           | 0,68  | 0,95  | 27,66             | 0,10     | 0,40      | 1,21         | YOK                   |





**Şekil 4.55** Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-05 sınıvlaşma analiz grafiği

SK-05 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sınıvlaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

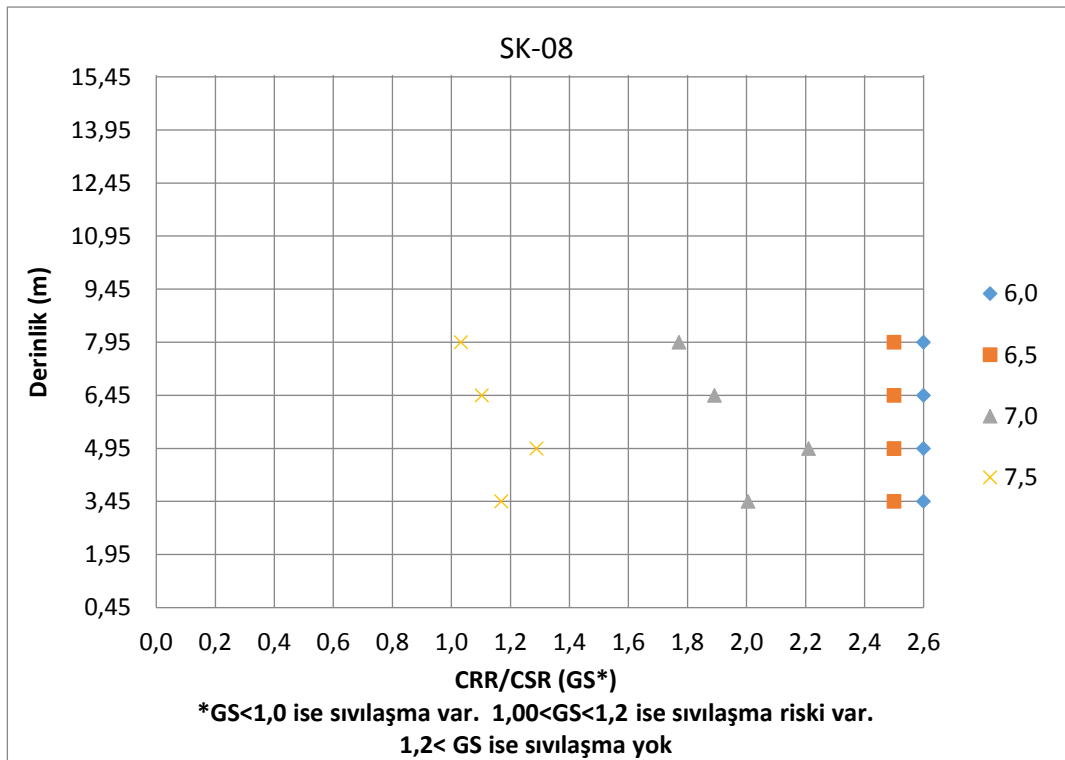
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 7,95 m, 12,45 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00-1,20 arasında olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.56 Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-08 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub> | d <sub>50</sub> | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|-----------------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-08          | 3,45       | 19    | 11,50    | ML           | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,12 | 19,00           | 1,25           | 1,00           | 17,79                           | 0,15            | 0,71      | 6,15         | YOK                   |
|                | 4,95       | 33    | 11,50    | SC           | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,11 | 33,00           | 1,04           | 1,00           | 25,79                           | 0,15            | 0,77      | 6,78         | YOK                   |
|                | 6,45       | 28    | 11,50    | SC           | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,90  | 0,11 | 28,00           | 0,91           | 1,00           | 19,17                           | 0,15            | 0,64      | 5,80         | YOK                   |
|                | 7,95       | 28    | 11,50    | SC           | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,11 | 28,00           | 0,82           | 1,00           | 17,27                           | 0,15            | 0,59      | 5,43         | YOK                   |
| SK-08          | 3,45       | 19    | 11,50    | ML           | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,17 | 19,00           | 1,25           | 1,00           | 17,79                           | 0,15            | 0,58      | 3,48         | YOK                   |
|                | 4,95       | 33    | 11,50    | SC           | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,16 | 33,00           | 1,04           | 1,00           | 25,79                           | 0,15            | 0,63      | 3,84         | YOK                   |
|                | 6,45       | 28    | 11,50    | SC           | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,90  | 0,16 | 28,00           | 0,91           | 1,00           | 19,17                           | 0,15            | 0,52      | 3,29         | YOK                   |
|                | 7,95       | 28    | 11,50    | SC           | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,16 | 28,00           | 0,82           | 1,00           | 17,27                           | 0,15            | 0,48      | 3,08         | YOK                   |
| SK-08          | 3,45       | 19    | 11,50    | ML           | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,24 | 19,00           | 1,25           | 1,00           | 17,79                           | 0,15            | 0,48      | 2,01         | YOK                   |
|                | 4,95       | 33    | 11,50    | SC           | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,23 | 33,00           | 1,04           | 1,00           | 25,79                           | 0,15            | 0,52      | 2,21         | YOK                   |
|                | 6,45       | 28    | 11,50    | SC           | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,90  | 0,23 | 28,00           | 0,91           | 1,00           | 19,17                           | 0,15            | 0,43      | 1,89         | YOK                   |
|                | 7,95       | 28    | 11,50    | SC           | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,22 | 28,00           | 0,82           | 1,00           | 17,27                           | 0,15            | 0,39      | 1,77         | YOK                   |
| SK-08          | 3,45       | 19    | 11,50    | ML           | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,35 | 19,00           | 1,25           | 1,00           | 17,79                           | 0,15            | 0,40      | 1,17         | RİSKLİ                |
|                | 4,95       | 33    | 11,50    | SC           | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,34 | 33,00           | 1,04           | 1,00           | 25,79                           | 0,15            | 0,43      | 1,29         | YOK                   |
|                | 6,45       | 28    | 11,50    | SC           | 18,6                               | 119,97        | 119,97         | 0,90  | 0,33 | 28,00           | 0,91           | 1,00           | 19,17                           | 0,15            | 0,36      | 1,10         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 28    | 11,50    | SC           | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,32 | 28,00           | 0,82           | 1,00           | 17,27                           | 0,15            | 0,33      | 1,03         | RİSKLİ                |



Şekil 4.56 Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-08 sıvılaşma analiz grafiği

SK-08 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

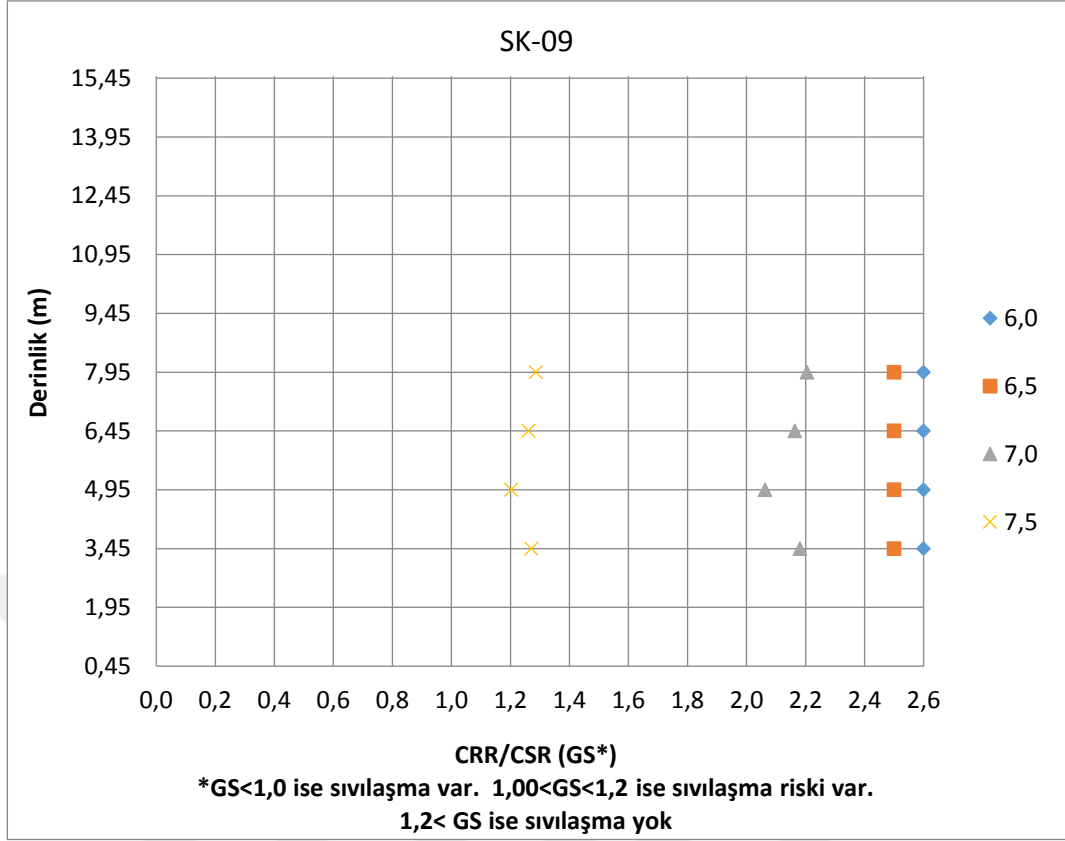
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 4,95 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00-1,20 arasında olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.57** Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-09 analiz sonuçları

| Deprem Şiddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $I_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | (N) <sub>60</sub> | $d_{50}$ | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|-------------------|----------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-09          | 3,45       | 23    | 12,00    | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,12 | 23,00           | 1,25  | 0,80  | 17,27             | 0,10     | 0,78      | 6,69         | YOK                   |
|                | 4,95       | 25    | 12,00    | SC           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,11 | 25,00           | 1,04  | 0,85  | 16,65             | 0,10     | 0,72      | 6,32         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 12,00    | SM           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,11 | 32,00           | 0,92  | 0,95  | 20,87             | 0,10     | 0,73      | 6,64         | YOK                   |
|                | 7,95       | 40    | 12,00    | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,11 | 40,00           | 0,82  | 0,95  | 23,50             | 0,10     | 0,73      | 6,76         | YOK                   |
| SK-09          | 3,45       | 23    | 12,00    | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,17 | 23,00           | 1,25  | 0,80  | 17,27             | 0,10     | 0,63      | 3,79         | YOK                   |
|                | 4,95       | 25    | 12,00    | SC           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,16 | 25,00           | 1,04  | 0,85  | 16,65             | 0,10     | 0,58      | 3,58         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 12,00    | SM           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,16 | 32,00           | 0,92  | 0,95  | 20,87             | 0,10     | 0,60      | 3,76         | YOK                   |
|                | 7,95       | 40    | 12,00    | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,16 | 40,00           | 0,82  | 0,95  | 23,50             | 0,10     | 0,59      | 3,83         | YOK                   |
| SK-09          | 3,45       | 23    | 12,00    | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,24 | 23,00           | 1,25  | 0,80  | 17,27             | 0,10     | 0,52      | 2,18         | YOK                   |
|                | 4,95       | 25    | 12,00    | SC           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,23 | 25,00           | 1,04  | 0,85  | 16,65             | 0,10     | 0,48      | 2,06         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 12,00    | SM           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,23 | 32,00           | 0,92  | 0,95  | 20,87             | 0,10     | 0,50      | 2,16         | YOK                   |
|                | 7,95       | 40    | 12,00    | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,22 | 40,00           | 0,82  | 0,95  | 23,50             | 0,10     | 0,49      | 2,21         | YOK                   |
| SK-09          | 3,45       | 23    | 12,00    | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,35 | 23,00           | 1,25  | 0,80  | 17,27             | 0,10     | 0,44      | 1,27         | YOK                   |
|                | 4,95       | 25    | 12,00    | SC           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,34 | 25,00           | 1,04  | 0,85  | 16,65             | 0,10     | 0,41      | 1,20         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 12,00    | SM           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,33 | 32,00           | 0,92  | 0,95  | 20,87             | 0,10     | 0,42      | 1,26         | YOK                   |
|                | 7,95       | 40    | 12,00    | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,32 | 40,00           | 0,82  | 0,95  | 23,50             | 0,10     | 0,41      | 1,29         | YOK                   |



**Şekil 4.57** Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-09 sıvılaşma analiz grafiği

SK-09 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

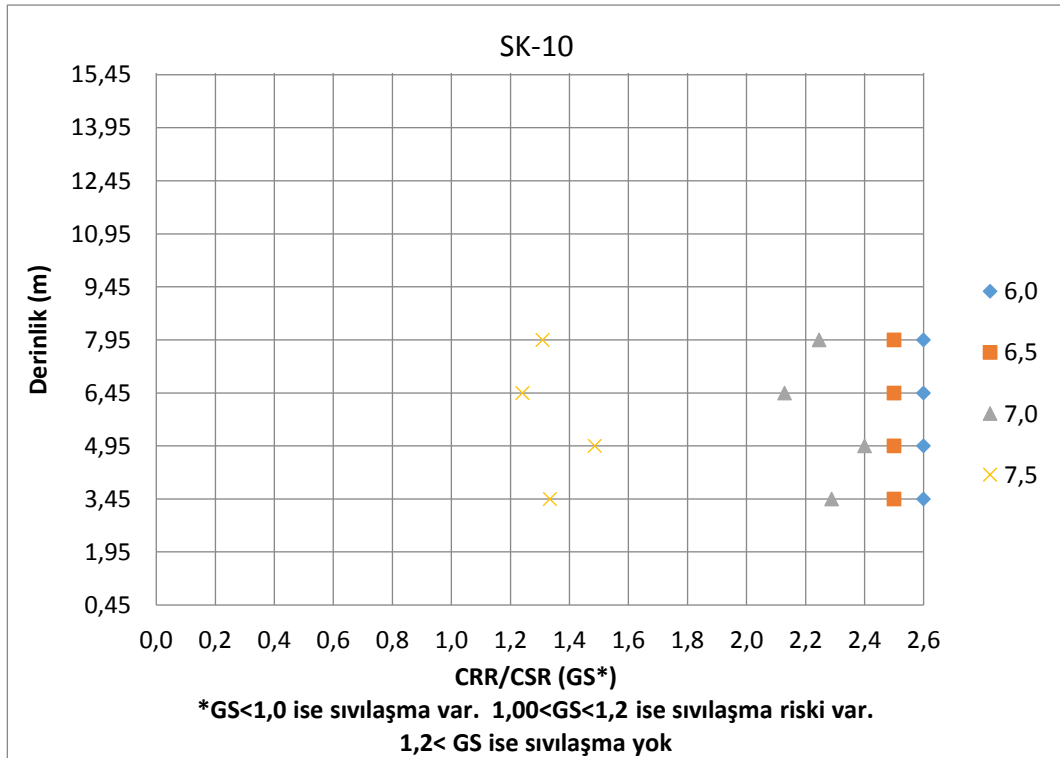
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.58 Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-10 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub> | d <sub>50</sub> | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|-----------------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-10          | 3,45       | 21    | 9,00     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,12 | 21,00           | 1,25           | 1,00           | 19,71                           | 0,10            | 0,82      | 7,02         | YOK                   |
|                | 4,95       | 38    | 9,00     | SM           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,11 | 38,00           | 1,04           | 1,00           | 29,78                           | 0,10            | 0,89      | 7,81         | YOK                   |
|                | 6,45       | 29    | 9,00     | SM           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,11 | 29,00           | 0,92           | 1,00           | 19,91                           | 0,10            | 0,72      | 6,53         | YOK                   |
|                | 7,95       | 40    | 9,00     | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,11 | 40,00           | 0,82           | 1,00           | 24,74                           | 0,10            | 0,74      | 6,89         | YOK                   |
| SK-10          | 3,45       | 21    | 9,00     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,17 | 21,00           | 1,25           | 1,00           | 19,71                           | 0,10            | 0,66      | 3,98         | YOK                   |
|                | 4,95       | 38    | 9,00     | SM           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,16 | 38,00           | 1,04           | 1,00           | 29,78                           | 0,10            | 0,72      | 4,43         | YOK                   |
|                | 6,45       | 29    | 9,00     | SM           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,16 | 29,00           | 0,92           | 1,00           | 19,91                           | 0,10            | 0,59      | 3,70         | YOK                   |
|                | 7,95       | 40    | 9,00     | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,16 | 40,00           | 0,82           | 1,00           | 24,74                           | 0,10            | 0,61      | 3,90         | YOK                   |
| SK-10          | 3,45       | 21    | 9,00     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,24 | 21,00           | 1,25           | 1,00           | 19,71                           | 0,10            | 0,55      | 2,29         | YOK                   |
|                | 4,95       | 38    | 9,00     | SM           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,23 | 38,00           | 1,04           | 1,00           | 29,78                           | 0,10            | 0,60      | 2,55         | YOK                   |
|                | 6,45       | 29    | 9,00     | SM           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,23 | 29,00           | 0,92           | 1,00           | 19,91                           | 0,10            | 0,49      | 2,13         | YOK                   |
|                | 7,95       | 40    | 9,00     | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,22 | 40,00           | 0,82           | 1,00           | 24,74                           | 0,10            | 0,50      | 2,25         | YOK                   |
| SK-10          | 3,45       | 21    | 9,00     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,35 | 21,00           | 1,25           | 1,00           | 19,71                           | 0,10            | 0,46      | 1,33         | YOK                   |
|                | 4,95       | 38    | 9,00     | SM           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,34 | 38,00           | 1,04           | 1,00           | 29,78                           | 0,10            | 0,50      | 1,49         | YOK                   |
|                | 6,45       | 29    | 9,00     | SM           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,33 | 29,00           | 0,92           | 1,00           | 19,91                           | 0,10            | 0,41      | 1,24         | YOK                   |
|                | 7,95       | 40    | 9,00     | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,32 | 40,00           | 0,82           | 1,00           | 24,74                           | 0,10            | 0,42      | 1,31         | YOK                   |



Şekil 4.58 Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-10 sınıflama analiz grafiği

SK-10 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

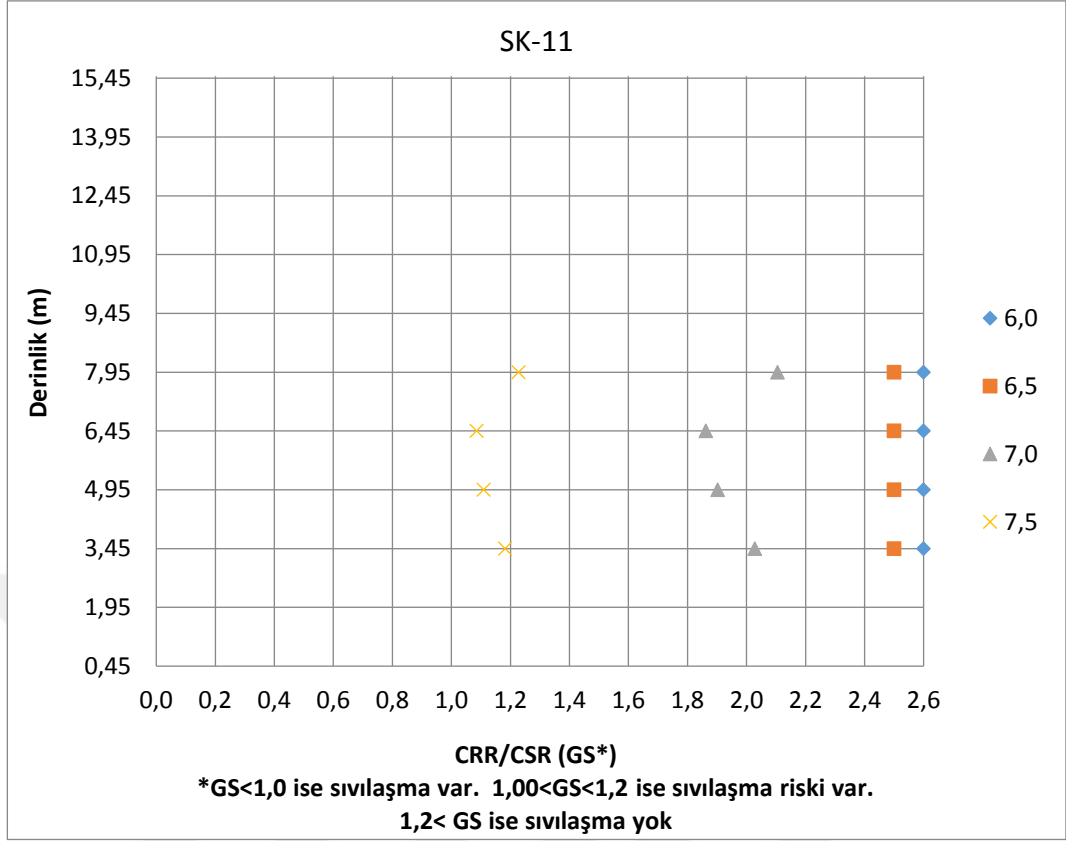
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.59** Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-11 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | $(N_1)_{60}$ | $d_{50}$ | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------|----------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-11          | 3,45       | 20    | 10,50    | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,12 | 20,00           | 1,25  | 0,75  | 14,08        | 0,10     | 0,72      | 6,22         | YOK                   |
|                | 4,95       | 21    | 10,50    | SC           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,11 | 21,00           | 1,04  | 0,80  | 13,17        | 0,10     | 0,66      | 5,83         | YOK                   |
|                | 6,45       | 23    | 10,50    | SC           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,11 | 23,00           | 0,92  | 0,85  | 13,42        | 0,10     | 0,63      | 5,71         | YOK                   |
|                | 7,95       | 35    | 10,50    | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,11 | 35,00           | 0,82  | 0,95  | 20,56        | 0,10     | 0,70      | 6,46         | YOK                   |
| SK-11          | 3,45       | 20    | 10,50    | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,17 | 20,00           | 1,25  | 0,75  | 14,08        | 0,10     | 0,59      | 3,52         | YOK                   |
|                | 4,95       | 21    | 10,50    | SC           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,16 | 21,00           | 1,04  | 0,80  | 13,17        | 0,10     | 0,54      | 3,31         | YOK                   |
|                | 6,45       | 23    | 10,50    | SC           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,16 | 23,00           | 0,92  | 0,85  | 13,42        | 0,10     | 0,52      | 3,24         | YOK                   |
|                | 7,95       | 35    | 10,50    | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,16 | 35,00           | 0,82  | 0,95  | 20,56        | 0,10     | 0,57      | 3,66         | YOK                   |
| SK-11          | 3,45       | 20    | 10,50    | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,24 | 20,00           | 1,25  | 0,75  | 14,08        | 0,10     | 0,49      | 2,03         | YOK                   |
|                | 4,95       | 21    | 10,50    | SC           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,23 | 21,00           | 1,04  | 0,80  | 13,17        | 0,10     | 0,45      | 1,90         | YOK                   |
|                | 6,45       | 23    | 10,50    | SC           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,23 | 23,00           | 0,92  | 0,85  | 13,42        | 0,10     | 0,43      | 1,86         | YOK                   |
|                | 7,95       | 35    | 10,50    | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,22 | 35,00           | 0,82  | 0,95  | 20,56        | 0,10     | 0,47      | 2,11         | YOK                   |
| SK-11          | 3,45       | 20    | 10,50    | ML           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,35 | 20,00           | 1,25  | 0,75  | 14,08        | 0,10     | 0,41      | 1,18         | RİSKLİ                |
|                | 4,95       | 21    | 10,50    | SC           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,34 | 21,00           | 1,04  | 0,80  | 13,17        | 0,10     | 0,37      | 1,11         | RİSKLİ                |
|                | 6,45       | 23    | 10,50    | SC           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,33 | 23,00           | 0,92  | 0,85  | 13,42        | 0,10     | 0,36      | 1,09         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 35    | 10,50    | SM           | 18,5                               | 147,08        | 147,08         | 0,88  | 0,32 | 35,00           | 0,82  | 0,95  | 20,56        | 0,10     | 0,39      | 1,23         | YOK                   |



**Şekil 4.59** Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-11 sınıvlaşma analiz grafiği

SK-11 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sınıvlaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

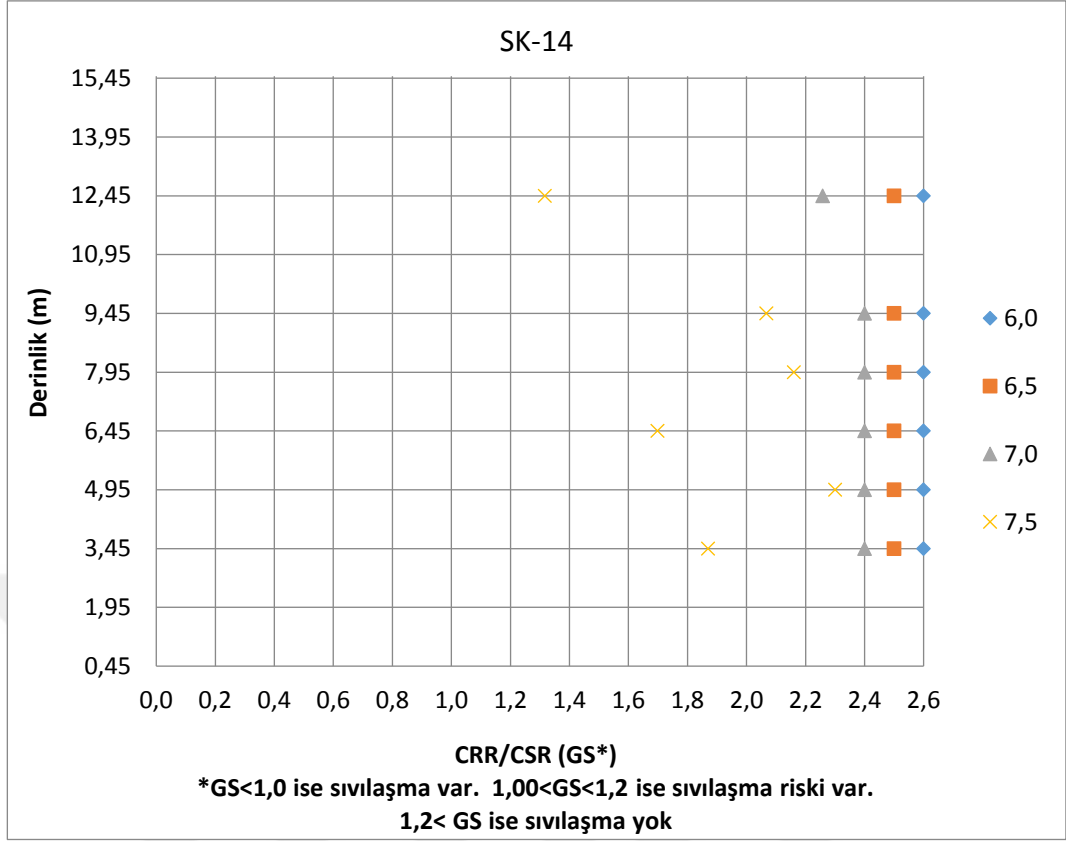
7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 7,95 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00-1,20 arasında olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.60 Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-14 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | (N) <sub>60</sub> | $d_{50}$ | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sivileşme Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|-------------------|----------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-14          | 3,45       | 35    | 10,00    | SM           | 17,8                               | 61,41         | 61,41          | 0,95  | 0,12 | 35,00           | 1,28  | 0,95  | 31,82             | 0,04     | 1,14      | 9,83         | YOK                   |
|                | 4,95       | 100   | 10,00    | GM           | 17,8                               | 88,11         | 88,11          | 0,93  | 0,11 | 100,00          | 1,07  | 0,95  | 75,91             | 0,04     | 1,46      | 12,83        | YOK                   |
|                | 6,45       | 43    | 10,00    | GM           | 17,8                               | 114,81        | 114,81         | 0,90  | 0,11 | 43,00           | 0,93  | 0,95  | 28,59             | 0,04     | 0,99      | 8,93         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 10,00    | SP           | 17,8                               | 141,51        | 141,51         | 0,88  | 0,11 | 100,00          | 0,84  | 1,00  | 63,05             | 0,04     | 1,23      | 11,37        | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 10,00    | SM           | 17,8                               | 168,21        | 168,21         | 0,86  | 0,11 | 100,00          | 0,77  | 1,00  | 57,83             | 0,04     | 1,14      | 10,87        | YOK                   |
|                | 12,45      | 51    | 10,00    | GW-GM        | 17,8                               | 221,61        | 197,11         | 0,81  | 0,11 | 33,00           | 0,71  | 1,00  | 17,63             | 0,04     | 0,78      | 6,92         | YOK                   |
| SK-14          | 3,45       | 35    | 10,00    | SM           | 17,8                               | 61,41         | 61,41          | 0,95  | 0,17 | 35,00           | 1,28  | 0,95  | 31,82             | 0,04     | 0,93      | 5,57         | YOK                   |
|                | 4,95       | 100   | 10,00    | GM           | 17,8                               | 88,11         | 88,11          | 0,93  | 0,16 | 100,00          | 1,07  | 0,95  | 75,91             | 0,04     | 1,19      | 7,27         | YOK                   |
|                | 6,45       | 43    | 10,00    | GM           | 17,8                               | 114,81        | 114,81         | 0,90  | 0,16 | 43,00           | 0,93  | 0,95  | 28,59             | 0,04     | 0,81      | 5,06         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 10,00    | SP           | 17,8                               | 141,51        | 141,51         | 0,88  | 0,16 | 100,00          | 0,84  | 1,00  | 63,05             | 0,04     | 1,00      | 6,44         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 10,00    | SM           | 17,8                               | 168,21        | 168,21         | 0,86  | 0,15 | 100,00          | 0,77  | 1,00  | 57,83             | 0,04     | 0,93      | 6,16         | YOK                   |
|                | 12,45      | 51    | 10,00    | GW-GM        | 17,8                               | 221,61        | 197,11         | 0,81  | 0,16 | 33,00           | 0,71  | 1,00  | 17,63             | 0,04     | 0,63      | 3,92         | YOK                   |
| SK-14          | 3,45       | 35    | 10,00    | SM           | 17,8                               | 61,41         | 61,41          | 0,95  | 0,24 | 35,00           | 1,28  | 0,95  | 31,82             | 0,04     | 0,77      | 3,21         | YOK                   |
|                | 4,95       | 100   | 10,00    | GM           | 17,8                               | 88,11         | 88,11          | 0,93  | 0,23 | 100,00          | 1,07  | 0,95  | 75,91             | 0,04     | 0,98      | 4,19         | YOK                   |
|                | 6,45       | 43    | 10,00    | GM           | 17,8                               | 114,81        | 114,81         | 0,90  | 0,23 | 43,00           | 0,93  | 0,95  | 28,59             | 0,04     | 0,67      | 2,91         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 10,00    | SP           | 17,8                               | 141,51        | 141,51         | 0,88  | 0,22 | 100,00          | 0,84  | 1,00  | 63,05             | 0,04     | 0,83      | 3,71         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 10,00    | SM           | 17,8                               | 168,21        | 168,21         | 0,86  | 0,22 | 100,00          | 0,77  | 1,00  | 57,83             | 0,04     | 0,77      | 3,55         | YOK                   |
|                | 12,45      | 51    | 10,00    | GW-GM        | 17,8                               | 221,61        | 197,11         | 0,81  | 0,23 | 33,00           | 0,71  | 1,00  | 17,63             | 0,04     | 0,52      | 2,26         | YOK                   |
| SK-14          | 3,45       | 35    | 10,00    | SM           | 17,8                               | 61,41         | 61,41          | 0,95  | 0,35 | 35,00           | 1,28  | 0,95  | 31,82             | 0,04     | 0,65      | 1,87         | YOK                   |
|                | 4,95       | 100   | 10,00    | GM           | 17,8                               | 88,11         | 88,11          | 0,93  | 0,34 | 100,00          | 1,07  | 0,95  | 75,91             | 0,04     | 0,82      | 2,44         | YOK                   |
|                | 6,45       | 43    | 10,00    | GM           | 17,8                               | 114,81        | 114,81         | 0,90  | 0,33 | 43,00           | 0,93  | 0,95  | 28,59             | 0,04     | 0,56      | 1,70         | YOK                   |
|                | 7,95       | 100   | 10,00    | SP           | 17,8                               | 141,51        | 141,51         | 0,88  | 0,32 | 100,00          | 0,84  | 1,00  | 63,05             | 0,04     | 0,69      | 2,16         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 10,00    | SM           | 17,8                               | 168,21        | 168,21         | 0,86  | 0,31 | 100,00          | 0,77  | 1,00  | 57,83             | 0,04     | 0,65      | 2,07         | YOK                   |
|                | 12,45      | 51    | 10,00    | GW-GM        | 17,8                               | 221,61        | 197,11         | 0,81  | 0,33 | 33,00           | 0,71  | 1,00  | 17,63             | 0,04     | 0,44      | 1,32         | YOK                   |





**Şekil 4.60** Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-14 sınıvlaşma analiz grafiği

SK-14 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sınıvlaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

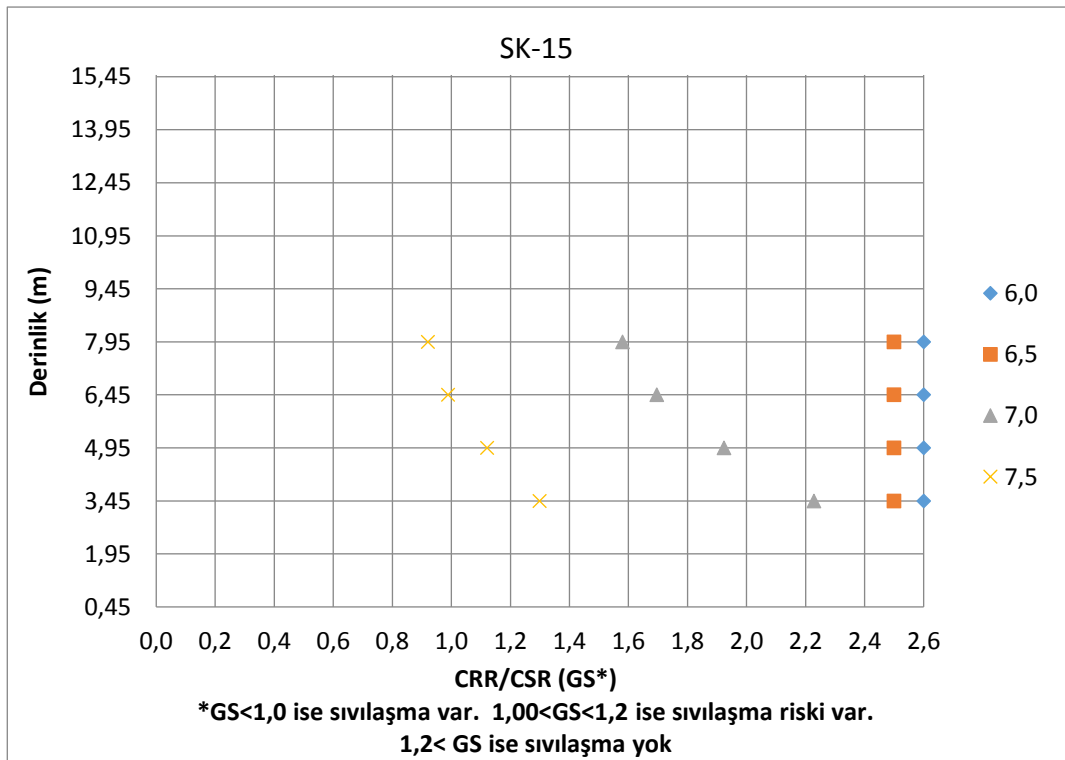
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.61 Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-15 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub> | d <sub>50</sub> | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|-----------------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-15          | 3,45       | 26    | 5,00     | ML           | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,12 | 26,00           | 1,26           | 0,75           | 18,36                           | 0,10            | 0,80      | 6,84         | YOK                   |
|                | 4,95       | 23    | 5,00     | ML           | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,93  | 0,11 | 23,00           | 1,05           | 0,75           | 13,56                           | 0,10            | 0,67      | 5,90         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 5,00     | SM           | 18,4                               | 118,68        | 104,18         | 0,90  | 0,13 | 23,50           | 0,98           | 0,80           | 13,81                           | 0,10            | 0,66      | 5,20         | YOK                   |
|                | 7,95       | 35    | 5,00     | SM           | 18,4                               | 146,28        | 116,78         | 0,88  | 0,14 | 25,00           | 0,93           | 0,85           | 14,75                           | 0,10            | 0,66      | 4,84         | YOK                   |
| SK-15          | 3,45       | 26    | 5,00     | ML           | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,17 | 26,00           | 1,26           | 0,75           | 18,36                           | 0,10            | 0,65      | 3,87         | YOK                   |
|                | 4,95       | 23    | 5,00     | ML           | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,93  | 0,16 | 23,00           | 1,05           | 0,75           | 13,56                           | 0,10            | 0,55      | 3,34         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 5,00     | SM           | 18,4                               | 118,68        | 104,18         | 0,90  | 0,18 | 23,50           | 0,98           | 0,80           | 13,81                           | 0,10            | 0,53      | 2,95         | YOK                   |
|                | 7,95       | 35    | 5,00     | SM           | 18,4                               | 146,28        | 116,78         | 0,88  | 0,19 | 25,00           | 0,93           | 0,85           | 14,75                           | 0,10            | 0,53      | 2,75         | YOK                   |
| SK-15          | 3,45       | 26    | 5,00     | ML           | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,24 | 26,00           | 1,26           | 0,75           | 18,36                           | 0,10            | 0,54      | 2,23         | YOK                   |
|                | 4,95       | 23    | 5,00     | ML           | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,93  | 0,23 | 23,00           | 1,05           | 0,75           | 13,56                           | 0,10            | 0,45      | 1,92         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 5,00     | SM           | 18,4                               | 118,68        | 104,18         | 0,90  | 0,26 | 23,50           | 0,98           | 0,80           | 13,81                           | 0,10            | 0,44      | 1,70         | YOK                   |
|                | 7,95       | 35    | 5,00     | SM           | 18,4                               | 146,28        | 116,78         | 0,88  | 0,28 | 25,00           | 0,93           | 0,85           | 14,75                           | 0,10            | 0,44      | 1,58         | YOK                   |
| SK-15          | 3,45       | 26    | 5,00     | ML           | 18,4                               | 63,48         | 63,48          | 0,95  | 0,35 | 26,00           | 1,26           | 0,75           | 18,36                           | 0,10            | 0,45      | 1,30         | YOK                   |
|                | 4,95       | 23    | 5,00     | ML           | 18,4                               | 91,08         | 91,08          | 0,93  | 0,34 | 23,00           | 1,05           | 0,75           | 13,56                           | 0,10            | 0,38      | 1,12         | RİSKLİ                |
|                | 6,45       | 32    | 5,00     | SM           | 18,4                               | 118,68        | 104,18         | 0,90  | 0,37 | 23,50           | 0,98           | 0,80           | 13,81                           | 0,10            | 0,37      | 0,99         | VAR                   |
|                | 7,95       | 35    | 5,00     | SM           | 18,4                               | 146,28        | 116,78         | 0,88  | 0,40 | 25,00           | 0,93           | 0,85           | 14,75                           | 0,10            | 0,37      | 0,92         | VAR                   |



Şekil 4.61 Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-15 sınıflama analiz grafiği

SK-15 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

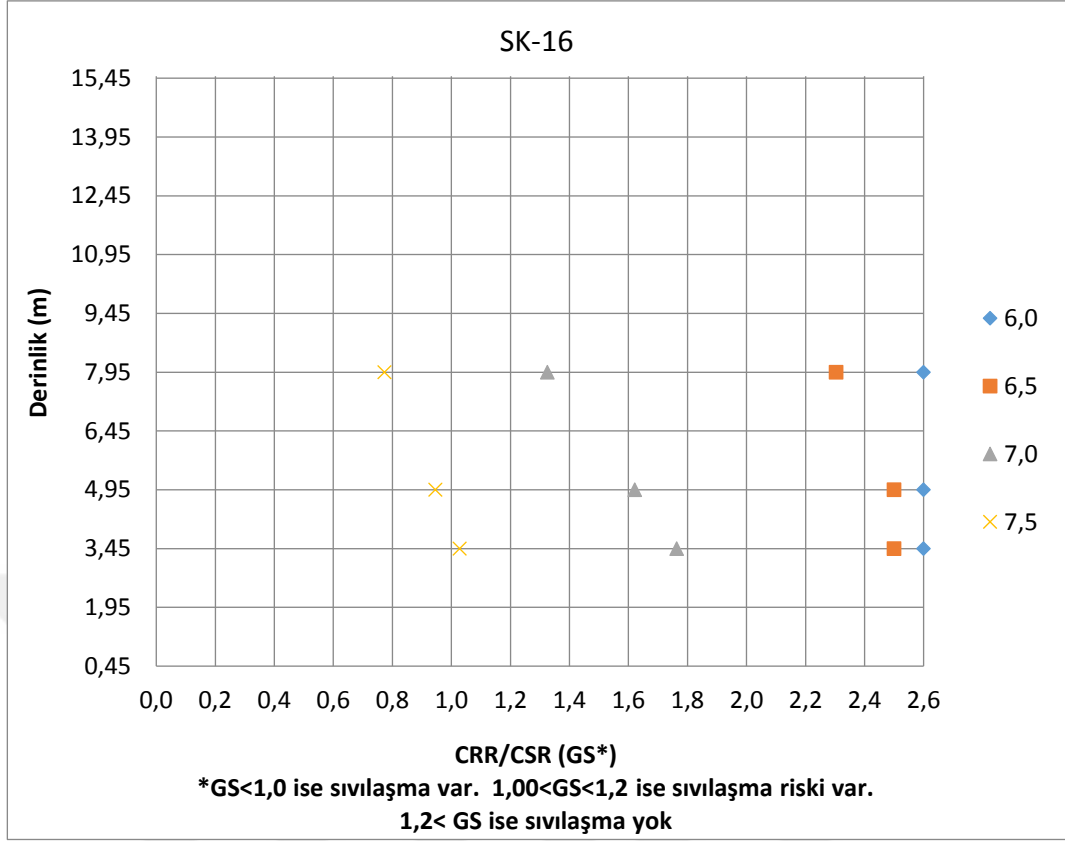
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 3,45 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu 4,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.62** Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-16 analiz sonuçları

| Deprem Şiddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | $(N_1)_{60}$ | $d_{50}$ | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------|----------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-16          | 3,45       | 17    | 2,20     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 51,33          | 0,95  | 0,14 | 16,00           | 1,40  | 0,95  | 15,91        | 0,10     | 0,78      | 5,41         | YOK                   |
|                | 4,95       | 28    | 2,20     | SC           | 18,5                               | 91,58         | 64,08          | 0,93  | 0,16 | 21,50           | 1,25  | 0,95  | 19,14        | 0,10     | 0,81      | 4,97         | YOK                   |
|                | 7,95       | 27    | 2,20     | SM           | 18,5                               | 147,08        | 89,58          | 0,88  | 0,18 | 21,00           | 1,06  | 1,00  | 16,64        | 0,10     | 0,72      | 4,06         | YOK                   |
| SK-16          | 3,45       | 17    | 2,20     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 51,33          | 0,95  | 0,21 | 16,00           | 1,40  | 0,95  | 15,91        | 0,10     | 0,64      | 3,07         | YOK                   |
|                | 4,95       | 28    | 2,20     | SC           | 18,5                               | 91,58         | 64,08          | 0,93  | 0,23 | 21,50           | 1,25  | 0,95  | 19,14        | 0,10     | 0,66      | 2,82         | YOK                   |
|                | 7,95       | 27    | 2,20     | SM           | 18,5                               | 147,08        | 89,58          | 0,88  | 0,25 | 21,00           | 1,06  | 1,00  | 16,64        | 0,10     | 0,59      | 2,30         | YOK                   |
| SK-16          | 3,45       | 17    | 2,20     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 51,33          | 0,95  | 0,30 | 16,00           | 1,40  | 0,95  | 15,91        | 0,10     | 0,53      | 1,76         | YOK                   |
|                | 4,95       | 28    | 2,20     | SC           | 18,5                               | 91,58         | 64,08          | 0,93  | 0,34 | 21,50           | 1,25  | 0,95  | 19,14        | 0,10     | 0,54      | 1,62         | YOK                   |
|                | 7,95       | 27    | 2,20     | SM           | 18,5                               | 147,08        | 89,58          | 0,88  | 0,37 | 21,00           | 1,06  | 1,00  | 16,64        | 0,10     | 0,49      | 1,33         | YOK                   |
| SK-16          | 3,45       | 17    | 2,20     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 51,33          | 0,95  | 0,43 | 16,00           | 1,40  | 0,95  | 15,91        | 0,10     | 0,44      | 1,03         | RİSKLİ                |
|                | 4,95       | 28    | 2,20     | SC           | 18,5                               | 91,58         | 64,08          | 0,93  | 0,48 | 21,50           | 1,25  | 0,95  | 19,14        | 0,10     | 0,46      | 0,95         | VAR                   |
|                | 7,95       | 27    | 2,20     | SM           | 18,5                               | 147,08        | 89,58          | 0,88  | 0,53 | 21,00           | 1,06  | 1,00  | 16,64        | 0,10     | 0,41      | 0,77         | VAR                   |



**Şekil 4.62** Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-16 sınıvlaşma analiz grafiği

SK-16 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sınıvlaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

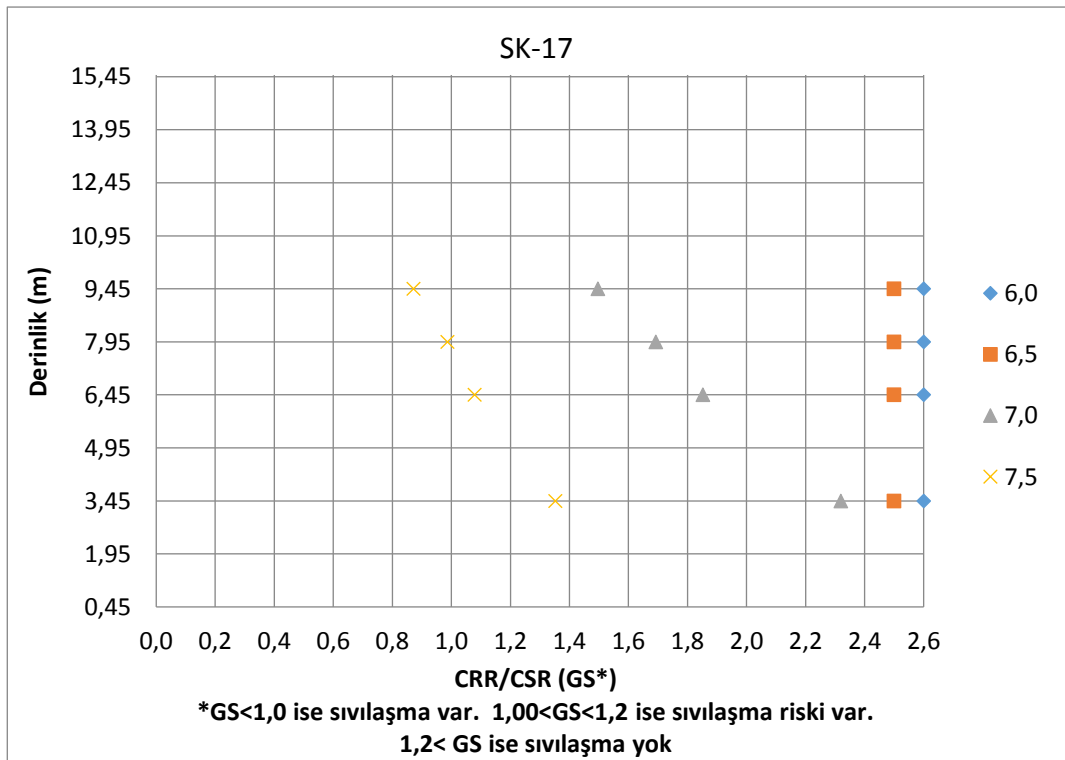
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 3,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.63 Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-17 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | $(N_1)_{60}$ | $d_{50}$ | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------|----------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-17          | 3,45       | 20    | 2,50     | SC           | 17,8                               | 61,41         | 51,91          | 0,95  | 0,14 | 17,50           | 1,39  | 1,00  | 18,22        | 0,04     | 0,98      | 7,11         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 2,50     | SM           | 17,8                               | 114,81        | 75,31          | 0,90  | 0,17 | 23,50           | 1,15  | 1,00  | 20,31        | 0,04     | 0,96      | 5,68         | YOK                   |
|                | 7,95       | 31    | 2,50     | SM           | 17,8                               | 141,51        | 87,01          | 0,88  | 0,18 | 23,00           | 1,07  | 1,00  | 18,49        | 0,04     | 0,91      | 5,19         | YOK                   |
|                | 9,45       | 34    | 2,50     | SM           | 17,8                               | 168,21        | 98,71          | 0,86  | 0,18 | 24,50           | 1,01  | 0,75  | 13,87        | 0,04     | 0,82      | 4,59         | YOK                   |
| SK-17          | 3,45       | 20    | 2,50     | SC           | 17,8                               | 61,41         | 51,91          | 0,95  | 0,20 | 17,50           | 1,39  | 1,00  | 18,22        | 0,04     | 0,80      | 4,03         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 2,50     | SM           | 17,8                               | 114,81        | 75,31          | 0,90  | 0,24 | 23,50           | 1,15  | 1,00  | 20,31        | 0,04     | 0,78      | 3,22         | YOK                   |
|                | 7,95       | 31    | 2,50     | SM           | 17,8                               | 141,51        | 87,01          | 0,88  | 0,25 | 23,00           | 1,07  | 1,00  | 18,49        | 0,04     | 0,74      | 2,94         | YOK                   |
|                | 9,45       | 34    | 2,50     | SM           | 17,8                               | 168,21        | 98,71          | 0,86  | 0,26 | 24,50           | 1,01  | 0,75  | 13,87        | 0,04     | 0,67      | 2,60         | YOK                   |
| SK-17          | 3,45       | 20    | 2,50     | SC           | 17,8                               | 61,41         | 51,91          | 0,95  | 0,28 | 17,50           | 1,39  | 1,00  | 18,22        | 0,04     | 0,66      | 2,32         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 2,50     | SM           | 17,8                               | 114,81        | 75,31          | 0,90  | 0,35 | 23,50           | 1,15  | 1,00  | 20,31        | 0,04     | 0,65      | 1,85         | YOK                   |
|                | 7,95       | 31    | 2,50     | SM           | 17,8                               | 141,51        | 87,01          | 0,88  | 0,36 | 23,00           | 1,07  | 1,00  | 18,49        | 0,04     | 0,61      | 1,69         | YOK                   |
|                | 9,45       | 34    | 2,50     | SM           | 17,8                               | 168,21        | 98,71          | 0,86  | 0,37 | 24,50           | 1,01  | 0,75  | 13,87        | 0,04     | 0,55      | 1,50         | YOK                   |
| SK-17          | 3,45       | 20    | 2,50     | SC           | 17,8                               | 61,41         | 51,91          | 0,95  | 0,41 | 17,50           | 1,39  | 1,00  | 18,22        | 0,04     | 0,55      | 1,35         | YOK                   |
|                | 6,45       | 32    | 2,50     | SM           | 17,8                               | 114,81        | 75,31          | 0,90  | 0,50 | 23,50           | 1,15  | 1,00  | 20,31        | 0,04     | 0,54      | 1,08         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 31    | 2,50     | SM           | 17,8                               | 141,51        | 87,01          | 0,88  | 0,52 | 23,00           | 1,07  | 1,00  | 18,49        | 0,04     | 0,51      | 0,99         | VAR                   |
|                | 9,45       | 34    | 2,50     | SM           | 17,8                               | 168,21        | 98,71          | 0,86  | 0,53 | 24,50           | 1,01  | 0,75  | 13,87        | 0,04     | 0,46      | 0,87         | VAR                   |



Şekil 4.63 Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-17 sınıvlaşma analiz grafiği

SK-17 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

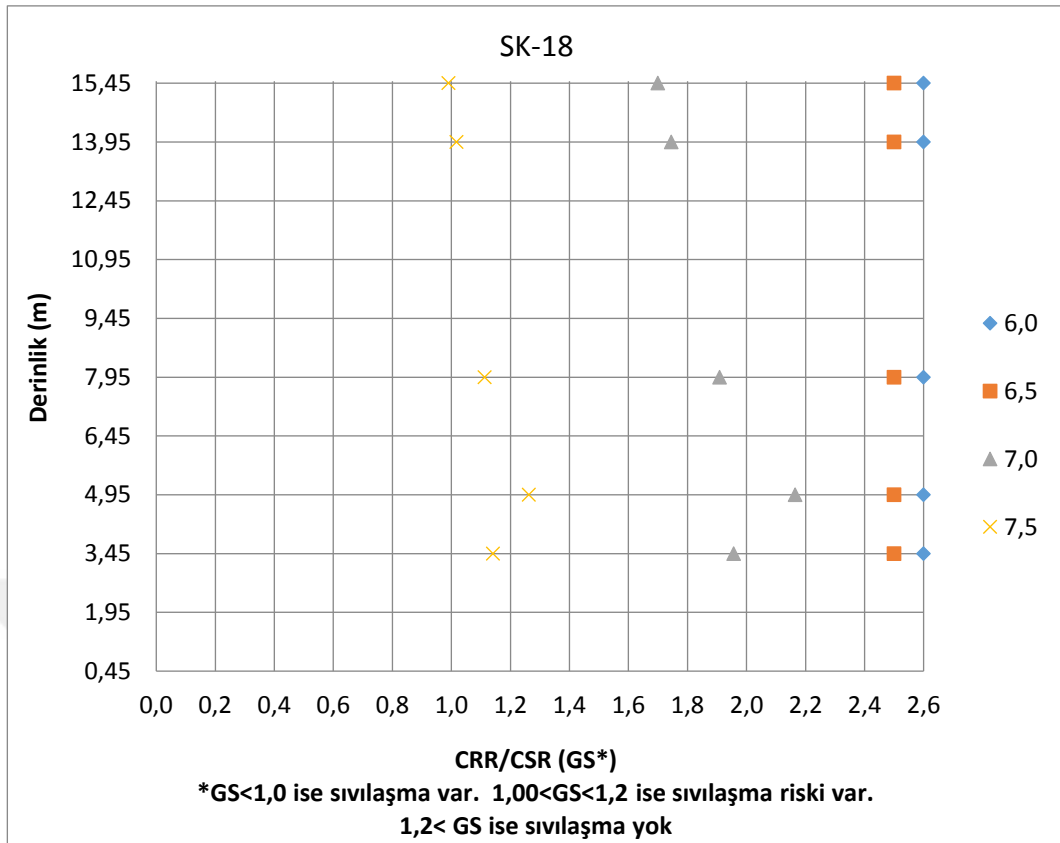
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 3,45 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu, 6,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.64** Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-18 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | $(N_1)_{60}$ | $d_{50}$ | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------|----------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-18          | 3,45       | 21    | 9,50     | ML           | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,12 | 21,00           | 1,25  | 0,85  | 16,71        | 0,15     | 0,70      | 6,00         | YOK                   |
|                | 4,95       | 33    | 9,50     | SC           | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,11 | 33,00           | 1,04  | 0,95  | 24,50        | 0,15     | 0,75      | 6,64         | YOK                   |
|                | 7,95       | 36    | 9,50     | SM           | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,11 | 36,00           | 0,82  | 0,95  | 21,09        | 0,15     | 0,63      | 5,85         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 9,50     | SC           | 18,6                               | 259,47        | 214,97         | 0,79  | 0,12 | 57,50           | 0,66  | 0,95  | 26,91        | 0,15     | 0,63      | 5,35         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 9,50     | SC           | 18,6                               | 287,37        | 227,87         | 0,77  | 0,12 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 27,27        | 0,15     | 0,62      | 5,21         | YOK                   |
| SK-18          | 3,45       | 21    | 9,50     | ML           | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,17 | 21,00           | 1,25  | 0,85  | 16,71        | 0,15     | 0,57      | 3,40         | YOK                   |
|                | 4,95       | 33    | 9,50     | SC           | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,16 | 33,00           | 1,04  | 0,95  | 24,50        | 0,15     | 0,61      | 3,76         | YOK                   |
|                | 7,95       | 36    | 9,50     | SM           | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,16 | 36,00           | 0,82  | 0,95  | 21,09        | 0,15     | 0,52      | 3,32         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 9,50     | SC           | 18,6                               | 259,47        | 214,97         | 0,79  | 0,17 | 57,50           | 0,66  | 0,95  | 26,91        | 0,15     | 0,51      | 3,03         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 9,50     | SC           | 18,6                               | 287,37        | 227,87         | 0,77  | 0,17 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 27,27        | 0,15     | 0,50      | 2,95         | YOK                   |
| SK-18          | 3,45       | 21    | 9,50     | ML           | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,24 | 21,00           | 1,25  | 0,85  | 16,71        | 0,15     | 0,47      | 1,96         | YOK                   |
|                | 4,95       | 33    | 9,50     | SC           | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,23 | 33,00           | 1,04  | 0,95  | 24,50        | 0,15     | 0,51      | 2,16         | YOK                   |
|                | 7,95       | 36    | 9,50     | SM           | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,22 | 36,00           | 0,82  | 0,95  | 21,09        | 0,15     | 0,43      | 1,91         | YOK                   |
|                | 13,95      | 100   | 9,50     | SC           | 18,6                               | 259,47        | 214,97         | 0,79  | 0,24 | 57,50           | 0,66  | 0,95  | 26,91        | 0,15     | 0,42      | 1,74         | YOK                   |
|                | 15,45      | 100   | 9,50     | SC           | 18,6                               | 287,37        | 227,87         | 0,77  | 0,25 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 27,27        | 0,15     | 0,42      | 1,70         | YOK                   |
| SK-18          | 3,45       | 21    | 9,50     | ML           | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,35 | 21,00           | 1,25  | 0,85  | 16,71        | 0,15     | 0,39      | 1,14         | RİSKLİ                |
|                | 4,95       | 33    | 9,50     | SC           | 18,6                               | 92,07         | 92,07          | 0,93  | 0,34 | 33,00           | 1,04  | 0,95  | 24,50        | 0,15     | 0,43      | 1,26         | YOK                   |
|                | 7,95       | 36    | 9,50     | SM           | 18,6                               | 147,87        | 147,87         | 0,88  | 0,32 | 36,00           | 0,82  | 0,95  | 21,09        | 0,15     | 0,36      | 1,11         | RİSKLİ                |
|                | 13,95      | 100   | 9,50     | SC           | 18,6                               | 259,47        | 214,97         | 0,79  | 0,35 | 57,50           | 0,66  | 0,95  | 26,91        | 0,15     | 0,35      | 1,02         | RİSKLİ                |
|                | 15,45      | 100   | 9,50     | SC           | 18,6                               | 287,37        | 227,87         | 0,77  | 0,35 | 57,50           | 0,63  | 1,00  | 27,27        | 0,15     | 0,35      | 0,99         | VAR                   |



**Şekil 4.64** Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-18 sınıvlaşma analiz grafiği

SK-18 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sınıvlaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

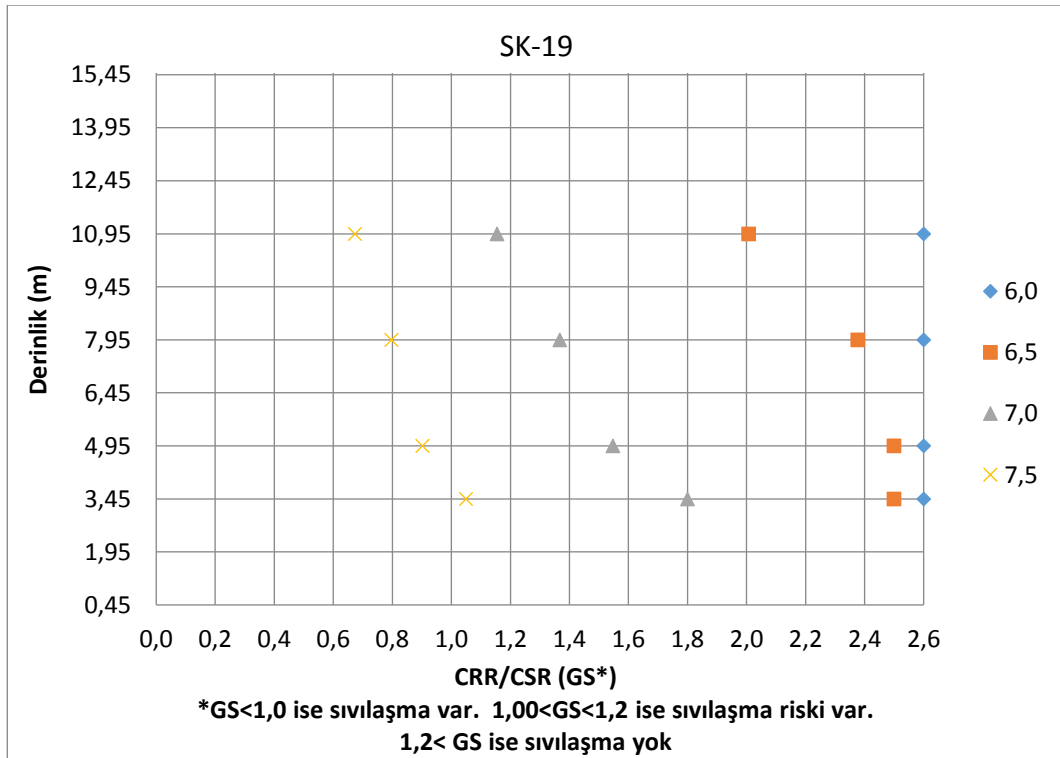
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 4,95 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu 15,45 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,00-1,20 arasında olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.65 Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-19 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub> | d <sub>50</sub> | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|-----------------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-19          | 3,45       | 15    | 2,40     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 53,33          | 0,95  | 0,14 | 15,00           | 1,37           | 1,00           | 15,41                           | 0,10            | 0,77      | 5,52         | YOK                   |
|                | 4,95       | 19    | 2,40     | ML           | 18,5                               | 91,58         | 66,08          | 0,93  | 0,16 | 17,00           | 1,23           | 1,00           | 15,69                           | 0,10            | 0,75      | 4,75         | YOK                   |
|                | 7,95       | 29    | 2,40     | SM           | 18,5                               | 147,08        | 91,58          | 0,88  | 0,17 | 22,00           | 1,04           | 1,00           | 17,24                           | 0,10            | 0,73      | 4,19         | YOK                   |
|                | 10,95      | 35    | 2,40     | SM           | 18,5                               | 202,58        | 117,08         | 0,84  | 0,18 | 25,00           | 0,92           | 0,75           | 13,00                           | 0,10            | 0,63      | 3,54         | YOK                   |
| SK-19          | 3,45       | 15    | 2,40     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 53,33          | 0,95  | 0,20 | 15,00           | 1,37           | 1,00           | 15,41                           | 0,10            | 0,63      | 3,13         | YOK                   |
|                | 4,95       | 19    | 2,40     | ML           | 18,5                               | 91,58         | 66,08          | 0,93  | 0,23 | 17,00           | 1,23           | 1,00           | 15,69                           | 0,10            | 0,61      | 2,69         | YOK                   |
|                | 7,95       | 29    | 2,40     | SM           | 18,5                               | 147,08        | 91,58          | 0,88  | 0,25 | 22,00           | 1,04           | 1,00           | 17,24                           | 0,10            | 0,59      | 2,38         | YOK                   |
|                | 10,95      | 35    | 2,40     | SM           | 18,5                               | 202,58        | 117,08         | 0,84  | 0,25 | 25,00           | 0,92           | 0,75           | 13,00                           | 0,10            | 0,51      | 2,01         | YOK                   |
| SK-19          | 3,45       | 15    | 2,40     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 53,33          | 0,95  | 0,29 | 15,00           | 1,37           | 1,00           | 15,41                           | 0,10            | 0,52      | 1,80         | YOK                   |
|                | 4,95       | 19    | 2,40     | ML           | 18,5                               | 91,58         | 66,08          | 0,93  | 0,33 | 17,00           | 1,23           | 1,00           | 15,69                           | 0,10            | 0,50      | 1,55         | YOK                   |
|                | 7,95       | 29    | 2,40     | SM           | 18,5                               | 147,08        | 91,58          | 0,88  | 0,36 | 22,00           | 1,04           | 1,00           | 17,24                           | 0,10            | 0,49      | 1,37         | YOK                   |
|                | 10,95      | 35    | 2,40     | SM           | 18,5                               | 202,58        | 117,08         | 0,84  | 0,37 | 25,00           | 0,92           | 0,75           | 13,00                           | 0,10            | 0,42      | 1,16         | RISKLI                |
| SK-19          | 3,45       | 15    | 2,40     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 53,33          | 0,95  | 0,41 | 15,00           | 1,37           | 1,00           | 15,41                           | 0,10            | 0,43      | 1,05         | RISKLI                |
|                | 4,95       | 19    | 2,40     | ML           | 18,5                               | 91,58         | 66,08          | 0,93  | 0,47 | 17,00           | 1,23           | 1,00           | 15,69                           | 0,10            | 0,42      | 0,90         | VAR                   |
|                | 7,95       | 29    | 2,40     | SM           | 18,5                               | 147,08        | 91,58          | 0,88  | 0,51 | 22,00           | 1,04           | 1,00           | 17,24                           | 0,10            | 0,41      | 0,80         | VAR                   |
|                | 10,95      | 35    | 2,40     | SM           | 18,5                               | 202,58        | 117,08         | 0,84  | 0,53 | 25,00           | 0,92           | 0,75           | 13,00                           | 0,10            | 0,35      | 0,67         | VAR                   |



Şekil 4.65 Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-19 sınıvlaşma analiz grafiği



SK-19 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

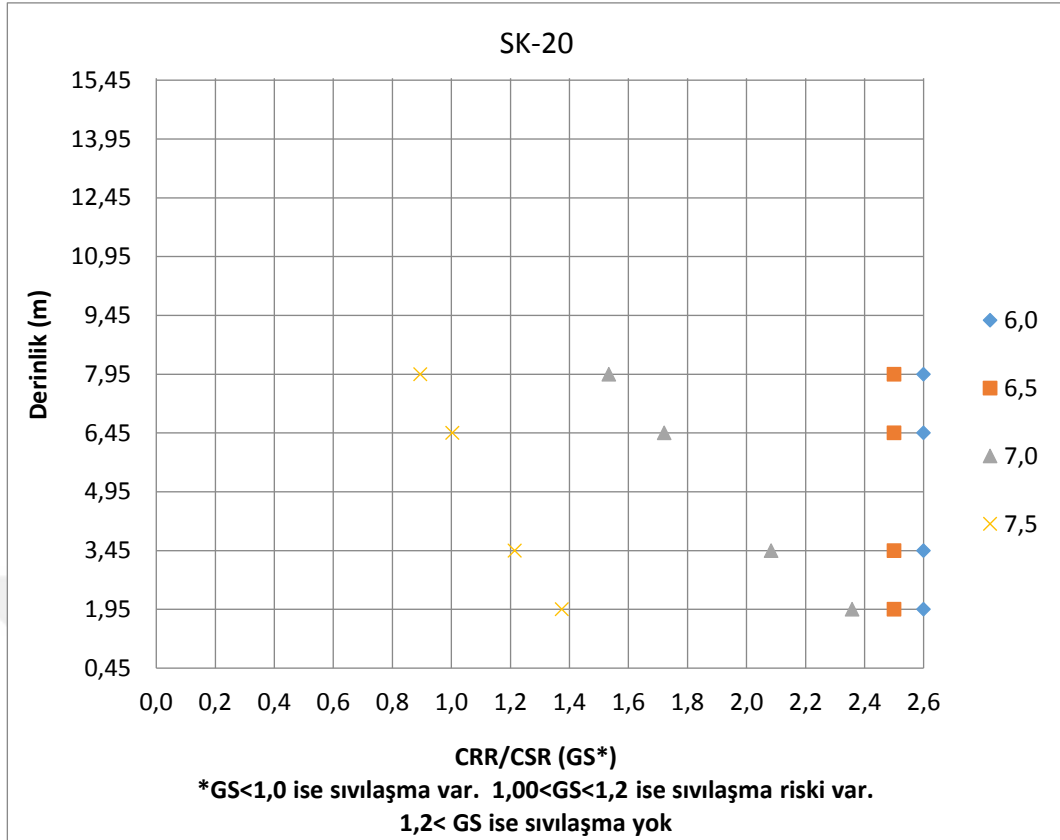
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 10,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 3,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4,66** Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-20 analiz sonuçları

| Deprem Şiddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $f_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | $(N_1)_{60}$ | $d_{50}$ | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------|----------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-20          | 1,95       | 21    | 5,80     | ML           | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,12 | 21,00           | 1,66  | 0,85  | 22,23        | 0,15     | 0,86      | 7,23         | YOK                   |
|                | 3,45       | 22    | 5,80     | ML           | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,12 | 22,00           | 1,25  | 0,95  | 19,57        | 0,15     | 0,74      | 6,39         | YOK                   |
|                | 6,45       | 35    | 5,80     | SM           | 18,6                               | 119,97        | 113,47         | 0,90  | 0,12 | 25,00           | 0,94  | 0,95  | 16,72        | 0,15     | 0,62      | 5,28         | YOK                   |
|                | 7,95       | 36    | 5,80     | SM           | 18,6                               | 147,87        | 126,37         | 0,88  | 0,13 | 25,50           | 0,89  | 0,95  | 16,16        | 0,15     | 0,59      | 4,70         | YOK                   |
| SK-20          | 1,95       | 21    | 5,80     | ML           | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,17 | 21,00           | 1,66  | 0,85  | 22,23        | 0,15     | 0,70      | 4,10         | YOK                   |
|                | 3,45       | 22    | 5,80     | ML           | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,17 | 22,00           | 1,25  | 0,95  | 19,57        | 0,15     | 0,61      | 3,62         | YOK                   |
|                | 6,45       | 35    | 5,80     | SM           | 18,6                               | 119,97        | 113,47         | 0,90  | 0,17 | 25,00           | 0,94  | 0,95  | 16,72        | 0,15     | 0,50      | 2,99         | YOK                   |
|                | 7,95       | 36    | 5,80     | SM           | 18,6                               | 147,87        | 126,37         | 0,88  | 0,18 | 25,50           | 0,89  | 0,95  | 16,16        | 0,15     | 0,48      | 2,67         | YOK                   |
| SK-20          | 1,95       | 21    | 5,80     | ML           | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,25 | 21,00           | 1,66  | 0,85  | 22,23        | 0,15     | 0,58      | 2,36         | YOK                   |
|                | 3,45       | 22    | 5,80     | ML           | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,24 | 22,00           | 1,25  | 0,95  | 19,57        | 0,15     | 0,50      | 2,08         | YOK                   |
|                | 6,45       | 35    | 5,80     | SM           | 18,6                               | 119,97        | 113,47         | 0,90  | 0,24 | 25,00           | 0,94  | 0,95  | 16,72        | 0,15     | 0,42      | 1,72         | YOK                   |
|                | 7,95       | 36    | 5,80     | SM           | 18,6                               | 147,87        | 126,37         | 0,88  | 0,26 | 25,50           | 0,89  | 0,95  | 16,16        | 0,15     | 0,40      | 1,53         | YOK                   |
| SK-20          | 1,95       | 21    | 5,80     | ML           | 18,6                               | 36,27         | 36,27          | 0,97  | 0,35 | 21,00           | 1,66  | 0,85  | 22,23        | 0,15     | 0,49      | 1,37         | YOK                   |
|                | 3,45       | 22    | 5,80     | ML           | 18,6                               | 64,17         | 64,17          | 0,95  | 0,35 | 22,00           | 1,25  | 0,95  | 19,57        | 0,15     | 0,42      | 1,21         | YOK                   |
|                | 6,45       | 35    | 5,80     | SM           | 18,6                               | 119,97        | 113,47         | 0,90  | 0,35 | 25,00           | 0,94  | 0,95  | 16,72        | 0,15     | 0,35      | 1,00         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 36    | 5,80     | SM           | 18,6                               | 147,87        | 126,37         | 0,88  | 0,38 | 25,50           | 0,89  | 0,95  | 16,16        | 0,15     | 0,34      | 0,89         | VAR                   |



**Şekil 4.66** Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-20 sıvılaşma analiz grafiği

SK-20 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

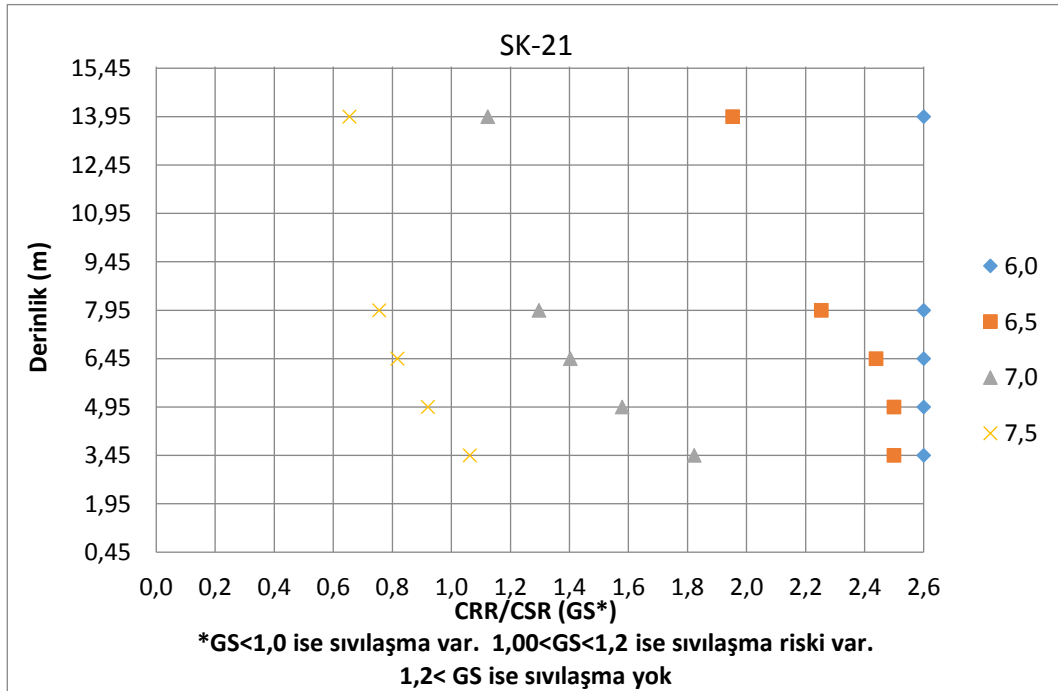
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 6,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu, 7,95 m seviyesinde 1,00'den küçük olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.67 Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-21 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub> | d <sub>50</sub> | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|-----------------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-21          | 3,45       | 15    | 2,50     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 54,33          | 0,95  | 0,14 | 15,00           | 1,36           | 1,00           | 15,26                           | 0,10            | 0,76      | 5,59         | YOK                   |
|                | 4,95       | 20    | 2,50     | ML           | 18,5                               | 91,58         | 67,08          | 0,93  | 0,15 | 17,50           | 1,22           | 1,00           | 16,03                           | 0,10            | 0,75      | 4,84         | YOK                   |
|                | 6,45       | 21    | 2,50     | MH           | 18,5                               | 119,33        | 79,83          | 0,90  | 0,17 | 18,00           | 1,12           | 1,00           | 15,11                           | 0,10            | 0,71      | 4,30         | YOK                   |
|                | 7,95       | 22    | 2,50     | MH           | 18,5                               | 147,08        | 92,58          | 0,88  | 0,17 | 18,50           | 1,04           | 1,00           | 14,42                           | 0,10            | 0,68      | 3,98         | YOK                   |
|                | 13,95      | 40    | 2,50     | SM           | 18,5                               | 258,08        | 143,58         | 0,79  | 0,17 | 27,50           | 0,83           | 0,75           | 12,91                           | 0,10            | 0,60      | 3,45         | YOK                   |
| SK-21          | 3,45       | 15    | 2,50     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 54,33          | 0,95  | 0,20 | 15,00           | 1,36           | 1,00           | 15,26                           | 0,10            | 0,62      | 3,17         | YOK                   |
|                | 4,95       | 20    | 2,50     | ML           | 18,5                               | 91,58         | 67,08          | 0,93  | 0,22 | 17,50           | 1,22           | 1,00           | 16,03                           | 0,10            | 0,61      | 2,74         | YOK                   |
|                | 6,45       | 21    | 2,50     | MH           | 18,5                               | 119,33        | 79,83          | 0,90  | 0,24 | 18,00           | 1,12           | 1,00           | 15,11                           | 0,10            | 0,58      | 2,44         | YOK                   |
|                | 7,95       | 22    | 2,50     | MH           | 18,5                               | 147,08        | 92,58          | 0,88  | 0,25 | 18,50           | 1,04           | 1,00           | 14,42                           | 0,10            | 0,56      | 2,25         | YOK                   |
|                | 13,95      | 40    | 2,50     | SM           | 18,5                               | 258,08        | 143,58         | 0,79  | 0,25 | 27,50           | 0,83           | 0,75           | 12,91                           | 0,10            | 0,49      | 1,95         | YOK                   |
| SK-21          | 3,45       | 15    | 2,50     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 54,33          | 0,95  | 0,28 | 15,00           | 1,36           | 1,00           | 15,26                           | 0,10            | 0,51      | 1,82         | YOK                   |
|                | 4,95       | 20    | 2,50     | ML           | 18,5                               | 91,58         | 67,08          | 0,93  | 0,32 | 17,50           | 1,22           | 1,00           | 16,03                           | 0,10            | 0,51      | 1,58         | YOK                   |
|                | 6,45       | 21    | 2,50     | MH           | 18,5                               | 119,33        | 79,83          | 0,90  | 0,34 | 18,00           | 1,12           | 1,00           | 15,11                           | 0,10            | 0,48      | 1,40         | YOK                   |
|                | 7,95       | 22    | 2,50     | MH           | 18,5                               | 147,08        | 92,58          | 0,88  | 0,35 | 18,50           | 1,04           | 1,00           | 14,42                           | 0,10            | 0,46      | 1,30         | YOK                   |
|                | 13,95      | 40    | 2,50     | SM           | 18,5                               | 258,08        | 143,58         | 0,79  | 0,36 | 27,50           | 0,83           | 0,75           | 12,91                           | 0,10            | 0,40      | 1,12         | RİSKLİ                |
| SK-21          | 3,45       | 15    | 2,50     | ML           | 18,5                               | 63,83         | 54,33          | 0,95  | 0,41 | 15,00           | 1,36           | 1,00           | 15,26                           | 0,10            | 0,43      | 1,06         | RİSKLİ                |
|                | 4,95       | 20    | 2,50     | ML           | 18,5                               | 91,58         | 67,08          | 0,93  | 0,46 | 17,50           | 1,22           | 1,00           | 16,03                           | 0,10            | 0,42      | 0,92         | VAR                   |
|                | 6,45       | 21    | 2,50     | MH           | 18,5                               | 119,33        | 79,83          | 0,90  | 0,49 | 18,00           | 1,12           | 1,00           | 15,11                           | 0,10            | 0,40      | 0,82         | VAR                   |
|                | 7,95       | 22    | 2,50     | MH           | 18,5                               | 147,08        | 92,58          | 0,88  | 0,51 | 18,50           | 1,04           | 1,00           | 14,42                           | 0,10            | 0,38      | 0,76         | VAR                   |
|                | 13,95      | 40    | 2,50     | SM           | 18,5                               | 258,08        | 143,58         | 0,79  | 0,52 | 27,50           | 0,83           | 0,75           | 12,91                           | 0,10            | 0,34      | 0,66         | VAR                   |



Şekil 4.67 Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-21 sivilaşma analiz grafiği

SK-21 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

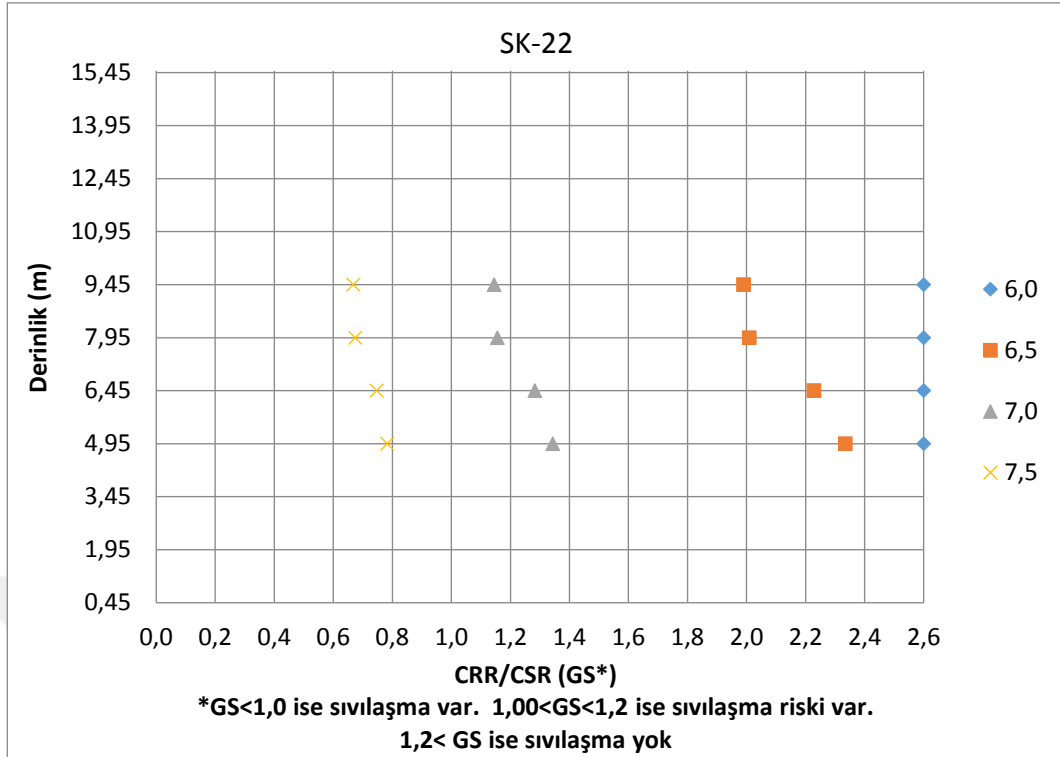
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 13,95 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 3,45 m seviyesinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.68** Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-22 analiz sonuçları

| Deprem Şiddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | $(N_1)_{60}$ | $d_{50}$ | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|--------------|----------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-22          | 4,95       | 15    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 90,59         | 61,09          | 0,93  | 0,17 | 15,00           | 1,28  | 0,85  | 12,24        | 0,10     | 0,69      | 4,12         | YOK                   |
|                | 6,45       | 18    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 118,04        | 73,54          | 0,90  | 0,18 | 16,50           | 1,17  | 0,95  | 13,71        | 0,10     | 0,70      | 3,93         | YOK                   |
|                | 7,95       | 16    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 145,49        | 85,99          | 0,88  | 0,18 | 15,50           | 1,08  | 0,95  | 11,91        | 0,10     | 0,65      | 3,55         | YOK                   |
|                | 9,45       | 21    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 172,94        | 98,44          | 0,86  | 0,18 | 18,00           | 1,01  | 0,95  | 12,93        | 0,10     | 0,65      | 3,51         | YOK                   |
| SK-22          | 4,95       | 15    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 90,59         | 61,09          | 0,93  | 0,24 | 15,00           | 1,28  | 0,85  | 12,24        | 0,10     | 0,57      | 2,34         | YOK                   |
|                | 6,45       | 18    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 118,04        | 73,54          | 0,90  | 0,26 | 16,50           | 1,17  | 0,95  | 13,71        | 0,10     | 0,57      | 2,23         | YOK                   |
|                | 7,95       | 16    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 145,49        | 85,99          | 0,88  | 0,26 | 15,50           | 1,08  | 0,95  | 11,91        | 0,10     | 0,53      | 2,01         | YOK                   |
|                | 9,45       | 21    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 172,94        | 98,44          | 0,86  | 0,27 | 18,00           | 1,01  | 0,95  | 12,93        | 0,10     | 0,53      | 1,99         | YOK                   |
| SK-22          | 4,95       | 15    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 90,59         | 61,09          | 0,93  | 0,35 | 15,00           | 1,28  | 0,85  | 12,24        | 0,10     | 0,47      | 1,34         | YOK                   |
|                | 6,45       | 18    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 118,04        | 73,54          | 0,90  | 0,37 | 16,50           | 1,17  | 0,95  | 13,71        | 0,10     | 0,47      | 1,28         | YOK                   |
|                | 7,95       | 16    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 145,49        | 85,99          | 0,88  | 0,38 | 15,50           | 1,08  | 0,95  | 11,91        | 0,10     | 0,44      | 1,16         | RİSKLİ                |
|                | 9,45       | 21    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 172,94        | 98,44          | 0,86  | 0,38 | 18,00           | 1,01  | 0,95  | 12,93        | 0,10     | 0,44      | 1,14         | RİSKLİ                |
| SK-22          | 4,95       | 15    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 90,59         | 61,09          | 0,93  | 0,50 | 15,00           | 1,28  | 0,85  | 12,24        | 0,10     | 0,39      | 0,78         | VAR                   |
|                | 6,45       | 18    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 118,04        | 73,54          | 0,90  | 0,53 | 16,50           | 1,17  | 0,95  | 13,71        | 0,10     | 0,39      | 0,75         | VAR                   |
|                | 7,95       | 16    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 145,49        | 85,99          | 0,88  | 0,54 | 15,50           | 1,08  | 0,95  | 11,91        | 0,10     | 0,37      | 0,67         | VAR                   |
|                | 9,45       | 21    | 2,00     | ML           | 18,3                               | 172,94        | 98,44          | 0,86  | 0,55 | 18,00           | 1,01  | 0,95  | 12,93        | 0,10     | 0,37      | 0,67         | VAR                   |



**Şekil 4.68** Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-22 sivilaşma analiz grafiği

SK-22 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sivilaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

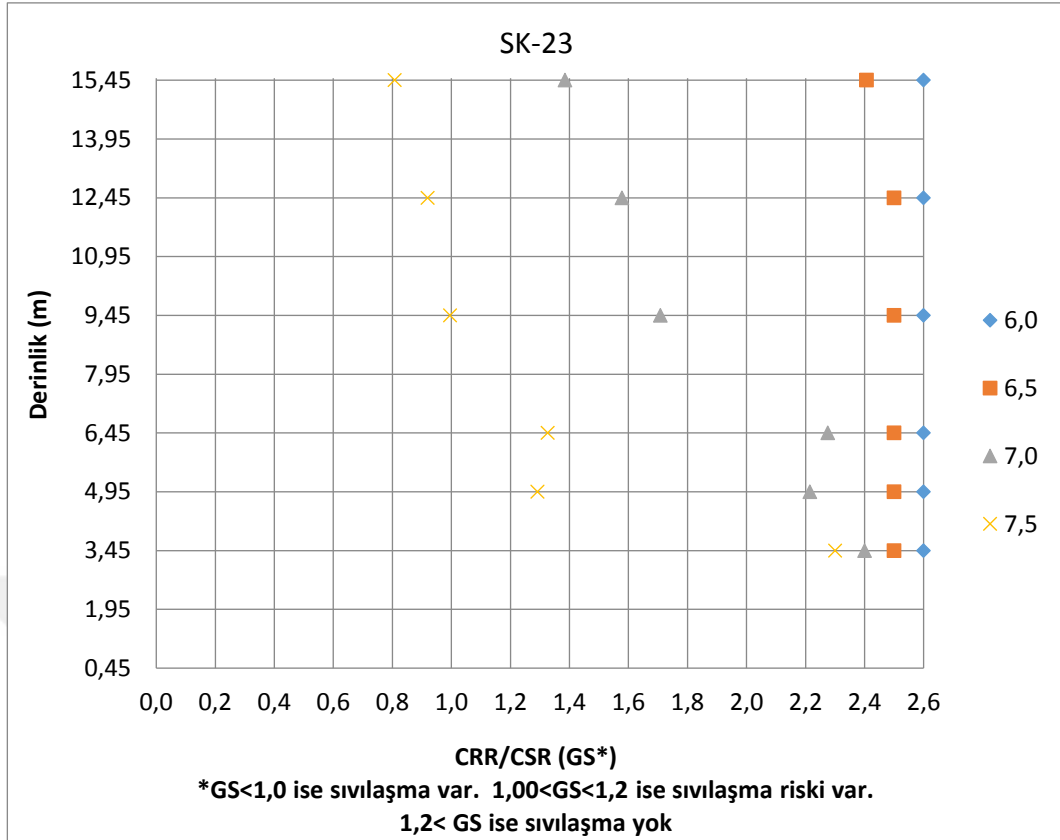
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 4,95 m, 6,45 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00-1,20 arasında olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.69 Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-23 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | (N) <sub>60</sub> | $d_{50}$ | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sivilaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|-------------------|----------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-23          | 3,45       | 100   | 8,00     | GM           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,12 | 100,00          | 1,25  | 1,00  | 93,88             | 0,10     | 1,52      | 13,11        | YOK                   |
|                | 4,95       | 26    | 8,00     | SC           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,11 | 26,00           | 1,04  | 1,00  | 20,38             | 0,10     | 0,77      | 6,79         | YOK                   |
|                | 6,45       | 35    | 8,00     | GM           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,11 | 35,00           | 0,92  | 1,00  | 24,03             | 0,10     | 0,77      | 6,98         | YOK                   |
|                | 9,45       | 32    | 8,00     | SM           | 18,5                               | 174,83        | 160,33         | 0,86  | 0,11 | 23,50           | 0,79  | 1,00  | 13,92             | 0,10     | 0,60      | 5,24         | YOK                   |
|                | 12,45      | 59    | 8,00     | SC           | 18,5                               | 230,33        | 185,83         | 0,81  | 0,12 | 37,00           | 0,73  | 0,75  | 15,27             | 0,10     | 0,60      | 4,84         | YOK                   |
|                | 15,45      | 46    | 8,00     | SM           | 18,5                               | 285,83        | 211,33         | 0,77  | 0,13 | 30,50           | 0,66  | 0,80  | 12,15             | 0,10     | 0,54      | 4,25         | YOK                   |
| SK-23          | 3,45       | 100   | 8,00     | GM           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,17 | 100,00          | 1,25  | 1,00  | 93,88             | 0,10     | 1,24      | 7,43         | YOK                   |
|                | 4,95       | 26    | 8,00     | SC           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,16 | 26,00           | 1,04  | 1,00  | 20,38             | 0,10     | 0,63      | 3,85         | YOK                   |
|                | 6,45       | 35    | 8,00     | GM           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,16 | 35,00           | 0,92  | 1,00  | 24,03             | 0,10     | 0,63      | 3,95         | YOK                   |
|                | 9,45       | 32    | 8,00     | SM           | 18,5                               | 174,83        | 160,33         | 0,86  | 0,16 | 23,50           | 0,79  | 1,00  | 13,92             | 0,10     | 0,49      | 2,97         | YOK                   |
|                | 12,45      | 59    | 8,00     | SC           | 18,5                               | 230,33        | 185,83         | 0,81  | 0,18 | 37,00           | 0,73  | 0,75  | 15,27             | 0,10     | 0,49      | 2,74         | YOK                   |
|                | 15,45      | 46    | 8,00     | SM           | 18,5                               | 285,83        | 211,33         | 0,77  | 0,18 | 30,50           | 0,66  | 0,80  | 12,15             | 0,10     | 0,44      | 2,41         | YOK                   |
| SK-23          | 3,45       | 100   | 8,00     | GM           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,24 | 100,00          | 1,25  | 1,00  | 93,88             | 0,10     | 1,03      | 4,27         | YOK                   |
|                | 4,95       | 26    | 8,00     | SC           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,23 | 26,00           | 1,04  | 1,00  | 20,38             | 0,10     | 0,52      | 2,22         | YOK                   |
|                | 6,45       | 35    | 8,00     | GM           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,23 | 35,00           | 0,92  | 1,00  | 24,03             | 0,10     | 0,52      | 2,28         | YOK                   |
|                | 9,45       | 32    | 8,00     | SM           | 18,5                               | 174,83        | 160,33         | 0,86  | 0,24 | 23,50           | 0,79  | 1,00  | 13,92             | 0,10     | 0,40      | 1,71         | YOK                   |
|                | 12,45      | 59    | 8,00     | SC           | 18,5                               | 230,33        | 185,83         | 0,81  | 0,26 | 37,00           | 0,73  | 0,75  | 15,27             | 0,10     | 0,40      | 1,58         | YOK                   |
|                | 15,45      | 46    | 8,00     | SM           | 18,5                               | 285,83        | 211,33         | 0,77  | 0,26 | 30,50           | 0,66  | 0,80  | 12,15             | 0,10     | 0,36      | 1,38         | YOK                   |
| SK-23          | 3,45       | 100   | 8,00     | GM           | 18,5                               | 63,83         | 63,83          | 0,95  | 0,35 | 100,00          | 1,25  | 1,00  | 93,88             | 0,10     | 0,86      | 2,49         | YOK                   |
|                | 4,95       | 26    | 8,00     | SC           | 18,5                               | 91,58         | 91,58          | 0,93  | 0,34 | 26,00           | 1,04  | 1,00  | 20,38             | 0,10     | 0,44      | 1,29         | YOK                   |
|                | 6,45       | 35    | 8,00     | GM           | 18,5                               | 119,33        | 119,33         | 0,90  | 0,33 | 35,00           | 0,92  | 1,00  | 24,03             | 0,10     | 0,44      | 1,33         | YOK                   |
|                | 9,45       | 32    | 8,00     | SM           | 18,5                               | 174,83        | 160,33         | 0,86  | 0,34 | 23,50           | 0,79  | 1,00  | 13,92             | 0,10     | 0,34      | 1,00         | VAR                   |
|                | 12,45      | 59    | 8,00     | SC           | 18,5                               | 230,33        | 185,83         | 0,81  | 0,37 | 37,00           | 0,73  | 0,75  | 15,27             | 0,10     | 0,34      | 0,92         | VAR                   |
|                | 15,45      | 46    | 8,00     | SM           | 18,5                               | 285,83        | 211,33         | 0,77  | 0,38 | 30,50           | 0,66  | 0,80  | 12,15             | 0,10     | 0,31      | 0,81         | VAR                   |



**Şekil 4.69** Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-01 sıvılaşma analiz grafiği

SK-23 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

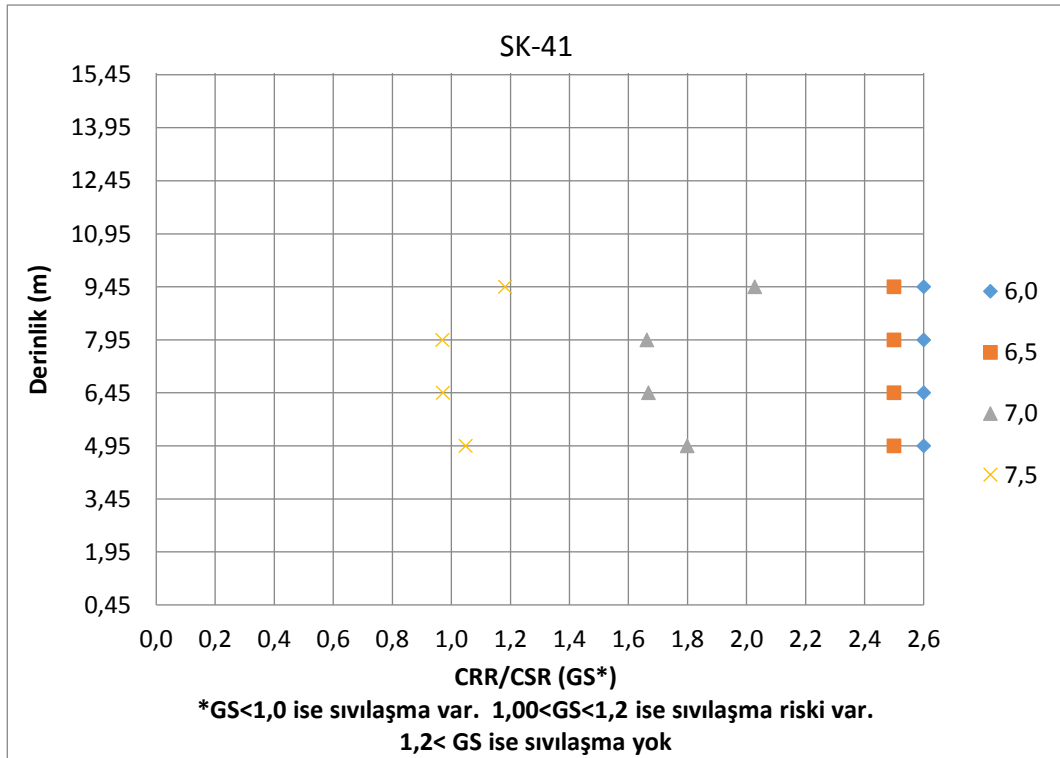
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 3,45 m, 4,95 m, 6,45 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.70 Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-41 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | C <sub>N</sub> | C <sub>R</sub> | (N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub> | d <sub>50</sub> | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|-----------------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-41          | 4,95       | 20    | 2,00     | SC           | 18,0                               | 89,10         | 59,60          | 0,93  | 0,16 | 17,50           | 1,30           | 0,75           | 12,75                           | 0,04            | 0,86      | 5,52         | YOK                   |
|                | 6,45       | 24    | 2,00     | SC           | 18,0                               | 116,10        | 71,60          | 0,90  | 0,17 | 19,50           | 1,18           | 0,75           | 12,96                           | 0,04            | 0,85      | 5,11         | YOK                   |
|                | 7,95       | 35    | 2,00     | SM           | 18,0                               | 143,10        | 83,60          | 0,88  | 0,17 | 25,00           | 1,09           | 0,75           | 15,38                           | 0,04            | 0,87      | 5,10         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 2,00     | GM           | 18,0                               | 170,10        | 95,60          | 0,86  | 0,17 | 57,50           | 1,02           | 0,75           | 33,08                           | 0,04            | 1,07      | 6,22         | YOK                   |
| SK-41          | 4,95       | 20    | 2,00     | SC           | 18,0                               | 89,10         | 59,60          | 0,93  | 0,23 | 17,50           | 1,30           | 0,75           | 12,75                           | 0,04            | 0,70      | 3,13         | YOK                   |
|                | 6,45       | 24    | 2,00     | SC           | 18,0                               | 116,10        | 71,60          | 0,90  | 0,24 | 19,50           | 1,18           | 0,75           | 12,96                           | 0,04            | 0,69      | 2,90         | YOK                   |
|                | 7,95       | 35    | 2,00     | SM           | 18,0                               | 143,10        | 83,60          | 0,88  | 0,25 | 25,00           | 1,09           | 0,75           | 15,38                           | 0,04            | 0,71      | 2,89         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 2,00     | GM           | 18,0                               | 170,10        | 95,60          | 0,86  | 0,25 | 57,50           | 1,02           | 0,75           | 33,08                           | 0,04            | 0,87      | 3,53         | YOK                   |
| SK-41          | 4,95       | 20    | 2,00     | SC           | 18,0                               | 89,10         | 59,60          | 0,93  | 0,32 | 17,50           | 1,30           | 0,75           | 12,75                           | 0,04            | 0,58      | 1,80         | YOK                   |
|                | 6,45       | 24    | 2,00     | SC           | 18,0                               | 116,10        | 71,60          | 0,90  | 0,34 | 19,50           | 1,18           | 0,75           | 12,96                           | 0,04            | 0,57      | 1,67         | YOK                   |
|                | 7,95       | 35    | 2,00     | SM           | 18,0                               | 143,10        | 83,60          | 0,88  | 0,35 | 25,00           | 1,09           | 0,75           | 15,38                           | 0,04            | 0,59      | 1,66         | YOK                   |
|                | 9,45       | 100   | 2,00     | GM           | 18,0                               | 170,10        | 95,60          | 0,86  | 0,36 | 57,50           | 1,02           | 0,75           | 33,08                           | 0,04            | 0,72      | 2,03         | YOK                   |
| SK-41          | 4,95       | 20    | 2,00     | SC           | 18,0                               | 89,10         | 59,60          | 0,93  | 0,47 | 17,50           | 1,30           | 0,75           | 12,75                           | 0,04            | 0,49      | 1,05         | RİSKLİ                |
|                | 6,45       | 24    | 2,00     | SC           | 18,0                               | 116,10        | 71,60          | 0,90  | 0,49 | 19,50           | 1,18           | 0,75           | 12,96                           | 0,04            | 0,48      | 0,97         | VAR                   |
|                | 7,95       | 35    | 2,00     | SM           | 18,0                               | 143,10        | 83,60          | 0,88  | 0,51 | 25,00           | 1,09           | 0,75           | 15,38                           | 0,04            | 0,49      | 0,97         | VAR                   |
|                | 9,45       | 100   | 2,00     | GM           | 18,0                               | 170,10        | 95,60          | 0,86  | 0,51 | 57,50           | 1,02           | 0,75           | 33,08                           | 0,04            | 0,61      | 1,18         | RİSKLİ                |



Şekil 4.70 Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-41 sınıflama analiz grafiği



SK-41 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

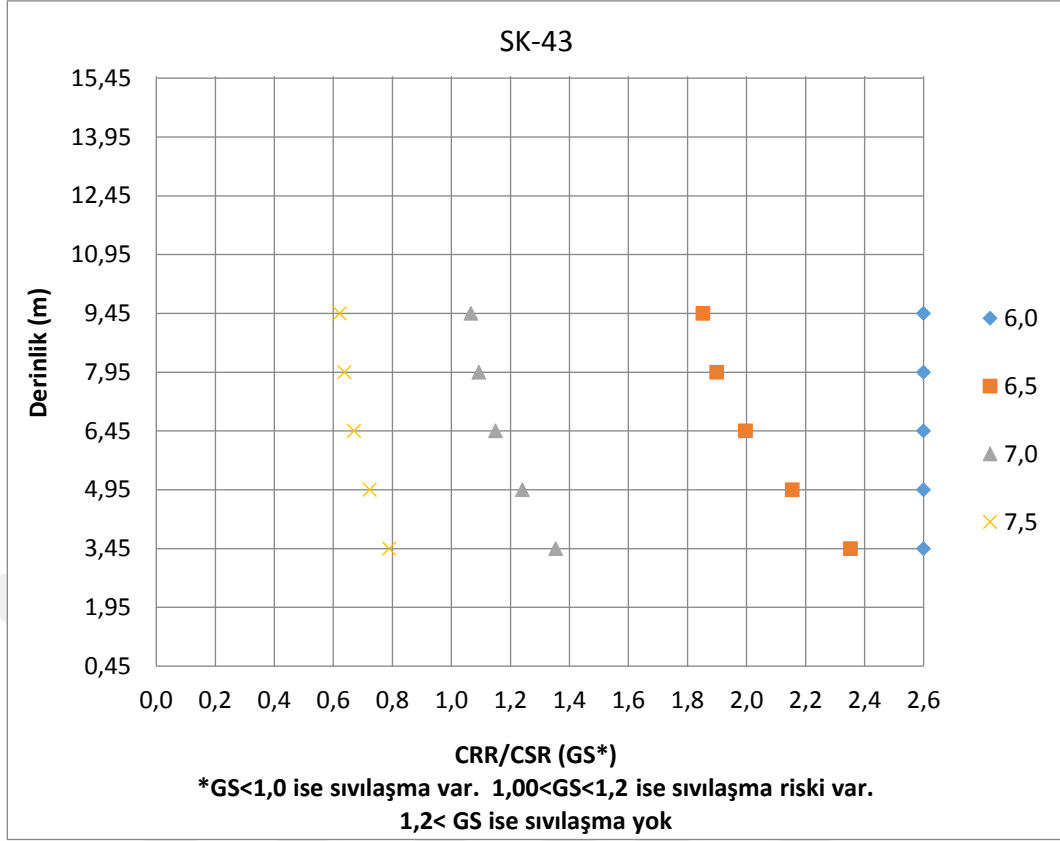
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 4,95 m ve 9,45 m seviyelerinde 1,00-1,20 arasında olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.71** Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-43 analiz sonuçları

| Deprem Şiddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $I_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | CN   | Cr   | (N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub> | d <sub>50</sub> | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|------|------|---------------------------------|-----------------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-43          | 3,45       | 14    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 62,79         | 36,29          | 0,95  | 0,18 | 14,00           | 1,66 | 0,75 | 13,07                           | 0,10            | 0,76      | 4,15         | YOK                   |
|                | 4,95       | 17    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 90,09         | 48,59          | 0,93  | 0,19 | 16,00           | 1,43 | 0,75 | 12,91                           | 0,10            | 0,73      | 3,80         | YOK                   |
|                | 6,45       | 18    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 117,39        | 60,89          | 0,90  | 0,20 | 16,50           | 1,28 | 0,75 | 11,89                           | 0,10            | 0,69      | 3,52         | YOK                   |
|                | 7,95       | 19    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 144,69        | 73,19          | 0,88  | 0,19 | 17,00           | 1,17 | 0,75 | 11,18                           | 0,10            | 0,65      | 3,35         | YOK                   |
|                | 9,45       | 21    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 171,99        | 85,49          | 0,86  | 0,19 | 18,00           | 1,08 | 0,75 | 10,95                           | 0,10            | 0,63      | 3,27         | YOK                   |
| SK-43          | 3,45       | 14    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 62,79         | 36,29          | 0,95  | 0,26 | 14,00           | 1,66 | 0,75 | 13,07                           | 0,10            | 0,62      | 2,35         | YOK                   |
|                | 4,95       | 17    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 90,09         | 48,59          | 0,93  | 0,28 | 16,00           | 1,43 | 0,75 | 12,91                           | 0,10            | 0,60      | 2,16         | YOK                   |
|                | 6,45       | 18    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 117,39        | 60,89          | 0,90  | 0,28 | 16,50           | 1,28 | 0,75 | 11,89                           | 0,10            | 0,56      | 2,00         | YOK                   |
|                | 7,95       | 19    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 144,69        | 73,19          | 0,88  | 0,28 | 17,00           | 1,17 | 0,75 | 11,18                           | 0,10            | 0,53      | 1,90         | YOK                   |
|                | 9,45       | 21    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 171,99        | 85,49          | 0,86  | 0,28 | 18,00           | 1,08 | 0,75 | 10,95                           | 0,10            | 0,51      | 1,85         | YOK                   |
| SK-43          | 3,45       | 14    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 62,79         | 36,29          | 0,95  | 0,38 | 14,00           | 1,66 | 0,75 | 13,07                           | 0,10            | 0,51      | 1,35         | YOK                   |
|                | 4,95       | 17    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 90,09         | 48,59          | 0,93  | 0,40 | 16,00           | 1,43 | 0,75 | 12,91                           | 0,10            | 0,49      | 1,24         | YOK                   |
|                | 6,45       | 18    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 117,39        | 60,89          | 0,90  | 0,40 | 16,50           | 1,28 | 0,75 | 11,89                           | 0,10            | 0,46      | 1,15         | RİSKLİ                |
|                | 7,95       | 19    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 144,69        | 73,19          | 0,88  | 0,40 | 17,00           | 1,17 | 0,75 | 11,18                           | 0,10            | 0,44      | 1,09         | RİSKLİ                |
|                | 9,45       | 21    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 171,99        | 85,49          | 0,86  | 0,40 | 18,00           | 1,08 | 0,75 | 10,95                           | 0,10            | 0,43      | 1,07         | RİSKLİ                |
| SK-43          | 3,45       | 14    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 62,79         | 36,29          | 0,95  | 0,55 | 14,00           | 1,66 | 0,75 | 13,07                           | 0,10            | 0,43      | 0,79         | VAR                   |
|                | 4,95       | 17    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 90,09         | 48,59          | 0,93  | 0,57 | 16,00           | 1,43 | 0,75 | 12,91                           | 0,10            | 0,41      | 0,72         | VAR                   |
|                | 6,45       | 18    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 117,39        | 60,89          | 0,90  | 0,58 | 16,50           | 1,28 | 0,75 | 11,89                           | 0,10            | 0,39      | 0,67         | VAR                   |
|                | 7,95       | 19    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 144,69        | 73,19          | 0,88  | 0,58 | 17,00           | 1,17 | 0,75 | 11,18                           | 0,10            | 0,37      | 0,64         | VAR                   |
|                | 9,45       | 21    | 0,80     | CL           | 18,2                               | 171,99        | 85,49          | 0,86  | 0,57 | 18,00           | 1,08 | 0,75 | 10,95                           | 0,10            | 0,36      | 0,62         | VAR                   |



**Şekil 4.71** Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-43 sıvılaşma analiz grafiği

SK-43 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

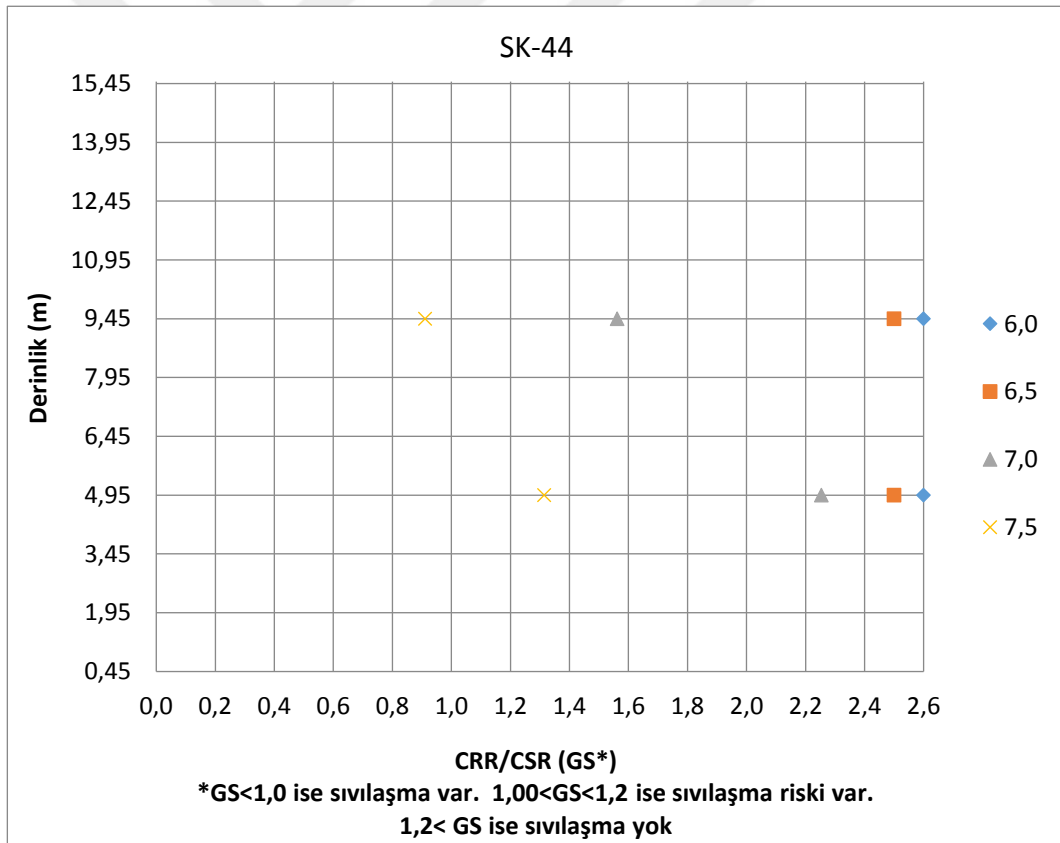
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde 3,45 m, 4,95 m seviyelerinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00-1,20 arasında olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,00' den küçük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.72 Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-44 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | $C_N$ | $C_R$ | (N) <sub>60</sub> | $d_{50}$ | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|-------|-------|-------------------|----------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-44          | 4,95       | 55    | 2,00     | GW-GM        | 17,9                               | 88,61         | 59,11          | 0,93  | 0,15 | 35,00           | 1,30  | 0,75  | 25,61             | 0,04     | 1,07      | 6,91         | YOK                   |
|                | 9,45       | 31    | 2,00     | SM           | 17,9                               | 169,16        | 94,66          | 0,86  | 0,17 | 23,00           | 1,03  | 0,75  | 13,30             | 0,04     | 0,82      | 4,79         | YOK                   |
| SK-44          | 4,95       | 55    | 2,00     | GW-GM        | 17,9                               | 88,61         | 59,11          | 0,93  | 0,22 | 35,00           | 1,30  | 0,75  | 25,61             | 0,04     | 0,87      | 3,92         | YOK                   |
|                | 9,45       | 31    | 2,00     | SM           | 17,9                               | 169,16        | 94,66          | 0,86  | 0,25 | 23,00           | 1,03  | 0,75  | 13,30             | 0,04     | 0,67      | 2,71         | YOK                   |
| SK-44          | 4,95       | 55    | 2,00     | GW-GM        | 17,9                               | 88,61         | 59,11          | 0,93  | 0,32 | 35,00           | 1,30  | 0,75  | 25,61             | 0,04     | 0,72      | 2,25         | YOK                   |
|                | 9,45       | 31    | 2,00     | SM           | 17,9                               | 169,16        | 94,66          | 0,86  | 0,35 | 23,00           | 1,03  | 0,75  | 13,30             | 0,04     | 0,55      | 1,56         | YOK                   |
| SK-44          | 4,95       | 55    | 2,00     | GW-GM        | 17,9                               | 88,61         | 59,11          | 0,93  | 0,46 | 35,00           | 1,30  | 0,75  | 25,61             | 0,04     | 0,60      | 1,31         | YOK                   |
|                | 9,45       | 31    | 2,00     | SM           | 17,9                               | 169,16        | 94,66          | 0,86  | 0,51 | 23,00           | 1,03  | 0,75  | 13,30             | 0,04     | 0,46      | 0,91         | VAR                   |



Şekil 4.72 Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-44 sınıvlaşma analiz grafiği

SK-44 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

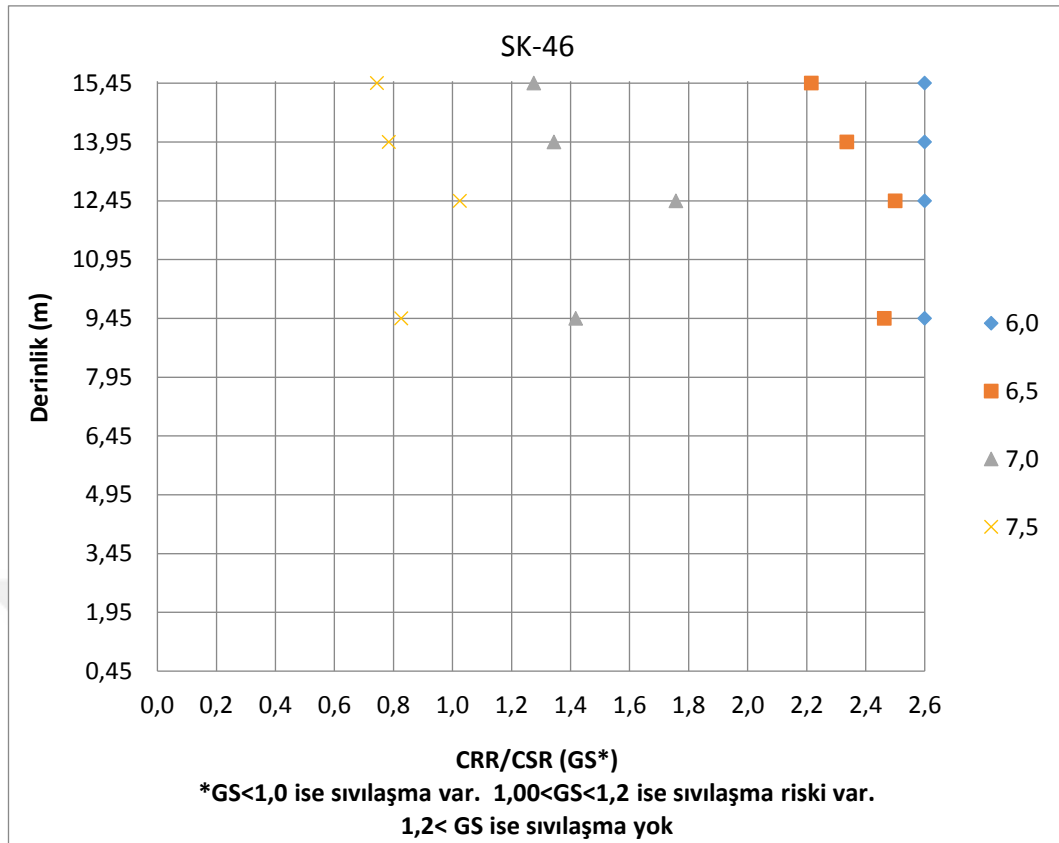
6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 4,95 m, seviyesinde 1,20'den büyük olduğu 9,45 m, seviyesinde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.73** Iwasaki vd.1981 yöntemine göre SK-46 analiz sonuçları

| Deprem Sıddeti | Seviye (m) | SPT-N | YASS (m) | Zemin Sınıfı | Birim ağırlık (kN/m <sup>3</sup> ) | $\sigma_{vo}$ | $\sigma'_{vo}$ | $r_d$ | CSR  | YASS Düzeltmesi | CN   | Cr   | (N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub> | d <sub>50</sub> | CRR x MSF | CRR/CSR (GS) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|----------------|------------|-------|----------|--------------|------------------------------------|---------------|----------------|-------|------|-----------------|------|------|---------------------------------|-----------------|-----------|--------------|-----------------------|
| SK-46          | 9,45       | 30    | 4,00     | SC           | 18,1                               | 171,05        | 116,55         | 0,86  | 0,14 | 22,50           | 0,93 | 0,75 | 11,72                           | 0,10            | 0,61      | 4,35         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 4,00     | SC           | 18,1                               | 225,35        | 140,85         | 0,81  | 0,14 | 57,50           | 0,84 | 0,75 | 27,25                           | 0,10            | 0,78      | 5,39         | YOK                   |
|                | 13,95      | 43    | 4,00     | SC           | 18,1                               | 252,50        | 153,00         | 0,79  | 0,14 | 29,00           | 0,81 | 0,75 | 13,19                           | 0,10            | 0,60      | 4,12         | YOK                   |
|                | 15,45      | 38    | 4,00     | SC           | 18,1                               | 279,65        | 165,15         | 0,77  | 0,14 | 26,50           | 0,78 | 0,75 | 11,60                           | 0,10            | 0,56      | 3,91         | YOK                   |
| SK-46          | 9,45       | 30    | 4,00     | SC           | 18,1                               | 171,05        | 116,55         | 0,86  | 0,20 | 22,50           | 0,93 | 0,75 | 11,72                           | 0,10            | 0,50      | 2,46         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 4,00     | SC           | 18,1                               | 225,35        | 140,85         | 0,81  | 0,21 | 57,50           | 0,84 | 0,75 | 27,25                           | 0,10            | 0,63      | 3,05         | YOK                   |
|                | 13,95      | 43    | 4,00     | SC           | 18,1                               | 252,50        | 153,00         | 0,79  | 0,21 | 29,00           | 0,81 | 0,75 | 13,19                           | 0,10            | 0,49      | 2,34         | YOK                   |
|                | 15,45      | 38    | 4,00     | SC           | 18,1                               | 279,65        | 165,15         | 0,77  | 0,21 | 26,50           | 0,78 | 0,75 | 11,60                           | 0,10            | 0,46      | 2,22         | YOK                   |
| SK-46          | 9,45       | 30    | 4,00     | SC           | 18,1                               | 171,05        | 116,55         | 0,86  | 0,29 | 22,50           | 0,93 | 0,75 | 11,72                           | 0,10            | 0,41      | 1,42         | YOK                   |
|                | 12,45      | 100   | 4,00     | SC           | 18,1                               | 225,35        | 140,85         | 0,81  | 0,30 | 57,50           | 0,84 | 0,75 | 27,25                           | 0,10            | 0,52      | 1,76         | YOK                   |
|                | 13,95      | 43    | 4,00     | SC           | 18,1                               | 252,50        | 153,00         | 0,79  | 0,30 | 29,00           | 0,81 | 0,75 | 13,19                           | 0,10            | 0,40      | 1,34         | YOK                   |
|                | 15,45      | 38    | 4,00     | SC           | 18,1                               | 279,65        | 165,15         | 0,77  | 0,30 | 26,50           | 0,78 | 0,75 | 11,60                           | 0,10            | 0,38      | 1,28         | YOK                   |
| SK-46          | 9,45       | 30    | 4,00     | SC           | 18,1                               | 171,05        | 116,55         | 0,86  | 0,42 | 22,50           | 0,93 | 0,75 | 11,72                           | 0,10            | 0,34      | 0,83         | VAR                   |
|                | 12,45      | 100   | 4,00     | SC           | 18,1                               | 225,35        | 140,85         | 0,81  | 0,43 | 57,50           | 0,84 | 0,75 | 27,25                           | 0,10            | 0,44      | 1,02         | RISKLİ                |
|                | 13,95      | 43    | 4,00     | SC           | 18,1                               | 252,50        | 153,00         | 0,79  | 0,43 | 29,00           | 0,81 | 0,75 | 13,19                           | 0,10            | 0,34      | 0,78         | VAR                   |
|                | 15,45      | 38    | 4,00     | SC           | 18,1                               | 279,65        | 165,15         | 0,77  | 0,43 | 26,50           | 0,78 | 0,75 | 11,60                           | 0,10            | 0,32      | 0,74         | VAR                   |



**Şekil 4.73** Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre SK-46 sıvılaşma analiz grafiği

SK-46 sondaj kuyusu verilerine göre yapılan sıvılaşma analizi sonuçları incelendiğinde GS değerinin;

6,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

6,50 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,00 şiddetindeki depremde tüm seviyelerde 1,20'den büyük olduğu,

7,50 şiddetindeki depremde 12,45 m seviyesinde 1,20'den büyük olduğu diğer seviyelerde 1,00'den küçük olduğu tespit edilmiştir.

#### 4.1.4 Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi ve haritalama yapılması

Zemin kütlelerinde sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi için deneyin yapıldığı seviyelerde tespit edilen GS değerinin tek başına kullanılması yeterli değildir. Örneğin, bir sondaj kuyusunda 1,5 m ara ile yapılan deneyler sonucunda sadece bir noktada GS değerinin 1,00'den küçük olması bu zemin kütlelerini sıvılaşır olarak tanımlamak için yeterli olmayacaktır. Bunun yanında sıvılaşma potansiyeli, GS değerinin 1,00'den küçük olduğu her durum içinde eşit olmayacaktır. Sıvılaşan zeminin yüzeye olan mesafesi sıvılaşma potansiyelini etkileyecektir.

Iwasaki vd. (1982), sıvılaşma potansiyelinin belirlenebilmesi amacıyla aşağıda önerdikleri denklem ile bir sıvılaşma indeks sayısı tespit etmişlerdir.

$$P_L = \int_0^{20} F(z) \times W(z) dz \quad (4.25)$$

Bu denklemdeki  $F(z)$  ve  $W(z)$  fonksiyonları aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$GS < 1,0 \quad \text{için;} \quad F(z) = 1 - GS \quad (4.26)$$

$$GS \geq 1,0 \quad \text{için;} \quad F(z) = 0 \quad (4.27)$$

$$z < 20 \text{ m} \quad \text{için;} \quad W(z) = 10 - 0,5 \times z \quad (4.28)$$

$$z \geq 20 \text{ m} \quad \text{için;} \quad W(z) = 0 \quad (4.29)$$

Burada;

$P_L$  : Sıvılaşma indeks sayısını

GS : Güvenlik sayısını

z : Seviyeyi (m) belirtmektedir.

Iwasaki vd. (1982), tarafından tespit edilen  $P_L$  değerine göre sıvılaşma potansiyeli sınıflandırması Çizelge 4.74'te gösterilmiştir.

**Çizelge 4.74** Iwasaki vd. (1982), tarafından önerilen sıvılaşma indeksine göre potansiyel sınıflandırılması

| Sıvılaşma indeksi ( $P_L$ ) | Sıvılaşma potansiyeli |
|-----------------------------|-----------------------|
| 0                           | Çok az                |
| $0 < P_L \leq 5$            | Az                    |
| $5 < P_L \leq 15$           | Yüksek                |
| $15 < P_L$                  | Çok yüksek            |

Fakat bu sınıflandırma çalışmasında orta derece sıvılaşma potansiyeli olmadığından, sınıflandırma Sönmez ve Gökçeoğlu (2005) tarafından yeniden düzenlenerek  $F_{(z)}$  fonksiyonu aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$GS \geq 1,2 \quad \text{için;} \quad F_{(z)} = 0 \quad (4.30)$$

$$1,2 > GS \geq 0,95 \quad \text{için;} \quad F_{(z)} = 2 \times 10^6 \times e^{-18,427 \times GS} \quad (4.31)$$

$$GS < 0,95 \quad \text{için;} \quad F_{(z)} = 1 - GS \quad (4.32)$$

Bu denklemlerde GS güvenlik sayısını belirtmektedir.

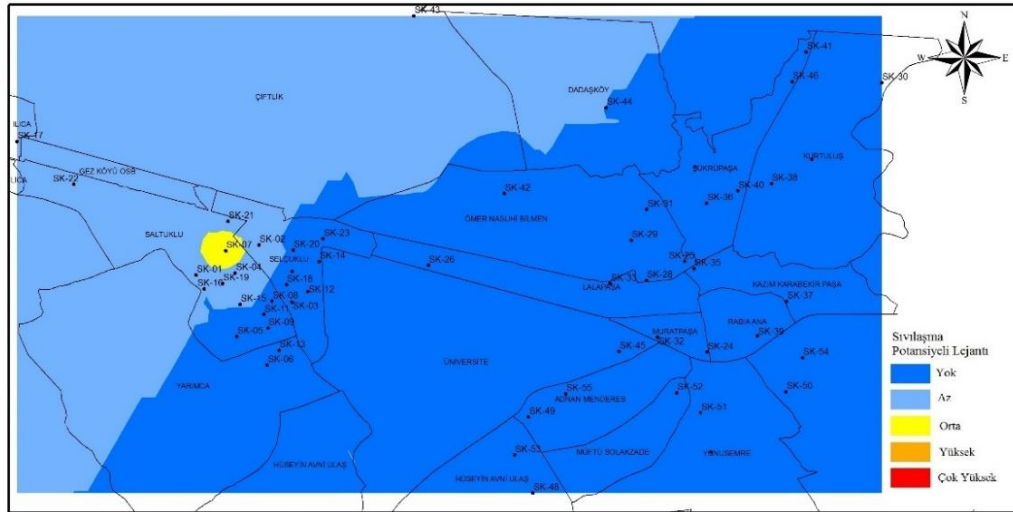
Sönmez ve Gökçeoğlu (2005), tarafından tespit edilen  $P_L$  değerine göre sıvılaşma potansiyeli sınıflandırması Çizelge 4.75'te gösterilmiştir.

**Çizelge 4.75** Sönmez ve Gökçeoğlu (2005), tarafından önerilen sıvılaşma indeksine göre potansiyel sınıflandırılması

| Sıvılaşma indeksi ( $P_L$ ) | Sıvılaşma potansiyeli |
|-----------------------------|-----------------------|
| 0                           | Yok                   |
| $0 < P_L \leq 2$            | Az                    |
| $2 < P_L \leq 5$            | Orta                  |
| $5 < P_L \leq 15$           | Yüksek                |
| $15 < P_L$                  | Çok yüksek            |

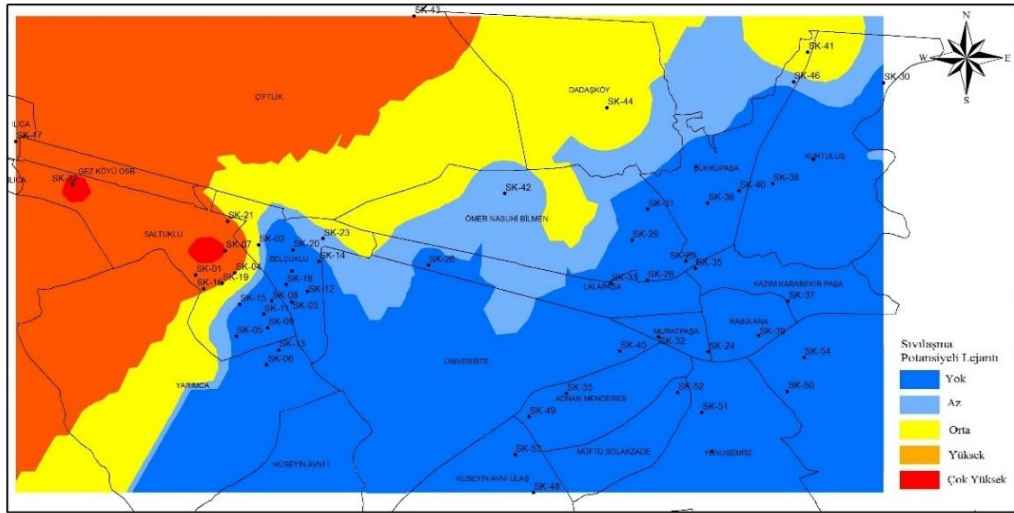
Yeraltı suyu tespit edilen tüm sondaj kuyularının sıvılaşma indeksleri, Iwasaki (1982) tarafından önerilen ve Sönmez ve Gökçeoğlu (2005) tarafından yeniden düzenlenen önerme ile hesaplanmıştır. Sondaj kuyuları için hesaplanan sıvılaşma indeks değerleri, koordinatları ile birlikte arcGIS programına işlenerek geoistatistiksel yöntem yardımı ile tüm senaryo deprem ve yöntemler için sıvılaşma potansiyeli haritaları hazırlanmıştır. Alanlar sıvılaşmaz, az, orta, yüksek ve çok yüksek sıvılaşma potansiyeline sahip olmak üzere beş kategoride tematik olarak gösterilmiştir. Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre 6,0 büyüklüğindeki, Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre 6,0 ve 6,5 şiddetindeki depremler için sıvılaşma tespit edilemediği için tematik harita hazırlanmamıştır.

Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre hazırlanan sıvılaşma potansiyeli haritaları şekil 4.74, şekil 4.75 ve şekil 4.76’da gösterilmiştir.

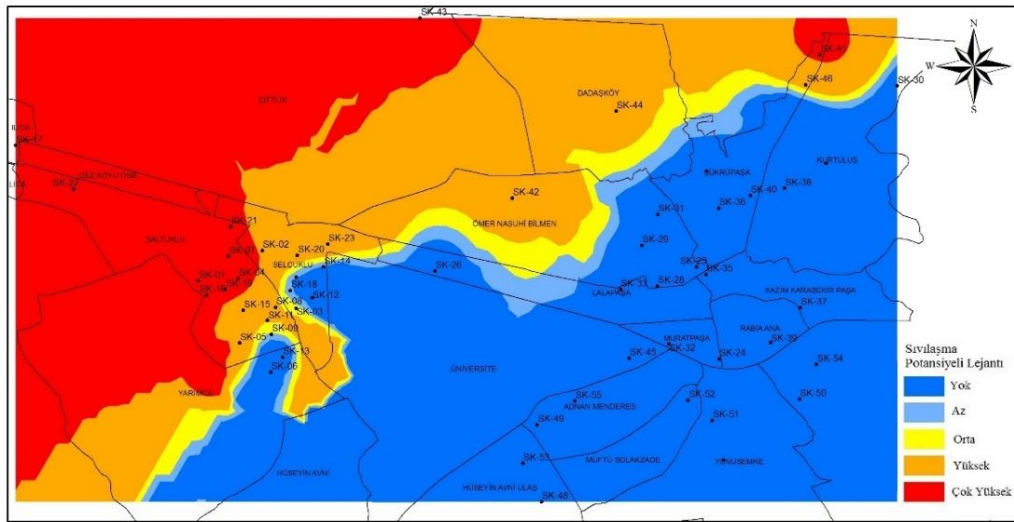


**şekil 4.74** M=6,5 deprem büyüklüğünde Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre sıvılaşma potansiyeli haritası



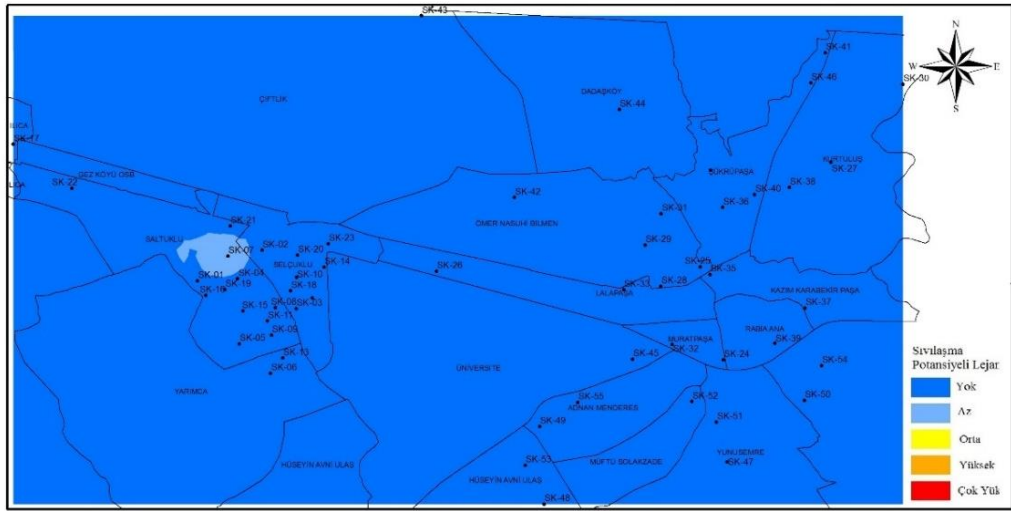


**Şekil 4.75** M=7,0 deprem büyüklüğünde Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre sıvılaşma potansiyeli haritası

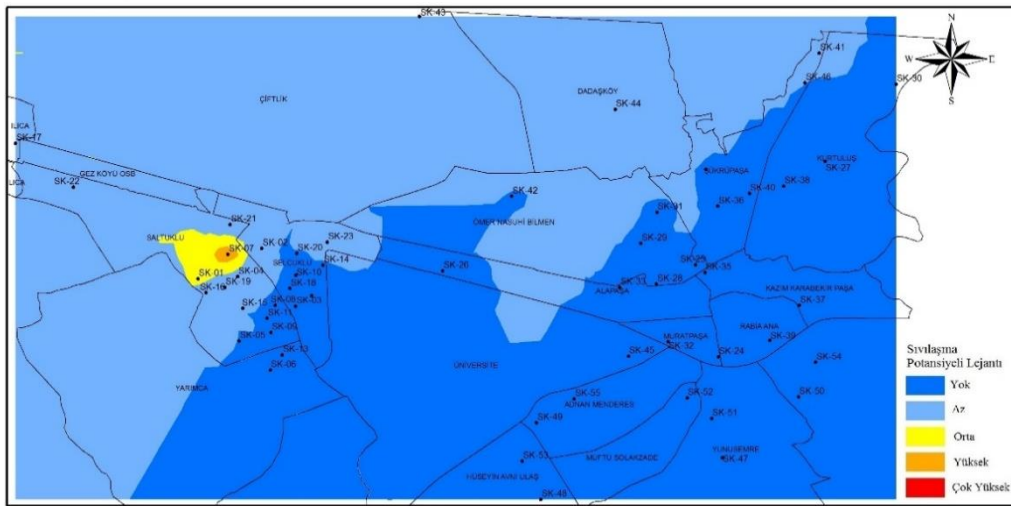


**Şekil 4.76** M=7,5 deprem büyüklüğünde Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre sıvılaşma potansiyeli haritası

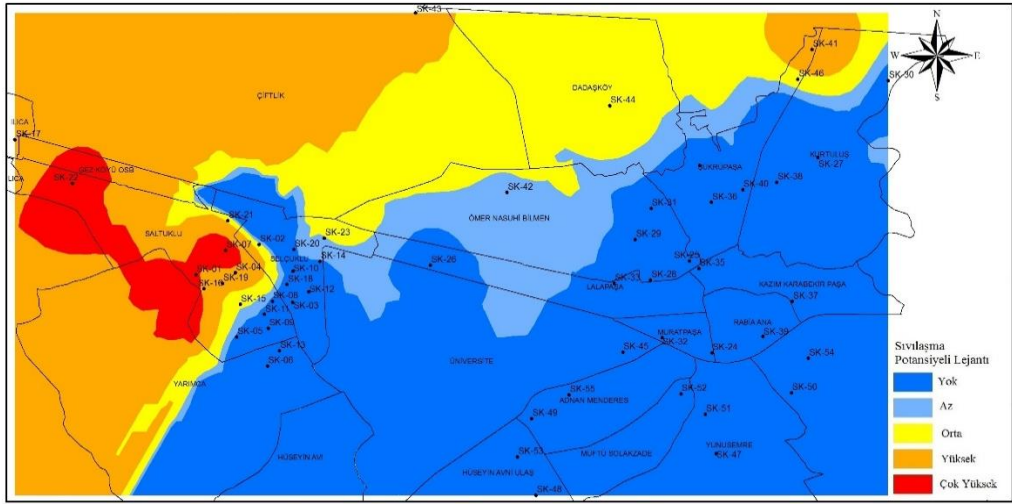
Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre hazırlanan sıvılaşma potansiyeli haritaları Şekil 4.77, Şekil 4.78, Şekil 4.79 ve Şekil 4.80'de gösterilmiştir.



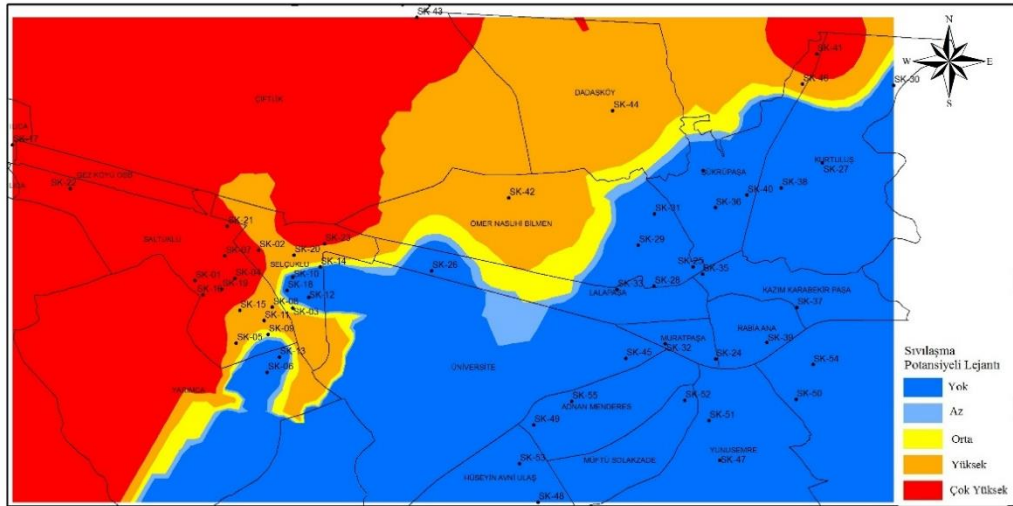
**Şekil 4.77** M=6,0 deprem büyüklüğünde Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre sıvılaşma potansiyeli haritası



**Şekil 4.78** M=6,5 deprem büyüklüğünde Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre sıvılaşma potansiyeli haritası



**Şekil 4.79** M=7,0 deprem büyüklüğünde Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre sıvılaşma potansiyeli haritası

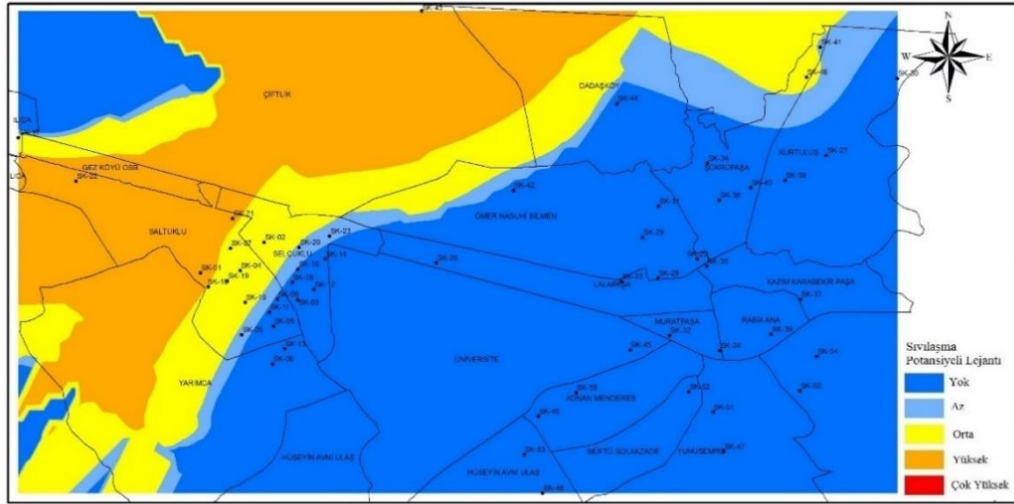


**Şekil 4.80** M=7,5 deprem büyüklüğünde Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre sıvılaşma potansiyeli haritası

Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre hazırlanan sıvılaşma potansiyeli haritaları Şekil 4.81 ve Şekil 4.82’de gösterilmiştir.



Şekil 4.81 M=7,0 deprem büyüklüğünde Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre sıvılaşma potansiyeli haritası



Şekil 4.82 M=7,5 deprem büyüklüğünde Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre sıvılaşma potansiyeli haritası

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma Erzurum'un merkez ilçeleri olan Aziziye, Yakutiye ve Palandöken ilçelerindeki zeminlerin deprem etkisi altındaki sıvılaşma potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışma kapsamında 55 sondaj kuyusunda yapılmış toplam 536 adet SPT deneyi verisi incelenmiştir. Ayrıca deneyler sırasında alınan zemin numuneleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri incelenerek bu zeminlerin geoteknik özellikleri tespit edilmiştir. Sıvılaşma analizleri Seed ve Idriss (1971), Tokimatsu ve Yoshimi (1983) ve Iwasaki vd. (1981) yöntemleri kullanılarak 6,0, 6,5, 7,0, 7,5 büyüklüğündeki senaryo depremler baz alınarak yapılmıştır.

Bu yüksek lisans çalışmasından elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

✓ Aziziye ilçesinde yapılan çalışmalarda, sondaj kuyularındaki zeminlerin genel olarak kumlu ve siltli yapıya sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu ilçede Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre yapılan analizlerde, 6,0 şiddetindeki depremde hiçbir sondaj kuyusunda sıvılaşma riskinin ortaya çıkmadığı sonucuna varılmıştır. 6,5 şiddetindeki depremde SK-01, SK-17, SK-22 sondaj kuyularında potansiyel sıvılaşma riski, SK-07 sondaj kuyusunda ise sıvılaşma tespit edilmiştir. 7,0 şiddetindeki depremde potansiyel sıvılaşma riski SK-08, SK-11, SK-20 sondaj kuyularında görülürken; SK-1, SK-2, SK-4, SK-7, SK-14, SK-15, SK-16, SK-17, SK-19, SK-21, SK-22 ve SK-23 sondaj kuyularında sıvılaşmanın meydana gelebileceği belirlenmiştir. 7,5 şiddetindeki depremde yer altı su seviyesi tespit edilen tüm sondaj kuyularında sıvılaşmanın varlığı söz konusudur.

✓ Aziziye ilçesinde Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre yapılan analizlerde, 6,0 şiddetindeki depremde SK-01 sondaj kuyusunda potansiyel sıvılaşma riski varken, SK-07 sondaj kuyusunda sıvılaşmanın meydana gelebileceği tespit edilmiştir. 6,5 şiddetindeki depremde SK-02, SK-21, SK-23 sondaj kuyularında potansiyel sıvılaşma riski; SK-01, SK-04, SK-07, SK-16, SK-17, SK-19, SK-22 sondaj kuyularında ise sıvılaşmanın meydana gelebileceği tespit edilmiştir. 7,0

şiddetindeki depremde SK-03, SK-08, SK-09 sondaj kuyularında potansiyel sıvılaşma riski; SK-01, SK-02, SK-04, SK-05, SK-7, SK-11, SK-14, SK-15, SK-16, SK-17, SK-19, SK-20, SK-21, SK-22, SK-23 sondaj kuyularında ise sıvılaşmanın meydana gelebileceği tespit edilmiştir. 7,5 şiddetindeki depremde yer altı su seviyesi tespit edilen tüm sondaj kuyularında sıvılaşmanın varlığı söz konusudur.

✓ Aziziye ilçesinde Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre yapılan analizlerde 6,0 ve 6,5 şiddetindeki depremlerde hiçbir sondaj kuyusunda sıvılaşma riski olmadığı sonucuna varılmıştır. 7,0 şiddetindeki depremde SK-01, SK-04, SK-19, SK-21, SK-22 sondaj kuyularında potansiyel sıvılaşma riski tespit edilmiştir. 7,5 şiddetindeki depremde SK-03, SK-05, SK-08, SK-11 sondaj kuyularında potansiyel sıvılaşma riski görülürken SK-01, SK-02, SK-04, SK-7, SK-15, SK-16, SK-17, SK-18, SK-19, SK-20, SK-21, SK-22, SK-23 sondaj kuyularında ise sıvılaşmanın meydana gelebileceği tespit edilmiştir.

✓ Aziziye ilçesinin sıvılaşma analizlerinin her üç yönetime göre yapılmasının ardından, Yakutiye ilçesinin sıvılaşma analizlerine geçilmiştir. Yakutiye ilçesinde yapılan sondaj çalışmalarında kumlu zeminler yanında kil zeminlere de rastlanılmıştır.

✓ Yakutiye ilçesinde Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre yapılan analizlerde 6,0 şiddetindeki depremde hiçbir sondaj kuyusunda sıvılaşma riskinin meydana gelmediği sonucuna varılmıştır. 6,5 şiddetindeki depremde SK-01, SK-17, SK-22 sondaj kuyularında potansiyel sıvılaşma riski, SK-07 sondaj kuyusunda ise sıvılaşma tespit edilmiştir. 7,0 şiddetindeki depremde potansiyel sıvılaşma riski SK-08, SK-11, SK-20 sondaj kuyularında görülürken; SK-1, SK-2, SK-4, SK-7, SK-14, SK-15, SK-16, SK-17, SK-19, SK-21, SK-22 ve SK-23 sondaj kuyularında sıvılaşmanın meydana gelebileceği tespit edilmiştir. 7,5 şiddetindeki depremde yer altı su seviyesi tespit edilen tüm sondaj kuyularında sıvılaşma olabileceği sonucuna varılmıştır.

✓ Yakutiye ilçesinde Tokimatsu ve Yoshimi (1983) yöntemine göre yapılan analizlerde 6,0 şiddetindeki depremde hiçbir sondaj kuyusunda sıvılaşmanın meydana gelmeyeceği sonucuna varılmıştır. 6,5 şiddetindeki depremde SK-43, SK-46, sondaj kuyularında potansiyel sıvılaşma riski; SK-41, SK-44 sondaj kuyularında

ise sıvılaşma tespit edilmiştir. 7,0 ve 7,5 şiddetindeki depremde yer altı su seviyesi tespit edilen tüm sondaj kuyularında sıvılaşmanın varlığı söz konusudur.

✓ Yakutiye ilçesinde Iwasaki vd. (1981) yöntemine göre yapılan analizlerde 6,0 ve 6,5 şiddetindeki depremde hiçbir sondaj kuyusunda sıvılaşmanın meydana gelmeyeceği sonucuna varılmıştır. 7,0 şiddetindeki depremde SK-43 sondaj kuyusunda potansiyel sıvılaşma riski tespit edilmiştir. 7,5 şiddetindeki depremde SK-41, SK-43, SK-44, SK-46 sondaj kuyularında sıvılaşmanın meydana gelebileceği tespit edilmiştir.

✓ Palandöken ilçesinde yapılan çalışmalarda sondaj kuyularındaki zeminlerin genel olarak GW-GM türü zeminlerden oluştuğu gözlemlenmiştir. Sondaj kuyularında yer altı su seviyesi tespit edilmediği için bu alanlarda sıvılaşma riskinin olmadığı tespit edilmiştir.

✓ Sıvılaşma potansiyeli haritaları incelendiğinde, Seed ve Idriss (1971) ve Tokimatsu ve Yoshimi (1983) tarafından önerilen yöntemlerin birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Iwasaki vd. (1981) yönteminde sıvılaşma potansiyelini diğer yöntemlere göre daha azdır.

✓ Bu çalışma sonucunda Erzurum ili düzlük alanlarındaki bazı suya doymuş zeminlerde sıvılaşma tespit edilmiştir. Bu alanlarda inşa edilecek yapıların risk altında olabileceği sonucuna varılmıştır. Yapılaşmanın sıvılaşma riski olmayan alanlara doğru yönlendirilmesi bu riskleri ortadan kaldıracak bir yöntemdir.

Bu konuda yapılabilecek araştırmalara ışık tutması amacıyla verilebilecek öneriler aşağıda sıralanmaktadır:

✓ Suyu doymuş zeminler üzerinde yapı inşası durumunda, bu alanlardaki etüt çalışmaları daha hassas yapılmalıdır. Gerekirse birden fazla yaklaşımdan faydalanılarak sıvılaşma analizleri gerçekleştirilmelidir. Analiz sonuçlarına göre gerek görülmesi durumunda zemin iyileştirmeleri yapılmalıdır.

✓ Etüt çalışması yapan firmalar, ekipman ve teknik yönden sürekli kontrol edilmelidir. Bu kontrollerin ise ortak bir mevzuata göre yapılması gerekir. Böylece

daha sağlıklı deney sonuçları elde edilebilecek ve ulusal düzeyde bir standart oluşması sağlanmış olacaktır.

✓ Devirsel gerilme oranı yaklaşımına göre yapılacak sıvılaşıma analizinde, maksimum yeryüzü ivmesi ( $a_{maks}$ ) değeri hesaplanırken gerçeğe yakın sonuçlara ulaşılmasına özen gösterilmelidir. Bu değışkenin olası değerlerden yüksek hesaplanması durumunda ihtiyaç olmayan zemin iyileştirme çalışmalarının yapılmasına, olası değerlerden düşük hesaplanması durumunda ise ölümcül sonuçlara sebep olabilecektir.





## KAYNAKLAR

- Akkaş, Ü., 2006 Sıvılaşma Potansiyeli ve Etkilerinin Azaltılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Andrews, D. C. A. and Martin, G. R., 2000. Criteria for liquefaction of silty soils. 12<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, Proceedings, Auckland, New Zealand.
- Asiabi, S. 2010. İran-Ardebil Şehrinin Sıvılaşma Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aslan, R. 2010 Investigation Of The Liquefaction Potential Of Gebze Wastewater Treatment Plant (Kocaeli) Soils, Master Thesis, Ankara University, Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Geological Engineering, Ankara.
- Bray J., Sancio R.B., Durgunoglu T.; Onalp A., Youd, T.L., Stewart J.P., Seed R. B., Cetin K. O, Bol E., Baturay M.B., Christensen C., and Karadayılar, T., 2004. Subsurface characterization at ground failure sites in Adapazari, Turkey. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Asce*, 130 (7): 673-685.
- Celep, Z., Kumbasar, N. 2001. Yapı Dinamiği, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Casagrande, A.,1936. Characteristics of Cohesionless Soils Affecting the Stability of Earth Fills, *Journal of Boston Society of Civil Engineers*, Reprinted in *Contributions the Soil Mechanics, Journal of Boston Society of Civil Engineers*, 1925-1960.
- Çavuş U. Ş., 2004. Deprem Sebebiyle Zeminlerin Sıvılaşma Potansiyelinin Bulanık Mantık Modellemesi (Fuzzy Logic Modelling) ile Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

- Clayton, C. R. I., Matthews, M. C. ve Simons, N. E. (1995). “Geoteknik Saha İncelemesi (Çetin, H., Kayabalı, K. ve Arman, H., Çev)” Gazi Kitabevi, Ankara (2005).
- Coduto, D. P. (2000). “Foundation Design: Principles and Practices” 2<sup>nd</sup> edition, Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Day, R., W., 2002. Earthquake Engineering Handbook, McGraw-Hill, USA, 600 s.
- Dere, A., 2009. Yapay Sınır Ağları Yöntemi ile Sıvılaşma Analizi ve Adapazarı için Örnek Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Doğan, H. M., 2015. Sismik Sıvılaşma Mekanizması ve Buna Bağlı Oluşan Deformasyonların İncelenmesi: Adapazarı Bölgesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Erol, A. O., ve Çekinmez, Z. 2016. Geoteknik Mühendisliğinde Saha Deneyleri, Yüksel Proje Yayınları, Ankara.
- Eskişar, T., 2002. Teori, Tahkik Yöntemleri ve Önlemler Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Güngör, L., 2007. İzmir- Mavişehir Kuzey Üst Bölgesi Kapsamındaki Sıvılaşma Riskinin Teorik ve Uygulamalı Olarak Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Hasançebi N., 2011. Sıvılaşmayla İlişkili Yanal Yayılma Yer Değiştirmesinin Kestirimi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Idriss, I. M. (1995). H. B. Seed Memorial Lecture, University of California, Berkeley.
- Iwasaki, T., Tokida, K., Tatsuoka, F., 1981. “Soil Liquefaction Potential Evaluation with Use of the Simplified Procedure”, Proceedings, International Conference of Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Liquefaction, 209-214

- Iwasaki, T., et al. 1978. A practical method for assessing soil liquefaction potential based on case studies at various sites in Japan, Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Conf. on Microzonation, San Francisco, Vol.2, pp. 885-896
- Iwasaki, T., Tokida, K., Tatsuoka, F., Watanabe, S., Yasuda, S. and Sato, H. 1982. Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods. Proceedings of 3rd International Conference on Microzonation, Seattle, USA, Vol. 3, 1319-1330.
- Ishihara, K., 1985. Stability of Natural Deposits During Earthquakes, Proceedings of the Eleventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 11, 321-376.
- Kayen, R. E., Mitchell, J.K., Seed, R. B., Lodge, A., Nishio, S. and Coutinho, R., 1992. Evaluation of SPT, CPT and Shear Wave-Based Methods for Liquefaction Potential Assessment Using Loma Prieta Data, Proceedings, 4th US-Japan Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction, 1, 177-204.
- Kayserili A., 2011 Erzurum Şehrinin Coğrafyası (Maddi Kültür Öğelerin Göre), Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Karanlık, S. 2006. Hatay Altinkoy Çevresinin Zemin Sıvılaşma Riskinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kramer, S., L., 1996. Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey
- Koç, G., 2007. Gölcük ve Çevresinin Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Liao, S.S.C. and Whitman, R. V., 1986. Overbuden Correction Factor for SPT in Sand, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 112, 3, 373-377.
- MTA-1, 1/25.000 ölçekli yenilenmiş diri fay haritaları Erzurum NJ 37-4 paftası Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.

- MTA-2, 2004, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2004 Aşkale(Erzurum) Depremleri Değerlendirme Raporu, Ankara.
- Mogami, T. and Kubo, K., 1953. The Behaviour of Soil During Vibration Proceedings of the Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 152-153.
- Mollamahmutoğlu, M. ve Babuçcu, F., 2006. Zeminlerde Sıvılaşma Analiz ve İyileştirme Yöntemleri, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Onur, M. İ., 2007. Dinamik Etkiler Altında Zemin Deformasyonunun İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Obermeier, S. F. 1996. "Use of liquefaction-induced features for paleoseismic analysis" Engineering Geology, 44, 1-76.
- Okashi, Y., 1970. "Effects of sand compaction on liquefaction during Tokachioki Earthquake. Soils and Foundations", JSSMFE, 10(2): 112-128.
- Özsoy, S. P., 2012 Antalya- Kundu bölgesindeki Zeminlerin Mühendislik Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Penirci, O., Demirtaş, R., Yağyemez, B., Uğraş, M., Erzurum İli Büyükşehir Belediyesi Yerleşim Alanının 1/5000 ölçekli Nazım İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu ,2010. Erzurum.
- Pınar N. ve Lahn, E., 1952. Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu. Bayındırlık Bakanlığı, Yapı ve İmar İşleri Reisliği, 36 (6).
- Polito, C.P., 1999. The effects of non-plastic and plastic fines on the liquefaction of sandy soils. Ph.D. Dissertation, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, 274 p.
- Reynolds, J. M., 1997. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, Reynolds Geo-Sciences Ltd, UK.

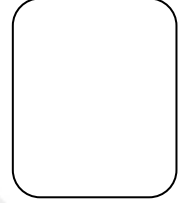
- Sanglerat, G., 1982. *The Penetrometer and Soil Exploration*, Elsevier, 388 Amsterdam.
- Seed, H. B. (1979). 'Soil liquefaction and cyclic mobility evaluation for level ground during earthquakes. *J. Geotech. Engrg. Div.*, ASCE, 105(2), 201–255.
- Seed, H.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F., ve Chung, R.M. 1985. Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations. *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, Vol.111, No.12, 1425-1445
- Seed, H., B. ve Idriss, I., M., 1971. Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Div.*, ASCE, 97, 9, 1249-1273.
- Seed, H. B., and Idriss, I. M., 1981, "Evaluation of Liquefaction Potential of Sand Deposits Based on Observations of Performance in Previous Earthquakes", Preprint 81-544, ASCE National Convention, St. Louis, Missouri, USA
- Seed R.B., Çetin K.Ö., Moss R.E.S., Kammerer A.M., WU J., Pestana J. M., Riemer M.F., Sancio R.B, Bray J.D., Kayen R.E., and Faris A., 2003. Recent advances in soil liquefaction engineering: a unified and consistent framework. 26<sup>th</sup> Annual ASCE Los Angeles Geotechnical Spring Seminar, California.
- Seed, H.B., Lee, K.L., (1966). Liquefaction of saturated sands during cyclic loading. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, ASCE, 92 (SM6): 105-134.
- Sönmez H, Gökçeoğlu G, 2005. A liquefaction severity index suggested forengineering practice. *Environ Geology* 48:81-91
- Sönmez, B., 2006. Kocaeli Körfezi Güney Kıyısında Sıvılaşma Potansiyelinin ve Kapak Zemini Kalınlığını Yüzey Deformasyonlarına Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şen, G., 2010 Sıvılaşma Riskinin Belirlenmesinde Genetik Algoritma Yaklaşımı, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

- Sen, G. ve Akyol, E., 2010. Genetic Algorithm Approach for Liquefaction Potential Assessment of Sandy Soils, Natural Hazards and Earth System Sciences, 10, 4, 685-698.
- Şaylan, S. F., 2006. Erzincan Ovasının Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tonaroğlu, M., 2006. Sıvılaşmanın Nümerik Yöntemlerle Modellenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Topçu, M. İ., 2015 Kargı (Çorum) Hidroelektrik Santrali İnşaatından Kaynaklanan Sıvılaşma Riskinin Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Tokimatsu, K. and Yoshimi, Y., 1983. Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on SPT N-value and Fines Content, Soil and Foundations, 23, 4, 56-74.
- Toy, E., 2016. 2011 Van Depreminden Etkilenmiş Bir Yapının Farklı Kabullerle Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Karşılaştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Telford, W. M., Geldart L. P. and Sheriff, R. E., 1990. Applied Geophysics, Second Edition, Cambridge University Pres.
- Ural, N., 2008 İnce Daneli Zeminlerde Kil Oranının Sıvılaşmaya Etkisi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Url-1 2017 <http://www.erzurum.gov.tr/cografi-yapi>
- Url-2 2018 <https://deprem.afad.gov.tr/tarihseldepremler>
- Url-3 2018 <https://deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu>
- Uyanık, O., 2002 Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Ünüçok B., 2007. Soğrulma ve Dispersiyonun Yüzey Dalgalarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ulusay, R., Aydan, Ö., Kumsar, H., ve Tuncay, E., 2000 Liquefaction Phenomenon in the Earthquakes of Turkey, Proceedings of the 12<sup>th</sup> World Conferance on Earthquake Eng., New Zealand.
- Ulusay, R., Tuncay E., Sönmez H. And Gokceoglu, C. 2004. An attenuation relationship based on Turkish strong motion data and iso-acceleration map of Turkey. Engineering Geology, Vol. 74, 3-4, Pages 265-291
- Uzuner, B.A., 2007. Temel Zemin Mekaniği, Derya Kitabevi, Trabzon.
- Wang, W.S., 1979, Some Findings in Soil Liquefaction, Research İnstitute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Beijing, China.
- Yalçın, A., Gokceoglu, C. and Sönmez, H., 2008. Liquefaction Severity Map for Aksaray City Center (Central Anatolia, Turkey), Nat. Hazards Earth Syst. Sci, 8, 641-649.
- Yatman, Z. Ö., 2006. Sıvılaşma Sonucu Oluşan Zemin Yetersizliklerinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Youd, T.L., 1984 Geological effects-liquefaction and associated ground failure. Geological and Hydrogeological Hazzards Training Program United States Geological Survey Open File Report, pp. 210-232, USA.
- Youd, T. L., Idriss, I. M., Andrus, R. D., Arango, I., Castro, G., Christian, J. T., Dobry, R., Liam Finn, W. D., Harder, L. F., Jr., Hynes, M. E., Ishihara, K., Koester, J. P., Laio, S. S. C., Marcuson, W. F., III, Martin, G. R., Mitchell, J. K., Moriwaki, Y., Power, M. S., Robertson, P. K., Seed, R. B. and Stokoe, K. H., 2001. Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 127, 10, 817-833.

## ÖZGEÇMİŞ

**Şerafettin ÖZTÜRKOĞLU**



1987 yılında İspir ilçesinde dünyaya geldi. Eğitim-Öğretimine Ayçukuru Köyü Birleştirilmiş Sınıflı İlköğretim Okulu'nda başladı. 2004 yılında Erzurum Lisesinden mezun oldu. 2010 yılında Atatürk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü lisans programını tamamladı. Çalışma hayatına Erzurum Büyükşehir Belediyesi'nde devam etmektedir. Evli olup Tahir ve Meriç adında ikiz çocukları vardır.