

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**KAYMA DALGA HIZI VE BASİTLEŞTİRİLMİŞ
PROSEDÜRE BAĞLI KARŞILAŞTIRMALI OLARAK SIVILAŞMA
DİRENÇ DEĞERLENDİRMESİ**

Onur UYAR

Danışman

Yrd.Doç.Dr. Osman UYANIK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

ISPARTA – 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1.GİRİŞ.....	1
2.SIVILAŞMA.....	6
2.1.Sıvılaşmanın Neden Olduğu Deformasyon Durumları Ve Yapılara Etkileri.	7
2.1.1. Taşıma Gücünün Kaybı.....	7
2.1.2.Akma Göçmeleri.....	8
2.1.3.Yanal Yayılma.....	9
2.1.4. Yerin Salınımı.....	9
2.1.5. Kum Fıskırmaları.....	10
3. SIVILAŞMA POTANSİYELİ ANALİZ YÖNTEMLERİ	11
3.1.Sıvılaşma oluşumu için kuramsal temeller.....	11
3.1.1.Deprem ivmesi.....	11
3.1.2.Birim Hacim Ağırlığı.....	12
3.1.3.Depremin Hakim Titreşim Periyodu.....	13
3.1.4.Toplam ve Efektif Düşey Gerilme.....	14
3.1.5.Gerilme Azaltma Katsayısı.....	15
3.1.6. Magnitüd Skala Faktörü.....	16
3.2.Standart Penetrasyon Teste(Spt-N)Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi...	17
3.2.1. Standart Penetrasyon Deneyi.....	17
3.2.1.1.Standart Penetrasyon Deney Sonuçlarını Etkileyen Faktörler.....	20
3.2.2.Youd ve diğ.(2001)'e göre Standart Penetrasyon Teste Bağlı	
Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi.....	25
3.2.2.1.Tekrarlı Gerilme Oranı (CSR).....	25
3.2.2.2 Tekrarlı Direnç Oranı (CRR).....	26

3.3.Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi.....	29
3.3.1. Sismik Kayma Dalga Hız Belirleme Yöntemleri.....	29
3.3.2.Uyanık, (2002)'ye Göre Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi.....	31
3.3.2.1Kayma Gerilme Oranı (KGO).....	31
3.3.2.2.Kayma Direnç Oranı.....	32
3.3.2.3.Efektif Düşey Gerilme İle Düzeltilmiş Kayma Dalga Hızı.....	33
3.4. Sıvılaşma Analizleri İçin Güvenlik Faktörü.....	34
4. ÇALIŞMA ALANI VE SAHA VERİLERİNİN ÖZELLİKLERİ.....	35
4.1.Çalışma Alanının Tanıtılması.....	35
4.2.İnceleme Alanının Jeolojisi.....	36
4.3. Tektonik Durum.....	37
4.3.1.Normal Faylar.....	38
4.3.2.Doğrultu Atımlı Faylar.....	38
4.3.3.Bindirmeler.....	38
4.4.Depremsellik.....	38
4.5.Jeoteknik Çalışmalar.....	39
5.DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR.....	41
5.1.JeoteknikDeğerlendirme.....	41
5.2.Sıvılaşma Analiz Değerlendirmeleri.....	50
5.3.Sonuçlar.....	80
6.KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	85
EKLER	86
EK-1.....	87
EK-2.....	88

ÖZET**KAYMA DALGA HIZI VE BASİTLEŞTİRİLMİŞ PROSEDÜRE BAĞLI
KARŞILAŞTIRMALI OLARAK SIVILAŞMA DİRENÇ
DEĞERLENDİRMESİ****Onur UYAR**

Bu tez çalışmasında, öncelikle sıvılaşma davranışının mekanizması, sıvılaşmaya etki eden faktörler, sıvılaşmanın yol açtığı zemin yenilme durumları ve yapılar üzerindeki etkilerine özetle değinilerek sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik Kayma dalga hızı (V_s) ve arazide elde edilen SPT (N) deney sonuçlarından yararlanan sıvılaşma tahkik yöntemleri açıklanmıştır. Veri olarak Bursa-İnegöl bölgesinde daha önceden yapılmış jeoteknik etüt raporunda yer alan Sismik Kırılma, Düşey Elektrik Sondaj ve Mekanik Sondaj çalışmalarından elde edilen veriler yeniden değerlendirilmiştir. Bu veriler ilişkilendirilerek jeoteknik kesitler oluşturulmuştur. Bu kesitlerden yeraltı su tablasının altında kalan zeminlerin bulunduğu tabakaların V_{s_d} ve SPT (N_1)₆₀ değerlerine bağlı sıvılaşma analizleri karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Sonuç olarak bölgenin sıvılaşma risk haritaları ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler : Sıvılaşma, Kayma Gerilme Oranı, Kayma Dalga Hızı.

ABSTRACT**EVALUATING COMPARATIVE LIQUEFACTION RESISTANCE DEPEND
ON SHEAR WAVE VELOCITY AND SIMPLIFIED PROCEDURES****Onur UYAR**

In this thesis study primarily liquefaction mechanism, the factors which are effected the liquefaction, renawal condition of soil which are results of liquefaction and effects on the strecture were summarized. The whole data were evaluated according to liquefaction analyses which developed depend on Shear Wave Velocity (V_s) and standart penetration test ($SPT(N_1)_{60}$). The data which are needed for liquefaction analyses were collected from Bursa-inegöl region. The datas were reassessment which obtained seismic cross-sections, vertical electric sondings and mechanic drilling studies have made in Bursa-İnegöl region. These geotehcncial sections were composed by making relations. Liquefaction was analysed by comparing the value V_{s_c} and $SPT (N_1)_{60}$ of the layers which are under the ground water table. According to the liquefaction potential maps of Inegol town, a large side has potential liquefaction risk.

Keywords : Liquefaction, Shear Stress Ratio, Shear Wave Velocity.

TEŞEKKÜR

Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans programı çerçevesinde hazırladığım bu tez çalışmada başladığım günden bu yana her türlü özveriye gösterip, daima yapıcı eleştirilerde bulunan, bilim dışındaki her türlü konuda yardım ve fikirlerini esirgemeyen değerli danışmanım Yrd.Doç.Dr. Osman Uyanık'a, bilgi ve tecrübeleriyle katkılarında dolayı ve aynı zamanda tez izleme jürisinde yer alan Prof..Dr. Ergün Türker ve Prof..Dr. Tevfik İsmailov'a, bu çalışmayı destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi bilimsel araştırma projeleri yönetim birimine (1238-YL-06), tez çalışmada kullanılan verileri bana sağladıkları için İnegöl Belediyesine, yardımlarından dolayı T.Cem Destici, Olcay Çakmak ve emekleri geçen diğer tüm arkadaşlarıma, ayrıca ne kadar teşekkür etsem de borcumu ödeyemeceğim, maddi manevi desteklerini ömrü boyunca esirgemeyen en değerli varlığım canım annem Zübeyde Uyar, sevgili babam Resul Uyar ve diğer aile üyelerine teşekkür ederim.

Şekiller Dizini	Sayfa
Şekil 2.1.Sıvılaşma sonucu olarak taşıma gücü kaybına Marmara depreminden bir örnek	8
Şekil 2.2.Sıvılaşmanın yol açtığı akma türü kayma.....	8
Şekil 2.3.1998 Ceyhan–Misis depremde sıvılaşma sonucu oluşmuş yanal yayılma.....	9
Şekil 2.4 Yerin salınımı sonucu oluşan sıvılaşma deformasyonu.....	10
Şekil 2.5 Ceyhan depremi kum-krater dizisi.....	10
Şekil3.1 Esteva'nın odak uzaklığına göre dünya için verdiği en büyük ivmeler.....	10
Şekil3.2 Değişik magnitütlü depremlerin odak uzaklığına göre titreşim periyotları.....	13
Şekil 3.3.Farklı zeminler için derinliğe bağlı gerilme azaltma katsayıları.....	16
Şekil3.4.Standart numune alma kaşığı.....	18
Şekil3.5.Sismik kırılma dalgasının yayılım geometrisi.....	29
Şekil 3.6.Işının yeryüzüne geliş açısı i_c 'in hesaplanması.....	30
Şekil 4.1.Yer bulduru haritası.....	35
Şekil4.2.Çalışma alanı genel jeoloji haritası.....	36
Sekil 4.3.Türkiye deprem bölgeleri haritası.....	39
Şekil 5.1 Çalışma alanı y.a.s.s haritası.....	46
Şekil 5.2 Çalışma alanında elde edilen enine kayma dalga hızı(v_s) haritası.....	47
Şekil 5.3 Çalışma alanında elde edilen efektif düşey gerilmeye göre düzeltilmiş enine kayma dalga hızı(v_{sc}) haritası.....	47
Şekil 5.4 Çalışma alanında elde edilen SPT- N_{30} haritası.....	48
Şekil 5.5 Çalışma alanında elde edilen düzeltilmiş SPT--($N1$) $_{60}$ haritası.....	48
Şekil 5.6 Çalışma alanından elde edilen incelik içeriği(f_c) haritası.....	49
Şekil5.7. $a_{max}=0.2$ göre kayma gerilme oranı ile düzeltilmiş kayma dalga hızı arasındaki ilişki.....	61
Şekil 5.8 $a_{max}=0.3$ göre kayma gerilme oranı ile düzeltilmiş kayma dalga hızı arasındaki ilişki.....	62
Şekil 5.9 $a_{max}=0.4$ göre kayma gerilme oranı ile düzeltilmiş kayma dalga hızı arasındaki ilişki.....	62
Şekil 5.10 $a_{max}=0.426$ göre kayma gerilme oranı ile düzeltilmiş kayma dalga hızı arasındaki ilişki.....	63
Şekil 5.11 $a_{max}=0.2$ göre tekrarlı gerilme oranı ile düzeltilmiş kayma dalga hızı arasındaki ilişki.....	63

Şekiller Dizini	Sayfa
Şekil 5.12 $a_{max}=0.3$ göre tekrarlı gerilme oranı ile düzeltilmiş kayma dalga hızı arasındaki ilişki.....	64
Şekil 5.13 $a_{max}=0.4$ göre tekrarlı gerilme oranı ile düzeltilmiş kayma dalga hızı arasındaki ilişki.....	64
Şekil 5.14 $a_{max}=0.426$ göre tekrarlı gerilme oranı ile düzeltilmiş kayma dalga hızı arasındaki ilişki.....	65
Şekil 5.15 $a_{max}=0.2$ göre devir gerilme oranı ile düzeltilmiş spt-n değeri arasındaki devir direnç ilişkisi.....	65
Şekil.5.16 $a_{max}=0.3$ göre devir gerilme oranı ile düzeltilmiş spt-n değeri arasındaki devir direnç.....	66
Şekil 5.17 $a_{max}=0.4$ göre devir gerilme oranı ile düzeltilmiş spt-n değeri arasındaki devir direnç ilişkisi.....	66
Şekil.5.18 $a_{max}=0.426$ göre devir gerilme oranı ile düzeltilmiş spt-n değeri arasındaki devir direnç ilişkisi.....	67
Şekil 5.19 Youd,(2001)'e göre $a_{max}=0.2$ için standart penetrasyona testine bağlı sıvılaşma potansiyel haritası.....	68
Şekil 5.20 Youd,(2001)'e göre $a_{max}=0.3$ için standart penetrasyona testine bağlı sıvılaşma potansiyel haritası.....	68
Şekil 5.21 Youd,(2001)'e göre $a_{max}=0.4$ için standart penetrasyona testine bağlı sıvılaşma potansiyel haritası.....	69
Şekil 5.22 Uyanık;(2002)'ye göre $a_{max}=0.2$ için kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma potansiyel haritası.....	70
Şekil 5.23 Uyanık;(2002)'ye göre $a_{max}=0.3$ için kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma potansiyel haritası.....	70
Şekil 5.24 Uyanık;(2002)'ye göre $a_{max}=0.4$ için kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma potansiyel haritası.....	71
Şekil5.25 Sönmez ve Gökçeoglu (2005)'nin İnegöl Bölgesi sıvılaşma risk haritası.....	72
Şekil 5.26 Youd,(2001)'e göre $a_{max}=0.426$ için standart penetrasyona testine bağlı sıvılaşma potansiyel haritası.....	73
Şekil 5.27 Uyanık;(2002)'ye göre $a_{max}=0.426$ için kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma potansiyel haritası.....	74

Çizelgeler Dizini	Sayfa
Çizelge 3.1 Çeşitli araştırmacıların azalım ilişkisi bağıntıları.....	14
Çizelge 3.2 Farklı magnitüdü depremler için hakim titreşim periyotları.....	14
Çizelge 3.3 Standart numune alma kaşıklarının boyutları.....	18
Çizelge 3.4 Çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen düzeltme faktörleri.....	21
Çizelge 3.5 Tijlere enerji transferinde örsün etkisi.....	23
Çizelge 3.6 Bazı ülkelerdeki SPT uygulamaları için enerji oranları.....	24
Çizelge 3.7 Youd et.al, (2001) tarafından önerilen SPT düzeltmeleri.....	27
Çizelge 5.1 Çalışma alanının $a_{max}=0.2-03-04g$ ivme değerleriyle Youd et.al, (2001) metoduna göre karşılaştırılması.....	51
Çizelge 5.2 Çalışma alanının $a_{max}=0.2-03-04g$ ivme değerleriyle Uyanık, (2002) metoduna göre karşılaştırılması.....	53
Çizelge 5.3 Çalışma alanının $a_{max}=0.426g$ ivme değeriyle Youd et.al, (2001) metoduna göre karşılaştırılması.....	56
Çizelge 5.4 Çalışma alanının $a_{max}=0.426g$ ivme değeriyle Uyanık, (2002) metoduna göre karşılaştırılması.....	58
Çizelge 5.5 Çalışma alanının $a_{max}=0.2-03-04g$ ivme değerleriyle Youd et.al, (2001) ve Uyanık, (2002) metodlarına göre karşılaştırılması.....	74
Çizelge 5.6 Çalışma alanının $a_{max}=0.426g$ ivme değeriyle Youd et.al, (2001) ve Uyanık, (2002) metodlarına göre karşılaştırılması.....	77

1.GİRİŞ

Sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesiyle ilgili bugüne kadar çok sayıda çalışma yapılmıştır. Mühendislik açısından ilk kez 1964 yılında Japonya’da meydana gelen Niigata depreminden sonra önem kazanmıştır. Zeminlerde değişik türde duraysızlıkların gelişmesine neden olan sıvılaşma direnç değerlendirmeleri için H.B Seed ve I.M Idriss, özellikle gevşek ve kumlu çökellerin bulunduğu ve yer altı suyu tablasının sığ olduğu ortamlarda kullanılan basit bir yöntem geliştirmiş ve bu yöntem dünyanın bir çok bölgesinde kullanılır hale gelmiştir.

Sıvılaşma çalışmaları ile ilgili literatürde birçok araştırma bulunmaktadır. Bunlardan kısaca bahsedecek olursak;

İlk olarak Seed ve Lee, (1966)’da gevşek doygun zemin tabakalarının sıvılaşma durumlarını tanımlamak için laboratuvar deneylerinden üç eksenli basınç deneyini geliştirmişlerdir. Bu yöntemle tekrarlı yüklemeye maruz kalan zemin numunesinin hangi periyotda sıvılaşma durumunun meydana geleceği belirlenmektedir.

Yoshimi ve Oh-Oka, (1970)’de gevşek doygun kum zemin numunesinin sıvılaşma durumunu araştırmak için laboratuvar deneylerinden kesme deney yöntemini ortaya koymuşlardır. Bu yöntemde efektif düşey basınç yükünün sıfıra eşit olması ile oluşan sıvılaşma durumuna denk olan periyodik kayma gerilmesinin periyodu tespit edilmektedir.

Seed ve Idriss, (1971)’de zemin tabakalarında deprem etkisi ile oluşan kayma gerilmesinin belirlenmesinin gerekli olduğuna ve zemin tabakalarının sıvılaşma potansiyelini değerlendirmede kullanılan kayma gerilmesinin 0.65 oranında azaltılarak kullanılmasını önermektedirler. Bu yöntemde en büyük yatay yer ivmesinin tanımlandığı bir durum için basite indirgenmiş bir yaklaşımla analiz ve laboratuvarında periyodik gerilmelerin uygulandığı üç eksenli ve kesme deneyleri ile

saptanan gözlemleri, sismik aktivitenin yüksek olduğu gevşek doygun kumlu zeminlerin potansiyel sıvılaşma analizlerinde kullanmışlardır.

Seed ve Idriss, (1979)'da depremde oluşan sismik yükler sonucunda periyodik gerilme oranlarına maruz kalan yüksek penetrasyon direncine sahip kum tabakalarının sıvılaşma potansiyelini değerlendirmede, söz konusu zemin tabakaları üzerinde yapılan basit kesme deney sonuçları kullanılarak, sıvılaşmaya neden olan periyodik gerilme oranlarına karşılık gelen SPT N değerleri arasında elde edilen korelasyona dayanan bir yöntem kullanmışlardır. Bu korelasyonun alt sınırları birer eğri olup 6, 7.5, 8.25 magnetüdü depremler için belirlenmiştir. Bu eğrilerin altında kalan bölüme düşen noktaların sıvılaşmadığı ancak üstünde kalan noktaların sıvılaştığını ifade etmektedir.

Dobry ve diğ., (1981)'de sıvılaşmanın oluşabilmesi için kayma dalga hızlarını kullanarak sıvılaşma potansiyelini belirleyen gerekli başlangıç ivmesi yani eşik ivme kriterini belirlemişlerdir. Bu yöntem kayma dalga hızına, eşik ivmeye ve çeşitli zemin derinlikleri için grafiklenmiştir. Bu grafikte verilen eğrilerin eşik kayma şekil değiştirme değeri 0.0001 alınmış olup kayma modül oranı 0.8 kabulü yapılmıştır.

Ambraseys (1988)'de farklı deprem magnitüdüleri için standart penetrasyon direnci (SPT) ve ortalama tekrarlı gerilme oranı (CSR)'ni ilişkilendirmiştir. Ancak bu ilişkinin geçerli olabilmesi için sıvılaşan zemin çatlaklarında magnitüdüleri sırasıyla $M_w \geq 7,5$ ve $6 < M_w < 7,5$ depremleri boyunca, yatay temiz kum tabakalarının incelik içeriği ($FC \leq 0,005$) ve yalnız sığ çalışmaların arazi gözlemlerinden çıkartılmış efektif düşey gerilmenin ($\sigma'_{vo} \leq 1,2 \text{ kg/cm}^2$) ampirik kriter şartının sağlanması gerektiğini vurgulamıştır.

Tokimatsu ve Uchida, (1990)'da düzeltilmiş kayma dalga hızı ile tekrarlı gerilme oranı arasında sıvılaşma sınırı belirleyen bir ilişki belirlemişlerdir. Bu ilişki laboratuvarında periyodik yük 15, silt ve kil içeriği %10'dan az kumlarda periyodik üç eksenli test sonuçlarından bulunmuştur.

Robertson ve diğ., (1992)'de efektif düşey gerilmeye bağlı olarak düzeltilen dalga hızı ve tekrarlı gerilme oranı arasında sınıvlaşma sınırını belirleyen bir ilişki ortaya koymuşlardır. Bu ilişki birçok bölgeden elde edilen farklı magnetüdü depremler ve arazi verileri kullanılarak geliştirilmiştir. Farklı magnetüdü depremleri düzeltmek için Seed, (1979) tarafından önerilen magnitud skala faktörü kullanılmıştır.

Kayen ve diğ., (1992)'de kayma dalga hızlarını sismik penetrasyon testi ile ölçmüş ve efektif düşey gerilmeye göre düzeltmişlerdir. Geliştirilen ilişkinin verisi magnetüdü 7 olan Loma Prieta depremi esnasında farklı bölgelerdeki çalışmalardan elde edilen zeminin incelik içeriği %15-%57 arasında oluşturulmuştur.

Lodge, (1994)'de Kayen ve diğ., (1992)'nin çalıştığı bölgelerin yanısıra 1989 Loma Prieta depremi ile sarsılan diğer bölgeleri çalışmışlardır. Lodge çalıştığı bölgelerin tekrarlı gerilme oranlarını hesaplamış ve arazi deneylerinden SPT N değerini ölçmüştür. SPT N değerini efektif düşey gerilme ve enerji seviyesine göre düzeltmiştir. Ayrıca karşıt kuyu (Cross Hole) yöntemi ile kayma dalga hız ölçümleri yapmış ve efektif düşey gerilmeye göre kayma dalga hızını düzelterek tekrarlı gerilme oranı ile ilişkilendirerek sınıvlaşma sınırını analitik olarak belirlemiştir.

Türker, (1996)'da Burdur bölgesi civarında yaptığı sismik kırılma çalışmaları ile Imai ve Yoshimura, (1975)'deki kayma dalga hızı ile SPT N arasındaki ilişkiyi ve Seed ve Idriss, (1971) sınıvlaşma analizinin genel formatı kullanılarak kayma dalga hızına ve en büyük yatay yer ivmesine göre sınıvlaşma sınırı belirlemiştir. Bu ilişkiyi belirlerken kayma dalga hızına bir düzeltme uygulamamıştır.

Andrus ve Stokoe, (1997)'de farklı depremlerin sarstığı birçok bölgede yerinde kayma dalga hız ölçümleri ve incelik içerikli Holosen yaşlı zeminler için sınıvlaşma sınırı oluşturmuşlardır. Kayma dalga hızlarını efektif düşey gerilmeye göre düzeltmişlerdir. Bu araştırmacılar sınıvlaşan zeminde en büyük SPT $(N_1)_{60}$ değerini 30 kabul ederek en büyük kayma dalga hızını incelik içeriğine göre 204-220 m/s arasında belirlemiştir. Sınıvlaşma eğrisini belirlerken farklı magnetüdü deprem

verileri ortaya koymak için Youd ve diğ., (1997) tarafından geliştirilen magnitud skala faktörünü kullanmışlardır.

Andrus ve Stokoe, (2000)'de 1997 verilerine yeni veriler ekleyerek magnetüdü 5.9-8.3 arasındaki depremleri $M_w=7.5$ göre düzeltip verinin incelik içeriklerine göre sınılaşma sınır eğrisini kayma dalga hızı ve tekrarlı gerilme oranına bağlı olarak elde etmişlerdir.

Youd ve diğ., (2001)'de 21 araştırmacı ile birlikte sınılaşma analizi için SPT N değerine bağlı tekrarlı direnç oranını hesaplamada ortak bir karara vararak bağıntı geliştirmişlerdir. Bu bağıntının farklı magnetüdü depremlerde kullanılması için Idriss, (1995)'in magnetüd skala faktörünü revize ederek yeni bağıntı geliştirmişlerdir ve sınılaşma eğrisini oluştururken bu bağıntıların kullanılmasını önermişlerdir.

Son olarak Uyanık, (2002) de ise kayma dalga hız ölçümleri ve deprem dalgasının hakim periyodu kullanılarak sınılaşmayı oluşturan tekrarlı gerilme oranı tespit etmiş, bu oran ile H.B. Seed ve I.M. Idriss tarafından geliştirilen oran arasında iyi bir uyum olduğunu göstermiştir. Ayrıca R. Dobry tarafından önerilen tekrarlı kayma deformasyonu için, tekrarlı direnç oran değeri ile kayma dalga hızı arasında ampirik bir ilişkinin uygulanması sonucunda sınılaşma direnç eğrileri elde etmiştir.

Bu tez kapsamında İnegöl belediyesinde yaptırılan imar planına esas jeoteknik etüt raporu içerisinde yer alan toplam 70 adet Sismik Kırılma, 35 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 50 adet de Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj verisi kullanılmıştır. Ayrıca Laboratuar Deneyleri kapsamında Hidrometrik Analiz sonuçlarından faydalanılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen veriler yeniden değerlendirilmiş ve bu verilerin yorumlanmasıyla elde edilen jeoteknik kesitler oluşturulmuştur. Daha sonra bu kesitlerden yeraltı su tablasının altındaki tabakaların V_{sc} ve SPT $(N_1)_{60}$ değerlerine bağlı sınılaşma analizleri farklı ivme değerleriyle kayma dalga hızına bağlı Uyanık, (2002) ve standart penetrasyon testine bağlı Youd v.d, (2001) yöntemleri kullanılarak karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Ayrıca Sönmez

ve Gökçeoglu (2005)'nin daha önce bölgede yapmış olduğu standart penetrasyona bağlı sıvılaşma analizi bu tez çalışmasında aynı magnitüt ve ivme değerleri kullanılarak kıyaslanmıştır. Sonuç olarak bölgenin farklı ivme değerlerinden hesaplanan sıvılaşma risk haritaları ortaya konmuştur.

2.SIVILAŞMA

Depremlerin yarattığı ani gerilim artışları suya doygun gevşek zeminlerde dayanımın yok olmasına neden olabilmektedir. Efektif düşey basıncın sıfır olduğu bu koşullar altında zemin, deprem öncesinde gösterdiği katı zemin davranışı yerine sıvı gibi davranarak suyla birlikte yüzeye doğru hareketlenerek yüzeyden fışkırmaya başlar. Zeminin dinamik yükler sonucunda ortaya koyduğu bu olaya sıvılaşıma adı verilmektedir. Sıvılaşıma, esas itibariyle kumlu zeminlerde oluşur. Eğer bu zeminler gevşek bir yapıya sahipse ve yer altı suyu ihtiva ediyorsa, deprem anında katı bir cisim yerine viskoz sıvı gibi davranır. Bir zemin elemanının sıvılaşılabilesinde; zeminin gevşekliği, zemin tanelerinin depozit şekli, taneler arasındaki çimentolanma miktarı ve drenaj sınırlaması gibi değişik faktörler etkilidir. Kumlu zeminlerde sıvılaşıma gelişi güzel oluşmamaktadır. Bu işlemin olması, belli jeolojik ve hidrojeolojik çevre ile sınırlıdır. Yeraltısu seviyesinin yüksek olduğu ve jeolojik olarak yakın zamanda oluşmuş kumlu ve siltli depozitler; potansiyel olarak sıvılaştırılabilir alanları ihtiva etmektedir. Yani daha genç gevşek bir yapıya sahip yer altı su seviyesinin yüksek olduğu zeminler, sıvılaşıma yönünden riskli zemin tiplerini oluşturmaktadır.

Plastik olmayan siltlerin laboratuarda ve arazide sıvılaştığı gözlenmiş ve ince taneli zeminlerin sıvılaşıma duyarlılığını etkilemede sadece tane boyundan çok plastisite özelliklerinin önemli olduğu ortaya konmuştur(Ishihara, 1984; 1985). Kohezyonsuz ve plastik olmayan karakterdeki iri silt partikülleri tamamıyla sıvılaşımaya duyarlıdır(Ishihara, 1983). Daha ince siltlerin yassı veya levhamsı olanlarında sıvılaşımayı önlemeye yetecek kadar kohezyon vardır. Hassas killer sıvılaştıran zeminlerdekine benzer birim deformasyon yumuşaması gösterebilir de, kumlar kadar sıvılaşımaya karşı duyarlı değildir. Ancak Çin’de ve Japonya(Kobe) da yapılan gözlemler depremin neden olduğu sarsıntı sonucu ince taneli malzemelerin önemli düzeyde dayanımlarını yitirdiklerini göstermiştir(Wang, 1979). Bu tür zeminlerin özellikleri dört Çin ölçütü olarak aşağıda verilmiştir(Kramer, 1996 s385).

0.005 mm'den daha ince tane yüzdesi $\leq\%15$

Likit limit, $LL \leq \%35$

Doğal su içeriği $\geq 0.9 LL$

Sıvılaşma indisi ≤ 0.75

Gözenek basıncı sönmelenmesinin geçirimsiz katmanlarla engellenerek tamamıyla drenajsız şartlar oluştuğunda, çakıllı zeminlerde sıvılaşmaya duyarlı olabilmektedir(Kramer, 1996 s385). Sıvılaşma yönünden risk arz eden zeminler, Holosen'de (10000 yıldan daha az bir zaman içinde) oluşmuş delta, nehir yatağı, taşkın ovası depozitleri ile zayıf sıkıştırılmış dolguları içerir. Holosen'den önce depozit olmuş çok az zemin tipi, yakın zamanda oluşan depremlerde sıvılaşmıştır.

2.1. Sıvılaşmanın Neden Olduğu Deformasyon Durumları ve Yapılara Etkileri

Sıvılaşmanın zeminlerde neden olduğu yenilme türleri ve etkileri benzer olduğu için bunların ayırt edilmesi güç olabilmekle birlikte, oluşum mekanizmaları farklıdır.

2.1.1. Taşıma Gücünün Kaybı

Yapıları oluşturan temel biriminde zeminin sıvılaşarak dayanımı kaybetmesi, zemin içerisinde büyük çapta deformasyona neden olur. Oluşan bu deformasyonlar yapıların oturmasına veya yan yatmasına neden olabilmektedir. Bunun tersine gömülü tanklar ve kazıklı temeller zeminin sıvılaşması ve dayanımını kaybetmesi durumunda yüzeye doğru yükselebilirler.

Bu tip duraysızlıklar 1999 Marmara depreminde Adapazarı şehir merkezinde açık olarak görülmüştür. Bu il merkezindeki zeminin taşıma gücünün kaybı; dengeli yapılarda gömülmeye ve düzensiz yapılarda ise yan yatmaya neden olmuştur(Şekil 2.1).

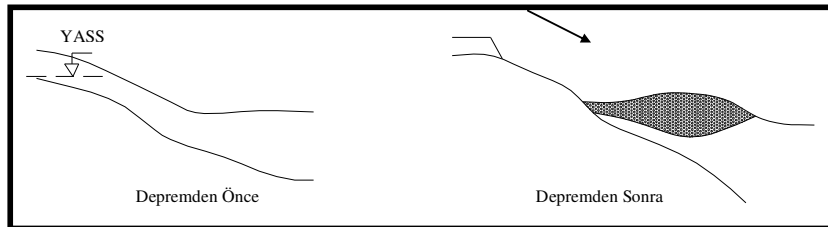


Şekil 2.1.Sıvılaştırma sonucu olarak taşıma gücü kaybına Marmara depreminden bir örnek

2.1.2.Akma Göçmeleri

Bu tür zemin hareketleri başlı başına sıvılaştırmanın neden olduğu en etkili duraysızlıklardır. Genellikle çok geniş zemin kütleleri çok kısa sürede ve saatte onlarca kilometreye ulaşan hızla eğimli yüzeyler boyunca kara veya su altında hareket edebilirler(Şekil 2.2). Akma tamamen sıvılaştırılmış bir zeminde gelişebileceği gibi sıvılaştırılmış bir zemin üzerinde bulunan daha sert bir malzeme ait blokların hareket etmesiyle de meydana gelebilirler. Genellikle eğimi 3^0 den büyük yamaçlardaki suya doymun gevşek kum veya siltlerde oluşmaktadır.

Bu zemin hareketleri marmara depreminin etkilediği bölgede göl ve deniz kıyılarında oluşarak yapıların sulara sürüklenmesine ve can kayıplarına yol açmıştır.



Şekil 2.2. Sıvılaştırmanın Yol Açtığı Akma Türü Kayma (Uyanık,2002)

2.1.3. Yanal Yayılma

Yanal yayılmalar alttaki bir tabakanın sıvılaşması sonucu yüzeyde sığ bloklar halinde ayrılarak yerçekimi kuvvetleri ve depremden kaynaklanan kuvvetlerin etkisi altında yanall yönde hareket etmesidir. Genellikle yataya yakın şevlere sahip zeminlerde oluşur ve nehir yatağı, göl gibi serbest yüzeye doğru gelişir(Şekil 2.3).

Yanal yayılmaların neden olduğu hasarlar ciddi sonuçlar yaratmaktadır. 1964 yılında Alaska depreminde yüzlerce köprü bu şekilde hasara uğramıştır. Yanal yayılmalar özellikle boru hatlarında yüksek tahribat yapmaktadır.



Şekil 2.3. 1998 Ceyhan depreminde sıvılaşma sonucu oluşmuş yanall yayılma

2.1.4. Yerin Salınımı

Bu salınım, şev eğiminin oldukça düşük ve yanall yönde yerdeğıştirmenin mümkün olduğu sıvılaşma oluşabilecek tabakalarda gözlemlenebilir. Mekanizması deprem salınımına bağılı olarak, sıvılaşabilir tabakadaki hareketten dolayı yüzeydeki zemin bloklarında da ileri geri hareketlenmeler şeklindedir. Blokların bu hareketi, dalgalarının hareketi gibi görünen yer salınımına neden olur. Bu salınımlar küçük ince çatlakların açılıp, kapanmasına neden olur ve genellikle temel zemininde oturmalar yaratır(Şekil 2.4). Zemindeki bu değışimler üstteki yapılarda, boru

hatlarında ve zemin içinde gömülü diğer yapılarda ciddi hasarların oluşmasına neden olur.



Şekil 2.4 Yerin salınımı sonucu oluşan sıvılaşma deformasyonu

2.1.5.Kum Fıskırmaları

Kratercikler ve bacalı-kum volkanları şeklinde görülür. Sıvılaşmış kum yüzeye doğru baca şeklinde çıkarken yüzey malzemesini(genellikle toprak seviyesini) bir yana hareket ettirir ve zemin yüzeyinde kratercik şeklinde çukurluklar oluşturur(Şekil 2.5). Baca açıldıktan sonra zemin yüzeyinde 1-3m çapta ve 1-2 m derinlikte çukurlar gelişebilir.



Şekil 2.5. 1998 Ceyhan –Misis depremi kum-krater dizisi

3. SIVILAŞMA POTANSİYELİ ANALİZ YÖNTEMLERİ

3.1.Sıvılaşma Oluşumu İçin Kuramsal Temeller

Sıvılaşma potansiyel analiz yöntemlerini açıklamadan önce sıvılaşma oluşumu için her iki yöntemde ortak olan kuramsal temelleri açıklamak yararlı olacaktır.

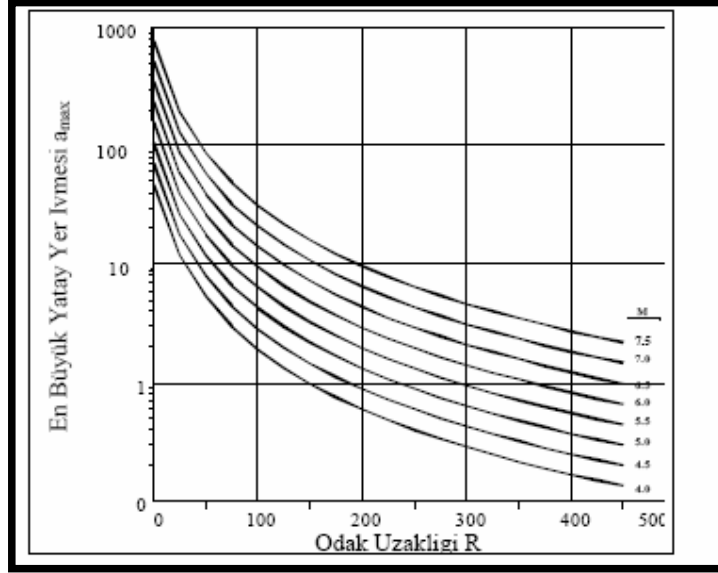
3.1.1 Deprem İvmesi

Her iki sıvılaşma analizinde de en önemli parametredir. Bir deprem sırasında oluşan zemin titreşimleri, deprem odağından çevresel olarak yayılır. Buna bağlı olarak etkinlikleri zemin koşullarında dikkate alınarak odaktan uzaklaştıkça azalacaktır. Magnitüd depremin büyüklüğü için geçerli bir ölçü olmakla birlikte, depreme dayanıklı yapıların projelendirilmesinde doğrudan doğruya kullanılamaz. Ancak sıvılaşma analizleri için deprem magnitüdü kullanılmaktadır. Bundan dolayı M magnitüdündeki bir depremin, R odak uzaklığındaki yeryüzünün bir noktasında yapacağı en büyük ivme değerini veren azalım ilişkilerine gerek duyulmaktadır. Depremle ilgili mühendislik hesaplarında yer ivmesinin öneminden dolayı bir çok araştırmacı yeryüzünün çeşitli bölgeleri için azalım ilişkileri geliştirmişlerdir. Çünkü deprem sırasında yapıyı etkileyen yanal yükler bu ivmenin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 3.1 Çeşitli Araştırmacıların Azalım İlişkisi Bağlıntılar(Uyanık,2002)

İvme Azalım İlişkileri	Referans	Açıklama
$a=2000e^{0.8M}(R+20)^{-2}$	Esteva&Rosenblueth,1963	Kaya
$A=1230e^{0.8M}(R+25)^{-2}$	Esteva(Gençoğlu&Tabban,1975)	Orta siki zemin
$a=2000e^{0.8M}(R+25)^{-2}$	Esteva(Gençoğlu&Tabban,1975)	Sert zemin
$a=1080e^{0.5M}(R+25)^{-1.32}$	Esteva(Gençoğlu&Tabban,1975)	Dolgu zemin
$A = \frac{5}{\sqrt{T_0}} 10^{0.61M - P \log R + Q}$ $P = 1,66 + \frac{3,6}{R}; Q = 0,167 - \frac{1,83}{R}$	Kanai,1966	Zemin
$A=10^{(-2,1+0,81M-0,027M^2)}$	Gutenberg&Richter,1956	Kaya
T_0 : Dalga Hakim Periyodu (s) R : Odak Uzaklığı (km)	a : Yatay Yer İvmesi (cm/s ²) M : Magnitüd	

Çizelge 3.1'de bazı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş olan azalım ilişkilerinin bağıntıları verilmiştir. Bunlardan Estava'nın orta sıklıkta zeminler için azalım ilişkisi Şekil 3.1 çizilmiştir



Şekil 3.1. Estava'nın Odak Uzaklığına Göre Dünya için Verdiği En Büyük İvmeler (Uyanık, 2002)

Tez çalışmasında veriler derlenirken 7.6 magnetüdü bir deprem olması halinde sırasıyla 0.2-0.3-0.4 g'lık ivme değerleri üretebileceği senaryoları üzerinde durulmuştur. Ayrıca Sönmez ve Gökçeoglu, (2005) daha önce bölgede yapmış olduğu standart penetrasyona bağlı sıvılaşma analizinde 7.6 magnetüdü deprem olması halinde 0.426g ivme değerini kullanmıştır. Bu tez çalışmasında da aynı magnetüt ve ivme değerleri kullanılarak kıyas yapılmıştır.

3.1.2 Birim Hacim Ağırlığı

Yer altı su tablası altındaki zeminlerden örnek alımı zordur. Dolayısıyla bu zeminlere ait birim hacim ağırlıklar standart penetrasyon deneyi ya da sismik hızlardan yararlanarak hesap edilebilir. Sıvılaşma analizleri için birim hacim ağırlık çok hassas bir parametre değildir (Andrus ve Stokoe, 1997).

Tez çalışmasında birim hacim ağırlık Tezcan vd.; 2004 tarafından tanımlanan aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$\gamma_n = \gamma_o + 0.2 V_p$$

Burada V_p = P-dalga hızı(km/s)

γ_o = Referans değeridir.

$$\gamma_o = 1,6 \quad (\text{temiz kum ve siltler için})$$

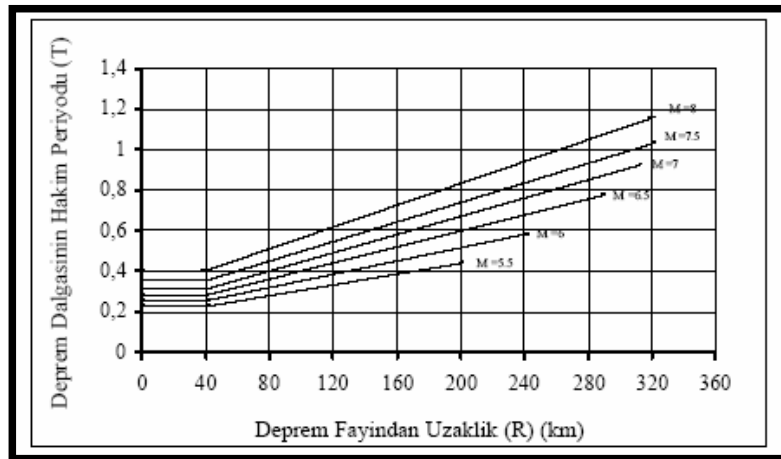
$$\gamma_o = 1,7 \quad (\text{sıkı kum ve çakıllar için})$$

$$\gamma_o = 1,8 \quad (\text{kiltaşı,kireçtaşı,kongrolemeralar için})$$

$$\gamma_o = 2,0 \quad (\text{kumtaşı, tüf,şistler için})$$

3.1.3 Depremın Hakim Titreşim Periyodu

Özellikle Kayma Dalga hızına bağlı potansiyel sıvılaşma analizlerinde depremin hakim titreşim periyodu önemli bir parametredir. Uyanık(2002)'de depremin episanır bölgesi 40km kabul ederek farklı magnetüdlere ait hakim periyotları Seed ve diğ.,(1969) çizelgesinden belirleyerek tablo halinde sunmuştur(Çizelge 3.2.)



Şekil.3.2 Değişik Magnitütlü depremlerin Odak Uzaklığına Göre Hakim Titreşim Periyotları (Seed ve diğ.,1969)

Çizelge3.2.Farklı Magnitüdü Depremler İçin Hakim Titreşim Periyotları (Uyanık,2002)

M	7.7	7.6	7.5	7.4	7.3	7.0	6.9	6.6	6.5	6.2	6.1	6.0	5.9
T(s)	0.379	0.364	0.350	0.348	0.347	0.307	0.302	0.285	0.280	0.264	0.256	0.253	0.250

3.1.4 Toplam ve Efektif Düşey Gerilme

Toplam (σ_v) ve efektif düşey gerilme (σ_v') hesabında gerekli olan yeraltısuyunun derinliği, tabakaların kalınlıkları ve birim hacim ağırlıklarıdır. Bu parametreler sismik kırılma yöntemi ile belirlenen sismik hızlar, düşey elektrik sondaj ve mekanik sondaj yada numune çukuru verilerinin tamamından faydalanarak yorumlanmış jeoteknik kesitlerden (Ek-2) hesap edilmiştir.

Arazi tekniklerinin uygulandığı homojen izotrop tek bir tabaka için zemin yüzeyinden z derinliğinde oluşan toplam düşey gerilme

$$\sigma_v = \gamma \cdot z$$

bağıntısı ile ifade edilir. Burada γ : birim hacim ağırlık z : tabaka derinliğidir. Kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma analizinde ise z derinliğinde oluşan toplam düşey gerilme

$$\sigma_{vs} = 2.45 \gamma \cdot T \cdot V_s \text{ (kPa)}$$

olarak ifade edilmiştir(Uyanık, 2002).

Burada;

V_s : Kayma dalga hızı (m/s)

T : Deprem dalgasının hakim periyodudur

İncelenen z derinliğindeki tabakanın içindeki su basıncı ise

$$u = (z - z_w)(\gamma_{sa} - \gamma_w)$$

ifade edilir. Burada;

z : Araştırma derinliği, (m)

z_w : Yeraltı su seviyesinin derinliği, (m)

γ_{sa} : Yeraltı su seviyesinin altındaki birim hacim ağırlık (gr/cm^3)

γ_w : Suyun birim hacim ağırlığı (1 gr/cm^3)

Arazi tekniklerinin uygulandığı her derinlik için efektif düşey gerilme ise

$$\sigma'_v = \sigma_v - u$$

bağıntısından elde edilir. Sismik basınç ve kayma dalga hızları yardımıyla yapılan kayma dalga hızına bağlı sıvılaştırma analizinde ise efektif düşey gerilme

$$\sigma'_{vs} = 2.45 \gamma T V_s - 9.81(z - z_w)(\gamma_{sa} - \gamma_w) \text{ (kPa)}$$

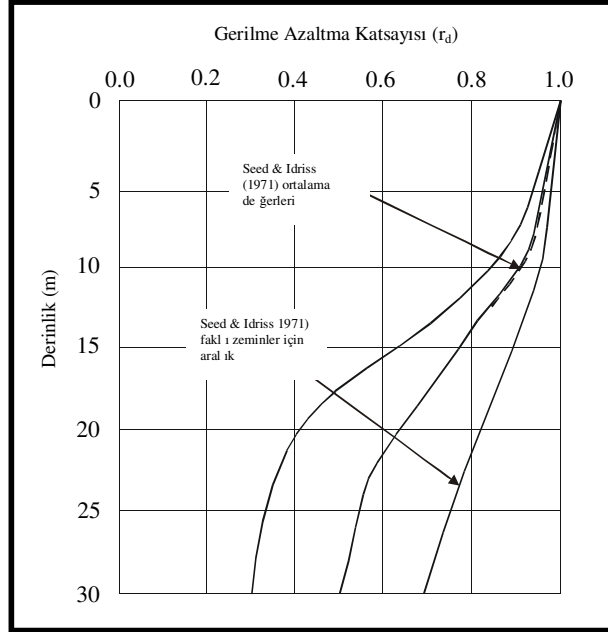
şeklinde ifade edilmiştir(Uyanık, 2002).

3.1.5. Gerilme Azaltma Katsayısı (r_d)

Deprem anındaki zeminin kayma gerilmelerini değerlendirmek için Seed ve Idriss, 1971'de bir hesaplama yöntemi geliştirmişlerdir. Z derinliğinde bir zeminin üzerindeki kısmı rijit olarak davranırsa bu derinlikteki en büyük kayma gerilmesi $(\tau_{max})_r$ olacaktır. Öyle ise z derinliğindeki gerçek kayma gerilmesi $(\tau_{max})_g$ yerin tepki analizi ile belirlendiği için $(\tau_{max})_r$ 'den daha az olacaktır. Bu yüzden

$$(\tau_{max})_g = r_d (\tau_{max})_r$$

uygulanmaktadır. Burada r_d gerilme azaltma katsayısıdır ve 1 den küçüktür. Seed ve Idriss,(1971)'de önerilen farklı zeminler için derinliğe bağlı gerilme azaltma katsayıları verilmiştir.(Şekil 3.3.)



Şekil 3.3. Farklı Zeminler için Derinliğe Bağlı Gerilme Azaltma Katsayıları (Uyanık, 2002'den alınmıştır).

Bu tez çalışmasında Standart penetrasyon (SPT-N)' e bağlı sıvılaşma analizinde Youd vd.,(2001) önerdiği Golesorkhi,(1989)'un birçok eğrilerin ortalamasından hazırlanmış olduğu gerilme azaltma bağıntısı, Kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma analizinde ise Uyanık, (2002)'nin kullandığı (Liao ve Whitman, 1986; Robertson ve Wride, 1997)'nin bağıntısı kullanılmıştır. Bu bağıntılar yöntemler kısmında ayrıntılı olarak verilmiştir

3.1.6.Magnitüd Skala Faktörü

Seed ve Idriss, 1971'de önerdikleri sıvılaşma yöntemini geliştirmek amacıyla Seed ve Idriss, 1982'de sıvılaşmanın yüzey etkilerinin olduğu yada olmadığı birkaç bölgede standart penetrasyon darbe sayılarını ölçmüşlerdir. Aynı yerlerde 7.5 magnetütlü depremlerde kaydetmişlerdir. Buradan aynı araştırmacılar 7.5'dan farklı

magnetütlü depremler için 7.5 magnetütlü depremlerin sıvılaşma eğrisine uygun skala faktörünü önermişlerdir.

Tez çalışmasında Standart penetrasyon (SPT-N)' e bağlı sıvılaşma analizinde Youd vd., 2001 önerdiği Idriss,(1995)'in belirlediği bağıntının yenilenmesiyle oluşan magnetüt skala faktörü bağıntısı, Kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma analizinde ise Uyanık, 2002 'nin kullandığı Youd.ve diğ.,1997'de önerilen magnetüt skala faktörü bağıntısı kullanılmıştır. Bu bağıntılar yöntemler kısmında ayrıntılı olarak verilmiştir

3.2.Standart Penetrasyon Teste (Spt-N) Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi

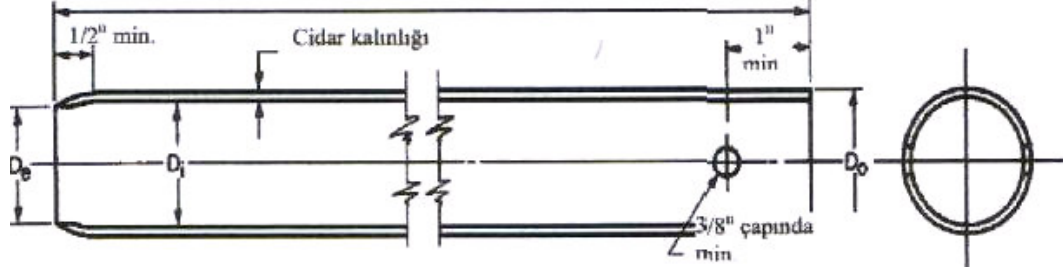
Youd ve diğ., (2001)'de 21 araştırmacı ile birlikte sıvılaşma analizi için SPT-N değerine bağlı tekrarlı direnç oranını hesaplamada ortak bir karara vararak bağıntı geliştirmişlerdir. Standart penetrasyon test (SPT-N) ile elde edilen sıvılaşma analiz yöntemlerinde SPT'nin N değerine göre ilişkiler geliştirilmiştir. Bu ilişkiler geliştirilirken SPT uygulamalarını kullanmak ve veri sayısını çoğaltmak amacıyla herhangi bir N değeri standart $(N_1)_{60}$ değerine dönüştürme gereksinimi duyulmuştur. Bunun nedeni SPT uygulamalarındaki farklı enerji seviyelerinden dolayıdır.

3.2.1.Standart Penetrasyon Deneyi

İlk defa 1927 yılında ABD'de Raymond Concrete Piling Firması tarafından kullanılan ve çapı 60-100 mm arasında değişen sondaj kuyularında uygulanabilen Standart Penetrasyon Deneyi, dikkatli yapıldığı takdirde zeminin fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında faydalı ve ucuz ampirik bilgiler sağlamaktadır. Esas olarak kumlu zeminlerde kullanılan bu deney, yumuşak killerden zayıf kayalara kadar değişik malzemelerde farklı amaçlar için uygulanabilmektedir.

Standart penetrasyon deneyi (SPT). arazide en sık kullanılan penetrasyon deney metotlarından biridir. Yüzeysel ve derin temellerin taşıma güçlerinin tahmin

edilmesinde dünyanın birçok ülkesinde yaygın bir metot olarak kullanılmaktadır. Temel avantajı tüm zemin tiplerinde ve zayıf kayalarda uygulanabilirliği ve zemin yada kayanın sınıflandırılabilmesi numunelerin elde edilmesidir. Temel dezavantajı ise, deney yönteminin dünyanın farklı kısımlarında farklı şekilde uygulanmasıdır.



Şeki.3.4. Standart numune alma kaşığı (ASTM D 1587, 1992)

Standart penetrasyon deneyinde, boyutları Şekil 3.4. ve Çizelge 3.3.de görülen, ince cidarlı numune alma kaşığı sondaj kuyusunun tabanına, 760 mm yükseklikten serbest düşen 63.5 kg ağırlığında bir tokmak tarafından çakılır. Numune alıcının ilk 15 cm'lik penetrasyonu, örselenmeden dolayı, dikkate alınmadan, sonraki 30 cm penetrasyonu için gerekli darbe sayısı (N_{30}) kaydedilir. Sondaj kuyusu stabil değilse, muhafaza borusunun kullanılması gereklidir. Sondaj kuyusunun çapı 63.5 mm ve 150 mm arasında olmalıdır.

Çizelge 3.3. Standart numune alma kaşıklarının boyutları (ASTM D 1587,1992)

Dış çap	inç	2	3	5
	mm	50.8	76.2	127
Cidar kalınlığı	inç	0.049	0,065	0,120
	mm	1.24	1,65	3,05
Tüp uzunluğu	inç	36	36	54
	mm	0.91	0.91	1.45

Standart penetrasyon deneyinden, sığ temellerin taşıma gücü ve oturmalarının belirlenmesi, kayma mukavemetinin belirlenmesi, silt ve kumların sıvılaşma potansiyelinin tahmin edilmesi, granüler zeminlerin sıkılıklarının ve içsel sürtünme açılarının değerlendirilmesinde yararlanılmaktadır(Schultze ve Melzer, 1965; Terzaghi ve Peck, 1967; Muromachi vd., 1974; Youd ve Idriss, 2001).

Kovacs ve Salomone, (1982) Amerika Birleşik Devletlerinde, rutin temel dizaynlarının %80-90'ında SPT-N değerlerinin kullanıldığını ifade etmişlerdir. Kumlu ve çakıllı zeminlerin hakim olduğu Japonya'da bu oranın daha da yüksek olduğu bilinmektedir.

Dünyanın farklı bölgelerinde böylesine yaygın olarak kullanılan standart penetrasyon deneyi aşağıdaki avantajlara sahiptir.

1. Standart penetrasyon deneyi, sıklık, zemin yapısı, gerilme-deformasyon özellikleri ve ortalama efektif gerilme gibi etkileri yansıtan bir arazi deneyidir.
2. Ekipman nispeten basit ve sağlamdır.
3. Araştırmanın bir parçası olarak, genellikle örselenmiş bir zemin numunesi alınarak tane boyutu karakteristiklerinin belirlenmesine imkan verir.
4. Standart penetrasyon deneyi yumuşak zayıf kayalardan ince taneli zeminlerden oluşan yumuşak tabakalara kadar çoğu zemin tipinde uygulanabilmektedir.
5. Uzun yıllardan beri kullanılmaktadır ve zemin parametreleri ile ilgili çok sayıda kullanışlı bağlantı geliştirilmiştir.

SPT tüm dünyada zeminlerin çeşitli mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan ve tatminkar sonuçlar elde edilen bir yöntem olmasına rağmen, bazı dezavantajları da vardır.

1. Killerde, efektif gerilme düzeltilmesi oldukça güvenilmezdir.
2. Zemin direncinin derinlik boyunca değişimi sürekli olarak gözlenemez. Nispeten sıkı tabakalar arasında bulunan ince, zayıf tabakalar atlanabilir.
3. Kullanılan alet ve prosedür tam olarak standartlaştırılamamıştır. Farklı ülkelerde ve aynı ülke içerisinde dahi kullanılan deney aleti ve prosedüründeki oldukça büyük farklılıklar nedeniyle ölçülen dirençlerde önemli bir değişkenlik bulunmaktadır. Bu yüzden, standart penetrasyon deneyine dayanan dizayn ilişkileri kurulurken bu farklılıkların anlaşılması ve düzeltilmesi önemlidir.

4.Yaygın kullanımı ve basit prosedürüne rağmen, standart penetrasyon deney sonuçları numune alımı, sondaj, ekipman ve operatör karakteristiklerinden büyük ölçüde etkilenir.

3.2.1.1.Standart Penetrasyon Deney Sonuçlarını Etkileyen Faktörler

Terzaghi ve Peck (1948)' e göre su altındaki gevşek-çok ince veya siltli kumlar için, zeminin düşük permeabilitesi ve yükün dinamik olarak uygulanması nedeniyle penetrasyon deneyleri sırasında zeminde pozitif boşluk suyu basıncı gelişebilir. Bu pozitif boşluk suyu basınçları, numune alma kaşığının penetrasyonuna karşı koyan zeminin kayma mukavemetini azaltır. Bu nedenle, yeraltı su seviyesi altındaki gevşek zeminlerde standart penetrasyon değerleri azalır. Diğer taraftan, su altındaki sıkı-çok ince veya siltli kumlar için penetrasyon testi negatif boşluk suyu basıncı oluşturabilir ve böylece penetrasyon değeri artar. Bu etki nedeniyle, standart penetrasyon darbe sayısı N_{30} , 15 den büyük olduğunda, sıkı-çok ince veya siltli kumlarda aşağıdaki düzeltmeyi önermişlerdir(Sanglerat, 1982).

$$N_{30}^1 = 15 + 1/2(N_{30} - 15)$$

Burada,

N_{30} : Düzeltilmiş darbe sayısı

N_{30}^1 : Ölçülen darbe sayısı

Standart penetrasyon deneyi, ölçümün yapıldığı derinlikteki efektif gerilmelerden etkilenmektedir. Penetrasyon direnci, zemin yapısı ve sıklığı aynı olmasına rağmen derinlikle artmaktadır. Bu nedenle, eğer farklı derinliklerdeki zemin karakteristikleri karşılaştırılıyorsa, ölçülen penetrasyon dirençlerinin efektif gerilmelere bağlı olarak düzeltilmesi gereklidir. Bu amaçla penetrasyon dirençleri 1 kg/cm^2 veya ton/ft^2 efektif geostatik basınç için düzeltilmektedir.

$$N_1 = C_N * N$$

Burada,

N_1 : Düzeltilmiş standart penetrasyon direnci

N : Ölçülen standart penetrasyon direnci

C_N : Efektif düşey gerilmeye bağlı düzeltme katsayıları

(Çeşitli araştırmacıların, standart penetrasyon darbe sayılarının düzeltilmesi için önerdikleri C_N düzeltme katsayıları Çizelge 3.4 de verilmiştir).

Fakat literatürde penetrasyon direncinin sadece düşey efektif gerilmekten değil, yatay efektif gerilmekten yada yanal zemin basıncından da etkilendiği belirtilmektedir. Zolkov ve Weismann, (1965) ve Schmertmann, (1970) standart penetrasyon deneyinin yorumlanmasında konsolidasyon oranının ve yanal gerilmenin önemini vurgulamışlardır. Bu durum Marcuson ve Bieganousky, (1977) tarafından da doğrulanmıştır. Marcuson ve Bieganousky, (1977) aşırı konsolidasyon oranının artmasıyla penetrasyon direncinin de arttığını ifade etmiştir (Broms ve Flodin, 1988).

Çizelge 3.4.Çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen düzeltme faktörleri (Uyanık, 2002'den alınmıştır.)

Araştırmacı	Düzeltilme Faktörü	σ'_v Birimi
Skempton, 1986	$C_N = [3\sigma'_v / (1 + 2K_o)]^{1/2}$	kgf/cm ²
Liao ve Whitman, 1986	$C_N = 1/\sqrt{\sigma'_v}$	kgf/cm ²
Takimatsu ve Yoshimi, 1983	$C_N = 1.7 / (0.7 + \sigma'_v)$	kgf/cm ²
Seed ve Idriss, 1982	$C_N = 2.2 / (1.2 + \sigma'_v)$	kgf/cm ²
Seed, 1976	$C_N = 1 - 1.25 \log_{10} \sigma'_v$	kgf/cm ²
Peck ve diğ., 1974	$C_N = 0.77 \log_{10} (20/\sigma'_v)$	kgf/cm ²
Teng, 1964	$C_N = 3.515 / (\sigma'_v + 0.703)$	kgf/cm ²

Standart penetrasyon deneyinde, 76 cm den düşen 63.5 kg ağırlığındaki tokmak, bir kinetik enerji üretmekte ve bu kinetik enerji darbe sırasında numune alıcının zemine girişi için gerekli enerjiye dönüşmektedir. Standart penetrasyon darbe sayılarının etkileyen önemli faktörlerden bir tanesi de, bu enerjinin tijlere

aktarılabilen kısmıdır. Çünkü, deney sırasında çeşitli nedenlerden dolayı bu enerjinin bir kısmı kaybolmaktadır. Bu nedenler:

- 1- Tokmağın düşürülme metodu, (otomatik serbest düşüşlü, kedi başı-halatlı)
- 2- Tokmak ve örs tipi,
- 3- Tij uzunluğu, olarak sıralanabilir.

Çeşitli araştırmacılar, belirtilen bu nedenlerin, SPT sonuçlarını ne kadar etkileyebildiğini belirlemek için çalışmalar yapmışlardır. Aşağıda, konuyla ilgili yapılan çalışmaların bir kısmı verilmiştir.

ASTM D1586-84 de Standart penetrasyon deneyi için, halat-makaralı, yan otomatik veya otomatik tokmak düşürme yöntemleri kullanılabilceği belirtilmiştir (ASTM D1586-84, 1992). Kullanılan sistem ne olursa olsun tokmağın düşüşü sırasındaki sürtünmeden dolayı enerji kayıpları meydana gelmekte ve hiçbir tokmak düşürme yönteminde teorik serbest düşüş enerjisine ulaşamamaktadır (Tokimatsu, 1988). Teorik serbest düşüş enerjisi (E^*) şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$E^*=(1/2)(W/g)(V^*)^2=W*h$$

Burada,

W : Tokmak ağırlığı (63.5 kg)

g : Yerçekimi ivmesi (9.81 m/sn)

V^* : Darbeden hemen önce tokmağın teorik serbest düşüş hızı (3.87 m/sn)

h : Tokmağın düşüş yüksekliği (76 cm)

Tokmağın, darbeden hemen önceki kinetik enerjisi E_v , tokmağın düşürülme metoduna ve tij ile tokmak arasındaki sürtünmelere bağlı olan (e) tesir katsayısı ile teorik serbest düşüş enerjisinin (E^*) çarpımına eşittir.

$$E_v=e_1*E^*$$

Kovacs vd. (1978), Kovacs ve Salomone (1982) ve Oh-oko (1984) çeşitli tokmak düşürme metotları için darbe hızlarını ölçmüşlerdir. Tokimatsu, (1988) bu çalışmalara dayanarak e_1 'in aldığı tipik değerleri belirlemiştir

Schmertmann.,(1978) ve Skempton.,(1986) örsün şeklinin, çekiçten tijlere aktarılan enerji üzerinde (E_i), önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle, tije aktarılan gerçek enerjinin belirlenmesi için bu faktörün göz önüne alınması gerektiğini vurgulamışlardır.

$$E_i = e_2 * E_v = e_1 * e_2 * E^* = ER_i * E^*$$

$$ER_i = e_1 * e_2$$

Burada, e_2 , tijlere aktarılan enerjide tokmak ve örs sisteminin etkinliğidir.

Çizelge3.5 Tijlere enerji transferinde örsün etkisi (Tokimatsu, 1988)

Tokmak Tipi	Örs	e_2
Donut	Küçük (2 kg)	0.85
	Büyük (12 kg)	0.70
Pilcon	Büyük (19 kg)	0.65
Safety	Küçük (2.5 kg)	0.90

Schmertmann ve Palacios (1979) tarafından yapılan çalışmada numune alıcıya aktarılan enerjinin (E_n), tijlerin boyuna dayanan tij transfer faktörünün (e_3), etkisi ile azaldığı belirtilmiştir.

$$E_{ni} = e_3 * E_i = e_1 * e_2 * e_3 * E^*$$

Seed vd. (1985) dünya genelinde ortalama enerji seviyesinin %60 olarak alınabileceğini belirtmişlerdir.

Emrem ve Durgunoğlu (2000) ise Türkiye'deki uygulamalarda, tokmak tipi ve düşürme metoduna bağlı olarak, enerji seviyesinin %45'ler civarında olduğunu belirtmişlerdir. Kullanılan aletin özelliklerine bağlı olarak elde edilen gerçek enerji

seviyesinin, %60 enerji seviyesine bağlı olarak aşağıda grldği gibi dzltilmesi önerilmektedir (Skempton, 1986).

$$N_{60} = N_m * (ER_m / 60)$$

Burada;

N_{60} = %60 enerji seviyesine göre dzltilmiş standart penetrasyon deneyi darbe sayısı

N =llen darbe sayısı (darbe/0.3m)

ER_m = Tijlere aktarılan enerji oranı (%)

%60 enerji oranı üreten aletlerin kullanılması durumunda, enerji seviyesinden kaynaklanan düzeltmeye gereksinim kalmamaktadır.

Sonuç olarak geostatik basınç ve enerji etkinliği terimleri birlikte dikkate alındığında kombine düzeltme aşağıdaki şekilde olmaktadır (Tokimatsu.,1988).

$$N_{i(60)} = C_N * (ER_m / 60) * N_m$$

Burada;

N_{60} = Geostatik basınç ve enerji etkinliğine bağlı olarak dzltilmiş standart penetrasyon darbe sayısı

C_N = Geostatik basınç için düzeltme katsayısı

ER_m = Tijlere aktarılan enerji oranı (%)

Çizelge 3.6. Bazı lkelerdeki SPT uygulamaları için enerji oranları (Tokimatsu, 1988)

lke	Düşürme Metodu	E_1	eki	rs	E_2	ER_i
Japonya	Serbest-Düşüş	0.92	Donut	Küçük	0.85	0.78
	Halat-makara	0.80	Donut	Küçük	0.85	0.68
Amerika	Halat-makara	0.65	Donut	Büyük	0.70	0.45
	Halat-makara	0.65	Safety	Küçük	0.90	0.60
İngiltere ve Çin	Serbest-Düşüş	0.92	Pilcon	Büyük	0.65	0.60

3.2.2. Youd et.al, (2001)'e göre Standart Penetrasyon Teste Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi

Günümüze değin bir çok araştırmacı tarafından Standart Penetrasyon Testine bağlı yöntem geliştirilmiştir. En son olarak Youd ve diğ., (2001)'de 21 araştırmacı ile birlikte SPT N değerine bağlı olarak sıvılaşma analizinin hesaplamasında ortak bir karara varmışlardır. Aşağıda alınan bu ortak kararlar sırayla irdelenmiştir. Deprem dalgaları, zemin tabakaları içinden geçerken depremin özelliklerinin değişmesi bir yana, bu dalgalar, zemin tabakalarının özelliklerini etkileyerek, bir yumuşama ve dayanım yitimine yol açabilmektedir. Bu nedenle, bir bölge için deprem tasarım özellikleri tanımlanırken en önemli adımlardan biri o bölgedeki zemini oluşturan tabakaların tekrarlı gerilmeler altındaki davranışlarının belirlenmesidir.

3.2.2.1 Tekrarlı Gerilme Oranı (CSR)

Seed et.al, (1983)'de standart penetrasyon darbe sayısının bir fonksiyonu olan tekrarlı gerilme oranını belirlemek için kumlu bölgelerde bir yöntem önermişlerdir. Bu yöntemde deprem oluştuğunda meydana gelen tekrarlı gerilme oranı, depremin en büyük yatay ivmesinin kabul edildiği değerin yada ivme kayıtlarına bağlı ilişkinin kullanılmasıyla belirlenir. Böylece belirlenen tekrarlı gerilme oranı, aynı bölgedeki zeminin SPT-N değerine karşı çizilir(Şekil 5.15-5.16-5.17-5.18). Ortalama kayma gerilmesinin efektif düşey gerilmeye bölümünden hesaplanan bağıntı aşağıda verilmiştir.

$$CSR = \frac{\tau_{ort}}{\sigma_v} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma_v'} r_d$$

Burada;

- τ_{ort} : Ortalama kayma gerilmesi
- σ_v : Toplam gerilmeyi
- σ_v' : Efektif gerilmeyi
- a_{max} : Zemin yüzeyindeki maksimum yatay yer ivmesini
- g : Yerçekimi ivmesini
- r_d : Gerilme azaltma katsayısını ifade etmektedir

Gerilme Azaltma Katsayısı (r_d)

Gerilme Azaltma Faktörü Golesorkhi, (1989)'un birçok eğrilerin ortalamasından hazırlamış olduğu izleyen eşitlikten hesaplanmıştır.

$$\ln r_d = \alpha(z) + \beta(z)M_w$$

$$\alpha(z) = -1.012 - 1.126 \sin\left(\frac{z}{11.7} + 5.133\right)$$

$$\beta(z) = 0.106 + 0.118 \sin\left(\frac{z}{11.3} + 5.142\right)$$

3.2.2.2 Tekrarlı Direnç Oranı (CRR)

Youd ve diğ., (2001)'de 21 araştırmacı ile birlikte CRR'nin hesaplanması için aşağıdaki bağıntıyı önermişlerdir.

$$CRR = \left[\frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{(10(N_1)_{60} + 45)^2} - \frac{1}{200} \right] MSF$$

Burada

$(N_1)_{60}$: Efektif düşey gerilme ve %60 enerji seviyesine göre düzeltilmiş SPT sayısı

MSF : Magnetüt Skala Faktörü

olarak tanımlanmıştır. Ancak bu bağıntı $(N_1)_{60} < 30$ değerleri için geçerli bir bağıntıdır. Çünkü bu değerden büyük değerlerin sınılaşmayacak kadar yoğun olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmektedir.

Düzeltilmeler

Standart Penetrasyon deneyi sonucu elde edilen değerlerde bir standardın yakalanabilmesi için, SPT sonucunu etkileyen faktörlerin düzeltilmesi

gerekmektedir. Youd ve diğ., (2001)'de ortak kabul gören aşağıdaki düzeltmeyi önermişlerdir.

$$(N_1)_{60} = N_m \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S$$

Burada;

$(N_1)_{60}$: Düzeltilmiş SPT N değeri

N_m : Yerinde Ölçülmüş Standart Penetrasyon Direnci

C_N : Efektif Düzeltme Katsayısı

C_B : Kuyu Çapı İçin Düzeltme Katsayısı

C_E : Şahmerdan Enerji Oranı İçin Düzeltme Katsayısı

C_R : Tij Uzunluğu İçin Düzeltme Katsayısı

C_S : Numune Alıcıya Bağlı Düzeltme Katsayısı

Çizelge.3.7. Youd et.al, (2001) tarafından önerilen SPT düzeltmeleri(Babuçcu, 2002)

Faktör	Alet değişkeni	Terim	Düzeltilme
Jeolojik yük	-	C_N	$(P_a/\sigma_v')^{0.5}$
Jeolojik yük	-	C_N	C_N
Şahmerdan enerji oranı	Donut tipi şahmerdan	C_E	0.5-1.0
Şahmerdan enerji oranı	Güvenli şahmerdan	C_E	0.7-1.2
Şahmerdan enerji oranı	Donut tipi şahmerdan	C_E	0.8-1.3
Kuyu çapı	65-115mm	C_B	1.0
Kuyu çapı	150mm	C_B	1.05
Kuyu çapı	200mm	C_B	1.15
Tij boyu	<3m	C_R	0.75
Tij boyu	3-4m	C_R	0.8
Tij boyu	4-6m	C_R	0.85
Tij boyu	6-10m	C_R	0.95
Tij boyu	10-30m	C_R	1.0
Numune alma yöntemi	Standart Numune Alıcı	C_S	1.0
Numune alma yöntemi	Astarsız Numune Alıcı	C_S	1.1-1.3

Bu tez çalışmasında Seed and Idriss,1982 önerdiği aşağıdaki düzeltme faktörü kullanılmıştır.

$$C_N = 2.2 / (1.2 + \sigma'_{v0} / P_a)$$

Burada; P_a : Yaklaşık 100 kPa(1 atm), σ'_{v0} :Efektif Düşey Gerilme olarak tanımlanmıştır.

Magnitüd Skala Faktörü

Youd vd. (2001), Idriss, (1995)'in belirlediği magnitüd skala faktörünü yenileyerek aşağıdaki eşitliği vermişlerdir.

$$MSF = 10^{2.24} / M_w^{2.56}$$

3.3.Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi

Uyanık, (2002) diğer araştırmacılar gibi Seed ve Idriss.,1971'in genel bağıntısına bağlı kalarak ilişki geliştirmiştir. Bu amaçla aşağıda belirtilen üç parametrenin hesaplanmasını önermektedir.

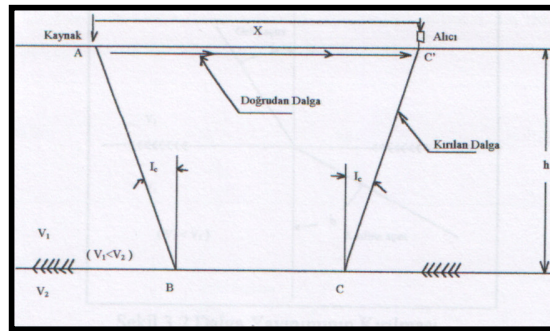
-Sismik boyuna ve enine (kayma) dalga hızının saptanması

-Depremden dolayı, zeminde oluşan devir yükü seviyesinin (kayma gerilme oranı) hesabı. Bunun içinde en büyük yatay yer ivmesi, deprem dalgasının hakim titreşim periyodu, zeminin birim hacim ağırlığı, toplam ve efektif düşey gerilme ve gerilme azaltma katsayısının belirlenmesi gerekmektedir.

-Sıvılaşma durumu için zemin direncinin (sıvılaşma direnç oranı) hesabıdır.

3.3.1.Sismik Kayma Dalga Hız Belirleme Yöntemleri

Mühendislik jeofiziğinde genellikle sismik kırılma yöntemi ile sismik boyuna dalgaları (P) ve sismik enine dalgaları (S) elde edilir. Balyoz, dinamit veya vibratör ile oluşturulan yapay deprem dalgalarını tabaka sınırlarında kırılma (refraction) ile yeryüzündeki jeofonlara ulaşması sismik cihazlarla kaydedilir. Bu kayıtlardan sismik boyuna dalgaların (P) ve sismik enine dalgaların (S) jeofonlara geliş zamanları okunarak yol-zaman grafikleri elde edilir. Buradan sismik hızlar, tabaka kalınlıkları, ve tabakaların dinamik elastik parametreleri hesaplanır



Şekil.3.5. Sismik kırılma dalgasının Yayınım geometrisi(Uyanık, 2002'den)

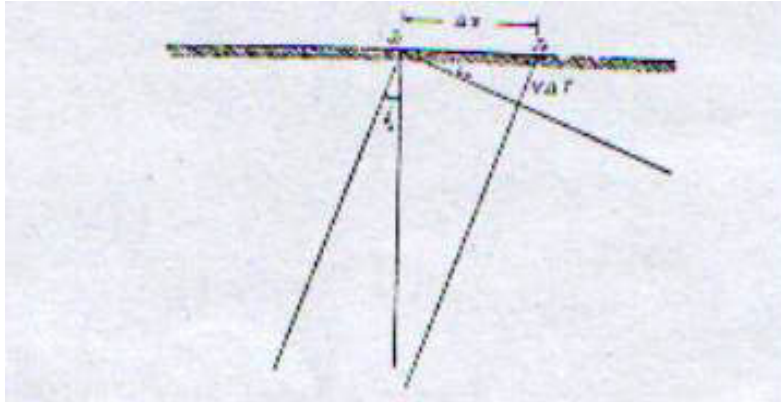
Özellikle sismik enine (kayma) dalgası zeminin mekanik özelliklerine, zeminin kayma mukavemetini belirlemede en önemli yöntemdir. Kayma mukavemeti olmayan ortamlarda (hava, su) sismik kayma (enine) dalgalar yayılmazlar. Kayma mukavemeti düşük olan zeminlerde sismik kayma dalgası hızları düşüktür. Bir başka deyiş ile kayma dalga hızları düşük olan zeminler zayıf gevşek yapıdadır.

Bir sismik cisim dalgasının yeraltında bulunan bir süreksizlik yüzeyinde Snell yasasına göre yansır ve kırılır. Yeryüzünde bir A noktasında bulunan bir kaynaktan çıkan P dalgalarının çeşitli uzaklıklara konulmuş jeofonlarla kaydedilmiş olduklarını düşünelim. Yeraltı homojen ve dalga hızı sabit ise kayıtlardan elde edilen zamanları uzaklığın fonksiyonu olarak çizince bir doğru elde ederiz. Bu doğrunun eğiminden sismik hız hesaplanır.

$$\tan \alpha = \frac{1}{V} = \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

Sınıra kritik i_c açısı ($\sin i_c = V_1 / V_2$) ile gelen dalgalar sınır boyunca yayılarak sınırdan aynı kritik i_c açısı ile tekrar birinci tabakaya geçerler ve yeryüzünde kaydedilirler. Yeryüzüne gelen bir ışının geliş açısı aşağıdaki formülden bulunur

$$\sin i_c = V_1 \frac{\Delta T}{\Delta X}$$



Şekil 3.6. Işığın yeryüzüne geliş açısı i_c 'in hesaplanması

3.3.2.Uyanık, (2002)'ye Göre Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi

Uyanık (2002), kayma dalga hızına bağlı potansiyel sıvılaşma analiz yönteminde temel olarak 3 parametrenin hesabı gereklidir. Bunlardan birincisi büyük magnitudlü depremlerden dolayı suya doygun gevşek zeminlerde meydana gelen tekrarlı yüklerin seviyesinin (Kayma Gerilme Oranı) kayma dalga hızına bağlı hesabı. İkincisi yerinde elde edilen kayma dalga hızının referans bir gerilme ile düzeltilmesi. Son olarak sıvılaşma ya da sıvılaşmama sınır için düzeltilmiş kayma dalga hızına bağlı sıvılaşma direnç oranının hesabıdır.

3.3.2.1. Kayma Gerilme Oranı (KGO)

Seed ve Idriss,(1971) ortalama kayma gerilmesini (τ_{ort}), en büyük kayma gerilmesinin(τ_{max}) % 65 mertebesinde olduğunu saptamıştır. Ancak Uyanık, 2002'de en büyük kayma gerilmeleri, zemine ait ortalama kayma dalga hızlarından elde edildiği için ortalama kayma gerilmesi olarak (τ_{ort})= (τ_{max}) kabul etmiş ve buradan

$$(\tau_{ort}) = \sigma_{Vs} \frac{a_{max}}{g} r_d$$

eşitliğini elde etmiştir. Ortalama kayma gerilmesinin sismik hızlardan bulunan düşey efektif gerilmeye bölünmesi durumunda zeminin belirli bir derinliği için kayma gerilme oranı aşağıda verilmiştir.

$$KGO = \frac{\tau_{ort}}{\sigma'_{Vs}} = \frac{\sigma_{Vs}}{\sigma'_{Vs}} \frac{a_{max}}{g} r_d \quad (\text{Uyanık, 2002})$$

$$\text{Dinamik düşey gerilme } \sigma_{Vs} = 2.45T \sum_{i=1}^n \gamma_i V_{Si}$$

$$\text{Efektif düşey gerilme } \sigma'_{Vs} = 2.45T \sum_{i=1}^n \gamma_i V_{Si} - 9.81(z - z_w)(\gamma_n - \gamma_w)$$

olarak tanımlanmıştır. Burada;

r_d : Gerilme azaltma katsayısı

a_{max} : En büyük yatay yer ivmesi

σ_{Vs} : Dinamik düşey gerilme

σ'_{Vs} : Dinamik efektif düşey gerilme

g : Yerçekimi ivmesi

z : Araştırma derinliği(m)

z_w : Yeraltı su seviyesinin derinliği(m)

T : Deprem dalgasının hakim periyodu (s)

γ_m : Yeraltı su seviyesinin altındaki birim hacim ağırlık(gr/cm^3)

γ_w : Suyun birim hacim ağırlığı ($1 gr/cm^3$) dür.

Gerilme Azaltma Katsayısı (r_d) : Seed ve Idriss, (1971)'de r_d değerlerini zemin şartları ve değişik deprem titreşimleri kullanarak ampirik olarak belirlemiştir(Şekil 3.3). Bu şekilde verilen ortalama r_d değerleri aşağıdaki fonksiyonlar kullanılarak hesap edilmektedir(Liao ve Whitman, 1986; Robertson ve Wride, 1997).

$$\begin{aligned} r_d &= 1 - 0.00765z & z < 9.15\text{m} \\ r_d &= 1.174 - 0.0267z & 9.15 < z < 23\text{m}. \\ r_d &= 0.744 - 0.008z & 23 < z < 30\text{m} \end{aligned}$$

3.3.2.2. Kayma Direnç Oranı

Uyanık, (2002) sıvılaştıran ve sıvılaştırmayan zeminlerin eğrisinin en büyük kayma dalga hızı ($V_{s_{max}}$) ile asimtot olduğu sonucuna varmıştır. Bu asimtot standart penetrasyon testine bağlı sıvılaşma yöntemlerinden elde edilen asimtoda eşittir. Andrus ve Stooke.,1997 tarafından bu eğrilerin ilişkisi aşağıda verilmiştir.

$$SDO = a \left(\frac{V_{sd}}{100} \right)^2 + b \left(\frac{1}{V_{s_{max}} - V_{sd}} - \frac{1}{V_{s_{max}}} \right) . MSF$$

Uyanık.,(2002)'de yaptığı çalışmada yukarıdaki eşitlikte $a=0.025$, $b=4$ ve $V_{s_{max}}=250$ m/s olarak belirlemiştir. Burada;

SDO : Sıvılaşma direnç oranı

V_{s_d} : Efektif düşey gerilmeye göre düzeltilmiş kayma dalga hızı

$V_{s_{max}}$: Sıvılaşma olabilecek üst sınır kayma dalga hız değeri

a, b : Eğriye uygun parametreler

MSF : Magnitüd skala faktörüdür.

Magnitüd Skala Faktörü :

Uyanık.,(2002)'de Youd ve diğ.,(1997)'nın magnitüd skala faktörünü (MSF) belirtmek için aşağıda tanımladığı bağıntıyı kullanmıştır.

$$MSF = \left(\frac{M_w}{7.5} \right)^n$$

Andrus ve Stokoe.,(2000)'de $M_w < 7.5$ depremler için $n=-3.3$ ve $M_w > 7.5$ depremler için $n=-2.56$ olarak önermektedir. Bu çalışmada $M_w=7.6$ olarak kabul edildiğinden $n = -2.56$ kullanılmıştır.

3.3.2.3.Efektif Düşey Gerilme İle Düzeltilmiş Kayma Dalga Hızı

Roesler, (1979), Stokoe, (1985), Sykora, (1987) ve Robertson ve diğ. (1992)'de referans bir gerilmeye göre kayma dalga hızının düzeltilmesini önermektedirler.

$$V_{s_d} = V_s \left(\frac{P_a}{\sigma'_v} \right)^{0.25}$$

Burada;

P_a : Referans gerilme 100kPa yada yaklaşık olarak atmosfer basıncı

σ'_v : Efektif düşey gerilme (kPa)

V_s : Yerinde elde edilmiş kayma dalga hızı(m/s)

V_{s_d} : Efektif düşey gerilmeye göre düzeltilmiş kayma dalga hızıdır.

3.4. Sıvılaşma Analizleri İçin Güvenlik Faktörü

Depremlerde zeminlerin sıvılaşma potansiyeli iki faktöre dayanır. İlki oluşan tekrarlı kayma genliklerinin oranı, ikincisi ise zemin yapısının sıvılaşmaya karşı direnci olup olmamasıdır. Boşluk suyu basıncının hücre basıncına eşit olduğu durumda zemin taneleri artık kuvvet taşımadığından zeminde sıvılaşma meydana gelir. Bir depremin oluşturduğu tekrarlı yükleme ve zeminlerin sıvılaşma direnç özellikleri ortaya konulduktan sonra, sıvılaşma potansiyeli değerlendirilebilir. Sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi belirli bir zemin profili için yükleme ile direnç arasında bir karşılaştırma yapmaya yöneliktir. Yani kayma direnci oranı ve kayma gerilmesi oranı kullanarak sıvılaşma potansiyelini belirlenir. Sıvılaşma aşağıdaki bağıntıda gösterildiği gibi emniyet katsayısının 1'den küçük olduğu durumlarda gelişir.

$$FS = \frac{CRR}{CSR} = \frac{SDO}{KGO}$$

Ancak güvenlik faktörünün kabul edilebilir değerleri bir kaç unsura bağlıdır. Bunlar yapılan proje için riskin kabul edilebilir düzeyi, sismik hız ölçümünün doğruluğu ve değeri, çalışılan alandaki zemine ait diğer bilgilerin kabul edilebilirliği ve deprem magnitüde ile yatay yer ivmesinin belirlenmesindeki hassasiyettir (Uyanık, 2002).

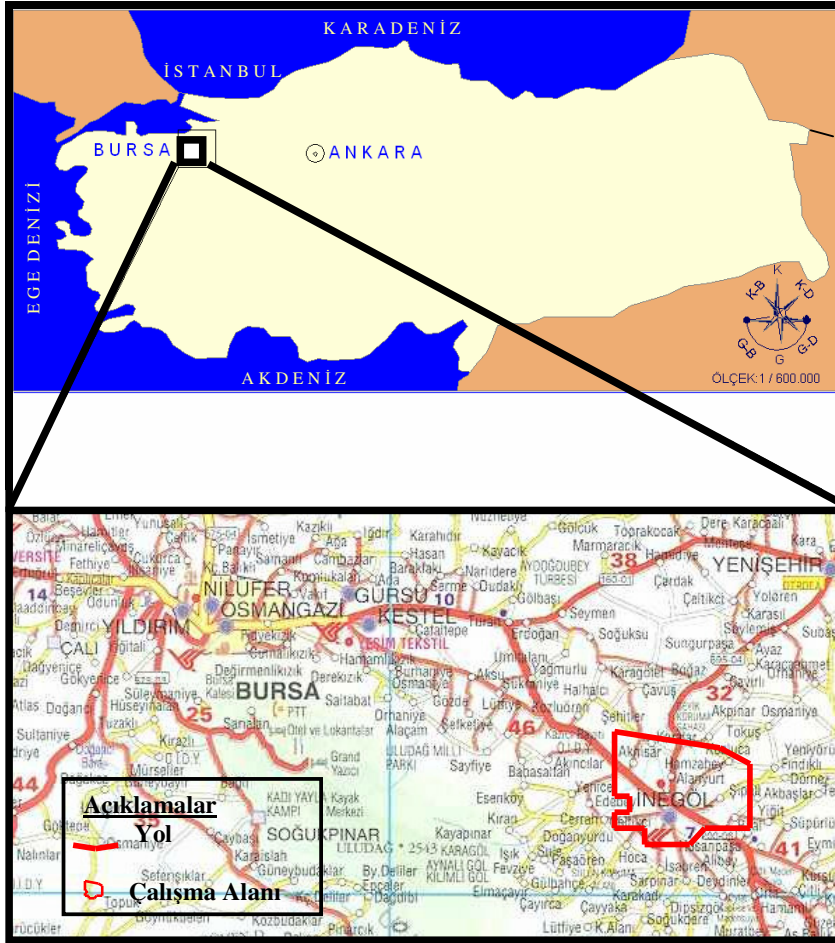
Genel kural olarak güvenlik faktörü 1.2'den büyük olması durumunda sıvılaşma olmadığı, 1-1.2 arasında potansiyel sıvılaşma olduğu ve 1'den küçük olması durumunda sıvılaşma olacağı tahmin edilmektedir (Seed ve Idriss, 1982).

4.ÇALIŞMA ALANI VE SAHA VERİLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Tez çalışmasında kullanılan tüm saha verileri İnegöl Belediyesince 2000 yılında yaptırılan imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt raporundan alınmıştır. Bu veriler yeniden değerlendirilerek jeoteknik kesitler ve sınıflama analizleri yapılmıştır.

4.1.Çalışma Alanının Tanıtılması

İnegöl, Bursa'nın güney doğusunda yaklaşık 50km mesafede yer almaktadır. İnegöl'ün Kuzeybatısında Bursa, Kestel ve Gürsu, kuzeyinde Yenişehir, doğusunda Bilecik, güneyinde Keles ve Domaniç yer almaktadır.



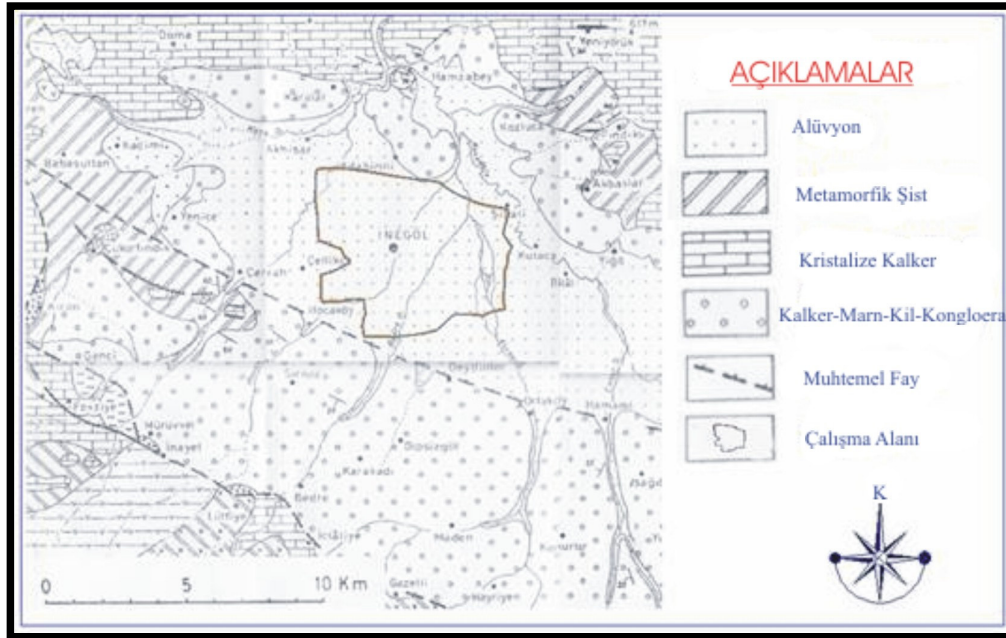
Şekil 4.1. Yer bulduru haritası

İncelenen alan, kuzey de Eskişehir-Bursa Devlet Karayolu, batı ve doğu kesimler de ise Uludağ'ın doğu ve kuzeybatı yamaçları ile sınırlanmış ovalık alandır. Ova güneye doğru uzanmaktadır.

4.2.İnceleme Alanının Jeolojisi

Bölgede ilk jeolojik çalışmalar Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğüne yapılmıştır. Bölgenin genel jeoloji haritası Şekil 4.2 'de verilmiştir.

Çalışma alanının büyük bir kesimi Kuvaterner yaşlı alüvyon (Qal) üzerinde yer alır. İnegöl ovasını kaplamış olan alüvyon iki kısımda incelenmiştir. Nehir yatağının çevresinde yer alan alüvyonlar güncel alüvyonlar (Yeni alüvyon), geri kalan kısımdakiler ise eski alüvyonlar olarak tanımlanabilir.



Şekil.4.2. Çalışma alanı genel jeoloji haritası

İnegöl ovasını kaplayan eski alüvyonda silt ve kum boyu malzeme hakim olup üst seviyelerde gri, alt seviyelerde ise koyu gri renklidir. Yapılmış sondaj çalışmalarından kum ve silt seviyeleri içerisinde yer yer ince bantlar halinde killi seviyeler görülmüştür(Tutuz vd., 2000). Eski alüvyonun kalınlığının 20m'den çok

daha fazla olduğu tahmin edilmektedir. Eski alüvyonlar yerleşim alanlarında yaklaşık 2m kalınlıkta yamaç molozu, yerleşim alanları dışında ise 0.60 m kalınlıkta bitkisel toprak ile örtülü olduğu düşünülmektedir.

Kalburt Deresi çevresindeki yeni alüvyon birimi ise çakıl, kum, silt ve az miktarda killi seviyeler ile bunların karışımı şeklindedir. Yeni alüvyon içerisinde gözlenen kayaç parçaları genellikle volkanik kökenli olup, kireçtaşı parçacıkları da gözlemlenmiştir.

4.3. Tektonik Durum

Kuzey Anadolu Fay hattı ile Eskişehir-Bozhöyük-İnegöl-Bursa hattı arasında kalan bölge etkin tektonizma altında kalmış olup günümüzdeki morfolojiyi ve ovaların konumunu oluşturmuştur(Tutuz vd., 2000).

Bölgede ilk gözlenen yapısal doğrultular yaklaşık D - B doğrultusunda olup, Kuzey'e içbükey bir yay yapar. Daha sonrakiler ise DKD - BGB yönündedir. Miyosen başında oluşan Miyosen yaşlı birimlerin çökelişi KB - GD yönlü faylar ile oluşturulmuş ve denetlenmiştir(Tutuz vd.,2000).

Batıda Biga yarımadası ve İzmir dolaylarından başlayıp doğuya doğru Balıkesir, Mustafa Kemal Paşa – Bursa – İnegöl – Yenişehir Bilecik – Bozhöyük – Eskişehir – Ankara – Turhal - Erzincan dolaylarına kadar devamlı olarak izlenen Karakaya grubunun çökeldiği yaklaşık D - B yönlü bir açılma olayı neticesinde Üst Permian - Üst Triyas zaman aralığında bölgede D - B yönlü gelişen faylar çökel çanağına kireçtaşı olistolitleri ve spilit ile diyabaz gelişimi sağlanmıştır. Triyas birimleri, metamorfikler üzerinde devamlı tektonik konumlu olarak incelenmiştir.

Bölgede izlenen tektonik hatlar:

- Normal Faylar
- Doğrultu Atımlı Faylar
- Bindirmeler

4.3.1.Normal Faylar

Yaklaşık D - B veya KB - GD yönlü faylar Miyosen zamanında gelişmiş olup Miyosen sedimanlarının çökelimini sağlamış ve bu günkü morfolojinin kazanılmasında önemli rol oynamıştır (Tutuz vd.,2000).

4.3.2.Doğrultu Atımlı Faylar

Bindirmelerle birlikte gelişmiş olan, doğrultu atımlı faylar KAF'ın oluşumu ile ilgilidirler. Bölge Kuzey Anadolu transform fayının etkisinde kalmış olup, batıya doğru bir sıkışma sonucu K - G doğrultulu bindirmeler ve D - B doğrultulu normal faylarla K - G yönünde açılmaya başlamıştır.

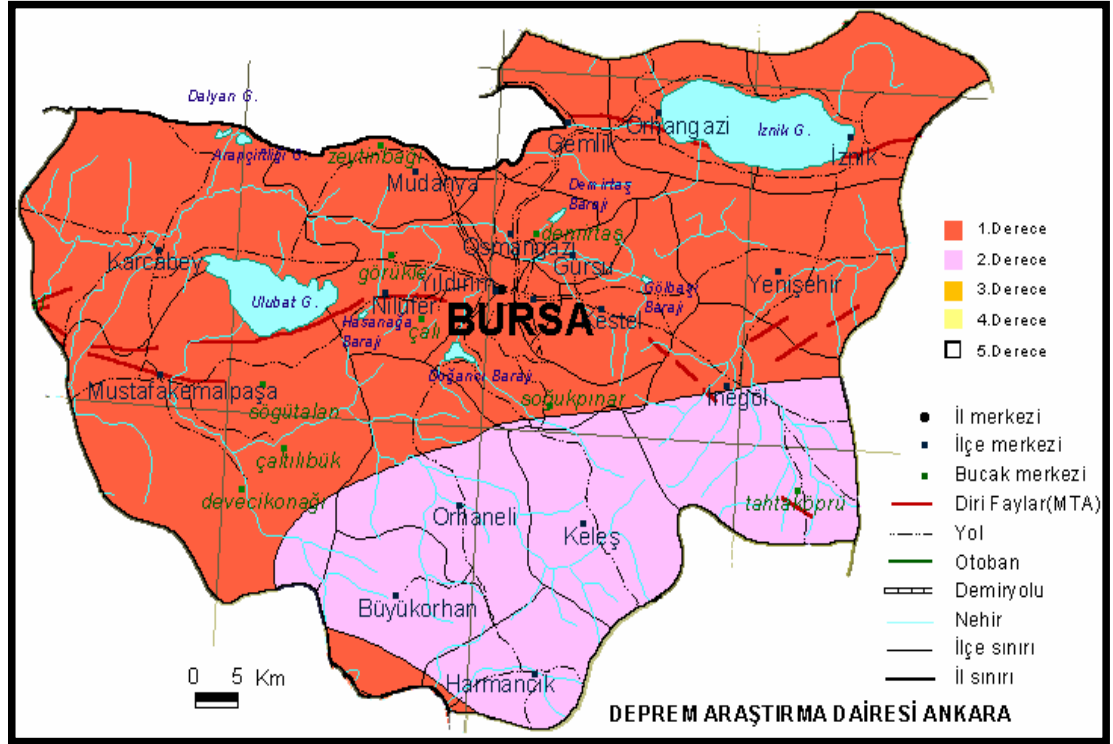
4.3.3.Bindirmeler

İnegöl havzasının batısından başlayarak kuzeydoğu yönünde 20 km.lik hat boyunca Karadede formasyonu üzerine metamorfik serinin gelişi ile net olarak izlenmektedir. Bindirme düzleminin eğim derecesi ve miktarı tespit edilememiş olup, yer yer yataya yakın olduğu gözlenmiştir. Bindirmelerin oluşmadığı yerde yırtılmalar ile KD - GB ve KB - GD yönlü doğrultu atımlı faylar oluşmuştur(Tutuz vd.,2000).

4.4.Depremsellik

İnceleme alanı ve yakın çevresi Bayındırlık ve İskan Bakanlığı "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası" na göre I. ve II. Derece deprem bölgesi sınırında yer almaktadır(Şekil 4.3). Olası bir depremde zemin sıvılaşmaya müsait bir yapıya sahiptir. İnegöl'ün hemen kuzeyinden yaklaşık 30 km yatay mesafede, KAF'ın bir kolu, İznik Gölü'nün hemen güneyinden geçmektedir. Bu kol üzerinde 6.6 büyüklüğünde bir deprem olması halinde 0.25g, 7.6 büyüklüğünde bir deprem olması halinde ise yaklaşık 0,35g - 0,4g değerinde bir yatay ivme oluşturması beklenebilir (Tutuz vd.,2000). Bölgede böyle bir depremin olması ihtimali her zaman mevcuttur.

İnegöl ve yakın çevresi, kuzeyinden geçen Kuzey Anadolu Fayı (KAF)'nın üzerinde gelişen sismik hareketlerin etkisinde kalmaktadır. Kuzey Anadolu Fayı, Akyazı ve Göynük arasında iki kola ayrılmaktadır. Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzey kolunun İnegöl'e uzaklığı yaklaşık 74km'dir.



Şekil.4.3. Türkiye deprem bölgeleri haritası

4.5. Jeoteknik Çalışmalar

İnegöl belediyesince imar planına esas olarak yapılan bu çalışmada; toplam 50 adet jeoteknik amaçlı mekanik sondaj, 35 adet elektrik özdirenç ölçüsü ve 70 adet de karşılıklı atışlı sismik kırılma ölçüsü verisi kullanılmıştır. Ayrıca laboratuvar deneyleri kapsamında hidrometrik analiz çalışmalarından faydalanılmıştır. Bu tez çalışmasında alınan tüm veriler yeniden değerlendirilerek elde edilen elektrik özdirenç, sismik kırılma ve mekanik sondaj verileri ile korelasyonlar yapılarak profil hatları boyunca jeoteknik kesitler hazırlanmıştır. Ayrıca sismik P ve S hızları, özdirenç değerleri ve mekanik sondaj değerleri kesitlere işlenmiştir. Çalışma

alanında yer alan sismik kırılma, elektrik özdirenç ve mekanik sondaj çalışmaları lokasyon haritası (EK-1)'de, hazırlanan tüm jeoteknik kesitler (EK-2)'de verilmiştir

Elektrik özdirenç ölçümleri $AB/2= 50m$ olarak seçilmiştir. Karşılıklı atışlı sismik kırılma ölçümleri 12 kanallı GEOMETRİCS marka cihazla 2.5m ofset ve 5m'lik jeofon aralıkları seçilerek 60 m'lik bir profil boyunca yapılmıştır

5.DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

5.1. Jeoteknik Değerlendirme

Bu tez çalışmasında toplam 70 adet Sismik Kırılma, 35 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 50 adet de Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj verisi kullanılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen veriler yeniden değerlendirilmiş ve bu verilerin yorumlanmasıyla jeoteknik kesitler oluşturulmuştur(Ek-2). Kesit doğrultuları G-K uzanımlı seçilmiştir.

A-A' KESİTİ

Bu kesit çalışma alanının doğu sınırını oluşturmaktadır. Kesitte toplam 11 adet Sismik Kırılma, 6 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 7 adet de Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj verisi yer almaktadır. SK-37 nolu mekanik sondaj noktası ile IS-39 nolu sismik ölçü noktası arasındaki kesitte yüzeyde (0.0-3.0m) yer yer killi-siltli-kumlu-çakıllı bitkisel toprak diye adlandırdığımız birim yer almaktadır(Ek-2). Birimin sismik boyuna dalga hızları 273-433 m/s, sismik enine dalga hızları 70-126 m/s ve elektrik özdirenç değerleri 28-186 ohm.m arasında değişmektedir.Birimin altında, kalınlığı (4.0-7.0m) olan sismik boyuna dalga hızları 1116-1750 m/s, sismik enine dalga hızları 147-197 m/s ve elektrik özdirenç değeri 11-23 ohm.m arasında olan kumlu-siltli kil seviyesi bulunmaktadır.Birim y.a.s.s taşımaktadır. Kumlu-siltli kil seviyesinin hemen altında ise kalınlığı (2.5-11m) olan sismik boyuna dalga hızları 1723-2500m/s, sismik enine dalga hızları 198-277 m/s ve elektrik özdirenç 28-75 ohm.m olan siltli-killi kum seviyesi yer almaktadır. Bu birimin altında tekrar siltli-kil seviye görülmektedir.Kesitte y.a.s.s. yaklaşık 1.75-2.80m arasında değişmektedir.

B-B' KESİTİ

Bu kesit çalışma alanının doğu kısmında olup Bedre deresi paralelinden alınmıştır. SK-30 nolu mekanik sondaj noktası ile IS-57 nolu sismik ölçü noktası arasındaki kesitte toplam 18 adet Sismik Kırılma, 4 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 6 adet de Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj verisi yer almaktadır(Ek-2).Kesitte yüzeyde kalınlığı yaklaşık(0.0-3.5m)arasında değişen yer yer kiili-siltli-kumlu-çakıllı bitkisel toprak diye adlandırdığımız birim yer almaktadır.Birimin sismik boyuna dalga hızları 247-500m/s, sismik enine dalga hızları 76-121 m/s ve elektrik özdirenç değerleri 37-247 ohm.m arasında değişmektedir.Birimin hemen altında, kalınlığı yaklaşık(2.0-6.50m) olan sismik boyuna dalga hızları 871-1622 m/s, sismik enine dalga hızları 137-214 m/s ve elektrik özdirenç değeri 7-22 ohm.m arasında olan kumlu-siltli kil seviyesi bulunmaktadır.Birim y.a.s.s taşımaktadır. Kumlu-siltli kil seviyesinin hemen altında ise kalınlığı yer yer (5.0-25m) olan sismik boyuna dalga hızları 1523-2273 m/s, sismik enine dalga hızları 191-322 m/s ve elektrik özdirenç 39-79 ohm.m olan siltli-killi kum seviyesi yer almaktadır. Bu birimin altında tekrar siltli-kil seviyesine girildiği görülmektedir.Kesitte y.a.s. seviyesi yaklaşık 1.60-3.0m arasında değişmektedir.

C-C' KESİTİ

Bu kesit çalışma alanının orta kısmından alınmıştır. SK-24 ile SK-65 nolu mekanik sondaj noktaları arasındaki kesitte toplam 11 adet Sismik Kırılma, 4 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 9 adet de Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj verisi yer almaktadır(Ek-2).Kesitte yüzeyde kalınlığı yaklaşık(0.0-4.5m)arasında değişen yer yer kiili-siltli-kumlu-çakıllı bitkisel toprak diye adlandırdığımız birim yer almaktadır. Birimin sismik boyuna dalga hızları 218-378 m/s, sismik enine dalga hızları 70-121 m/s ve elektrik özdirenç değerleri 14-64 ohm.m arasında değişmektedir. Bu birimin hemen altında, kalınlığı yaklaşık(2.0-5.0m) olan sismik boyuna dalga hızları 549-1566 m/s, sismik enine dalga hızları 117-191 m/s ve elektrik özdirenç değeri 14-65 ohm.m arasında olan kumlu-siltli kil seviyesi bulunmaktadır.Birim y.a.s.s taşımaktadır. Ancak IS-26 ile IS-28 nolu sismik ölçü noktaları arasındaki birimde bir

değişim söz konusudur. Bu seviyede siltli-killi kum birimler yer almaktadır.Söz konusu yanal ve düşey değişimler düzensiz çökelmelerden dolayı oluşmuştur.

Bu birimin hemen altında ise SK-24 ile SK-25 nolu mekanik sondaj noktaları arasında kalınlığı yaklaşık(7.0-12m) olan sismik boyuna dalga hızları 1942-2466 m/s, sismik enine dalga hızları 219-263 m/s ve elektrik özdirenç 120ohm.m olan siltli-killi çakıl seviyesi yer almaktadır. SK-26 ile SK-65 nolu mekanik sondaj noktaları arasında ise kalınlığı yaklaşık(2.5-12m) siltli-killi kum birimler yer almaktadır. Bu birimlerin altında da tekrar siltli-kil seviyeye girildiği görülmektedir. Kesitte y.a.s. seviyesi yaklaşık 0.50-3.0m arasında değişmektedir.

D-D' KESİTİ

Bu kesit güneyde İnegöl bölgesi yerleşim alanında yapılan jeoteknik çalışmaları kesecek şekilde seçilmiştir. Kesitte toplam 15 adet Sismik Kırılma, 10 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 7 adet de Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj verisi yer almaktadır. IS-105 ile IS-16 nolu sismik ölçü noktaları arasındaki kesitte yüzeyde (0.0-4.0m) yer yer killi-siltli-kumlu-çakıllı bitkisel toprak diye adlandırdığımız birim yer almaktadır(Ek-2).Birimin sismik boyuna dalga hızları 205-497 m/s, sismik enine dalga hızları 71-133 m/s ve elektrik özdirenç değerleri 14-187 ohm.m arasında değişmektedir.Birimin altında, IS-105 nolu sismik ölçü noktası ile SK-29 nolu mekanik sondaj noktası arasında kalınlığı yer yer (5.0-25m) olan sismik boyuna dalga hızları 820-1716 m/s, sismik enine dalga hızları 157-184 m/s ve elektrik özdirenç değeri 8-26 ohm.m arasında olan kumlu-siltli kil seviyesi bulunmaktadır. SK-29 nolu mekanik sondaj noktası ile IS-16 nolu sismik ölçü noktası arasında ise kalınlığı yaklaşık (3.5-25m) olan sismik boyuna dalga hızları 616-1572 m/s, sismik enine dalga hızları 160-198 m/s ve elektriki özdirenç 18-60ohm.m olan siltli-killi kum seviyesi yer almaktadır.Birim y.a.s.s taşımaktadır. Bu birimlerin altında IS-105 nolu sismik ölçü noktası ile SK-67 nolu mekanik sondaj noktası arasında kalınlığı yaklaşık (2.5-15)m olan sismik boyuna dalga hızları 1572-2417 m/s, sismik enine dalga hızları 260-326m/s ve elektrik özdirenç değeri 31-132 ohm.m arasında olan siltli-kil seviye yer almaktadır. SK-67 nolu mekanik sondaj noktası ile IS-16 nolu

sismik ölçü noktası arasında ise sismik boyuna dalga hızları 1548-1950 m/s, sismik enine dalga hızları 223-293 m/s ve elektriki özdirenç 25-100 ohm.m olan tekrar siltli-killi kum seviyesi yer almaktadır. Bu seviyenin üstteki kumlu seviyeden farkı taneler arası sıklığın bu tabakada fazla olmasıdır yani bu seviyenin dayanımı daha fazladır. Kesitte y.a.s. seviyesi yaklaşık 2.50-7.20m arasında değişmektedir

E-E' KESİTİ

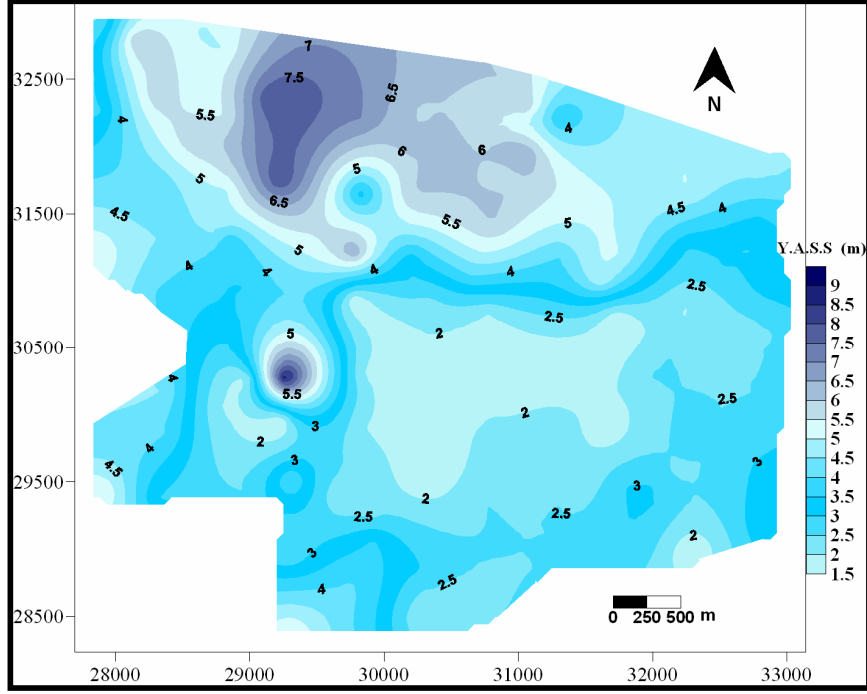
Bu kesit çalışma alanının batı kısmındadır. IS-13 nolu sismik ölçü noktası ile IR-01 nolu özdirenç ölçü noktası arasındaki kesitte toplam 12 adet Sismik Kırılma, 8 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 8 adet de Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj verisi yer almaktadır(Ek-2). Kesitte yüzeyde kalınlığı yaklaşık(0.0-3.5m)arasında değişen yer yer killi-siltli-kumlu-çakıllı bitkisel toprak diye adlandırdığımız birim yer almaktadır. Birimin sismik boyuna dalga hızları 232-471 m/s, sismik enine dalga hızları 70-117 m/s ve elektrik özdirenç değerleri 23-257 ohm.m arasında değişmektedir. Bu birimin altında, IS-13 nolu sismik ölçü noktası ile SK-75 nolu mekanik sondaj noktası arasında kalınlığı yer yer (2.5-7.0m) olan sismik boyuna dalga hızları 868-1316 m/s, sismik enine dalga hızları 144-176 m/s ve elektrik özdirenç değeri 29-41 ohm.m arasında olan siltli-killi kum seviyesi yer almaktadır. SK-75 nolu mekanik sondaj noktası ile IR-01 nolu özdirenç ölçü noktası arasında ise kalınlığı yaklaşık(4.5-15.0m) olan sismik boyuna dalga hızları 842-935 m/s, sismik enine dalga hızları 133-168 m/s ve elektrik özdirenç değeri 15-27 ohm.m arasında olan kumlu-siltli kil seviyesi bulunmaktadır. Ancak IR-03 ile IR-01 nolu özdirenç ölçü noktası arasında kalınlığı (0.80-2.00m) arasında değişen kum bandı yer almaktadır. Bu birimlerin altında IS-13 nolu sismik ölçü noktası ile SK-75 nolu mekanik sondaj noktası arasında kalınlığı yaklaşık (2.0-12)m ve yer yer bant şeklinde olan, sismik boyuna dalga hızları 1433-1894 m/s, sismik enine dalga hızları 199-220m/s ve elektrik özdirenç değeri 9-15 ohm.m arasında olan siltli-kil seviye yer almaktadır. SK-75 nolu mekanik sondaj noktası ile IR-01 nolu özdirenç ölçü noktası arasında ise sismik boyuna dalga hızları 1166-1940 m/s, sismik enine dalga hızları 171-245 m/s ve elektrik özdirenç değeri 44-80 ohm.m arasında olan killi-siltli kum seviyesi bulunmaktadır. Bu kesitte y.a.s. seviyesi yaklaşık 2.50-6.50m arasında değişmektedir

F-F' KESİTİ

Bu kesit çalışma alanının batı sınırını oluşturmaktadır. Kesitte toplam 3 adet Sismik Kırılma, 2 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 8 adet de Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj verisi yer almaktadır. SK-05 nolu mekanik sondaj noktası ile IR-59 nolu özdirenç ölçü noktası arasındaki kesitte yüzeyde (0.0-3.50m) yer yer killi-siltli-kumlu-çakıllı bitkisel toprak diye adlandırdığımız birim yer almaktadır(Ek-2). Birimin sismik boyuna dalga hızları 215-326 m/s, sismik enine dalga hızları 72-116 m/s ve elektrik özdirenç değerleri 28-41 ohm.m arasında değişmektedir. Bu birimin altında, SK-05 ile SK-84 nolu mekanik sondaj noktaları arasında kalınlığı yer yer (2.0-10.0m) olan sismik boyuna dalga hızı 1105 m/s, sismik enine dalga hızları 151 m/s ve elektrik özdirenç değeri 58 ohm.m olan siltli-killi kum seviyesi yer almaktadır. SK-84 nolu mekanik sondaj noktası ile IR-59 nolu özdirenç ölçü noktası arasında kalınlığı yaklaşık (1.0-12.0m) olan ve yer yer bant şeklinde olan siltli-kil seviye yer almaktadır.

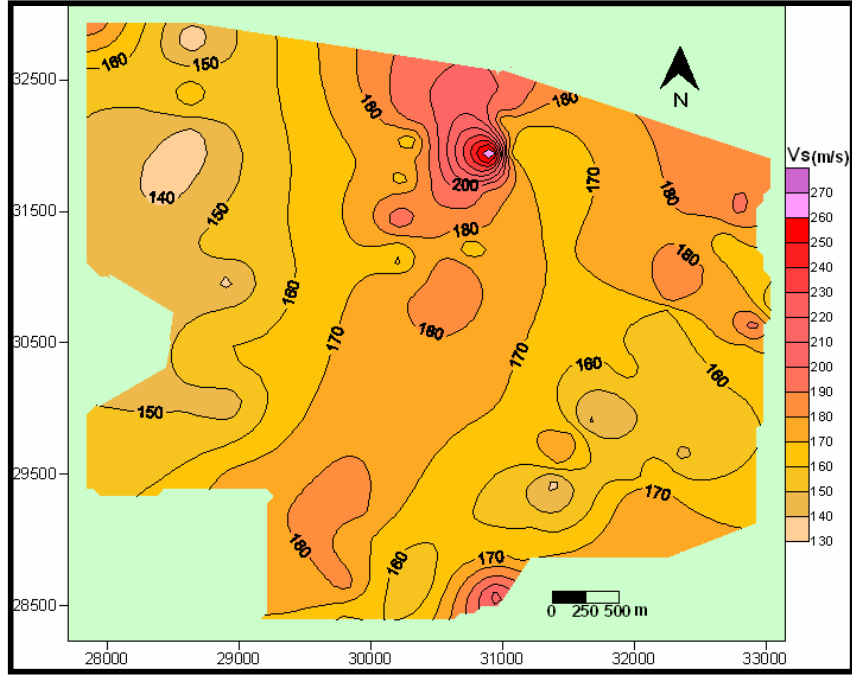
Bu birimlerin altında SK-05 nolu mekanik sondaj noktası ve SK-01 nolu mekanik sondaj noktası ile IR-59 özdirenç ölçü noktası arasında yer yer bant şeklinde olan, sismik boyuna dalga hızları 1231-1561 m/s, sismik enine dalga hızları 155-188m/s ve elektrik özdirenç değeri 125 ohm.m arasında olan siltli-kumlu çakıl birim yer almaktadır. SK-06 ile SK-79 nolu mekanik sondaj noktaları arasında ise siltli-killi kum seviyeler görülmektedir. Ancak SK-03, SK-02 ve SK-79 nolu mekanik sondaj noktalarında cepler halinde killi ve çakıllı seviyeler bulunmaktadır. Cepler düzensiz çökelmelerden dolayı oluşmuştur.

Genel olarak çalışma alanında yer alan y.a.s seviyesine bakıldığında çoğu yerde 0.90-4.00m arasında olup kuzeye doğru 9.00m'ye kadar ulaşan bir derinlikte dağıldığı görülmektedir(Şekil 5.1). Suyu doygun kumlu ve killi seviyelerin sıvılaşma potansiyeli bulunduğundan özellikle bu bölgede sıvılaşma olayı kaçınılmazdır.

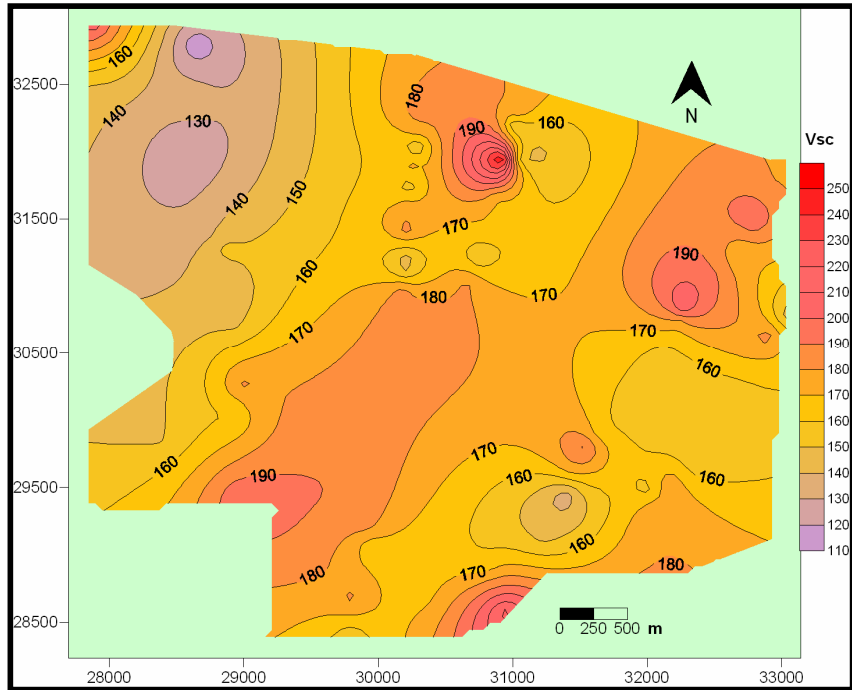


Şekil 5.1 Çalışma alanı Y.A.S.S. Haritası

Yüze yakın seviyelerde enine dalga hızları 200m/s den küçüktür. Dolayısıyla da deprem anında bu gevşek zeminlerde oturmalar olacaktır. Tez çalışmasında y.a.s.s altındaki birimlerde sismik kırılma yönteminden elde edilen enine kayma dalga hızları haritası şekil 5.2’de verilmiştir. Burdan da görülmüyoruz ki enine kayma dalga hızları 130-270 m/s arasında değişmektedir. Bu durum zeminin kayma mukavemetinin zayıf olduğunu belirtir. Ayrıca bölgenin yine sismik kırılma yönteminden elde edilen efektif düşey gerilmeye göre düzeltilmiş enine kayma dalga hızları haritası şekil 5.3’de verilmiştir.

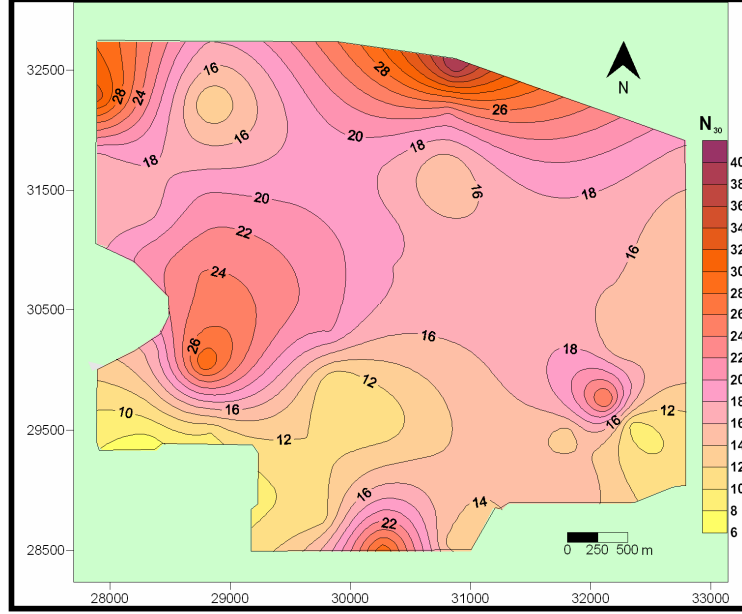


Şekil 5.2 Çalışma Alanında Elde Edilen Enine Kayma Dalga Hızı(V_s) Haritası

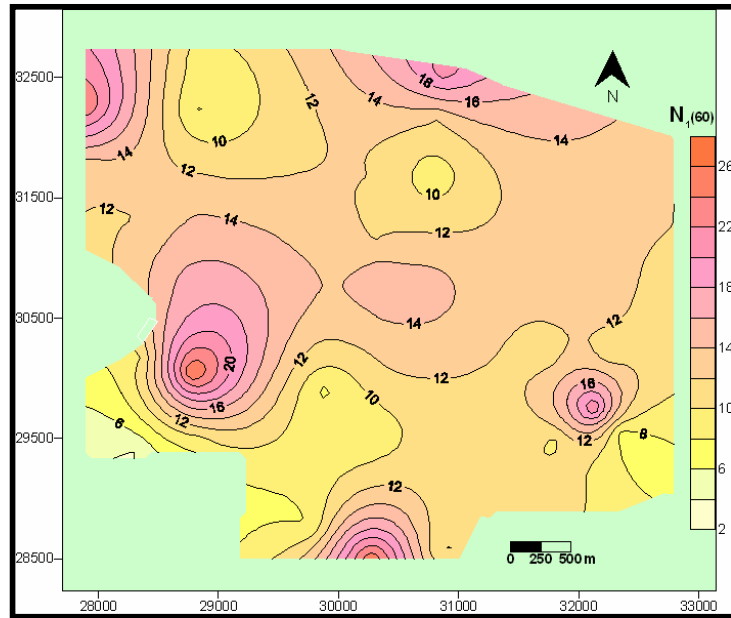


Şekil 5.3 Çalışma Alanında Elde Edilen Efektif Düşey Gerilmeye Göre Düzeltmiş Enine Kayma Dalga Hızı(V_{sc}) Haritası

Mekanik sondajlardan y.a.s.s altındaki birimlerden elde edilen SPT- N_{30} değerlerine bakıldığında darbe sayısının 12-30 arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 5.4). Bu durum ortamın gevşek ve suya doygunluğunun göstergesidir. Ayrıca bölgenin y.a.s.s altındaki birimlerden elde edilen SPT- $(N_1)_{60}$ değerleri haritası Şekil 5.5'de verilmiştir.

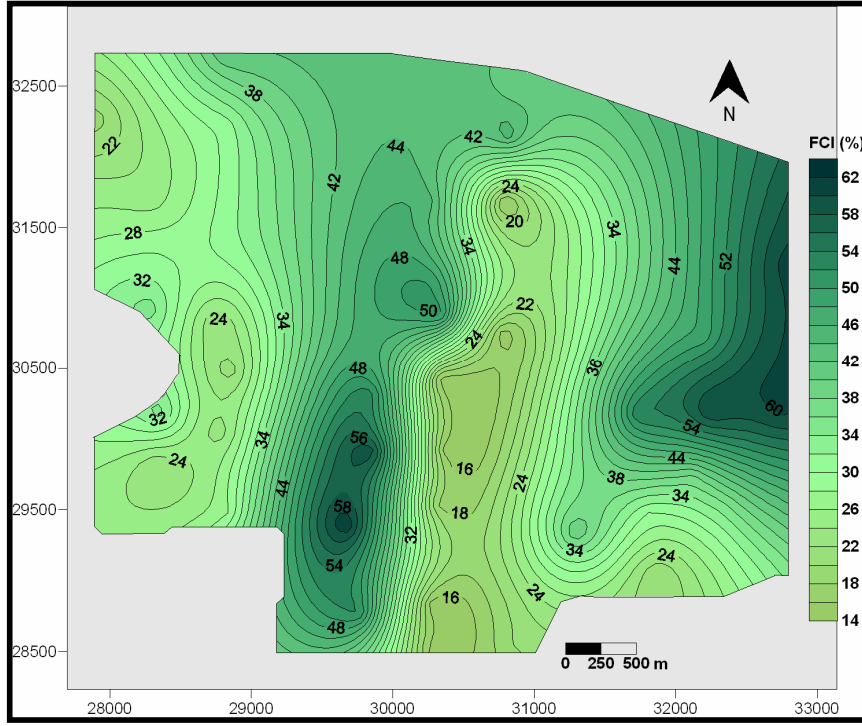


Şekil 5.4 Çalışma alanında elde edilen SPT- N_{30} haritası



Şekil 5.5 Çalışma alanında elde edilen düzeltilmiş SPT-- $(N_1)_{60}$ haritası

Ayrıca Laboratuvar DeneYleri kapsamında Hidrometrik Analiz sonuçlarından faydalanılmıştır. Bunun sonucunda çalışma alanının incelik içeriYleri çıkartılmış ve tüm bölge için haritanmıştır(şekil.5.6).



şekil 5.6 alışma Alanından Elde Edilen İncelik İçeriği(FC) Haritası

5.2 Sıvılaşma Analiz Değerlendirmeleri

Bu tez çalışmasında elde edilen kesitlerden yeraltı su tablasının altındaki tabakaların V_{sc} ve SPT $(N_1)_{60}$ değerlerine bağlı sıvılaşma analizleri farklı ivme değerleriyle kayma dalga hızına bağlı Uyanık, (2002) ve Standart penetrasyon testine bağlı Youd v.d, (2001) yöntemleri kullanılarak karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Ayrıca Sönmez ve Gökçeoglu (2005)'nin daha önce bölgede yapmış olduğu standart penetrasyona bağlı sıvılaşma analizi bu tez çalışmasında aynı magnitüt ve ivme değerleri kullanılarak kıyaslanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan sıvılaşma analiz değerlendirmeleri (Çizelge 5.1-5.2-5.3 ve 5.4)'de verilmiştir.Çizelgeler aşağıdaki adımlarla özetlenebilir. Bunlar;

İlk olarak arazide elde edilen boyuna(V_p) ve enine(V_s) kayma dalga hızları, yeraltı su seviyesinin derinliği boyuna dalga hızlarından zemin birim hacim ağırlığı, Standart penetrasyon test N değeri, zemin tipi ve tabaka kalınlıkları, labaratuvar koşullarında hidrometrik analiz sonuçlarından bulunan incelik içerikleri elde edilir.

İkinci olarak arazi tekniklerinin uygulandığı her derinlik için toplam ve efektif düşey gerilmeler hesaplanır.

Üçüncü adımda arazi tekniklerine göre elde edilmiş kayma dalga hızları ve standart penetrasyon değerleri efektif düşey gerilmeye göre düzeltilir.

Dördüncü olarak düzeltilmiş kayma dalga hızlarının ve standart penetrasyon $(N_1)_{60}$ değerlerinin sıvılaşma oluşturabilecek üst sınır değeri belirlenir.

Çizelge 5.1. Çalışma alanının $a_{max}=0.2-0.3-0.4g$ ivme değerleriyle Youd et al., (2001) Metoduna göre karşılaştırılması													amax=0.2		amax=0.3		amax=0.4		
NOKTA NO	ZEMİN TİPİ	N_{30}	Z_w (m)	Z_{ad} (m)	FCI %	γ_{sa}	r_d	σ_v	σ'_v	C_n	N_1	$(N_1)_{60}$	CRR	CSR	GF	CSR	GF	CSR	GF
SK-37	KUMLU KİL	16	3.0	9.0	20	1.93	0.913	1.748	1.190	0.92	15	11	0.118	0.174	0.68	0.261	0.46	0.349	0.34
SK-38	KUMLU KİL	13	3.0	8.0	30	1.93	0.926	1.471	1.006	1.00	13	10	0.107	0.176	0.61	0.264	0.41	0.352	0.30
SK-40	KUMLU KİL	9	2.5	6.5	36	1.96	0.945	1.202	0.816	1.09	10	7	0.088	0.181	0.48	0.271	0.32	0.362	0.24
SK-51	KUMLU KİL	27	2.5	6.5	38	1.92	0.945	1.184	0.815	1.09	29	22	0.235	0.179	1.32	0.268	0.88	0.357	0.66
SK-50	KUMLU KİL	14	2.5	7.5	60	2.00	0.933	1.414	0.916	1.04	15	11	0.117	0.187	0.63	0.281	0.42	0.374	0.31
SK-43	SİL TLİ KİL	16	2.5	10.0	60	1.92	0.900	1.841	1.147	0.94	15	11	0.120	0.188	0.64	0.281	0.43	0.375	0.32
SK-44	SİL TLİ KİL	16	2.5	12.0	55	2.05	0.872	2.304	1.306	0.88	14	11	0.114	0.200	0.57	0.300	0.38	0.400	0.28
SK-30	KUMLU KİL	13	2.5	7.5	20	2.02	0.933	1.426	0.919	1.04	13	10	0.110	0.188	0.59	0.282	0.39	0.377	0.29
SK-35	KUMLU KİL	15	2.5	9.0	38	2.00	0.913	1.687	1.039	0.98	15	11	0.118	0.193	0.61	0.289	0.41	0.386	0.31
SK-52	KUMLU KİL	18	2.0	6.5	54	1.90	0.945	1.154	0.747	1.13	20	15	0.157	0.190	0.83	0.285	0.55	0.380	0.41
SK-49	KUMLU KİL	16	2.0	5.0	64	1.99	0.962	0.933	0.636	1.20	19	14	0.149	0.183	0.81	0.275	0.54	0.367	0.41
SK-45	KUMLU KİL	15	3.0	6.0	58	1.96	0.951	1.092	0.805	1.10	16	12	0.130	0.168	0.77	0.252	0.52	0.335	0.39
SK-46	SİL TLİ KİL	17	4.5	8.5	58	1.95	0.920	1.573	1.191	0.92	16	12	0.124	0.158	0.79	0.237	0.53	0.316	0.39
SK-24	SİL TLİ KİL	30	2.0	5.5	15	1.96	0.957	1.034	0.697	1.16	35	26	0.305	0.185	1.65	0.277	1.10	0.369	0.83
SK-25	SİL TLİ KİL	20	3.0	6.5	15	1.97	0.945	1.205	0.865	1.07	21	16	0.164	0.171	0.96	0.257	0.64	0.343	0.48
SK-26	SİL TLİ KİL	11	1.5	8.0	15	1.97	0.926	1.532	0.900	1.05	12	9	0.098	0.205	0.48	0.308	0.32	0.410	0.24
SK-27	ÇAKILLI KUM	13	2.0	5.5	15	1.97	0.957	1.039	0.698	1.16	15	11	0.121	0.185	0.65	0.278	0.43	0.370	0.33
		$M_w = 7.6$		$MSF = 0.966$															
N_{30} = 30cm'deki Darbe Sayısı													C_n = Etkif Düşey Gerilmeye göre Düzeltme Katsayısı						
Z_w = Yeraltı Su Seviye Derinliği													N_1 = Etkif Düşey Gerilmeye göre Düzeltmiş SPT N Değeri						
Z_{ad} = Araştırma Derinliği													$(N_1)_{60}$ = Etkif Düşey Gerilme ve %60 Enerji Seviyesine göre Düzeltmiş SPT N Değeri						
FCI = İnce Tane Oranı													MSF = Magnitud Skala Faktörü						
γ_{sa} = Yeraltı Su Seviyesinin Altındaki Birim Hacim Ağırlık													a_{max} = En Büyük Yatay Yer İvmesi						
r_d = Gerilme Azaltma Faktörü													CSR = Devir Gerilme Oranı						
σ_v = Düşey Gerilme													CRR = Devir Direnç Oranı						
σ'_v = Etkif Düşey Gerilme													G.F = Güvenlik Faktörü						
M_w = Moment Magnitud																			

Çizelge 5.1. Devam														amax=0.2		amax=0.3		amax=0.4	
NOKTA NO	ZEMİN TİPİ	N ₃₀	Z _w (m)	Z _{ad} (m)	FCI %	γ _{sa}	r _d	σ _v	σ _v '	C _n	N ₁	(N ₁) ₆₀	CRR	CSR	GF	CSR	GF	CSR	GF
SK-28	SİLT Lİ KİL	17	2.0	7.0	15	1.97	0.939	1.335	0.848	1.07	18	14	0.142	0.192	0.74	0.288	0.49	0.384	0.37
SK-34	SİLT Lİ KİL	18	2.0	7.0	15	1.97	0.939	1.334	0.848	1.07	19	15	0.150	0.192	0.78	0.288	0.52	0.384	0.39
SK-63	SİLT Lİ KUM	14	6.0	9.5	12	1.92	0.906	1.736	1.416	0.84	12	9	0.099	0.145	0.69	0.217	0.46	0.289	0.34
SK-64	SİLT Lİ KUM	22	5.5	14.0	45	1.83	0.843	2.524	1.821	0.73	16	12	0.127	0.152	0.84	0.228	0.56	0.304	0.42
SK-65	SİLT Lİ KUM	40	6.0	15.0	40	1.93	0.828	2.798	1.957	0.70	28	21	0.219	0.154	1.42	0.231	0.95	0.308	0.71
SK-19	SİLT Lİ KİL	11	4.0	7.5	52	1.87	0.933	1.348	1.044	0.98	11	8	0.093	0.156	0.60	0.235	0.40	0.313	0.30
SK-20	SİLT Lİ KİL	12	2.0	8.0	62	1.97	0.926	1.520	0.937	1.03	12	9	0.103	0.195	0.53	0.293	0.35	0.391	0.26
SK-21	SİLT Lİ KİL	10	2.0	8.0	59	1.97	0.926	1.520	0.937	1.03	10	8	0.090	0.195	0.46	0.293	0.31	0.391	0.23
SK-22	SİLT Lİ KİL	20	2.0	14.0	53	1.97	0.843	2.702	1.537	0.80	16	12	0.127	0.193	0.66	0.289	0.44	0.385	0.33
SK-29	ÇAKILLI KUM	18	2.5	6.5	51	1.80	0.945	1.133	0.811	1.09	20	15	0.152	0.172	0.89	0.257	0.59	0.343	0.44
SK-66	ÇAKILLI KUM	19	3.5	12.5	49	1.91	0.864	2.331	1.508	0.81	15	12	0.123	0.174	0.71	0.261	0.47	0.347	0.35
SK-67	ÇAKILLI KUM	18	6.0	8.5	60	1.73	0.920	1.438	1.256	0.90	16	12	0.128	0.137	0.93	0.205	0.62	0.274	0.47
SK-07	KİLLİ KUM	10	2.5	4.5	28	1.77	0.968	0.766	0.612	1.21	12	9	0.102	0.158	0.65	0.236	0.43	0.315	0.32
SK-08	KİLLİ KUM	30	2.0	5.5	23	1.86	0.957	0.978	0.678	1.17	35	26	0.311	0.179	1.73	0.269	1.15	0.359	0.87
SK-09	KİLLİ KUM	25	3.0	8.0	21	1.86	0.926	1.426	0.994	1.00	25	19	0.194	0.173	1.12	0.259	0.75	0.345	0.56
SK-10	SİLT Lİ KUM	24	3.5	9.5	22	1.84	0.906	1.680	1.175	0.93	22	17	0.171	0.169	1.02	0.253	0.68	0.337	0.51
SK-11	SİLT Lİ KUM	21	4.5	10.0	30	1.81	0.900	1.741	1.295	0.88	19	14	0.144	0.157	0.92	0.236	0.61	0.314	0.46
SK-75	SİLT Lİ KİL	18	5.0	8.5	31	1.89	0.920	1.556	1.245	0.90	16	12	0.128	0.149	0.86	0.224	0.57	0.299	0.43
SK-76	SİLT Lİ KİL	12	5.5	9.0	31	1.89	0.913	1.621	1.311	0.88	11	8	0.092	0.147	0.62	0.220	0.42	0.294	0.31
SK-77	SİLT Lİ KİL	18	5.0	15.5	42	1.88	0.821	2.879	1.950	0.70	13	9	0.104	0.158	0.66	0.236	0.44	0.315	0.33
SK-05	SİLT Lİ KUM	7	3.0	12.5	25	1.82	0.864	2.230	1.450	0.83	6	4	0.065	0.173	0.38	0.259	0.25	0.346	0.19
SK-06	KİLLİ KUM	13	4.0	8.0	22	1.82	0.926	1.394	1.066	0.97	13	9	0.105	0.158	0.67	0.236	0.44	0.315	0.33
SK-84	KUMLU KİL	17	4.5	13.5	35	2.02	0.850	2.642	1.721	0.75	13	10	0.106	0.170	0.62	0.254	0.42	0.339	0.31
SK-03	SİLT Lİ KİL	21	4.0	12.5	35	2.02	0.864	2.368	1.498	0.82	17	13	0.134	0.178	0.76	0.266	0.50	0.355	0.38
SK-02	SİLT Lİ KİL	17	4.5	6.5	30	2.02	0.945	1.261	1.057	0.97	17	12	0.131	0.147	0.89	0.220	0.59	0.293	0.45
SK-79	ÇAKILLI KİL	18	4.0	8.0	25	2.02	0.926	1.547	1.138	0.94	17	13	0.133	0.164	0.81	0.246	0.54	0.327	0.41
SK-01	SİLT Lİ KİL	17	4.0	7.0	25	2.02	0.939	1.345	1.038	0.98	17	13	0.132	0.158	0.83	0.237	0.55	0.316	0.42
SK-82	KUMLU ÇAKIL	33	3.0	9.0	17	2.01	0.913	1.705	1.098	0.96	32	24	0.259	0.184	1.41	0.277	0.94	0.369	0.70
		M_w= 7.6		MSF=0.966															

Çizelge 5.2. Çalışma alanının $a_{max}=0.2-0.3-0.4g$ ivme değerleriyle Uyanık, (2002) Metoduna göre karşılaştırılması															amax=U.2		amax=U.3		amax=U.4	
NOKTA NO	ZEMİN TİPİ	V _p (m/s)	V _s (m/s)	Z _w (m)	Z _{ad} (m)	FCI %	γ _{sa}	r _d	σ _v	V _{sd} (m)	V _{smax}	σ _{vs}	σ _{vs} '	SDO	KGO	GF	KGO	GF	KGO	GF
IS-49	KUMLU KİL	1146	179	3.0	8.0	30	1.93	0.939	1.006	179	225	483.94	438.37	0.144	0.207	0.69	0.311	0.46	0.415	0.35
IS-48	KUMLU KİL	1129	157	3.0	8.0	36	1.93	0.939	0.992	157	219	416.51	371.10	0.105	0.211	0.50	0.316	0.33	0.421	0.25
IS-47	KUMLU KİL	1324	168	2.5	6.5	36	1.96	0.950	0.816	177	219	467.85	429.99	0.149	0.207	0.72	0.310	0.48	0.414	0.36
IS-46	KUMLU KİL	1116	147	2.5	6.5	42	1.92	0.950	0.815	155	217	368.94	332.72	0.102	0.211	0.48	0.316	0.32	0.421	0.24
IS-45	KUMLU KİL	1519	156	3.0	10.0	50	2.00	0.907	1.161	150	205	392.39	323.46	0.106	0.220	0.48	0.330	0.32	0.440	0.24
IS-44	KUMLU KİL	1478	150	2.5	7.5	60	2.00	0.943	0.916	153	195	450.94	402.11	0.130	0.211	0.61	0.317	0.41	0.423	0.31
IS-43	SİLTİLİ KİL	1122	155	2.5	10.0	60	1.92	0.907	1.147	150	195	371.18	303.17	0.120	0.222	0.54	0.333	0.36	0.444	0.27
IS-42	SİLTİLİ KİL	1469	163	2.5	10.0	60	1.99	0.907	1.147	157	195	446.44	373.32	0.143	0.217	0.66	0.325	0.44	0.434	0.33
IS-41	SİLTİLİ KİL	1271	166	2.5	7.5	60	1.95	0.943	0.903	170	195	441.13	394.33	0.207	0.211	0.98	0.316	0.65	0.422	0.49
IS-40	SİLTİLİ KİL	1750	197	2.5	12.0	55	2.05	0.854	1.306	184	200	511.10	413.24	0.309	0.211	1.46	0.317	0.97	0.422	0.73
IS-39	SİLTİLİ KİL	1280	153	3.0	10.5	60	1.96	0.894	1.190	146	195	453.66	383.33	0.112	0.212	0.53	0.317	0.35	0.423	0.26
IS-101	KUMLU KİL	1579	214	2.5	7.0	20	2.02	0.946	0.851	223	235	520.57	475.73	0.420	0.207	2.03	0.311	1.35	0.414	1.01
IS-102	KUMLU KİL	1495	164	2.5	8.5	20	2.00	0.935	0.995	164	235	445.34	386.54	0.103	0.215	0.48	0.323	0.32	0.431	0.24
IS-100	KUMLU KİL	1433	167	2.5	6.5	20	1.99	0.950	0.818	176	235	474.97	436.25	0.123	0.207	0.60	0.310	0.40	0.414	0.30
IS-99	YESİL KİL	1387	160	2.5	12.0	28	1.98	0.854	1.353	148	227	395.53	304.44	0.085	0.222	0.38	0.333	0.26	0.444	0.19
IS-98	YESİL KİL	1484	143	2.5	9.0	38	2.00	0.931	1.039	142	217	385.10	321.54	0.082	0.223	0.37	0.335	0.25	0.446	0.18
IS-97	YESİL KİL	871	137	2.0	10.0	42	1.87	0.907	1.102	134	213	391.99	323.38	0.074	0.220	0.34	0.330	0.22	0.440	0.17
IS-96	YESİL KİL	1193	178	2.0	10.0	45	1.94	0.907	1.116	173	210	491.18	417.52	0.159	0.213	0.75	0.320	0.50	0.427	0.37
IS-95	YESİL KİL	1386	172	2.0	5.0	40	1.98	0.962	0.636	193	215	424.51	395.75	0.245	0.206	1.19	0.309	0.79	0.413	0.59
M_w = 7.6							MSF=0.967							T₀ = 0.364						
V _p = Boyuna Dalga Hızı				r _d = Gerilme Azaltma Faktörü				a _{max} = En Büyük Yatay Yer İvmesi												
V _s = Kayma Dalga Hızı				σ _v = Toplam Düşey Gerilme				M _w = Moment Magnitüd												
Z _w = Yeraltı Su Seviye Derinliği				V _{sd} = Efektif Düşey Gerilmeye göre Düzeltilmiş Kayma Dalga				KGO = Kayma Gerilme Oranı												
Z _{ad} = Araştırma Derinliği				V _{max} = Sıvılaşma Olabilecek Üst Sınır Kayma Dalga Hız Değer				SDO = Sıvılaşma Direnç Oranı												
FCI = İnce Tane Oranı				σ _{vs} = Dinamik Toplam Düşey Gerilme				G.F = Güvenlik Faktörü												
γ _{sa} = Yeraltı Su Seviyesinin Altındaki Birim Hacim Ağırl				σ _{vs} ' = Dinamik Efektif Düşey Gerilme																
T ₀ = Derpemin Hakim Periyodu				MSF = Magnitüd Skala Faktörü																

Çizelge 5.2. Devam																amax=0.2		amax=0.3		amax=0.4	
A NO	ZEMİN TİPİ	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Z _w	Z _{ad} (m)	FCI %	γ _{sa}	r ₁	σ _v	V _{sd} (m)	V _{sma} _x	σ _{vs}	σ _{vs} '	SDO	KGO	GF	KGO	GF	KGO	GF	
IS-66	YESİL KİL	1539	138	1.5	4.0	50	2.01	0.969	0.50	164	205	364.78	340.06	0.141	0.208	0.68	0.312	0.45	0.4159	0.34	
IS-65	SİLT Lİ KİL	1020	146	2.0	6.5	54	1.90	0.950	0.75	157	201	382.98	343.07	0.128	0.212	0.60	0.318	0.40	0.4243	0.30	
IS-64	SİLT Lİ KİL	883	146	2.5	6.0	62	1.88	0.954	0.76	157	193	417.02	386.92	0.145	0.206	0.71	0.308	0.47	0.4113	0.35	
IS-63	SİLT Lİ KİL	883	146	2.5	6.5	60	1.88	0.950	0.82	154	195	417.28	382.89	0.130	0.207	0.63	0.311	0.42	0.4143	0.31	
IS-62	SİLT Lİ KİL	1445	155	2.0	5.0	64	1.99	0.962	0.64	174	191	438.28	409.18	0.274	0.206	1.33	0.309	0.89	0.4121	0.67	
IS-61	SİLT Lİ KİL	1513	187	2.0	5.0	38	2.00	0.962	0.64	209	217	507.80	478.30	0.596	0.204	2.92	0.306	1.95	0.4084	1.46	
IS-60	SİLT Lİ KİL	1622	180	3.0	6.0	59	2.02	0.954	0.80	190	196	478.60	448.45	0.737	0.204	3.62	0.305	2.41	0.4073	1.81	
IS-59	SİLT Lİ KİL	1283	162	3.0	6.0	58	1.96	0.954	0.80	171	197	422.19	394.04	0.200	0.204	0.98	0.307	0.65	0.4089	0.49	
IS-58	SİLT Lİ KİL	1381	192	3.5	6.0	55	1.98	0.954	0.87	199	200	477.07	453.12	3.271	0.201	16.28	0.301	10.85	0.4018	8.14	
IS-57	SİLT Lİ KİL	1273	188	4.5	8.5	57	1.95	0.935	1.19	180	198	488.91	451.45	0.273	0.203	1.35	0.304	0.90	0.405	0.67	
IS-104	SİLT Lİ KİL	1321	158	2.0	5.5	15	1.96	0.958	0.70	173	240	409.89	376.78	0.114	0.208	0.55	0.313	0.36	0.4168	0.27	
IS-103	SİLT Lİ KİL	1366	149	2.5	4.5	11	1.97	0.966	0.65	166	244	406.17	387.08	0.101	0.203	0.50	0.304	0.33	0.4053	0.25	
IS-26	ÇAKILLI KUM	1268	191	4.0	9.5	40	1.95	0.920	1.24	181	215	497.23	445.77	0.174	0.205	0.85	0.308	0.57	0.4106	0.42	
IS-27	ÇAKILLI KUM	1144	163	5.0	9.5	44	1.93	0.920	1.32	152	211	427.84	386.83	0.103	0.204	0.51	0.305	0.34	0.4072	0.25	
IS-28	ÇAKILLI KUM	945	187	6.0	11.0	52	1.89	0.880	1.54	168	203	494.21	450.61	0.159	0.193	0.82	0.290	0.55	0.3862	0.41	
IS-29	ÇAKILLI KUM	1577	188	6.0	9.5	12	1.92	0.920	1.42	172	243	671.64	640.21	0.110	0.194	0.57	0.291	0.38	0.3878	0.28	
IS-30	ÇAKILLI KUM	1507	223	5.5	10.0	15	1.90	0.907	1.41	205	240	780.01	740.22	0.194	0.192	1.01	0.288	0.67	0.384	0.51	
IS-31	ÇAKILLI KUM	1480	278	6.5	9.5	17	1.90	0.920	1.44	254	238	817.26	790.89	-0.106	0.191	2.10	0.286	2.10	0.3814	2.10	
IS-37	ÇAKILLI KUM	1287	165	6.5	9.0	16	1.86	0.934	1.39	152	239	627.43	606.40	0.084	0.194	0.43	0.291	0.29	0.3877	0.22	
IS-32	SİLT Lİ KUM	1138	169	5.0	12.5	45	1.83	0.840	1.63	150	210	634.68	573.79	0.100	0.188	0.53	0.282	0.35	0.3755	0.27	
IS-33	SİLT Lİ KUM	1671	199	6.0	11.0	54	1.93	0.880	1.55	178	201	635.80	589.98	0.229	0.191	1.20	0.286	0.80	0.3818	0.60	
IS-105	KUMLU KİL	820	157	4.0	8.5	45	1.86	0.935	1.13	152	210	406.75	368.61	0.105	0.206	0.51	0.310	0.34	0.4127	0.25	
IS-106	KUMLU KİL	833	184	4.0	7.5	52	1.87	0.943	1.04	182	203	502.50	472.74	0.245	0.200	1.22	0.301	0.82	0.4008	0.61	
IS-107	KUMLU KİL	1305	172	3.5	10.0	55	1.96	0.960	1.23	163	200	446.68	385.41	0.151	0.223	0.68	0.334	0.45	0.4452	0.34	
IS-108	KUMLU KİL	1716	183	2.5	8.0	57	2.04	0.939	0.95	185	198	540.66	484.38	0.370	0.210	1.77	0.314	1.18	0.4192	0.88	
IS-119	KUMLU KİL	1354	182	2.5	7.0	60	1.97	0.946	0.87	188	195	486.71	443.86	0.650	0.208	3.13	0.311	2.09	0.4151	1.56	
				M_s = 7.6				MSF=0.967				T₀ = 0.364									

Çizelge 5.2. Devam

															amax=0.2	amax=0.3	amax=0.4					
A NO	ZEMİN TİPİ	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Z _{av}	Z _{ad} (m)	FCI %	γ _{sa}	r _d	σ _v	Vs _d (m)	Vs _{max}	σ _{vs}	σ _{vs} '	SDO	KGO	GF	KGO	GF	KGO	GF		
IS-25	ÇAKILLI KUM	1020	178	3.0	7.0	58	1.80	0.946	0.893	183	197	400.77	369.22	0.339	0.207	1.64	0.310	1.09	0.4138	0.82		
IS-24	ÇAKILLI KUM	1513	158	3.0	10.0	54	1.90	0.840	1.22	150	201	433.28	371.30	0.111	0.199	0.56	0.298	0.37	0.3972	0.28		
IS-23	ÇAKILLI KUM	1572	162	3.5	12.5	49	1.91	0.907	1.508	146	206	381.99	301.26	0.097	0.234	0.41	0.352	0.28	0.4687	0.21		
IS-22	ÇAKILLI KUM	694	198	5.0	10.0	47	1.74	0.947	1.342	184	208	413.59	377.36	0.220	0.209	1.05	0.314	0.70	0.4188	0.53		
IS-21	ÇAKILLI KUM	633	181	6.0	8.5	60	1.73	0.935	1.256	171	195	436.40	418.58	0.207	0.196	1.06	0.294	0.70	0.3915	0.53		
IS-20	ÇAKILLI KUM	662	165	6.0	8.5	64	1.73	0.974	1.274	155	191	432.12	414.16	0.143	0.204	0.70	0.306	0.47	0.4081	0.35		
IS-19	ÇAKILLI KUM	641	181	6.0	7.5	55	1.73	0.943	1.169	174	200	453.37	442.66	0.195	0.194	1.01	0.290	0.67	0.3871	0.50		
IS-18	ÇAKILLI KUM	495	160	6.5	8.5	52	1.70	0.935	1.293	150	203	377.06	363.35	0.106	0.195	0.54	0.292	0.36	0.3896	0.27		
IS-17	ÇAKILLI KUM	616	187	6.0	8.5	58	1.72	0.935	1.261	176	197	401.90	384.16	0.234	0.196	1.19	0.295	0.79	0.3929	0.60		
IS-16	ÇAKILLI KUM	690	195	6.0	9.0	49	1.74	0.931	1.315	182	206	466.59	444.87	0.216	0.196	1.10	0.294	0.73	0.3925	0.55		
IS-13	KILLI KUM	868	176	2.5	4.5	28	1.77	1.054	0.612	199	227	403.23	388.05	0.217	0.201	1.08	0.330	0.72	0.4027	0.54		
IS-12	KILLI KUM	1282	144	2.0	5.5	23	1.86	1.027	0.678	159	232	351.03	321.63	0.097	0.211	0.46	0.339	0.31	0.4212	0.23		
IS-11	KILLI KUM	1283	159	2.0	4.5	27	1.86	1.054	0.582	182	228	367.04	346.03	0.147	0.206	0.72	0.337	0.48	0.4116	0.36		
IS-10	KILLI KUM	1316	160	3.0	8.0	21	1.86	0.939	0.994	160	234	389.19	346.85	0.098	0.213	0.46	0.319	0.31	0.4253	0.23		
IS-09	SİLT Lİ KUM	1213	154	3.5	9.5	22	1.84	0.920	1.175	148	233	363.11	313.51	0.082	0.216	0.38	0.324	0.25	0.4317	0.19		
IS-08	KUMLU KİL	1297	137	3.5	6.0	30	1.96	0.954	0.845	143	225	348.65	325.12	0.079	0.205	0.39	0.307	0.26	0.4093	0.19		
IS-07	SİLT Lİ KUM	1250	160	3.5	10.0	32	1.85	0.907	1.228	152	223	375.89	321.69	0.093	0.215	0.43	0.322	0.29	0.4295	0.22		
IS-06	SİLT Lİ KUM	1208	152	4.5	10.0	30	1.84	0.907	1.293	143	225	357.13	311.72	0.079	0.210	0.37	0.315	0.25	0.4204	0.19		
IS-05	SİLT Lİ KUM	1050	144	4.5	10.0	31	1.81	0.924	1.295	135	225	338.76	295.05	0.070	0.215	0.33	0.322	0.22	0.4294	0.16		
IS-02	SİLT Lİ KİL	935	134	6.0	10.5	31	1.89	0.894	1.515	121	224	340.33	301.17	0.055	0.202	0.27	0.303	0.18	0.4039	0.14		
IS-03	SİLT Lİ KİL	842	168	5.0	18.5	40	1.87	0.680	2.21	138	215	452.86	337.86	0.078	0.182	0.43	0.273	0.29	0.3646	0.21		
IS-01	SİLT Lİ KİL	924	133	5.0	15.5	42	1.88	0.760	1.95	113	213	329.41	238.27	0.051	0.210	0.24	0.315	0.16	0.4204	0.12		
IS-14	KILLI KUM	1105	151	4.0	8.0	22	1.82	0.939	1.066	149	233	361.05	328.84	0.083	0.208	0.40	0.312	0.26	0.4156	0.20		
IS-67	KUMLU ÇAKIL	1561	155	3.0	9.0	17	2.01	0.931	1.098	151	238	384.76	325.18	0.084	0.220	0.38	0.331	0.25	0.4407	0.19		
IS-68	YESİL KİL	1231	188	2.5	5.5	20	1.95	0.958	0.711	205	235	496.26	468.42	0.213	0.203	1.05	0.304	0.70	0.4059	0.52		
					M _w = 7.6			MSF=0.967						T ₀ = 0.364								

Çizelge 5.3 Çalışma alanının $a_{max}=0.426g$ ivme değeriyle Youd et.al, (2001) Metoduna göre karşılaştırılması

NOKTA NO	ZEMİN TİPİ	N_{30}	Z_w (m)	Z_{ad} (m)	FCI %	γ_{sa}	r_d	σ_v	σ'_v	C_n	N_1	$(N_1)_{60}$	CSR	CRR	GF
SK-37	KUMLU KİL	16	3.0	9.0	20	1.93	0.913	1.748	1.190	0.92	15	11	0.371	0.118	0.32
SK-38	KUMLU KİL	13	3.0	8.0	30	1.93	0.926	1.471	1.006	1.00	13	10	0.375	0.107	0.29
SK-40	KUMLU KİL	9	2.5	6.5	36	1.96	0.945	1.202	0.816	1.09	10	7	0.386	0.088	0.23
SK-51	KUMLU KİL	27	2.5	6.5	38	1.92	0.945	1.184	0.815	1.09	29	22	0.380	0.235	0.62
SK-50	KUMLU KİL	14	2.5	7.5	60	2.00	0.933	1.414	0.916	1.04	15	11	0.399	0.117	0.29
SK-43	SİTLİ KİL	16	2.5	10.0	60	1.92	0.900	1.841	1.147	0.94	15	11	0.400	0.120	0.30
SK-44	SİTLİ KİL	16	2.5	12.0	55	2.05	0.872	2.304	1.306	0.88	14	11	0.426	0.114	0.27
SK-30	KUMLU KİL	13	2.5	7.5	20	2.02	0.933	1.426	0.919	1.04	13	10	0.401	0.110	0.28
SK-35	KUMLU KİL	15	2.5	9.0	38	2.00	0.913	1.687	1.039	0.98	15	11	0.411	0.118	0.29
SK-52	KUMLU KİL	18	2.0	6.5	54	1.90	0.945	1.154	0.747	1.13	20	15	0.404	0.157	0.39
SK-49	KUMLU KİL	16	2.0	5.0	64	1.99	0.962	0.933	0.636	1.20	19	14	0.391	0.149	0.38
SK-45	KUMLU KİL	15	3.0	6.0	58	1.96	0.951	1.092	0.805	1.10	16	12	0.357	0.130	0.36
SK-46	SİTLİ KİL	17	4.5	8.5	58	1.95	0.920	1.573	1.191	0.92	16	12	0.336	0.124	0.37
SK-24	SİTLİ KİL	30	2.0	5.5	15	1.96	0.957	1.034	0.697	1.16	35	26	0.393	0.305	0.77
SK-25	SİTLİ KİL	20	3.0	6.5	15	1.97	0.945	1.205	0.865	1.07	21	16	0.365	0.164	0.45
SK-26	SİTLİ KİL	11	1.5	8.0	15	1.97	0.926	1.532	0.900	1.05	12	9	0.437	0.098	0.22
SK-27	ÇAKILLI KUM	13	2.0	5.5	15	1.97	0.957	1.039	0.698	1.16	15	11	0.394	0.121	0.31
$a_{max}= 0.426$		$M_w= 7.6$		$MSF=0.966$											
N_{30} = 30cm'deki Darbe Sayısı						C_v = Efektif Düşey Gerilmeye göre Düzeltme Katsayısı									
Z_w = Yeraltı Su Seviye Derinliği						N_1 = Efektif Düşey Gerilmeye göre Düzeltilmiş SPT N Değeri									
Z_{ad} = Araştırma Derinliği						$(N_1)_{60}$ = Efektif Düşey Gerilme ve %60 Enerji Seviyesine göre Düzeltilmiş SPT N Değeri									
FCI = İnce Tane Oran						MSF = Magnitüd Skala Faktörü									
γ_{sa} = Yeraltı Su Seviyesinin Altındaki Birim Hacim Ağırlık						a_{max} = En Büyük Yatay Yer İvmesi									
r_d = Gerilme Azaltma Faktörü						CSR =Devir Gerilme Oran									
σ_v = Düşey Gerilme						CRR = Devir Direnç Oranı									
σ'_v = Efektif Düşey Gerilme						G.F = Güvenlik Faktörü									
M_w = Moment Magnitüd															

Çizelge 5.3 Devam															
NOKTA NO	ZEMİN TİPİ	N ₃₀	Z _w (m)	Z _{ad} (m)	FCI %	γ _{sa}	r _d	σ _v	σ _v '	C _r	N ₁	(N ₁) ₆₀	CSR	CRR	GF
SK-28	SİLTİLİ KİL	17	2.0	7.0	15	1.97	0.939	1.335	0.848	1.07	18	14	0.409	0.142	0.35
SK-34	SİLTİLİ KİL	18	2.0	7.0	15	1.97	0.939	1.334	0.848	1.07	19	15	0.409	0.150	0.37
SK-63	SİLTİLİ KUM	14	6.0	9.5	12	1.92	0.906	1.736	1.416	0.84	12	9	0.308	0.099	0.32
SK-64	SİLTİLİ KUM	22	5.5	14.0	45	1.83	0.843	2.524	1.821	0.73	16	12	0.324	0.127	0.39
SK-65	SİLTİLİ KUM	40	6.0	15.0	40	1.93	0.828	2.798	1.957	0.70	28	21	0.328	0.219	0.67
SK-19	SİLTİLİ KİL	11	4.0	7.5	52	1.87	0.933	1.348	1.044	0.98	11	8	0.333	0.093	0.28
SK-20	SİLTİLİ KİL	12	2.0	8.0	62	1.97	0.926	1.520	0.937	1.03	12	9	0.416	0.103	0.25
SK-21	SİLTİLİ KİL	10	2.0	8.0	59	1.97	0.926	1.520	0.937	1.03	10	8	0.416	0.090	0.22
SK-22	SİLTİLİ KİL	20	2.0	14.0	53	1.97	0.843	2.702	1.537	0.80	16	12	0.410	0.127	0.31
SK-29	ÇAKILLI KUM	18	2.5	6.5	51	1.80	0.945	1.133	0.811	1.09	20	15	0.365	0.152	0.42
SK-66	ÇAKILLI KUM	19	3.5	12.5	49	1.91	0.864	2.331	1.508	0.81	15	12	0.370	0.123	0.33
SK-67	ÇAKILLI KUM	18	6.0	8.5	60	1.73	0.920	1.438	1.256	0.90	16	12	0.292	0.128	0.44
SK-07	KİLLİ KUM	10	2.5	4.5	28	1.77	0.968	0.766	0.612	1.21	12	9	0.336	0.102	0.30
SK-08	KİLLİ KUM	30	2.0	5.5	23	1.86	0.957	0.978	0.678	1.17	35	26	0.382	0.311	0.81
SK-09	KİLLİ KUM	25	3.0	8.0	21	1.86	0.926	1.426	0.994	1.00	25	19	0.368	0.194	0.53
SK-10	SİLTİLİ KUM	24	3.5	9.5	22	1.84	0.906	1.680	1.175	0.93	22	17	0.359	0.171	0.48
SK-11	SİLTİLİ KUM	21	4.5	10.0	30	1.81	0.900	1.741	1.295	0.88	19	14	0.335	0.144	0.43
SK-75	SİLTİLİ KİL	18	5.0	8.5	31	1.89	0.920	1.556	1.245	0.90	16	12	0.318	0.128	0.40
SK-76	SİLTİLİ KİL	12	5.5	9.0	31	1.89	0.913	1.621	1.311	0.88	11	8	0.313	0.092	0.29
SK-77	SİLTİLİ KİL	18	5.0	15.5	42	1.88	0.821	2.879	1.950	0.70	13	9	0.336	0.104	0.31
SK-05	SİLTİLİ KUM	7	3.0	12.5	25	1.82	0.864	2.230	1.450	0.83	6	4	0.368	0.065	0.18
SK-06	KİLLİ KUM	13	4.0	8.0	22	1.82	0.926	1.394	1.066	0.97	13	9	0.336	0.105	0.31
SK-84	KUMLU KİL	17	4.5	13.5	35	2.02	0.850	2.642	1.721	0.75	13	10	0.361	0.106	0.29
SK-03	SİLTİLİ KİL	21	4.0	12.5	35	2.02	0.864	2.368	1.498	0.82	17	13	0.378	0.134	0.36
SK-02	SİLTİLİ KİL	17	4.5	6.5	30	2.02	0.945	1.261	1.057	0.97	17	12	0.312	0.131	0.42
SK-79	ÇAKILLI KİL	18	4.0	8.0	25	2.02	0.926	1.547	1.138	0.94	17	13	0.349	0.133	0.38
SK-01	SİLTİLİ KİL	17	4.0	7.0	25	2.02	0.939	1.345	1.038	0.98	17	13	0.337	0.132	0.39
SK-82	KUMLU ÇAKIL	33	3.0	9.0	17	2.01	0.913	1.705	1.098	0.96	32	24	0.393	0.259	0.66
a_{max}= 0.426		M_w= 7.6		MSF=0.966											

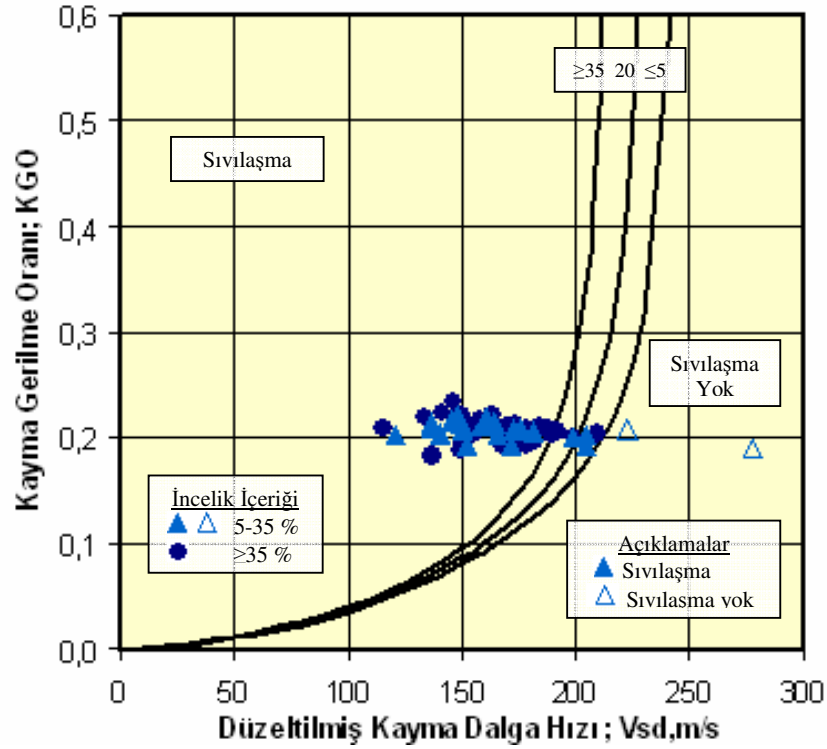
Çizelge 5.4 Çalışma alanının $a_{max}=0.426g$ ivme değeriyle Uyanık, (2002) Metoduna göre karşılaştırılması

NOKTA NO	ZEMİN TİPİ	V_p (m/s)	V_s (m/s)	Z_w (m)	Z_{ad} (m)	FCI %	γ_{sa}	r_d	σ_v	V_{sd} (m)	V_{smax}	σ_{vs}	σ'_{vs}	KGO	SDO	GF
IS-49	KUMLU KİL	1146	179	3.0	8.0	30	1.93	0.939	1.006	179	225	483.94	438.37	0.442	0.144	0.33
IS-48	KUMLU KİL	1129	157	3.0	8.0	36	1.93	0.939	0.992	157	219	416.51	371.10	0.449	0.105	0.23
IS-47	KUMLU KİL	1324	168	2.5	6.5	36	1.96	0.950	0.816	177	219	467.85	429.99	0.440	0.149	0.34
IS-46	KUMLU KİL	1116	147	2.5	6.5	42	1.92	0.950	0.815	155	217	368.94	332.72	0.449	0.102	0.23
IS-45	KUMLU KİL	1519	156	3.0	10.0	50	2.00	0.907	1.161	150	205	392.39	323.46	0.469	0.106	0.23
IS-44	KUMLU KİL	1478	150	2.5	7.5	60	2.00	0.943	0.916	153	195	450.94	402.11	0.450	0.130	0.29
IS-43	SİLTİLİ KİL	1122	155	2.5	10.0	60	1.92	0.907	1.147	150	195	371.18	303.17	0.473	0.120	0.25
IS-42	SİLTİLİ KİL	1469	163	2.5	10.0	60	1.99	0.907	1.147	157	195	446.44	373.32	0.462	0.143	0.31
IS-41	SİLTİLİ KİL	1271	166	2.5	7.5	60	1.95	0.943	0.903	170	195	441.13	394.33	0.449	0.207	0.46
IS-40	SİLTİLİ KİL	1750	197	2.5	12.0	55	2.05	0.854	1.306	184	200	511.10	413.24	0.450	0.309	0.69
IS-39	SİLTİLİ KİL	1280	153	3.0	10.5	60	1.96	0.894	1.190	146	195	453.66	383.33	0.451	0.112	0.25
IS-101	KUMLU KİL	1579	214	2.5	7.0	20	2.02	0.946	0.851	223	235	520.57	475.73	0.441	0.420	0.95
IS-102	KUMLU KİL	1495	164	2.5	8.5	20	2.00	0.935	0.995	164	235	445.34	386.54	0.459	0.103	0.23
IS-100	KUMLU KİL	1433	167	2.5	6.5	20	1.99	0.950	0.818	176	235	474.97	436.25	0.441	0.123	0.28
IS-99	YESİL KİL	1387	160	2.5	12.0	28	1.98	0.854	1.353	148	227	395.53	304.44	0.472	0.085	0.18
IS-98	YESİL KİL	1484	143	2.5	9.0	38	2.00	0.931	1.039	142	217	385.10	321.54	0.475	0.082	0.17
IS-97	YESİL KİL	871	137	2.0	10.0	42	1.87	0.907	1.102	134	213	391.99	323.38	0.468	0.074	0.16
IS-96	YESİL KİL	1193	178	2.0	10.0	45	1.94	0.907	1.116	173	210	491.18	417.52	0.455	0.159	0.35
IS-95	YESİL KİL	1386	172	2.0	5.0	40	1.98	0.962	0.636	193	215	424.51	395.75	0.439	0.245	0.56
$a_{max} = 0.426$		$M_w = 7.6$				$MSF = 0.967$				$T_0 = 0.364$						
V_p = Boyuna Dalga Hızı						r_d = Gerilme Azaltma Faktörü						a_{max} = En Büyük Yatay Yer İvmesi				
V_s = Kayma Dalga Hızı						σ_v = Toplam Düşey Gerilme						M_w = Moment Magnitüd				
Z_w = Yeraltı Su Seviye Derinliği						V_{sd} = Efektif Düşey Gerilmeye göre Düzeltilmiş Kayma Dalga Hızı						KGO = Kayma Gerilme Oranı				
Z_{ad} = Araştırma Derinliği						V_{sm} = Sıvılaşma Olabilecek Üst Sınır Kayma Dalga Hız Değeri						SDO = Sıvılaşma Direnç Oranı				
FCI = İnce Tane Oranı						σ_{vs} = Dinamik Toplam Düşey Gerilme						G.F = Güvenlik Faktörü				
γ_{sa} = Yeraltı Su Seviyesinin Altındaki Birim Hacim Ağırlık						σ'_{vs} = Dinamik Efektif Düşey Gerilme										
T_0 = Derpemin Hakim Periyodu						MSF = Magnitüd Skala Faktörü										

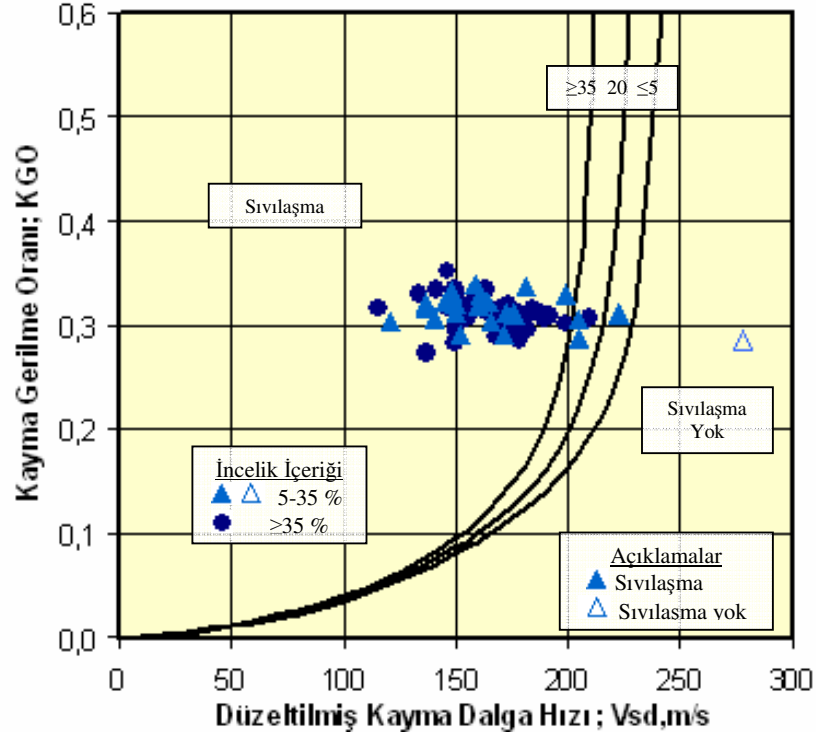
Çizelge 5.4 Devam																
NOKTA NO	ZEMİN TİPİ	V _p (m/s)	V _s (m/s)	Z _w (m)	Z _{ad} (m)	FCI %	γ _{sa}	r _d	σ _v	V _{sd} (m)	V _{smax}	σ _{vs}	σ _{vs} '	KGO	SDO	GF
IS-66	YESİL KİL	1539	138	1.5	4.0	50	2.01	0.969	0.501	164	205	364.78	340.06	0.443	0.141	0.32
IS-65	SİTLİ KİL	1020	146	2.0	6.5	54	1.90	0.950	0.747	157	201	382.98	343.07	0.452	0.128	0.28
IS-64	SİTLİ KİL	883	146	2.5	6.0	62	1.88	0.954	0.757	157	193	417.02	386.92	0.438	0.145	0.33
IS-63	SİTLİ KİL	883	146	2.5	6.5	60	1.88	0.950	0.818	154	195	417.28	382.89	0.441	0.130	0.30
IS-62	SİTLİ KİL	1445	155	2.0	5.0	64	1.99	0.962	0.636	174	191	438.28	409.18	0.439	0.274	0.63
IS-61	SİTLİ KİL	1513	187	2.0	5.0	38	2.00	0.962	0.636	209	217	507.80	478.30	0.435	0.596	1.37
IS-60	SİTLİ KİL	1622	180	3.0	6.0	59	2.02	0.954	0.802	190	196	478.60	448.45	0.434	0.737	1.70
IS-59	SİTLİ KİL	1283	162	3.0	6.0	58	1.96	0.954	0.805	171	197	422.19	394.04	0.435	0.200	0.46
IS-58	SİTLİ KİL	1381	192	3.5	6.0	55	1.98	0.954	0.870	199	200	477.07	453.12	0.428	3.271	7.64
IS-57	SİTLİ KİL	1273	188	4.5	8.5	57	1.95	0.935	1.191	180	198	488.91	451.45	0.431	0.273	0.63
IS-104	SİTLİ KİL	1321	158	2.0	5.5	15	1.96	0.958	0.697	173	240	409.89	376.78	0.444	0.114	0.26
IS-103	SİTLİ KİL	1366	149	2.5	4.5	11	1.97	0.966	0.647	166	244	406.17	387.08	0.432	0.101	0.23
IS-26	ÇAKILLI KUM	1268	191	4.0	9.5	40	1.95	0.920	1.244	181	215	497.23	445.77	0.437	0.174	0.40
IS-27	ÇAKILLI KUM	1144	163	5.0	9.5	44	1.93	0.920	1.324	152	211	427.84	386.83	0.434	0.103	0.24
IS-28	ÇAKILLI KUM	945	187	6.0	11.0	52	1.89	0.880	1.542	168	203	494.21	450.61	0.411	0.159	0.39
IS-29	ÇAKILLI KUM	1577	188	6.0	9.5	12	1.92	0.920	1.416	172	243	671.64	640.21	0.411	0.111	0.27
IS-30	ÇAKILLI KUM	1507	223	5.5	10.0	15	1.90	0.907	1.412	205	240	780.01	740.22	0.407	0.194	0.48
IS-31	ÇAKILLI KUM	1480	278	6.5	9.5	17	1.90	0.920	1.440	254	238	817.26	790.89	0.405	-	-
IS-37	ÇAKILLI KUM	1287	165	6.5	9.0	16	1.86	0.934	1.387	152	239	627.43	606.40	0.412	0.084	0.20
IS-32	SİTLİ KUM	1138	169	5.0	12.5	45	1.83	0.840	1.629	150	210	634.68	573.79	0.396	0.100	0.25
IS-33	SİTLİ KUM	1671	199	6.0	11.0	54	1.93	0.880	1.548	178	201	635.80	589.98	0.404	0.229	0.57
IS-105	KUMLU KİL	820	157	4.0	8.5	45	1.86	0.935	1.132	152	210	406.75	368.61	0.440	0.105	0.24
IS-106	KUMLU KİL	833	184	4.0	7.5	52	1.87	0.943	1.044	182	203	502.50	472.74	0.427	0.245	0.57
IS-107	KUMLU KİL	1305	172	3.5	10.0	55	1.96	0.960	1.228	163	200	446.68	385.41	0.474	0.151	0.32
IS-108	KUMLU KİL	1716	183	2.5	8.0	57	2.04	0.939	0.949	185	198	540.66	484.38	0.446	0.370	0.83
IS-119	KUMLU KİL	1354	182	2.5	7.0	60	1.97	0.946	0.871	188	195	486.71	443.86	0.442	0.650	1.47
a_{max} = 0.426		M_w = 7.6				MSF = 0.967				T₀ = 0.364						

Çizelge 5.4 Devam																
NOKTA NO	ZEMİN TİPİ	V _p (m/s)	V _s (m/s)	Z _w (m)	Z _{ad} (m)	FCI %	γ _{sa}	r _d	σ _v	V _{s1} (m)	V _{smax}	σ _{vs}	σ _{vs} '	KGO	SDO	GF
IS-25	ÇAKILLI KUM	1020	178	3.0	7.0	58	1.80	0.946	0.893	183	197	400.77	369.22	0.438	0.339	0.78
IS-24	ÇAKILLI KUM	1513	158	3.0	10.0	54	1.90	0.840	1.22	150	201	433.28	371.30	0.418	0.112	0.27
IS-23	ÇAKILLI KUM	1572	162	3.5	12.5	49	1.91	0.907	1.508	146	206	381.99	301.26	0.490	0.098	0.20
IS-22	ÇAKILLI KUM	694	198	5.0	10.0	47	1.74	0.947	1.342	184	208	413.59	377.36	0.442	0.224	0.51
IS-21	ÇAKILLI KUM	633	181	6.0	8.5	60	1.73	0.935	1.256	171	195	436.40	418.58	0.415	0.212	0.51
IS-20	ÇAKILLI KUM	662	165	6.0	8.5	64	1.73	0.974	1.274	155	191	432.12	414.16	0.433	0.146	0.34
IS-19	ÇAKILLI KUM	641	181	6.0	7.5	55	1.73	0.943	1.169	174	200	453.37	442.66	0.411	0.203	0.49
IS-18	ÇAKILLI KUM	495	160	6.5	8.5	52	1.70	0.935	1.293	150	203	377.06	363.35	0.413	0.108	0.26
IS-17	ÇAKILLI KUM	616	187	6.0	8.5	58	1.72	0.935	1.261	176	197	401.90	384.16	0.417	0.244	0.59
IS-16	ÇAKILLI KUM	690	195	6.0	9.0	49	1.74	0.931	1.315	182	206	466.59	444.87	0.416	0.223	0.54
IS-13	KILLI KUM	868	176	2.5	4.5	28	1.77	1.054	0.612	199	227	403.23	388.05	0.466	0.217	0.46
IS-12	KILLI KUM	1282	144	2.0	5.5	23	1.86	1.027	0.678	159	232	351.03	321.63	0.478	0.097	0.20
IS-11	KILLI KUM	1283	159	2.0	4.5	27	1.86	1.054	0.582	182	228	367.04	346.03	0.476	0.147	0.31
IS-10	KILLI KUM	1316	160	3.0	8.0	21	1.86	0.939	0.994	160	234	389.19	346.85	0.449	0.098	0.22
IS-09	SİİTLİ KUM	1213	154	3.5	9.5	22	1.84	0.920	1.175	148	233	363.11	313.51	0.454	0.082	0.18
IS-08	KUMLU KİL	1297	137	3.5	6.0	30	1.96	0.954	0.845	143	225	348.65	325.12	0.436	0.079	0.18
IS-07	SİİTLİ KUM	1250	160	3.5	10.0	32	1.85	0.907	1.228	152	223	375.89	321.69	0.451	0.093	0.21
IS-06	SİİTLİ KUM	1208	152	4.5	10.0	30	1.84	0.907	1.293	143	225	357.13	311.72	0.443	0.079	0.18
IS-05	SİİTLİ KUM	1050	144	4.5	10.0	31	1.81	0.924	1.295	135	225	338.76	295.05	0.452	0.070	0.15
IS-02	SİİTLİ KİL	935	134	6.0	10.5	31	1.89	0.894	1.515	121	224	340.33	301.17	0.430	0.055	0.13
IS-03	SİİTLİ KİL	842	168	5.0	18.5	40	1.87	0.680	2.21	138	215	452.86	337.86	0.388	0.078	0.20
IS-01	SİİTLİ KİL	924	133	5.0	15.5	42	1.88	0.760	1.95	113	213	329.41	238.27	0.448	0.051	0.11
IS-14	KILLI KUM	1105	151	4.0	8.0	22	1.82	0.939	1.066	149	233	361.05	328.84	0.439	0.083	0.19
IS-67	KUMLU ÇAKIL	1561	155	3.0	9.0	17	2.01	0.931	1.098	151	238	384.76	325.18	0.469	0.084	0.18
IS-68	YESİL KİL	1231	188	2.5	5.5	20	1.95	0.958	0.711	205	235	496.26	468.42	0.432	0.213	0.49
		a_{max} = 0.426		M_v = 7.6			MSF = 0.967			T₀ = 0.364						

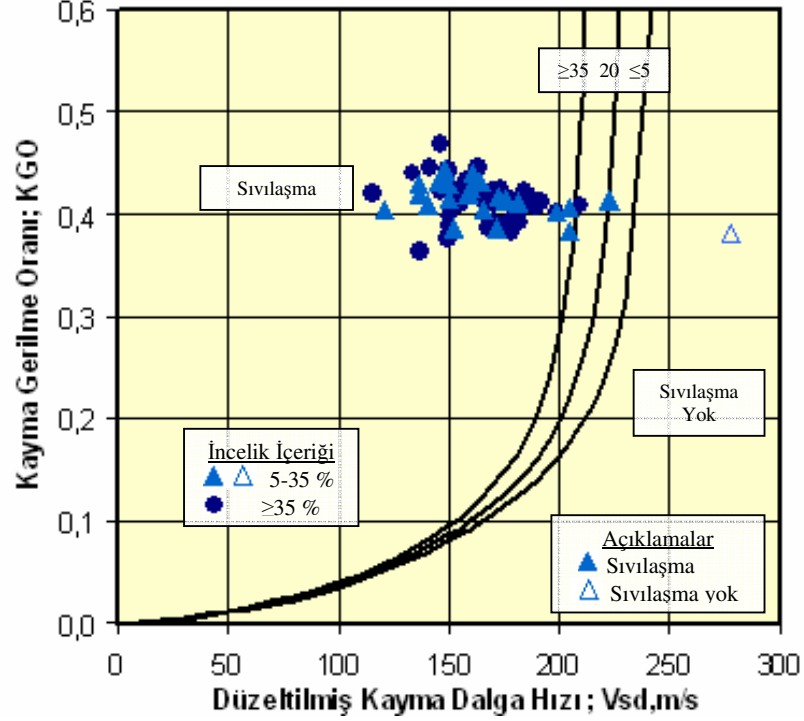
Altıncı sıvılaşma direnç eğrileri, sırasıyla $a_{max}=0..2-0.3-0.4-0.426$ farklı ivme değerleri kullanılarak kayma gerilme oranı ile efektif düşey gerilmeye göre düzeltilmiş kayma dalga hız değerlerine(Şekil 5.7-5.8-5.9-5.10), Tekrarlı Gerilme Oranı ile efektif düşey gerilmeye göre düzeltilmiş kayma dalga hız değerlerine(Şekil 5.11-5.12-5.13-5.14) ve tekrarlı gerilme oranı ile düzeltilmiş standart penetrasyon($(N_1)_{60}$ değerine göre(Şekil 5.15-5.16-5.17-5.18) çizilir. Çalışılan alanda belirlenen parametreler sıvılaşma direnç eğrisinin üzerinde çıkar ise sıvılaşma olacağı eğrinin altında çıkarsa sıvılaşma olmayacağı önceden tespit edilir.



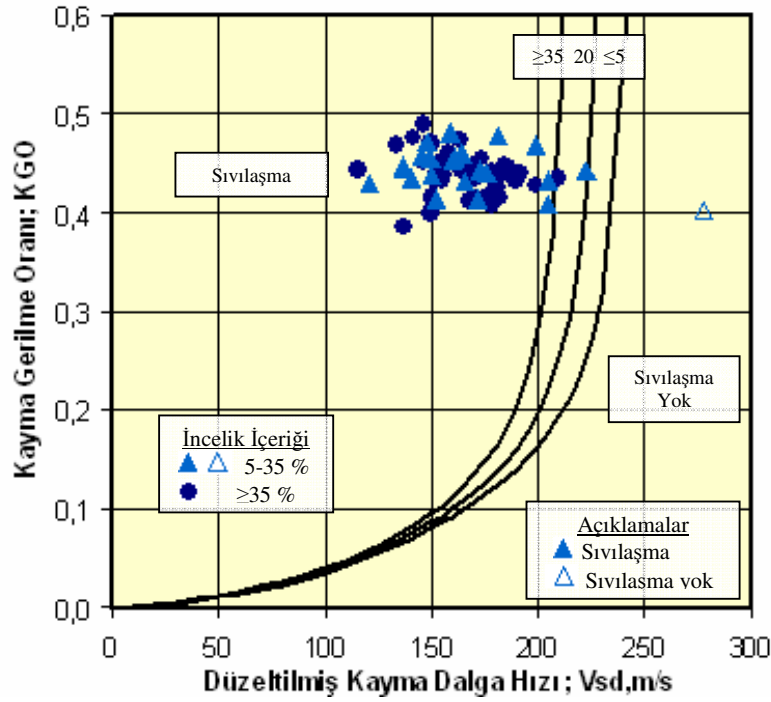
Şekil 5.7. $a_{max}=0.2$ göre Kayma Gerilme Oranı ile Düzeltilmiş Kayma Dalga Hızı Arasındaki İlişki



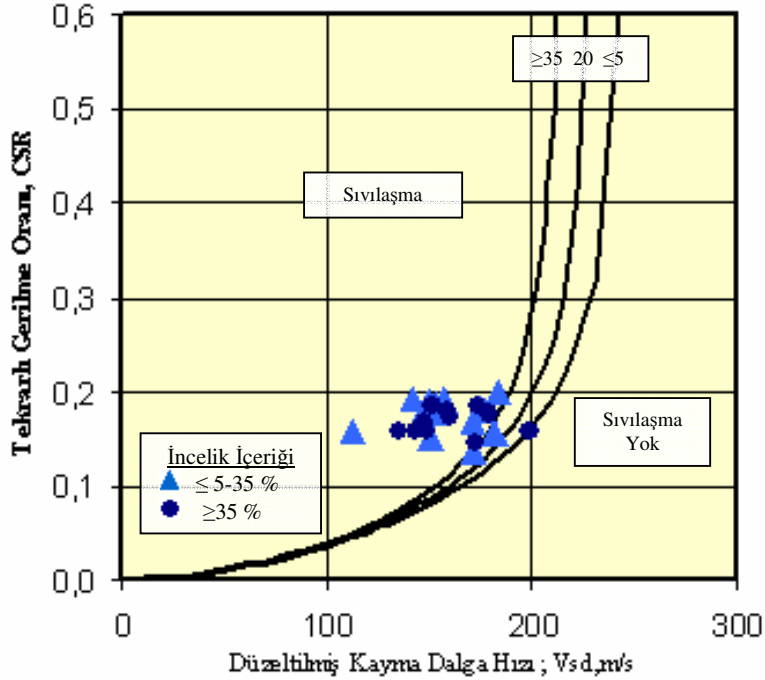
Şekil 5.8 $a_{max}=0.3$ göre Kayma Gerilme Oranı ile Düzeltilmiş Kayma Dalga Hızı Arasındaki İlişki



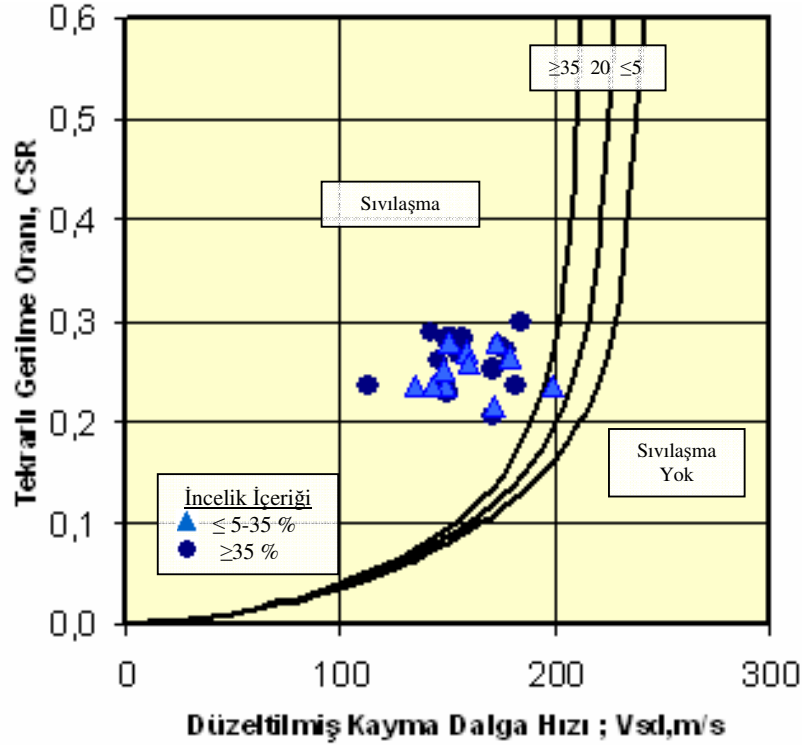
Şekil 5.9 $a_{max}=0.4$ göre Kayma Gerilme Oranı ile Düzeltilmiş Kayma Dalga Hızı Arasındaki İlişki



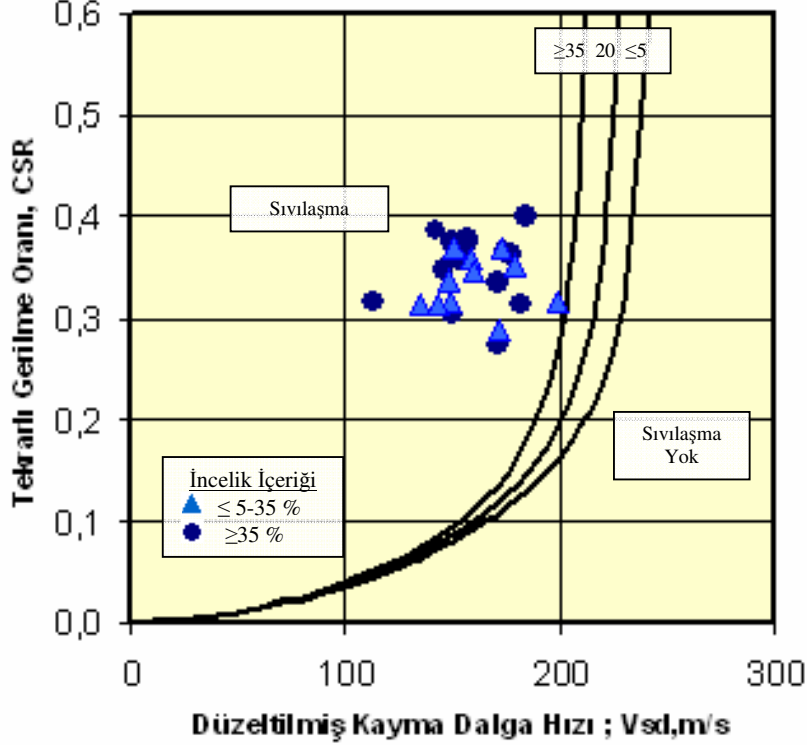
Şekil 5.10 $a_{max}=0.426$ göre Kayma Gerilme Oranı ile Düzeltilmiş Kayma Dalga Hızı Arasındaki İlişki



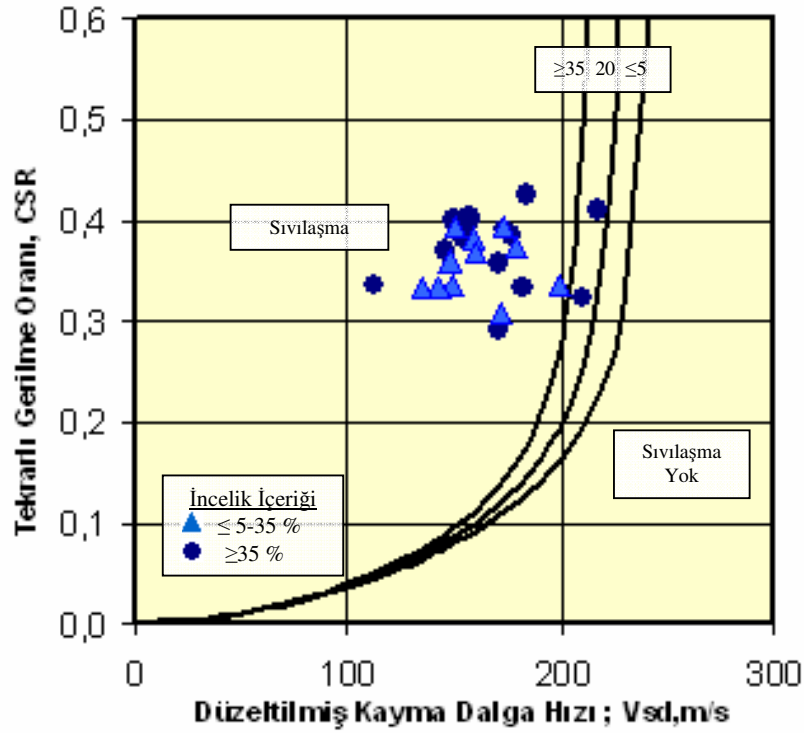
Şekil 5.11 $a_{max}=0.2$ göre Tekrarlı Gerilme Oranı ile Düzeltilmiş Kayma Dalga Hızı Arasındaki İlişki



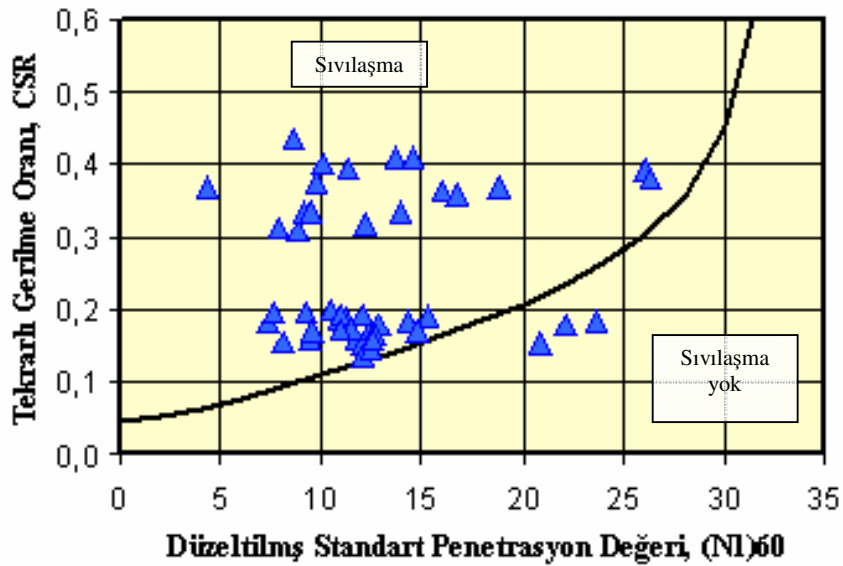
Şekil 5.12 $a_{max}=0.3$ göre Tekrarlı Gerilme Oranı ile Düzeltilmiş Kayma Dalga Hızı Arasındaki İlişki



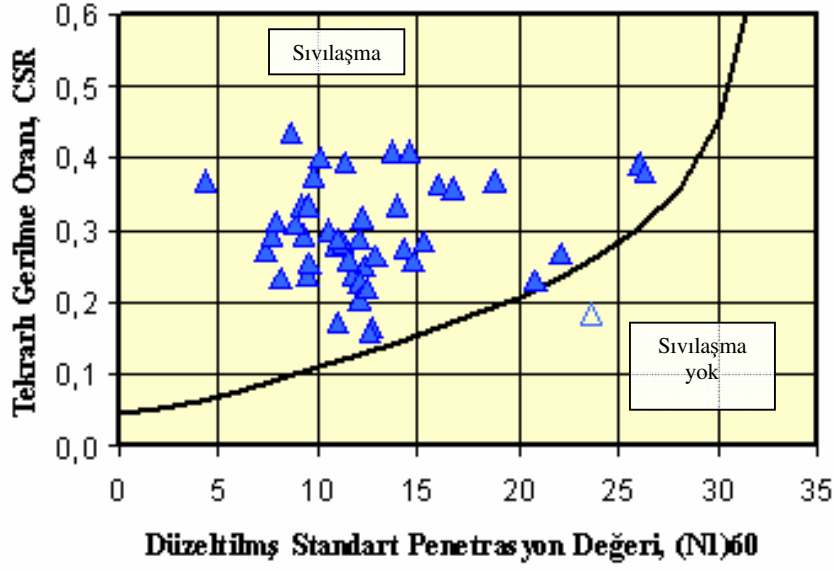
Şekil 5.13 $a_{max}=0.4$ göre Tekrarlı Gerilme Oranı ile Düzeltilmiş Kayma Dalga Hızı Arasındaki İlişki



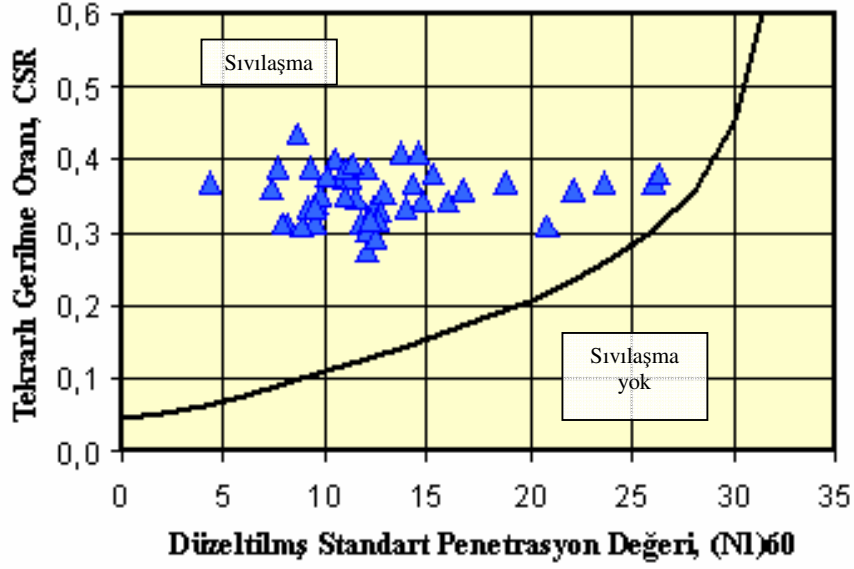
Şekil 5.14 $a_{max}=0.426$ göre Tekrarlı Gerilme Oranı ile Düzeltilmiş Kayma Dalga Hızı Arasındaki İlişki



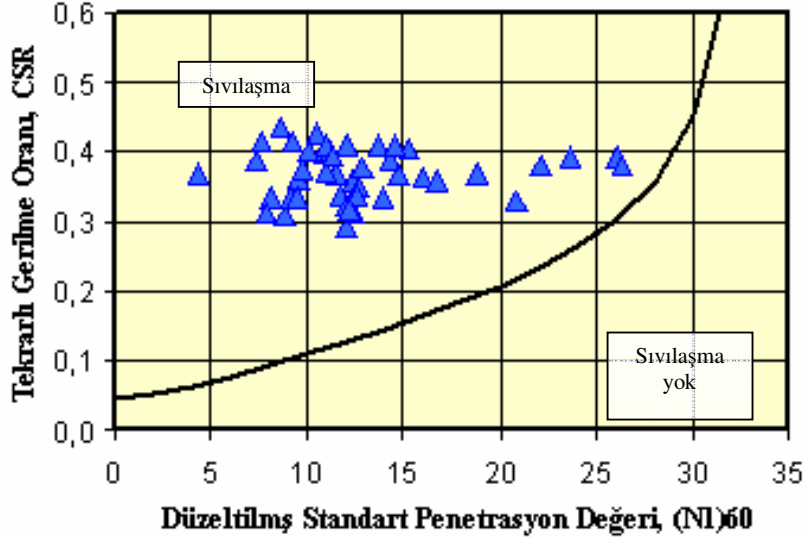
Şekil 5.15 $a_{max}=0.2$ göre Tekrarlı Gerilme Oranı ile Düzeltilmiş SPT-N Değeri Arasındaki Tekrarlı Direnç İlişkisi



Şekil.5.16 $a_{max}=0.3$ göre Tekrarlı Gerilme Oranı İle Düzeltilmiş SPT-N Değeri Arasındaki Tekrarlı Direnç İlişkisi

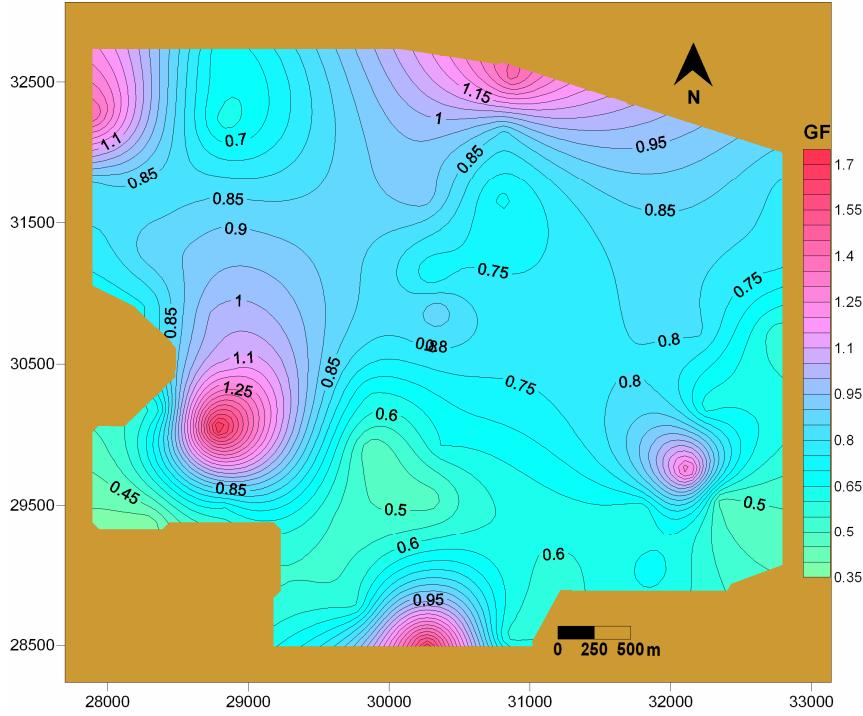


Şekil 5.17 $a_{max}=0.4$ göre Tekrarlı Gerilme Oranı İle Düzeltilmiş SPT-N Değeri Arasındaki Tekrarlı Direnç İlişkisi

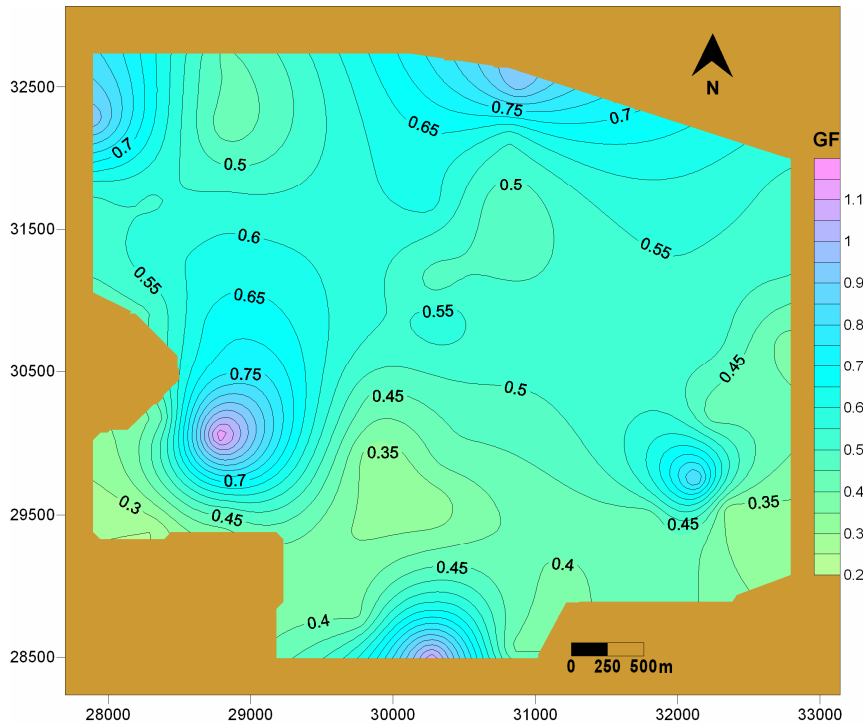


Şekil.5.18 $a_{\max}=0.426$ göre Tekrarlı Gerilme Oranı İle Düzeltilmiş SPT-N Değeri Arasındaki Tekrarlı Direnç İlişkisi

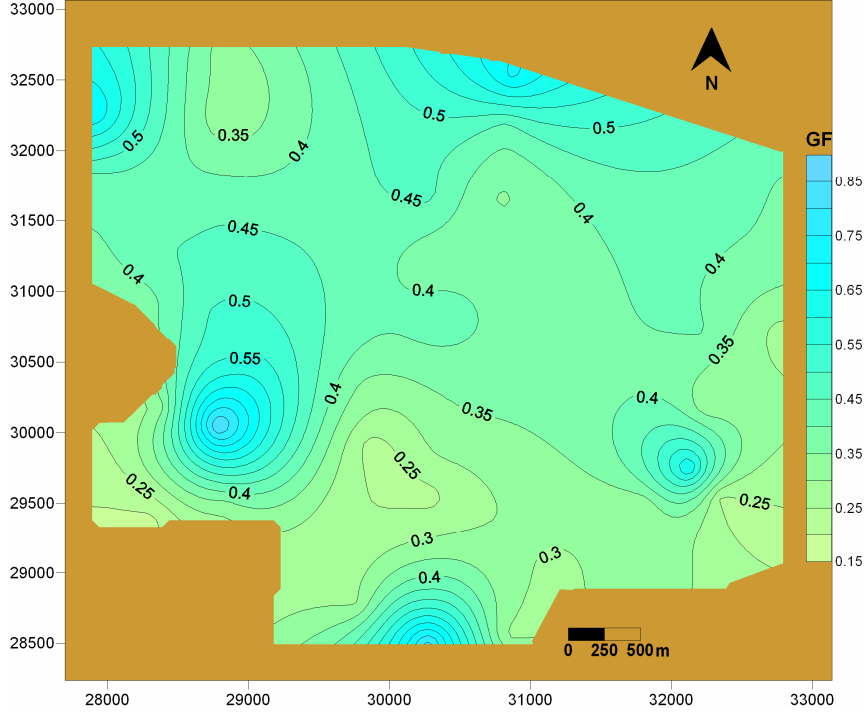
Ayrıca sıvılaşma riskinin belirlenmesi için kullanılan en yaygın yol güvenlik faktörüdür. Güvenlik faktörü 1'den küçük ise sıvılaşma olacağını, 1-1.2 arasında ise sıvılaşma potansiyeli olduğunu ve 1.2'den büyükse sıvılaşma olmayacağı önceden belirlenir. Bununla ilgili olarak sırasıyla $a_{\max}=0.2-0.3-0.4-0.426$ farklı ivme değerleri kullanılarak standart penetrasyon teste bağlı Youd et al.,(2001) yönteminden (Şekil 5.19-5.20-5.21), kayma dalga hızına bağlı Uyanık,(2002) yönteminden(Şekil 5.22-5.23-5.24) sıvılaşma risk haritaları oluşturulmuştur



Şekil 5.19 Youd,(2001)'e göre $a_{max}=0.2$ için Standart Penetrasyona Testine Bağlı Sıvılaşma Potansiyel Haritası



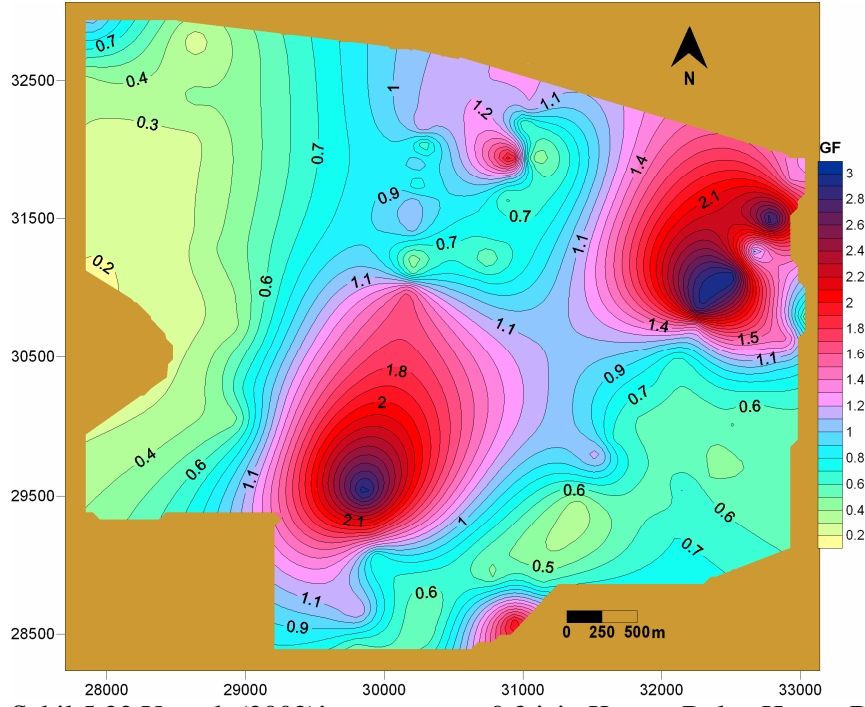
Şekil 5.20 Youd,(2001)'e göre $a_{max}=0.3$ için Standart Penetrasyona Testine Bağlı Sıvılaşma Potansiyel Haritası



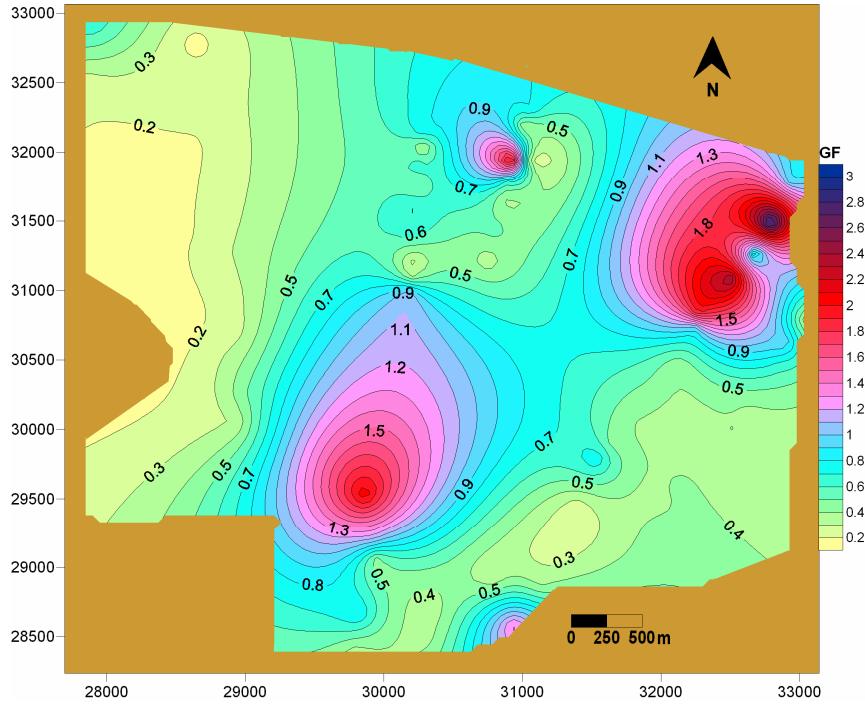
Şekil 5.21 Youd,(2001)'e göre $a_{max}=0.4$ için Standart Penetrasyona Testine Bağlı Sıvılaşma Potansiyel Haritası

Standart penetrasyona bağlı Youd et.al., (2001) yöntemi kullanılarak toplam 50 adet veriden elde edilen sıvılaşma analiz değerlendirme sonucuna göre $a_{max}=0.2g$ için 4 adet verinin sıvılaşma oluşturamayacağı, 2 adet verinin potansiyel sıvılaşma oluşturabileceği, geriye kalan 44 adet verinin sıvılaşma oluşturabileceği; $a_{max}=0.3g$ için sadece 2 adet verinin potansiyel sıvılaşma oluşturabileceği, geriye kalan 48 adet verinin sıvılaşma oluşturabileceği; $a_{max}=0.4g$ ve $a_{max}=0.426g$ için 50 adet verinin tamamının sıvılaşma oluşturabileceği tahmin edilmektedir.

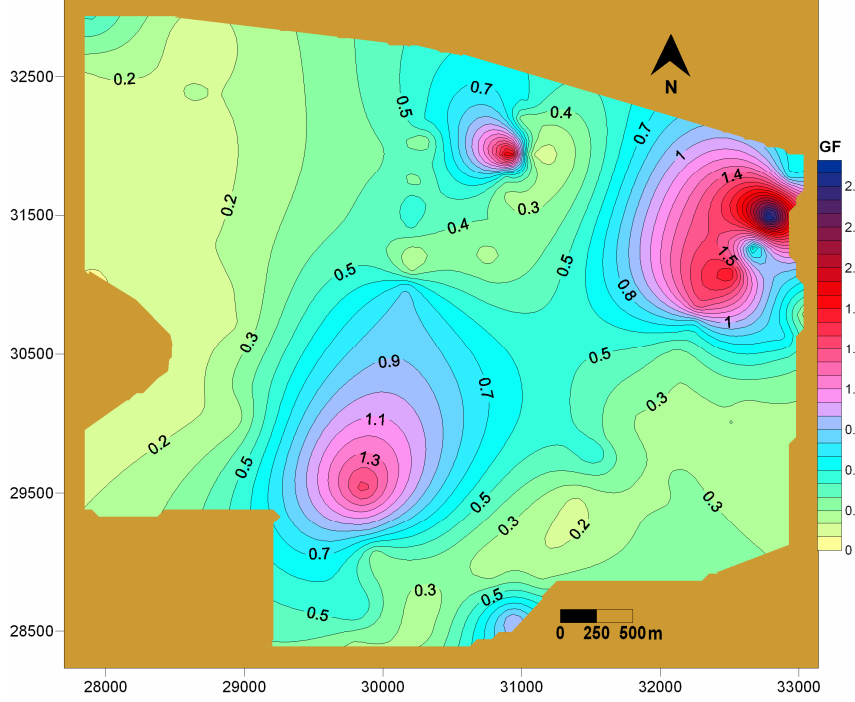
Standart penetrasyona bağlı analiz sonuçlarından elde edilen sıvılaşma potansiyel haritalarına baktığımızda $a_{max}=0.2$ için bölgenin kuzey ve güney batısında birkaç nokta haricinde her yerin sıvılaşabileceği, $a_{max}=0.3$ ve $a_{max}=0.4$ için ise bölgenin tamamının sıvılaşacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak buradan görülmüştür ki 7.6 magnetüd ve farklı ivme değerleri kullanılarak Youd et.al., (2001) metodu ile yapılan bu çalışmada bölgenin tamamı sıvılaşma açısından büyük risk taşımaktadır.



Şekil 5.22 Uyanık;(2002)'ye göre $a_{max}=0.2$ için Kayma Dalga Hızına Bağlı Sıvılaştırma Potansiyel Haritası



Şekil 5.23 Uyanık;(2002)'ye göre $a_{max}=0.3$ için Kayma Dalga Hızına Bağlı Sıvılaştırma Potansiyel Haritası



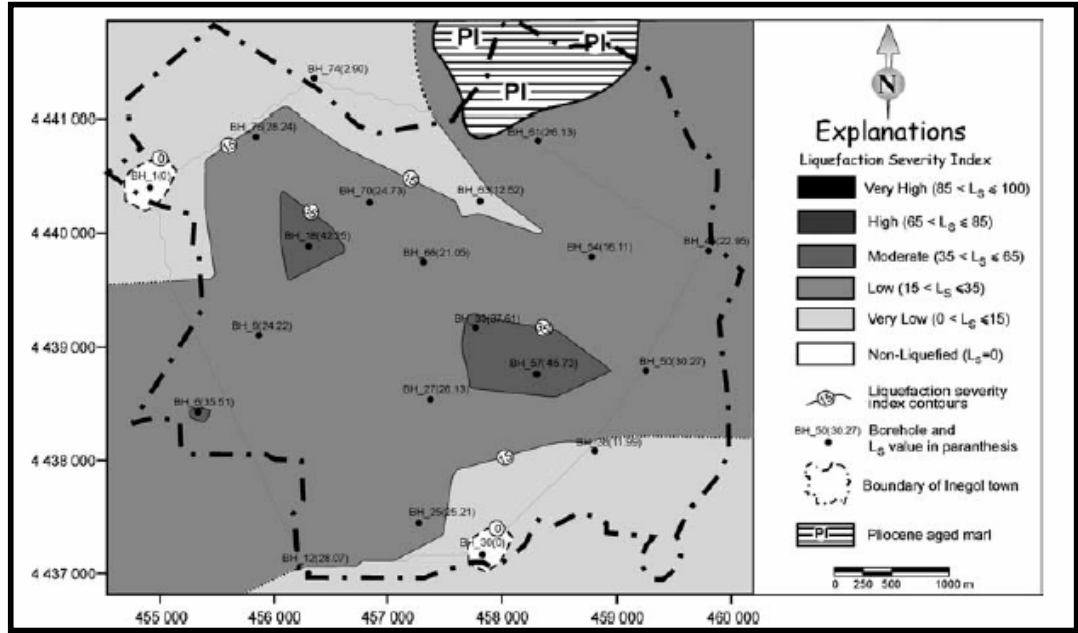
Şekil 5.24 Uyanık;(2002)'ye göre $a_{max}=0.4$ için Kayma Dalga Hızına Bağlı Sıvılaşma Potansiyel Haritası

Kayma dalga hızına bağlı Uyanık,(2002) yöntemini bu bölge için uyguladığımızda toplam 70 adet veriden elde edilen sıvılaşma analiz değerlendirme sonucuna göre $a_{max}=0.2g$ için 13 adet verinin sıvılaşma oluşturmayacağı, 9 adet verinin potansiyel sıvılaşma oluşturabileceği, 48 adet verinin ise sıvılaşma oluşturabileceği; $a_{max}=0.3g$ için 6 adet verinin sıvılaşma oluşturmayacağı, 2 adet verinin potansiyel sıvılaşma oluşturabileceği, 62 adet verinin ise sıvılaşma oluşturabileceği; $a_{max}=0.4g$ için 5 adet verinin sıvılaşma oluşturmayacağı, 2 adet verinin potansiyel sıvılaşma oluşturabileceği, 63 adet verininde sıvılaşma oluşturabileceği ve $a_{max}=0.426g$ için ise 4 adet verinin sıvılaşma oluşturmayacağı, kalan 66 adet verinin sıvılaşma oluşturabileceği tahmin edilmektedir.

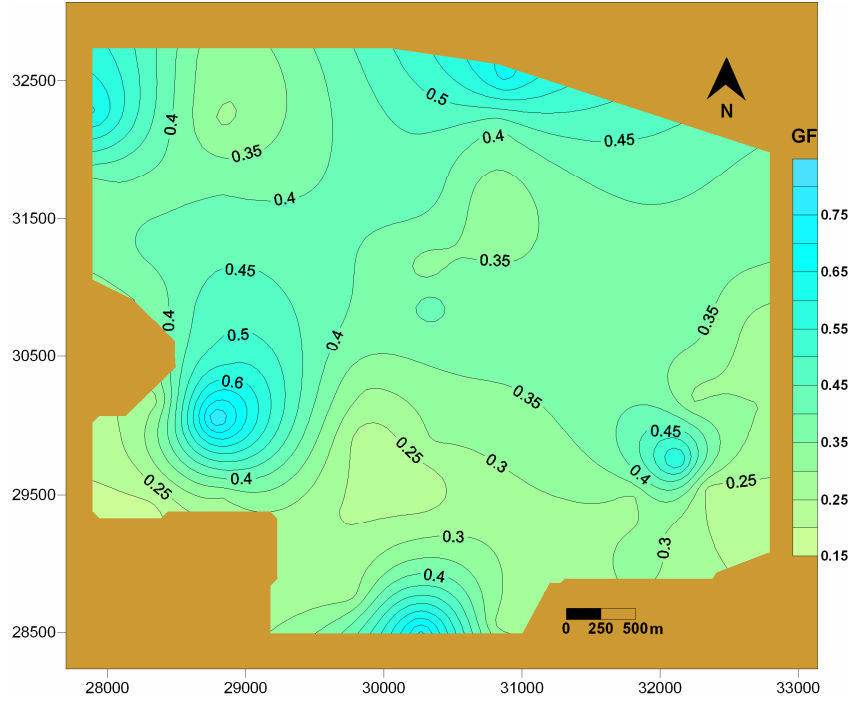
Bu yöntemin analiz sonuçlarından elde edilen sıvılaşma potansiyel haritalarına baktığımızda $a_{max}=0.2$ için bölgenin kuzeydoğu ve güneybatı kesiminin büyük bir kısmı sıvılaşma riski taşımadığı görülmektedir. $a_{max}=0.3$ için baktığımızda ise sıvılaşma riski taşıyan alan daha da artmaktadır. $a_{max}=0.4$ için ise kuzey doğu ve güney batıda yer alan küçük bir alan haricinde bölgenin tamamı sıvılaşma riski taşıdığı tahmin edilmektedir.

Sıvılaşma analiz yöntemleri uygulandıktan sonra Youd et.al., (2001)'den elde edilen Tekrarlı Gerilme Oranı (CSR) ile Uyanık, (2002)'den elde edilen kayma gerilme oranı (KGO) karşılaştırılmalı olarak Çizelge 5.5 ve 5.6'da irdelenmiştir. Ayrıca Sönmez ve Gökçeoglu (2005)'nin daha önce bölgede yapmış olduğu standart penetrasyona bağlı sıvılaşma analiz haritası bu tez çalışmasında aynı magnitüt ve ivme değerleri kullanılarak kıyaslanmıştır(Şekil.5.25-5.26-5.27).

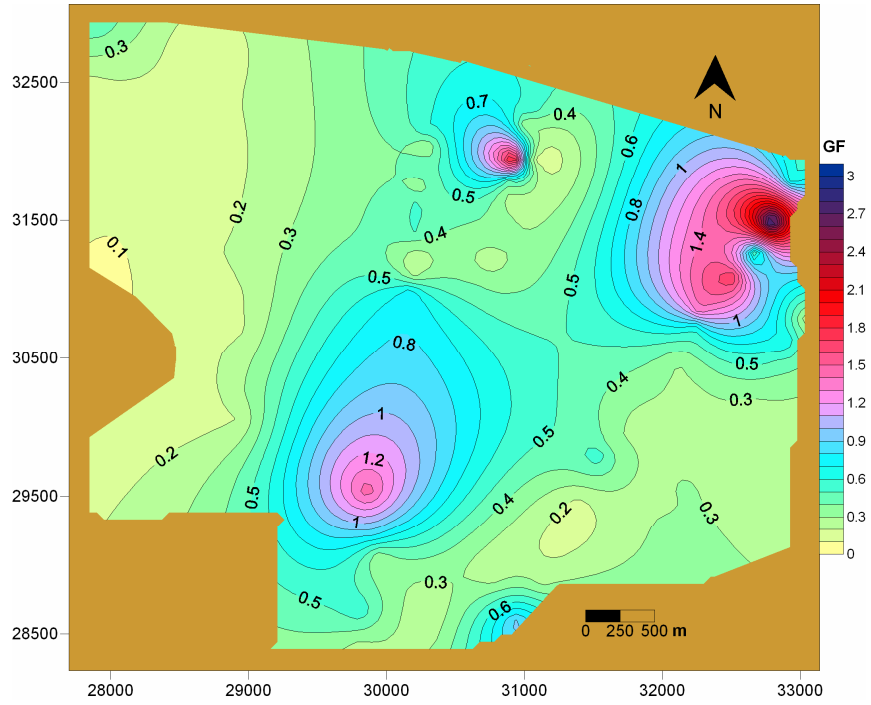
Çizelge 5.5 ve 5.6'da Standart penetrasyona bağlı Youd et.al.,(2001) yönteminden ve Kayma dalga hızına bağlı Uyanık,(2002) yönteminden elde edilen sonuçları karşılaştırdığımızda birbiri ile uyumlu oldukları ortaya çıkmaktadır. Ancak farklı ivme değerleriyle hazırlanan güvenlik faktörüne bağlı sıvılaşma risk haritalarına baktığımızda bazı bölgelerde değişiklikler gözlemlenmektedir. Bunun nedeni Uyanık,(2002) yönteminde incelik içeriği kavramının kullanılmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.25 Sönmez ve Gökçeoglu (2005)'nin İnegöl Bölgesi Sıvılaşma Risk Haritası



Şekil 5.26 Youd,(2001)'e göre $a_{max}=0.426$ için Standart Penetrasyona Testine Bağlı Sıvılaşma Potansiyel Haritası



Şekil 5.27 Uyanık;(2002)'ye göre $a_{max}=0.426$ için Kayma Dalga Hızına Bağlı Sıvılaşma Potansiyel Haritası

Çizelge 5.5 Çalışma alanının $a_{max}=0.2-0.3-0.4g$ ivme değerleriyle Youd et al., (2001) ve Uyanık, (2002) metodlarına göre karşılaştırılması															
		Youd et al., (2001) Metodu							Uyanık, (2002) Metodu						
		$a_{max}=0.2$			$a_{max}=0.3$		$a_{max}=0.4$		$a_{max}=0.2$			$a_{max}=0.3$		$a_{max}=0.4$	
NOKTA NO	ZEMİN TİPİ	CRR	CSR	GF	CSR	GF	CSR	GF	SDO	KGO	GF	KGO	GF	KGO	GF
IS-49 SK-38	KUMLU KİL	0.107	0.176	0.61	0.264	0.41	0.352	0.30	0.144	0.207	0.69	0.311	0.46	0.415	0.350
IS-47 SK-40	KUMLU KİL	0.088	0.181	0.48	0.271	0.32	0.362	0.24	0.149	0.207	0.72	0.310	0.48	0.414	0.36
IS-46 SK-51	KUMLU KİL	0.235	0.179	1.32	0.268	0.88	0.357	0.66	0.102	0.211	0.48	0.316	0.32	0.421	0.24
IS-44 SK-50	KUMLU KİL	0.117	0.187	0.63	0.281	0.42	0.374	0.31	0.130	0.211	0.61	0.317	0.41	0.423	0.31
IS-43 SK-43	SİLTİLİ KİL	0.120	0.188	0.64	0.281	0.43	0.375	0.32	0.120	0.222	0.54	0.333	0.36	0.444	0.27
IS-42 SK-43	SİLTİLİ KİL	0.120	0.188	0.64	0.281	0.43	0.375	0.32	0.143	0.217	0.66	0.325	0.44	0.434	0.33
IS-40 SK-44	SİLTİLİ KİL	0.114	0.200	0.57	0.300	0.38	0.400	0.28	0.309	0.211	1.46	0.317	0.97	0.422	0.73
IS-98 SK-35	YESİL KİL	0.118	0.193	0.61	0.289	0.41	0.386	0.31	0.082	0.223	0.37	0.335	0.25	0.446	0.18
$M_w = 7.6$		$MSF=0.966$							$MSF=0.967$			$T_0 = 0.364$			
a_{max} = En Büyük Yatay Yer İvmesi		CSR = Devir Gerime Oranı							KGO = Kayma Gerilme Oranı						
M_w = Moment Magnitüd		CRR = Devir Direnç Oranı							SDO = Sıvılaşma Direnç Oranı						
T_0 = Derpemin Hakim Periyodu		G.F = Güvenlik Faktörü							G.F = Güvenlik Faktörü						
MSF = Magnitüd Skala Faktörü															

Çizelge 5.5 Devam		Youd et al., (2001) Metodu							Uyanuk, (2002) Metodu							
NOKTA NO	ZEMİN TİPİ	amax=0.2			amax=0.3		amax=0.4		SDO	amax=0.2		amax=0.3		amax=0.4		
		CRR	CSR	GF	CSR	GF	CSR	GF		KGO	GF	KGO	GF	KGO	GF	
IS-65 SK-52	KUMLU KİL	0.157	0.190	0.83	0.285	0.55	0.380	0.41	0.128	0.212	0.60	0.318	0.40	0.424	0.30	
IS-62 SK-49	KUMLU KİL	0.149	0.183	0.81	0.275	0.54	0.367	0.41	0.274	0.206	1.33	0.309	0.89	0.412	0.67	
IS-59 SK-45	KUMLU KİL	0.130	0.168	0.77	0.252	0.52	0.335	0.39	0.200	0.204	0.98	0.307	0.65	0.409	0.49	
IS-104 SK-24	SİLTİLİ KİL	0.305	0.185	1.65	0.277	1.10	0.369	0.83	0.114	0.208	0.55	0.313	0.36	0.417	0.27	
IS-29 SK-63	SİLTİLİ KUM	0.099	0.145	0.69	0.217	0.46	0.289	0.34	0.110	0.194	0.57	0.291	0.38	0.388	0.28	
IS-32 SK-64	SİLTİLİ KUM	0.127	0.152	0.84	0.228	0.56	0.304	0.42	0.100	0.188	0.53	0.282	0.35	0.376	0.27	
IS-106 SK-19	KUMLU KİL	0.093	0.156	0.60	0.235	0.40	0.313	0.30	0.245	0.200	1.22	0.301	0.82	0.401	0.61	
IS-23 SK-66	ÇAKILLI KUM	0.123	0.174	0.71	0.261	0.47	0.347	0.35	0.097	0.234	0.41	0.352	0.28	0.469	0.21	
IS-21 SK-67	ÇAKILLI KUM	0.128	0.137	0.93	0.205	0.62	0.274	0.47	0.207	0.196	1.06	0.294	0.70	0.392	0.53	
IS-13 SK-07	KILLI KUM	0.102	0.158	0.65	0.236	0.43	0.315	0.32	0.217	0.201	1.08	0.330	0.72	0.403	0.54	
IS-12 SK-08	KILLI KUM	0.311	0.179	1.73	0.269	1.15	0.359	0.87	0.097	0.211	0.46	0.339	0.31	0.421	0.23	
IS-10 SK-09	KILLI KUM	0.194	0.173	1.12	0.259	0.75	0.345	0.56	0.098	0.213	0.46	0.319	0.31	0.425	0.23	
M_w = 7.6		MSF=0.966							MSF=0.967				T₀ = 0.364			

Çizelge 5.5 Devam															
		Youd et al., (2001) Metodu							Uyank, (2002) Metodu						
		amax=0.2			amax=0.3		amax=0.4		amax=0.2			amax=0.3		amax=0.4	
NOKTA NO	ZEMİN TİPİ	CRR	CSR	GF	CSR	GF	CSR	GF	SDO	KGO	GF	KGO	GF	KGO	GF
IS-09 SK-10	SİLTİLİ KUM	0.171	0.169	1.02	0.253	0.68	0.337	0.51	0.082	0.216	0.38	0.324	0.25	0.432	0.19
IS-06 SK-11	SİLTİLİ KUM	0.144	0.157	0.92	0.236	0.61	0.314	0.46	0.079	0.210	0.37	0.315	0.25	0.420	0.19
IS-05 SK-11	SİLTİLİ KUM	0.144	0.157	0.92	0.236	0.61	0.314	0.46	0.070	0.215	0.33	0.322	0.22	0.429	0.16
IS-01 SK-77	SİLTİLİ KİL	0.104	0.158	0.66	0.236	0.44	0.315	0.33	0.051	0.210	0.24	0.315	0.16	0.420	0.12
IS-14 SK-06	KİLLİ KUM,	0.105	0.158	0.67	0.236	0.44	0.315	0.33	0.083	0.208	0.40	0.312	0.26	0.416	0.20
IS-67 SK-82	KUMLU ÇAKIL	0.259	0.184	1.41	0.277	0.94	0.369	0.70	0.084	0.220	0.38	0.331	0.25	0.441	0.19
M_s = 7.6		MSF=0.966							MSF=0.967			T₀ = 0.364			

Çizelge 5.6 Çalışma alanının $a_{max}=0.426g$ ivme değeriyle Youd et al., (2001) ve Uyanık, (2002) metodlarına göre karşılaştırılması

NOKTA NO	ZEMİN TİPİ	Z_w (m)	Z_{ad} (m)	FCI	γ_{sa}	Youd et al., (2001) Metodu									Uyanık, (2002) Metodu														
						r_d	$\frac{\sigma_v}{\sigma'_v}$	N_{30}	C_N	N_1	$(N_1)_{60}$	CSR	CRR	GF	V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_{s1} (m)	r_d	$\frac{\sigma_{vs}}{\sigma'_{vs}}$	KGO	SDO	GF							
IS-49 SK-38	KUMLU KİL	3.0	8.0	30	1.93	0.926	1.46	13	1.00	13	10	0.375	0.107	0.29	1146	179	179	0.939	1.10	0.442	0.144	0.33							
IS-47 SK-40	KUMLU KİL	2.5	6.5	36	1.96	0.945	1.47	9	1.09	10	7	0.386	0.088	0.23	1324	168	177	0.950	1.09	0.440	0.149	0.34							
IS-46 SK-51	KUMLU KİL	2.5	6.5	38	1.92	0.95	1.45	27	1.09	29	22	0.38	0.235	0.62	1116	147	155	0.95	1.11	0.449	0.106	0.24							
IS-44 SK-50	KUMLU KİL	2.5	7.5	60	2.00	0.933	1.54	14	1.04	15	11	0.399	0.117	0.29	1478	150	153	0.943	1.12	0.450	0.130	0.29							
IS-43 SK-43	SİLTİLİ KİL	2.5	10.0	60	1.92	0.900	1.60	16	0.94	15	11	0.400	0.120	0.30	1122	155	150	0.907	1.22	0.473	0.120	0.25							
IS-42 SK-43	SİLTİLİ KİL	2.5	10.0	60	1.92	0.900	1.60	16	0.94	15	11	0.400	0.120	0.30	1469	163	157	0.907	1.20	0.462	0.143	0.31							
IS-40 SK-44	SİLTİLİ KİL	2.5	12.0	55	2.05	0.872	1.76	16	0.88	14	11	0.426	0.114	0.27	1750	197	184	0.854	1.24	0.450	0.309	0.69							
		$a_{max} = 0.426$				$M_w = 7.6$						$MSF=0.966$			$MSF=0.967$			$T_0 = 0.364$											
Z_w = Yeraltı Su Seviye Derinliği Z_{ad} = Araştırma Derinliği FCI = İnce Tane Oranı γ_{sa} = Yeraltı Su Seviyesinin Altındaki Birim Hacim Ağırlık r_d = Gerilme Azaltma Faktörü σ_v/σ'_v = Gerilme Oranı N_{30} = 30cm'deki Darbe Sayısı C_N = Efektif Düşey Gerilmeye göre Düzeltme Katsayısı N_1 = Efektif Düşey Gerilmeye göre Düzeltilmiş SPT N Değeri $(N_1)_{60}$ = Efektif Düşey Gerilme ve %60 Enerji Seviyesine göre Düzeltilmiş SPT N Değeri										M_w = Moment Magnitüd T_0 = Derpemin Hakim Periyodu MSF = Magnitüd Skala Faktörü a_{max} = En Büyük Yatay Yer İvmesi CSR = Devir Gerilme Oranı CRR = Devir Direnç Oranı G.F = Güvenlik Faktörü										V_p = Boyuna Dalga Hızı V_s = Kayma Dalga Hızı V_{s1} = Efektif Düşey Gerilmeye göre Düzeltilmiş Kayma Dalga Hızı r_d = Gerilme Azaltma Faktörü σ_{vs}/σ'_{vs} = Gerilme Oranı KGO = Kayma Gerilme Oranı SDO = Sıvılaşma Direnç Oranı G.F = Güvenlik Faktörü									

Çizelge 5.6 Devam																						
NOKTA NO	ZEMİN TİPİ	Z_w (m)	Z_{ad} (m)	FCI	γ_{sa}	r_d	Youd et al., (2001) Metodu										Uyank, (2002) Metodu					
							σ_v	N_{30}	C_n	N_1	$(N_1)_{60}$	CSR	CRR	GF	V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_{s_d} (m)	r_d	σ_{vs}	KGO	SDO	GF
IS-98 SK-35	YESİL KİL	2.5	9.0	38	2.00	0.913	1.62	15	0.98	15	11	0.411	0.118	0.29	1484	143	217	0.931	1.2	0.475	0.082	0.17
IS-65 SK-52	KUMLU KİL	2.0	6.5	54	1.90	0.945	1.54	18	1.13	20	15	0.404	0.157	0.39	1020	146	157	0.950	1.12	0.452	0.128	0.28
IS-62 SK-49	KUMLU KİL	2.0	5.0	64	1.99	0.962	1.47	16	1.20	19	14	0.391	0.149	0.38	1445	155	174	0.962	1.07	0.439	0.274	0.63
IS-59 SK-45	KUMLU KİL	3.0	6.0	58	1.96	0.951	1.36	15	1.10	16	12	0.357	0.130	0.36	1283	162	171	0.954	1.07	0.435	0.200	0.46
IS-104 SK-24	SİLTİLİ KİL	2.0	5.5	15	1.96	0.957	1.48	30	1.16	35	26	0.393	0.305	0.77	1321	158	173	0.958	1.09	0.444	0.114	0.26
IS-29 SK-63	SİLTİLİ KUM	6.0	9.5	12	1.92	0.906	1.23	14	0.84	12	9	0.308	0.099	0.32	1577	188	172	0.920	1.05	0.411	0.111	0.27
IS-32 SK-64	SİLTİLİ KUM	5.5	14.0	45	1.83	0.843	1.39	22	0.73	16	12	0.324	0.127	0.39	1138	169	210	0.840	1.11	0.396	0.100	0.25
IS-106 SK-19	KUMLU KİL	4.0	7.5	52	1.87	0.933	1.29	11	0.98	11	8	0.333	0.093	0.28	833	184	182	0.943	1.06	0.427	0.245	0.57
IS-23 SK-66	ÇAKILLI KUM	3.5	12.5	49	1.91	0.864	1.55	19	0.81	15	12	0.370	0.123	0.33	1572	162	146	0.907	1.27	0.490	0.098	0.20
IS-21 SK-67	ÇAKILLI KUM	6.0	8.5	60	1.73	0.920	1.14	18	0.90	16	12	0.292	0.128	0.44	633	181	171	0.935	1.04	0.415	0.212	0.51
IS-13 SK-07	KILLI KUM	2.5	4.5	28	1.77	0.968	1.25	10	1.21	12	9	0.336	0.102	0.30	868	176	199	1.054	1.04	0.466	0.217	0.46
IS-12 SK-08	KILLI KUM	2.0	5.5	23	1.86	0.957	1.44	30	1.17	35	26	0.382	0.311	0.81	1282	144	159	1.027	1.09	0.478	0.097	0.20
$a_{max} = 0.426$		$M_w = 7.6$					$MSF = 0.966$					$MSF = 0.967$					$I_0 = 0.364$					

Çizelge 5.6 Devam																							
NOKTA NO	ZEMİN TİPİ	Z _w (m)	Z _{ad} (m)	FCI	γ _{sa}	Youd et al., (2001) Metodu										Uyanık, (2002) Metodu							
						r _d	$\frac{\sigma_v}{\sigma'_v}$	N ₃₀	C _n	N ₁	(N ₁) ₆₀	CSR	CRR	GF	V _p (m/s)	V _s (m/s)	V _{sd} (m)	r _d	$\frac{\sigma_{vs}}{\sigma'_{vs}}$	KGO	SDO	GF	
IS-10 SK-09	KILLI KUM	3.0	8.0	21	1.86	0.926	1.43	25	1.00	25	19	0.368	0.194	0.53	1316	160	160	0.939	1.12	0.449	0.098	0.22	
IS-09 SK-10	SİLTİLİ KUM	3.5	9.5	22	1.84	0.906	1.43	24	0.93	22	17	0.359	0.171	0.48	1213	154	148	0.920	1.16	0.454	0.082	0.18	
IS-06 SK-11	SİLTİLİ KUM	4.5	10.0	30	1.81	0.900	1.34	21	0.88	19	14	0.335	0.144	0.43	1208	152	143	0.907	1.15	0.443	0.079	0.18	
IS-05 SK-11	SİLTİLİ KUM	4.5	10.0	30	1.81	0.900	1.34	21	0.88	19	14	0.335	0.144	0.43	1050	144	135	0.924	1.15	0.452	0.070	0.15	
IS-01 SK-77	SİLTİLİ KİL	5.0	15.5	42	1.88	0.821	1.48	18	0.70	13	9	0.336	0.104	0.31	924	133	113	0.760	1.38	0.448	0.051	0.11	
IS-14 SK-06	KİLLİ KUM,	4.0	8.0	22	1.82	0.926	1.31	13	0.97	13	9	0.336	0.105	0.31	1105	151	149	0.943	1.10	0.439	0.083	0.19	
IS-67 SK-82	KUMLU CAKIL	3.0	9.0	17	2.01	0.913	1.55	33	0.96	32	24	0.393	0.259	0.66	1561	155	151	0.931	1.18	0.469	0.084	0.18	
a_{max} = 0.426							M_w = 7.6					MSF = 0.966					MSF = 0.967					T₀ = 0.364	

5.3. Sonuçlar

Bu tez kapsamında İnegöl belediyesinde yaptırılan imar planına esas jeoteknik etüt raporu içerisinde yer alan toplam 70 adet Sismik Kırılma, 35 adet Düşey Elektrik Sondaj ve 50 adet de Jeoteknik amaçlı Mekanik Sondaj verisi kullanılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen veriler yeniden değerlendirilmiş ve bu verilerin yorumlanmasıyla jeoteknik kesitler oluşturulmuştur. Daha sonra bu kesitlerden yeraltı su tablasının altındaki tabakaların V_{sc} ve SPT (N_1)₆₀ değerlerine bağlı sıvılaşma analizleri, farklı ivme değerleriyle kayma dalga hızına bağlı Uyanık, (2002) ve standart penetrasyon testine bağlı Youd v.d, (2001) yöntemleri kullanılarak karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Ayrıca Sönmez ve Gökçeoglu (2005)'nun daha önce bölgede yapmış olduğu standart penetrasyona bağlı sıvılaşma analizi bu tez çalışmasında aynı magnitüt ve ivme değerleri kullanılarak kıyaslanmıştır.

Standart penetrasyona bağlı Youd et.al., (2001) yönteminden ve Kayma dalga hızına bağlı Uyanık, (2002) yönteminden elde edilen sonuçları karşılaştırdığımızda birbiri ile uyumlu oldukları ortaya çıkmaktadır. Sönmez ve Gökçeoglu (2005)'nun daha önce bölgede yapmış olduğu standart penetrasyona bağlı sıvılaşma analiz haritası kıyaslandığında da aynı durum söz konusudur. Yani Sönmez ve Gökçeoglu (2005)'nun sıvılaşma açısından riskli bulunduğu alanlar Standart penetrasyona bağlı Youd et.al., (2001) ve Kayma dalga hızına bağlı Uyanık, (2002) yöntemleri uygulandığında da benzer sonuçlar vermektedir. Ancak Kayma dalga hızına bağlı yapılan sıvılaşma analizi hem ekonomik oluşu ve hemde standart penetrasyona bağlı sıvılaşma analizlerinde olduğu gibi nokta bazlı olmayıp geniş bir alanı incelemesi açısından avantaj sağlamaktadır.

Yapılan tüm bu çalışmalardan elde edilen haritalardan da görülmüştür ki İnegöl Bölgesi sıvılaşma açısından büyük risk taşımaktadır.

Her iki araştırmacının yöntemi farklı ivme değerleri kullanılarak İnegöl bölgesi için uygulandığında ivme değerleri arttıkça sıvılaşma riskinin de arttığı görülmektedir. Buda gösteriyorki bir deprem olması halinde depremin ivmesi ne kadar büyük olursa sıvılaşma açısından zeminlerde yenilmeler daha fazla olacaktır.

6.KAYNAKLAR

- Andrus, R.D., ve Stokoe, K.H., II., 1997. Liquefaction Resistance Based on Shear Wave Velocity. NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance Of Soils, Technical Report NCEER-97-0022, T.L.Youd and I.M. Idriss, (Eds.), Held 1996, 89-128.Salt Lake City, UT, Buffalo,
- Andrus, R.D., ve Stokoe, K.H., 2000. Liquefaction Resistance of Soils from Shear-Wave Velocity, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol.126, No.11, 1015-1025.
- Ambraseys, N., 1988. Engineering Seismology, Earthquake Engineering and Structural dynamics, 17, 1-105.
- Babuçcu, F., 2002. Zeminlerde sıvılaşma potansiyelinin Ve Sıvılaşma Sonucu Oturmanın SPT ve CPT Verilerine Dayalı Analiz Yöntemleri Üzerine Bilgisayar Yazılımı. G.Ü. Fen bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi (yayınlanmamış),141s, Ankara
- Crespellani, T., Vannuchi, G. And Zeng, X.,1991."Seismic hazard analysis."Seismic hazard and site Effects in the Florence Area, XECSMFE, pp.11-31.
- Dobry, R., Stokoe, K.H., II, Ladd, R.S.,ve Youd, T.L., 1981. Liquefaction Susceptibility from S-Wave Velocity. Proceedings, In Situ Tests to Evaluate Liquefaction Susceptibility, ASCE National Conversion, held.1981, St. Louis,
- Emrem, C., Durgunoğlu, H. T., 2000. "Türkiye CPT Veri Tabanı ve Mevcut Ampirik Bağlılıklar ile Karşılaştırma", Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Sekizinci Ulusal Kongresi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Esteva, L., ve Rosenblueth, E., 1963. Espectros de Temblores a Distancias Moderadas Grandes, Proceedings, Chilean Conference on Seismology and Earthquake Engineering, Vol. 1.
- Idriss, I.M., 1995, Seed Memorial Lectures, University of California at Berkeley, USA.
- Imai, T., ve Yoshimura, M. 1975. The Relation of Mechanical Properties of Soils to P and S Wave Velocities for Soil Ground in Japan. Oyo Corporation
- Ishihara, K., 1984. Post-earthquake failure of a tailings dam due to liquefaction of the pond deposit. Proc. International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering. University of Missouri. Vol.3. pp 1129-1143. St. Louis

- Ishihara, K., 1985: Stability of natural deposits during earthquakes. Proc. 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering., Vol. 2. pp. 321-376. San Francisco
- Kayabali, K., 1996. Soil Liquefaction Evaluation Using Shear Wave Velocity, Engineering Geology, Vol.44, No.4, 121-127. New York,
- Kayen, R. E., Mitchell, J.K., Seed, R.B., Lodge, A., Nishio, S., ve Countinho, R., 1992. Evaluation of SPT-CPT and Shear Wave-Based Methods for Liquefaction Potential Assessment Using Loma Prieta Data . Proceedings, Fourth Japan-US. Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction. Technical Report NCEER-92-0019, M. Hamada and T.D. O'Rourke, (Eds.), Honolulu, NY, Vol.1 177-204. Hawaii, Buffalo,
- Kramer S.L., 1996, Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA, 07458
- Kovacs, W.D. and Salomone L.A., 1982. "SPT Hammer Energy Measurements. Jour.Of Geot. Engrg., 108(GT4), p. 599-620.
- Liao, S.S.C., ve Whitman, R.V., 1986. Overburden Correction Factors for SPT in Sands, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE Vol.112, 373-337.
- Lodge, A.L., 1994. Shear Wave Velocity Measurements for Subsurface Characterization. Ph.D. Dissertation, University of California at Berkeley.
- Marcuson, W.F., and Bieganousky, W.A., 1977. Laboratory standard penetration tests on fine sands. Journal of the Geotechnical Engng. Division, 103(GT6): 565-588.
- Robertson, P.K., Woeller, D.J., ve Finn, W.D.L., 1992. Seismic Cone Penetration Test for Evaluating Liquefaction Potential Under Cyclic Loading, Can. Geotch. J., 29, 686-695.Ottawa,.
- Robertson, P.K., ve Wride, C.E., 1997. Cyclic Liquefaction and Evaluation Based on the SPT and CPT, NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. Technical Report NCEER-97-0022, Youd, T.L., ve Idriss, I.M., (Eds.), Buffalo, NY, 41-87.
- Roesler, S.K., 1979. Anisotropic Shear Modulus due to Stress Anisotropy, J. Geotech. Engrg. Div., ASCE, 105(7), 871-880.
- Sanglerat, G., 1982. The Penetrometer and Soil Exploration, Elsevier, 388 Amsterdam
- Schmertmann J.H., 1970. Staticoneto compute settlement over sand Jnl Soil Mech. Fdns Div., ASCE, 96, 5M3, May, pp 1011-1043.

- Schmertmann, J.H., ve Palacias, A., 1979. Energy Dynamics of SPT. Journal of the Geotechnical Engineering Div., Vol.105, 909-926.
- Seed, H.B., and Lee, K.L., 1966. Liquefaction of Saturated Sands During Cyclic Loading. Journal of ASCE, 92, SM6, 105-134.
- Seed, H.B., Idriss, I.M., ve Kiefer, F.W., 1969. Characteristics of Rock Motion During Earthquakes. Journal of the Soil Mechanics ve Foundations Division, ASCE, 9 (SMS).
- Seed, H.B., ve Idris, I.M., 1971. Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 97, SM9, 1249-1273.
- Seed, H.B., 1979. Soil Liquefaction and Cyclic Mobility Evaluation for Level Ground During Earhtquakes. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 105, GT2, 201-255.
- Seed, H.B., ve Idriss, I.M., 1982. Ground Motions and Soil Liquefaction During Earthquakes. Earthquake Engineering Resarch Institute, Berkeley, California.
- Seed, H.B., Idris, I.M., ve Arango, I., 1983. Evaluation of Liquefaction Potential Using Field Performance Data. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 109, No. 3, 458-482.
- 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
- Skempton, A.W., 1986. Standart Penetration Test procedures and Effects in Sand of Overburden Pressure, Relative Density, Particle size, Ageing and Overconsolidation. Geotechnique, 36(3), 425-447.
- Sonmez H,Gokceoglu G, 2005. A liquefaction severity index suggested for engineering practice.Environ Geology 48:81-91
- Stokoe, K.H., II, Lee, S.H.H., ve Knox, D.P., 1985. Shear Moduli Measurements Under True Triaxial Stresses. Proceedings, Advances in the Art of Testing Soil Under Cyclic Conditions, ASCE, 166-185.
- Sykora, D. W., 1987b. Cretation of a Data Base of Seismic Shear Wave Velocities for Correlation Analysis. Geotechnical Laboratory Miscellaneous Paper GL-87-26, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Terzaghi, K., ve Peck, R.B., 1948. Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley and Sons, 566.New York .

- Terzaghi, K., and Peck, R.B., 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd Edition, Wiley, New York.
- Tezcan, S; Özdemir, Z., 2004. Liquefaction Risk Analyses and Mapping Techniques. Yüksek Öğrenim Eğitim ve Araştırma Vakfı ,242s, İstanbul
- Tokimatsu, K. 1988. Penetration Test for Dynamic Problems. Penetration Testing 1988, ISOPT-1, De Ruitter, (Ed.), 117-136, Balkema, Rotterdam.
- Tokimatsu, K., ve Uchida, A., 1990. Correlation Between Liquefaction Resistance and Shear Wave Velocity. Soils and Foundations, Japanese Society of Soil Mechanics and Foudation Engineering, Vol. 30, No. 2, 33-42.
- Tutuz T, Sanver E, Adil F, (2000) İnegöl Belediyesi İmar Planına Esas Jeolojik- Jeoteknik Etüt Raporu, 61p
- Türker, E., 1996. Zemin Sıvılaşması Analizlerinin Sismik Hızlar Yardımıyla Yapılması. Geosound, No.28, ISSN 1019-1003, 203-214.(Nisan 1994 yılında yayına verilmiş)
- Uyanık, O., 2002. Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi(yayınlanmamış), 176s, İZMİR
- Wang, W., 1979."Some findings in soil liquefaction."Water Conservancy and Hydroelectric Power Scientific Research İnstitute, Beijing, China
- Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Arango, I., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, W.D.L., Harder, L.F.Jr., Hynes, M.E., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W. F.III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B., ve Stokoe, K.H. II., 1997. Summary Report, NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, Technical Report NCEER-97-0022, T.L. Youd and I.M. Idriss, (Eds.), Buffalo, NY, 1-40.
- Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Arango, I., Castro, G., Christian, J. T., Dobry, R., Finn, W.D.L., Harder Jr, L.F., Hynes, M.E., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcusan III, W.F., Martin, G.R., Mitchell, J.k., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B., ve Stokoe II, 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, Vol.127, No.10.
- Zolkov, E., ve Weismaan, G., 1965. Engineering Properties of Dune and Beach Sands and the Influence of Stress History. Proceedings Sixth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Montreal, Vol.1, 134-138.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Onur UYAR

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Yılı : 15/04/1981

Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise 1995 – 1998 Anıttepe Lisesi

Lisans 1999 – 2003 Süleyman Demirel Üniversitesi

Yabancı Dil : İngilizce

İş Deneyimi:

1999–2003 S.D.Ü Deprem ve Jeoteknik Araştırma Uygulama Merkezi (Part Time)

2003–2005 S.D.Ü.Jeoloji-Jeofizik Yazılım Grubu Laboratuvarı (Part Time)

EKLER

EK-1

(Lokasyon Haritası)

EK-2

(Jeoteknik Kesitler)