

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif ERDEVE

100. YIL HEYELANI (ADANA) JEOLojİK – JEOTEKNİK İNCELEMESİ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2006

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**100. YIL HEYELANI (ADANA) JEOLJİK – JEOTEKNİK
İNCELEMESİ**

Elif ERDEVE

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Bu tez 13.02.2006 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.**

| | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| İmza..... | İmza..... | İmza..... |
| Prof. Dr. Hasan ÇETİN | Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ | Prof. Dr. Mustafa LAMAN |
| DANIŞMAN | ÜYE | ÜYE |

Bu Tez Enstitümüz Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki Hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

100. YIL HEYELANI (ADANA)
JEOLOJİK – JEOTEKNİK İNCELEMESİ

Elif ERDEVE

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Hasan ÇETİN
Yıl : 2006 Sayfa : 73

Jüri : Prof. Dr. Hasan ÇETİN
Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Prof. Dr. Mustafa LAMAN

Bu çalışma 2005-2006 öğretim yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Aralık 2001 ve Ocak 2002 tarihlerinde 100. Yıl Bölgesi batı kesiminde oluşan heyelan bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.

Çalışmaya önce arazide başlanmış, heyelanın detay haritası yapılarak boyutları ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra laboratuvar çalışmaları için gerekli örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınarak heyelanın içinde geliştiği Handere Formasyonu'nun jeoteknik özellikleri bulunmuştur. Arazide elde edilen veriler ile laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek büro çalışmaları için gerekli veriler sağlanmıştır. Büro çalışmaları bilgisayar çizimleriyle desteklenerek heyelanların oluşum mekanizması, çevreye olan etkisi ve heyelanlara karşı alınacak önlemler araştırılmıştır.

Sonuçlar heyelanların meydana gelmesinde 2001 Aralık ve 2002 Ocak aylarında mevsim normallerinin üzerinde aşırı yağışlar nedeni ile birimlerin suya doymun hale gelmesi sonucu boşluk suyu basıncının artmasına bağlı olarak efektif basıncın azalması yanında kayan kütle üzerindeki altere olmuş kiltası biriminin varlığı, tabaka doğrultu ve eğim yönünün de önemli rol oynadığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler : Heyelan, Handere Formasyonu, Boşluk suyu basıncı, Efektif basınç.

ABSTRACT

MSc THESIS

THE GEOLOGICAL – GEOTECHNICAL INVESTIGATION OF THE 100. YIL LANDSLIDE

Elif ERDEVE

**DEPARTMENT OF GEOLOGY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
ÇUKUROVA UNIVERSITY**

Super visor : Prof. Dr. Hasan ÇETİN

Year: 2006 Pages : 73

Jury : Prof. Dr. Hasan ÇETİN

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ

Prof. Dr. Mustafa LAMAN

This study has been prepared as an MSc thesis at the Department of Geology of Institute of Natural and Applied Sciences, University of Çukurova in the academic year of 2005-2006.

The landslides occurred west of the 100. Yıl region in December 2001 and January 2002 are the main subject of this study.

First, after a detailed field work, the landslides were mapped and their dimensions have been determined. Then, undisturbed and disturbed samples were taken in order to determine the geotechnical characteristics of the Handere Formation. Necessary data for office studies have been obtained, after evaluating both the field and laboratory data. Causes, mechanisms, environmental effects of the landslides and necessary measurements need to be taken were investigated using computer analysis in the office.

The results showed that excessive rainfall in February, 2001 and January, 2002 causing saturation of the units and pore pressure increase and effective pressure decrease as a result, also the existence of an altered claystone unit caused the landslide. Dip and joint pattern of these units played a major role in these landslides.

Key Words : Landslide, Handere Formation, Excessive Rainfalls, Pore Water Pressure, Effective Pressure.

TEŞEKKÜR

Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yapmış olduğum yüksek lisans tez çalışmasının hazırlanması için gerekli imkanı veren, değerli öneri ve yardımları ile bana destek olan danışman hocam sayın Prof. Dr. Hasan ÇETİN' e teşekkürü borç bilirim.

Bölüm başkanımız sayın Prof. Dr. Fikret İŞLER'e, jüri üyelerim sayın Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ ve Prof. Dr. Mustafa LAMAN'a teşekkür ederim. Çalışmam sırasında sayın Prof Dr. Mustafa LAMAN'a İnşaat Mühendisliği Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nı kullanma olanağı sağladığı için ayrıca teşekkür ederim.

Çalışmam esnasında benden yardımlarını esirgemeyen sayın Araş. Gör. Mustafa Fener'e ve Araş. Gör. Tamer Rızaoğlu'na ve teşekkür ederim.

Çalışmam süresince manevi desteklerini yanımda hissettiğim sevgili nişanlım Mevlüt Dikici'ye, değerli arkadaşlarım, Jeoloji Yük. Müh. Ayhan Afşin, Emine Aktunç ve Hacer Lökçe'ye teşekkür ederim.

Her zaman yanımda hissettiğim canımdan çok sevdiğim aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

| | |
|---|-----|
| ÖZ..... | I |
| ABSTRACT | II |
| TEŞEKKÜR | III |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | VI |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | VII |
| SİMGELER VE KISALTMALAR | IX |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1. Çalışma Konusu ve Amacı | 1 |
| 1.2. Heyelanların Sınıflandırılması | 4 |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR..... | 6 |
| 3. MATERYAL VE METOD | 8 |
| 3.1. Materyal..... | 8 |
| 3.2. Metod | 8 |
| 3.2.1. Arazi Öncesi Çalışmalar..... | 9 |
| 3.2.2. Arazi Çalışmaları | 9 |
| 3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları..... | 10 |
| 3.2.3.1. Tane Boyu (Granülmetri) Analizi Deneyi | 11 |
| 3.2.3.2. Su İçeriği Deneyi..... | 16 |
| 3.2.3.3. Atterberg (Kıvam) Limitleri | 19 |
| 3.2.3.4. Plastisite İndisi, Kıvamlılık İndisi (Konsistans), Likitlik İndisi..... | 27 |
| 3.2.3.5. Özgül Ağırlık Deneyi..... | 28 |
| 3.2.3.6. Boşluk Oranı, Porozite ve Doygun Birim Hacim Ağırlığı Tayini | 32 |
| 3.2.3.7. Kesme Kutusu Deneyi | 34 |
| 3.2.4. Büro Çalışmaları | 37 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA..... | 38 |
| 4.1. Genel Jeoloji..... | 38 |
| 4.1.1. Stratigrafi..... | 38 |
| 4.1.2. Tektonik | 39 |
| 4.2. İnceleme Alanının Detay Jeolojisi | 41 |

| | |
|--|----|
| 4.2.1. Handere Formasyonu (Th) | 44 |
| 4.2.2. Kalıçı (Qk)..... | 45 |
| 4.2.3. Alüvyon (Qal) | 46 |
| 4.3. Mühendislik Jeolojisi | 47 |
| 4.3.1. Laboratuvar Çalışmaları | 47 |
| 4.3.1.1. Zeminlerin Fiziksel Özellikleri | 47 |
| 4.3.1.2. Zeminlerin İndeks Özellikleri | 48 |
| 4.3.1.3. Zeminlerin Mekanik Özellikler | 54 |
| 4.4. Heyelanların Oluşum Mekanizması..... | 60 |
| 4.5. Heyelanların Geoslope Programında Analizi | 62 |
| 5. SONUÇLAR | 70 |
| KAYNAKLAR..... | 71 |
| ÖZGEÇMİŞ | 73 |
| EKLER | |
| EK 1. Hidrometre Düzeltme Eğrisi- Hidrometre Deneyinde Efektif Derinlik Eğrisi | |
| EK 2. Suyun Vizkozitesi- Sıcaklığa Göre Suyun Birim Hacim Ağırlığı ve Özgül Ağırlığı | |
| EK 3. Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS) | |
| EK 4. Farklı Normal Gerimeler altında yapılan Kesme Kutusu Deney Verileri | |
| EK 5. Ordinary, Jambu, Morgenstern ve Bishop Yöntemlerine göre Geoslope Programında yapılan heyelan analiz sonuçları ve güvenlik katsayıları (Gs) 1.00'den büyük elde edilen alanlar | |

| | |
|---|----|
| Çizelge 1.1. Yamaç hareketleri | 4 |
| çizelge 4.1. Özgül ağırlık deneyi hesabı..... | 47 |
| çizelge 4.2. Boşluk oranı, porozite ve doymuş birim hacim ağırlığı hesabı..... | 48 |
| çizelge 4.3. Tane grupları yüzdesi | 49 |
| çizelge 4.4. Likit limit deneyi hesabı..... | 50 |
| çizelge 4.5. Plastik limit deneyi hesabı..... | 51 |
| çizelge 4.6 Rötire limit deneyi hesabı..... | 51 |
| çizelge 4.7. İnce taneli zeminlerin kıvamlılık indisine göre sınıflandırılması.. .. | 52 |
| çizelge 4.8. İnce taneli zeminlerin likitlik indisine göre sınıflandırılması..... | 52 |
| çizelge 4.9. Ayrışmış handere formasyonu'na ait zeminlerin kıvamlılık indisi ve likitlik indisi değerlerinin hesaplanması ve sınıflandırılması | 53 |
| çizelge 4.10. Killerin aktivite değerlerine göre sınıflandırılması..... | 53 |
| çizelge 4.11. Killerin aktivite değerlerinin hesaplanması..... | 53 |
| çizelge 4.12. Düşey gerilme ve yanal gerilme hesabı..... | 56 |

| | |
|---|----|
| Şekil 1.1. Yerbulduru Haritası | 2 |
| Şekil 1.2. Heyelan sahasını ve etkilenen konutları gösteren kroki | 3 |
| Şekil 1.3. Heyelan bölgesinde hasar gören bir yapı | 3 |
| Şekil 1.4. Dairesel Kayma | 5 |
| Şekil 1.5. (a) İleri Derecede eklemli kaya kütlelerinde kayma ve (b) ayrışmış zeminlerde kayma | 5 |
| Şekil 3.1. Hidrometre deney aleti..... | 15 |
| Şekil 3.2. Elek analizi deney aleti | 16 |
| Şekil 3.3. Casagrande aleti | 22 |
| Şekil 3.4. Rötire limit deneyi | 26 |
| Şekil 3.5. Özgül ağırlık deneyi..... | 32 |
| Şekil 3.6. Kesme kutusu deney aleti | 37 |
| Şekil 4.1. İnceleme alanının genel jeoloji haritası | 39 |
| Şekil 4.2. Adana Bölgesi'ne ait diri fay haritası | 41 |
| Şekil 4.3. İnceleme alanının detay jeoloji haritası | 42 |
| Şekil 4.4. Heyelan sahasından alınan detay jeolojik enine kesit | 43 |
| Şekil 4.5. Handere Formasyonu'nda gelişen kayma | 45 |
| Şekil 4.6. Kaliçi | 46 |
| Şekil 4.7. Tane boyu eğrisi | 49 |
| Şekil 4.8. Akış eğrisi (Darbe Adedi-Su İçeriği eğrisi) | 50 |
| Şekil 4.9. Farklı normal gerilmeler altında elde edilen kesme (kayma) gerilmesi- düşey deformasyon grafiği | 57 |
| Şekil 4.10. Yatay Deformasyona karşılık gelen düşey deformasyon eğrileri..... | 58 |
| Şekil 4.11. Kesme kutusu deneyi sonucu elde edilen Kırılma Zarfı Grafiği | 59 |
| Şekil 4.12. Heyelanlanın oluşum mekanizmasını gösteren Kırılma zarfı- Mohr Daireleri ilişkisi..... | 61 |

| | |
|--|----|
| Şekil 4.13. Morgenstern ve Bishop yöntemlerine göre güvenlik katsayıları (Gs) 1.00'den küçük elde edilen bölgeler..... | 63 |
| Şekil 4.14. Ordinary yöntemine göre güvenlik katsayıları (Gs) 1.00'den küçük elde edilen bölgeler..... | 64 |
| Şekil 4.15. Jambu yöntemine göre güvenlik katsayıları (Gs) 1.00'den küçük elde edilen bölgeler..... | 67 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|-------|--|
| A | Aktivite |
| A_j | Mezürün kesit alanı (cm ²) |
| A_T | Silindirik tüpün alanı (cm ²) |
| c | Kohezyon (kg/cm ²) |
| d | Hidrometre düzeltme değeri |
| D | Tane boyu (mm) |
| D_T | Silindirik tüpün çapı (cm) |
| e | Boşluk oranı (%) |
| G_s | Numunenin özgül ağırlığı |
| H_T | Silindirik tüpün yüksekliği (cm) |
| h | Litolojik birime ait kalınlık (cm) |
| I_c | Kıvamlılık indisi |
| I_L | Likitlik indisi |
| I_p | Plastisite indisi (%) |
| J | 0.002 mm'den küçük tanelerin ağırlıkça oranı (yüzdesi) (kil yüzdesi) |
| K_o | Yer basıncı katsayısı |
| LI | Likitlik indisi |
| LL | Likit limit (%) |
| N | D tane çapındaki küçük tanelerin yüzdesi (%) |
| n | Porozite |
| PI | Plastisite indisi (%) |
| PL | Plastik Limit (%) |
| Qal | Alüvyon |
| Qk | Kaliçi |
| RL | Rötire Limit (%) |
| r | Süspansiyondaki düzeltilmiş hidrometre okuması |
| r_a | Deney sırasında alınan hidrometre okuması |

| | |
|-----------|---|
| r_s | Sudaki hidrometre okuması (süspansiyon ile aynı sıcaklıkta) |
| S_r | Doygunluk derecesi (%) |
| T | Sıcaklık (°C) |
| Th | Handere Formasyonu |
| t | Toplam geçen zaman (dk) |
| V_k | Kuru numune hacmi (Taşan civa hacmi) cm^3 |
| V_{sp} | Süspansiyonun hacmi (cm^3) |
| V_y | Yaş numune hacmi (Rötire kabı hacmi) cm^3 |
| V_H | Hidrometre hacmi (cm^3) |
| V_T | Silindirik tüpün hacmi (cm^3) |
| W | Ağırlık (gr) |
| W_k | Kuru numune ağırlığı (gr) |
| W_y | Yaş numune ağırlığı gr |
| W_L | Likit Limit (%) |
| W_n | Su muhtevası (içeriği) (%) |
| W_p | Plastik Limit (%), Piknometre ağırlığı (gr) |
| W_{pw} | Piknometre + Su ağırlığı (gr) |
| W_{psw} | Piknometre + Su ağırlığı (gr) |
| W_s | Kuru zemin ağırlığı (gr) |
| W_y | Yaş numune ağırlığı (gr) |
| Z_r | Süspansiyonun yüzeyinden hidrometre hacim merkezine olan uzaklık (cm) |
| g_d | Doygun birim hacim ağırlığı (gr/cm^3) |
| g_k | Kuru birim hacim ağırlığı (gr/cm^3) |
| g_n | Doğal birim hacim ağırlığı (gr/cm^3) |
| g_s | Tane birim hacim ağırlığı (gr/cm^3) |
| g_w | Suyun birim hacim ağırlığı (gr/cm^3) |

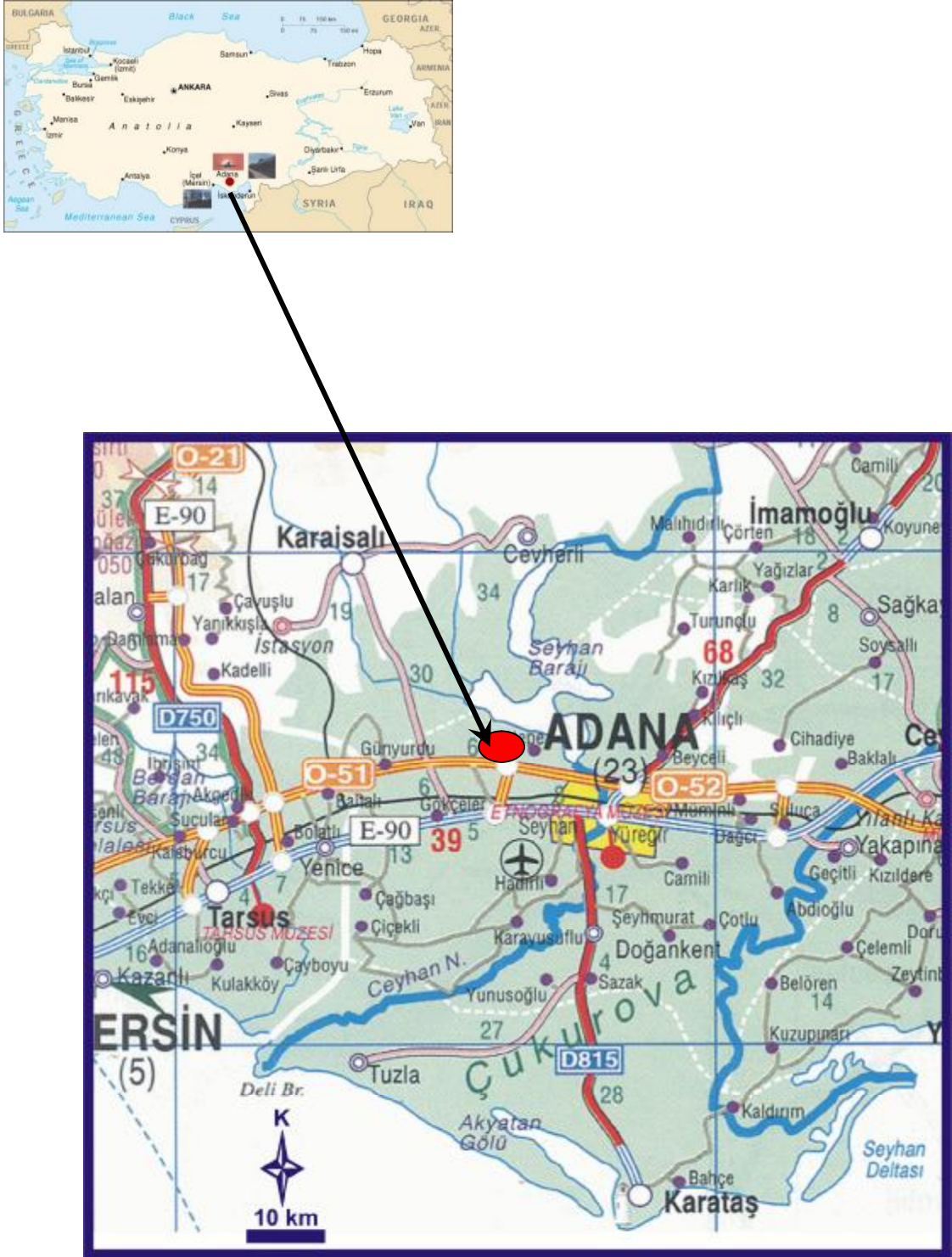
| | |
|-------|--|
| s_u | Boşluk suyu basıncı (kg/cm ²) |
| t | Kesme (kayma) direnci (kg/cm ²) |
| m | Deney sıcaklığındaki suyun viskozitesi (milipuz) |
| f | İçsel sürtünme açısı (kayma direnci açısı) (°) |
| K_0 | Sukunetteki toprak basıncı katsayısı |
| s_v | Kayma olmadan önceki maksimum asal gerilme konumundaki düşey gerilme (kg/cm ²) |
| s_h | Kayma olmadan önceki minimum asal gerilme konumundaki yanıl gerilme (kg/cm ²) |
| s_1 | Kayma esnasında etken olan maksimum asal gerilme (kg/cm ²) |
| s_3 | Kayma esnasında etken olan minimum yanıl gerilme (kg/cm ²) |

1. GİRİŞ

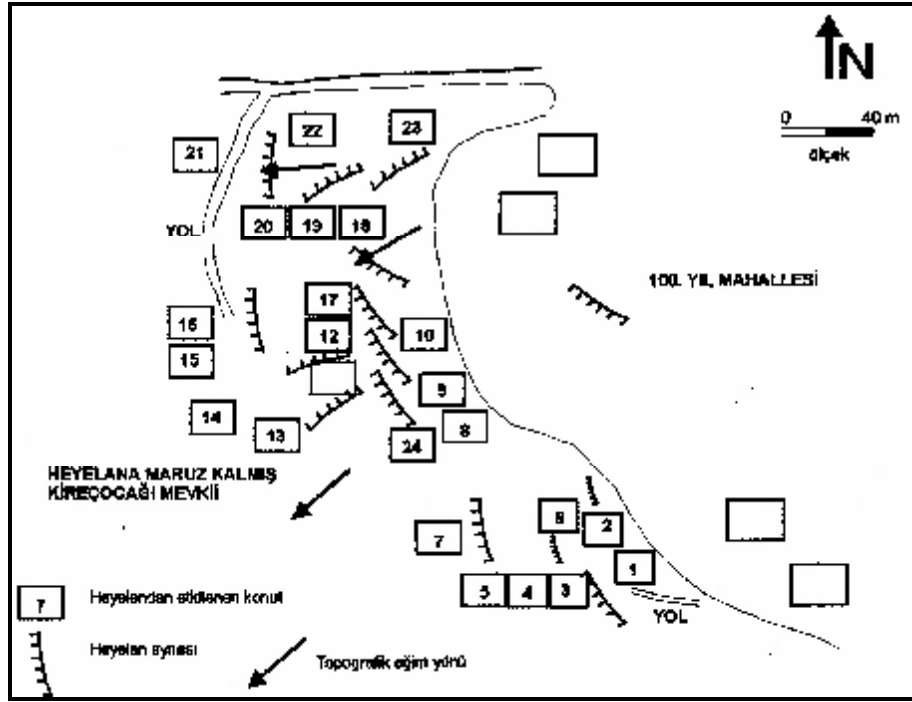
1.1. Çalışma Konusu ve Amacı

Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde, mevsim normallerinin üzerinde aşırı yağışlar nedeniyle kitle hareketleri ve heyelanlar gerçekleşmektedir. Bunlardan birisi olan Adana ili Seyhan ilçesine bağlı 100. yıl mahallesinin batı yakasındaki yerleşim alanında da aşırı yağışlar sonucu heyelanlar meydana gelmiştir (Şekil 1.1). 2001 yılı Aralık ayı ve 2002 yılı Ocak dönemindeki yoğun yağışlar, daha önce de bölgede heyelanların gerçekleşmiş olması, kontrolsüz olarak yapılan yol yarmaları, dolgular, hatalı istinat yapıları, temel kazıları, lokal kullanma ve atık su kanalları sonucu, zeminin doğal yüzeyindeki bozulmalar, yapılaşma sonrasında tamamlanamayan alt yapı nedeniyle sızan sular heyelana neden olmuştur. Bu durum killi kesimlerin şişmesine, boşluk suyu basıncının artmasına ve kohezyonun azalmasına neden olmuş, yer yer jips mercekleri içeren kesimlerde ise erimeler gelişmiş, üzerine gelen yapı yüklerinin de etkisiyle zemin iyice duraysızlaşmış ve birbiriyle bağlantılı veya bağımsız, sığ karakterli kaymalar meydana gelmiştir.

2002 yılında gelişen bu heyelan, 40 tek veya iki katlı konutu etkilemiş bunlardan 24 ev oturulamaz hale gelmiştir (Şekil 1.2). Ocak 2002 yılında boşaltılmak zorunda kalınmıştır. Hasarlı binalarda, oturmalar kolonlarda düşeyden sapmalar, kayma yönünde veya aksi yönde eğilmeler, yapı ve çevre duvarlarında çatlama, yer yer yıkılmalar gözlenmiştir (Şekil 1.3).



Şekil 1.1. Yer bulduru haritası.



Şekil 1.2. Heyelan sahasını ve etkilenen konutları gösteren kroki (Gül ve Köksal, 1982).



Şekil 1.3. Heyelan bölgesinde hasar gören bir yapı.

Heyelanın jeolojisi, zemin mekaniği açısından incelenerek heyelanın oluşum sebepleri ve oluşum mekanizmaları Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak yapılan bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.

Çalışmada öncelikle heyelanlar arazide detay olarak haritalanmış, bölgenin jeolojisi incelenmiş ve laboratuvar çalışmaları için gerekli örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınmıştır. Daha sonra heyelanların oluşumuna sebep olan etkenlerin belirlenmesi amacı ile heyelanların içinde geliştiği birimlerin indeks ve diğer özelliklerinin tayinine yönelik zemin mekaniği deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sayısal veriler büro çalışmalarıyla yorumlanıp heyelan oluşum nedenleri değerlendirilmiştir.

1.2. Heyelanlar ve Sınıflandırılması

Yeryüzünde görülen, yeryüzünün şeklini, görünümünü değiştiren heyelanlar önceden tespit edilmesi güç olan doğa olaylarıdır. Heyelanların oluş mekanizması ve oluş sebeplerini iyi kavrayabilmek için heyelanların içinde geliştiği birimlerin jeolojisi ve jeomekanik özelliklerinin yanında bölgenin iklim ve çevre şartlarının da iyi bilinmesi gerekir. Literatürde heyelanlar sınıflandırılarak bir değerlendirme sistematığı getirilmeye çalışılmıştır. Varnes (1978) yamaç hareketlerini Çizelge 1.1'deki gibi sınıflandırmaktadır.

Çizelge 1.1. Yamaç Hareketleri (Varnes, 1978).

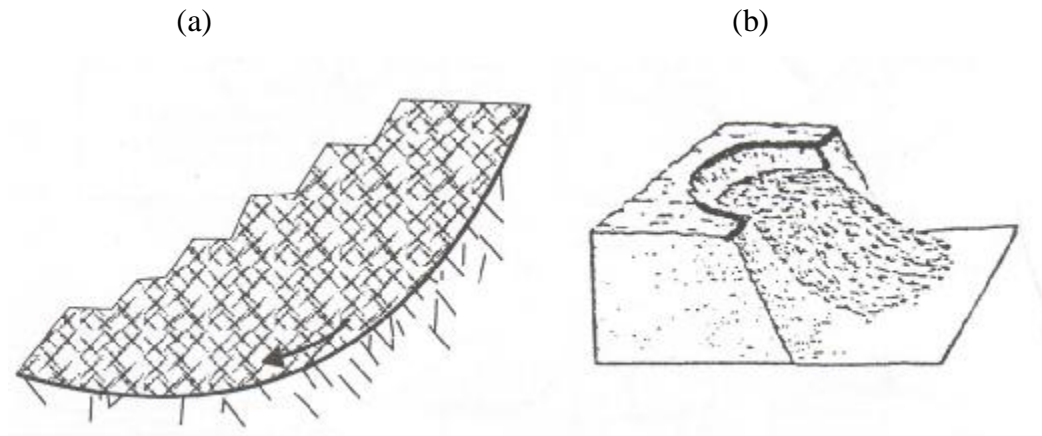
| HAREKETİN TİPİ | | MALZEMELERİN CİNSİ | | |
|------------------|-----------------------|---|-----------------------|-------------------|
| | | ANKAYA | MÜHENDİSLİK ZEMİNLERİ | |
| DÜŞMELER | | Kaya Düşmesi | Moloz Düşmesi | Toprak Düşmesi |
| DEVİLMELER | | Kaya Devrilmesi | Moloz Devrilmesi | Toprak Devrilmesi |
| KAYMALAR | ROTASYONEL (DAİRESEL) | Kaya Kayması | Moloz Kayması | Toprak Kayması |
| | DÜZLEMSEL | | | |
| YANAL YAYILMALAR | | Kaya Yayılması | Moloz Yayılması | Toprak Yayılması |
| AKMALAR | | Kaya Akması | Moloz Akması | Toprak Akması |
| KOMPLEKS | | İki ya da daha fazla hareketin kombinasyonu | | |

İnceleme alanında yapılan gözlemsel çalışmalarla bölgedeki kayma hareketinin dairesel (rotasyonel) tipte kayma olduğu belirlenmiştir. Bu tür kaymalar, dairesel (kaşık şeklinde) yüzeyler boyunca gelişir ve hareket sırasında kayan kütle geriye doğru yatmış bir konum kazanır (Ulusay, 2001) (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Dairesel Kayma (Ulusay, 2001).

Kayma, yavaş veya orta derecede bir hızla ve belirgin bir yenilme yüzeyi boyunca meydana gelir. Dairesel kayma; kil, silt, kum ve benzeri türdeki toprak zeminlerin yanı sıra, akarsu kanallarında, yol yarmalarında, dolgularda, atık yığınlarında ve ileri derecede eklemlili kaya kütlelerinde meydana gelir (Ulusay, 2001) (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. (a) İleri derecede eklemlili kaya kütlelerinde kayma ve (b) ayrılmış zeminlerde kayma (Ulusay, 2001).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma sahası üzerinde, genel jeoloji açısından yapılan çalışmaların yanı sıra, uygulamalı jeoloji amaçlı çalışmalar da yapılmıştır.

Schmidt (1961), 1957-1960 yılları arasında Adana baseninin genel stratigrafisini sistemli olarak çalışmış, havzanın petrol potansiyelini araştırmaya yönelik bu çalışmada 47 kaya birimi ayırtlanmış olup, önerilen litostratigrafik adlandırmalar ve tanımlamaların büyük bir çoğunluğu halen kullanılmaktadır.

İlker (1975), Adana havzasının kuzeybatı kesiminin jeolojisini inceleyerek bölgenin 1/50.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamıştır. Havzanın petrol olanaklarını araştırmış ve bu havzada Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar gelişmiş bütün formasyonları incelemiştir.

İller Bankası Raporu (Gül ve Köksal 1977), Jeolojik Etüt Raporu olarak hazırlanmıştır. 100. yıl mahallesinin batı yakası çalışma alanını da kapsayacak şekilde incelenmiş olup Handere Formasyonu' na ait yeşilimsi gri killerin görüldüğü alanlar topoğrafik eğimin fazlalığı ve akıcı özellikleri sebebi ile aktif ve muhtemel heyelan sahası olarak belirlenmiştir.

Daha sonra yapılan İller Bankası Ek-Raporu'nda (Gül ve Köksal 1982), 1/1000 ölçekte daha detaylı çalışma yapılarak, söz konusu bölgenin heyelan sahası olduğunu teyit etmiştir.

Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü (1990) Raporunda, çalışma sahası doğu sınırlarında bulunan 100. yıl Toplu Konut yapı Kooperatifine ait 1228 parselde, dolgu zeminde önlem alınmaksızın konut yapıldığı, henüz oturulmayan konutlarda temel seçiminde hata yapıldığı belirtilmiş ve 5 dubleks konutun kendi imkanlarıncı boşaltılması önerilmiştir.

Yine çalışma sahasını da kapsayan üçüncü İller Bankası Raporu (Temiziç ve ark, 1993), çalışma alanındaki birimleri oluşum sırasına göre, konglomera, sedimanter seri ve alüvyon olarak ayırtlamıştır. Handere Formasyonu olarak bilinen sedimanter serinin bozuşmaya uğramış zonunun, bünyesine aşırı derecede su alması ve eğimin de etkisiyle eğim yönünde küçük çaplı heyelanların oluşumu belirlenmiştir. İnceleme alanının kuzeydoğusunda 1/1000 ölçekli 23 L III ve 23 L IV paftalarında veriler işlenerek aktif heyelan alanı tespit edilmiştir. Önlemler Alanlar

olarak değerlendirilen alan sınırları muhtemel heyelan olasılığı da göz önüne alınarak haritaya işlenmiştir.

Daha sonra 2001 Aralık ve 2002 Ocak tarihleri arasında bu çalışmanın konusunu oluşturan heyelanlar meydana gelmiş 40 tek veya iki katlı konutu etkilenmiş bunlardan 24 ev oturulamaz hale gelmiş ve Ocak 2002 yılında boşaltılmak zorunda kalınmıştır.

Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü (Aslan ve Acar, 2002) Raporu, 100. Yıl Bölgesi batı yakasında eğimi %30-40 arası değişen yamaç üzerindeki Handere Formasyonu'nun ayrılmış kilaşı birimi içerisinde dairesel tipte heyelan meydana geldiğini ifade etmiştir. Ayrıca bölgenin 1. Derece Deprem kuşağında bulunduğunu, kalıcı ve Handere Formasyonu birimlerinin oluşturduğu zeminin oldukça sorunlu olmasından dolayı 1993 tarihli İller Bankası Genel Müdürlüğü Jeolojik Etüt Raporunda 'Önemli Alanlar' olarak değerlendirilen alanların, alüvyon sahaların ve kalıcı olarak ayrırtlanmış alanların Jeoteknik etüt yaptırılarak, raporun sonucu doğrultusunda planlamaya gidilmesinin uygun olacağını vurgulamıştır.

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Adana Şubesi (2002), yeni oluşan heyelanların Handere Formasyonu'nun kilaşı seviyelerinde dairesel kayma şeklinde gerçekleştiğini vurgulamış ve heyelanın yapılaşmalar nedeniyle her an tekrar edebileceğini ifade etmiştir. Bu nedenle kayma riski taşıyan bu tür alanların yerleşime açılmadan önce lokal jeolojik ve zemin etütlerinin yapılması gerektiğini önermiştir.

Güzel (2002), 'Kireçocağı Mevkii İmar Planına Esas Jeolojik Jeofizik Jeoteknik Etüt Raporu' adlı çalışma konusunu oluşturan heyelan sahasını da kapsayan çalışmada bölgenin temel zemin özellikleri, olası zemin problemleri ve doğal afet varlığının belirlenmesi amacıyla zemin sondajları, yerinde (insitu) zemin deneyleri, jeoteknik laboratuvar deneyleri, jeofizik sismik kırılma uygulamaları ve rezistivite ölçümleri yapmıştır. Yapılan laboratuvar ve arazi çalışmaları sonucunda, heyelanların 100. Yıl Bölgesi batı yakasında Handere Formasyonu'na ait ayrılmış kilaşı birimi içerisinde meydana geldiğini ifade etmiş ve heyelan oluşumuna karşı bir takım önlemler önermiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Çalışma sahasını da kapsayan ve 100. Yıl Bölgesinin batısında yer alan zemin, litostratigrafi ve fiziksel özellikleri temel alınarak, Adana Baseni Tersiyer istifinde yer alan Handere Formasyonu ve Kuvaterner Çökelleri olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın konusunu oluşturan heyelanlar Handere Formasyonu içinde oluşmuştur. Handere Formasyonu (Th), Üst Miyosen- Pliyosen yaşlı olup başlıca boz renkli çakıltası, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, siltaşı, kiltası ve yer yer alçıtası merceklerinden oluşmaktadır (SCHMIT 1961).

Çalışma sahasında ise birimin daha çok ayrılmış kiltası seviyeleri yer yer ise kaliçi birimi bulunmaktadır. Kaliçi sert kaliçi ve yumuşak kaliçi olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Bunun yanı sıra Handere Formasyonu ise kiltası, siltaşı, marn ve çamurtaşı ardalanmalı birimlerden oluşmaktadır.

3.2. Metod

Bu çalışma arazi öncesi çalışmalar, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere 4 aşamada gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada çalışma sahasına ait topoğrafik harita temin edilmiş ve bölge ile ilgili önceki çalışmalar derlenmiştir.

İkinci aşamada ise araziye gidilerek arazi çalışmaları yapılmış, heyelanlar detaylı olarak haritalanmış ve laboratuvar çalışmaları için gerekli örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınmıştır.

Üçüncü aşamada çalışma sahasından alınan numuneler üzerinde zemin mekaniği deneyleri yapılmıştır. Araziden örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınarak zeminin fiziksel, indeks ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla özgül ağırlık, tane boyu analizleri, Atterberg (kıvam) limitleri, doğal (tabii) birim hacim ağırlığı, su içeriği tayini deneyi ve kesme kutusu deneyleri yapılmıştır.

Dördüncü aşamada ise arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler yorumlanarak sonuçlar elde edilmiştir.

3.2.1. Arazi Öncesi Çalışmalar

Bu çalışmada ilk olarak çalışma sahasına ait topoğrafik haritalar temin edilmiş ve bu bölge ile ilgili daha önce yapılmış olan önceki çalışmalar derlenmiştir.

3.2.2. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarında İller Bankası (1982) Raporu'na ait 1/1000'lik inceleme alanı detay jeoloji haritası kullanılarak jeolojik incelemeler yapılmış ve heyelan sınırları işlenmiştir. Ayrıca şeritmetre, pusula ve jakop çubuğu ile ölçümler yapılarak heyelan sahasının detay kesitinin çıkarılmasını sağlayacak veriler elde edilmiştir.

Heyelan sahasından özgül ağırlık deneyi, tane boyu analizi, Atterberg (kıvam) limitleri deneyi, doymun birim hacim ağırlığı tayini ile kesme kutusu deneyi için örselenmiş ve örselenmemiş (blok) numuneler alınmıştır. Numune alımı sırasında araç ve gereç olarak, numune torbası, kürek, çapa, bıçak, metre, tülbent bezi, parafin ve bal mumu kullanılmıştır. Alınan örselenmemiş blok numunelerinin su içeriğinde herhangi bir değişiklik olmaması için numuneler izole edilmiştir. İzole etme işlemi blok numunenin tülbent bezi ile sarılıp, tülbent bezinin üzerine fırça ile parafin- bal mumu karışım eriyiğinin sürülmesi ile sağlanmıştır. Daha sonra numuneler torbalara konmuş ve torbalar etiketlenmiştir.

Ayrıca heyelan sahasının fotoğrafları çekilmiştir. Heyelan sahası dışındaki ve içindeki birimlerin tabaka doğrultu ve eğimleri ölçülmüştür. Yöre halkından heyelanların oluşumu hakkında büro çalışmalarında kullanılmak üzere bilgiler alınmış ve bu aşamalardan sonra arazi çalışmaları son bulmuştur.

3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmalarında, çalışma sahasından alınan numuneler (örselenmiş ve örselenmemiş numuneler) laboratuvara getirilerek deneye tabi tutulmuştur. Çalışma sahasından alınan numuneler üzerinde tane boyu analizi, Atterberg (kıvam) limitleri deneyleri, doğal (tabii) birim hacim ağırlığı, su içeriği tayini ve kesme kutusu deneyleri yapılmıştır.

Laboratuvar çalışmalarında yapılan deneyler sonucunda zeminin indeks özellikleri ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

Bunlar;

Temel (Fiziksel) Özellikler

- ▶ Özgül ağırlık (G_s)
- ▶ Tane birim hacim ağırlığı (g_s)
- ▶ Suyun birim hacim ağırlığı (g_w)
- ▶ Doğal su muhtevası (içeriği) (W_n)
- ▶ Tabii (doğal) birim hacim ağırlığı (g_n)
- ▶ Kuru birim hacim ağırlığı (g_k)
- ▶ Boşluk oranı (e)
- ▶ Porozite (n)
- ▶ Doygunluk derecesi (S_r)
- ▶ Doygun birim hacim ağırlığı (g_d)

İndeks Özellikler

- ▶ Tane boyu analizi
- ▶ Atterberg (Kıvam) limitleri
 - Likit limit (LL)
 - Plastik limit (PL)
 - Rötire limit (RL)
- ▶ Plastisite indisi (PI)
- ▶ Kıvamlılık indisi (I_c)

- ▶ Likitlik indisi (LI)
Mekanik Özellikler
- ▶ Statik özellikler
 - Kesme direnci (t)
- ▶ Direnç özellikleri
 - Kohezyon (c)
 - İçsel sürtünme (kayma direnci açısı) (f)

3.2.3.1. Tane Boyu (Granülometri) Analizi Deneyi

Zeminlerin katı kısmını meydana getiren taneler boyut ve şekil bakımından farklıdır. Zeminlerin tane boyutları çaplarına göre blok, çakıl, kum, silt ve kil olarak isimlendirilir. Tane boyu dağılım deneylerinde amaç, verilen bir zeminde bulunan her tane boyutunun hangi oranda olduğunun saptanması ve sınıflandırılmasıdır.

İri taneli (çakıl ve kum) zeminlerde tane boyu dağılımı önceden saptanmış elek serileri ile elek analizi yapılarak tespit edilir. İnce taneli (silt ve kil) zeminlerde ise tane boyu dağılımı hidrometre yöntemi kullanılarak bulunur. Elek analizi 200 no'lu elek (0.074 mm) üzerinde kalan numuneler için uygulanırken, hidrometre analizi ise 200 no'lu elek altında kalan numuneler için uygulanmaktadır.

1) Hidrometre Analizi

a) Gerekli Araçlar

Buharlaştırma kabı, desikatör, etüv, fırça, karıştırıcı (mikser), kronometre, hidrometre, piset, terazi, termometre, 2 adet mezür, ayrıştırıcı madde olarak sodyum hegzametapfosfat, saf su, buharlaştırma kabı, spatula, sabit sıcaklık banyosu.

Hidrometre analizinde kullanılan hidrometreler iki tiptir. Bunlardan birincisi 20°C ' de ve özgül ağırlığa göre derecelenmiştir. Bu derecelenmeler 0.995-1.030, 0.995-1.040, 1.000-1.060 limitleri arasında olabilir. 20°C ' de 1 litrelik

süspansiyonun gram cinsinden değerini veren ikinci tip hidrometreler ise 0-50 limitleri arasında derecelenmektedir.

Karıştırıcı (Mikser), dakikadaki devir sayısı en az 10000 olan bir elektrik motoru ile dönen düşey bir şaft ucunda metalden yapılmış sökölüp takılabilir pervaneler ile ayrıştırma kabından oluşur.

Silindirik çökme mezürleri 1000 cm³ hacminde ve yaklaşık 45 cm yüksekliğinde 6-6.5 cm çapındaki camdan oluşmaktadır (Şekil 3.1).

b) Deneyin Yapılışı

Hidrometre analizi American Society of Testing Materials (ASTM) D 422-63 (1993) standartlarına göre yapılmıştır. Deneyin yapılışı kısaca aşağıdaki gibidir:

► Killi zeminler için 50 gr, kumlu zeminler için ise 100 gr etüvde kurutulmuş numune alınır. Numunenin üstünü örtecek kadar saf su eklenir, karıştırılır ve numune bu şekilde 24 saat bekletilir.

► Numune saf su kullanılarak karıştırıcı kabı içerisine aktarılır.

► Sodyum hegzametazofosfat eklenir.

► Karıştırıcıya konan bu malzeme üzerine saf su eklenerek 10 dk süreyle karıştırılır.

► Karışım saf su kullanılarak mezüre aktarılır ve mezürün 1000 ml çizgisine kadar saf su eklenir.

► Okumalara başlamadan önce, süspansiyonun bulunduğu mezürün açık ağzı avuç içiyle kapatılarak birkaç kez baş aşağı getirilir. Böylece karışımın homojen duruma gelmesi sağlanır. Yaklaşık 60 saniye süreyle bu işlem yapılır ve 0.25., 0.50., 1., 2. dakikalarda hidrometre süspansiyondan çıkarılmadan okumalar alınır. Daha sonra hidrometre süspansiyondan çıkartılarak karışım yukarıda belirtildiği üzere tekrar çalkalama işleminden geçirilerek karışımın homojen hale gelmesi sağlanır ve ilk 2 dakika için okumalar alınır. Aynı zamanlar için birbirine çok yakın son iki okuma dizileri alınca kadar bu işlem sürdürülür.

► Karışımın sıcaklığı ölçülür.

► Bu işlemden sonra süspansiyon tekrar karıştırılır ve ilk 2 dakika için okuma alınmadan bundan sonraki aşamalarda 5., 10., 20., 30. dakikalarda ve bunu takip eden 1., 2., 4., 8., ve 24. saatlerde hidrometre ve sıcaklık ölçümleri yapılır.

c) Hesaplamalar

Deney sırasında kaydedilen hidrometre okumaları için düzeltme yapmak söz konusudur. Hidrometreler belli bir sıcaklıkta (örneğin 20⁰C gibi) kalibre edilirler. Düzeltme için deney süresince her bir hidrometre okumasının alınması sırasında mezürün içindeki suyun ölçülen sıcaklığı baz alınır. Daha sonra EK 1A' daki eğriden bu sıcaklığa karşılık gelen hidrometre düzeltme katsayısı belirlenir ve alınan hidrometre okumalarından düzeltme katsayısının çıkarılması ile düzeltilmiş hidrometre okuması elde edilir.

$$r = r_a - d \quad (3.1)$$

r = Süspansiyondaki düzeltilmiş hidrometre okuması

r_a = Deney sırasında süspansiyondaki hidrometre okuması

d = Hidrometre düzeltme değeri (EK 1A' daki eğriden bulunur)

Elde edilen ölçüm değerleriyle tane çapı hesabı 2 şekilde yapılır. Bunlardan birincisi ilk 2 dakikadaki ölçümler için tane çapı hesabı, ikincisi ise 2. dakikadan sonraki ölçümler için tane çapının hesabıdır.

► İlk 2 dakikadaki ölçümler için tane çapı hesabı

Stokes kanununa göre sıvı içindeki serbest düşen bir kürenin hızı aşağıdaki formülle ifade edilir:

$$V = \frac{(g_s - g_w) \times 980}{30 \times m} \times D^2 \quad D = \sqrt{\frac{30 \times m}{(g_s - g_w) \times 980} \times \sqrt{\frac{Z_r}{t}}} \quad (3.2)$$

► 2 dakikadan sonraki ölçümler için tane çapı hesabı

$$D = \sqrt{\frac{30 \times m}{(g_s - g_w) \times 980}} \times \sqrt{\frac{Z_r - \left(\frac{V_H}{2} \times A_j\right)}{t}} \quad (3.3)$$

D = Tane boyu (mm)

m = Deney sıcaklığındaki suyun viskozitesi (puaz) (EK 2A)

g_s = Tane birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

g_w = Deney sıcaklığındaki suyun birim hacim ağırlığı (gr/cm³) (EK 2B)

Z_r = Süspansiyonun yüzeyinden hidrometre hacim merkezine olan uzaklık (cm) (EK 1B'deki efektif derinlik eğrisinden bulunur)

V_H = Hidrometre hacmi (cm³) (67 cm³)

A_j = Mezürün kesit alanı (cm²) (27.17 cm²)

t = Toplam geçen zaman (dk)

► Geçen yüzde hesabı

Herhangi bir hidrometre okumasına karşılık bulunan D tane çapından daha küçük tanelerin yüzdesi aşağıdaki formül yardımıyla bulunur:

$$N = \frac{G_s}{G_s - 1} \times \frac{V_{SP}}{W_s} \times (r - r_s) \times 100 \quad (3.4)$$

N = D tane çapından küçük tanelerin yüzdesi (%)

G_s = Numunenin özgül ağırlığı

V_{SP} = Süspansiyonun hacmi (cm³)

W_s = Kuru zemin ağırlığı (gr)

r = Süspansiyondaki düzeltilmiş hidrometre okuması

r_s = Sudaki hidrometre okuması (süspansiyon ile aynı sıcaklıkta) (EK 2B)



Şekil 3.1. Hidrometre deney aleti

2) Elek Analizi

Elek analizi ASTM D 422-63 (1993) standartlarına göre yapılmış olup, deneyin yapılışı kısaca aşağıdaki gibidir:

- ▶ Mezürdeki karışım malzeme kaybedilmeksizin 200 no'lu elekten geçirilir.
- ▶ 200 no'lu eleğin üzerinde kalan numune alttan temiz su akıncaya kadar saf su ile yıkanır.
- ▶ Yıkanan bu numune saf su kullanılarak bir kurutma kabına aktarılır ve etüvde 105⁰C'de kurutulur.
- ▶ Kuru numune ağırlığı bulunur.
- ▶ Kuru numune elek setine konur ve birkaç dakika mekanik çalkalayıcı ile çalkalanır.
- ▶ Her eleğin üzerinde kalan numune tartılır ve elek numarası ve açıklığı ile birlikte kaydedilir.
- ▶ Geçen yüzdeler bulunarak granülometri eğrisi (tane boyu eğrisi) çizilir.
- ▶ Deneyin başındaki ve sonundaki numune kaybı % ± 3'den fazla olmamalıdır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Elek analizi deney aleti

3.2.3.2. Su İçeriği Deneyi

a) Deneyin Amacı

Doğal ortamındaki haliyle muhafaza edilmiş zemin numunelerinde doğal su içeriğini tespit amacıyla yapılan deneydir. Su içeriğinin belirlenmesinde kullanılan standart metodun amacı, yaş zemin örneğini etüvde kurutarak içerdiği suyun kütlesini belirlemek ve bunu zeminin kuru kütlesinin yüzdesi olarak vermektir.

b) Deneyde Kullanılan Aletler

- 1) Etüv : 105°C - 110°C arasında tutulabilen bir etüv kullanılmalıdır.
- 2) Kapaklı cam tartım şişesi veya paslanmaz, hava geçirmez, yaklaşık 50 mm çapında, 25 mm yüksekliğinde metal kutu.
- 3) Terazî : 0.01 gr duyarlılıkta

4) İçinde susuz silika jeli bulunan, yaklaşık 200-250 mm çapında bir Desikatör. 500 gr kadar numune konabilecek büyüklükte, paslanmaz, hava geçirmez, kapaklı kap

5) Yaklaşık 200 mm uzunluğunda ve 100 mm genişlikte bir bakkal küreği.

c) Deneyin Yapılışı

Deneyler, ince, orta ve iri taneli zeminlerde şu şekilde uygulanır.

1) İnce Taneli Zeminlerde Su İçeriği Tayini

Bir cam tartım şişesi veya metal kutu (nem içeriği kabı) temizlenip kurutulduktan sonra kapağı ile birlikte 0.01 gr duyarlılıkla tartılır (m_1). 10 g dan az olmayan bir zemin numunesi ufalanıp gevşek olarak kabın içine konur ve kapatılır. Kap ve içindeki numune en yakın 0.01 gr duyarlılıkla tartılır (m_2).

Kap, kapağı açık olarak etüve konur ve 105 °C-110 °C sıcaklıkta kurutulur. Bünyesinde jips bulunması ihtimali olan zeminlerin numuneleri 80°C den fazla olmayan sıcaklıkta ve daha uzun bir süre tutularak kurutulur. Numunenin tam kurumuş kabul edilmesi için gereken kurutma süresi zeminin türüne ve numunenin büyüklüğüne bağlı olarak değişir. İlke olarak, numune, değişmez kütleye erişene kadar kurutulur. (Etüvde kurutulan numune soğuduktan sonra tartılır ve tekrar etüve konarak 4 saat kuruduktan sonra soğutulup tartıldığında, bu iki tartım arasındaki fark numunenin başlangıçtaki (yaş haldeki) kütesinin % 0.1'inden büyük değilse, numune değişmez kütleye erişmiş sayılır. Çoğu durumda 16-24 saatlik kurutma süresi yeterlidir)

Numune etüvde iken kabın kapağı kapatılmaz; ancak kabın altına yerleştirilecek kapla birlikte etüvde tutulur.

Numune kuruduktan sonra etüvden çıkarılarak desikatöre konur ve soğumaya bırakılır. (Numune kutusunun ağzı kapakla kapatıldıktan ve tartımdan sonra gereğinden fazla bekletilmeyecekse desikatöre konulmasına gerek yoktur)

Numune oda sıcaklığına eriştiğinde kapağı kapatılan kap, içindeki numuneyle birlikte 0.01gr duyarlıkla tartılır (m_3).

2) Orta Taneli Zeminlerde Su İçeriği Tayini

Temiz ve kuru bir kap, kapağıyla birlikte 0.1 gr duyarlıkla tartılır (m_1). 300 gr dan az olmayan bir zemin numunesi ufalanarak kabın içine gevşek bir şekilde konur ve kapak kapatılır. Kap, içindeki numuneyle birlikte 0.1 gr duyarlıkta tartılır(m_2).

Numune, kabın kapağı açık olarak etüve konur ve 105 °C-110 °C de değişmez kütleye ulaşılana kadar kurutulur. Gerekli kurutma süresi zeminin türüne ve numunenin büyüklüğüne bağlı olarak değişir. Çoğu zeminler için 16-24 saatlik bir kurutma süresi yeterli olmakla birlikte, belirli tip zeminler ve çok ıslak veya büyük miktardaki numuneler daha uzun sürede kururlar. Kuruma süresi, etüvde kurutulmakta olan toplam malzeme miktarına da bağlıdır. Numune etüvde kurutulduğu sürece kabın kapağı kapatılmamalıdır.Numune kurutulduktan sonra etüvden çıkarılır. Kabın kapağı kapatılarak oda sıcaklığına erişinceye kadar soğumaya bırakılır. Soğuyan numune, kap ve kapağıyla birlikte en yakın 0.1 gr duyarlılıkta tartılır (m_3)

3) İri Taneli Zeminlerde Su İçeriği Tayini

Temiz ve kuru bir kap 1 gr duyarlıkla tartılır(m_1). En az 3 kg zemin numunesi ufalanıp kabın içine gevşek olarak konduktan sonra kapak kapatılır. Kap içindeki numuneyle birlikte 1 gr duyarlıkla tartılır (m_2).

Kap, kapağı açık olarak, kapağıyla birlikte etüve konur ve numune 105 °C de, değişmez kütleye erişene kadar kurutulur.

Numune kurutulduktan sonra etüvden çıkarılır, kabın kapağı kapatılır ve soğumaya bırakılır. Numune oda sıcaklığına kadar soğuyunca, kap, kapağı ve içindeki numune birlikte 1 gr duyarlıkta tartılır (m_3).

a) Hesaplamalar

Zeminin nem (su) içeriği, w , kuru zeminin kütesinin yüzdesi olarak aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$W = \frac{(m_2 - m_3)}{m_3 - m_1} \times 100 \quad (3.5)$$

W = Su içeriği (%)

m_1 = Kabın kütesi (gr)

m_2 = Kap + yaş numunenin kütesi (gr)

m_3 = Kap + kuru numunenin kütesi (gr)

3.2.3.3. Atterberg (Kıvam) Limitleri

Atterberg (Kıvam) limitlerinin bir zemin laboratuvarındaki önemi büyük olup özellikle zeminin özelliklerini saptamada kullanılır. Örneğin bir zeminin plastiklik özelliğinin düşük veya yüksek oluşu ile killerin yağlı ve yağsız oluşu Atterberg (kıvam) limitleri ile belirlenebilir. Atterberg (Kıvam) limitleri; likit limit (LL), plastik limit (PL), ve rötre limiti (RL)'den oluşur.

Atterberg (Kıvam) limitleri ayrıca, zeminin tane boyu değerleri ile birlikte kullanılarak zeminlerin sınıflandırılmasında da kullanılır. Likit limit (LL), plastik limit (PL) ve doğal su muhtevası (W_n), ve 0,002 mm' den küçük (kil boyutu) tane boyu yüzde değerlerinden (J) faydalanılarak zeminin plastisite indisi (PI), kıvamlılık indisi (I_c), likitlik indisi (LI) değerleri hesaplanıp, zemine ait çeşitli sınıflandırmalar yapılabilir.

1) Likit Limit Deneyi

Likit Limit (LL): Zeminin kayma direnci azalarak, akmaya başladığı andaki su muhtevasıdır (Uzuner, 1998).

a) Gerekli Araçlar

- ▶ Casagrande aleti (Likit limit aleti) (Şekil 3.3)
- ▶ Oluk açma bıçağı
- ▶ Saf su
- ▶ 40 no' lu elek
- ▶ Terazi (0.01 gr duyarlılıkta)
- ▶ Etüv (Numuneyi kurutmak için gerekli fırın) ($110 \pm 5^\circ \text{C}$ sıcaklıkta)
- ▶ Numune kapları (numaralı)
- ▶ Porselen kap
- ▶ Spatula
- ▶ Cam Plaka

Numune hazırlanması: Araziden alınan numune açık havada kurutulur ve daha sonra 40 no' lu elekten elenerek yaklaşık 250-300 gr numune alınır.

b) Casagrande Aleti (Likit Limit Aleti)'nin Ayarlanması

Deneye başlamadan önce Casagrande aletindeki (likit limit aletindeki) pirinç kabın sert plastiğe düşüş yüksekliğinin 1 cm olup olmadığı kontrol edilmelidir.

▶ Casagrande aletindeki numune konulan kabın (pirinç kap) sert plastiğe düşüş yüksekliğinin 1 cm olması gerekir.

▶ Bu yüksekliğin kontrolü için en kesiti kare 1 cm boyutlarında olan standart oyuk açma bıçağının sapı kullanılabilir.

▶ Deney aleti ve oyuk açma bıçağı her deneyden önce temiz, kuru ve çalışır durumda olmalıdır.

c) Deneyin Yapılışı

Likit limit deneyi ASTM D 4318-84 (1993) standartlarına göre yapılmıştır. Deneyin yapılışı aşağıdaki gibidir:

► 40 no'lu elekten geçen malzeme üzerine saf su eklenerek bir porselen kap içerisinde spatula ile karıştırılır.

► Hazırlanan bu numuneden bir parça alınarak Casagrande aletindeki (likit limit aletindeki) pirinç kap için konur. Maksimum yüksekliği tabana paralel olarak düzlenir.

► Oluk açma bıçağı kullanılarak zemin belirgin bir şekilde iki eşit kısma bölünür. Bu işlem yapılırken oluk açma bıçağı pirinç kap yüzeyine dik olarak tutulmalıdır.

► Likit limit aletindeki kol, yat yönünün tersi yönünde saniyede 2 devirlik bir hızla çevrilerek zeminin iki parçasının oluk tabanında 1 cm boyunca birleşmesini sağlayacak darbe sayısı saptanır.

► Su içeriğinin belirlenmesi için, birleşen kısımdan kuru ve temiz spatula ile bir miktar (yaklaşık 10 gr) yaş numune alınıp ağırlığı bilinen bir kaba (numune kabına) konulur.

► 0.01 gr duyarlılık bir terazide kap+yaş numune tartılarak ağırlığı kaydedilir.

► Numune kuruması için etüve konur ve 24 saat beklenir.

► 24 saat sonunda etüvede kurutulan numunenin kuru ağırlığının belirlenmesi ile numunenin su muhtevası saptanır.

► Daha sonra kaptaki malzeme porselen kaba alınır ve su içeriği arttırılarak yeni bir darbe sayısı saptanır. Bu işlemlere 10 ile 40 arasında en az 4 darbe sayısı saptanıncaya kadar devam edilir. Saptanan her darbe sayısı için su içeriği belirlenir.

► Her denemede elde edilen su içeriğine karşı darbe sayısı, yarı logaritmik bir grafik kağıdı üzerine işaretlenir. Bu işlem için, su içeriği değerleri ordinat eksenini boyunca, darbe sayısı logaritmik apsis eksenini boyunca işaretlenir. Elde edilen noktalardan uygun biçimde bir doğru geçirilir ve bu doğru üzerinde 25 darbeye karşılık gelen su içeriği değeri zeminin likit limit (LL) değerini verir.



Şekil 3.3. Casagrande aleti

2) Plastik Limit Deneyi

Plastik Limit (PL): Zemin numunesinin cam tabla üzerinde avuç içi ile yuvarlanırken 3 mm çapında 8 mm boyunda silindirik numuneler haline getirildiği ve bu silindirik numuneler üzerinde çatlakların oluştuğu andaki su içeriği olup % olarak ifade edilir (Uzuner, 1998).

a) Gerekli Araçlar

- ▶ Geniş cam plaka (levha)
- ▶ Saf su
- ▶ Terazî (0.01 gr ağırlıkta)
- ▶ Etüv (110 ± 5 °C sıcaklıkta)
- ▶ Numune kapları (numaralı)
- ▶ Spatula

b) Deneyin Yapılışı

Plastik limit deneyi ASTM D 4318-84 (1993) standartlarına göre yapılmış olup deneyin yapılışı aşağıdaki gibidir:

►40 no'lu elekten geçen malzemedden yaklaşık 20 gr numune alınıp bir kap içerisine konur. Daha sonra üzerine saf su eklenerek homojen duruma gelene ve plastik olana kadar karıştırılıp yoğurulur.

►Numune cam üzerine konarak avuç içi ile 3 mm çapında silindirik parçalar elde edilinceye kadar yuvarlanır. Bu yoğurma ve yuvarlama işlemine 3 mm çapındaki zemin yüzeyinde çatlama ve kopmalar meydana gelinceye kadar devam edilir.

►Zemin istenilen özelliklere ulaştığında en az 5 gr'lık numune bir kaba konur.

►0.01 gr duyarlıklı bir terazide kap+yaş numune tartılarak ağırlığı kaydedilir.

►Numune kuruması için etüve konur ve 24 saat beklenir.

►24 saat sonunda etüvde kurutulan numunenin kuru ağırlığının belirlenmesi ile numunenin su muhtevası (içeriği) (W_n) saptanır.

►Bütün bu işlemler birkaç defa daha yapılarak su içeriği değerleri bulunur ve bu değerlerin ortalaması alınarak plastik limit (PL) değeri belirlenir.

3) Rötire Limit Deneyi

Rötire Limit (RL) : Bir zeminin su kaybetmesiyle, zeminin daha fazla hacimsel değişmeye uğramadığı andaki su içeriğinin sayısal değeridir (Can ve diğerleri, 1992).

a) Gerekli Araçlar

- 10 cm çapında porselen kap
- 4 cm çapında 1,2 cm yüksekliğinde rötire kabı
- 5 cm çapında 1,5 cm yüksekliğinde cam kap
- Geniş plastik plaka
- Civa
- Spatula

- ▶ 20 cm lik çelik cetvel
- ▶ Terazi (0.01 gr ağırlıkta)
- ▶ Etüv (110 ± 5 °C sıcaklıkta)

b) Deneyin Yapılışı

▶ Likit limit deneyine benzer biçimde hazırlanan malzemedan 30 gr alınır. Geniş bir porselen kaba konarak saf su ilave edilir. Eklenen bu su, zemindeki bütün boşlukları yapmayacak ölçüde olmalıdır. Genellikle bu ölçü, zeminin likit limite veya bunun biraz üzerindeki su içeriği değerindedir. Likit limit deneyinde standart oluşunun 10 darbede kapanmasını sağlayacak kadar su uygulanır.

▶ Rötne kabını iç yüzeyi kalın bir yağ ile ince bir tabaka şeklinde yapışmayı önlemek için yağlanır.

▶ Rötne kabı hacminin yaklaşık üçte biri oranında malzeme alınarak, rötne kabının ortasına konur ve kap sert bir yüzeye vurularak malzemenin kabın kenarlarına yayılması sağlanır. Malzeme yüzeyindeki hava kabarcığı kalmayınca kadar bu işlem sürdürülür. Kabın tamamen dolması için eklenecek diğer ikinci tabaka için de aynı işlem yapılır. Malzemenin kanım üzerinden taşmasına imkan sağlanır.

▶ Fazla malzeme, rötne kabının üst yüzeyi çelik bir cetvel ile düzgün bir biçimde sıyrılarak alınır. Kap dış yüzeyindeki yapışmış olan malzemelerden temizlenir.

▶ Rötne kabındaki malzeme ile su yitirilmesine imkan verilmeden tartılır. (kap+ yağ numune) ağırlığı olarak yazılır. Bu ağırlıktan daha önce, tespit edilmiş olması gereken rötne kabı ağırlığı çıkarılarak yağ numune ağırlığı (W_y) ağırlığı bulunur.

▶ Kap, numunenin rengi açılıncaya kadar açık havada kurutulur ve standarda uygun kuruması için etüve konur.

▶ Etüvden çıkarılan numune tartılır. (kap+ kuru numune) ağırlığı olarak yazılır. Rötne kabı darası çıkarılarak kuru numune ağırlığı (W_k) bulunur.

► Rötire kabının hacmini tayin için rötire kabı geniş bir porselen kabın içine konur ve rötire kabının üzerine kenarlarından taşıncaya kadar civa doldurulur. Cam plaka rötire kabının üzerine bastırılarak fazla civa taşırılır. Bu işlem sırasında cam plaka ile civa arasında hava kabarcığı kalmasına özen göstermek gerekir. Cam plaka kaldırılır. Rötire kabı dış yüzeyindeki yapışmış civa fırça ile temizlenir. Civa ile birlikte rötire kabı tartılır. Bu ağırlıktan rötire kabı darası çıkarılır. Bulunan civa ağırlığı civanın yoğunluğuna (13.53 gr/cm^3) bölünerek rötire kabının diğer bir değişle yaş numunenin (V_y) hacmi bulunur.

► Geniş bir porselen kap içine yerleştirilen cam kabın içine taşıncaya kadar civa doldurulur. Üç iğneli plaka, cam kabın üst yüzeyine bastırılarak fazla civa taşırılır. Bu sırada cam plaka ile civa üst yüzeyi arasında boşluk kalmamasına özen gösterilmelidir. Cam kap ve porselen kap, taşan civadan bir fırça ile temizlenir.

► Kuru numune rötire kabından alınarak, yukarıda anlatılan şekilde hazırlanan temiz bir porselen kap içine yerleştirilmiş olan civa dolu cam kap içine batırılır. Bu batırma işlemi üç iğneli cam plakayı numune üzerine bastırılarak gerçekleştirilir. Bu arada yine cam plaka ile civa arasında hava boşluğu kalmaması sağlanmalıdır.

► Temiz porselen kap içine, cam kaptan taşan (numunenin hacmi kadar yer değiştiren) civa ağırlığı bulunur. Bu civa ağırlığı, civa yoğunluğuna bölünerek taşan civa hacmi diğer bir deyişle, kuru numune hacmi V_k bulunur.

(Şekil 3.4)' de görüleceği üzere, (a), etüve konmadan önceki, deney başındaki temsili numuneyi belirtir. Bu durumda V_y rötire kabının hacmi (yaş numune hacmi) ve W_y tartılmış olan yaş numune ağırlığıdır. Numune, bu durumdan başlayarak etüvde kurutulma işlemine tabi tutulur. Rötire limitine erişildiği andaki temsili durum, şekilde (b) ile gösterilmiştir. Bu andan başlayarak su yitirilmesinin numune hacminin numune hacminde bir azalmaya neden olmadığını varsayalım. Bu durumdaki su içeriği o numunenin rötire limitidir. Ancak bu duruma fiziksel olarak tespit etmek imkansızdır. Bu nedenle, numune durağan ağırlığa kadar kurutulur. Etüv sonrası kuru numune temsili durumu (c) ile gösterilmiştir. Bu durumda, kuru numune ağırlığı W_k ve hacim V_k bulunabilir.



Şekil 3.4. Rötire limit deneyi

Rötire Limiti (RL), (b) durumunda görüldüğü gibi W_{su}/W_k dır. Buradaki su ağırlığı $W_{su} = W_y - W_k$ –(a)’dan (b)’ ye geçişteki kaybolan su ağırlığıdır.

Kaybolan su ağırlığı ise, $V_y - V_k$ dır. Kaybolan su ağırlığı = $su \times (V_y - V_k)$ olur ($su = su$ birim hacim ağırlığı).

Buna göre:

$$RL = \frac{W_y - W_k - (V_y - V_k)}{W_k} \quad (3.6)$$

durumuna gelir.

$$RL = \frac{W_y - W_k}{W_k} - \frac{V_y - V_k}{W_k} \quad \text{ve} \quad \frac{W_y - W_k}{W_k} = w \quad (3.7)$$

su içeriği değeri bulunduğuna göre;

$$RL = w - \frac{V_y - V_k}{W_k} \quad \text{olur.} \quad (3.8)$$

V_y = Yaş numune hacmi (Rötre kabı hacmi) cm^3

V_k = Kuru numune hacmi (Taşan civa hacmi) cm^3

W_y = Yaş numune ağırlığı gr

W_k = Kuru numune ağırlığı gr

Ayrıca bu deney ile numune özgül ağırlığı yaklaşık olarak,

$$g_s = \frac{W_k}{V_k} \text{ eşitliğinden bulunabilir.} \quad (3.9)$$

Eğer bir numunenin g_s özgül ağırlığı biliniyorsa rötre limiti, kuru numune hacmi V_k ve ağırlığı W_k değerlerinden:

$$RL = \frac{V_k}{W_k} - \frac{1}{g_s} \quad (3.10)$$

bağıntısı ile hesap edilebilir.

3.2.3.4. Plastisite İndisi, Kıvamlılık İndisi (Konsistans), Likitlik İndisi

Plastisite İndisi (PI): Zemini plastik limitinden likit limitine ulaştırılacak su miktarının yüzde olarak değeridir.

$$PI = LL - PL$$

PI= Plastisite indisi (%)

LL= Likit limit (%)

PL= Plastik Limit (%)

Kıvamlılık İndisi (Konsistans) (I_c): Zeminin arazide doğal haldeki kıvamının nasıl olduğu hakkında bilgi veren bir değerdir.

$$I_c = \frac{LL - W_n}{PI} \quad (3.11)$$

I_c = Kıvamlılık indisi

LL = Likit Limit (%)

W_n = Doğal su muhtevası (içeriği) (%)

PI = Plastisite indisi (%)

Likitlik İndisi: Kıvam indinse benzer bir şekilde zeminin arazideki durumunu belirlemek için kullanılan bir değerdir.

$$LI = \frac{W_n - PL}{PI} \quad (3.12)$$

LI = Likitlik İndisi

W_n = Doğal su muhtevası (içeriği) (%)

PL= Plastik Limit (%)

PI= Plastisite indisi (%)

3.2.3.5. Özgül Ağırlık Deneyi

Özgül Ağırlık: Bir zeminin özgül ağırlığı, belli hacimdeki zemin tanelerinin havadaki ağırlığının, aynı sıcaklıkta eşit hacimdeki saf suyun havadaki ağırlığına oranıdır (Can ve diğerleri, 1992).

1) Gerekli Araçlar

- ▶ Piknometre (50, 100, 250, 500 ml 'lik piknometrelerden uygun olanı)
- ▶ Saf su
- ▶ Vakum uygulayıcı alet
- ▶ Terazı (0.01 gr duyarlıkta)
- ▶ Etüv (110 +/- 5° C sıcaklıkta)

- ▶ 1°C hassalığa kadar okunabilen bir termometre
- ▶ Damlalık ya da pipet

2) Píknometrenin Kalibrasyonu

- ▶ Píknometre yıkanır.
- ▶ Píknometre ters çevrilip 15-20 dakika beklenerek kuruması sağlanır.
- ▶ Píknometre üzerinde bulunan ve yapımcı firma tarafından konulan işarete kadar havası alınmış saf su ile doldurulur. Sudaki menüsküsün alt yüzeyi işarete getirilir.
 - ▶ Píknometrenin boş kalan kısmı ve dış yüzeyleri kurulanır.
 - ▶ Píknometre, içerisindeki su ile birlikte 0.01 gr duyarlıdaki bir terazide tartılır. Ağırlık ($W_{pw(T_a)}$) olarak kaydedilir.
 - ▶ Píknometre içerisinde bulunan suyun sıcaklığının üniform olmasını sağlamak için píknometre birkaç defa baş aşağı getirilir (alt-üst edilir). Suyun sıcaklığı hassas bir şekilde kaydedilir (T_a).
 - ▶ Suyun sıcaklığını mevcut oda sıcaklığının 4-5° C altına getirebilmek için píknometre soğuk su kabına konulur. Gerekirse soğumanın hızlandırılması için buz da kullanılabilir.
 - ▶ Üniform sıcaklık sağlanıncaya kadar son üç adımda açıklanan işlemler tekrarlanmalıdır.
 - ▶ Píknometredeki suyun soğuması ile hacmi azalacağından, azalma miktarı kadar su ilave edilerek menüsküs tabanının tekrar píknometrede bulunan işaretin üzerine teması sağlanır.
 - ▶ Kalibrasyon eğrisinin çizilmesinde kullanılacak üçüncü bir nokta için píknometre ve içerisindeki su ısıtılarak mevcut oda sıcaklığının yaklaşık olarak 5° C üstüne çıkarılması sağlanır. Su ısınca hacmi artacağından su seviyesini sabit tutabilmek için bir miktar suyun boşaltılması gerekebilir.

► Kalibrasyon eğrisinin çizilebilmesi için piknometre ve içindeki su, oda sıcaklığının yaklaşık olarak 10-15° C üstündeki (veya altındaki) sıcaklıklarda ısıtılarak en az 4 nokta (daha fazla nokta daha iyi sonuç verecektir) elde edilir.

► İçi su dolu piknometre ağırlığına $W_{pw(T_a)}$ karşılık, sıcaklık T_a kalibrasyon eğrisi elde edilir.

► Piknometre kuru ve temiz olarak tartılır (W_p).

► Piknometre oda sıcaklığında saf su ile doldurulur ve piknometre+ su ağırlığı bulunur ($W_{pw(T_a)}$).

► Piknometrenin şişkin kısmından termometre ile suyu sıcaklığı (T_a) ölçülür.

► $W_{pw(T_a)}$ ağırlığı daha sonra herhangi bir T_x sıcaklığı için aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$W_{pw(T_a)} = \left[\frac{g_{w(T_x)}}{g_{w(T_a)}} \times (W_{pw(T_a)} - W_p) \right] + W_p \quad (3.13)$$

$W_{pw(T_x)}$ = Düzeltilmiş piknometre+su ağırlığı (gr)

$W_{pw(T_a)}$ = Gözlemlenen piknometre+ su ağırlığı (gr)

W_p = Piknometre ağırlığı (gr)

$g_{w(T_x)}$ = T_x sıcaklığındaki suyun birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

$g_{w(T_a)}$ = T_a sıcaklığındaki suyun birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

3) Deneyin Yapılışı

Özgül ağırlık deneyi (Şekil 3.5), ASTM D 854-92 (1993) standartlarına göre yapılmıştır. Deneyin yapılışı aşağıdaki gibidir:

► 4 no'lu elekten geçen, etüvde kurutulmuş kohezyonlu zeminden 20-75 gr; etüvde kurutulmuş kohezyonsuz zeminden ise 100-150 gr alınır. 0,01 gr hassasiyetle tartılan bu malzeme kalibre edilmiş piknometreye aktarılır.

► Üzerine piknometrenin yarısını dolduruncaya kadar su eklenir. Böylece piknometrenin ince boyun kesiminde kalabilecek olan malzeme piknometrenin içine yıkanmış olur.

► Karışım içerisindeki havayı çıkartmak için piknometrenin ağzından vakum altında karışım yaklaşık 10 dakika süre ile yavaşça kaynatılır. Kaynamadan sonra 10-15 dakika süre ile tekrar kısmi vakum uygulanır. Bu sırada hava kabarcıklarının çıkışını izlemek mümkündür. Kaynama sırasında karışımın taşmamasına dikkat edilmelidir.

► Hava alma işleminin sonuna doğru piknometreye ince boyun kesimindeki kalibrasyon çizgisinin yaklaşık 1-1.5 cm altına dek havası alınmış saf su eklenir. Piknometrenin dış yüzeyi ve su bulunmayan iç kısımları kağıt havlu ya da peçeteler yardımıyla kurulur. Saf suyun havası alınmaya dek vakum uygulanır. Vakum uygulaması kesildiğinde süspansiyon seviyesi 1 mm'den az alçılırsa süspansiyonun içindeki havanın tümünün alınmış olduğu kabul edilir.

► Piknometreye havası alınmış saf su ilave edilerek menüsküsün tabanının piknometre üzerinde bulunan kalibrasyon çizgisine kadar gelmesi sağlanır.

► Piknometrenin dış yüzeyi ve su bulunmayan iç kısımları kağıt havlu ya da peçeteler yardımıyla kurulur.

► Piknometre, içerisindeki karışım ile birlikte 0,01 gr duyarlılık terazi ile tartılır ve $W_{psw(Tx)}$ (Piknometre+kuru numune+su) olarak kaydedilir.

► Tartımdan hemen sonra karışım sıcaklığının her noktada aynı olabilmesi için piknometrenin ağzı kapatılarak birkaç defa baş aşağı getirilir (alt-üst edilir). Karışım sıcaklığı T_x olarak kaydedilir.

4) Hesaplamalar

$$G_{s(Tx)} = \frac{W_s \times G_{w(Tx)}}{W_s + W_{pw(Tx)} - W_{psw(Tx)}} \quad (3.14)$$

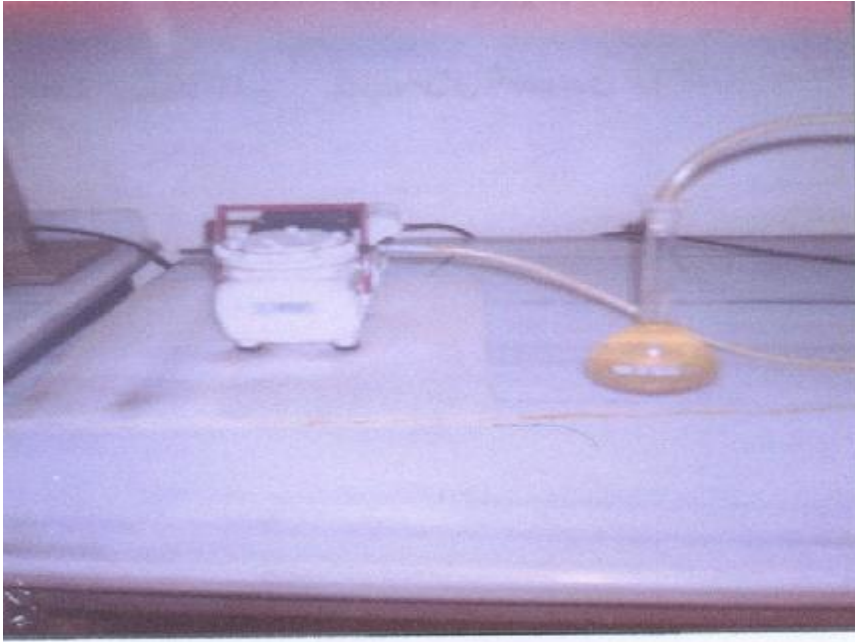
$G_{s(T_x)} =$ Zemine ait özgül ağırlık

$W_s =$ Kuru numune ağırlığı (gr)

$W_{pw(T_x)} =$ T_x sıcaklığındaki piknometre + su ağırlığı (gr)

$W_{psw(T_x)} =$ T_x sıcaklığındaki piknometre + numune + su ağırlığı (gr)

$G_{w(T_x)} =$ Suyun T_x sıcaklığındaki özgül ağırlığı



Şekil 3.5. Özgül ağırlık deneyi

3.2.3.6. Boşluk Oranı, Porozite ve Doymun Birim Hacim Ağırlığı Tayini

Çalışma sahasında Handere Formasyonu'nun ayışmış yüzeylerinden $6 \times 6 \times 2$ boyutundaki kare ringler kullanılarak blok numuneler alınmış ve zeminin tabii (doğal) birim hacim ağırlığı bulunmuştur. Ayrıca zeminin yaş ve kuru numune ağırlığı belirlendikten sonra zemine ait doğal su muhtevası (içeriği) bulunmuştur. Bulunan bu sayısal verilerden yararlanarak zemine ait numunenin doğal su muhtevası (içeriği), tabii (doğal) birim hacim ağırlığı, kuru birim hacim ağırlığı, doymunluk derecesi, boşluk oranı, porozite ve doymun birim hacim ağırlığı bulunmuştur.

$D_T =$ Silindirik tüpün çapı (cm)

$H_T =$ Silindirik tüpün yüksekliği (cm)

A_T = Silindirik tüpün alanı (cm²)

V_T = Silindirik tüpün (numunenin) hacmi (cm³)

$$g_n = \frac{W}{V} \quad (3.15)$$

W = Yaş numune ağırlığı (gr)

g_n = Doğal birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

$$W_n = \left[\frac{W_y - W_k}{W_k} \right] \times 100 \quad (3.16)$$

W_n = Su muhtevası (içeriği) (%)

W_y = Yaş numune ağırlığı (gr)

W_k = Kuru numune ağırlığı (gr)

$$g_k = \frac{g_n}{1 + W_n} \quad (3.17)$$

g_k = Kuru birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

$$g_s = G_s \times g_w \quad (3.18)$$

g_s = Tane birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

G_s = Özgül ağırlık

g_w = Suyun birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

$$S_r = \frac{G_s \times W_n}{g_s - 1} \quad (3.19)$$

S_r = Doygunluk derecesi (%)

$$e = \frac{W_n \times G_s}{S_r} \quad (3.20)$$

e = Boşluk oranı

$$n = \frac{e}{1 + e} \quad (3.21)$$

n = Porozite

$$g_d = \frac{g_s + e \times g_w}{1 + e} \quad (3.22)$$

g_d = Doygun birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

3.2.3.7. Kesme Kutusu Deneyi

a) Deneyin Amacı

Kesme kutusu deneyi, genellikle kohezyonsuz zeminlerin kayma mukavemetinin saptanması için kullanılır. Zemin numunesi dikdörtgen veya dairesel kesitli ve iki parçadan oluşan rijit bir kutu içine yerleştirilmektedir.

Zeminlerin kayma mukavemetinin bulunmasına ait deneyler iki grupta toplanabilir.

I. Direkt kesme deneyleri : Direkt kesme, Vane deneyi

II. İndirekt kesme deneyleri: Üç eksenli basınç ve serbest basınç deneyi

Kesme kutusu deneyinde (Şekil 3.6) zemin numunesinin yerleştirildiği kısım, ortasından ikiye bölünmüş, planda kare kesitli madeni bir kutudur. Numune yerleştirilmeden önce alt kesme kutusunun alt ve üst kısmına poroz taş yerleştirilir. Numunenin belli bir normal gerilme altında kayma mukavemeti tespit edilmek istenirse, direkt kesme cihazı altındaki yük askısına ağırlıklar yerleştirilerek numune üzerine gelecek gerekli basınçlar sağlanır. Yük askısına konan her ağırlık numune üzerine genelde on katı olacak şekilde etkimektedir. Kesme kutusunun alt yarısı bilyeler üzerine oturtulmuş olup belirli bir üniform hızla yatay olarak ileriye doğru itilir. Kesme kutusunun diğer yarısı çelik yük halkasına dayanmakta olup bu halkanın deformasyonları okunur ve buradan hesaplamalar ile kesme kuvveti bulunur.

Numunenin konsolidasyona bırakılması durumunda ve kesme olayının devamı boyunca meydana gelen hacim değişimlerini ölçmek için yükün uygulandığı üst kapağın düşey hareketini kaydedecek bir saat (komparatör) alete tespit edilir. Drenajlı deneylerde numuneye giren veya çıkan su poroz taşlardan ve delikli madeni levhadan geçer. Drenajsız deneylerde delikli tip yerine deliksiz levhalar kullanılır.

Bununla beraber drenaj yolunun kısalığı nedeniyle drenajsız deneylerin yalnız düşük permeabiliteli zeminlerde yapılması mümkün olmaktadır. Killer ve kumlar için yaygın olarak kullanılan kesme kutusu boyutu genellikle $6 \times 6 \text{ cm}^2$ olup numune kalınlığı 2 cm'dir. Direkt kesme deneyi üç gruba ayrılabilir:

1) (UU) testi : Bu tip deneyde, numune kesilmeye başlamadan önce, normal kuvvet uygulanır. Eğer zemin kohezyonlu ve doymuş ise ilave boşluksuyu basınçları oluşabilir. Analoji yapılacak olursa üç eksenli (UU) testi gibi tarif edilebilir.

2) (CU) testi : Bu deney tipinde normal kuvvet uygulanır ve kesme başlamadan önce numunedeki oturma durması beklenir. Bu test tipi analoji yapılırsa (CU) üç eksenli deney tipindedir.

3) (CD) testi : Normal kuvvet uygulanır ve bütün oturma tamamlanincaya kadar kesme deneyine başlanmaz. Daha sonra numune içerisinde boşluk suyu basınçlarının ihmal edilebilir düzeyde seyredebilmesi için kesme hızı çok yavaş bir şekilde uygulanır. Bu deney tipinde üç eksenli (CD) deneyi ile analoji yapılabilir.

b) Deneyde Kullanılan Aletler

- 1) Direkt kesme test cihazı
- 2) Numune hazırlama ve su muhtevası için değişik büyüklükte kaplar
- 3) $105 \text{ }^\circ\text{C} - 110 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık sağlayan etüv
- 4) Çelik cetvel
- 5) Spatula

- 6) Kıl testere
- 7) Numune alma, hazırlama aparatları

c) Deneyin Yapılışı

- 1) Numune kabının boyutları ölçülür ve kaydedilir.

2) Deney örselenmemiş numune üzerinde yapılacaksa, numunenin kenarları dikkatle tıraşlanarak kutunun cidarıyla tam temas edecek şekilde yerleştirilir. Örselenmiş numunede yapılıyor ise, poroz taş üstüne 0.5 inç kalınlığında bir tabaka teşkil edecek şekilde dökülür. Yerleştirme tokmağı yardımıyla istenen birim ağırlıkta enerji verilerek sıkıştırılır. Sıkıştırma işlemi hafif darbeler şeklinde olmalıdır.

3) Normal yük tatbiki için, alt kısımdaki ayar denge kolu yatay hale getirilerek istenilen ağırlık yük askısına yerleştirilir.

4) Kesme kutusunun parçaları birbirine bağlanır.

5) Deney yapılmak için hazırlanan numune, kabı ile birlikte tartılır.

6) Kesme kutusunun altına süzgeç kağıtlı poroz taşı yerleştirilir. Örselenmiş numunede yapılan deneyde, kapla geri kalan zemin tartılır. İlk ağırlıkla bunun arasındaki fark sarf edilen zemini verir. Numune örselenmemiş ise, kesme kutusunun ilk ağırlığı ve numune ile birlikte ağırlığı arasındaki fark numune ağırlığını verir.

7) Numunenin üzerine süzgeç kağıtlı poroz taşı konur.

8) Üzerindeki yükü her tarafa eşit dağıtabilmesi için kalıp ve yük, tevzi bilyesi ile yerleştirilir.

9) Kesme kutusu alete yerleştirilir.

10) Birinci deneyde istenilen normal yük tatbik edilir. Eğer deney konsolidasyonlu ise bu yük altında konsolidasyonun tamamlanması beklenir, değilse kesme için hazırlığa başlanır.

11) Yatay ve düşey deplasmanları okumak üzere ekstansometreler bağlanır. Düşey deplasmanı okuyacak ekstansometre çökme ve kabarmayı okuyacak şekilde bağlanır. Kesme yükü verilmeye başlanır.

12) Bu işlemler istenen veya eşit aralıkta en az iki defa daha tekrarlanır.

100. Yıl Bölgesinde, 2001 Aralık ve 2002 Ocak tarihleri arasında meydana gelen ve bu çalışmanın konusunu oluşturan heyelanlar eski heyelanların tekrar harekete geçmesi sonucu oluşmuştur. Bu nedenle çalışma alanında araziden alınmış örselenmemiş numuneler üzerinde yapılan kesme kutusu deneyleri, yukarıda anlatılandan farklı olarak yapılmıştır. Arazide gerçekleşmiş heyelanları yansıtması

amacıyla, örselenmemiş numunede laboratuvar ortamında yapay olarak bir kesme düzlemi oluşturulmuş ve kesme kutusu deneyi bu şekilde hazırlanan örselenmemiş numune üzerinde farklı normal yüklerde yapılmıştır. Böylece zeminin rezidüel (kalıntı) kohezyon (c) değeri ve içsel sürtünme açısı (f) bulunmuştur.



Şekil 3.6. Kesme Kutusu deney aleti

3.2.4. Büro Çalışmaları

Büro çalışmalarında öncelikle çalışma sahası ve civarında yapılmış olan çalışmalar derlenmiştir. Daha sonra büro çalışmaları arazi verilerinin değerlendirilmesiyle devam etmiştir. Arazide jakop çubuğu ve çelik şeritmetre ile yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler kullanılarak heyelan sahasının detay kesiti çıkarılmış ve bu kesitler Geoslope programına aktararak kayma modelleri tespit edilmiştir.

Laboratuvarda yapılan deney sonuçları ile heyelanların oluşum mekanizması ortaya konmuştur.

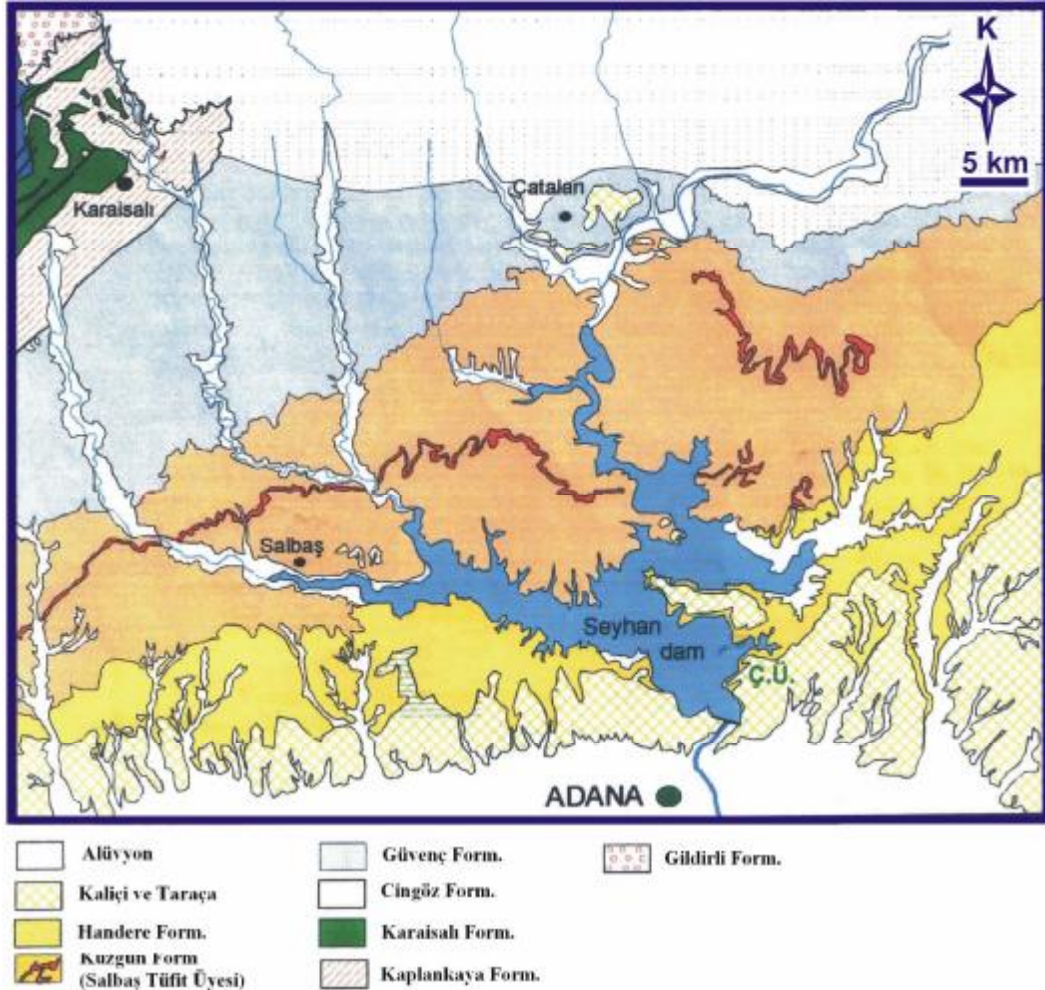
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Genel Jeoloji

4.1.1. Stratigrafi

İnceleme alanı ve civarının jeolojisi değişik araştırmacılar tarafından detaylı olarak çalışılmıştır. Adana baseni üzerinde yoğunlaşan araştırmacıların bazıları şunlardır: Ternek (1957), Schmidt (1961), Özgül ve diğerleri (1973), İlker (1975), Görür (1979 ve 1980), Yalçın ve Görür (1984), Yetiş ve diğerleri (1991). Buna göre bölgenin kuzeyinde Tersiyer yaşlı kayalar en altta, genelde pembemsi kırmızı, bazen de sarımsı turuncu renklerde olabilen çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşan Oligosen-Alt miyosen yaşlı, karasal Gildirli Formasyonu (Tgi) ile başlamaktadır. Bu birim alttaki paleozoik ve mesozoik yaşlı kayalar üzerine açıl uyumsuzlukla gelir. Gildirli Formasyonunun üzerine boz renkli çakıllı kumtaşı, kumtaşı, çakıllı-kumlu kireçtaşı ve silttaşından oluşan Alt Miyosen yaşlı Kaplankaya Formasyonu, bunun da üzerine ise beyaz-krem renkli Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu (Tka) gelmektedir. Karaisalı Formasyonu'nun üzerine ise çakıllı kumtaşı, kumtaşı, silttaşından oluşan Alt-Orta Miyosen yaşlı Cingöz Formasyonu (Tc) ile derin deniz ortamında çökelmiş, yeşilimsi gri renkli şeyl ve marnlardan oluşan Alt-Orta Miyosen yaşlı Güvenç Formasyonu (Tgü) yanal ve düşey geçişli olarak gelmektedir. Bu birim üzerine gelen Kuzgun Formasyonu (Tku) Üst Miyosen yaşlı olup açık gri, yer yer yeşilimsi, gri, kahverengi kumtaşı-kiltaşı içermekte olup sığ denizel, karasal ortamı temsil etmektedir. Kuzgun Formasyonu'nu üzerine bölgedeki Tersiyer yaşlı istifin tavanını oluşturan Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı regresif özellikteki Handere Formasyonu (Th) gelmekte olup, birim denizin çekilmesi ile oluşan sığ denizel ortamı temsil eden sarı, bej renkli çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı ve alçıtaşından (jips) oluşmaktadır. Handere Formasyonu'nun üzerine Kuvaterner yaşlı Taraça+Kaliçi (Qtk) ve alüvyon (Qk, Qt, Qal) uyumsuz olarak gelmektedir. Değişik boyutlardaki tutturulmamış, gevşek çakıl, kum ve killerden oluşan alüvyon Çukurova'yı oluşturan geniş düzlük alanları kapsamaktadır. Buna göre inceleme alanı Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı ve ayrılmış

kiltaşlarından oluşan Handere Formasyonu (Th) üzerinde yer almakta olup, bu birimin üzerine Kuvaterner yaşlı Taraça-Kaliçi (Qtk) birimi gelmekte ve en üstte ise heyelan topuğu batısındaki düşük kotlarda geniş alüvyon çökeller bulunmaktadır (Qal). İnceleme alanının ve yakın civarının jeoloji haritası Şekil 4.1.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. İnceleme alanının genel jeoloji haritası (1/100 000 Ölçekli Kozan K20 paftası MTA, 1991).

4.1.2. Tektonik

Adana ili doğuda Doğu Anadolu Fay zone, Batı ve kuzeybatıda ise Ecemiş fayı ile çevrelenmiş konumdadır. Türkiye'nin en büyük fay zonlarından birisi olan ve çalışma alanının içerisinde bulunduğu bölgenin depremselliği açısından önem arz eden Doğu Anadolu fayı ve Ecemiş fayı günümüzde halen hareketini sürdüren aktif faylar olarak kabul edilmektedir.

Doğu Anadolu fayı; sol yönlü doğrultu atımlı bir fay olup, Antakya'dan Karlıova' ya kadar uzanan yaklaşık KD-GB uzanımlı bir faydır. Doğu Anadolu Fay zonu tek bir kırık sisteminden oluşmayıp irili ufaklı yüzlerce fayların birleşmesinden oluşmaktadır. Doğu Anadolu Fay zonu üzerinde önceki araştırmacılar tarafından ölçülen fay zonu genişliği yaklaşık 2-3km olup fayın toplam atımı Arpat ve Şaroğlu (1992) tarafından 22 km olarak tespit edilmiştir. Fay zonu boyunca toplam düşey atım 400 metredir. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun oluşumu Geç Miyosen'de Arap ve Anadolu levhalarının çarpışması ile ilgilidir.

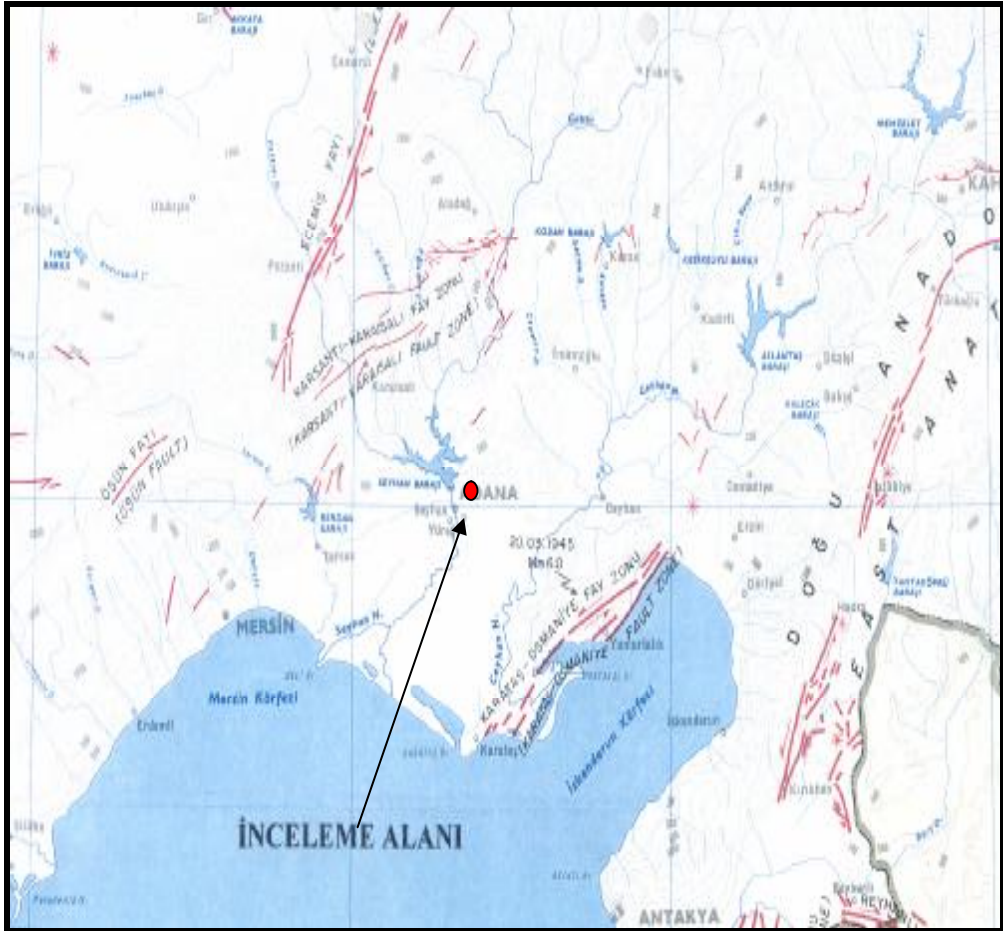
Ecemiş Fay Zonu; Yaklaşık olarak Kayseri-Yahyalı'nın batısında Dünderlı köyünden başlayarak KKD-GGB uzanımlı olarak Mersin-Gülek yakınlarına kadar uzanır. Genel doğrultusu K27D olan Ecemiş Fayı birbirine paralel birçok kırık parçasından meydana gelmiştir. Dünderlı-Pozantı arasındaki 78 km'lik bölümde oldukça belirgin şekilde izlenmektedir. Pozantı-Gülek arasında Ecemiş Fayı küçük parçalara ayrılmaktadır.

Doğu Anadolu ve Ecemiş fayı dışında Adana ve yakın çevresinde Karaisalı - Karsantı fay zonu ve Karataş-Osmaniye fay zonu bulunmaktadır.

Karaisalı ile Karsantı Fay Zonu, Adana havzasının kuzeyinde, Ecemiş Fay Zonunun güneyinde Karaisalı ile Karsantı arasında değişik boy ve doğrultularda gelişmiş olan çok sayıda kırıktan meydana gelen bir fay zonudur. Ecemiş ve Karataş-Osmaniye fay zonlarının arasında yer alması, çok geniş bir alanda izlenmesi ve 20 km'ye varan uzunlukta parçacıkların izlenmesi ile önemli bir fay zonudur. Birbirine paralel iki ana doğrultu hakimdir. Fayların KD-GB ve D-B uzanımlı olmak üzere iki ana doğrultuda yoğunlaştığı gözlenir. Bu iki farklı doğrultudaki fayların mekanizmalarının da birbirinden farklı çalıştığı bilinmektedir. Bir kısmı sol yönlü doğrultu atımlı iken diğer bir kısımda sağ yönlü doğrultu atımlı fay sistemine göre çalışmaktadır.

Karataş-Osmaniye fay zonu ise, Adana ovasının GD'sunda Karataş-Osmaniye arasında genel doğrultusu KD-GB olan, yaklaşık 120 km uzunluğunda bir zon içinde birbirine paralel birçok faydan oluşmaktadır. Bir çoğu kıyıya paralel olan bu faylar belirgin morfolojik görünimleri yanında Kuvaterner yaşlı kaya birimlerini etkilemeleri nedeniyle önemlidirler.

Özellikle Ecemiş Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu'nun çalışma konusunu oluşturan heyelanları olası bir depremde olumsuz yönde etkilemesi muhtemeldir. Adana bölgesinde yer alan faylar Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

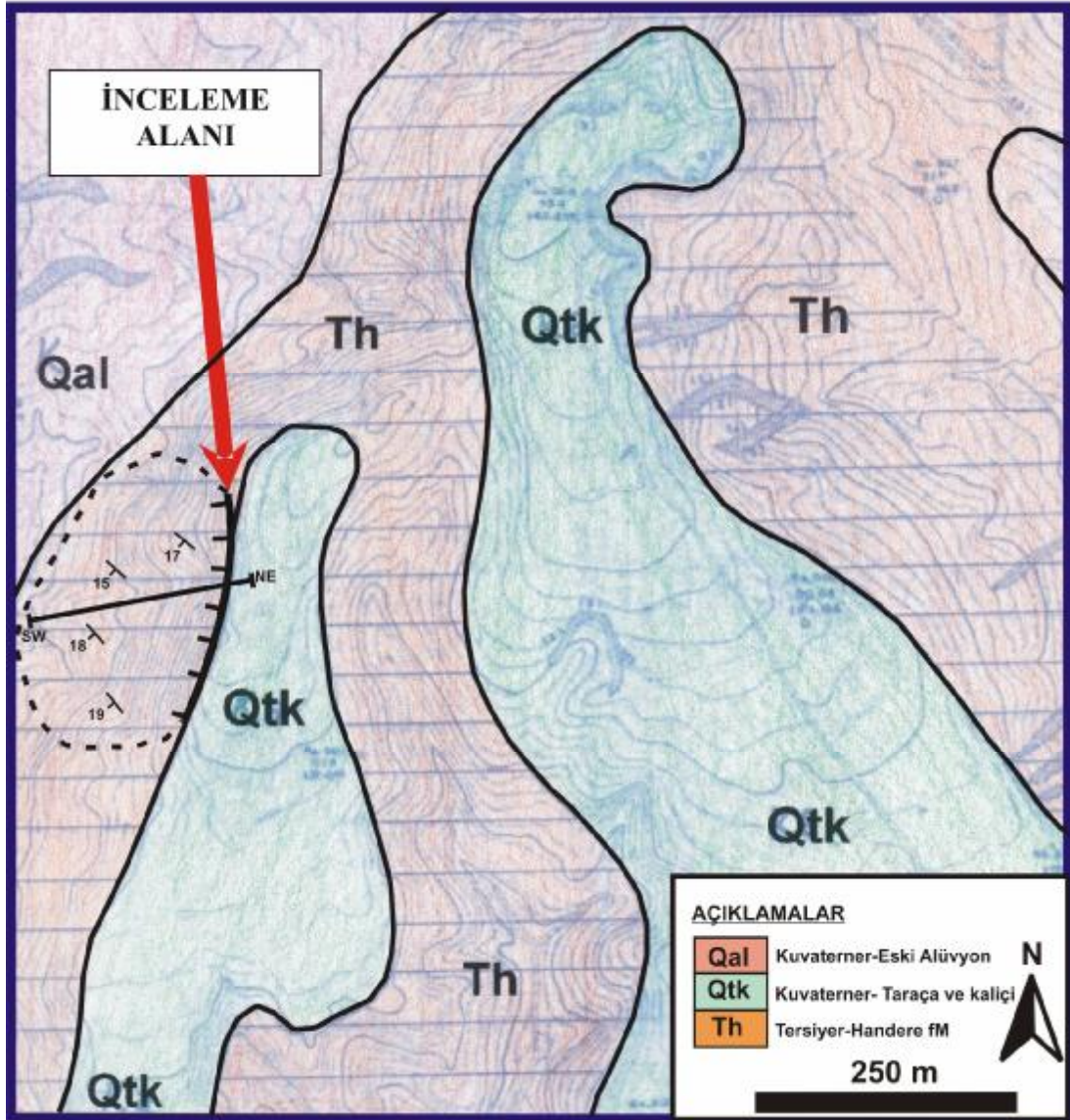


Şekil 4.2. Adana bölgesine ait diri fay haritası (Şaroğlu ve ark., 1992'den alınmıştır).

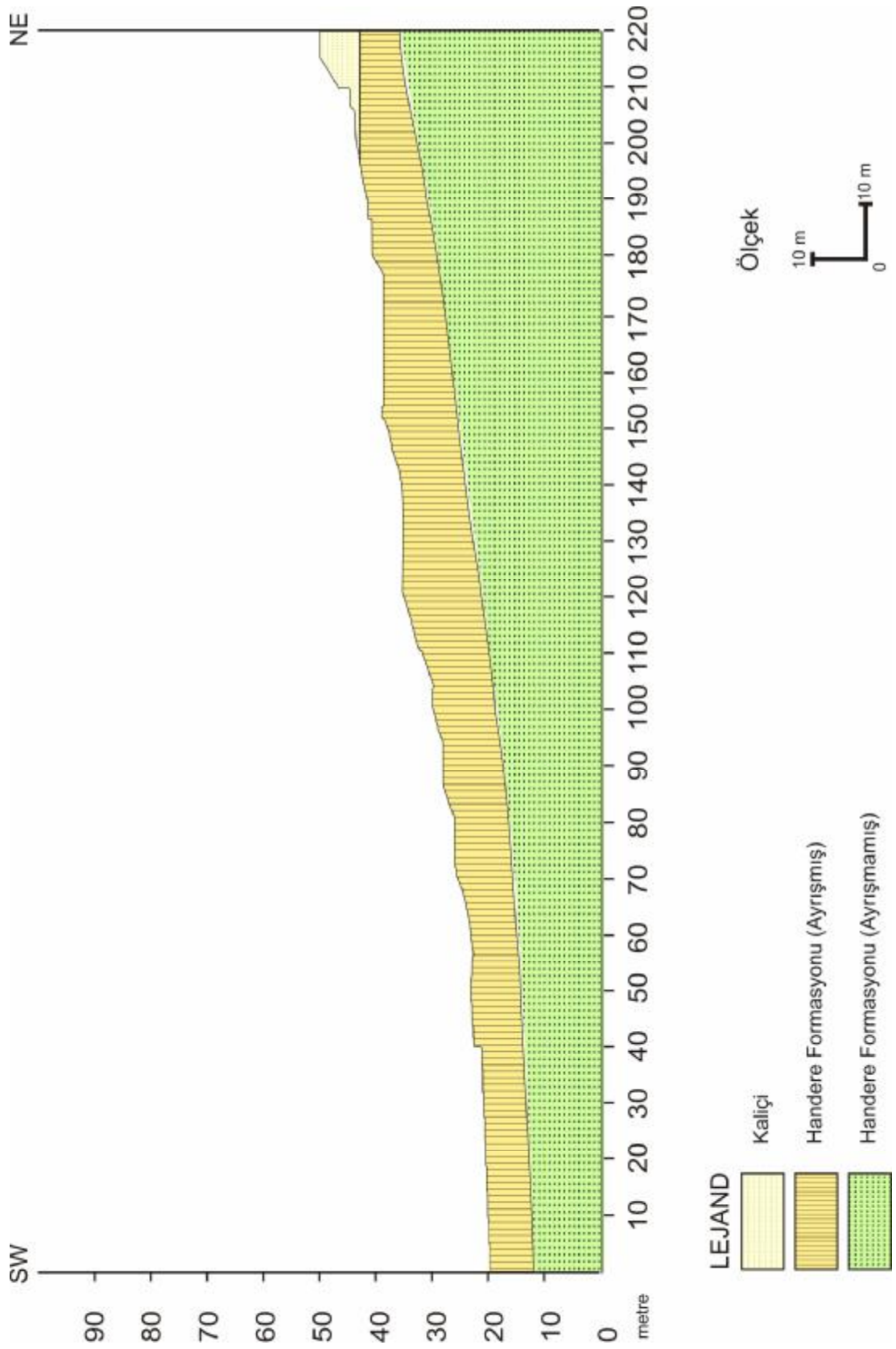
4.2. İnceleme Alanının Detay Jeolojisi

Çalışma alanında Adana basenine ait üç birim gözlenmiştir. Bu birimler heyelanın içinde geliştiği Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı ve ayrılmış kiltaşlarından oluşan Handere Formasyonu (Th) ve bu birimin üzerinde yer alan Kuvaterner yaşlı Taraça-Kaliçilerdir (Qtk). Ayrıca heyelan topuğu batısında düşük kotlarda geniş alüvyon çökeller (Qal) bulunmaktadır. İnceleme alanının detay jeoloji haritası Şekil 4.3'te verilmiştir.

Çalışma alanında detay jeoloji haritası üzerinde gösterilen SW-NE güzergahı boyunca jakop çubuğu ve çelik şeritmetre kullanılarak heyelan sahasının detay enine kesiti alınmıştır (Şekil 4.4). Alınan enine kesit ölçek doğrultusunda orantılı bir şekilde küçültülerek bilgisayara aktarılmıştır.



Şekil 4.3. İnceleme alanının detay jeoloji haritası (Gül ve Köksal (1982)'den alınmıştır).



Şekil 4.4. Heyelan sahasından alınan detay jeolojik enine kesit.

Ayrıca sahada pusula yardımıyla ölçülen tabakaların doğrultu ve eğimleri haritaya işlenmiştir. Şekli 4.4'deki detay enine kesit incelendiğinde en altta ayrışmamış Handere Formasyonu üzerinde ise kalınlığı sondajlarla belirlenen yaklaşık 10,5 m kalınlığında (Güzel, 2002) ayrışmış Handere Formasyonu bulunmaktadır. En üstte ise ayrışmış Handere Formasyonu üzerine gelen 9 m kalınlığında kaliçi birimi (yumuşak + sert seviyeleri) vardır.

4.2.1. Handere Formasyonu (Th)

Handere Formasyonu Adana ili genelinde başlıca boz renkli çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, silttaşı, kıltaşı ve yer yer alçıtışı mercceklerinden oluşmaktadır. Çakıltaşlarında teknemsi çapraz tabakalanma, ince kırıntılılarda ise paralel laminalanma gözlenmektedir. Çalışma alanını oluşturan heyelan sahasında ise Handere Formasyonu yüzeyde ayrışmış silttaşı-kıltaşı, derine doğru ise, gri-bej renkli çamurtaşı, sittaşı, kumtaşı, çakıllı kumtaşı birimlerinden oluşmaktadır.

Çalışma sahasında yer yer gözlenen küçük debili kaynakların civarında yüzey tuzlanmaları görülmektedir. Bunun yanı sıra önceki çalışmalardan edinilen sondaj verilerine göre 10 metreye kadar yer yer kahverenkli büyük jips parçaları, 10-13 metre arasında sarımsı kahverenkli ayrışmış jips parçacıkları gözlenmektedir (Güzel, 2002).

Çalışma alanında gözlenen Handere Formasyonu içerisinde yer alan kıltaşı birimi alterasyona uğramış ve kendini tutamayan özelliğe sahiptir. 2001 yılı Aralık ayı ve 2002 yılı Ocak dönemindeki yoğun yağışlar ve yapılaşma sonrasında tamamlanamayan alt yapı nedeniyle sızan sular, zemini suya doygun hale getirmiştir. Ayrıca çalışma alanında doğrultu ve eğim yönleri ölçülerek yamaç eğimi ile tabakaların uyumluluk gösterdiği gözlenmiştir. Bu durumun heyelanı tetikleyici bir unsur olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.5).



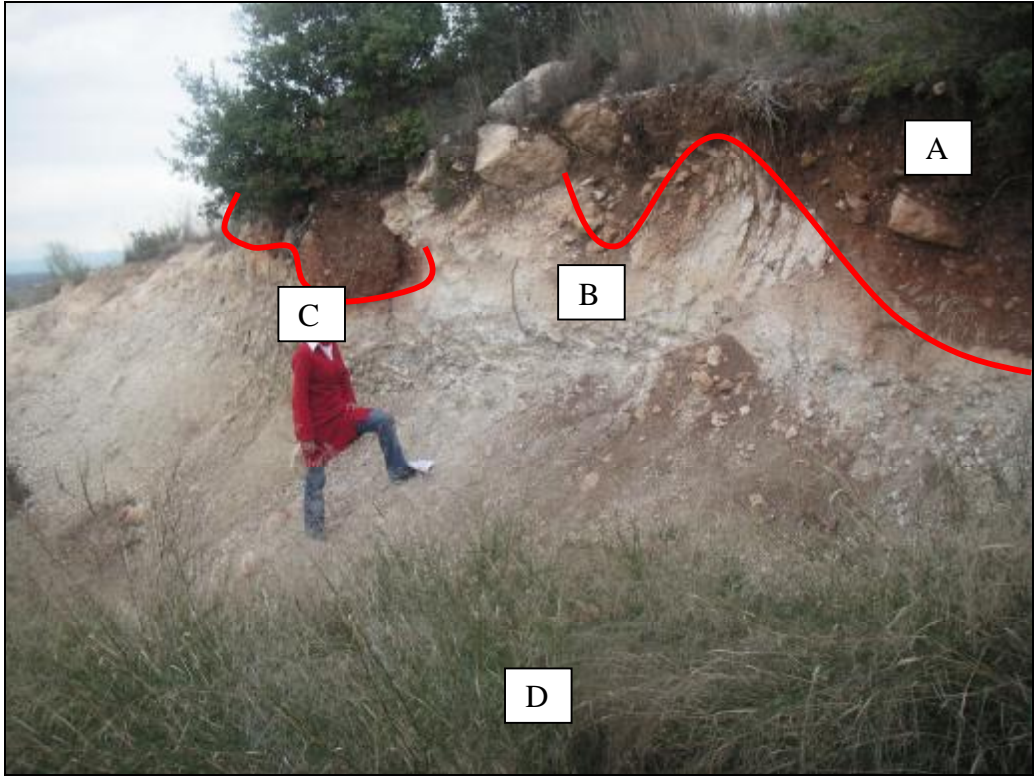
Şekil 4.5. Handere Formasyonu'nda gelişen kayma.

4.2.2. Kaliçi (Qk)

Kurak ve yağışlı iklimlerde oluşmuş kimyasal bir tortul birim olan Kuvaterner yaşlı Kaliçi birimi, yeraltı suyundaki çözünür tuzlar ve suda asılı (koloidal) maddelerin boşluk suyu basıncı (kapilarite) ile mekanik ve kimyasal yayılma yoluyla yüzeye doğru yükselip, buradan suyun buharlaşması sonucu çökmesi ile oluşmaktadır (Gile ve ark, 1966). Suda çözünür tuzlar ve asılı maddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri farklıdır. Bu farklılığın doğal sonucu olarak, kapilarite ile yükselme sırasında yer yer birbirlerinden ayrılırlar. Bu nedenle kaliçi, yüzeye doğru genellikle sert ve alt dokanağına doğru yüksek plastisiteli, parlak yüzeyli, dolgulu, çatlaklı ve kalker yumrulu killi seviyelerden oluşan yumuşak seviyeler içerir (Gile ve ark, 1966).

İnceleme alanında Handere Formasyonu üzerinde bulunan sert kaliçi biriminin kalınlığı 3 m olup, bu birimi bir kabuk gibi örtmektedir. Kaliçi yüzeyde

beyaz, gri ve sert alta doğru yumuşayan bir özellik göstermektedir (Şekil 4.6). Heyelan oluşumunda, kaliçi birimi etkin rol oynamamaktadır. Ancak en üst birimi oluşturan kaliçi birimi eklem ve çatlak düzlemleri boyunca 1-2m arasında değişen boyutlarda blok şeklinde koparak yer yer aşağı seviyelerde Handere Formasyonu üzerindeki kayan kütle üzerinde gözlenebilmektedir.



Şekil 4.6. Kaliçi (A:nebatî toprak, B: kaliçi, C: heyelan aynası, D: kayan blok)

4.2.3. Alüvyon (Qal)

İnceleme alanında Kuvaterner dönemine ait eski alüvyon Handere Formasyonu üzerini örtmüştür. Eski alüvyon genellikle bitkisel toprakla örtülü olup kil silt boyutundaki malzemeden oluşmaktadır. Ayrıca heyelan topuğu batısında düşük kotlarda geniş alüvyonal çökeller (Qal) bulunmaktadır.

4.3. Mühendislik Jeolojisi

4.3.1. Laboratuvar Çalışmaları

4.3.1.2. Zeminlerin Fiziksel Özellikleri

Çalışma sahasından alınan numuneler üzerinde öncelikle Özgül ağırlık deneyi yapılmış olup deney sonucunda özgül ağırlık 2.72 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1). Çalışma sahasından alınan örselenmemiş $6 \times 6 \times 2$ boyutundaki numunelerin boşluk oranları ve poroziteleri tayin edilmiştir. Daha sonra bu numunelerin doygun birim hacim ağırlık değerleri bulunmuştur. Bulunan değerler Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Özgül ağırlık deneyi hesabı.

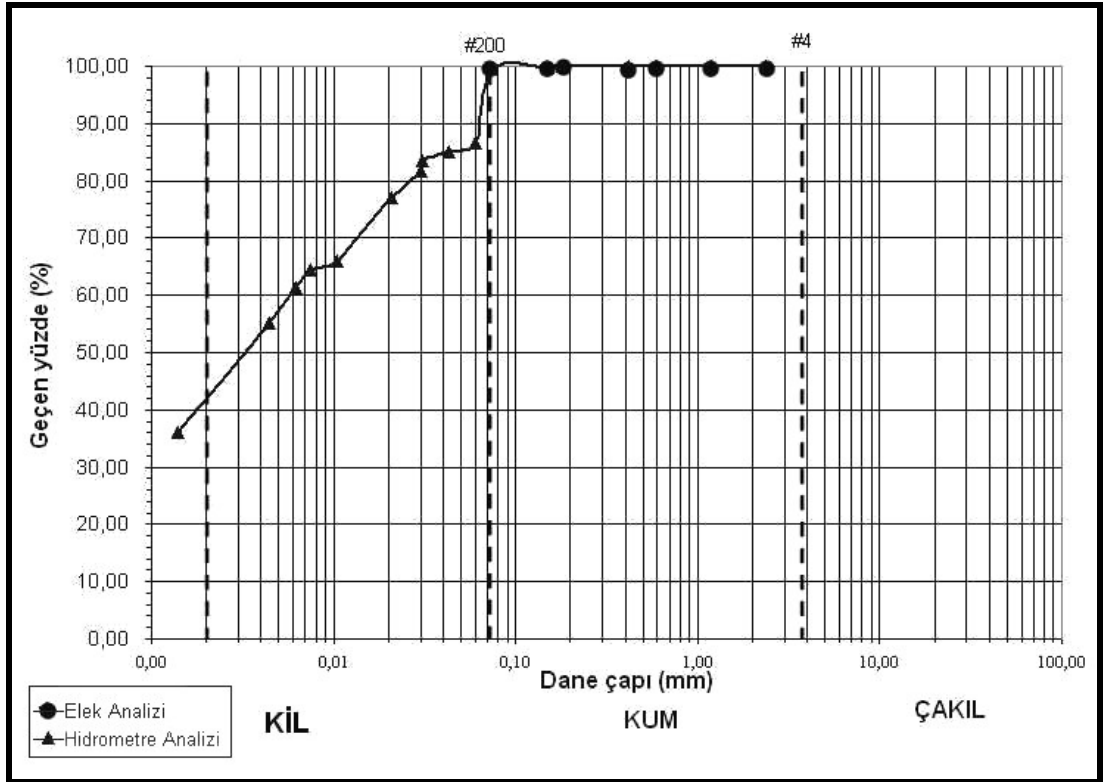
| Deney sayısı | 1 | 2 | 3 |
|------------------------------------|--------|--------|--------|
| Piknometre Ağırlığı (gr) | 55.19 | 49.27 | 55.19 |
| Piknometre+numune ağırlığı (gr) | 65.87 | 59.65 | 64.94 |
| Piknometre+numune+su ağırlığı (gr) | 161.34 | 155.72 | 160.59 |
| Piknometre+su ağırlığı (gr) | 154.56 | 149.17 | 154.41 |
| 1.,2. ve 3. özgül ağırlık | 2.73 | 2.71 | 2.73 |
| Ortalama özgül ağırlık | 2.72 | | |

Çizelge 4.2. Boşluk oranı, porozite ve doygun birim hacim ağırlığı hesabı.

| AYRIŞMIŞ HANDERE FM | |
|--|--------|
| Kare ring (numune) hacmi (cm³) | 72 |
| Kare ring + yaş numune (gr) | 176.58 |
| Kare ring ağırlığı (gr) | 45.54 |
| Yaş numune ağırlığı (gr) | 131.04 |
| Tabii birim hacim ağırlığı (gr/cm³) | 1.82 |
| Kap + yaş numune ağırlığı (gr) | 2765 |
| Kap + kuru numune ağırlığı (gr) | 2356 |
| Kap ağırlığı (gr) | 291 |
| Su ağırlığı (gr) | 409 |
| Kuru numune ağırlığı (gr) | 2065 |
| Doğal su içeriği (%) | 19.81 |
| Kuru birim hacim ağırlığı (gr/cm³) | 1.52 |
| Özgül ağırlık | 2.72 |
| Suyun birim hacim ağırlığı (gr/cm³) | 1.00 |
| Tane birim hacim ağırlığı (gr/cm³) | 2.72 |
| Doygunluk derecesi (%) | 68.21 |
| Boşluk oranı (e) | 0.791 |
| Porozite (n) | 0.44 |
| Doygun birim hacim ağırlığı (gr/cm³) | 1.96 |

4.3.1.2. Zeminlerin İndeks Özellikleri

Çalışma sahasında Handere Formasyonu'na ait ayrıışmış seviyelerden alınan numuneler üzerinde tane boyu analizi ve Atterberg (kıvam) limitleri deneyleri yapılmıştır. Tane boyu analizinde hidrometre ve elek analizi metodu uygulanmıştır. Örnek Numune için yapılan tane boyu analizi sonucunda elde edilen tane boyu eğrisi Şekil 4.7 ve tane dağılımları ise Çizelge 4.3'de gösterilmiştir. Tane boyu eğrisine göre inceleme alanındaki Handere Formasyonu'nun ayrıışmış yüzeyinin %0.5'i kumdan, % 56.5'i siltten ve %43.0'ı kilden oluşmaktadır.



Şekil 4.7. Ayrışmış Handere Formasyonu'na ait tane boyu eğrisi.

Çizelge 4.3. Tane Grupları Yüzdesi.

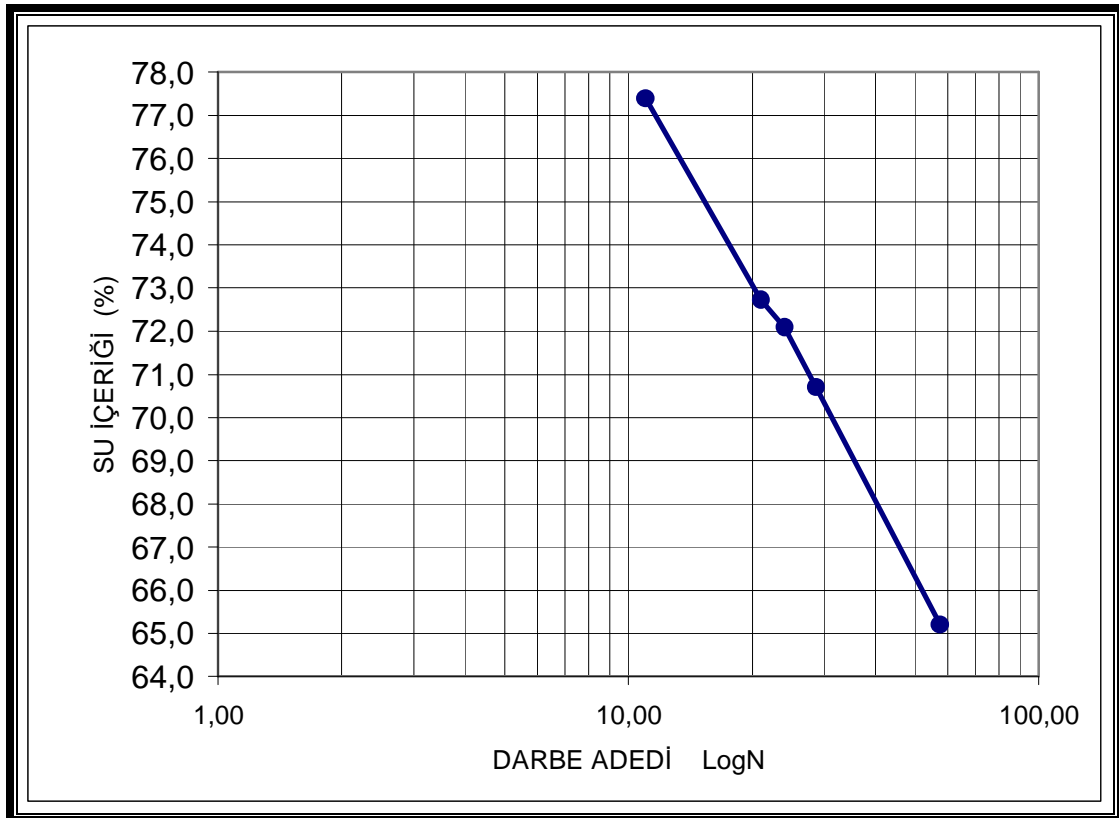
| AYRIŞMIŞ HANDERE FM | | |
|---------------------|------------|------|
| Tane boyu (mm) | Tane grubu | % |
| >76.2 | Blok | - |
| 4.76-76.2 | Çakıl | - |
| 0.074-4.76 | Kum | 0.5 |
| 0.002-0.074 | Silt | 56.5 |
| <0.002 | Kil | 43.0 |

Ayrıca çalışma sahasında Handere Formasyonu'nun ayrışmış yüzeylerinden alınan numuneler üzerinde yapılan Atterberg (kıvam) limitleri deney sonucuna göre likit limit (LL) %72,00, plastik limit (PL) %31,8, rötre limit (RL) %10,18 ve plastisite indisi (PI) %40,2 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4, Şekil 4.8, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6).

Çizelge 4.4. Likit limit deneyi hesabı.

| | | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Deney adedi | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Darbe adedi | 57.41 | 29 | 24 | 21 | 11 |
| Kap no | K30 | K41 | K32 | K40 | K45 |
| Yaş numune+kap ağırlığı (gr) | 31.58 | 39.25 | 34.33 | 34.79 | 37.80 |
| Kuru numune+ kap ağırlığı (gr) | 28.92 | 35.46 | 30.74 | 31.91 | 31.74 |
| Kap ağırlığı (gr) | 24.84 | 30.10 | 25.76 | 27.95 | 23.91 |
| Su ağırlığı (gr) | 2.66 | 3.79 | 3.59 | 2.88 | 6.06 |
| Kuru numune ağırlığı (gr) | 4.08 | 5.36 | 4.98 | 3.96 | 7.83 |
| Su içeriği (%) | 65.2 | 70.7 | 72.1 | 72.7 | 77.4 |

AKIŞ EĞRİSİNDEN LİKİT LİMİT (LL)=%72.0



Şekil 4.8. Akış eğrisi (Darbe adedi-Su içeriği) eğrisi.

Çizelge 4.5. Plastik limit deneyi hesabı.

| Deney adedi | 1 | 2 |
|---------------------------------------|----------|----------|
| Kap no | K26 | K121 |
| Yaş numune+ kap ağırlığı (gr) | 33.94 | 35.19 |
| Kuru numune+ kap ağırlığı (gr) | 33.23 | 33.82 |
| Kap ağırlığı (gr) | 31.00 | 29.50 |
| Su ağırlığı (gr) | 0.71 | 1.37 |
| Kuru numune ağırlığı (gr) | 2.23 | 4.32 |
| Su içeriği (%) | 31.8 | 31.7 |
| Plastik limit (%) | 31.8 | |

LİKİT LİMİT (LL)=%72.0

PLASTİK LİMİT (PL)=%31.8

PLASTİSİTE İNDİSİ (PI)=%40.2

Çizelge 4.6. Rötire limit deneyi hesabı.

| Deney adedi | 1 | 2 |
|--|----------|----------|
| Kap no | K27 | K27 |
| Kap ağırlığı (gr) | 80,00 | 80,00 |
| Kap+yaş numune ağırlığı (gr) | 115,38 | 115,42 |
| Kap+kuru numune ağırlığı (gr) | 105,28 | 105,16 |
| Taşan civa ağırlığı (gr) | 166,31 | 160,01 |
| Kap+civa ağırlığı (gr) | 346,12 | 346,12 |
| Yaş numune hacmi v_y (cm³) | 19,67 | 19,67 |
| Kuru numune hacmi v_k (cm³) | 12,29 | 11,83 |
| Su içeriği (%) | 0,39 | 0,40 |
| Rötire limit (%) | 10,77 | 9,60 |
| Ortalama rötire limit (%) | 10,18 | |

Çalışma sahasından alınan numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda, elde edilen doğal su muhtevası (içeriği) ve Atterberg (kıvam) limitleri ince taneli zeminler için kıvamlılık indisi (IC) ile likitlik indisi (LI) değerleri bulunmuş ve bu

değerlere göre sınıflama yapılmıştır (Çizelge 4.7, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9). Bulunan değerlere göre Handere Formasyonunun ayrışmış seviyesi kıvamlılık indisine (IC) göre Yarı Sert (Çok Sert) sınıfına; likitli indisine (LI) göre ise Yarı Katı veya Katı sınıfına girmektedir.

Çizelge 4.7. İnce taneli zeminlerin kıvamlılık indisine göre sınıflandırılması (Ulusay, 2001).

| KIVAMLILIK İNDİSİ (IC) | SINIFLAMA |
|-------------------------------|----------------------|
| <0 | Akışkan (Çamur) |
| 0-0.25 | Çok yumuşak |
| 0.25-0.50 | Yumuşak |
| 0.50-0.75 | Yarı Sert (Sıkı) |
| 0.75-1.00 | Sert |
| >1.00 | Yarı Sert (Çok Sert) |

Çizelge 4.8. İnce taneli zeminlerin likitlik indisine göre sınıflandırılması (Ulusay, 2001).

| LİKİTLİK İNDİSİ (LI) | SINIFLAMA |
|-----------------------------|---------------------|
| <0 | Yarı Katı veya Katı |
| 0-1.00 | Plastik |
| >1.00 | Likit |

Çizelge 4.9. Ayırışmış Handere Formasyonu'na ait zeminlerin kıvamlılık indisi ve likitlik indisi değerlerinin hesaplanması ve sınıflandırılması.

| AYRIŞMIŞ HANDERE FM | |
|--|----------------------|
| Likit limit (%) | 72.0 |
| Doğal su içeriği (W _n) (%) | 19.81 |
| Plastik limit (%) | 31.8 |
| Plastisite indisi (%) | 40.2 |
| Kıvamlılık indisi (IC) | 1.298 |
| Kıvamlılık indisine göre sınıflama | Yarı Sert (Çok Sert) |
| Likitlik indisi (LI) | -0.298 |
| Likitlik indisine göre sınıflama | Yarı Katı veya Katı |

Tane boyu analizi sonucunda elde edilen kil yüzdesi ile Atterberg (kıvam) limitleri sonucunda elde edilen plastisite indisi (PI) değerleri kullanılarak çalışma alanındaki kil seviyelerinin aktivite değeri bulunmuş ve killer aktivite değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Bölgedeki killerin aktivite değeri 0.934 olup, yapılan sınıflandırmaya göre normal killer sınıfına girmektedir (Çizelge 4.10, Çizelge 4.11).

Çizelge 4.10. Killerin aktivite değerlerine göre sınıflandırılması (Ulusay, 2001).

| AKTİVİTE (A) | SINIFLAMA |
|---------------------|----------------------|
| <0.75 | Aktif olmayan killer |
| 0.75-1.25 | Normal killer |
| >1.25 | Aktif killer |

Çizelge 4.11. Killerin Aktivite Değerlerinin Hesaplanması.

| AYRIŞMIŞ HANDERE FM | |
|--|---------------|
| Plastisite indisi (%) | 40.2 |
| Kil yüzdesi (%) (tane boyu < 0.002 mm) | 43.0 |
| Aktivite (a) | 0.934 |
| Sınıflama | Normal killer |

Tane boyu analizi ve Atterberg (kıvam) limitleri deney sonucunda elde edilen sayısal verilere göre Heyelanların içerisinde meydana geldiği Handere Formasyonu'nun ayrılmış seviyesi EK 3A, EK 3B'de gösterilen USCS birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre sınıflandırılmış olup (CH) zemin grubuna girmektedir. Bu tür zeminler, yüksek plastisiteli inorganik killer ve yağlı killer grubuna girmektedir.

4.3.1.3. Zeminlerin Mekanik Özellikleri

Zeminlerin kayma direnci üç ana bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler; zemin tanelerinin birbirlerine kilitlenmesi, tanelerin rölatif harekete zorlanması halindeki sürtünme ve kohezyon olarak sıralanabilir. Zeminlerin kohezyonlu ya da kohezyonsuz olması, yapılan kesme kutusu deneyinin drenaj ve konsolidasyon koşulları kayma direncini etkileyen faktörler arasında sıralanabilir.

Bu çalışmada, heyelanların içinde olduğu Handere formasyonu'na ait ayrılmış kilaşı biriminin kırılma zarfını elde etmek ve kaymanın mekanizmasını bulmak için kesme kutusu deneyi konsolidasyonlu-drenajsız olarak yapılmıştır. Bölgedeki heyelanlar kayma düzlemleri boyunca ani yenilmeler şeklinde gerçekleştiğinden konsolidasyonlu-drenajsız kesme kutusu deneyinin arazi şartlarını temsil edeceği düşünülmüştür.

Çalışma konusunu oluşturan heyelanların çoğu daha önce oluşmuş heyelanların tekrar harekete geçmesi ile meydana gelmiştir. Bu nedenle arazide gerçekleşmiş heyelanları temsil edebilmek amacıyla, örselenmemiş numunede laboratuvar ortamında yapay olarak bir kesme düzlemi oluşturulmuş ve kesme kutusu deneyi bu şekilde hazırlanan örselenmemiş numune üzerinde farklı normal yüklerde yapılmıştır. Böylece zeminin rezidüel (kalıntı) kohezyon (c) değeri ve içsel sürtünme açısı (f) bulunmuştur.

Kesme kutusu deneyinde numuneye uygulanan yüklerden 300 gr ($s_n=0.083$ kg/cm²), 500 gr (0.138 kg/cm²), 800 gr ($s_n=0.222$ kg/cm²), 1 kg ($s_n=0.277$ kg/cm²), 1.5kg ($s_n=0.416$ kg/cm²), 2 kg ($s_n=0.555$ kg/cm²), 3 kg ($s_n=0.833$ kg/cm²), 4kg ($s_n=1.111$ kg/cm²) ve 5 kg ($s_n=1.388$ kg/cm²)' lık normal gerilmeler altında kesme

(kayma) gerilmeleri, düşey ve yatay deformasyon değerleri elde edilmiştir. Bunu takiben, elde edilen kesme (kayma) gerilmesi, yatay deformasyon eğrilerinden rezidüel (kalıntı) kesme gerilmesi (her bir normal gerime için ayrı ayrı) belirlenmiştir (Şekil 4.9 ve EK4). Farklı normal gerilmeler altında yapılan kesme kutusu deneyinde elde edilen düşey deformasyon ile yatay deformasyon durumunu gösteren eğriler Şekli 4.10'da görülmektedir.

Kesme kutusu deneyi sonucunda, normal gerilme değerleri ve her bir normal gerilme değerine karşılık gelen rezidüel (kalıntı) kesme (kayma) gerilme değerleri kullanılarak kırılma zarfı çizilmiştir (Şekil 4.11). Kohezyon (c) değeri 0.08 kg/cm^2 ve içsel sürtünme açısı (f) $29,8^\circ$ olarak bulunmuştur.

Ayrıca, heyelanın harekete geçmeden kısa bir süre öncesinde aşırı yağışlar sonucunda zeminin suya doymun hale gelmesi nedeni ile kayma düzlemi üzerinde etken olan gerilme ortamı belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için önce heyelandan alınan detay enine kesitte (Şekil 4.4) heyelan kütesinin kayma düzlemi üzerindeki kalınlığının maksimum olduğu yerde ayrılmış kıltaşı biriminin kalınlığı tespit edilmiştir. Daha sonra kıltaşı birimine ait kalınlık değeri o birime ait doymun birimi hacim ağırlığı ile çarpılarak zeminin suya doymun durumdaki düşey gerilme değeri elde edilmiş ve buna bağlı olarak da yatay gerilme değeri hesaplanmıştır. Düşey ve yatay gerilmelerin hesabı aşağıdaki formüller yardımıyla yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 4.12'de gösterilmektedir.

$$s_v = g_d \times h \quad (4.1)$$

$$K_0 = 0,44 + 0,42 \times \left(\frac{PI}{100} \right) \quad (\text{Massarsch, 1979}) \quad (4.2)$$

$$s_h = K_0 \times s_v \quad (4.3)$$

K_0 = Sukunetteki toprak basıncı katsayısı

s_v = Düşey gerilme (kg/cm^2)

g_d = Doymun birim hacim ağırlığı (gr/cm^3)

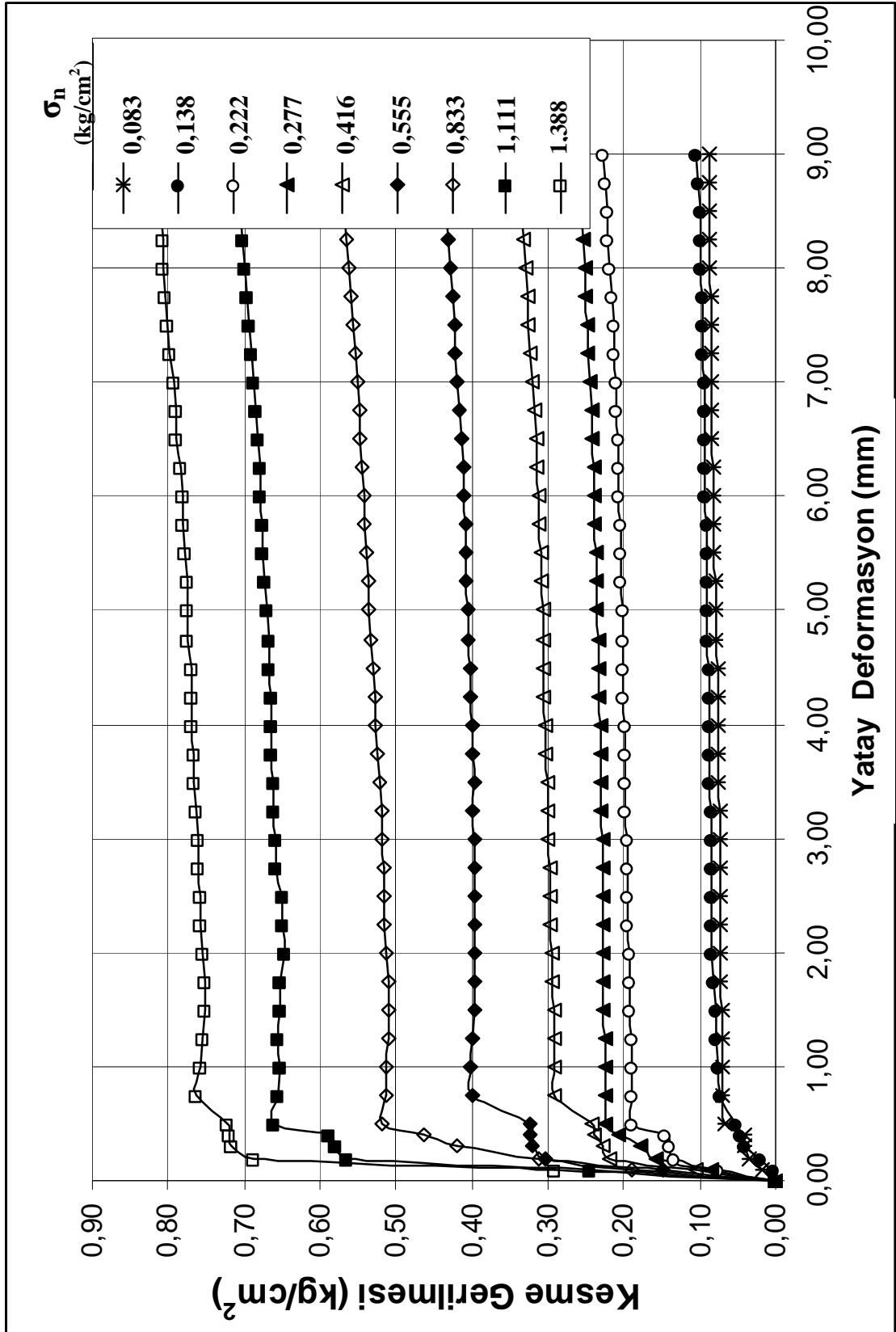
h = Litolojik birime ait kalınlık (cm)

s_h = Yanal gerilme (kg/cm^2)

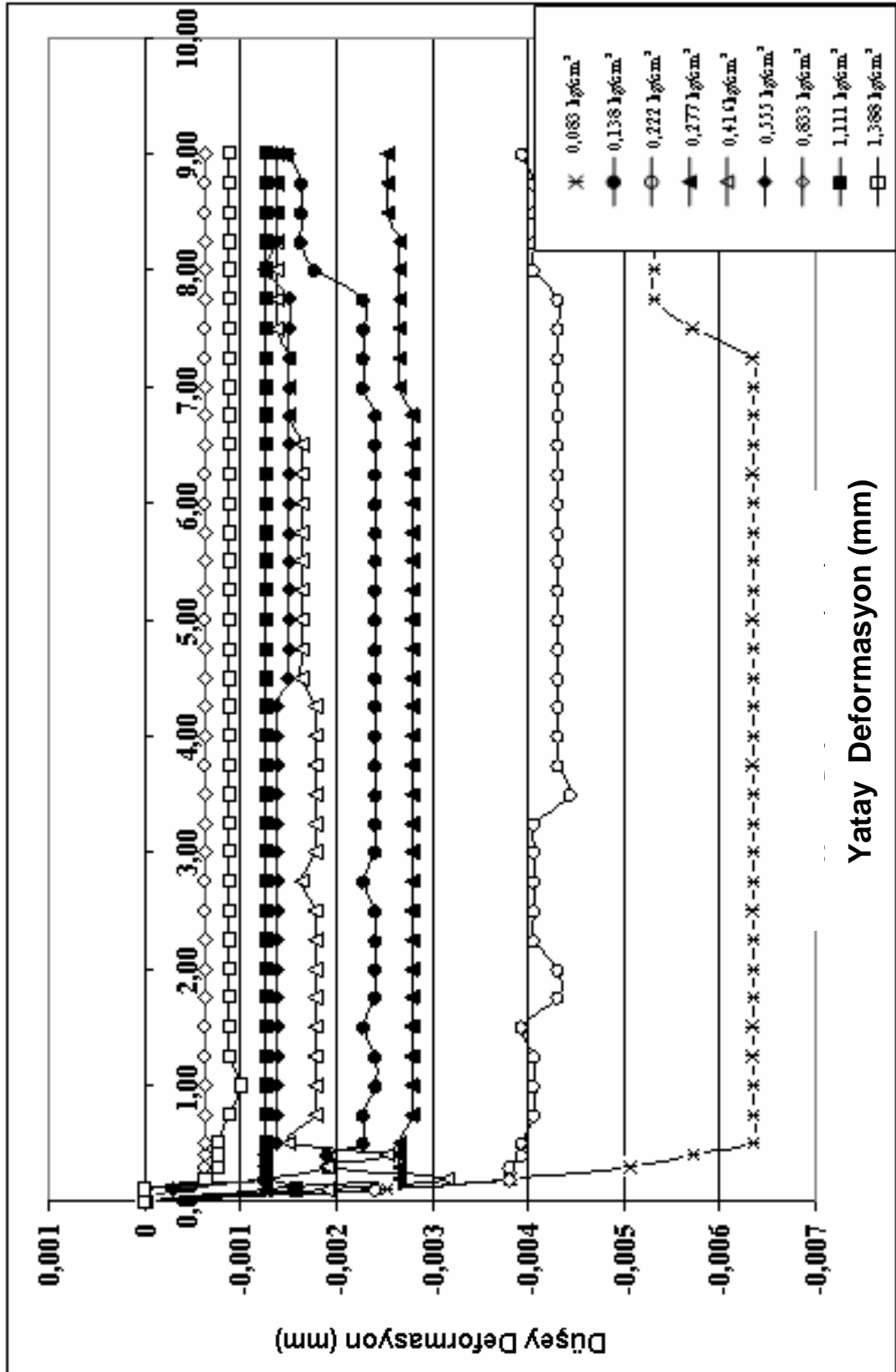
PI= Plastisite İndisi (%)

Çizelge 4.12. Düşey gerilme ve yanal gerilme hesabı.

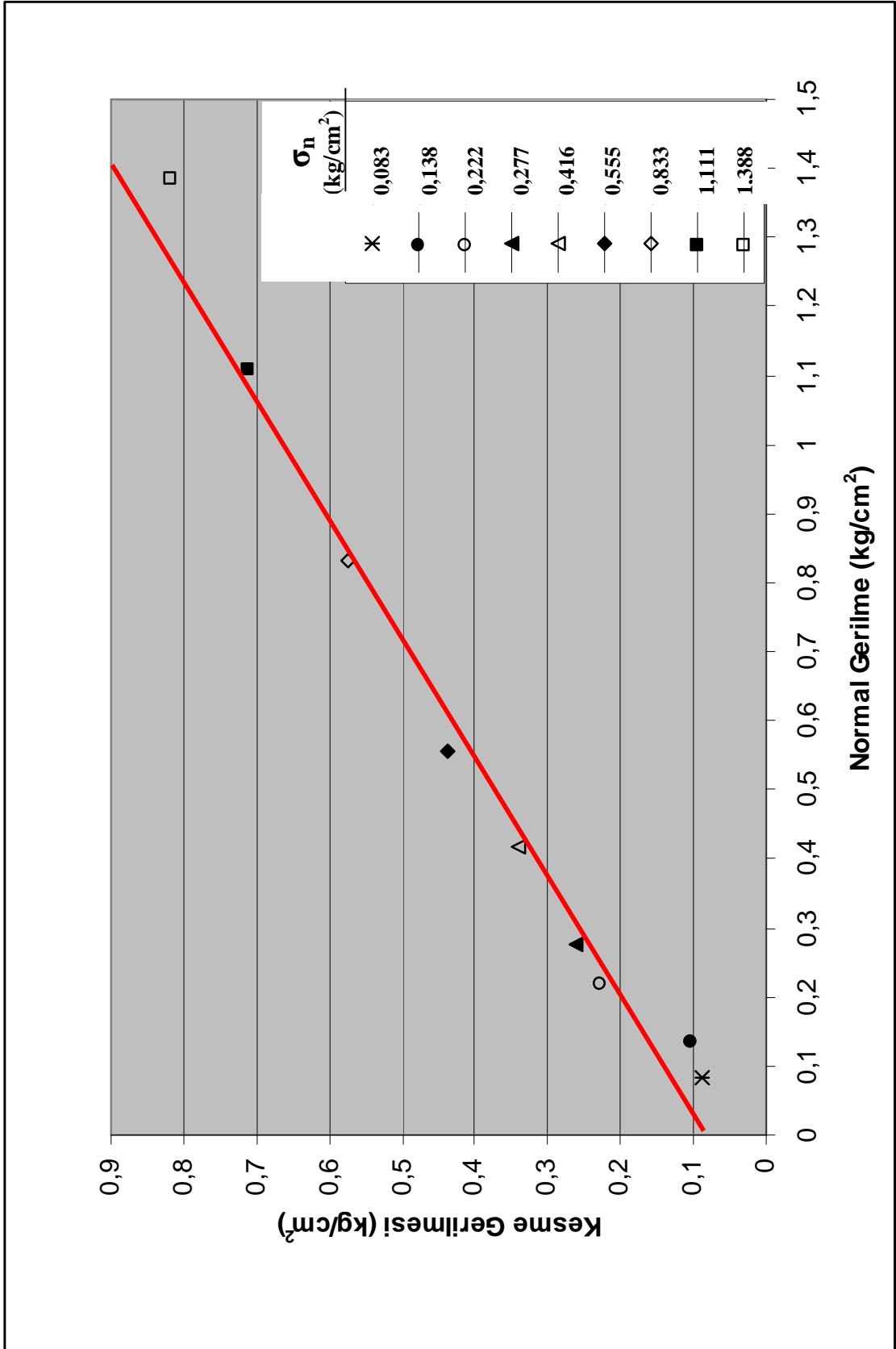
| | AYRIŞMIŞ HANDERE FM |
|--|----------------------------|
| Birime ait kalınlık, h (cm) | 1050 |
| Doygun birim hacim ağırlığı, g_d (gr/cm ³) | 1,96 |
| Düşey gerilme, s_v (kg/cm ²) | 2,058 |
| Plastisite indisi, PI (%) | 40,2 |
| Sukunetteki toprak basıncı katsayısı, K_0 | 0,608 |
| Yanal gerilme, s_h (kg/cm ²) | 1,251 |



Şekil 4.9. Farklı normal gerilmeler altında elde edilen kesme (kayma) gerilmesi-yatay deformasyon eğrileri.



Şekil 4.10. Yatay deformasyona karşılık gelen düşey deformasyon eğrileri

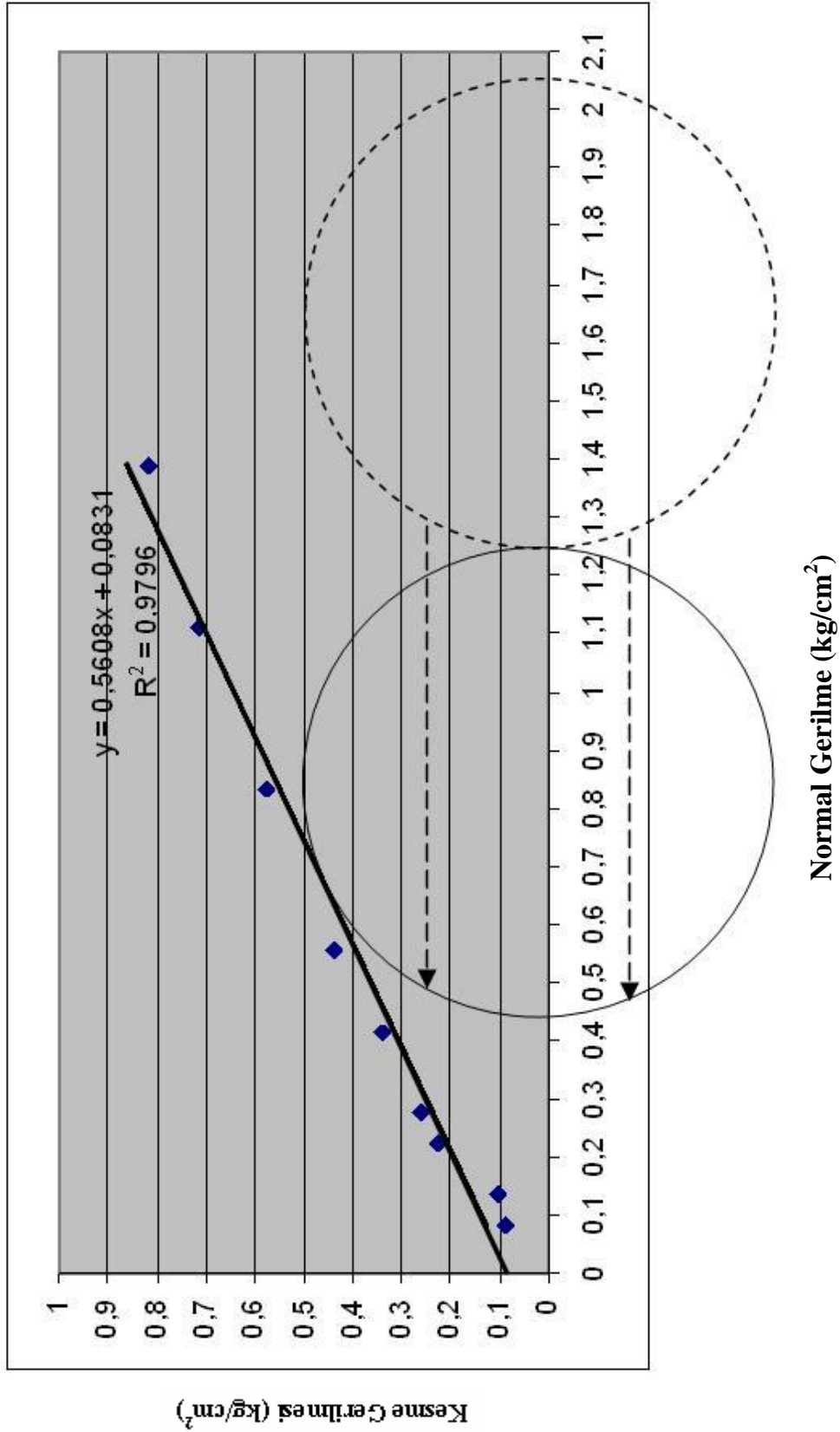


Şekil 4.11. Kesme kutusu deneyi sonucu elde edilen Kırılma Zarfı grafiği

4.4. Heyelanın Oluşum Mekanizması

Heyelanın oluşum mekanizmasını incelemek için önce heyelan sahası içerisinde meydana gelen kayma için önceki bölümde hesaplanan düşey (S_v) ve yanal gerilme (S_h) değerleri yardımıyla Mohr dairesi (kesikli daire) çizilmiş ve kesme kutusu deneyi sonucunda elde edilen kırılma zarfı üzerine işlenmiştir (Şekil 4.12). Görüldüğü gibi çizilen Mohr dairesi kırılma zarfına değmemektedir. Kayma sırasında kaymanın oluşması için Mohr dairesinin kırılma zarfına değmiş olması zorunludur. Bu da ancak kaymadan önce bölgede oluşan aşırı yağışlar etkisiyle boşluk suyu basıncının artması ve dairenin sola doğru boyutunu değiştirmeden hareket edip kırılma zarfına değmesi ile mümkündür (Şekil 4.12). Mohr dairesi kırılma zarfına yaklaştıkça heyelanın kayma riski artmakta, uzaklaştıkça azalmaktadır. Kaymanın aynı düzlemde daha önceki kaymalardan dolayı oluşan kalıntı (rezidüel) stresler etkisinde oluşması kaymayı kolaylaştıran diğer etkindir.

Bu çalışma kapsamında yapılan arazi çalışmaları sonucunda ve önceki çalışmalardan elde edilen veriler bölgede daha önce heyelanların oluştuğunu göstermektedir. Bu kaymanın hem kalıntı (rezidüel) stresler altında gerçekleştiğini hem de heyelandan önce bölgenin aşırı yağış alması nedeniyle boşluk suyu basıncının artması ve efektif gerilmenin azalması neticesinde heyelanların gerçekleştiğini desteklemektedir.



Şekil 4.12. Heyelanın oluşum mekanizmasını gösteren Kırılma Zarfı-Mohr Daireleri ilişkisi.

Kayma için kesikli çizgi ile gösterilen Mohr dairesinin kırılma zarfına değmeden önceki düşey gerilme (s_v) ve yanal gerilme (s_h) değerleri ile Mohr dairesinin kırılma zarfına değdiği andaki, kayma anındaki etken olan düşey gerilme ve yanal gerilme değerleri aşağıdaki gibidir. Burada Düşey gerilme (s_v)'nin s_1 konumunda, yatay gerilme (s_h)'in ise s_3 konumunda olduğunu, ayrıca kayma esnasında oluşan rotasyon nedeni ile artık s_v ve s_h 'in düşey ve yatay konumlarını kaybettikleri için yerlerini tamamen s_1 ve s_3 'e bıraktıklarını belirtmek gerekir.

Kaymadan önce: $s_v = 2,058 \text{ kg/cm}^2$

$s_h = 1,251 \text{ kg/cm}^2$

Kayma esnasında: $s_1 = 1,248 \text{ kg/cm}^2$

$s_3 = 0,438 \text{ kg/cm}^2$

Kayma anındaki boşluk suyu basıncı şu şekilde hesaplanmıştır:

$$s_1 = s_v - s_u \quad (4.4)$$

$s_1 =$ Kayma anındaki maksimum asal gerilme (kg/cm^2)

$s_v =$ Kayma olmadan önceki maksimum asal gerilme konumundaki düşey gerilme değeri (kg/cm^2)

$s_u =$ Boşluk suyu basıncı (kg/cm^2)

Buradan boşluk suyu basıncı;

$$s_u = s_v - s_1 \quad (4.5)$$

olarak hesaplanır.

Kayma anındaki boşluk suyu basıncı;

$$s_u = 2,058 - 1,248 \text{ kg/cm}^2$$

$$s_u = 0,81 \text{ kg/cm}^2$$

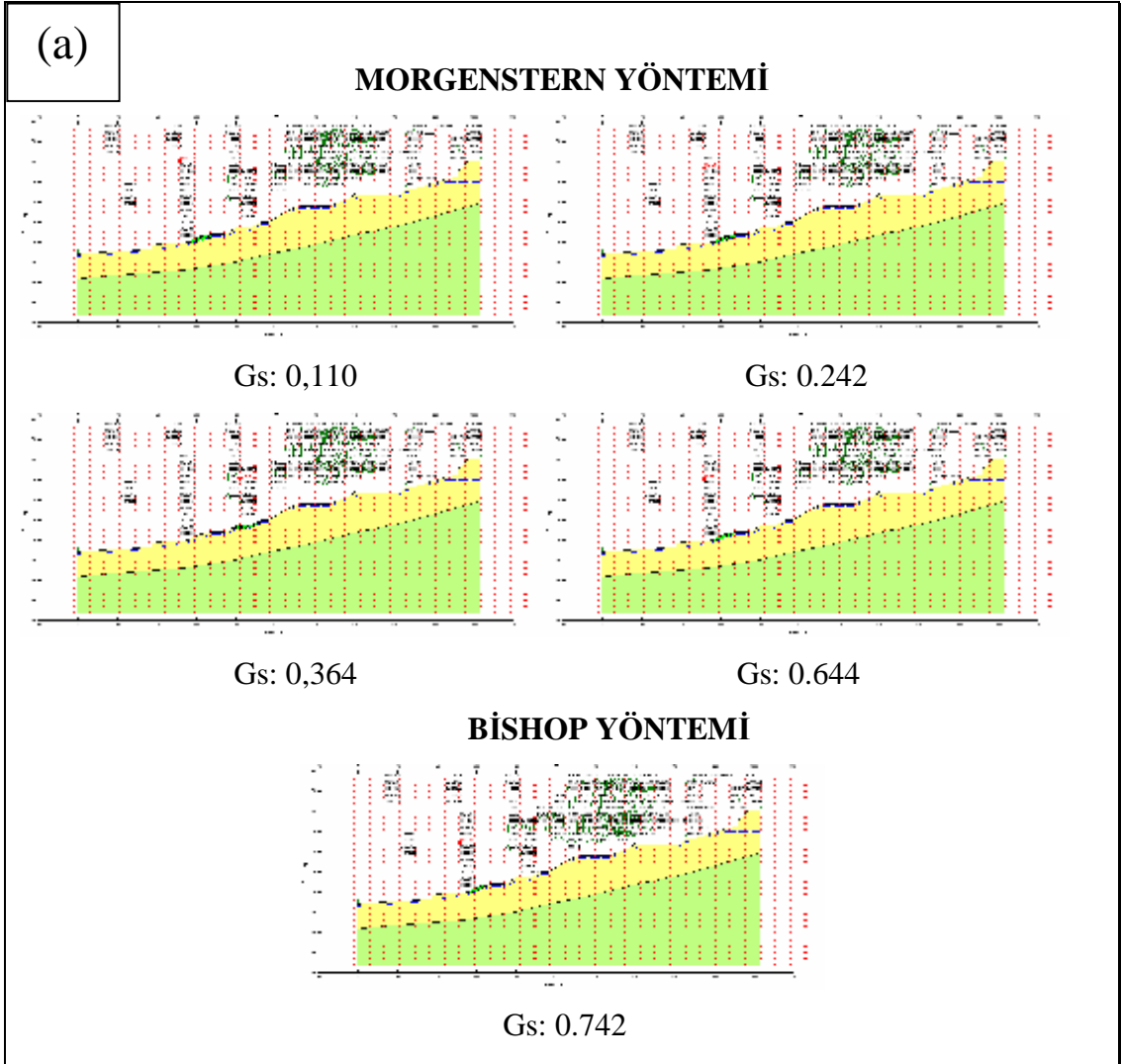
olarak bulunmuştur.

4.5. Heyelanların Geoslope Programında Analizi

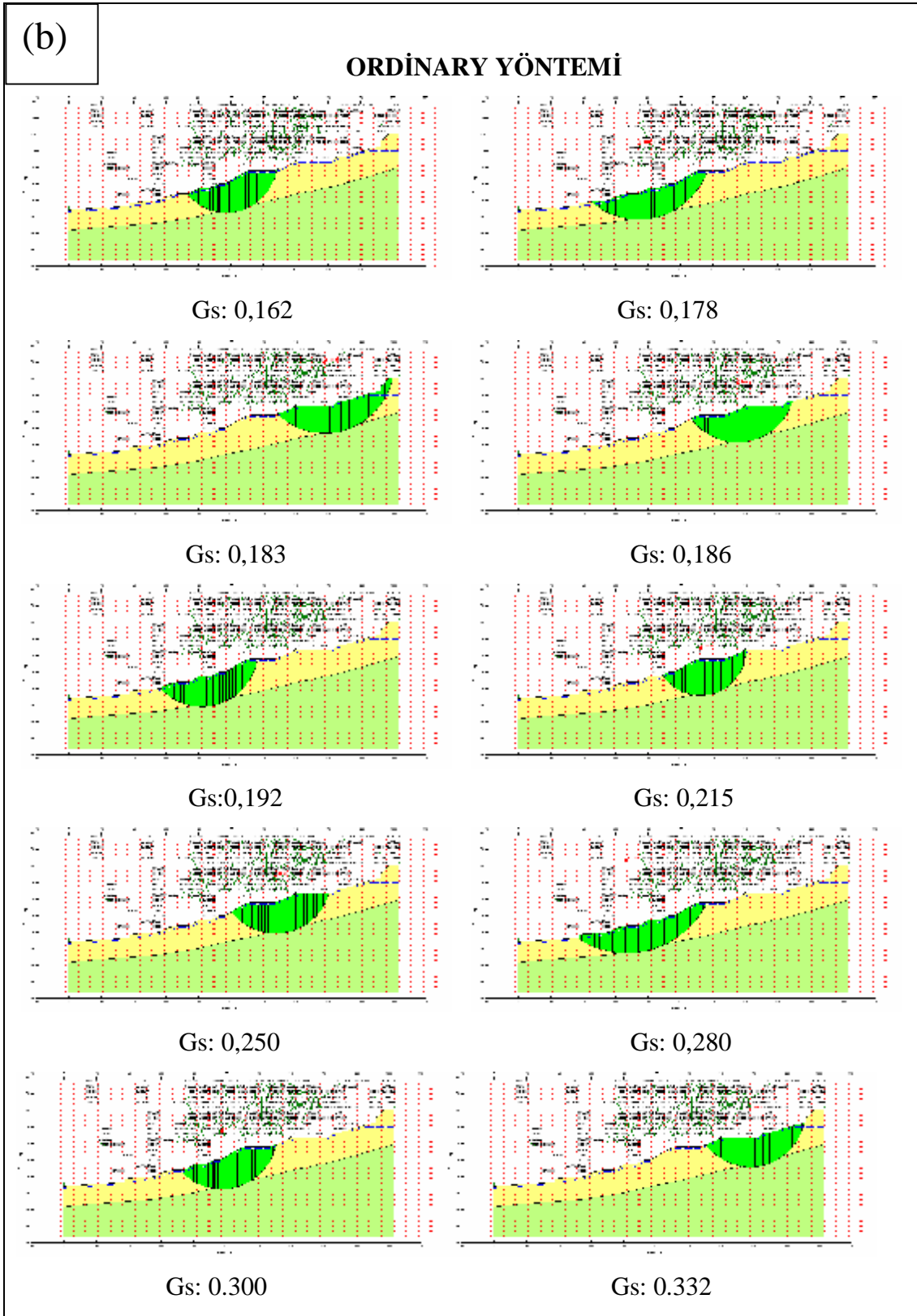
Çalışma alanında yamacın üst kodları yüzeyden derine doğru, sert kalıçı, yumuşak kalıçı ve Handere Formasyonu'na ait ayrıışmış silttaşı-kiltaşı birimleri bulunmaktadır. Yamaç, yüzeyde ayrıışmış silttaşı-kiltaşı, derine doğru ise, çamurtaşı,

sittaşı, kumtaşı, çakıllı kumtaşı birimleriyle temsil edilen Handere Formasyonu'ndan oluşmaktadır. Arazide yapılan gözlemsel çalışmalar sırasında birimlerin doğrultu ve eğim değerleri ölçülmüş olup doğrultu N44W eğim ise 17° SW civarındadır. İnceleme alanında önceki çalışmalardan (Güzel, 2002) edinilen sondaj verileri baz alınarak kaymanın içerisinde gerçekleştiği ayrılmış kiltası biriminin maksimum kalınlığı 10,5 m olarak belirlenmiştir. Heyelandan jakop çubuğu ve çelik şeritmetre ile çıkarılan detay enine kesit yardımı ile kalıcı biriminin (yumuşak+ sert) kalınlığı ise 9 m olarak ölçülmüştür. Laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen doygun birim hacim ağırlığı, rezidüel (kalıntı) kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (f) değerleri Geoslope paket programında data olarak kullanılmıştır. Bu programda Ordinary, Jambu, Morgenstern ve Bishop yöntemlerine göre kayma tipi analizleri yapılmıştır. Çalışma neticesinde Geoslope programından elde edilen sonuçlar güvenlik katsayısı (G_s) 1.00'den küçük olan verilerin kayma riski taşıyan alanları temsil ettiğini ve heyelanların dairesel kaymalar şeklinde gerçekleşmesini destekler niteliktedir. Her ne kadar farklı yöntemlerle analiz edilen güvenlik katsayıları (G_s) farklılıklar sunsa da, hepsi 1.00'den küçük olan duraysız alanları göstermektedir.

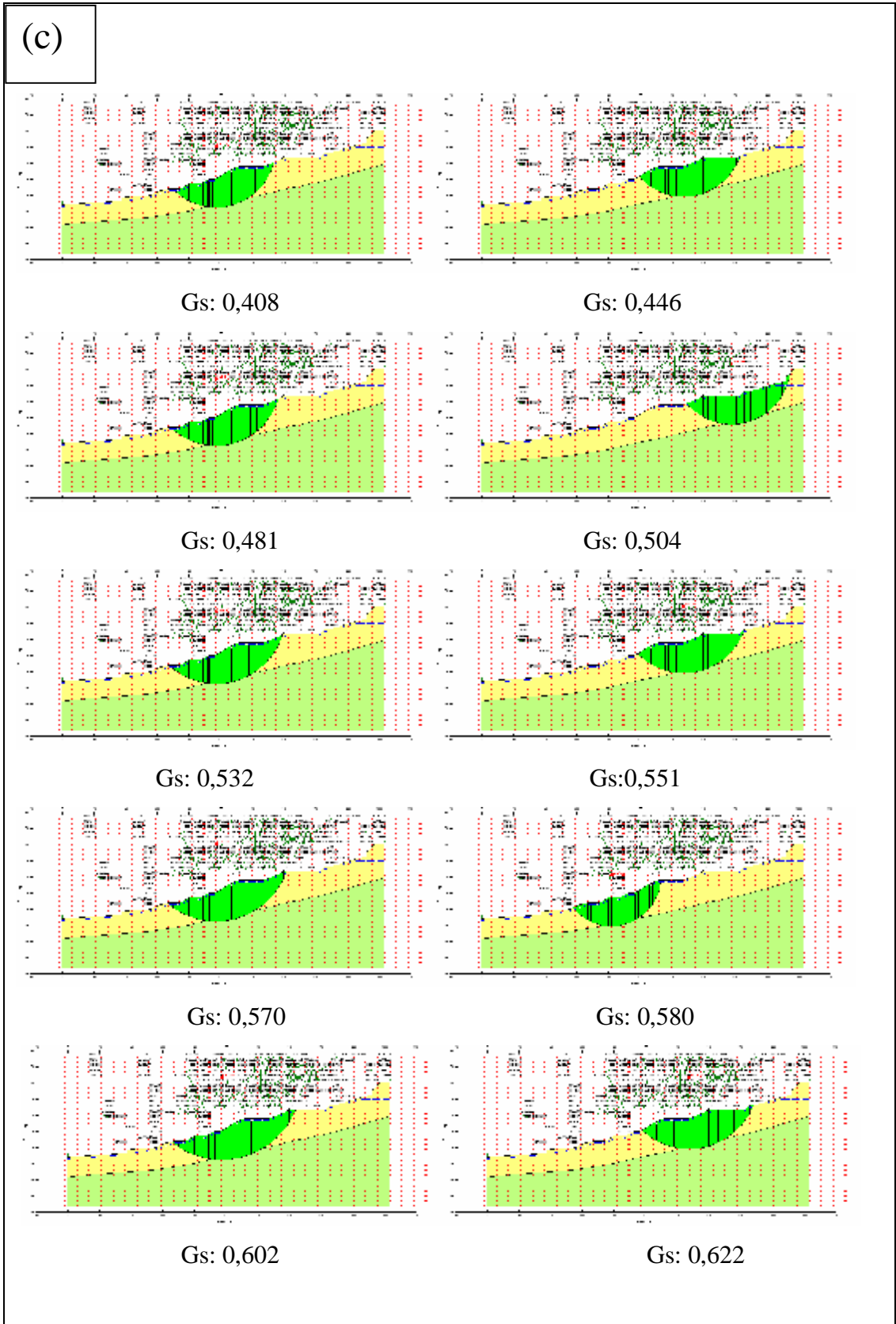
Sonuçlar Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'de verilmiştir. Güvenlik katsayısı 1.00 den büyük olarak elde edilen bölgeleri gösteren analiz sonuçları ise EK 5'de verilmiştir.



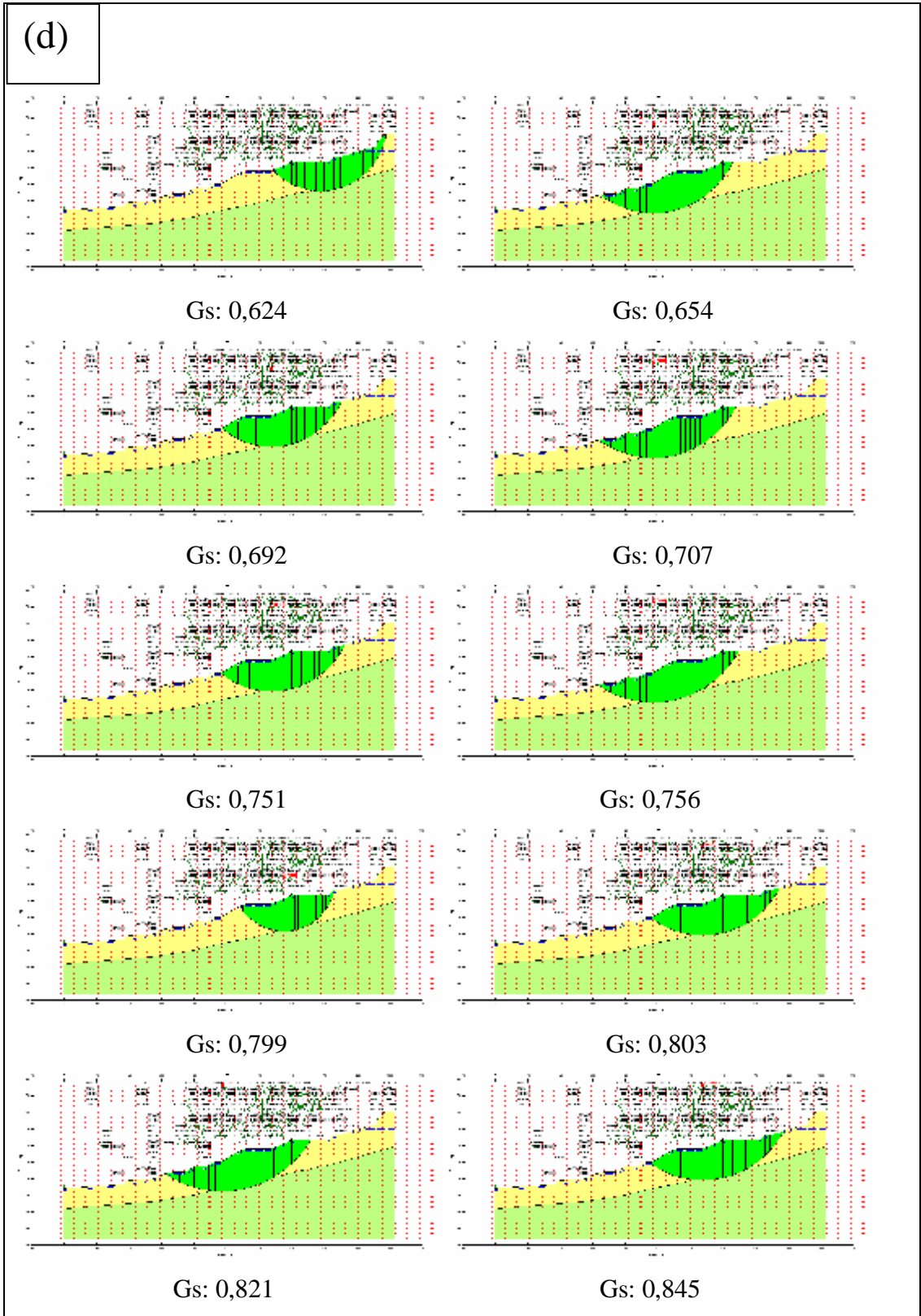
Şekil 4.13. Morgenstern ve Bishop yöntemlerine göre güvenlik katsayıları (Gs) 1.00'den küçük olarak elde edilen bölgeler.



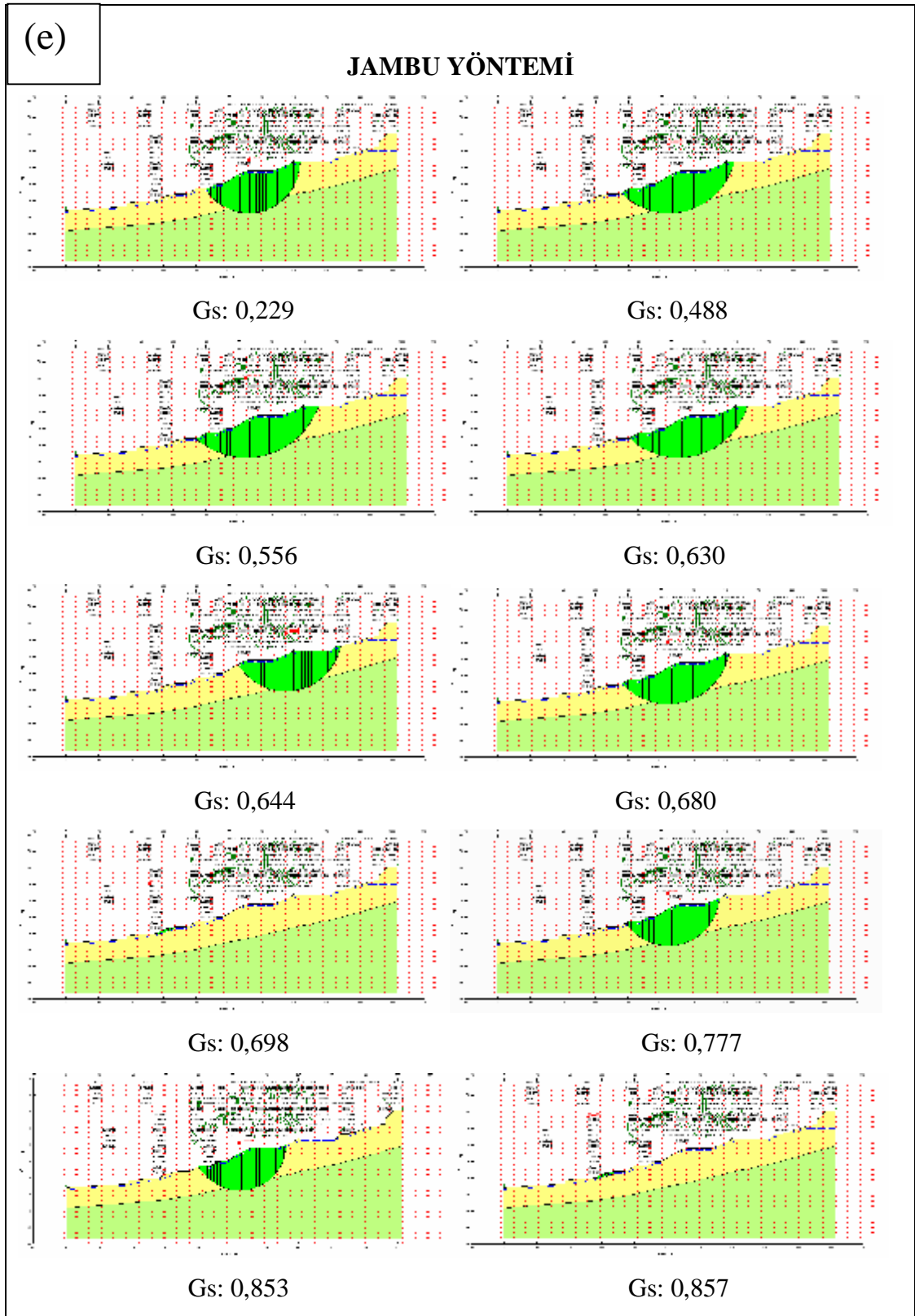
Şekil 4.14. Ordinary yöntemine göre güvenlik katsayıları (Gs) 1.00'den küçük olarak elde edilen bölgeler.



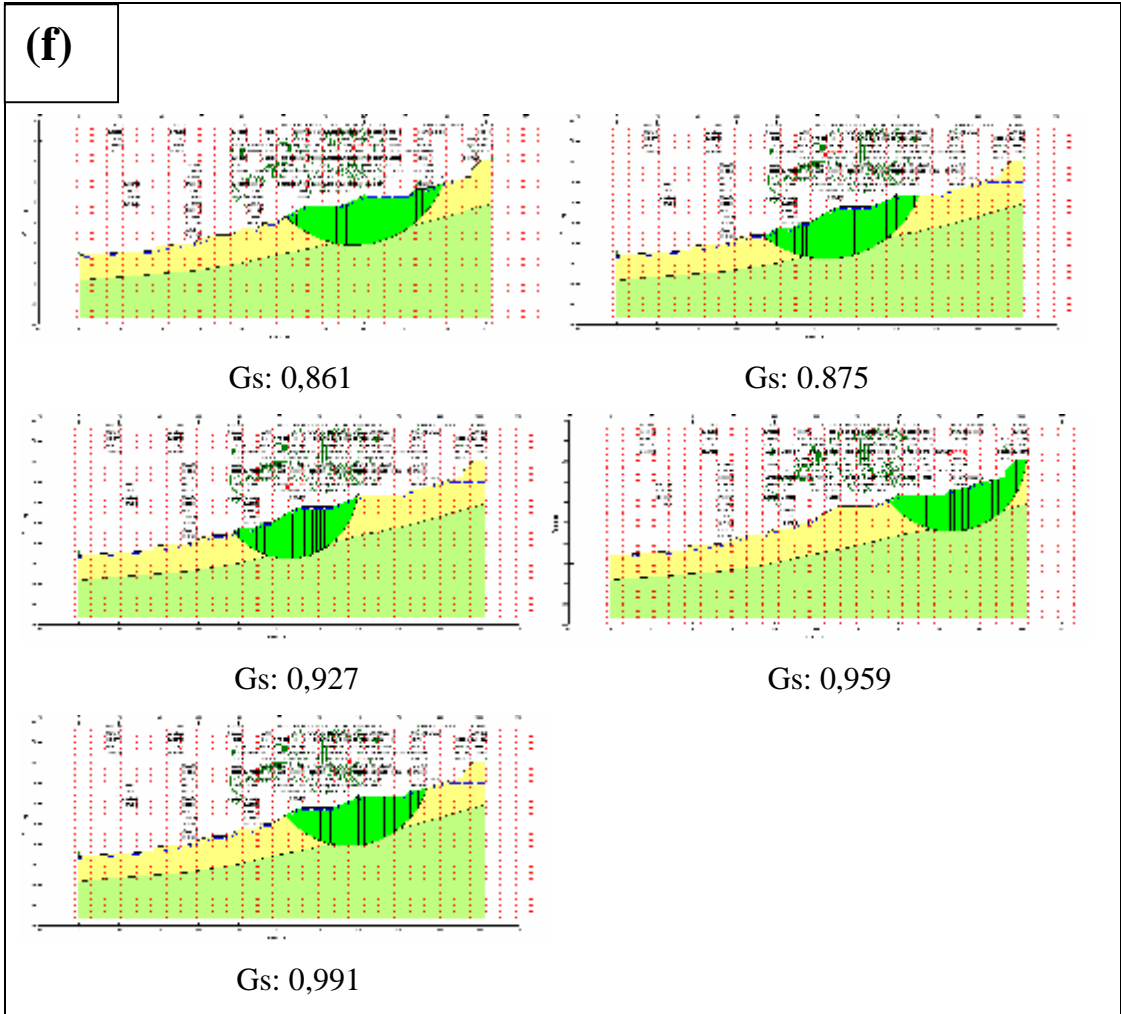
Şekil 4.14. (Devam)



Şekil 4.14. (Devam).



Şekil 4.15. Jambu yöntemine göre güvenlik katsayıları (Gs) 1.00'den küçük olarak elde edilen bölgeler.



Şekil 4.15. (Devam).

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar kısaca şunlardır:

1. Çalışma alanı genel olarak ileri derecede ayrışma gösteren yüksek plastisiteli inorganik yağlı kil özelliğinde (CH) olan kiltaşlarından ve bunların üzerine gelen taraça kaliçi birimlerinden oluşmaktadır. Çalışma konusunu oluşturan 100.Yıl Heyelanı altere olmuş kiltaşlarından oluşan Handere Formasyonu içinde gelişmiştir.

2. Heyelanlar daha çok dairesel kaymalar şeklinde gerçekleşmiştir.

3. Heyelanın içinde geliştiği Handere Formasyonu'nun rezidüel (kalıntı) kohezyon (c) değeri 0.08 kg/cm² ve içsel sürtünme açısı ise (f) 29,8° dir.

4. Heyelanın meydana gelmesindeki ana etken yapılaşma amacıyla konut inşaatları için kazılan temeller, açılan lokal kullanma ve atık su kanalları, tüm bu aktiviteler sonucu zeminin doğal yüzeyindeki bozulmalar ile birlikte yapılaşma sonrasında tamamlanamayan alt yapı nedeniyle zemine akan ve sızan sularla beraber Aralık 2001 ve Ocak 2002 yılları arasında mevsim normallerinin üzerinde aşırı yağışların litolojik birimleri suya doygun bir hale getirmesi ile oluşan boşluk suyu basıncının artmasıdır. Artan boşluk suyu basıncı kütleyi yukarı kaldırarak tabaka ağırlığından oluşan düşey efektif basıncı ve kohezyonu azaltmıştır ve dolayısıyla buna bağlı olarak güvenlik katsayısı düşerek heyelana neden olmuştur.

5. Kayma esnasında etken olan maksimum asal gerilme (s_1) 1,248 kg/cm², minimum asal gerilme (s_3) ise 0,438 kg/cm² olarak bulunmuştur.

6. Heyelanın oluşumunu hızlandıran etkenlerden birisi de tabaka eğimlerinin yamaç eğimi ile aynı yönde olmasıdır.

7. Geoslope programında, Ordinary, Jambu, Bishop ve Morgenstern yöntemlerine göre heyelan kayma modelleri çizilmiş olup güvenlik katsayısı 1.00'den küçük olarak elde edilen alanlar belirlenmiştir. Arazide gözlemlenen kayma bölgeleri ile Geoslope programından elde edilen ve güvenlik katsayısı (G_s) 1.00'den küçük olan alanların birbiri ile örtüştüğü görülmüştür.

KAYNAKLAR

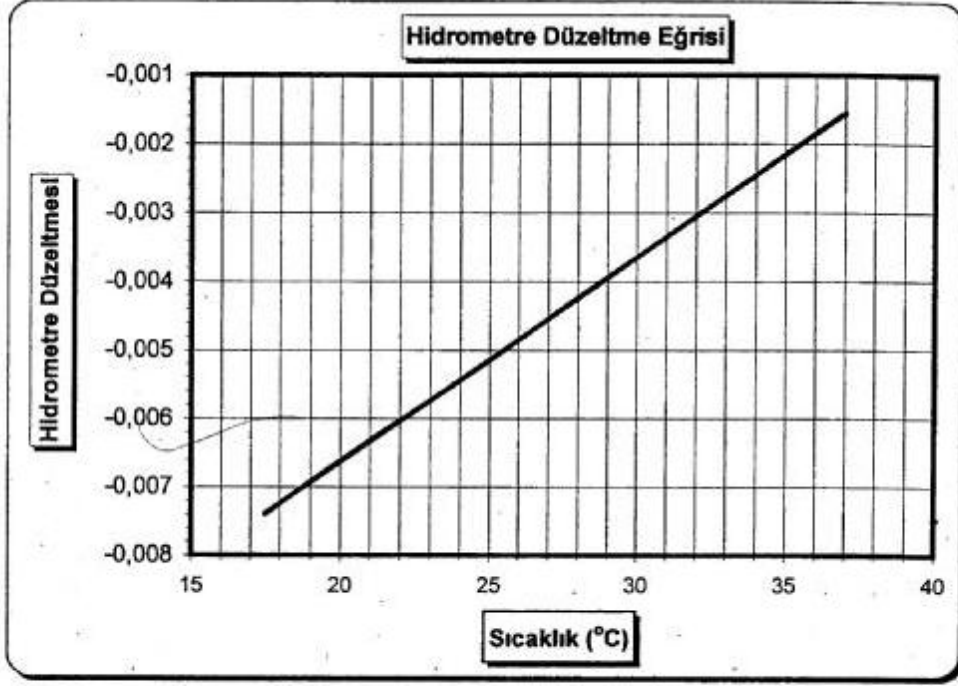
- ASTM D 422-63, 1993. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, In: Annual Book of Standards, Volume 04.08, Philadelphia, PA, pp.93-99.
- ASTM D 854-92, 1993. Standard Test Method for Specific Gravity of Soils, In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, Philadelphia, PA, pp. 176-179
- ASTM D 3080-90, 1993. Standard Test Method for Direct Shear of Soils Under Consolidated Drained Conditions, In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, Philadelphia, PA, pp. 417-422
- ASTM D 4318-84, 1993. Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, Philadelphia, PA, pp. 628-692
- ASTM D 4644-87, 1993. Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Similar Weak Rocks, In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, Philadelphia, PA, pp. 958-960.
- ASLAN, S.,ACAR, B., 2002. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit D. BŞK., Jeolojik Etüt ve İzleme Şb. Müd., Jeolojik Etüt Raporu, Adana, 4s.
- CAN, H., GÜNTEKİN, A., ASLAN, M. ve DEMİRAN, D., 1992. Alt Yapı laboratuvarı. Milli Eğitim Bakanlığı Basımevi, İstanbul.
- ÇETİN, H., 1998. Zemin Mekaniği Ders Notları. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana.
- ERGUVANLI, K., 1982, Mühendislik Jeolojisi. İTÜ Maden Fakültesi Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Mekaniği Birimi, Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul, 590s.
- GİLE, L. H., PETERSON, F. F., GROSSMAN, R. B., 1966. Morphological and genetic sequence, of carbonate accumulation in desert soils, Soil Science, vol. 101, pp. 347-360.
- GÜL N., KÖKSAL A., 1977, İller Bankası İmar Dairesi Başkanlığı, İmar Planına Esas Olacak Jeolojik Rapor, Adana, 3s.

- GÜL N., KÖKSAL A., 1982, İller Bankası İmar Dairesi Başkanlığı, İmar Planına Esas Olacak Ek Jeolojik Rapor, Adana, 8s.
- GÜZEL, M., 2002, Kireçocağı Mevkii İmar Planına Esas Jeolojik -Jeofizik-Jeoteknik Etüd Raporu, Adana.
- GÖKOĞLU, A., 2003, Eğlence (Karaisalı-Adana) Heyelanı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana, 85s.
- MASSARSCH, K. R., 1979. Lateral Earth Pressure in Normally Consolidated Clay; Proc. Of the 7 th European Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Brighton, England, vol. 2, pp. 245-250.
- SCHMIDT, G.C., 1961. Stratigrafic Numenculature for the Adana region petroleum district VII: Petroleum Administration Bulletin, Number 6, Ankara, pp. 47-63.
- ŞAOĞLU, F., EMRE, Ö., KUŞÇU, İ., 1992, Türkiye Diri Fay Haritası, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- TEMİZİÇ, A., AÇIKGÖZ, M., YİĞİT, H., 1993, İller Bankası Genel Müdürlüğü, İmar Planlama Dairesi Başkanlığı Jeolojik Etüd Müdürlüğü, İmar Planına Esas Olacak Jeolojik Rapor, Adana, 10s.
- TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Adana Şubesi 2002, 100.Yıl Heyelanı, Adana, 7s.
- ULUSAY, R., 2001, Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB Jeoloji Mühendisler Odası Yayınları: 38 Ankara, 385s.
- UZUNER, B. A., 1998, Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği. Teknik Yayınevi, Ankara, 376s.
- VARNES, D.J., 1978. Slope movements, type and processes. In Schuster, R.L., Krizek, R.J. (Eds.), Landslide Analysis and Control. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special Report 176, Washington D.C.
- YETİŞ, C., Demirkol, C., Lagap, H. Ve Ünlügenç, U.C., 1991, MTA Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, No: 36, Kozan-K20 Paftası, MTA Jeoloji Etütleri Dairesi Yayınları, Ankara.

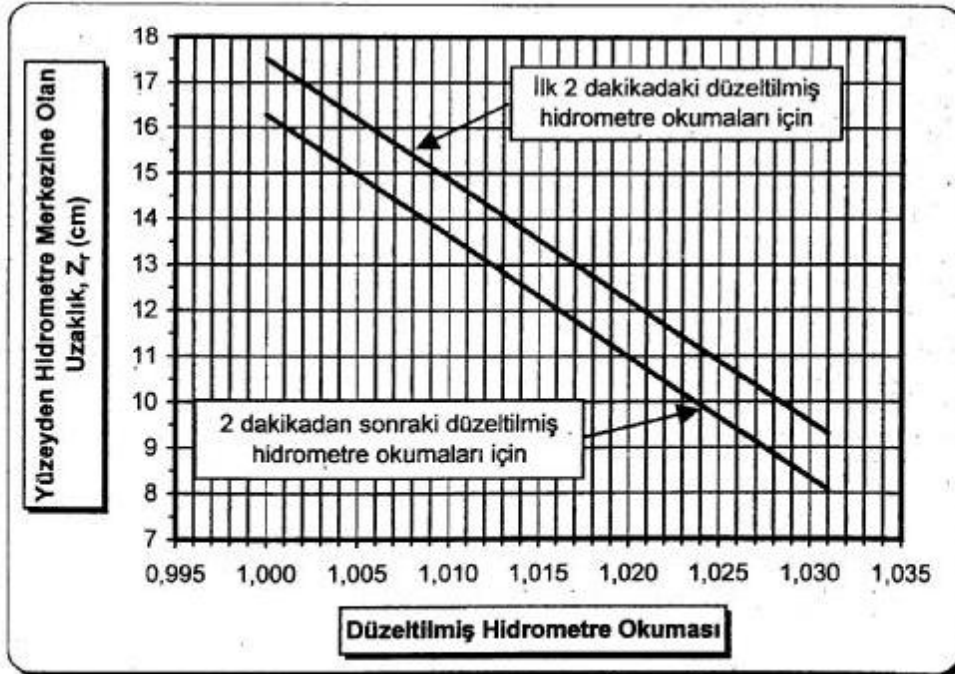
ÖZGEÇMİŞ

01.05.1980 Ankara'da doğdum. İlkokul öğrenimimi Mardin-Nusaybin, orta ve lise öğrenimimi Adana'da tamamladım. 1998 yılında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünü kazandım. 2002 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldum. 2003 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans çalışmasına başladım. Halen öğrenimime devam etmekteyim. İdeal Zemin Araştırma ve Proje Merkezi yöneticisi olarak çalışmaktayım.

HİDROMETRE DÜZELTME EĞRİSİ VE HİDROMETRE DENEYİNDE EFEKTİF DERİNLİK EĞRİSİ



EK 1A. HİDROMETRE DÜZELTME EĞRİSİ (Çetin, 1998)



EK 1B. HİDROMETRE DENEYİNDE EFEKTİF DERİNLİK EĞRİSİ (Çetin, 1998)

SUYUN VİSKOZİTESİ
SICAKLIĞA GÖRE SUYUN BİRİM HACİM AĞIRLIĞI VE ÖZGÜL AĞIRLIĞI

EK 2A. SUYUN VİSKOZİTESİ (μ , milipواز) (Can ve diğerleri, 1992)

| °C | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 17.94 | 17,32 | 16,74 | 16,19 | 15,68 | 15,19 | 14,73 | 14,29 | 13,87 | 13,48 |
| 10 | 13.10 | 12.74 | 12.39 | 12.06 | 11.75 | 11.45 | 11.16 | 10.88 | 10.60 | 10.34 |
| 20 | 10.09 | 9.84 | 9.61 | 9.38 | 9.16 | 8.95 | 8.75 | 8.55 | 8.36 | 8.18 |
| 30 | 8.00 | 7.83 | 7.67 | 7.51 | 7.36 | 7.31 | 7.06 | 6.92 | 6.79 | 6.66 |
| 40 | 6.54 | 6.42 | 6.30 | 6.18 | 6.08 | 5.97 | 5.87 | 5.77 | 5.68 | 5.58 |
| 50 | 5.29 | 5.40 | 5.32 | 5.24 | 5.15 | 5.07 | 4.99 | 4.92 | 4.84 | 4.77 |
| 60 | 4.70 | 4.63 | 4.56 | 4.50 | 4.43 | 4.37 | 4.31 | 4.24 | 4.19 | 4.13 |
| 70 | 4.07 | 4.02 | 3.96 | 3.91 | 3.86 | 3.81 | 3.76 | 3.71 | 3.66 | 3.62 |
| 80 | 3.57 | 3.53 | 3.48 | 3.44 | 3.40 | 3.36 | 3.32 | 3.28 | 3.24 | 3.20 |
| 90 | 3.17 | 3.13 | 3.10 | 3.06 | 3.03 | 2.99 | 2.96 | 2.93 | 2.90 | 2.87 |
| 100 | 2.84 | 2.82 | 2.79 | 2.76 | 2.73 | 2.70 | 2.67 | 2.64 | 2.62 | 2.59 |

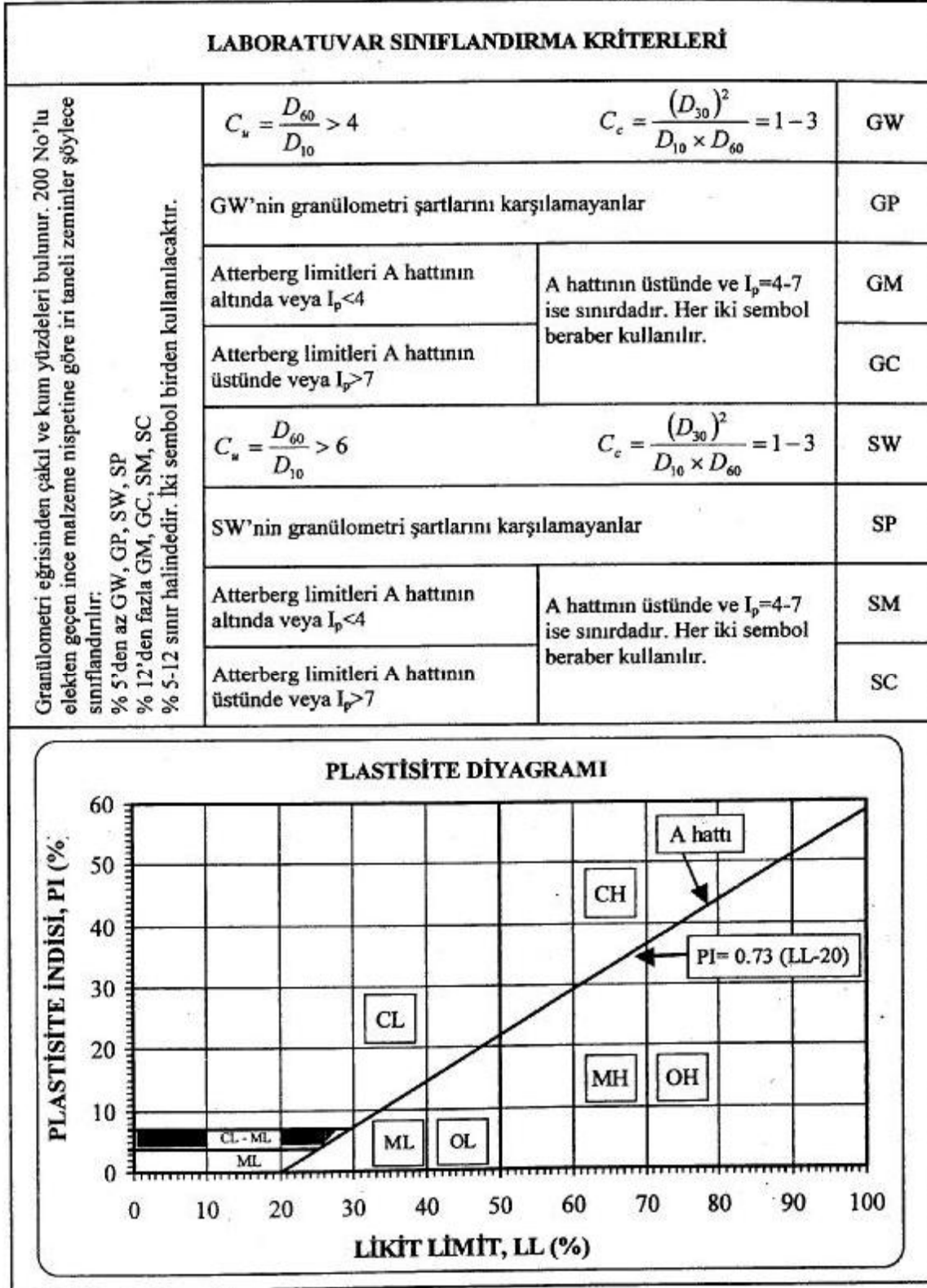
EK 2B. SICAKLIĞA GÖRE SUYUN BİRİM HACİM AĞIRLIĞI VE ÖZGÜL AĞIRLIĞI (γ_w , r_s , G_w) (Can ve diğerleri, 1992).

| °C | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 0.9999 | 0.9999 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9998 |
| 10 | 0.9997 | 0.9996 | 0.9995 | 0.9994 | 0.9993 | 0.9991 | 0.9990 | 0.9988 | 0.9986 | 0.9984 |
| 20 | 0.9982 | 0.9980 | 0.9978 | 0.9976 | 0.9973 | 0.9971 | 0.9968 | 0.9965 | 0.9963 | 0.9960 |
| 30 | 0.9957 | 0.9954 | 0.9951 | 0.9947 | 0.9944 | 0.9941 | 0.9937 | 0.9934 | 0.9930 | 0.9926 |
| 40 | 0.9922 | 0.9919 | 0.9915 | 0.9911 | 0.9907 | 0.9902 | 0.9898 | 0.9894 | 0.9890 | 0.9885 |
| 50 | 0.9881 | 0.9876 | 0.9872 | 0.9867 | 0.9862 | 0.9857 | 0.9852 | 0.9848 | 0.9842 | 0.9838 |
| 60 | 0.9832 | 0.9827 | 0.9822 | 0.9817 | 0.9811 | 0.9806 | 0.9700 | 0.9795 | 0.9789 | 0.9784 |
| 70 | 0.9778 | 0.9772 | 0.9767 | 0.9761 | 0.9755 | 0.9749 | 0.9743 | 0.9737 | 0.9731 | 0.9724 |
| 80 | 0.9718 | 0.9712 | 0.9706 | 0.9699 | 0.9693 | 0.9686 | 0.9680 | 0.9673 | 0.9667 | 0.9660 |
| 90 | 0.9653 | 0.9647 | 0.9640 | 0.9633 | 0.9626 | 0.9619 | 0.9612 | 0.9605 | 0.9598 | 0.9591 |

BİRLEŞTİRİLMİŞ ZEMİN SINIFLANDIRMA SİSTEMİ (USCS)

| ANA GRUPLAR (7,5 cm'den iri malzeme hariç tutulmuştur) | | GRUP SEMBOLÜ | TİPİK İSİMLER | |
|--|---|--|---|---|
| İRİ TANELİ MALZEMELER (Malzemenin % 50'sinden fazlası 200 No'lu elek çapından büyüktür) | ÇAKIL İri malzemenin % 50'sinden fazlası No:4 elekten büyüktür. | Temiz çakıl (İnce az veya yok) | GW | İyi derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımları (İnce taneleri az veya hiç olmayan) |
| | | Çakıl İnce malzemeli (oldukça ince var) | GP | Kötü derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımları (İnce taneleri az veya hiç olmayan) |
| | | | GM | Siltli çakıllar, fena derecelenmiş çakıl-kum silt karışımları |
| | | | GC | Killi çakıllar, kötü derecelenmiş çakıl-kum kil karışımları |
| | KUM İri malzemenin % 50'sinden fazlası No:4 elekten küçüktür. | Temiz kum (İnce az veya yok) | SW | İyi derecelenmiş kumlar ve çakıllı kumlar (İnce taneleri az veya hiç olmayan) |
| | | Kum İnce malzemeli (oldukça ince var) | SP | Kötü derecelenmiş kumlar ve çakıllı kumlar (İnce taneleri az veya hiç olmayan) |
| | | | SM | Siltli kumlar, kötü derecelenmiş kum-silt karışımları |
| | | | SC | Siltli kumlar, kötü derecelenmiş kum-kil karışımları |
| | İNCE TANELİ MALZEMELER (Malzemenin % 50'sinden fazlası 200 No'lu elek çapından küçüktür) | Siltler ve Killer Likit Limit < 50 | ML | İnorganik silt ve çok ince kumlar, kaya tozu çok az plastik siltli veya killi ince kumlar |
| | | | CL | İnorganik killer (düşük ile orta plastisitede) çakıllı killer, kumlu killer, siltli killer, yağsız killer |
| OL | | | Organik siltler ve düşük plastisiteli organik silt-kil karışımları | |
| Siltler ve Killer Likit Limit > 50 | | MH | İnorganik siltler, diatomeli veya mikalı ince kumlu veya siltli zeminler, elastik siltler | |
| | | CH | Yüksek plastisiteli inorganik killer, yağlı killer | |
| | | OH | Ortadan yükseğe plastisiteli organik killer | |
| Fazla organik zeminler | | Pt | Turba ve diğer fazla organik zeminler | |

BİRLEŞTİRİLMİŞ SINIFLANDIRMA SİSTEMİ (USCS)



EK 4

Farklı normal gerilmeler altında yapılan kesme kutusu deney verileri

KESME KUTUSU DENEYİ

Numune no: HF-1

Lokasyon: 100.yıl Kireçocağı mevkii

Derinlik: Yüzeiden

Başlama Tarihi: 05.12.2004

Deneyi Yapan : Mustafa FENER, Elif ERDEVE

Numune Tanımı: Altare olmuş siltli kil (Handere Formasyonu)

A) Numune Datası

1) Deney Türü: CU (Konsolidasyonlu Drenajsız)

2) Numune Türü: Örselenmiş

3) Numune yüzey alanı: A: (6×6): 36 cm²

B) Deney Datası

1) Normal Yük: 300 gr

2) Deney Öncesi Numune Yüzey Alanı: 36 cm²

3) Normal Stres: 0,083 kg/cm²

4) Kesme Hızı: 1.0000 mm/dak

5) Yay Faktörü: 0.20 kgf/div

6) Kesme Kuvveti: Kuvvet Halkası Okuması × Yay Faktörü

7) Kesme Gerilmesi: Kesme Kuvveti/Düzeltilmiş Alan: 0.088 kg/cm²

| T (Dk) | Dus. Dep. (Inc) | Dus. Dep. (mm) | Yatay Deplasman Okuması (Dial) | Yatay Deplasman Okuması (mm) | Kuvvet Halkası Okuması | Kesme Kuvveti (kg) | Düzeltilmiş Alan (cm ²) | Kesme Gerilmesi (kg/cm ²) |
|--------|-----------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 0,00 | 0,000 | 0,00000 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 36,000 | 0,000 |
| 0,10 | -2,000 | -0,00254 | 10 | 0,10 | 3,20 | 0,67 | 35,940 | 0,019 |
| 0,20 | -3,000 | -0,00381 | 20 | 0,20 | 6,00 | 1,26 | 35,880 | 0,035 |
| 0,30 | -4,000 | -0,00508 | 30 | 0,30 | 6,80 | 1,43 | 35,820 | 0,040 |
| 0,40 | -4,500 | -0,00572 | 40 | 0,40 | 7,10 | 1,49 | 35,760 | 0,042 |
| 0,50 | -5,000 | -0,00635 | 50 | 0,50 | 11,20 | 2,35 | 35,700 | 0,066 |
| 0,75 | -5,000 | -0,00635 | 75 | 0,75 | 11,80 | 2,48 | 35,550 | 0,070 |
| 1,00 | -5,000 | -0,00635 | 100 | 1,00 | 11,80 | 2,48 | 35,400 | 0,070 |
| 1,25 | -5,000 | -0,00635 | 125 | 1,25 | 11,90 | 2,50 | 35,250 | 0,071 |
| 1,50 | -5,000 | -0,00635 | 150 | 1,50 | 11,90 | 2,50 | 35,100 | 0,071 |
| 1,75 | -5,000 | -0,00635 | 175 | 1,75 | 12,00 | 2,52 | 34,950 | 0,072 |
| 2,00 | -5,000 | -0,00635 | 200 | 2,00 | 12,00 | 2,52 | 34,800 | 0,072 |
| 2,25 | -5,000 | -0,00635 | 225 | 2,25 | 12,00 | 2,52 | 34,650 | 0,073 |
| 2,50 | -5,000 | -0,00635 | 250 | 2,50 | 12,00 | 2,52 | 34,500 | 0,073 |
| 2,75 | -5,000 | -0,00635 | 275 | 2,75 | 12,00 | 2,52 | 34,350 | 0,073 |
| 3,00 | -5,000 | -0,00635 | 300 | 3,00 | 12,00 | 2,52 | 34,200 | 0,074 |
| 3,25 | -5,000 | -0,00635 | 325 | 3,25 | 12,00 | 2,52 | 34,050 | 0,074 |
| 3,50 | -5,000 | -0,00635 | 350 | 3,50 | 12,10 | 2,54 | 33,900 | 0,075 |
| 3,75 | -5,000 | -0,00635 | 375 | 3,75 | 12,10 | 2,54 | 33,750 | 0,075 |
| 4,00 | -5,000 | -0,00635 | 400 | 4,00 | 12,20 | 2,56 | 33,600 | 0,076 |
| 4,25 | -5,000 | -0,00635 | 425 | 4,25 | 12,20 | 2,56 | 33,450 | 0,077 |
| 4,50 | -5,000 | -0,00635 | 450 | 4,50 | 12,20 | 2,56 | 33,300 | 0,077 |

| | | | | | | | | |
|------|--------|----------|-----|------|-------|------|--------|-------|
| 4,75 | -5,000 | -0,00635 | 475 | 4,75 | 12,20 | 2,56 | 33,150 | 0,077 |
| 5,00 | -5,000 | -0,00635 | 500 | 5,00 | 12,20 | 2,56 | 33,000 | 0,078 |
| 5,25 | -5,000 | -0,00635 | 525 | 5,25 | 12,30 | 2,58 | 32,850 | 0,079 |
| 5,50 | -5,000 | -0,00635 | 550 | 5,50 | 12,50 | 2,63 | 32,700 | 0,080 |
| 5,75 | -5,000 | -0,00635 | 575 | 5,75 | 12,50 | 2,63 | 32,550 | 0,081 |
| 6,00 | -5,000 | -0,00635 | 600 | 6,00 | 12,50 | 2,63 | 32,400 | 0,081 |
| 6,25 | -5,000 | -0,00635 | 625 | 6,25 | 12,70 | 2,67 | 32,250 | 0,083 |
| 6,50 | -5,000 | -0,00635 | 650 | 6,50 | 12,70 | 2,67 | 32,100 | 0,083 |
| 6,75 | -5,000 | -0,00635 | 675 | 6,75 | 12,70 | 2,67 | 31,950 | 0,083 |
| 7,00 | -5,000 | -0,00635 | 700 | 7,00 | 12,80 | 2,69 | 31,800 | 0,085 |
| 7,25 | -5,000 | -0,00635 | 725 | 7,25 | 12,80 | 2,69 | 31,650 | 0,085 |
| 7,50 | -4,500 | -0,00572 | 750 | 7,50 | 12,80 | 2,69 | 31,500 | 0,085 |
| 7,75 | -4,200 | -0,00533 | 775 | 7,75 | 12,80 | 2,69 | 31,350 | 0,086 |
| 8,00 | -4,200 | -0,00533 | 800 | 8,00 | 12,80 | 2,69 | 31,200 | 0,086 |
| 8,25 | -4,200 | -0,00533 | 825 | 8,25 | 12,80 | 2,69 | 31,050 | 0,087 |
| 8,50 | -4,100 | -0,00521 | 850 | 8,50 | 12,80 | 2,69 | 30,900 | 0,087 |
| 8,75 | -4,100 | -0,00521 | 875 | 8,75 | 12,80 | 2,69 | 30,750 | 0,087 |
| 9,00 | -4,100 | -0,00521 | 900 | 9,00 | 12,80 | 2,69 | 30,600 | 0,088 |

KESME KUTUSU DENEYİ

Numune no: HF-1

Lokasyon: 100.yıl Kireçocağı mevkii

Derinlik: Yüzeyden

Başlama Tarihi: 05.12.2004

Deneyi Yapan : Mustafa FENER, Elif ERDEVE

Numune Tanımı: Altere olmuş siltli kil (Handere Formasyonu)

A) Numune Datası

1) Deney Türü: CU (Konsolidasyonlu Drenajsız)

2) Numune Türü: Örselenmiş

3) Numune yüzey alanı: A: (6×6): 36 cm²

B) Deney Datası

1) Normal Yük: 500 gr

2) Deney Öncesi Numune Yüzey Alanı: 36 cm²

3) Normal Stres: 0.138 kg/cm²

4) Kesme Hızı: 1.0000 mm/dak

5) Yay Faktörü: 0.20 kgf/div

6) Kesme Kuvveti: Kuvvet Halkası Okuması × Yay Faktörü

7) Kesme Gerilmesi: Kesme Kuvveti/Düzeltilmiş Alan: 0.104 kg/cm²

| T (Dk) | Dus. Dep. (Inc) | Dus. Dep. (mm) | Yatay Deplasman Okuması (Dial) | Yatay Deplasman Okuması (mm) | Kuvvet Halkası Okuması | Kesme Kuvveti (kg) | Düzeltilmiş Alan (cm ²) | Kesme Gerilmesi (kg/cm ²) |
|--------|-----------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 0,00 | 0,000 | 0,00000 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 36,000 | 0,000 |
| 0,10 | 0,000 | 0,00000 | 10 | 0,10 | 0,70 | 0,15 | 35,940 | 0,004 |
| 0,20 | -1,000 | -0,00127 | 20 | 0,20 | 3,60 | 0,76 | 35,880 | 0,021 |
| 0,30 | -1,500 | -0,00191 | 30 | 0,30 | 7,20 | 1,51 | 35,820 | 0,042 |
| 0,40 | -1,500 | -0,00191 | 40 | 0,40 | 8,10 | 1,70 | 35,760 | 0,048 |
| 0,50 | -1,800 | -0,00229 | 50 | 0,50 | 8,70 | 1,83 | 35,700 | 0,051 |
| 0,75 | -1,800 | -0,00229 | 75 | 0,75 | 12,40 | 2,60 | 35,550 | 0,073 |
| 1,00 | -1,900 | -0,00241 | 100 | 1,00 | 12,80 | 2,69 | 35,400 | 0,076 |
| 1,25 | -1,900 | -0,00241 | 125 | 1,25 | 13,10 | 2,75 | 35,250 | 0,078 |
| 1,50 | -1,800 | -0,00229 | 150 | 1,50 | 13,20 | 2,77 | 35,100 | 0,079 |
| 1,75 | -1,900 | -0,00241 | 175 | 1,75 | 13,50 | 2,84 | 34,950 | 0,081 |
| 2,00 | -1,900 | -0,00241 | 200 | 2,00 | 13,80 | 2,90 | 34,800 | 0,083 |
| 2,25 | -1,900 | -0,00241 | 225 | 2,25 | 13,80 | 2,90 | 34,650 | 0,084 |
| 2,50 | -1,900 | -0,00241 | 250 | 2,50 | 13,90 | 2,92 | 34,500 | 0,085 |
| 2,75 | -1,800 | -0,00229 | 275 | 2,75 | 13,90 | 2,92 | 34,350 | 0,085 |
| 3,00 | -1,900 | -0,00241 | 300 | 3,00 | 13,90 | 2,92 | 34,200 | 0,085 |
| 3,25 | -1,900 | -0,00241 | 325 | 3,25 | 13,90 | 2,92 | 34,050 | 0,086 |
| 3,50 | -1,900 | -0,00241 | 350 | 3,50 | 13,90 | 2,92 | 33,900 | 0,086 |
| 3,75 | -1,900 | -0,00241 | 375 | 3,75 | 13,90 | 2,92 | 33,750 | 0,086 |
| 4,00 | -1,900 | -0,00241 | 400 | 4,00 | 13,90 | 2,92 | 33,600 | 0,087 |
| 4,25 | -1,900 | -0,00241 | 425 | 4,25 | 14,00 | 2,94 | 33,450 | 0,088 |
| 4,50 | -1,900 | -0,00241 | 450 | 4,50 | 14,00 | 2,94 | 33,300 | 0,088 |

| | | | | | | | | |
|------|--------|----------|-----|------|-------|------|--------|-------|
| 4,75 | -1,900 | -0,00241 | 475 | 4,75 | 14,10 | 2,96 | 33,150 | 0,089 |
| 5,00 | -1,900 | -0,00241 | 500 | 5,00 | 14,10 | 2,96 | 33,000 | 0,090 |
| 5,25 | -1,900 | -0,00241 | 525 | 5,25 | 14,10 | 2,96 | 32,850 | 0,090 |
| 5,50 | -1,900 | -0,00241 | 550 | 5,50 | 14,10 | 2,96 | 32,700 | 0,091 |
| 5,75 | -1,900 | -0,00241 | 575 | 5,75 | 14,20 | 2,98 | 32,550 | 0,092 |
| 6,00 | -1,900 | -0,00241 | 600 | 6,00 | 14,20 | 2,98 | 32,400 | 0,092 |
| 6,25 | -1,900 | -0,00241 | 625 | 6,25 | 14,20 | 2,98 | 32,250 | 0,092 |
| 6,50 | -1,900 | -0,00241 | 650 | 6,50 | 14,20 | 2,98 | 32,100 | 0,093 |
| 6,75 | -1,900 | -0,00241 | 675 | 6,75 | 14,20 | 2,98 | 31,950 | 0,093 |
| 7,00 | -1,800 | -0,00229 | 700 | 7,00 | 14,30 | 3,00 | 31,800 | 0,094 |
| 7,25 | -1,800 | -0,00229 | 725 | 7,25 | 14,50 | 3,05 | 31,650 | 0,096 |
| 7,50 | -1,800 | -0,00229 | 750 | 7,50 | 14,50 | 3,05 | 31,500 | 0,097 |
| 7,75 | -1,800 | -0,00229 | 775 | 7,75 | 14,50 | 3,05 | 31,350 | 0,097 |
| 8,00 | -1,400 | -0,00178 | 800 | 8,00 | 14,70 | 3,09 | 31,200 | 0,099 |
| 8,25 | -1,300 | -0,00165 | 825 | 8,25 | 14,70 | 3,09 | 31,050 | 0,099 |
| 8,50 | -1,300 | -0,00165 | 850 | 8,50 | 14,70 | 3,09 | 30,900 | 0,100 |
| 8,75 | -1,300 | -0,00165 | 875 | 8,75 | 15,00 | 3,15 | 30,750 | 0,102 |
| 9,00 | -1,200 | -0,00152 | 900 | 9,00 | 15,10 | 3,17 | 30,600 | 0,104 |

KESME KUTUSU DENEYİ

Numune no: HF-1

Lokasyon: 100.yıl Kireçocağı mevkii

Derinlik: Yüzeyden

Başlama Tarihi: 05.12.2004

Deneyi Yapan : Mustafa FENER, Elif ERDEVE

Numune Tanımı: Altere olmuş siltli kil (Handere Formasyonu)

A) Numune Datası

1) Deney Türü: CU (Konsolidasyonlu Drenajsız)

2) Numune Türü: Örselenmiş

3) Numune yüzey alanı: A: (6×6): 36 cm²

B) Deney Datası

1) Normal Yük: 800 gr

2) Deney Öncesi Numune Yüzey Alanı: 36 cm²

3) Normal Stres: 0.222 kg/cm²

4) Kesme Hızı: 1.0000 mm/dak

5) Yay Faktörü: 0.20 kgf/div

6) Kesme Kuvveti: Kuvvet Halkası Okuması × Yay Faktörü

7) Kesme Gerilmesi: Kesme Kuvveti/Düzeltilmiş Alan: 0.228 kg/cm²

| T (Dk) | Dus. Dep. (Inc) | Dus. Dep. (mm) | Yatay Deplasman Okuması (Dial) | Yatay Deplasman Okuması (mm) | Kuvvet Halkası Okuması | Kesme Kuvveti (kg) | Düzeltilmiş Alan (cm ²) | Kesme Gerilmesi (kg/cm ²) |
|--------|-----------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 0,00 | 0,000 | 0,00000 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 36,000 | 0,000 |
| 0,10 | -1,900 | -0,00241 | 10 | 0,10 | 13,00 | 2,73 | 35,940 | 0,076 |
| 0,20 | -3,000 | -0,00381 | 20 | 0,20 | 23,00 | 4,83 | 35,880 | 0,135 |
| 0,30 | -3,000 | -0,00381 | 30 | 0,30 | 24,00 | 5,04 | 35,820 | 0,141 |
| 0,40 | -3,100 | -0,00394 | 40 | 0,40 | 25,00 | 5,25 | 35,760 | 0,147 |
| 0,50 | -3,100 | -0,00394 | 50 | 0,50 | 32,00 | 6,72 | 35,700 | 0,188 |
| 0,75 | -3,200 | -0,00406 | 75 | 0,75 | 32,00 | 6,72 | 35,550 | 0,189 |
| 1,00 | -3,200 | -0,00406 | 100 | 1,00 | 31,90 | 6,70 | 35,400 | 0,189 |
| 1,25 | -3,200 | -0,00406 | 125 | 1,25 | 31,90 | 6,70 | 35,250 | 0,190 |
| 1,50 | -3,100 | -0,00394 | 150 | 1,50 | 32,00 | 6,72 | 35,100 | 0,191 |
| 1,75 | -3,400 | -0,00432 | 175 | 1,75 | 32,00 | 6,72 | 34,950 | 0,192 |
| 2,00 | -3,400 | -0,00432 | 200 | 2,00 | 32,00 | 6,72 | 34,800 | 0,193 |
| 2,25 | -3,200 | -0,00406 | 225 | 2,25 | 32,00 | 6,72 | 34,650 | 0,194 |
| 2,50 | -3,200 | -0,00406 | 250 | 2,50 | 32,00 | 6,72 | 34,500 | 0,195 |
| 2,75 | -3,200 | -0,00406 | 275 | 2,75 | 32,00 | 6,72 | 34,350 | 0,196 |
| 3,00 | -3,200 | -0,00406 | 300 | 3,00 | 32,00 | 6,72 | 34,200 | 0,196 |
| 3,25 | -3,200 | -0,00406 | 325 | 3,25 | 31,90 | 6,70 | 34,050 | 0,197 |
| 3,50 | -3,500 | -0,00445 | 350 | 3,50 | 31,90 | 6,70 | 33,900 | 0,198 |
| 3,75 | -3,400 | -0,00432 | 375 | 3,75 | 31,90 | 6,70 | 33,750 | 0,198 |
| 4,00 | -3,400 | -0,00432 | 400 | 4,00 | 31,80 | 6,68 | 33,600 | 0,199 |
| 4,25 | -3,400 | -0,00432 | 425 | 4,25 | 31,80 | 6,68 | 33,450 | 0,200 |
| 4,50 | -3,400 | -0,00432 | 450 | 4,50 | 31,80 | 6,68 | 33,300 | 0,201 |

| | | | | | | | | |
|------|--------|----------|-----|------|-------|------|--------|-------|
| 4,75 | -3,400 | -0,00432 | 475 | 4,75 | 31,80 | 6,68 | 33,150 | 0,201 |
| 5,00 | -3,400 | -0,00432 | 500 | 5,00 | 31,80 | 6,68 | 33,000 | 0,202 |
| 5,25 | -3,400 | -0,00432 | 525 | 5,25 | 31,80 | 6,68 | 32,850 | 0,203 |
| 5,50 | -3,400 | -0,00432 | 550 | 5,50 | 31,80 | 6,68 | 32,700 | 0,204 |
| 5,75 | -3,400 | -0,00432 | 575 | 5,75 | 31,80 | 6,68 | 32,550 | 0,205 |
| 6,00 | -3,400 | -0,00432 | 600 | 6,00 | 31,80 | 6,68 | 32,400 | 0,206 |
| 6,25 | -3,400 | -0,00432 | 625 | 6,25 | 31,80 | 6,68 | 32,250 | 0,207 |
| 6,50 | -3,400 | -0,00432 | 650 | 6,50 | 31,80 | 6,68 | 32,100 | 0,208 |
| 6,75 | -3,400 | -0,00432 | 675 | 6,75 | 31,80 | 6,68 | 31,950 | 0,209 |
| 7,00 | -3,400 | -0,00432 | 700 | 7,00 | 31,90 | 6,70 | 31,800 | 0,211 |
| 7,25 | -3,400 | -0,00432 | 725 | 7,25 | 31,90 | 6,70 | 31,650 | 0,212 |
| 7,50 | -3,400 | -0,00432 | 750 | 7,50 | 31,90 | 6,70 | 31,500 | 0,213 |
| 7,75 | -3,400 | -0,00432 | 775 | 7,75 | 32,10 | 6,74 | 31,350 | 0,215 |
| 8,00 | -3,200 | -0,00406 | 800 | 8,00 | 32,30 | 6,78 | 31,200 | 0,217 |
| 8,25 | -3,200 | -0,00406 | 825 | 8,25 | 32,60 | 6,85 | 31,050 | 0,220 |
| 8,50 | -3,200 | -0,00406 | 850 | 8,50 | 32,70 | 6,87 | 30,900 | 0,222 |
| 8,75 | -3,200 | -0,00406 | 875 | 8,75 | 33,00 | 6,93 | 30,750 | 0,225 |
| 9,00 | -3,100 | -0,00394 | 900 | 9,00 | 33,20 | 6,97 | 30,600 | 0,228 |

KESME KUTUSU DENEYİ

Numune no: HF-1

Lokasyon: 100.yıl Kireçocağı mevkii

Derinlik: Yüzeiden

Başlama Tarihi: 05.12.2004

Deneyi Yapan : Mustafa FENER, Elif ERDEVE

Numune Tanımı: Altere olmuş siltli kil (Handere Formasyonu)

A) Numune Datası

1) Deney Türü: CU (Konsolidasyonlu Drenajsız)

2) Numune Türü: Örselenmiş

3) Numune yüzey alanı: A: (6×6): 36 cm²

B) Deney Datası

1) Normal Yük: 1kg

2) Deney Öncesi Numune Yüzey Alanı: 36 cm²

3) Normal Stres: 0.277 kg/cm²

4) Kesme Hızı: 1.0000 mm/dak

5) Yay Faktörü: 0.20 kgf/div

6) Kesme Kuvveti: Kuvvet Halkası Okuması × Yay Faktörü

7) Kesme Gerilmesi: Kesme Kuvveti/Düzeltilmiş Alan: 0.228 kg/cm²

| T (Dk) | Dus. Dep. (Inc) | Dus. Dep. (mm) | Yatay Deplasman Okuması (Dial) | Yatay Deplasman Okuması (mm) | Kuvvet Halkası Okuması | Kesme Kuvveti (kg) | Düzeltilmiş Alan (cm ²) | Kesme Gerilmesi (kg/cm ²) |
|--------|-----------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 0,00 | 0,000 | 0,00000 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 36,000 | 0,000 |
| 0,10 | -1,000 | -0,00127 | 10 | 0,10 | 14,30 | 3,00 | 35,940 | 0,084 |
| 0,20 | -2,100 | -0,00267 | 20 | 0,20 | 27,00 | 5,67 | 35,880 | 0,158 |
| 0,30 | -2,100 | -0,00267 | 30 | 0,30 | 30,10 | 6,32 | 35,820 | 0,176 |
| 0,40 | -2,100 | -0,00267 | 40 | 0,40 | 35,00 | 7,35 | 35,760 | 0,206 |
| 0,50 | -2,100 | -0,00267 | 50 | 0,50 | 38,20 | 8,02 | 35,700 | 0,225 |
| 0,75 | -2,200 | -0,00279 | 75 | 0,75 | 38,00 | 7,98 | 35,550 | 0,224 |
| 1,00 | -2,200 | -0,00279 | 100 | 1,00 | 37,80 | 7,94 | 35,400 | 0,224 |
| 1,25 | -2,200 | -0,00279 | 125 | 1,25 | 37,80 | 7,94 | 35,250 | 0,225 |
| 1,50 | -2,200 | -0,00279 | 150 | 1,50 | 37,80 | 7,94 | 35,100 | 0,226 |
| 1,75 | -2,200 | -0,00279 | 175 | 1,75 | 37,80 | 7,94 | 34,950 | 0,227 |
| 2,00 | -2,200 | -0,00279 | 200 | 2,00 | 37,80 | 7,94 | 34,800 | 0,228 |
| 2,25 | -2,200 | -0,00279 | 225 | 2,25 | 37,50 | 7,88 | 34,650 | 0,227 |
| 2,50 | -2,200 | -0,00279 | 250 | 2,50 | 37,50 | 7,88 | 34,500 | 0,228 |
| 2,75 | -2,200 | -0,00279 | 275 | 2,75 | 37,30 | 7,83 | 34,350 | 0,228 |
| 3,00 | -2,200 | -0,00279 | 300 | 3,00 | 37,20 | 7,81 | 34,200 | 0,228 |
| 3,25 | -2,200 | -0,00279 | 325 | 3,25 | 37,10 | 7,79 | 34,050 | 0,229 |
| 3,50 | -2,200 | -0,00279 | 350 | 3,50 | 37,00 | 7,77 | 33,900 | 0,229 |
| 3,75 | -2,200 | -0,00279 | 375 | 3,75 | 37,00 | 7,77 | 33,750 | 0,230 |
| 4,00 | -2,200 | -0,00279 | 400 | 4,00 | 37,00 | 7,77 | 33,600 | 0,231 |
| 4,25 | -2,200 | -0,00279 | 425 | 4,25 | 37,00 | 7,77 | 33,450 | 0,232 |
| 4,50 | -2,200 | -0,00279 | 450 | 4,50 | 37,00 | 7,77 | 33,300 | 0,233 |

| | | | | | | | | |
|------|--------|----------|-----|------|-------|------|--------|-------|
| 4,75 | -2,200 | -0,00279 | 475 | 4,75 | 36,90 | 7,75 | 33,150 | 0,234 |
| 5,00 | -2,200 | -0,00279 | 500 | 5,00 | 36,90 | 7,75 | 33,000 | 0,235 |
| 5,25 | -2,200 | -0,00279 | 525 | 5,25 | 36,90 | 7,75 | 32,850 | 0,236 |
| 5,50 | -2,200 | -0,00279 | 550 | 5,50 | 36,90 | 7,75 | 32,700 | 0,237 |
| 5,75 | -2,200 | -0,00279 | 575 | 5,75 | 36,90 | 7,75 | 32,550 | 0,238 |
| 6,00 | -2,200 | -0,00279 | 600 | 6,00 | 36,90 | 7,75 | 32,400 | 0,239 |
| 6,25 | -2,200 | -0,00279 | 625 | 6,25 | 36,90 | 7,75 | 32,250 | 0,240 |
| 6,50 | -2,200 | -0,00279 | 650 | 6,50 | 36,90 | 7,75 | 32,100 | 0,241 |
| 6,75 | -2,200 | -0,00279 | 675 | 6,75 | 36,90 | 7,75 | 31,950 | 0,243 |
| 7,00 | -2,100 | -0,00267 | 700 | 7,00 | 36,90 | 7,75 | 31,800 | 0,244 |
| 7,25 | -2,100 | -0,00267 | 725 | 7,25 | 37,10 | 7,79 | 31,650 | 0,246 |
| 7,50 | -2,100 | -0,00267 | 750 | 7,50 | 37,20 | 7,81 | 31,500 | 0,248 |
| 7,75 | -2,100 | -0,00267 | 775 | 7,75 | 37,20 | 7,81 | 31,350 | 0,249 |
| 8,00 | -2,100 | -0,00267 | 800 | 8,00 | 37,20 | 7,81 | 31,200 | 0,250 |
| 8,25 | -2,100 | -0,00267 | 825 | 8,25 | 37,50 | 7,88 | 31,050 | 0,254 |
| 8,50 | -2,000 | -0,00254 | 850 | 8,50 | 37,70 | 7,92 | 30,900 | 0,256 |
| 8,75 | -2,000 | -0,00254 | 875 | 8,75 | 38,00 | 7,98 | 30,750 | 0,260 |
| 9,00 | -2,000 | -0,00254 | 900 | 9,00 | 38,10 | 8,00 | 30,600 | 0,261 |

KESME KUTUSU DENEYİ

Numune no: HF-1

Lokasyon: 100.yıl Kireçocağı mevkii

Derinlik: Yüzeiden

Başlama Tarihi: 05.12.2004

Deneyi Yapan : Mustafa FENER, Elif ERDEVE

Numune Tanımı: Altere olmuş siltli kil (Handere Formasyonu)

A) Numune Datası

1) Deney Türü: CU (Konsolidasyonlu Drenajsız)

2) Numune Türü: Örselenmiş

3) Numune yüzey alanı: A: (6×6): 36 cm²

B) Deney Datası

1) Normal Yük: 1.5 kg

2) Deney Öncesi Numune Yüzey Alanı: 36 cm²

3) Normal Stres: 0.416 kg/cm²

4) Kesme Hızı: 1.0000 mm/dak

5) Yay Faktörü: 0.20 kgf/div

6) Kesme Kuvveti: Kuvvet Halkası Okuması × Yay Faktörü

7) Kesme Gerilmesi: Kesme Kuvveti/Düzeltilmiş Alan: 0.342 kg/cm²

| T (Dk) | Dus. Dep. (Inc) | Dus. Dep. (mm) | Yatay Deplasman Okuması (Dial) | Yatay Deplasman Okuması (mm) | Kuvvet Halkası Okuması | Kesme Kuvveti (kg) | Düzeltilmiş Alan (cm ²) | Kesme Gerilmesi (kg/cm ²) |
|--------|-----------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 0,00 | 0,000 | 0,00000 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 36,000 | 0,000 |
| 0,10 | -1,500 | -0,00191 | 10 | 0,10 | 18,10 | 3,80 | 35,940 | 0,106 |
| 0,20 | -2,500 | -0,00318 | 20 | 0,20 | 37,50 | 7,88 | 35,880 | 0,219 |
| 0,30 | -1,500 | -0,00191 | 30 | 0,30 | 38,90 | 8,17 | 35,820 | 0,228 |
| 0,40 | -2,000 | -0,00254 | 40 | 0,40 | 40,60 | 8,53 | 35,760 | 0,238 |
| 0,50 | -1,200 | -0,00152 | 50 | 0,50 | 41,00 | 8,61 | 35,700 | 0,241 |
| 0,75 | -1,400 | -0,00178 | 75 | 0,75 | 49,50 | 10,40 | 35,550 | 0,292 |
| 1,00 | -1,400 | -0,00178 | 100 | 1,00 | 49,00 | 10,29 | 35,400 | 0,291 |
| 1,25 | -1,400 | -0,00178 | 125 | 1,25 | 48,90 | 10,27 | 35,250 | 0,291 |
| 1,50 | -1,400 | -0,00178 | 150 | 1,50 | 48,80 | 10,25 | 35,100 | 0,292 |
| 1,75 | -1,400 | -0,00178 | 175 | 1,75 | 48,80 | 10,25 | 34,950 | 0,293 |
| 2,00 | -1,400 | -0,00178 | 200 | 2,00 | 48,80 | 10,25 | 34,800 | 0,294 |
| 2,25 | -1,400 | -0,00178 | 225 | 2,25 | 48,80 | 10,25 | 34,650 | 0,296 |
| 2,50 | -1,400 | -0,00178 | 250 | 2,50 | 48,80 | 10,25 | 34,500 | 0,297 |
| 2,75 | -1,300 | -0,00165 | 275 | 2,75 | 48,80 | 10,25 | 34,350 | 0,298 |
| 3,00 | -1,400 | -0,00178 | 300 | 3,00 | 48,80 | 10,25 | 34,200 | 0,300 |
| 3,25 | -1,400 | -0,00178 | 325 | 3,25 | 48,50 | 10,19 | 34,050 | 0,299 |
| 3,50 | -1,400 | -0,00178 | 350 | 3,50 | 48,50 | 10,19 | 33,900 | 0,300 |
| 3,75 | -1,400 | -0,00178 | 375 | 3,75 | 48,50 | 10,19 | 33,750 | 0,302 |
| 4,00 | -1,400 | -0,00178 | 400 | 4,00 | 48,50 | 10,19 | 33,600 | 0,303 |
| 4,25 | -1,400 | -0,00178 | 425 | 4,25 | 48,50 | 10,19 | 33,450 | 0,304 |
| 4,50 | -1,300 | -0,00165 | 450 | 4,50 | 48,50 | 10,19 | 33,300 | 0,306 |

| | | | | | | | | |
|------|--------|----------|-----|------|-------|-------|--------|-------|
| 4,75 | -1,300 | -0,00165 | 475 | 4,75 | 48,30 | 10,14 | 33,150 | 0,306 |
| 5,00 | -1,300 | -0,00165 | 500 | 5,00 | 48,10 | 10,10 | 33,000 | 0,306 |
| 5,25 | -1,300 | -0,00165 | 525 | 5,25 | 48,10 | 10,10 | 32,850 | 0,307 |
| 5,50 | -1,300 | -0,00165 | 550 | 5,50 | 48,10 | 10,10 | 32,700 | 0,309 |
| 5,75 | -1,300 | -0,00165 | 575 | 5,75 | 48,10 | 10,10 | 32,550 | 0,310 |
| 6,00 | -1,300 | -0,00165 | 600 | 6,00 | 48,10 | 10,10 | 32,400 | 0,312 |
| 6,25 | -1,300 | -0,00165 | 625 | 6,25 | 48,10 | 10,10 | 32,250 | 0,313 |
| 6,50 | -1,300 | -0,00165 | 650 | 6,50 | 48,10 | 10,10 | 32,100 | 0,315 |
| 6,75 | -1,200 | -0,00152 | 675 | 6,75 | 48,10 | 10,10 | 31,950 | 0,316 |
| 7,00 | -1,200 | -0,00152 | 700 | 7,00 | 48,50 | 10,19 | 31,800 | 0,320 |
| 7,25 | -1,200 | -0,00152 | 725 | 7,25 | 48,60 | 10,21 | 31,650 | 0,322 |
| 7,50 | -1,100 | -0,00140 | 750 | 7,50 | 48,80 | 10,25 | 31,500 | 0,325 |
| 7,75 | -1,100 | -0,00140 | 775 | 7,75 | 48,90 | 10,27 | 31,350 | 0,328 |
| 8,00 | -1,100 | -0,00140 | 800 | 8,00 | 49,10 | 10,31 | 31,200 | 0,330 |
| 8,25 | -1,100 | -0,00140 | 825 | 8,25 | 49,20 | 10,33 | 31,050 | 0,333 |
| 8,50 | -1,100 | -0,00140 | 850 | 8,50 | 49,20 | 10,33 | 30,900 | 0,334 |
| 8,75 | -1,100 | -0,00140 | 875 | 8,75 | 49,50 | 10,40 | 30,750 | 0,338 |
| 9,00 | -1,100 | -0,00140 | 900 | 9,00 | 49,90 | 10,48 | 30,600 | 0,342 |

KESME KUTUSU DENEYİ

Numune no: HF-1

Lokasyon: 100.yıl Kireçocağı mevkii

Derinlik: Yüzeiden

Başlama Tarihi: 05.12.2004

Deneyi Yapan : Mustafa FENER, Elif ERDEVE

Numune Tanımı: Altere olmuş siltli kil (Handere Formasyonu)

A) Numune Datası

1) Deney Türü: CU (Konsolidasyonlu Drenajsız)

2) Numune Türü: Örselenmiş

3) Numune yüzey alanı: A: (6×6): 36 cm²

B) Deney Datası

1) Normal Yük: 2 kg

2) Deney Öncesi Numune Yüzey Alanı: 36 cm²

3) Normal Stres: 0.555 kg/cm²

4) Kesme Hızı: 1.0000 mm/dak

5) Yay Faktörü: 0.20 kgf/div

6) Kesme Kuvveti: Kuvvet Halkası Okuması × Yay Faktörü

7) Kesme Gerilmesi: Kesme Kuvveti/Düzeltilmiş Alan: 0.438 kg/cm²

| T (Dk) | Dus. Dep. (Inc) | Dus. Dep. (mm) | Yatay Deplasman Okuması (Dial) | Yatay Deplasman Okuması (mm) | Kuvvet Halkası Okuması | Kesme Kuvveti (kg) | Düzeltilmiş Alan (cm ²) | Kesme Gerilmesi (kg/cm ²) |
|--------|-----------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 0,00 | 0,000 | 0,00000 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 36,000 | 0,000 |
| 0,10 | -0,250 | -0,00032 | 10 | 0,10 | 25,60 | 5,38 | 35,940 | 0,150 |
| 0,20 | -1,000 | -0,00127 | 20 | 0,20 | 52,00 | 10,92 | 35,880 | 0,304 |
| 0,30 | -1,000 | -0,00127 | 30 | 0,30 | 54,50 | 11,45 | 35,820 | 0,320 |
| 0,40 | -1,000 | -0,00127 | 40 | 0,40 | 55,00 | 11,55 | 35,760 | 0,323 |
| 0,50 | -1,100 | -0,00140 | 50 | 0,50 | 55,10 | 11,57 | 35,700 | 0,324 |
| 0,75 | -1,100 | -0,00140 | 75 | 0,75 | 67,50 | 14,18 | 35,550 | 0,399 |
| 1,00 | -1,100 | -0,00140 | 100 | 1,00 | 67,90 | 14,26 | 35,400 | 0,403 |
| 1,25 | -1,100 | -0,00140 | 125 | 1,25 | 66,90 | 14,05 | 35,250 | 0,399 |
| 1,50 | -1,100 | -0,00140 | 150 | 1,50 | 66,20 | 13,90 | 35,100 | 0,396 |
| 1,75 | -1,100 | -0,00140 | 175 | 1,75 | 66,00 | 13,86 | 34,950 | 0,397 |
| 2,00 | -1,100 | -0,00140 | 200 | 2,00 | 65,70 | 13,80 | 34,800 | 0,396 |
| 2,25 | -1,100 | -0,00140 | 225 | 2,25 | 65,20 | 13,69 | 34,650 | 0,395 |
| 2,50 | -1,100 | -0,00140 | 250 | 2,50 | 64,90 | 13,63 | 34,500 | 0,395 |
| 2,75 | -1,100 | -0,00140 | 275 | 2,75 | 64,90 | 13,63 | 34,350 | 0,397 |
| 3,00 | -1,100 | -0,00140 | 300 | 3,00 | 64,50 | 13,55 | 34,200 | 0,396 |
| 3,25 | -1,100 | -0,00140 | 325 | 3,25 | 64,50 | 13,55 | 34,050 | 0,398 |
| 3,50 | -1,100 | -0,00140 | 350 | 3,50 | 64,10 | 13,46 | 33,900 | 0,397 |
| 3,75 | -1,100 | -0,00140 | 375 | 3,75 | 64,00 | 13,44 | 33,750 | 0,398 |
| 4,00 | -1,100 | -0,00140 | 400 | 4,00 | 64,00 | 13,44 | 33,600 | 0,400 |
| 4,25 | -1,100 | -0,00140 | 425 | 4,25 | 63,90 | 13,42 | 33,450 | 0,401 |
| 4,50 | -1,200 | -0,00152 | 450 | 4,50 | 63,80 | 13,40 | 33,300 | 0,402 |

| | | | | | | | | |
|------|--------|----------|-----|------|-------|-------|--------|-------|
| 4,75 | -1,200 | -0,00152 | 475 | 4,75 | 63,80 | 13,40 | 33,150 | 0,404 |
| 5,00 | -1,200 | -0,00152 | 500 | 5,00 | 63,80 | 13,40 | 33,000 | 0,406 |
| 5,25 | -1,200 | -0,00152 | 525 | 5,25 | 63,80 | 13,40 | 32,850 | 0,408 |
| 5,50 | -1,200 | -0,00152 | 550 | 5,50 | 63,50 | 13,34 | 32,700 | 0,408 |
| 5,75 | -1,200 | -0,00152 | 575 | 5,75 | 63,20 | 13,27 | 32,550 | 0,408 |
| 6,00 | -1,200 | -0,00152 | 600 | 6,00 | 63,20 | 13,27 | 32,400 | 0,410 |
| 6,25 | -1,200 | -0,00152 | 625 | 6,25 | 63,20 | 13,27 | 32,250 | 0,412 |
| 6,50 | -1,200 | -0,00152 | 650 | 6,50 | 63,20 | 13,27 | 32,100 | 0,413 |
| 6,75 | -1,200 | -0,00152 | 675 | 6,75 | 63,30 | 13,29 | 31,950 | 0,416 |
| 7,00 | -1,200 | -0,00152 | 700 | 7,00 | 63,50 | 13,34 | 31,800 | 0,419 |
| 7,25 | -1,200 | -0,00152 | 725 | 7,25 | 63,50 | 13,34 | 31,650 | 0,421 |
| 7,50 | -1,200 | -0,00152 | 750 | 7,50 | 63,50 | 13,34 | 31,500 | 0,423 |
| 7,75 | -1,200 | -0,00152 | 775 | 7,75 | 63,50 | 13,34 | 31,350 | 0,425 |
| 8,00 | -1,000 | -0,00127 | 800 | 8,00 | 63,80 | 13,40 | 31,200 | 0,429 |
| 8,25 | -1,100 | -0,00140 | 825 | 8,25 | 63,80 | 13,40 | 31,050 | 0,431 |
| 8,50 | -1,100 | -0,00140 | 850 | 8,50 | 63,80 | 13,40 | 30,900 | 0,434 |
| 8,75 | -1,100 | -0,00140 | 875 | 8,75 | 63,80 | 13,40 | 30,750 | 0,436 |
| 9,00 | -1,100 | -0,00140 | 900 | 9,00 | 63,80 | 13,40 | 30,600 | 0,438 |

KESME KUTUSU DENEYİ

Numune no: HF-1

Lokasyon: 100.yıl Kireçocağı mevkii

Derinlik: Yüzeiden

Başlama Tarihi: 05.12.2004

Deneyi Yapan : Mustafa FENER, Elif ERDEVE

Numune Tanımı: Altere olmuş siltli kil (Handere Formasyonu)

A) Numune Datası

1) Deney Türü: CU (Konsolidasyonlu Drenajsız)

2) Numune Türü: Örselenmiş

3) Numune yüzey alanı: A: (6×6): 36 cm²

B) Deney Datası

1) Normal Yük: 3 kg

2) Deney Öncesi Numune Yüzey Alanı: 36 cm²

3) Normal Stres: 0.833 kg/cm²

4) Kesme Hızı: 1.0000 mm/dak

5) Yay Faktörü: 0.20 kgf/div

6) Kesme Kuvveti: Kuvvet Halkası Okuması × Yay Faktörü

7) Kesme Gerilmesi: Kesme Kuvveti/Düzeltilmiş Alan: 0.574 kg/cm²

| T (Dk) | Dus. Dep. (Inc) | Dus. Dep. (mm) | Yatay Deplasman Okuması (Dial) | Yatay Deplasman Okuması (mm) | Kuvvet Halkası Okuması | Kesme Kuvveti (kg) | Düzeltilmiş Alan (cm ²) | Kesme Gerilmesi (kg/cm ²) |
|--------|-----------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 0,00 | 0,000 | 0,00000 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 36,000 | 0,000 |
| 0,10 | 0,000 | 0,00000 | 10 | 0,10 | 32,30 | 6,78 | 35,940 | 0,189 |
| 0,20 | -0,500 | -0,00064 | 20 | 0,20 | 53,00 | 11,13 | 35,880 | 0,310 |
| 0,30 | -0,500 | -0,00064 | 30 | 0,30 | 71,50 | 15,02 | 35,820 | 0,419 |
| 0,40 | -0,500 | -0,00064 | 40 | 0,40 | 79,00 | 16,59 | 35,760 | 0,464 |
| 0,50 | -0,500 | -0,00064 | 50 | 0,50 | 88,00 | 18,48 | 35,700 | 0,518 |
| 0,75 | -0,500 | -0,00064 | 75 | 0,75 | 87,00 | 18,27 | 35,550 | 0,514 |
| 1,00 | -0,500 | -0,00064 | 100 | 1,00 | 86,50 | 18,17 | 35,400 | 0,513 |
| 1,25 | -0,500 | -0,00064 | 125 | 1,25 | 85,80 | 18,02 | 35,250 | 0,511 |
| 1,50 | -0,500 | -0,00064 | 150 | 1,50 | 85,10 | 17,87 | 35,100 | 0,509 |
| 1,75 | -0,500 | -0,00064 | 175 | 1,75 | 85,00 | 17,85 | 34,950 | 0,511 |
| 2,00 | -0,500 | -0,00064 | 200 | 2,00 | 84,90 | 17,83 | 34,800 | 0,512 |
| 2,25 | -0,500 | -0,00064 | 225 | 2,25 | 84,90 | 17,83 | 34,650 | 0,515 |
| 2,50 | -0,500 | -0,00064 | 250 | 2,50 | 84,80 | 17,81 | 34,500 | 0,516 |
| 2,75 | -0,500 | -0,00064 | 275 | 2,75 | 84,50 | 17,75 | 34,350 | 0,517 |
| 3,00 | -0,500 | -0,00064 | 300 | 3,00 | 84,20 | 17,68 | 34,200 | 0,517 |
| 3,25 | -0,500 | -0,00064 | 325 | 3,25 | 84,20 | 17,68 | 34,050 | 0,519 |
| 3,50 | -0,500 | -0,00064 | 350 | 3,50 | 84,20 | 17,68 | 33,900 | 0,522 |
| 3,75 | -0,500 | -0,00064 | 375 | 3,75 | 84,20 | 17,68 | 33,750 | 0,524 |
| 4,00 | -0,500 | -0,00064 | 400 | 4,00 | 84,20 | 17,68 | 33,600 | 0,526 |
| 4,25 | -0,500 | -0,00064 | 425 | 4,25 | 84,10 | 17,66 | 33,450 | 0,528 |
| 4,50 | -0,500 | -0,00064 | 450 | 4,50 | 84,00 | 17,64 | 33,300 | 0,530 |

| | | | | | | | | |
|------|--------|----------|-----|------|-------|-------|--------|-------|
| 4,75 | -0,500 | -0,00064 | 475 | 4,75 | 84,00 | 17,64 | 33,150 | 0,532 |
| 5,00 | -0,500 | -0,00064 | 500 | 5,00 | 84,00 | 17,64 | 33,000 | 0,535 |
| 5,25 | -0,500 | -0,00064 | 525 | 5,25 | 84,00 | 17,64 | 32,850 | 0,537 |
| 5,50 | -0,500 | -0,00064 | 550 | 5,50 | 83,90 | 17,62 | 32,700 | 0,539 |
| 5,75 | -0,500 | -0,00064 | 575 | 5,75 | 83,80 | 17,60 | 32,550 | 0,541 |
| 6,00 | -0,500 | -0,00064 | 600 | 6,00 | 83,50 | 17,54 | 32,400 | 0,541 |
| 6,25 | -0,500 | -0,00064 | 625 | 6,25 | 83,50 | 17,54 | 32,250 | 0,544 |
| 6,50 | -0,500 | -0,00064 | 650 | 6,50 | 83,50 | 17,54 | 32,100 | 0,546 |
| 6,75 | -0,500 | -0,00064 | 675 | 6,75 | 83,50 | 17,54 | 31,950 | 0,549 |
| 7,00 | -0,500 | -0,00064 | 700 | 7,00 | 83,20 | 17,47 | 31,800 | 0,549 |
| 7,25 | -0,500 | -0,00064 | 725 | 7,25 | 83,50 | 17,54 | 31,650 | 0,554 |
| 7,50 | -0,500 | -0,00064 | 750 | 7,50 | 83,50 | 17,54 | 31,500 | 0,557 |
| 7,75 | -0,500 | -0,00064 | 775 | 7,75 | 83,50 | 17,54 | 31,350 | 0,559 |
| 8,00 | -0,500 | -0,00064 | 800 | 8,00 | 83,50 | 17,54 | 31,200 | 0,562 |
| 8,25 | -0,500 | -0,00064 | 825 | 8,25 | 83,50 | 17,54 | 31,050 | 0,565 |
| 8,50 | -0,500 | -0,00064 | 850 | 8,50 | 83,50 | 17,54 | 30,900 | 0,567 |
| 8,75 | -0,500 | -0,00064 | 875 | 8,75 | 83,50 | 17,54 | 30,750 | 0,570 |
| 9,00 | -0,500 | -0,00064 | 900 | 9,00 | 83,60 | 17,56 | 30,600 | 0,574 |

KESME KUTUSU DENEYİ

Numune no: HF-1

Lokasyon: 100.yıl Kireçocağı mevkii

Derinlik: Yüzeiden

Başlama Tarihi: 05.12.2004

Deneyi Yapan : Mustafa FENER, Elif ERDEVE

Numune Tanımı: Altare olmuş siltli kil (Handere Formasyonu)

A) Numune Datası

1) Deney Türü: CU (Konsolidasyonlu Drenajsız)

2) Numune Türü: Örselenmiş

3) Numune yüzey alanı: A: (6×6): 36 cm²

B) Deney Datası

1) Normal Yük: 4 kg

2) Deney Öncesi Numune Yüzey Alanı: 36 cm²

3) Normal Stres: 1.111 kg/cm²

4) Kesme Hızı: 1.0000 mm/dak

5) Yay Faktörü: 0.20 kgf/div

6) Kesme Kuvveti: Kuvvet Halkası Okuması × Yay Faktörü

7) Kesme Gerilmesi: Kesme Kuvveti/Düzeltilmiş Alan: 0.713 kg/cm²

| T (Dk) | Dus. Dep. (Inc) | Dus. Dep. (mm) | Yatay Deplasman Okuması (Dial) | Yatay Deplasman Okuması (mm) | Kuvvet Halkası Okuması | Kesme Kuvveti (kg) | Düzeltilmiş Alan (cm ²) | Kesme Gerilmesi (kg/cm ²) |
|--------|-----------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 0,00 | 0,000 | 0,00000 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 36,000 | 0,000 |
| 0,10 | -1,250 | -0,00159 | 10 | 0,10 | 42,10 | 8,84 | 35,940 | 0,246 |
| 0,20 | -1,000 | -0,00127 | 20 | 0,20 | 96,50 | 20,27 | 35,880 | 0,565 |
| 0,30 | -1,000 | -0,00127 | 30 | 0,30 | 99,00 | 20,79 | 35,820 | 0,580 |
| 0,40 | -1,000 | -0,00127 | 40 | 0,40 | 100,00 | 21,00 | 35,760 | 0,587 |
| 0,50 | -1,000 | -0,00127 | 50 | 0,50 | 112,50 | 23,63 | 35,700 | 0,662 |
| 0,75 | -1,000 | -0,00127 | 75 | 0,75 | 110,80 | 23,27 | 35,550 | 0,655 |
| 1,00 | -1,000 | -0,00127 | 100 | 1,00 | 109,90 | 23,08 | 35,400 | 0,652 |
| 1,25 | -1,000 | -0,00127 | 125 | 1,25 | 109,80 | 23,06 | 35,250 | 0,654 |
| 1,50 | -1,000 | -0,00127 | 150 | 1,50 | 109,00 | 22,89 | 35,100 | 0,652 |
| 1,75 | -1,000 | -0,00127 | 175 | 1,75 | 108,50 | 22,79 | 34,950 | 0,652 |
| 2,00 | -1,000 | -0,00127 | 200 | 2,00 | 107,00 | 22,47 | 34,800 | 0,646 |
| 2,25 | -1,000 | -0,00127 | 225 | 2,25 | 107,00 | 22,47 | 34,650 | 0,648 |
| 2,50 | -1,000 | -0,00127 | 250 | 2,50 | 106,90 | 22,45 | 34,500 | 0,651 |
| 2,75 | -1,000 | -0,00127 | 275 | 2,75 | 107,90 | 22,66 | 34,350 | 0,660 |
| 3,00 | -1,000 | -0,00127 | 300 | 3,00 | 107,20 | 22,51 | 34,200 | 0,658 |
| 3,25 | -1,000 | -0,00127 | 325 | 3,25 | 107,00 | 22,47 | 34,050 | 0,660 |
| 3,50 | -1,000 | -0,00127 | 350 | 3,50 | 106,90 | 22,45 | 33,900 | 0,662 |
| 3,75 | -1,000 | -0,00127 | 375 | 3,75 | 106,50 | 22,37 | 33,750 | 0,663 |
| 4,00 | -1,000 | -0,00127 | 400 | 4,00 | 106,10 | 22,28 | 33,600 | 0,663 |
| 4,25 | -1,000 | -0,00127 | 425 | 4,25 | 106,00 | 22,26 | 33,450 | 0,665 |
| 4,50 | -1,000 | -0,00127 | 450 | 4,50 | 105,80 | 22,22 | 33,300 | 0,667 |

| | | | | | | | | |
|------|--------|----------|-----|------|--------|-------|--------|-------|
| 4,75 | -1,000 | -0,00127 | 475 | 4,75 | 105,50 | 22,16 | 33,150 | 0,668 |
| 5,00 | -1,000 | -0,00127 | 500 | 5,00 | 105,20 | 22,09 | 33,000 | 0,669 |
| 5,25 | -1,000 | -0,00127 | 525 | 5,25 | 105,10 | 22,07 | 32,850 | 0,672 |
| 5,50 | -1,000 | -0,00127 | 550 | 5,50 | 105,10 | 22,07 | 32,700 | 0,675 |
| 5,75 | -1,000 | -0,00127 | 575 | 5,75 | 104,90 | 22,03 | 32,550 | 0,677 |
| 6,00 | -1,000 | -0,00127 | 600 | 6,00 | 104,50 | 21,95 | 32,400 | 0,677 |
| 6,25 | -1,000 | -0,00127 | 625 | 6,25 | 104,30 | 21,90 | 32,250 | 0,679 |
| 6,50 | -1,000 | -0,00127 | 650 | 6,50 | 104,20 | 21,88 | 32,100 | 0,682 |
| 6,75 | -1,000 | -0,00127 | 675 | 6,75 | 104,10 | 21,86 | 31,950 | 0,684 |
| 7,00 | -1,000 | -0,00127 | 700 | 7,00 | 104,00 | 21,84 | 31,800 | 0,687 |
| 7,25 | -1,000 | -0,00127 | 725 | 7,25 | 104,00 | 21,84 | 31,650 | 0,690 |
| 7,50 | -1,000 | -0,00127 | 750 | 7,50 | 104,00 | 21,84 | 31,500 | 0,693 |
| 7,75 | -1,000 | -0,00127 | 775 | 7,75 | 104,00 | 21,84 | 31,350 | 0,697 |
| 8,00 | -1,000 | -0,00127 | 800 | 8,00 | 104,00 | 21,84 | 31,200 | 0,700 |
| 8,25 | -1,000 | -0,00127 | 825 | 8,25 | 104,00 | 21,84 | 31,050 | 0,703 |
| 8,50 | -1,000 | -0,00127 | 850 | 8,50 | 103,90 | 21,82 | 30,900 | 0,706 |
| 8,75 | -1,000 | -0,00127 | 875 | 8,75 | 103,90 | 21,82 | 30,750 | 0,710 |
| 9,00 | -1,000 | -0,00127 | 900 | 9,00 | 103,90 | 21,82 | 30,600 | 0,713 |

KESME KUTUSU DENEYİ

Numune no: HF-1

Lokasyon: 100.yıl Kireçocağı mevkii

Derinlik: Yüzeyden

Başlama Tarihi: 05.12.2004

Deneyi Yapan : Mustafa FENER, Elif ERDEVE

Numune Tanımı: Altare olmuş siltli kil (Handere Formasyonu)

A) Numune Datası

1) Deney Türü: CU (Konsolidasyonlu Drenajsız)

2) Numune Türü: Örselenmiş

3) Numune yüzey alanı: A: (6×6): 36 cm²

B) Deney Datası

1) Normal Yük: 5 kg

2) Deney Öncesi Numune Yüzey Alanı: 36 cm²

3) Normal Stres: 1.388 kg/cm²

4) Kesme Hızı: 1.0000 mm/dak

5) Yay Faktörü: 0.20 kgf/div

6) Kesme Kuvveti: Kuvvet Halkası Okuması × Yay Faktörü

7) Kesme Gerilmesi: Kesme Kuvveti/Düzeltilmiş Alan: 0.817 kg/cm²

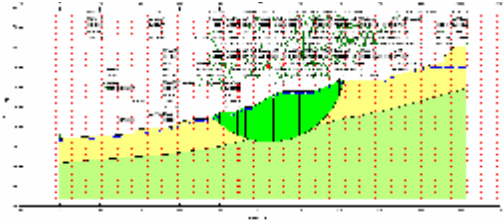
| T (Dk) | Dus. Dep. (Inc) | Dus. Dep. (mm) | Yatay Deplasman Okuması (Dial) | Yatay Deplasman Okuması (mm) | Kuvvet Halkası Okuması | Kesme Kuvveti (kg) | Düzeltilmiş Alan (cm ²) | Kesme Gerilmesi (kg/cm ²) |
|--------|-----------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 0,00 | 0,000 | 0,00000 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 36,000 | 0,000 |
| 0,10 | 0,000 | 0,00000 | 10 | 0,10 | 49,80 | 10,46 | 35,940 | 0,291 |
| 0,20 | -0,500 | -0,00064 | 20 | 0,20 | 117,50 | 24,68 | 35,880 | 0,688 |
| 0,30 | -0,600 | -0,00076 | 30 | 0,30 | 122,00 | 25,62 | 35,820 | 0,715 |
| 0,40 | -0,600 | -0,00076 | 40 | 0,40 | 122,50 | 25,73 | 35,760 | 0,719 |
| 0,50 | -0,600 | -0,00076 | 50 | 0,50 | 122,90 | 25,81 | 35,700 | 0,723 |
| 0,75 | -0,700 | -0,00089 | 75 | 0,75 | 129,00 | 27,09 | 35,550 | 0,762 |
| 1,00 | -0,800 | -0,00102 | 100 | 1,00 | 127,50 | 26,78 | 35,400 | 0,756 |
| 1,25 | -0,700 | -0,00089 | 125 | 1,25 | 126,50 | 26,57 | 35,250 | 0,754 |
| 1,50 | -0,700 | -0,00089 | 150 | 1,50 | 125,50 | 26,36 | 35,100 | 0,751 |
| 1,75 | -0,700 | -0,00089 | 175 | 1,75 | 125,20 | 26,29 | 34,950 | 0,752 |
| 2,00 | -0,700 | -0,00089 | 200 | 2,00 | 125,10 | 26,27 | 34,800 | 0,755 |
| 2,25 | -0,700 | -0,00089 | 225 | 2,25 | 124,90 | 26,23 | 34,650 | 0,757 |
| 2,50 | -0,700 | -0,00089 | 250 | 2,50 | 124,50 | 26,15 | 34,500 | 0,758 |
| 2,75 | -0,700 | -0,00089 | 275 | 2,75 | 124,20 | 26,08 | 34,350 | 0,759 |
| 3,00 | -0,700 | -0,00089 | 300 | 3,00 | 124,00 | 26,04 | 34,200 | 0,761 |
| 3,25 | -0,700 | -0,00089 | 325 | 3,25 | 123,50 | 25,94 | 34,050 | 0,762 |
| 3,50 | -0,700 | -0,00089 | 350 | 3,50 | 123,50 | 25,94 | 33,900 | 0,765 |
| 3,75 | -0,700 | -0,00089 | 375 | 3,75 | 123,00 | 25,83 | 33,750 | 0,765 |
| 4,00 | -0,700 | -0,00089 | 400 | 4,00 | 122,90 | 25,81 | 33,600 | 0,768 |
| 4,25 | -0,700 | -0,00089 | 425 | 4,25 | 122,50 | 25,73 | 33,450 | 0,769 |
| 4,50 | -0,700 | -0,00089 | 450 | 4,50 | 122,10 | 25,64 | 33,300 | 0,770 |

| | | | | | | | | |
|------|--------|----------|-----|------|--------|-------|--------|-------|
| 4,75 | -0,700 | -0,00089 | 475 | 4,75 | 122,10 | 25,64 | 33,150 | 0,773 |
| 5,00 | -0,700 | -0,00089 | 500 | 5,00 | 121,90 | 25,60 | 33,000 | 0,776 |
| 5,25 | -0,700 | -0,00089 | 525 | 5,25 | 121,30 | 25,47 | 32,850 | 0,775 |
| 5,50 | -0,700 | -0,00089 | 550 | 5,50 | 121,10 | 25,43 | 32,700 | 0,778 |
| 5,75 | -0,700 | -0,00089 | 575 | 5,75 | 121,10 | 25,43 | 32,550 | 0,781 |
| 6,00 | -0,700 | -0,00089 | 600 | 6,00 | 120,50 | 25,31 | 32,400 | 0,781 |
| 6,25 | -0,700 | -0,00089 | 625 | 6,25 | 120,50 | 25,31 | 32,250 | 0,785 |
| 6,50 | -0,700 | -0,00089 | 650 | 6,50 | 120,50 | 25,31 | 32,100 | 0,788 |
| 6,75 | -0,700 | -0,00089 | 675 | 6,75 | 120,30 | 25,26 | 31,950 | 0,791 |
| 7,00 | -0,700 | -0,00089 | 700 | 7,00 | 120,10 | 25,22 | 31,800 | 0,793 |
| 7,25 | -0,700 | -0,00089 | 725 | 7,25 | 120,10 | 25,22 | 31,650 | 0,797 |
| 7,50 | -0,700 | -0,00089 | 750 | 7,50 | 120,10 | 25,22 | 31,500 | 0,801 |
| 7,75 | -0,700 | -0,00089 | 775 | 7,75 | 119,90 | 25,18 | 31,350 | 0,803 |
| 8,00 | -0,700 | -0,00089 | 800 | 8,00 | 119,90 | 25,18 | 31,200 | 0,807 |
| 8,25 | -0,700 | -0,00089 | 825 | 8,25 | 119,10 | 25,01 | 31,050 | 0,806 |
| 8,50 | -0,700 | -0,00089 | 850 | 8,50 | 119,00 | 24,99 | 30,900 | 0,809 |
| 8,75 | -0,700 | -0,00089 | 875 | 8,75 | 119,00 | 24,99 | 30,750 | 0,813 |
| 9,00 | -0,700 | -0,00089 | 900 | 9,00 | 119,00 | 24,99 | 30,600 | 0,817 |

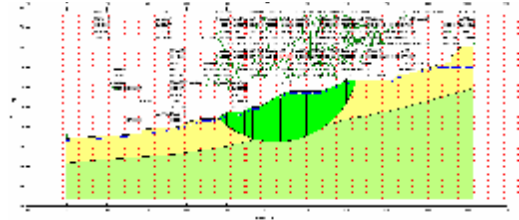
EK 5

Ordinary, Jambu, Morgenstern ve Bishop Yöntemlerine Göre Geoslope programında yapılan heyelan analiz sonuçları ve güvenlik katsayıları 1.00'den büyük elde edilen alanlar

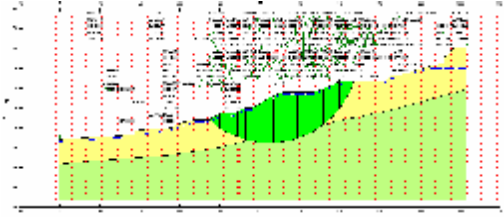
ORDINARY YÖNTEMİ



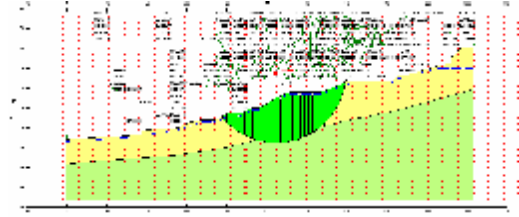
Gs: 1.355



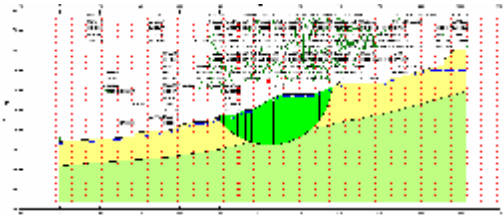
Gs: 1.357



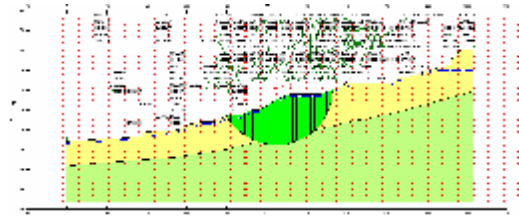
Gs: 1.389



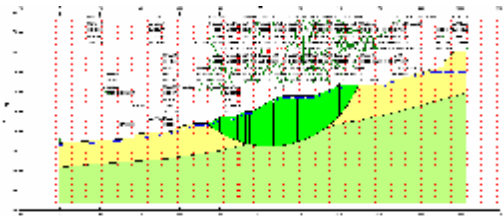
Gs: 1.399



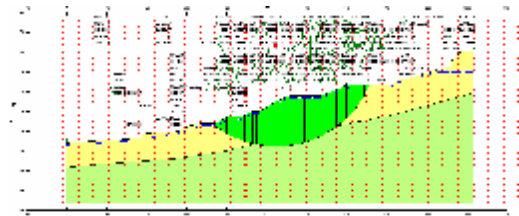
Gs: 1.422



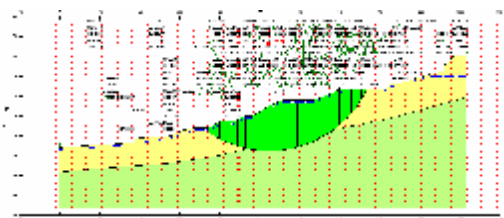
Gs: 1.424



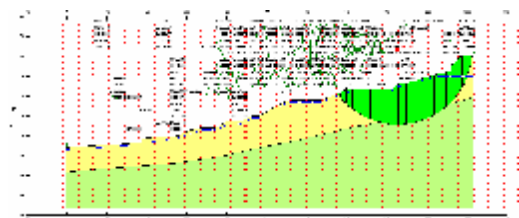
Gs: 1.428



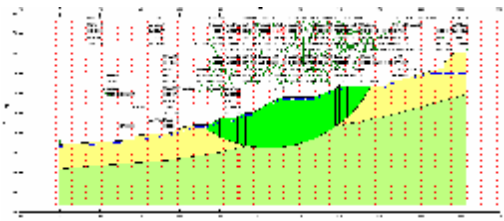
Gs: 1.493



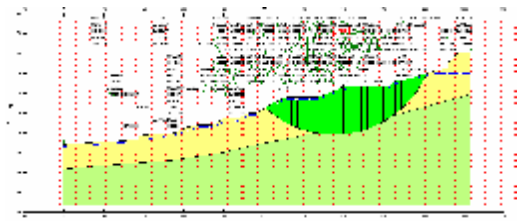
Gs: 1.568



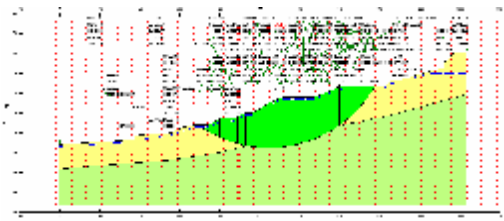
Gs: 1.603



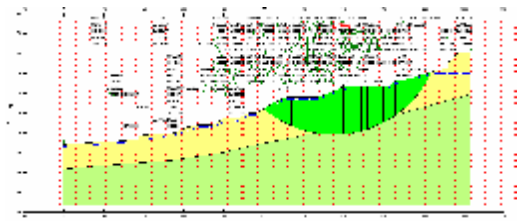
Gs: 1.642



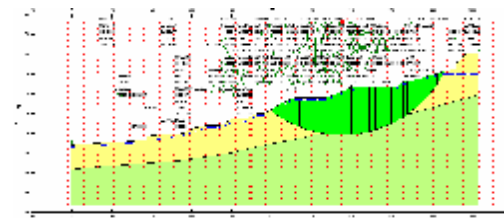
Gs: 1.726



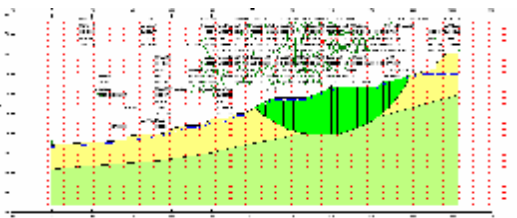
Gs: 1.726A



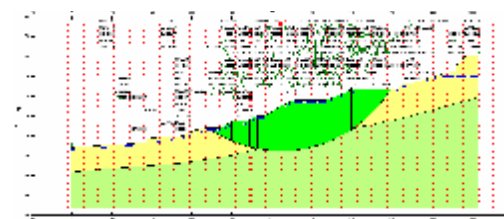
Gs: 1.745



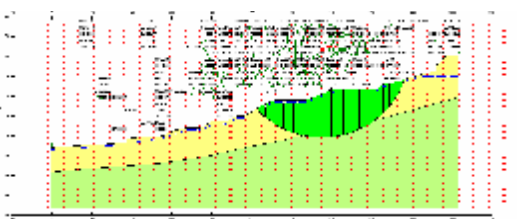
Gs: 1.758



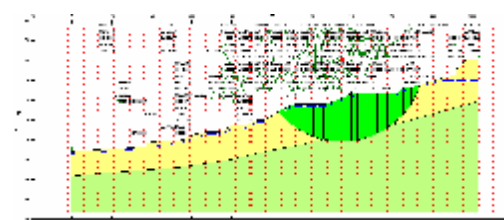
Gs: 1.772



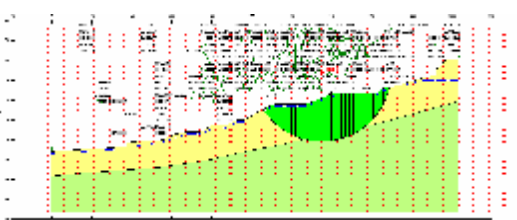
Gs: 1.814



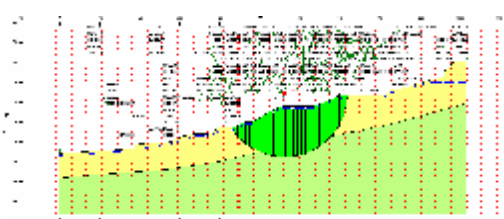
Gs: 1.849



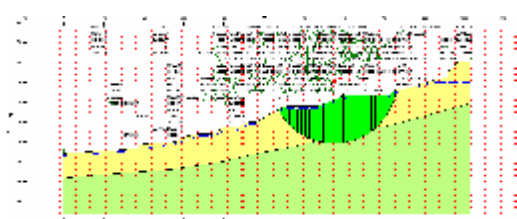
Gs: 1.906



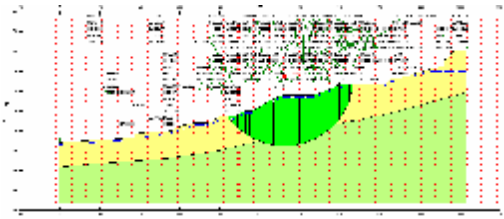
Gs: 1.986



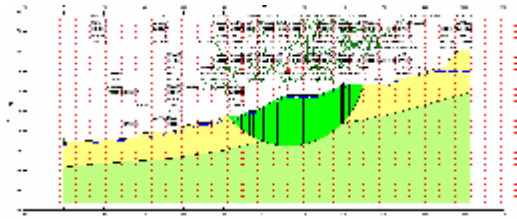
Gs: 2.075



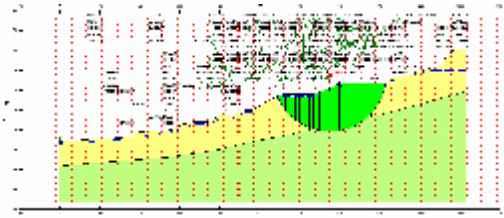
Gs: 2.111



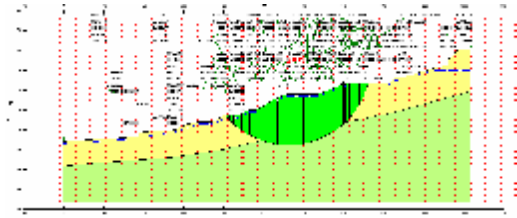
Gs: 2.113



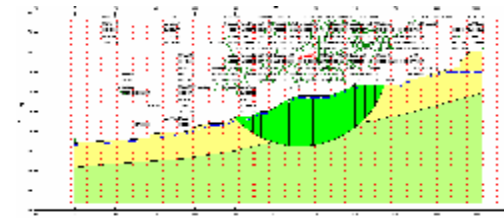
Gs: 2.177



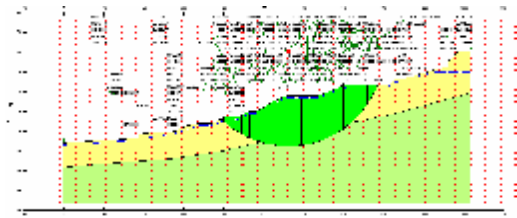
Gs: 2.214



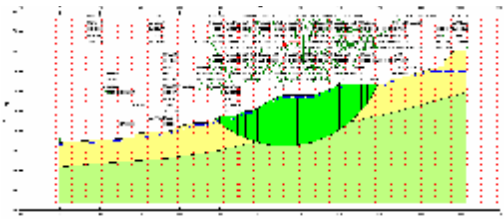
Gs: 2.254



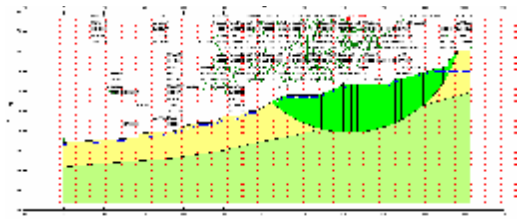
Gs: 2.335



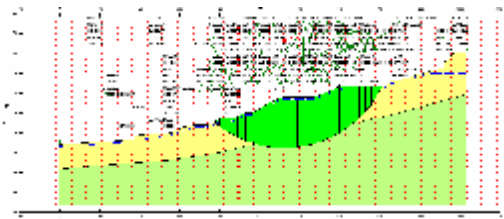
Gs: 2.409



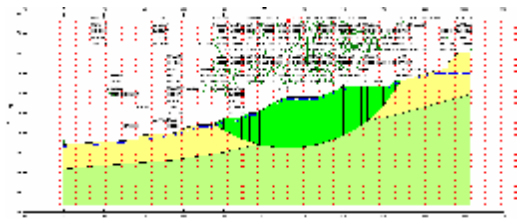
Gs: 2.477



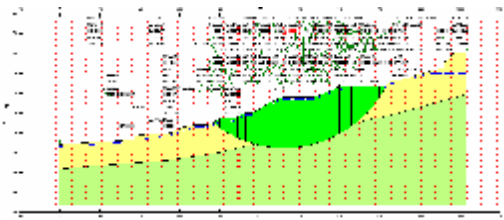
Gs: 2.533



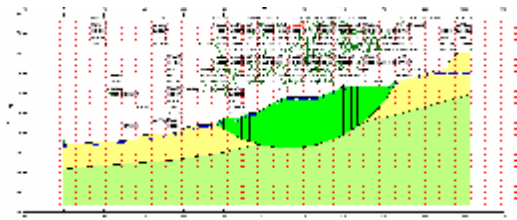
Gs: 2.541



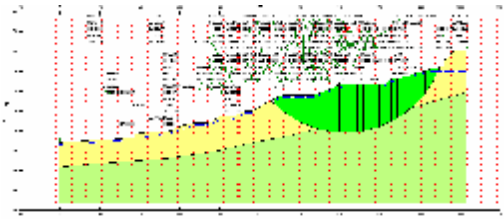
Gs: 2.600



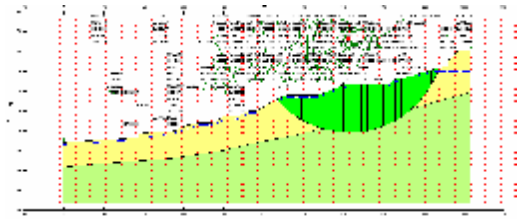
Gs: 2.609



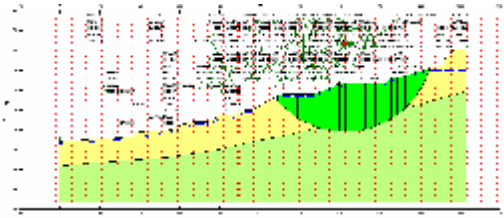
Gs: 2.610



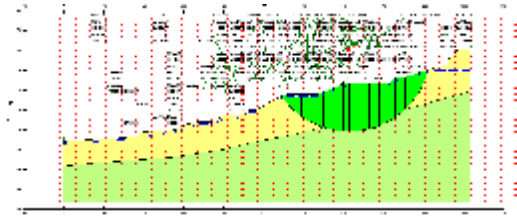
Gs: 2.711



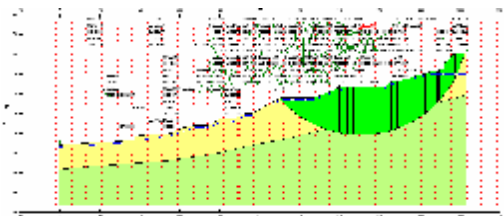
Gs: 2.752



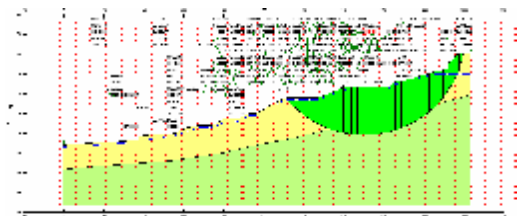
Gs: 2.787



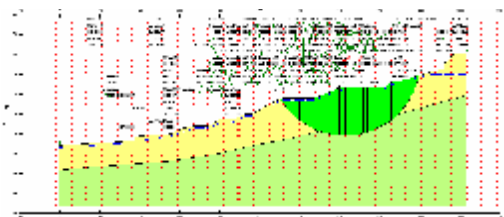
Gs: 2.852



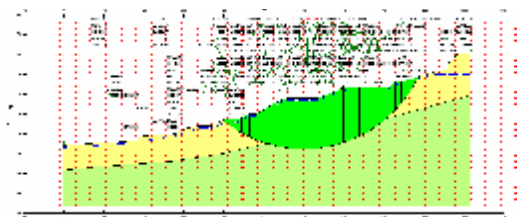
Gs: 2.888



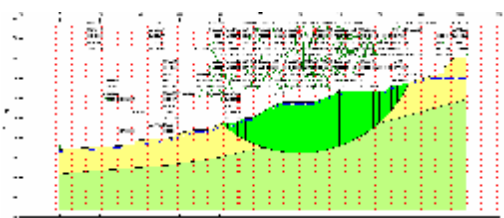
Gs: 3.010



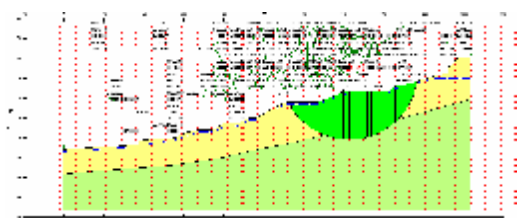
Gs: 3.011



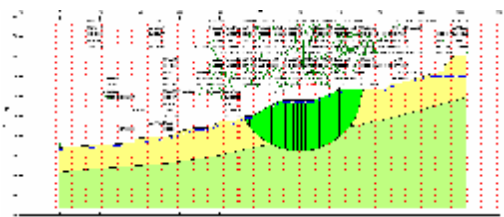
Gs: 3.074



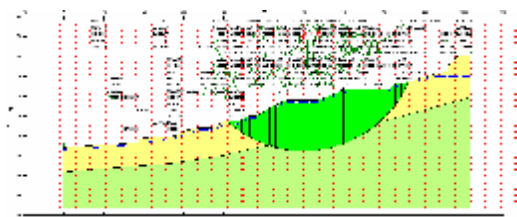
Gs: 3.111



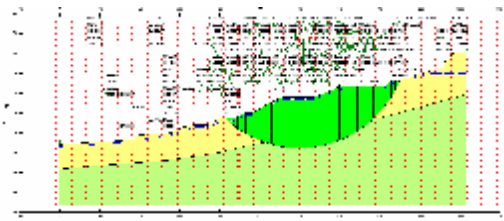
Gs: 3.115



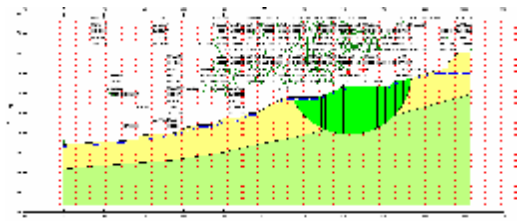
Gs: 3.135



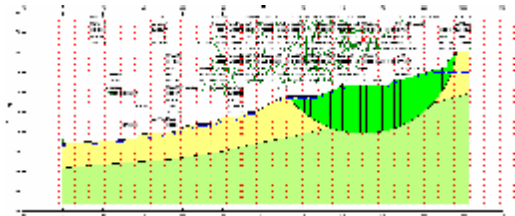
Gs: 3.137



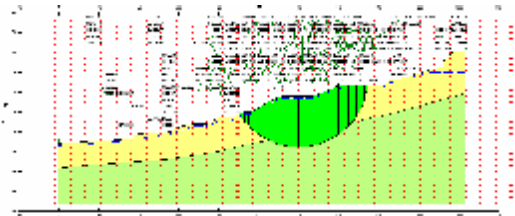
Gs: 3.175



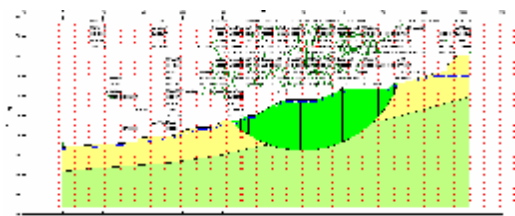
Gs: 3.179



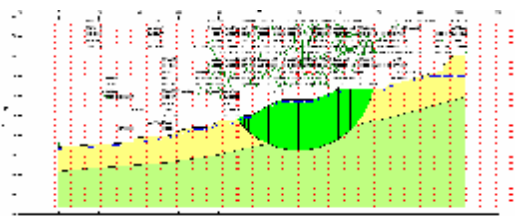
Gs: 3.206



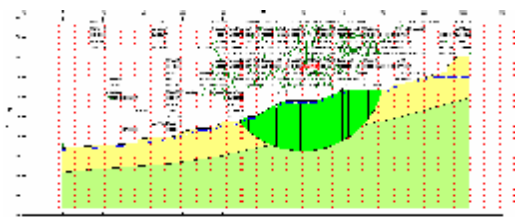
Gs: 3.214



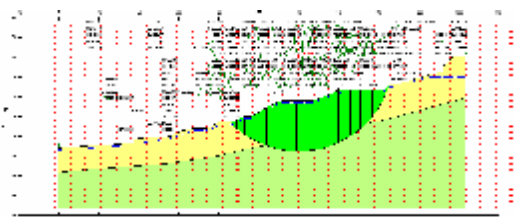
Gs: 3.215



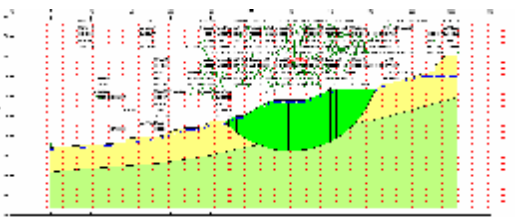
Gs: 3.235



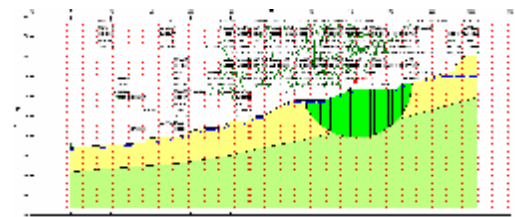
Gs: 3.265



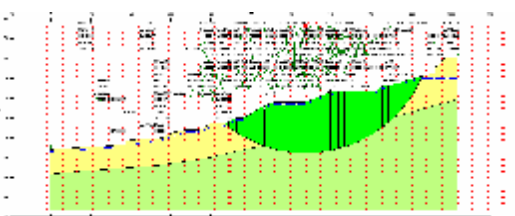
Gs: 3.279



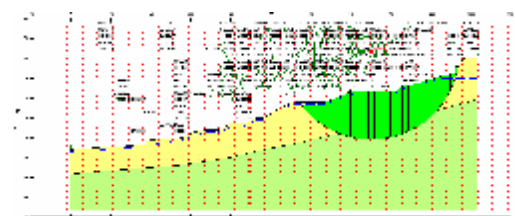
Gs: 3.302



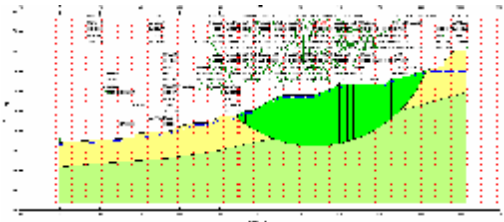
Gs: 3.305



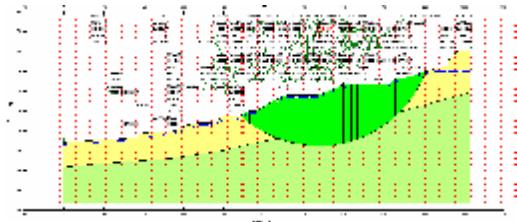
Gs: 3.423



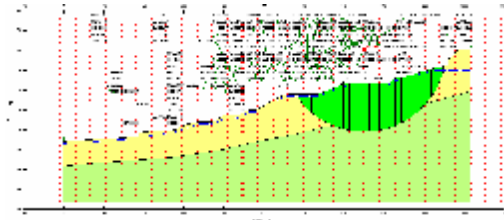
Gs: 3.445



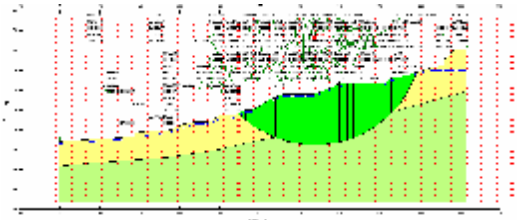
Gs: 3.446



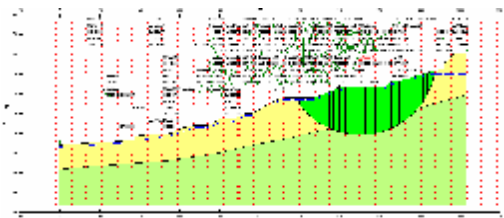
Gs: 3.543



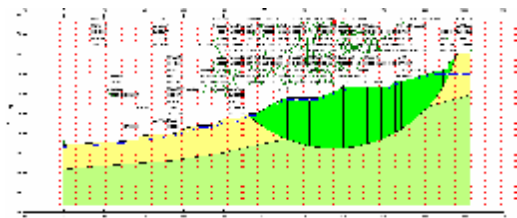
Gs: 3.587



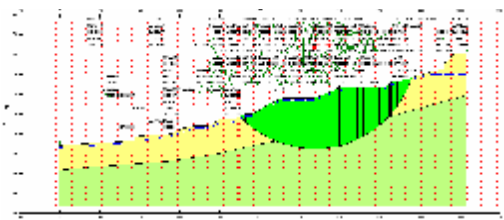
Gs: 3.620



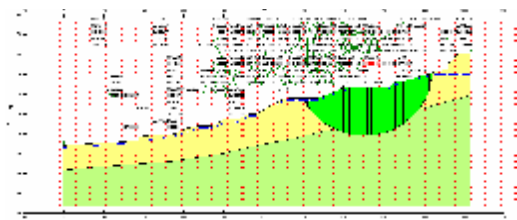
Gs: 3.666



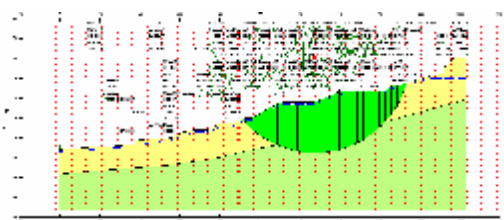
Gs: 3.695



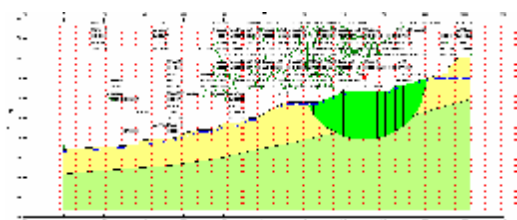
Gs: 3.717



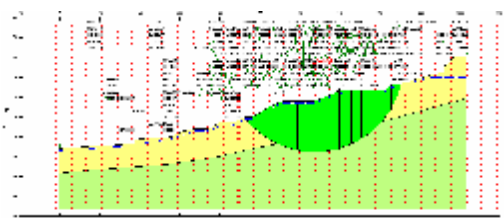
Gs: 3.780



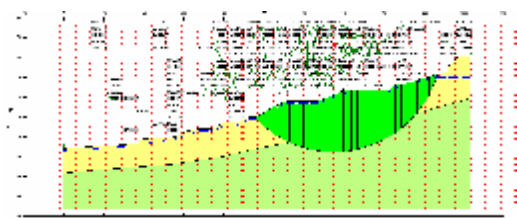
Gs: 3.814



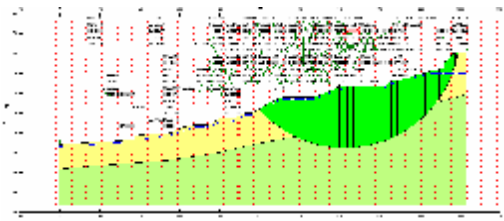
Gs: 3.888



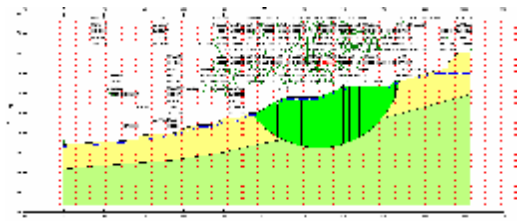
Gs: 3.935



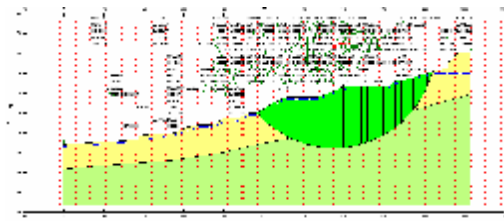
Gs: 4.008



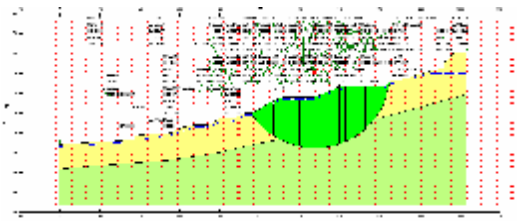
Gs: 4.038



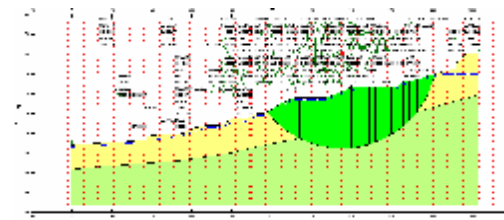
Gs: 4.072



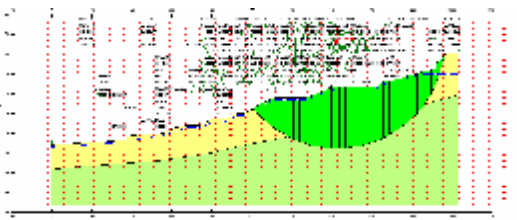
Gs: 4.149



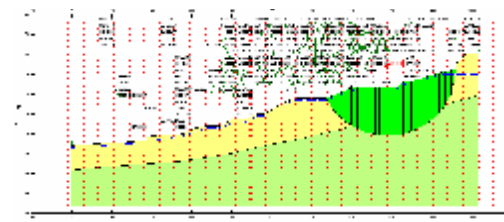
Gs: 4.316



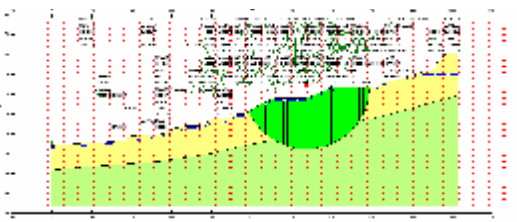
Gs: 4.331



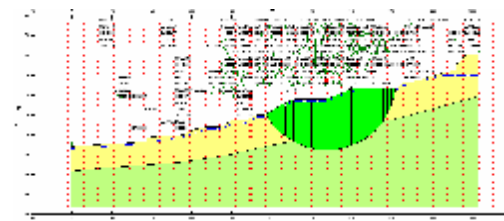
Gs: 4.346



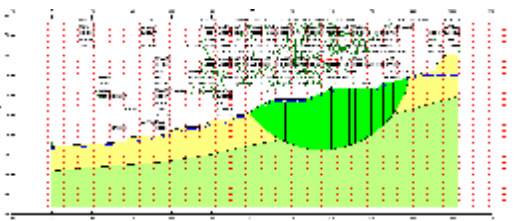
Gs: 4.373



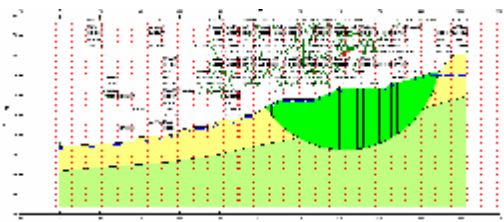
Gs: 4.563



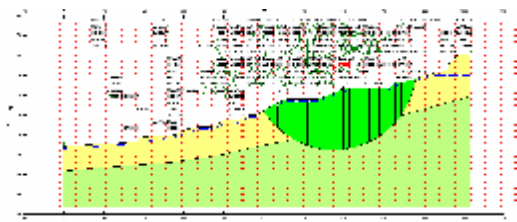
Gs: 4.567



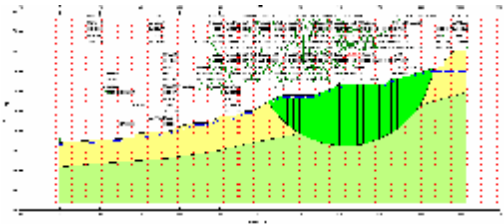
Gs: 4.583



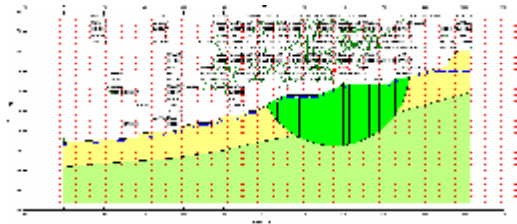
Gs: 4.831



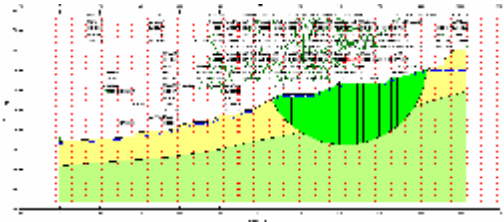
Gs: 4.887



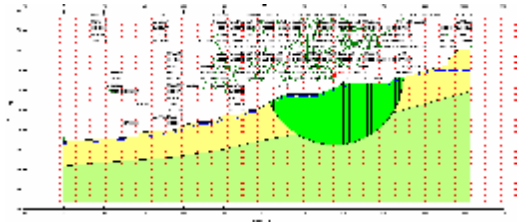
Gs: 5.030



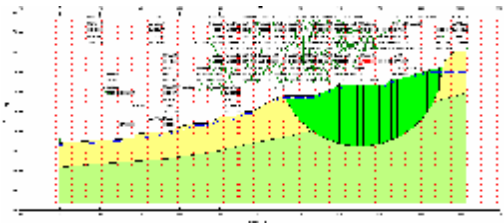
Gs: 5.182



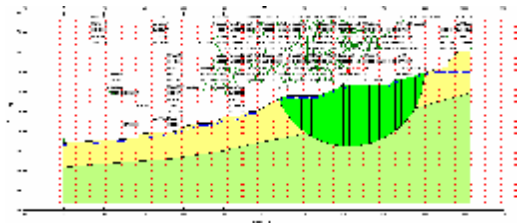
Gs: 5.255



Gs: 5.427

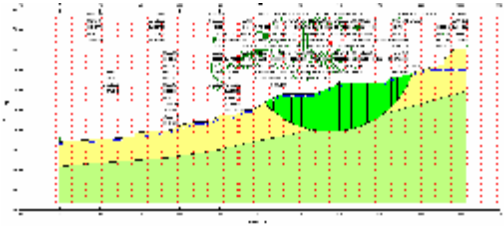


Gs: 5.580

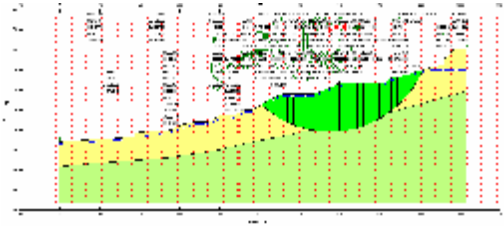


Gs: 5.610

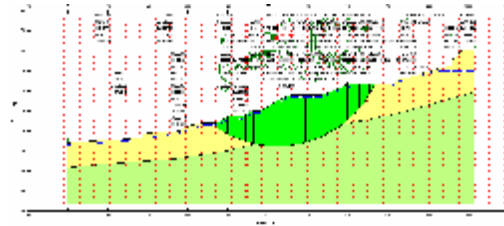
JAMBU YÖNTEMİ



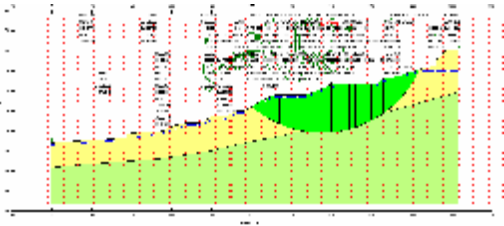
Gs: 1.001



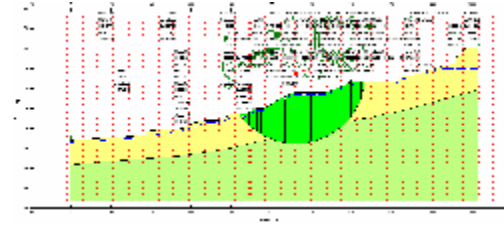
Gs: 1,004



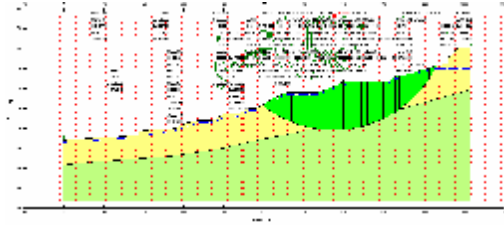
Gs: 1,067



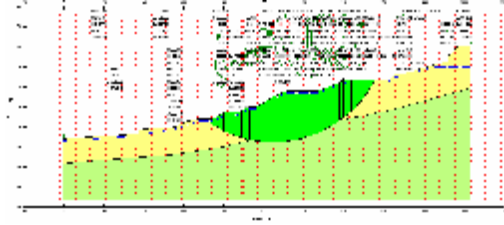
Gs: 1,077



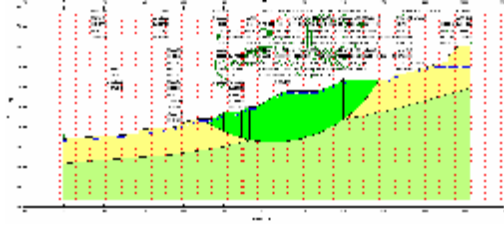
Gs: 1,085



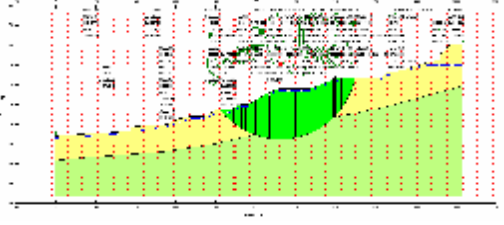
Gs: 1,131



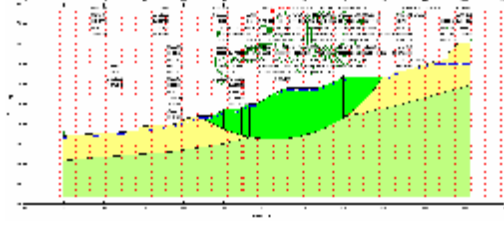
Gs: 1,169



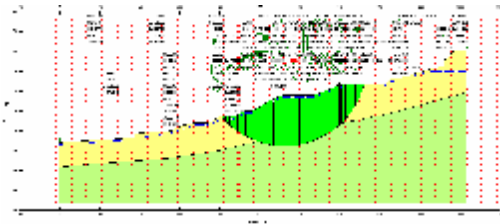
Gs: 1,283



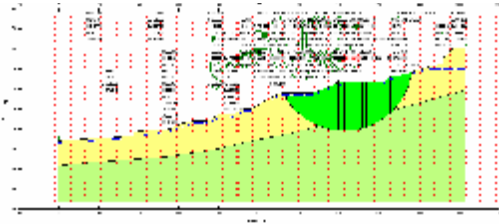
Gs: 1,294



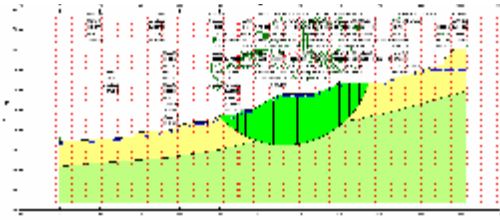
Gs: 1,395



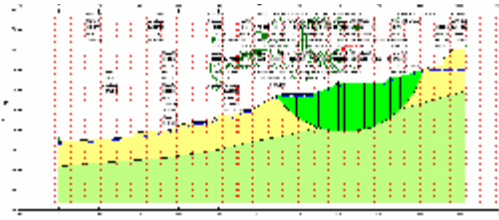
Gs: 1.479



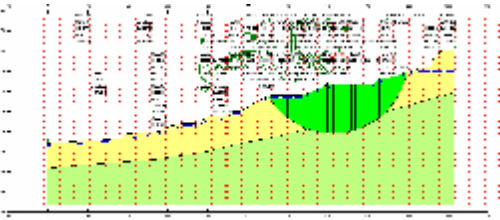
Gs: 1.612



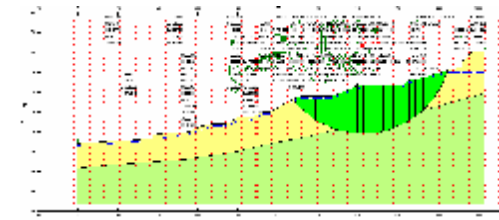
Gs: 1.644



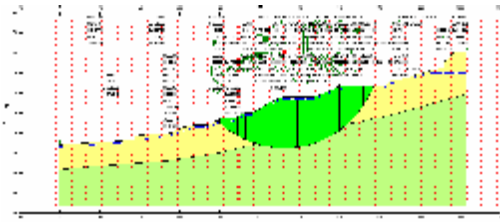
Gs: 1.686



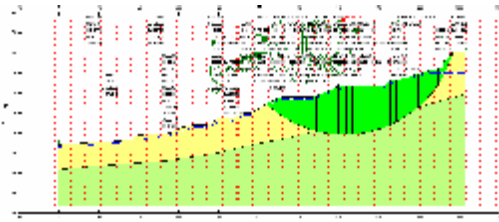
Gs: 1.740



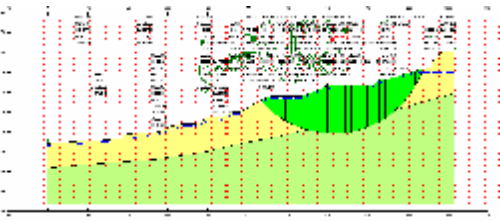
Gs: 1.779



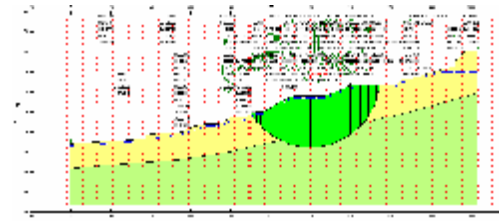
Gs: 1.783



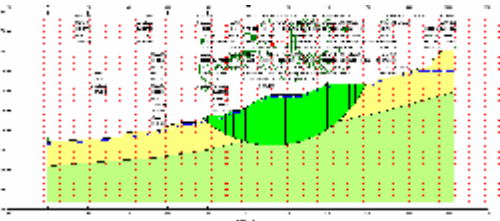
Gs: 1.838



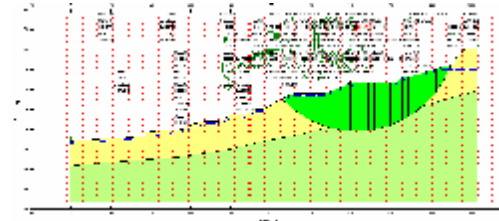
Gs: 1.876



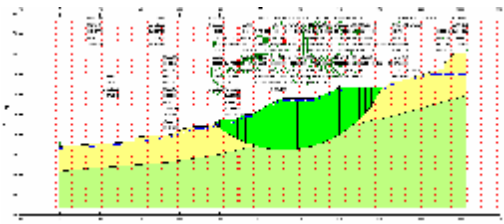
Gs: 1.899



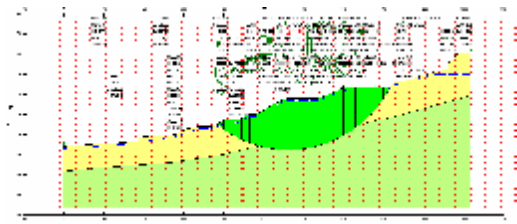
Gs: 1.906



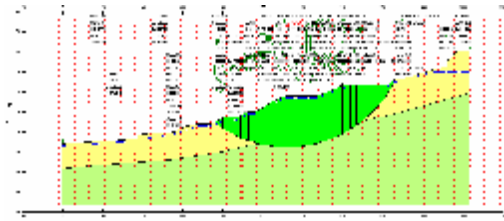
Gs: 1.915



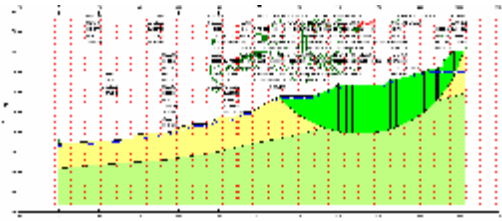
Gs: 2.014



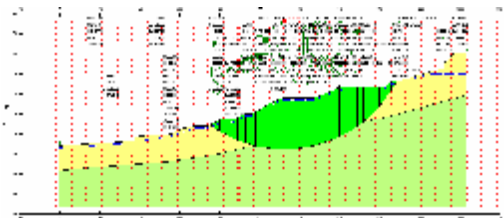
Gs: 2.114



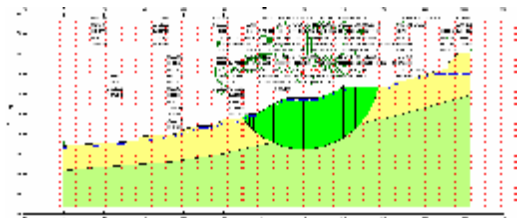
Gs: 2.131



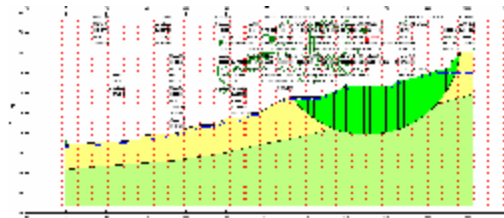
Gs: 2.132



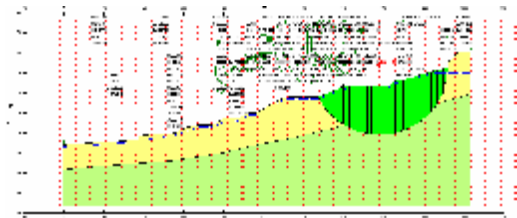
Gs: 2.145



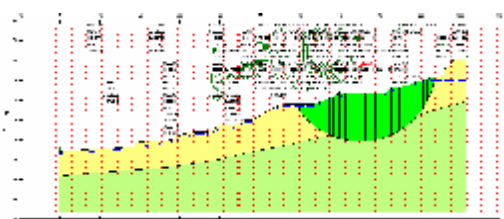
Gs: 2.157



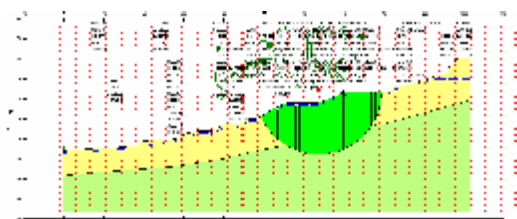
Gs: 2.222



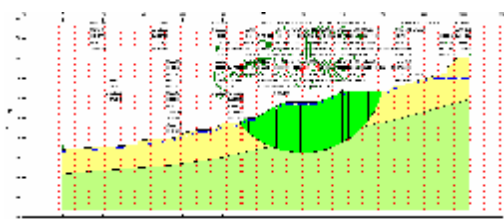
Gs: 2.244



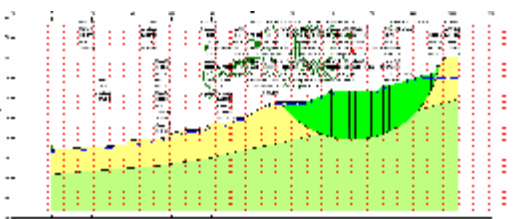
Gs: 2.266



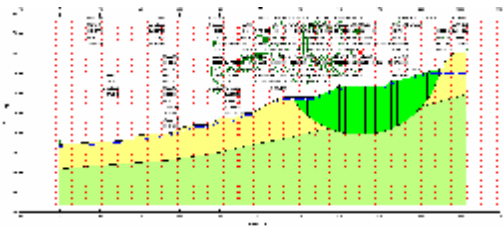
Gs: 2.297



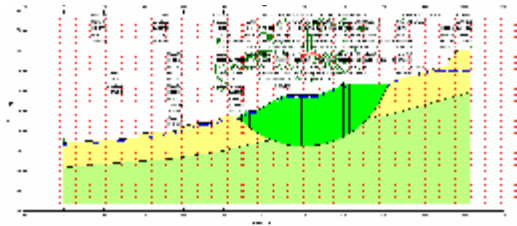
Gs: 2.347



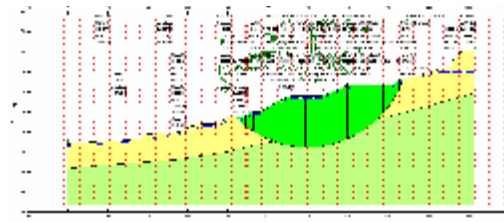
Gs: 2.375



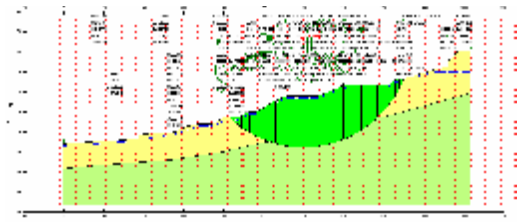
Gs: 2.420



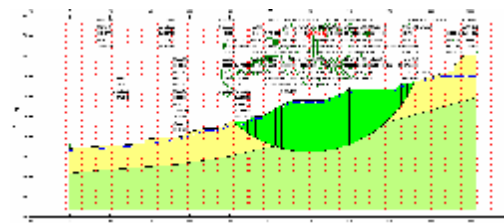
2.503



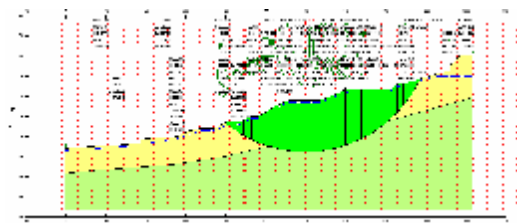
Gs: 2.518



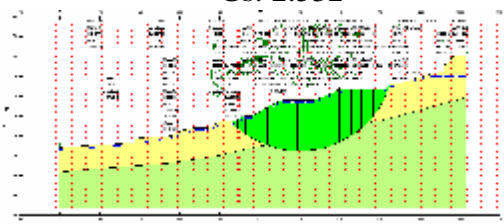
2.529



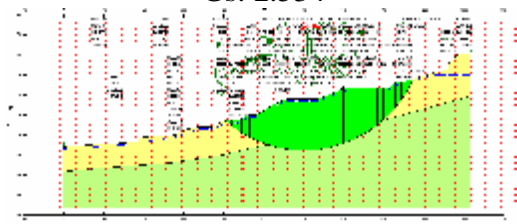
Gs: 2.532



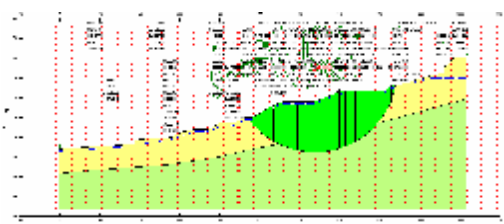
Gs: 2.534



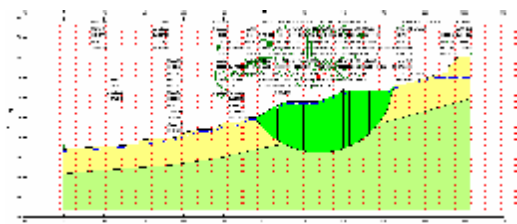
Gs: 2.538



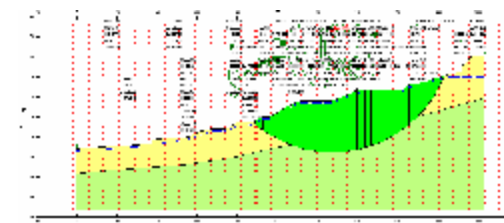
Gs: 2.542



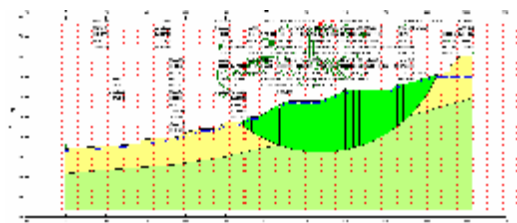
Gs: 2.743



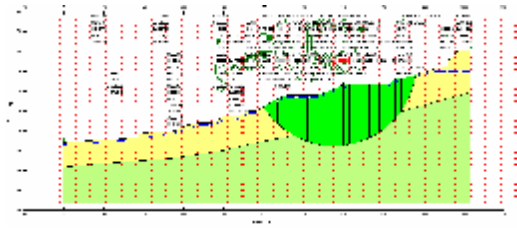
Gs: 2.749



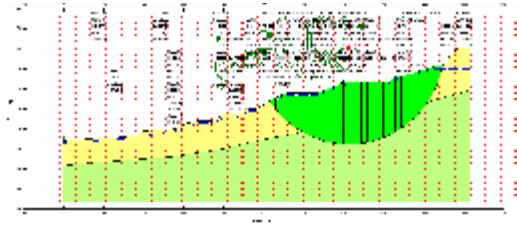
Gs: 2.761



Gs: 2.784

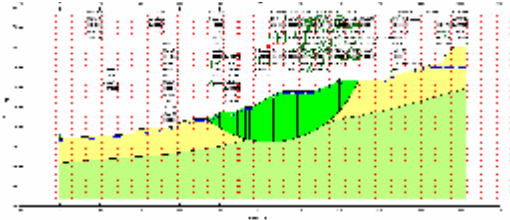


Gs: 3.227

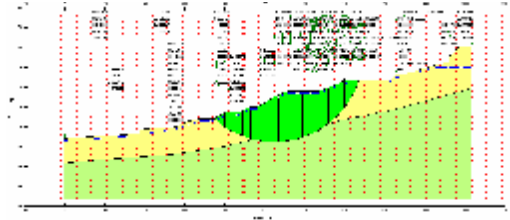


Gs: 3.462

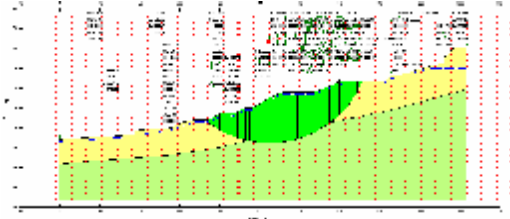
MORGENSTERN YÖNTEMİ



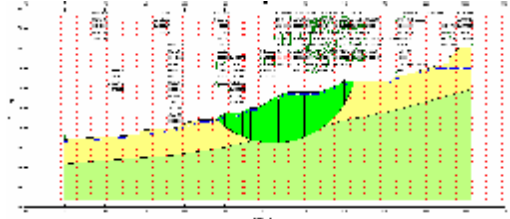
Gs: 1.930



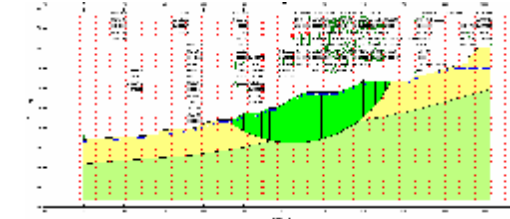
Gs: 1.934



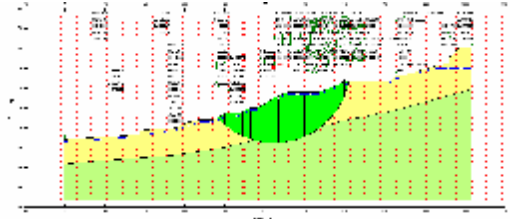
Gs: 1.949



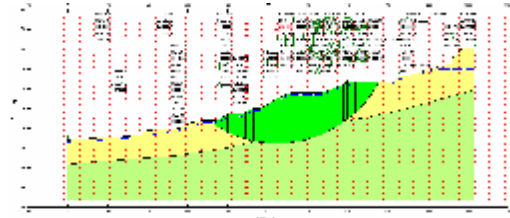
Gs: 1.954



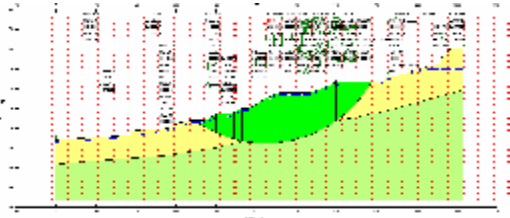
Gs: 1.983



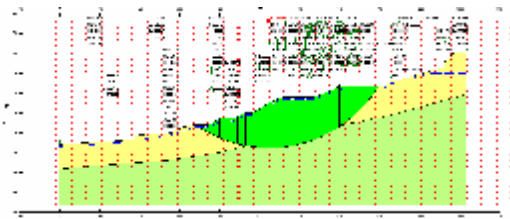
Gs: 2.002



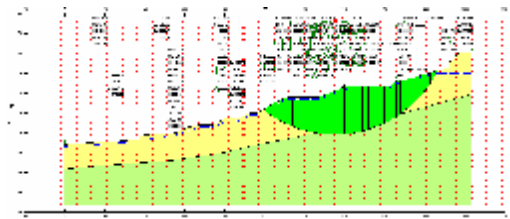
Gs: 2.024



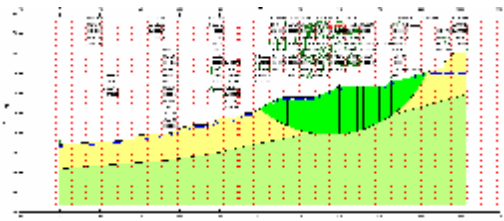
Gs: 2.076



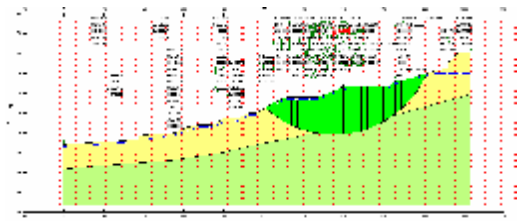
Gs: 2.138



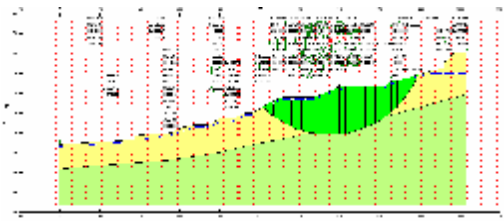
Gs: 2.219



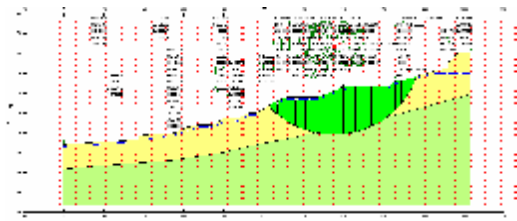
Gs: 2.233



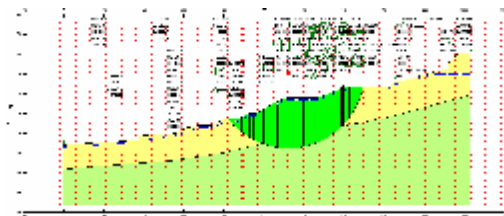
Gs: 2.248



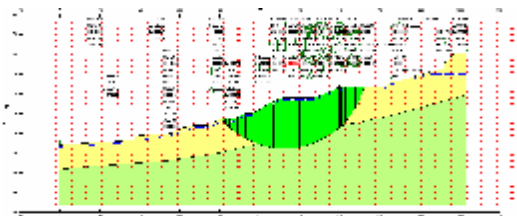
Gs: 2.319



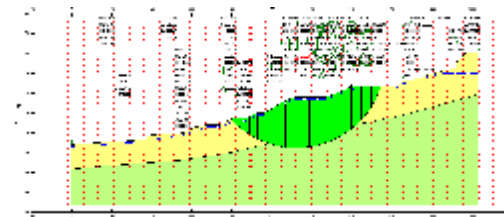
Gs: 2.422



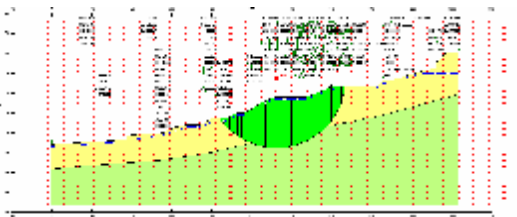
Gs: 2.834



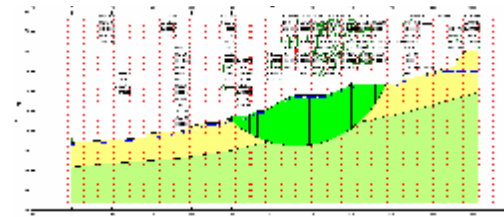
Gs: 2.836



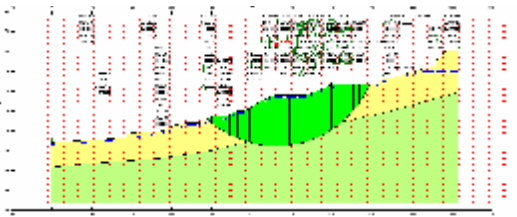
Gs: 2.860



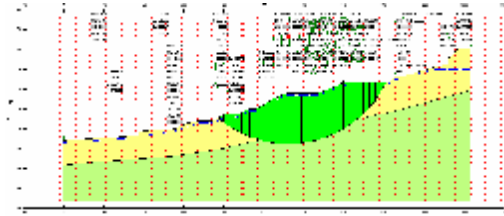
Gs: 2.875



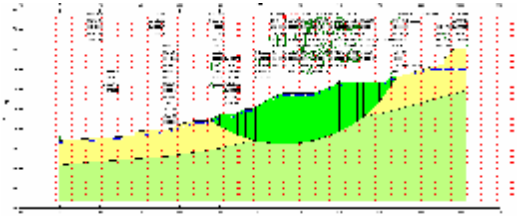
Gs: 2.889



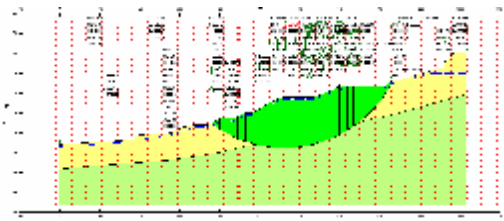
Gs: 2.919



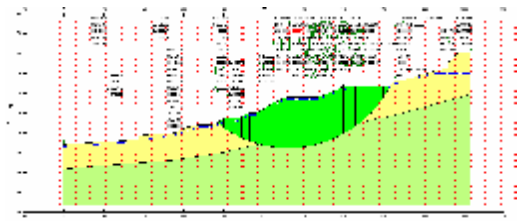
Gs: 2.951



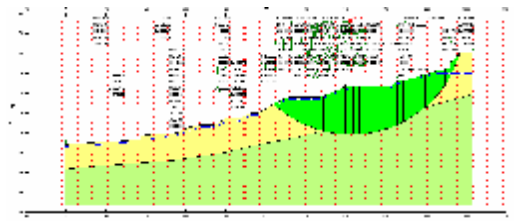
Gs: 2.952



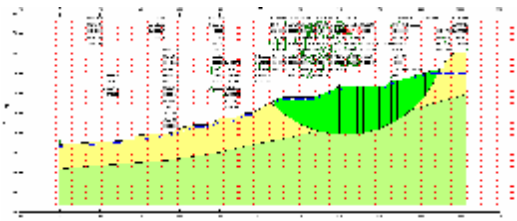
Gs: 2.971



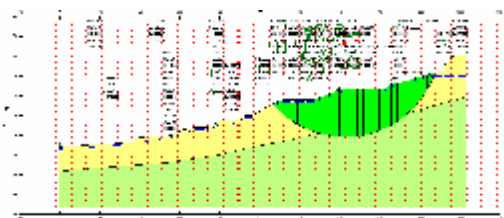
Gs: 2.985



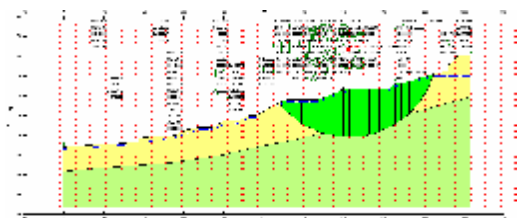
Gs: 3.022



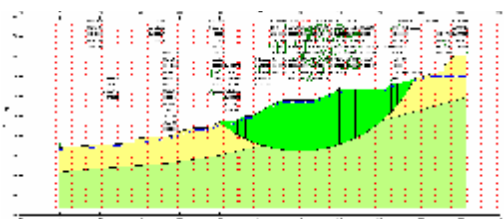
Gs: 3.267



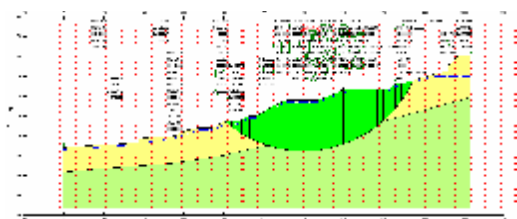
Gs: 3.355



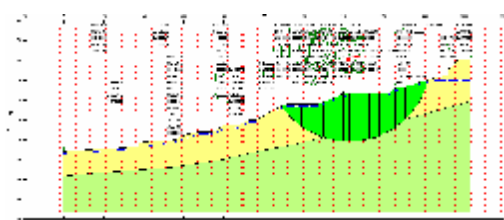
Gs: 3.456



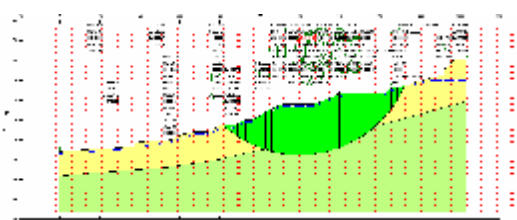
Gs: 3.502



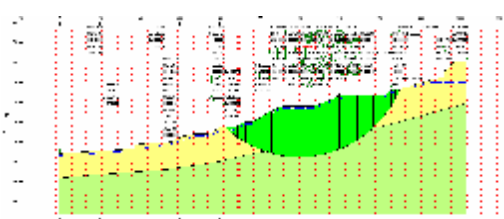
Gs: 3.563



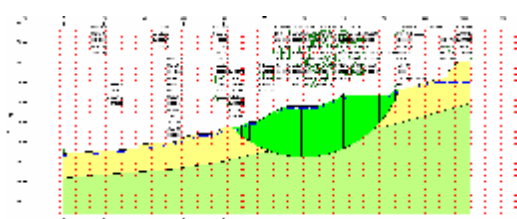
Gs: 3.599



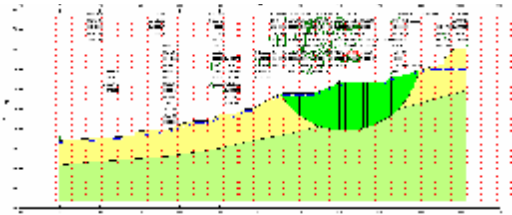
Gs: 3.618



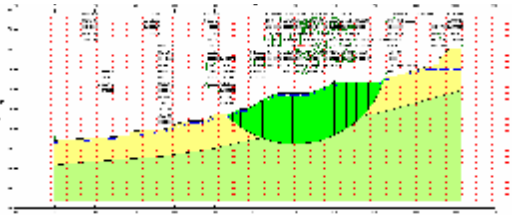
Gs: 3.689



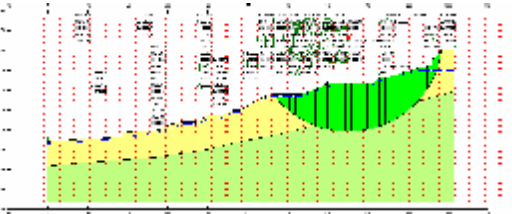
Gs: 3.770



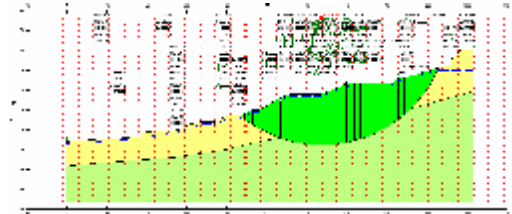
Gs: 3.840



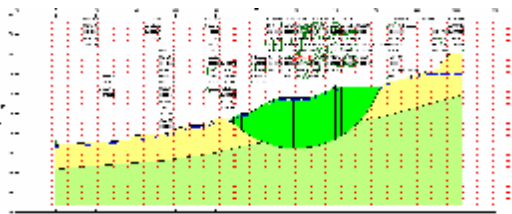
Gs: 3.880



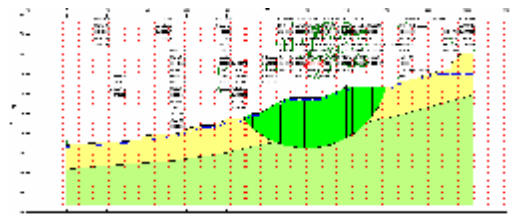
Gs: 3.909



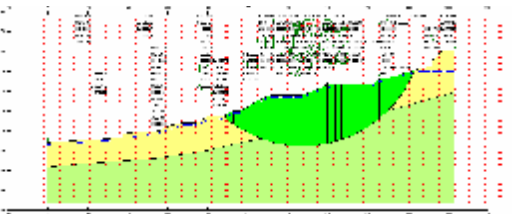
Gs: 3.952



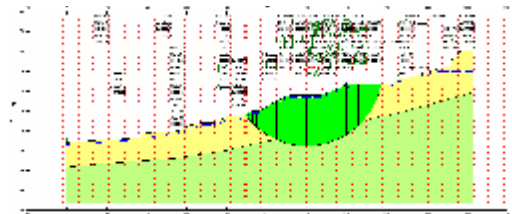
Gs: 3.956



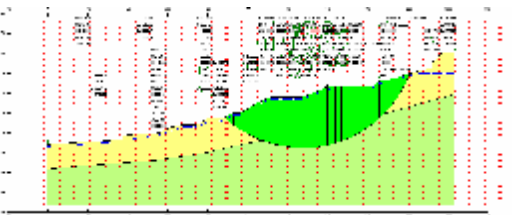
Gs: 3.991



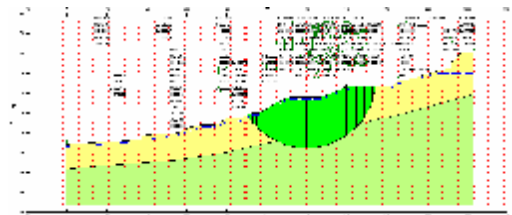
Gs: 4.032



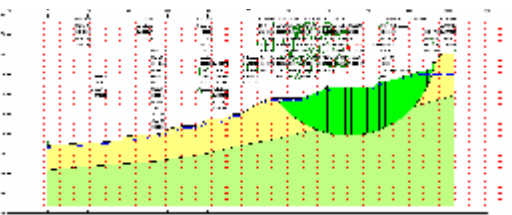
Gs: 4.052



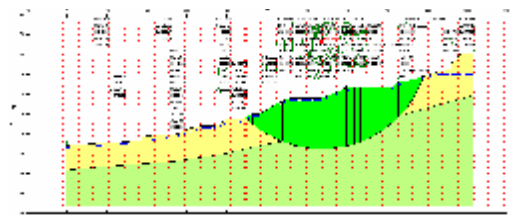
Gs: 4.149



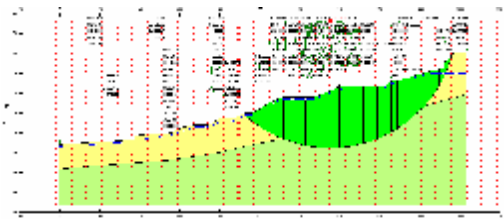
Gs: 4.155



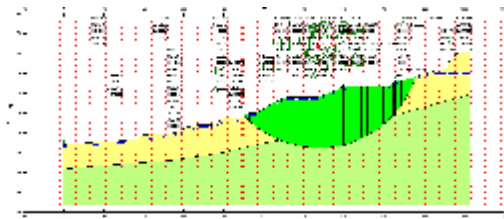
Gs: 4.234



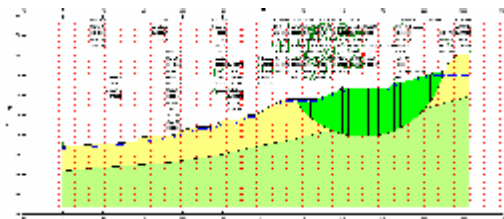
Gs: 4.273



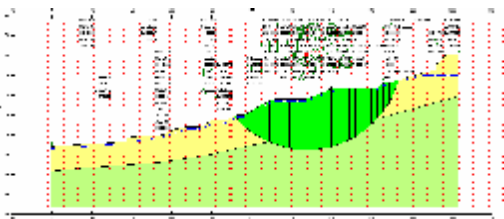
Gs: 4.328



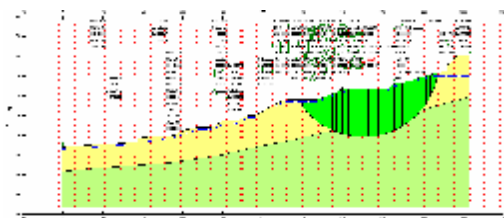
Gs: 4.421



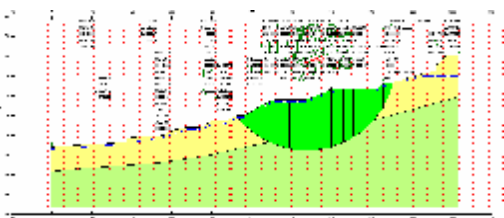
Gs: 4.466



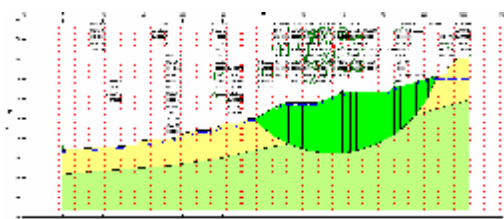
Gs: 4.586



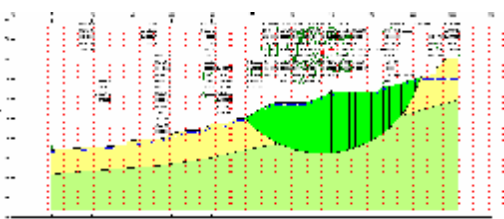
Gs: 4.662



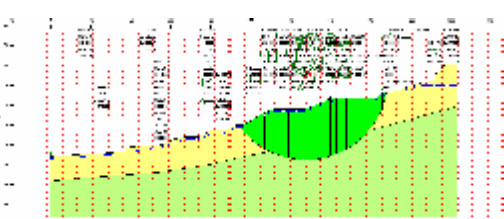
Gs: 4.796



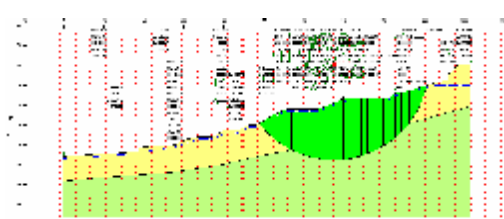
Gs: 4.812



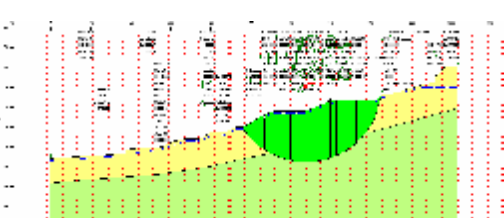
Gs: 5.038



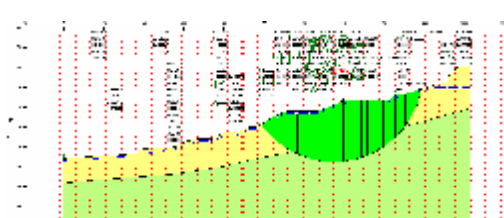
Gs: 5.048



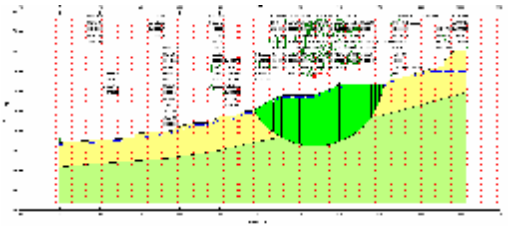
Gs: 5.327



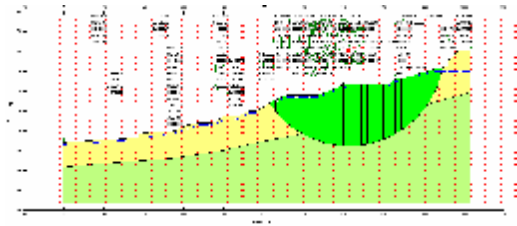
Gs: 5.448



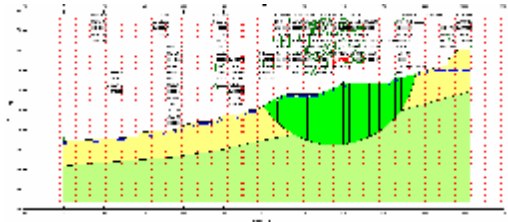
Gs: 5.715



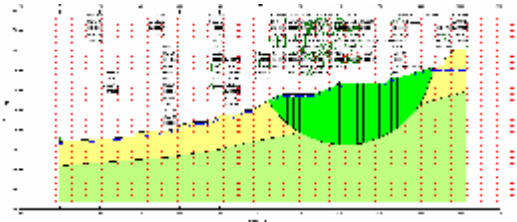
Gs: 5.892



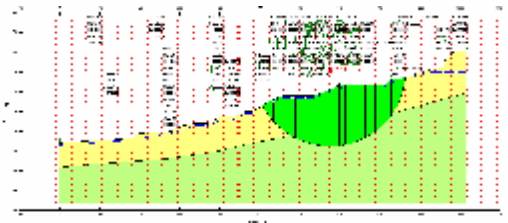
Gs: 6.061



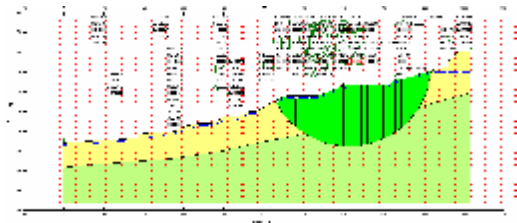
Gs: 6.179



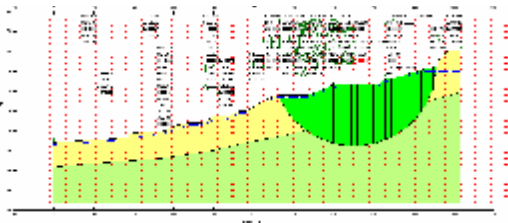
Gs: 6.421



Gs: 6.715

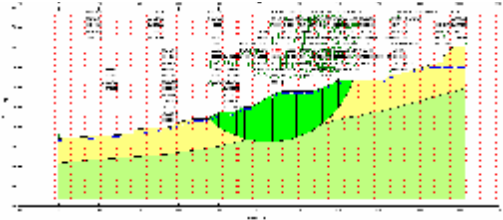


Gs: 6.868

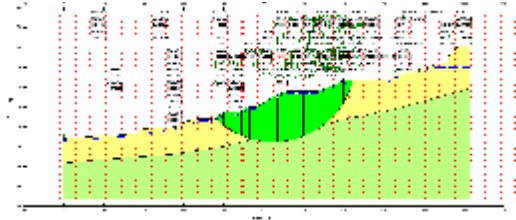


Gs: 7.380

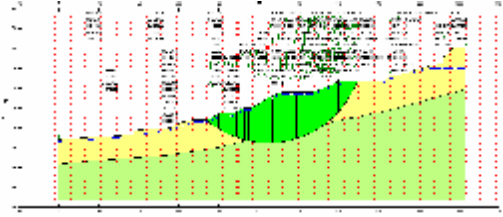
BİSHOP YÖNTEMİ



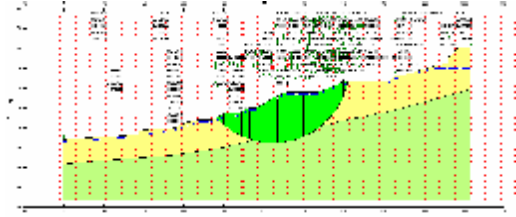
Gs: 1.619



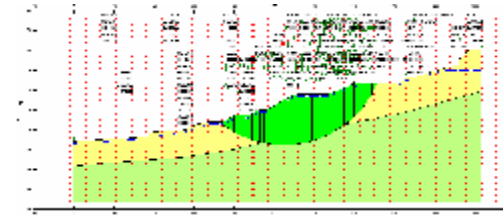
Gs: 1.626



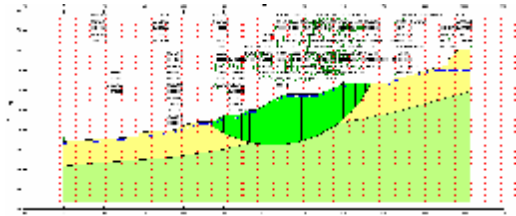
Gs: 1.630



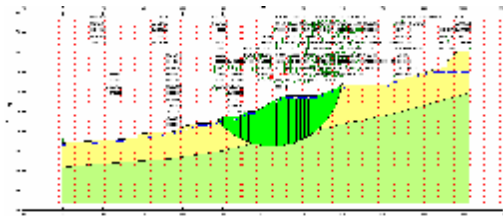
Gs: 1.671



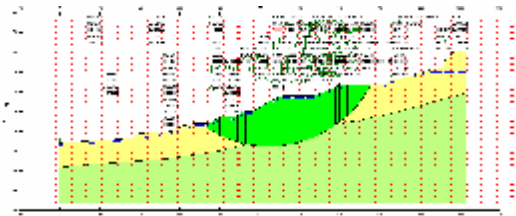
Gs: 1.673



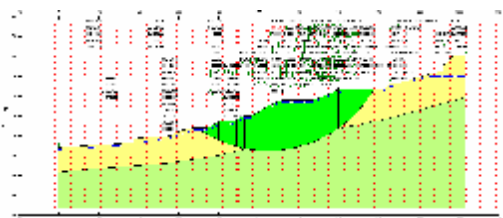
Gs: 1.731



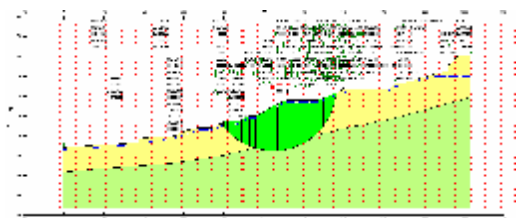
Gs: 1.769



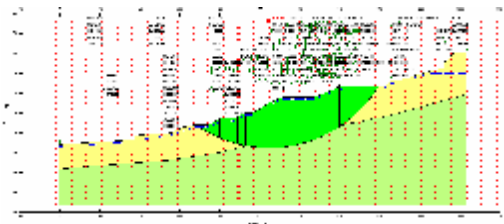
Gs: 1.793



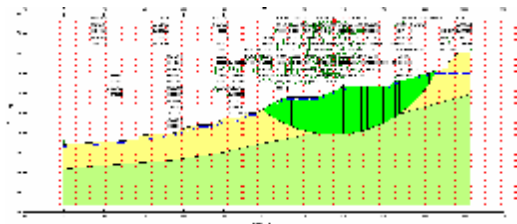
Gs: 1.867



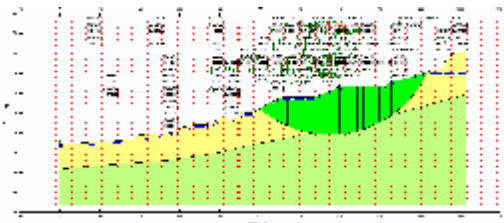
Gs: 1.886



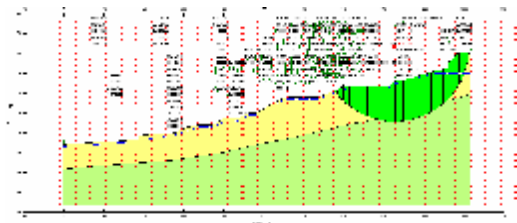
Gs: 1.949



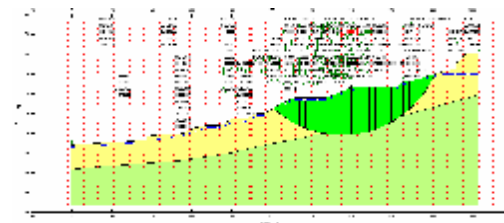
Gs: 1.966



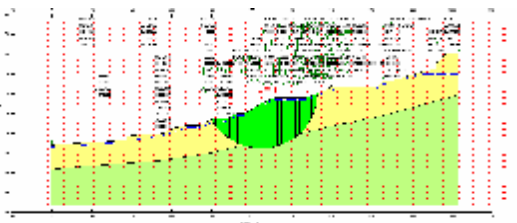
Gs: 1.977



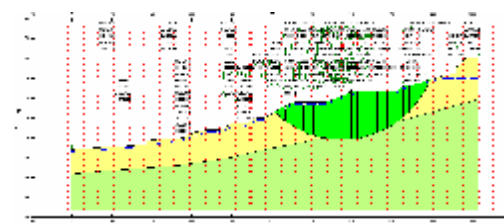
Gs: 1.979



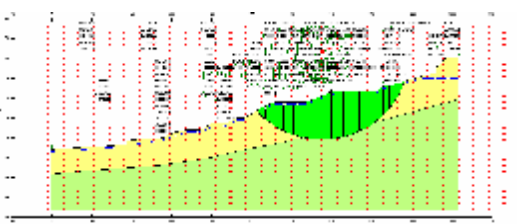
Gs: 1.987



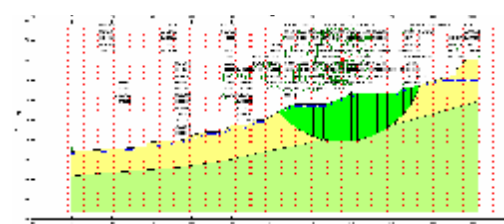
Gs: 1.998



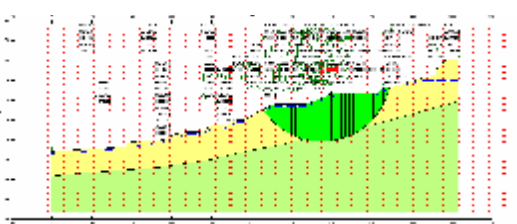
Gs: 2.079



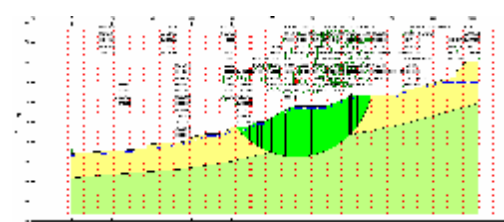
Gs: 2.214



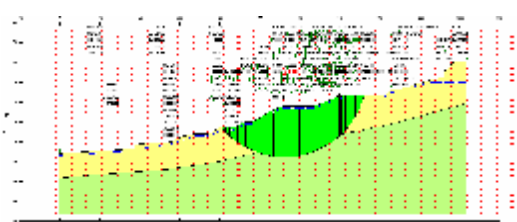
Gs: 2.343



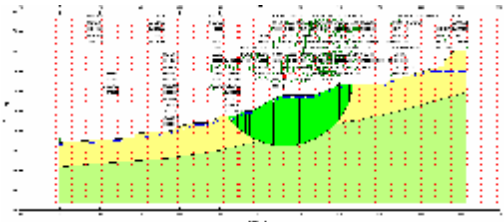
Gs: 2.629



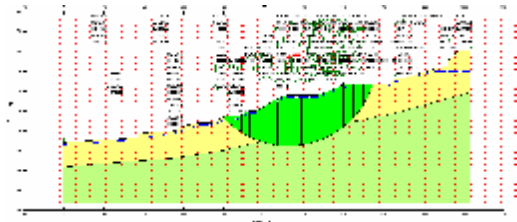
Gs: 2.703



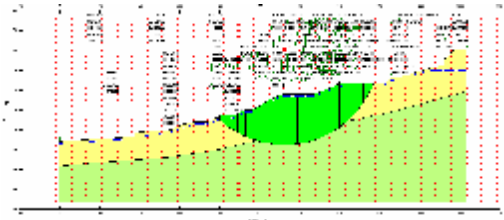
Gs: 2.719



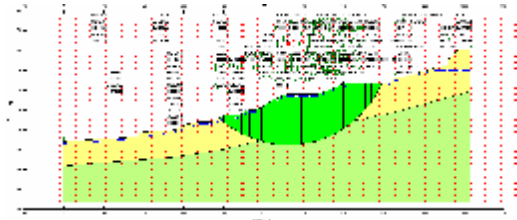
Gs: 2.731



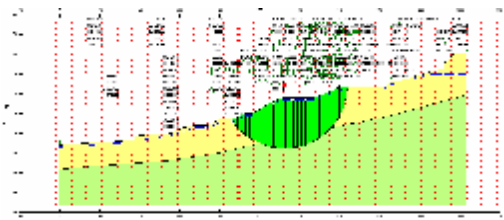
Gs: 2.755



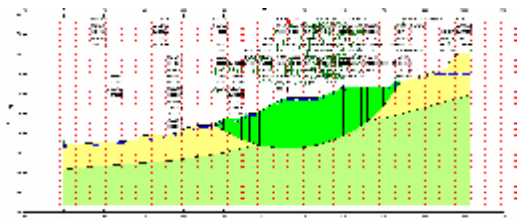
Gs: 2.793



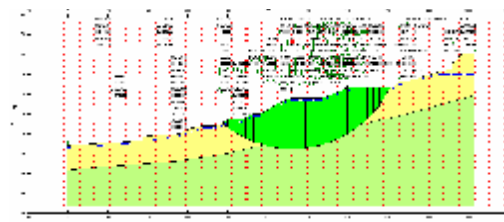
Gs: 2.831



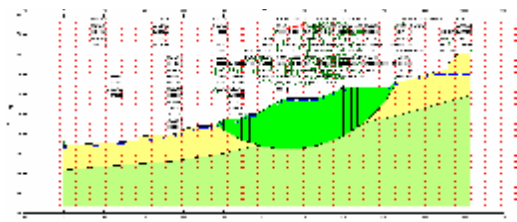
Gs: 2.843



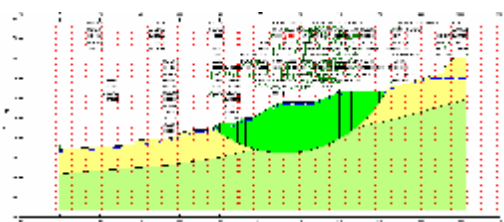
Gs: 2.865



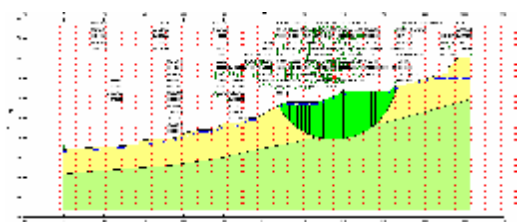
Gs: 2.869



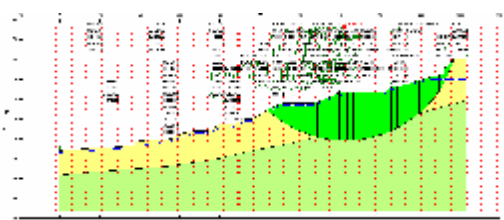
Gs: 2.886



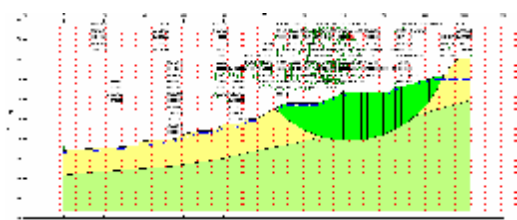
Gs: 2.906



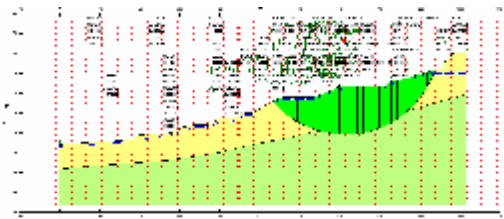
Gs: 2.926



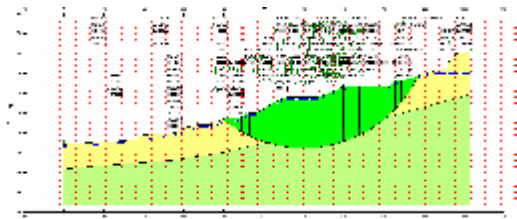
Gs: 2.929



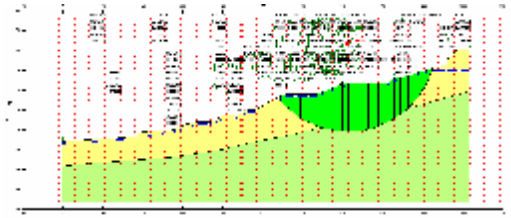
Gs: 3.214



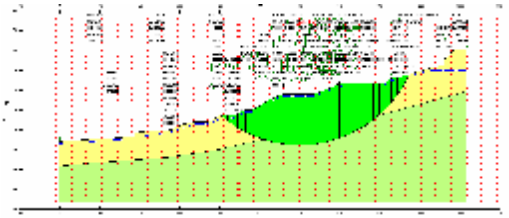
Gs: 3.312



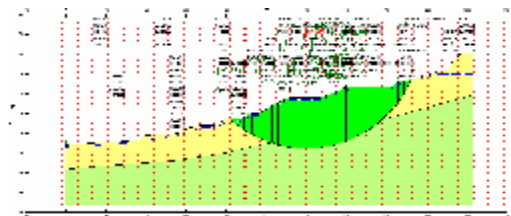
Gs: 3.344



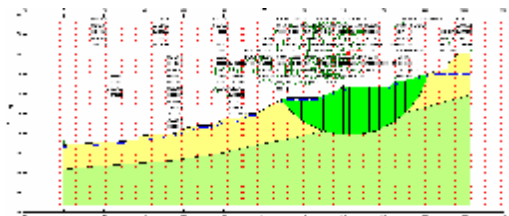
Gs: 3.420



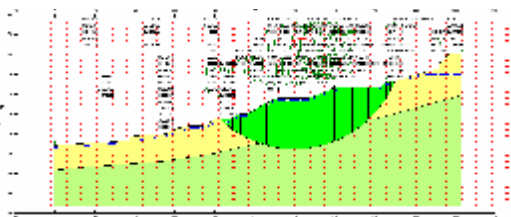
Gs: 3.512



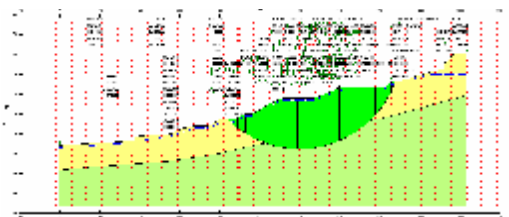
Gs: 3.570



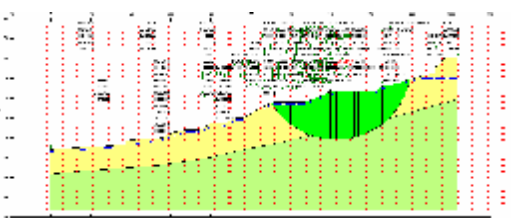
Gs: 3.578



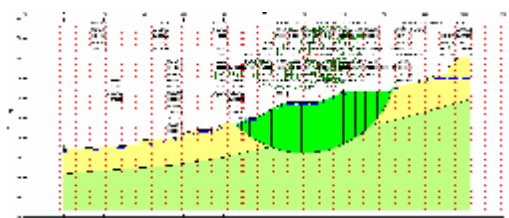
Gs: 3.645



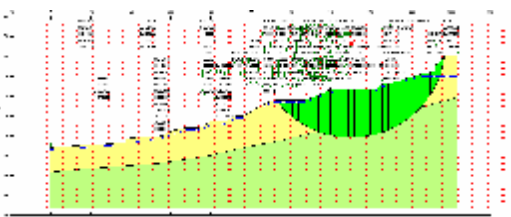
Gs: 3.730



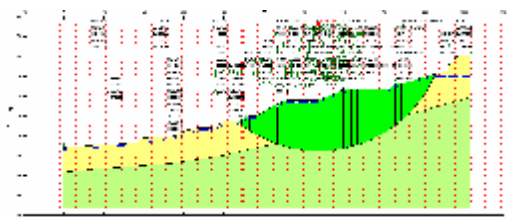
Gs: 3.842



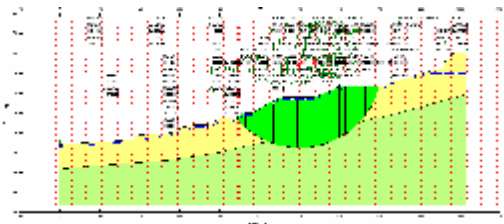
Gs: 3.847



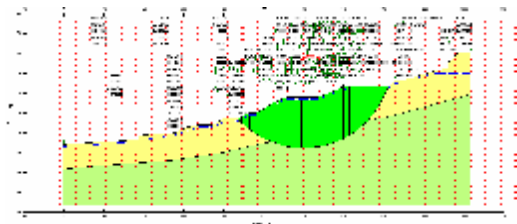
Gs: 3.893



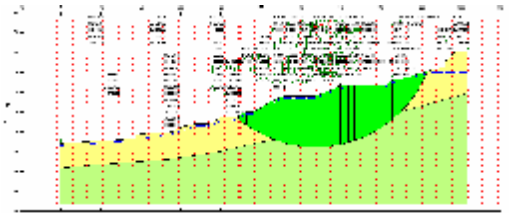
Gs: 3.919



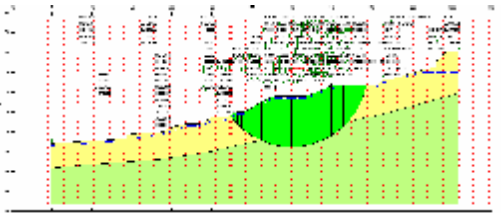
Gs: 3.971



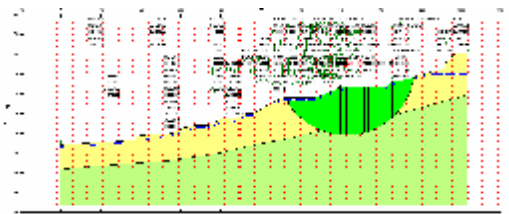
Gs: 3.9133



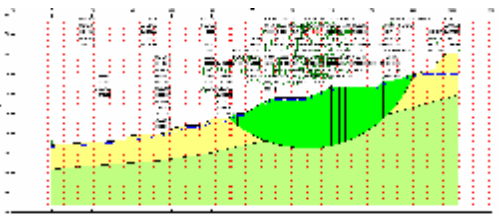
Gs: 4.001



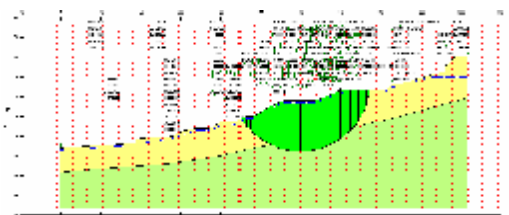
Gs: 4.039



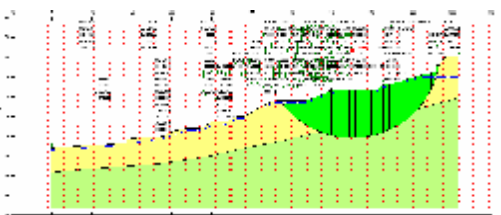
Gs: 4.084



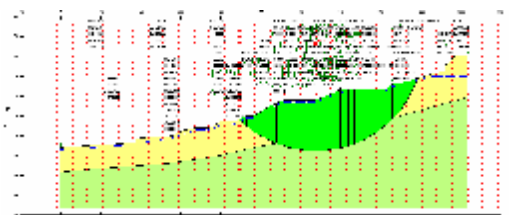
Gs: 4.123



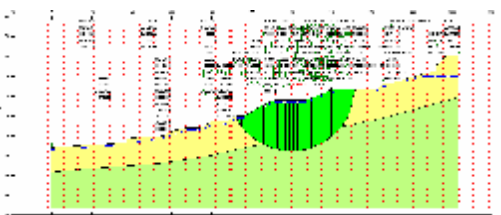
Gs: 4.154



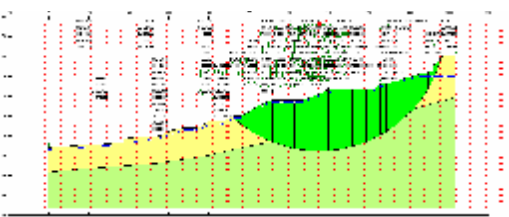
Gs: 4.246



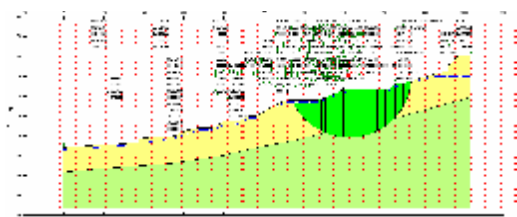
Gs: 4.252



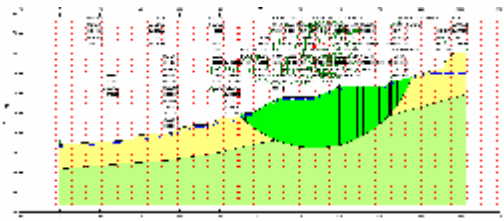
Gs: 4.288



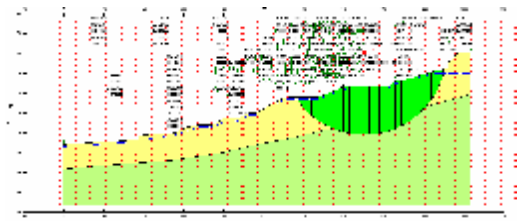
Gs: 4.314



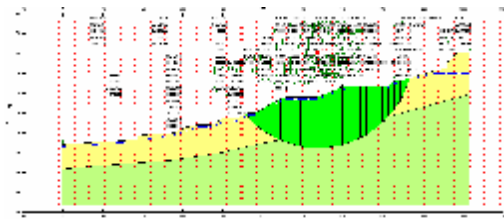
Gs: 4.321



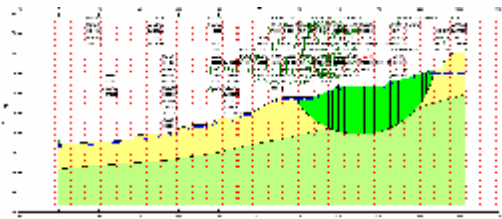
Gs: 4.406



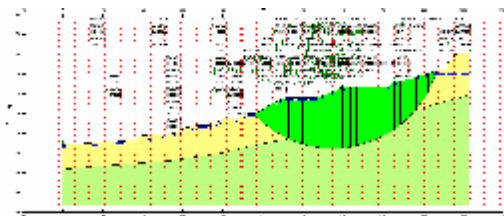
Gs: 4.495



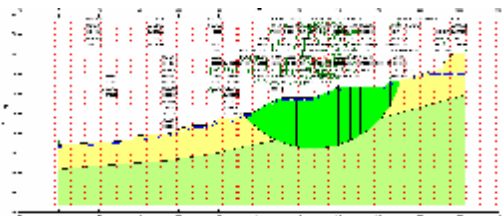
Gs: 4.580



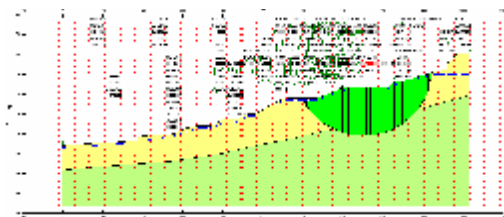
Gs: 4.704



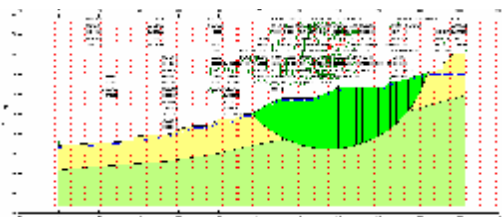
Gs: 4.804



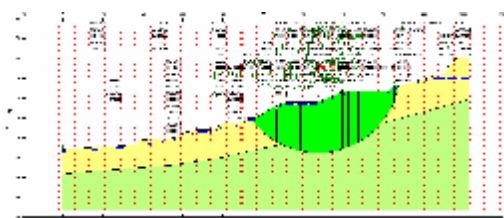
Gs: 4.821



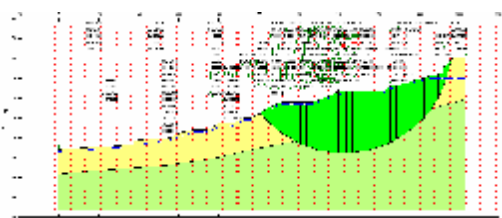
Gs: 5.008



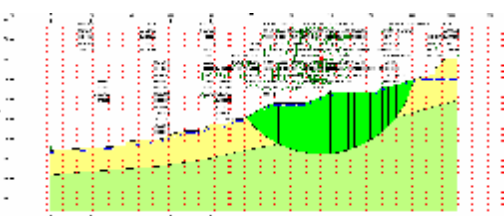
Gs: 5.056



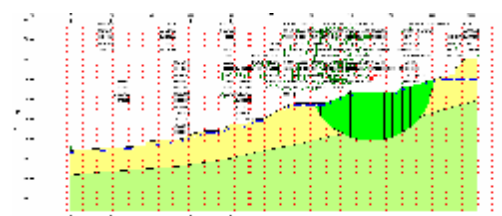
Gs: 5.071



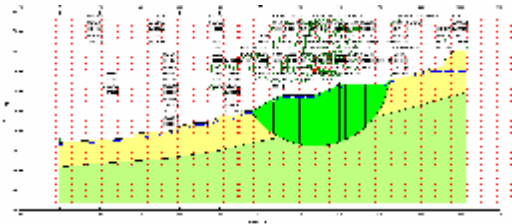
Gs: 5.338



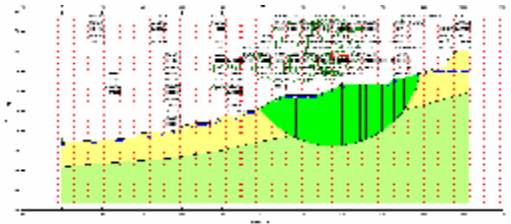
Gs: 5.358



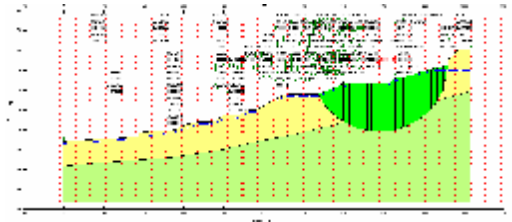
Gs: 5.417



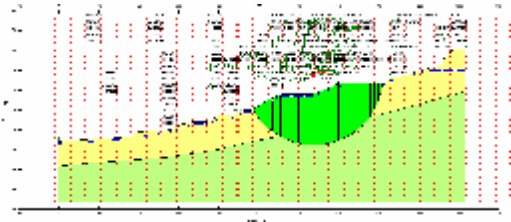
Gs: 5.494



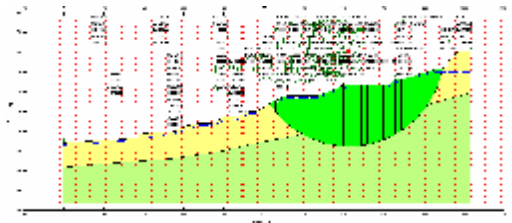
Gs: 5.762



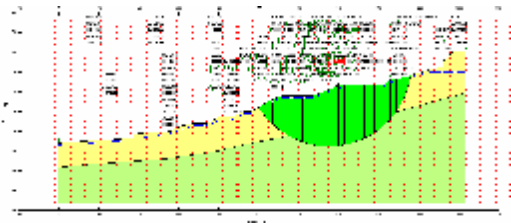
Gs: 5.931



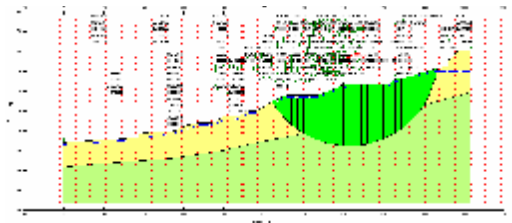
Gs: 5.966



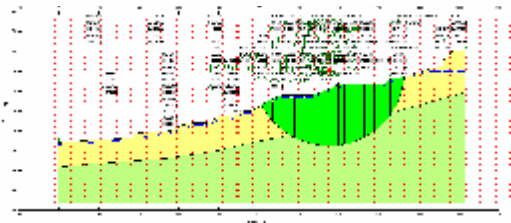
Gs: 6.124



Gs: 6.247



Gs: 6.499



Gs: 6.809