



**ESKİŞEHİR
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

ÇİFTLİKKÖY İLÇESİ GENÇLİK CADDESİNDEKİ HEYELANIN VAKA ANALİZİ

**Muhammed Bayram KARADAĞ
Yüksek Lisans**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Mustafa TUNCAN**

**BİLECİK, 2019
Ref. No: 10241341**



**ESKİŞEHİR
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

ÇİFTLİKKÖY İLÇESİ GENÇLİK CADDESİNDEKİ HEYELANIN VAKA ANALİZİ

**Muhammed Bayram KARADAĞ
Yüksek Lisans**

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Mustafa TUNCAN**

BİLECİK, 2019



**ESKİŞEHİR
ANADOLU UNIVERSITY**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ
BİLECİK
SEYH EDEBALI UNIVERSITY**

**Graduate School of Sciences
Department of Civil Engineering**

**A CASE STUDY OF THE LANDSLIDE IN CİFTLİKKOY
DISTRICT GENCLİK STREET**

**Muhammed Bayram KARADAG
Master's Thesis**

**Thesis Advisor
Prof. Dr. Mustafa TUNCAN**

BİLECİK, 2019



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS
JÜRİ ONAY FORMU

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 22/02/2019 tarih ve 15 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 08/03/2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Muhammed Bayram KARADAĞ'ın "Çiftlikköy İlçesi Gençlik Caddesindeki Heyelanın Vaka Analizi" başlıklı tez çalışması İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Mustafa TUNCAN (JÜRİ BAŞKANI)

ÜYE : Doç. Dr. Nazile URAL

ÜYE : Doç. Dr. Volkan OKUR

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun / / tarih ve / sayılı kararı.

İMZA/ MÜHÜR

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans tez çalışmaları boyunca bilgi birikimini, tecrübelerini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, çok kıymetli Prof. Dr. Mustafa TUNCAN danışman hocama en kalbi duygularıyla teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca yaptığım analizler esnasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Dr. Burak EVİRGEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar verilerini kullanmam için izin veren Alibey Mühendislik yetkilisi Jeoloji Mühendisi Müfit ÖZKAN'a ve firma çalışanlarına teşekkür ederim.

Çalışmaları esnasında tecrübelerini ve bilgi birikimlerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan Jeoloji Mühendisi Soner ÇAM'a ve İnşaat Yüksek Mühendisi Neşe ERZAMAN'a çok teşekkür ederim.

Son olarak tüm eğitim hayatım boyunca olduğu gibi yüksek lisans çalışmaları sürecinde maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen babama, anneme ve bütün aileme sabırlarından dolayı ve motive edicim oldukları için sonsuz teşekkür ediyor, sevgi ve saygılarımı sunuyorum.

Muhammed Bayram KARADAĞ
2019

BEYANNAME

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tez içindeki tüm verileri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun olarak sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu Üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

14/02/ 2019



Muhammed Bayram KARADAĞ

ÖZET

Bu çalışmada şev stabilitesi problemleri hakkında tanımlamalar yapılmıştır. Başlıca şev hareket çeşitleri ve nedenleri incelenmiş ve ülkemizin bazı bölgelerinde meydana gelen şev stabilite problemlerine örnekler verilmiştir. Şev stabilitesinin analiz yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir. Şev stabilitesinin sağlıklı bir şekilde incelenebilmesi için arazi çalışmaları ve laboratuvar deneyleri açıklamaları yapılmıştır. Ayrıca şev stabilite problemlerini gidermek için uygulanan iyileştirmeler hakkında bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın vaka analizini inceleme kısmında Yalova ili Çiftlikköy ilçesinde bulunan Gençlik caddesindeki yolda meydana gelen heyelan laboratuvar deney sonuçları ışığında Slide ve Plaxis bilgisayar programları kullanılarak incelenmiştir. Slide programı aracılığı ile kazıklı ve kazıksız durumda statik ve dinamik yükler altında şevin güvenlik katsayısı, kayma dairesi gibi bilgiler elde edilmiştir. Plaxis programı ile 3 farklı çapta ve 5 farklı uzunlukta kazık kullanılarak 15 farklı şekilde çözülmüştür.

Yapılan çözümler sonucunda 60 santimetre çapında 8 metre boyundaki kazık modeli tercih edilmiş ve projelendirme aşamasında donatı hesabı yapılarak donatı detayları Autocad programı ile çizilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Şev stabilitesi, Vaka analizi, Heyelan, Kazıklı duvar, Plaxis.

ABSTRACT

In this study, definitions about slope stability problems were made. The main types of slope movements and their reasons are examined and examples of slope stability problems occurring in some parts of our country are given. Slope stability analysis methods are given. In order to examine slope stability in a healthy way, field studies and laboratory experiments were explained. In addition, information is given about the improvements that are applied to solve slope stability problems.

In the case study of the study, in the light of the landslide laboratory test results on the road in the youth street of Yalova province Çiftlikköy district, it was examined by using Slide and Plaxis computer programs. Under the static and dynamic loads, the slope's safety coefficient and sliding circle are obtained by means of the slide program. Plaxis program is solved in 15 different ways using 3 different diameters and 5 different lengths.

As a result of the analysis, a pile model of 8 meters in length with a diameter of 60 centimeters was preferred and the reinforcement details were made using the Autocad program during the design phase.

Keywords: Slope stability, Case study, Landslide, Piled wall, Plaxis.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEŞEKKÜR.....	
BEYANNAME	
ÖZET.....	I
ABSTRACT	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	X
1.GİRİŞ	1
2.LİTERATÜR ÖZETİ	2
3.ŞEV STABİLİTESİ.....	6
3.1. Vuku Bulan Şev Problemleri	6
3.2. Şev Stabilité Problemlerinin Sınıflandırılması	8
3.2.1. Düşmeler.....	9
3.2.2. Kaymalar	10
3.2.2.1. Dairesel (dönel) kayma	11
3.2.2.2. Ötelenmeli (düzlemsel) kayma.....	11
3.2.3 Akma	12
3.2.4 Yayılmalar	13
3.2.5 Devrilmeler	16
3.2.6 Karmaşık hareketler	17
4.ŞEV STABİLİTE ANALİZİ.....	18
4.1. Şev Stabilité Analiz Yöntemleri.....	18
4.1.1 Limit Denge Analiz Yöntemleri	18
4.1.1.1 Basitleştirilmiş Bishop Dilim Yöntemi.....	20
4.1.1.2.Culmann Yöntemi.....	21
4.1.1.3.Sarma Yöntemi.....	22
4.1.1.4.Fellenius Yöntemi (İsveç Dilim Yöntemi).....	22
4.1.1.5 Janbu Yöntemi.....	23
4.1.1.6 Spencer Yöntemi	24

4.1.2.Sonlu elemanlar analiz yöntemi.....	25
4.2.Şev Stabilite Parametrelerini Belirleme.....	26
4.2.1.Arazi deneyleri.....	26
4.2.2.Laboratuvar deneyleri	31
4.3.Şev Stabilitesinde Duyarlılığını Etkileyen Faktörler.....	41
4.3.1.Su etkisi	42
4.3.1.1.Yüzey suları.....	43
4.3.1.2.Yeraltı suyu	43
4.3.1.3. Çatlak suyu etkisi.....	44
4.3.2. Deprem ve diğer titreşim ivmelerinin etkisi	44
4.3.3. Giderek kırılma	45
5.İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ.....	46
5.1.Yük Kaldırma.....	46
5.2.Drenaj	47
5.2.1.Yüzeysel drenaj.....	48
5.2.2.Derin drenaj	48
5.3.Bitkilendirme.....	49
5.4.Dayanma Yapıları.....	50
5.4.1.İstinat duvarı	50
5.4.2.Dolgulu çerçeve duvar	51
5.4.3.Sandık duvarlar	52
5.4.4.Ankraj duvarlar	52
5.5.Donatılı Yapılar	53
5.5.1.Zemin çivisi	53
5.5.2.Mini kazık.....	54
5.5.3.Kazıklar	55
5.6.Payandalama	55
6.BİR ŞEV PROBLEMİNİN LİMİT DENGE, SONLU ELEMANLAR VE GERİ	
HESAP YÖNTEMİ İLE VAKA ANALİZİ	57
6.1.Problemin Tanımı.....	57
6.2.Zemin Yapısı.....	58
6.3.Analiz.....	60

6.4.Projelendirme	66
7.SONUÇ ve ÖNERİLER.....	71
KAYNAKLAR.....	72
EKLER.....	78
ÖZGEÇMİŞ	



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Şev stabilite problemleri için sınıflandırma.....	8
Çizelge 4.1. Mevcut analiz yöntemlerinin özeti.....	18
Çizelge 4.2. Yamaçta gerilme ve direnç değişimi	41
Çizelge 6.1. Zeminlerin fiziksel özellikleri.	58
Çizelge 6.2. Zeminlerin mekanik özellikleri.	59
Çizelge 6.3. Zemin tabakalarının tanımlanmasında kullanılan değerler.....	60
Çizelge 6.4. Kazık ve asfalt kaplama için kullanılan değerler.	63
Çizelge 6.5. 60 cm çapında kazık kullanılması durumunda şevde ve kazıklarda gözlenen maksimum yer değiştirme miktarları.....	64
Çizelge 6.6. Projelendirmede kullanılan malzeme özellikleri.....	68

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1.	Yalova ili Çiftlikköy ilçesinde meydana gelen heyelan	6
Şekil 3.2.	Bolu ili Gönyük ilçesinde meydana gelen heyelan	7
Şekil 3.3.	Çaykara-Of yolunda meydana gelen heyelan.....	7
Şekil 3.4.	Çınarcık-Esenköy yolunda meydana gelen heyelan.....	8
Şekil 3.5.	Kaya kütlelerinde kaya düşmesine neden olan süreçler	10
Şekil 3.6.	Dairesel Kayma	11
Şekil 3.7.	a) Düzlemsel kayma b) Kama tipi kayma c) Farklı ortamlarda gelişebilen çok yüzeyli kaymalar	12
Şekil 3.8.	Bazı akma türleri	13
Şekil 3.9.	Bir akma yenilmesi.....	13
Şekil 3.10.	Yayılma.....	14
Şekil 3.11.	Yanal Kaya Yayılması	15
Şekil 3.12.	Yanal Zemin Yayılması	15
Şekil 3.13.	Devrilme Türleri.....	16
Şekil 3.14.	Bir Kısım Akma Özellikleri De İçeren Karmaşık Kayma.	17
Şekil 4.1.	Culmann kırılma yüzeyi.....	21
Şekil 4.2.	İsveç dilim yönteminde bir dilime etkileyen kuvvetler ve kuvvet poligonu. .	22
Şekil 4.3.	Yamakta uzunluk derinlik kavramı.....	23
Şekil 4.4.	Spencer stabilite abakları	24
Şekil 4.5.	Sürekli bir sistemin sonlu elemanlara ayrılması.....	26
Şekil 4.6.	Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) Uygulaması.....	27
Şekil 4.7.	Konik Penetrasyon Deneyi (CPT)'nde Kullanılan Konik Uç.	28
Şekil 4.8.	Menard Tipi Presiyometre Düzeneği.....	29
Şekil 4.9.	Kanatlı Kesici (Veyn) Deneyi Uygulama Şeması.....	30
Şekil 4.10.	Marchetti Dilatometresi Deney Düzeneği.....	31
Şekil 4.11.	Elek Analiz Düzeneği.	32
Şekil 4.12.	Su içeriği Deney Düzeneği.....	32
Şekil 4.13.	Özgül Ağırlık Deney Düzeneği.....	33
Şekil 4.14.	Hidrometre Yöntemi.....	33
Şekil 4.15.	(a) Erimiş Parafin Kabı (b) Cam Silindirde Su Taşıma Yöntemi.....	34

Şekil 4.16. (a) Tek Eksenli Basınç Deney Düzeneği (b) Tek Basınç Dayanımı Deneyinde Bir Göçme Mekanizması Örneği	35
Şekil 4.17. Plastik Limit Deney Yapılışı.	35
Şekil 4.18. Sırasıyla Koni Düşürme ve Çarpmalı Cihaz Deney Düzenekleri.	36
Şekil 4.19. (a) Veyn Aleti ve Zemin Silindirinin Kesilmesi (Aytekin, 2004), (b) Laboratuvar Veyn Düzeneği, (c) Veyn Aleti.	37
Şekil 4.20. (a, b) Tek Eksenli Konsolidasyon Aleti (c) Konsolidasyon Deneyi İçin Örselenmemiş Numunenin Konsolidasyon Halkası İçinde Hazırlanması, (d) Konsolidasyon Yükleme Düzeneği.	38
Şekil 4.21. Permeabilite Deney Düzeneği.	39
Şekil 4.22. (a) Kesme Kutusu Deney Düzeneği (Uzuner, 2014), (b) Direkt Kesme Kutusu, Poroz Taşlar Ve Yükleme Başlığı, (c) Düşey Ve Yanal Yük Ölçümleri İçin Yük Sensörü Kullanılan Bir Direkt Kesme Deney Düzeneğinden Görüntü.	40
Şekil 4.23. Üç Eksenli Basınç Deney Düzeneği.	41
Şekil 4.24. Yamaçlarda olası su hareketleri	42
Şekil 4.25. Boşluk suyu basınçlarının akım ağları ile belirlenmesi (Yılmaz vd., 2003).	43
Şekil 5.1. Yük kaldırma ile iyileştirme.....	47
Şekil 5.2. Yüzey suyunu sevden uzaklaştıran beton seki drenajı	48
Şekil 5.3. Delikli perfore boru dreni	49
Şekil 5.4. Yeraltı suyunun yatay drenler ve kuyular kullanılarak uzaklaştırılması	49
Şekil 5.5. Özyeğin Üniversitesindeki Geocell Uygulaması	50
Şekil 5.6. İstinat duvarı.....	51
Şekil 5.7. Dolgulu Çerçeve Duvar Uygulaması.....	51
Şekil 5.8. Sandık duvar uygulaması.....	52
Şekil 5.9. Şev iyileştirmesi için kullanılan Ankraj duvar kesiti.....	53
Şekil 5.10. Zemin Çivisi Uygulaması Tipleri.....	54
Şekil 5.11. Mini kazıkların kesitleri.....	55
Şekil 5.12. Kazı yapılarak oluşturulan payanda dolgusu	56
Şekil 5.13. Kazı yapılmadan oluşturulan payanda dolgusu.....	56
Şekil 6.1. Heyelan analiz hattı (A-A' Kesiti) (a) Plan ve (b) Olay yeri görüntüsü.....	57

Şekil 6.2.	Heyelana Ait (a) Kot Çalışması (b) Geometri.....	61
Şekil 6.3.	Mevcut durumda şevdeki göçmeyi temsil eden kayma daireleri ve güvenlik sayıları (a) Statik yük etkimesi durumunda ve (b) Dinamik yük etkimesi durumunda.....	61
Şekil 6.4.	Kazıklı duvar uygulaması sonucunda elde edilen güvenlik sayıları (a) Statik yük etkimesi durumunda ve (b) Dinamik yük etkimesi durumunda.	62
Şekil 6.5.	(a) Plaxis modellemesinde kullanılan şev detayları ve (b) Mevcut durumdaki göçme hali.	63
Şekil 6.6.	60,0 cm kazık çapı için kazık boyu değişkenine göre Plaxis programında elde edilen toplam yer değiştirme dağılımları (a) 6,0 m, (b) 8,0 m, (c) 10,0 m, (d) 12,0 m ve (e) 14,0 m.....	65
Şekil 6.7.	60,0 cm kazık çapı için kazık boyuna göre elde edilen içsel kuvvetler.....	66
Şekil 6.8.	Eksenel kuvvet diyagramı.	66
Şekil 6.9.	Kesme kuvveti diyagramı.	67
Şekil 6.10.	Moment diyagramı.....	67
Şekil 6.11.	Donatı detay çizimleri.....	70

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklamalar
G_s	: Güvenlik Katsayısı
c'	: Efektif kohezyon değeri
c_g'	:Kayma dairesinde ve /veya düzleminde stabilite için gerekli efektif kohezyon değeri
ϕ'	: Efektif içsel sürtünme açısı
ϕ_g'	: Kayma dairesinde ve /veya düzleminde stabilite için gerekli efektif içsel sürtünme açısı
σ	: Yenilme – Kırılma yüzeyine etki eden normal gerilme
u	: Yenilme – Kırılma yüzeyine etki eden boşluk su basıncı
H	: Şev yüksekliği
E	: Elastisite modülü
EA	: Eksenel rijitlik
EI	: Eğilme rijitliği
CL	: Düşük plastisiteli kil
CH	: Yüksek plastisiteli kil
LL	: Likit limit
PL	: Plastik limit
PI	: Plastisite indisi
H_k	: Yenilme koşuluna karşı gelen şev yüksekliği
r_u	: Boşluk suyu basıncı oranı
τ_f	: Kayma dayanımı
σ_1	:Büyük asal gerilme
α	: Zemin numunesi kırılma açısı
b	: Dilim genişliği
W	: Dilim ağırlığı
Φ'	: Zeminin kayma mukavemeti açısı
a_p	: Yerçekimi ivmesi cinsinden pik deprem ivmesi
β_K	: Kritik kayma açısı
ν	: Poisson oranı
γ	: Birim hacim ağırlık

Kısaltmalar

SPT	: Standart Penetrasyon Deneyi
CPT	: Konik Penetrasyon Deneyi
DMT	: Dilatometre Deneyi
CU	: Konsolidasyonlu Drenajsız
UU	: Konsolidasyonsuz Drenajsız
CD	: Konsolidasyonlu Drenajlı
CR	: Karot Numune
UD	: Örselenmemiş Numune



1. GİRİŞ

Yatayla belli bir açıya sahip arazi kütlesine şev, bu kütlenin kayma, devrilme ve akma gibi fiziki değişimlere karşı koyma becerisine şev stabilitesi denilmektedir. Şev stabilite problemleri maddi açıdan ciddi zararlara sebebiyet verdiği gibi, çoğu zaman ölümcül sonuçlar doğurmakta ve can kayıplarına neden olabilmektedir. Ülkemizin Karadeniz bölgesinde sıklıkla karşılaştığımız heyelanlar sonucunda ciddi mal ve can kayıpları yaşanmaktadır. Benzer şekilde son dönemlerde ülke genelinde meydana gelen istinat duvarı göçmeleri, şev stabilite problemlerinin doğal afetlerin yanı sıra işçilik ve malzeme kusurları ile mühendislik hatalarından da kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Açılan bir temel inşaatında gerekli önlemlerin alınmaması, eksik ya da yanlış tasarım, öngörülmeleyen çevresel koşullar ve yükleme durumları bunlara örnek gösterilebilir. Literatürde farklı geometri, zemin özellikleri, istinat yapısı ve dış yükler altında gerçekleştirilen vaka analizlerine rastlamak mümkündür. Ancak sorunların çözümü için genellikle belirli olan bu detaylardan ziyade, şev stabilite problemlerinin hem teorik hem de analitik hesapları yapılırken kullanılan ve yıllardır süregelen Bishop, Spencer, Morgenstern - Price, Janbu ve Mohr-Coulomb gibi limit denge yöntemlerini içeren göçme kriterlerine odaklanmak ve doğru hesap yapma gerekliliği önem arz etmektedir. Diğer taraftan, son yıllarda paket programların yaygınlaşması ile daha az kabulün yapıldığı ve doğal olarak fazla sayıda iterasyonla gerçeğe daha yakın sonuçlara ulaşılabilen sonlu elemanlar yöntemi sayesinde doğru parametrelerle hatalar en aza indirgenebilmektedir. Bu çalışma kapsamında, Slide programı kullanılarak Bishop yöntemine göre statik ve dinamik yüklü şev stabilite analizleri yapılmıştır. Ayrıca, Mohr-Coulomb kayma kabulüne göre Plaxis programında ile vakanın çözümüne yönelik kazıklı iksa uygulamaları değerlendirilmiş olup; yer değiştirme ve kazıklarda gözlenen içsel kuvvetler açısından en efektif çözüm önerilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Şev stabilitesi problemleri ve bunların çözümü ile ilgili yapılmış bazı çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Özsoy (1998), yüksek lisans tezinde kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde şev stabilitesi ve uygulama yöntemleri konusunda yaptığı çalışmada şev stabilitesinde kütle hareketlerinin sınıflandırılması, jeomorfolojik açıdan incelenmesi, şev stabilitesinin sağlanması için alınacak önlemler ve ankraj tekniği üzerinde durmuş ve ayrıca teorik yaklaşımlarda bulunmuştur. Şevlerin stabilite bozulmalarının başlamasından önce alınacak önlemlerin etkinliğinin, bozulmaların başlamasından sonra alınan önlemlere göre başarı şansının daha yüksek olup ayrıca daha düşük maliyete sahip olduğundan bahsetmiştir.

Canik (2006), çalışmasında şev stabilitesine depremin etkisini, şev hareketlerine sebep olan faktörleri, kazıklarla şev stabilitesi metotlarını incelemiştir. Şeve gelen statik ve dinamik yüklerin farklı boyutlardaki ve sayıdaki kazıklarla yapılan analizlerle şevin davranışlarını incelemiş ve değerlendirmeler yapmıştır. Doğal şev üzerinde meydana gelen maksimum deformasyonların olduğu yerdeki kazıklarda da deformasyonların en fazla olduğu tespit edilmiştir. Doğal şevde deformasyonun maksimum olduğu yerde kazık boyutları ve malzeme özellikleri farklı tutularak deformasyonların minimuma indirilebileceğinden bahsetmiştir.

Öz (2007), yaptığı çalışmada Gaziantep ili Şahinbey ilçesi Sarısalkım Köyü'nde yapılması planlanan toprak dolgu barajının stabilitesinin araştırmalarını amaçlamıştır. Baraj dolgusunda oluşabilecek kayma yüzeyleri ve koordinatları Stable Vs4 programı kullanılarak bulunmuş olup bunlara bağlı güvenlik katsayıları hesaplanmıştır. İçsel sürtünme açısı arttıkça, eğim sabit kalmakta ve güvenlik sayısının arttığını saptamıştır. Kohezyon arttığında güvenlik sayısının giderek azalan eğimlerle arttığını belirli bir değerden sonra sabit kaldığını göstermiştir. Kohezyon değerinin küçük olması dolgu barajlarda güvenlik sayısını yetersiz kıldığından bahsetmiştir.

Akçakal (2009), çalışmasında şev stabilitesi kavramına ve uygulanacak yöntemlere değinmiştir. İstanbul Kemerburgaz'da bir konut inşaatında açılan desteksiz kazı alanında meydana gelen kayma hareketi incelenmiştir. Yapılan hesaplamalarda limit denge yöntemi, sonlu elemanlar yöntemi ve geri hesap yöntemi kullanılmış olup bilgisayar programları aracılığı ile yapılmıştır. Arazide ve laboratuvarlarda yapılan

deneyler alanın sadece sınırlı bir bölgesini temsil ederken, şev göçmesinin geri hesap yöntemi ile incelenmesi o bölgenin kesme dayanımı bilgilerine daha keskin bir yolla ulaşılmasını sağladığından bahsetmiştir.

Tekin (2011), yaptığı çalışmada tek bir tabakadan oluşan ve yeraltı su seviyesinin yeterince derinde olduğu bir şevde kazıklı ve kazıksız durumdaki güvenlik seviyeleri Strength Reduction Method yöntemini esas alan sonlu elemanlar analizleri ile belirlemiştir. Şevin güvenlik seviyesini arttırmak üzere yerleştirilen kazıkların güvenlik katsayısına ve kritik kayma yüzeyine etkisi de incelenerek şev göçmesinin oluşumuna dair bilgilere ulaşmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kazıksız durumda limit denge ve sonlu elemanlar yöntemlerinden benzer güvenlik sayıları elde edildiğinden bahsetmiştir. Kazıklı durumda ise hem limit denge yönteminde hem de sonlu elemanlar yönteminde kazığı tanımak için bir takım düzenlemeler yapmak gerektiğini, bu düzenlemeler elde edilen sonuçların kıyaslanmasını zorlaştırmakla beraber şevin güvenlik sayısı hakkında fikir vermek bakımından faydalı sonuçlar elde edildiğinden bahsetmiştir. Kazıksız durumda gözlenen kayma birim deformasyonlarının daha çizgisel ve dar bir alanda oluştuğu görüldüğünü, kazıklarla yapılan iyileştirme sonucunda oluşan birim deformasyonlar kazıksız duruma göre daha geniş bir alana yayılmakta olduğunu söylemiştir. Çift sıra kazık ile desteklenen bir şevde yapılan analizlerden elde edilen bilgiler ışığında ise birinci sıra kazık şev yüzeyinin orta noktası ile şev topuğunun orta noktasına, ikinci sıra kazık ise şev yüzeyinin orta noktası ile şev tepe noktasının orta noktasına teşkil edilmesi gerektiği sonucuna ulaşmıştır.

Yavuz (2012), çalışmasında donatısız ve geogrid donatılı model şevde Plaxis bilgisayar yazılımı kullanarak iki boyutlu ve üç boyutlu koşullarda sonlu elemanlar yöntemi ile sayısal çözümler yapmıştır. Model şevde donatısız durumdaki güvenlik sayıları bulunmuş olup donatılı durumda ise; donatı derinliğinin, boyunun, sayısının ve donatılar arası düşey derinliğin etkisi araştırılarak optimum donatı parametreleri elde etmiştir. Yapılan analizlerde Geostudio ve Plaxis kullanılmış olup elde edilen sonuçların her iki yazılımda da birbirine uyumlu olduğunu göstermiştir.

Yiğit (2013), çalışmasında Isparta-Antalya arasındaki D-685 karayolu güzergâhında görülen heyelanların mühendislik açısından incelemiştir. Güzergâh boyunca heyelanların olabileceği yerler gözden geçirilerek mevcut heyelanlar teker teker incelenmiştir. Çalışmalar sonucunda, heyelanların meydana gelmesinde mevsim

normallerinin üzerindeki aşırı yağışlar nedeni ile birimlerin suya doymun hale gelmesi sonucu boşluk suyu basıncının artmasına bağlı olarak efektif gerilmenin azalması yanında, kaya kütlelerindeki süreksizlikler ile açılan şevlerin eğim ve eğim yönlerinin önemli rol oynadığını saptamıştır. Yağışların zemini ağırlaştırarak yer çekiminin de etkisi ile kaymaya yol açtığı ayrıca zemin taneciklerinin arasına girerek kohezyonu azaltmakta olduğundan ve mevsim normallerinden fazla yağış aldığı dönemlerde zeminin suya doymun hale geldiğinden boşluk suyu basıncının artmasına bağlı olarak efektif basıncın azaldığından bahsetmiştir.

Gökcan (2014), bu çalışmasında bilinmeyen parametreleri bilinen parametreler aracılığı ile bulunan geri hesap yöntemini kullanmıştır. Antalya-Burdur Karayolu üzerinde bulunan Tekke Heyelanının mevcut zemin malzeme durumu incelenerek yapılan değerlendirmeler ışığında mevcut standartların arttırılması maksadı ile iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda boyutu giderek artan bir heyelandan korunma amacı ile en uygun çözümün fore kazık uygulaması olduğunu saptamıştır. Projelendirme esnasında heyelanlı bölgenin etrafı uygun şekilde drene edilecek biçimde düşünülerek şevin altına su girişlerini önleyecek şekilde tasarlanarak uygulandığından bahsetmiştir.

Tokgözoğlu (2014), yaptığı çalışmada Mersin, Anamur-Kaledran kesiminde aşırı eklemlili şist-klorit şist birimleri içerisinde oluşturulan, jeolojik ve topoğrafik etmenlere bağlı olarak yer yer kütle hareketleri meydana gelmiş yüksek yol yarmalarındaki şev stabilitesi sorunlarının değerlendirilmesi ve uygun mühendislik çözümlerinin geliştirilmesini amaçlamıştır. Şev tasarımına esas parametrelerin belirlenmesine yönelik olarak, kütle hareketi belirli bir geometri ile tanımlanabilen yarma kesitlerde geriye dönük analizler yapılmış, bu analizlerden tespit edilen kaya kütle parametreleri; bölgede yapılan çeşitli sondaj verilerinden elde edilen jeolojik, jeoteknik ve jeomekanik veriler yardımı ile belirlenen kaya kütle parametreleri ile karşılaştırılmıştır. Eklemler tarafından kontrol edilen yerel kopma ve dökülmelerin trafik akışını olumsuz etkilememesi için yeni tasarımda şev dibinden yaklaşık 3 metre sahanlık bırakılmıştır. Mevcut hali ile 15 metre olan basamak yükseklikleri 10 metre mertebesine indirilmiş, ilk palye genişliği 7 metre olacak şekilde uygun şev oranları ile tasarım analizleri gerçekleştirilmiştir. Şev yatırma işlemleri sırasında sıklıkla karşılaşılan kamulaştırma problemleri nedeni ile şev

oranında azaltıma gitme alternatifini ikincil olarak değerlendirilip uygulandığından bahsetmiştir.

Yamak (2017), çalışmasında olası eski ve kontrolsüz inşa edilmiş karayolu dolgu şevlerinde su seviyesi yükselişlerinin şev stabilitesine etkisi Slide programı ile incelemiştir. Bu amaçla Karayolları Genel Müdürlüğüne ait tip yol kesitleri kullanılmıştır. Çalışmada 34, 45, 60 derece olmak üzere üç farklı dolgu eğimi ve 3, 4, 5, 6 metre olmak üzere dört farklı dolgu yüksekliği kullanılmıştır. Çalışmada orta katı kil zemin-zayıf dolgu, orta katı kil zemin- orta sağlam dolgu, yumuşak kil zemin-orta sağlam dolgu, yumuşak kil zemin-zayıf dolgu olmak üzere dört farklı zemin-dolgu kombinasyonu kullanılmıştır. Çalışmada aynı zamanda hem statik hem dinamik durumlar için yapılmıştır. Çalışmada güvenilir bir yöntem olan Spencer yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak dolgu üzerinde su seviyesi artışının güvenlik katsayısını arttırdığı görülmüştür. Bu durumun nedeni ortamdaki suyun dolgu topuğunda destek görevi görerek stabiliteyi artırması olduğunu söylemiştir. Ayrıca çalışmanın bu özelliklere sahip dolguların güçlendirilmesine yönelik çalışmalarda kullanılabileceğini söylemiştir.

Bol, vd., (2017), çalışmalarında stabilitesi her aşırı yağış sonrasında bozulan, üzerinde devamlı kullanılan bir yol ile evler bulunan bir yamacın güvenliğinin sağlanması için kullanılan kazıklı iksa sistemi açıklanmıştır. Kazıklı iksa sistemi Sakarya ili, Karapürçek İlçesi, Kanlıçay Mevkii güney batı yamacında bulunan yol üzerinde gerçekleşmiş heyelanı önlemek için kullanılmıştır. Yaklaşık olarak 35-40 metre genişlik ve 60-65 metre uzunluğa sahip olan zemin kitlesinde hareketin farklı zamanlarda gerçekleştiği, özellikle yağın yağmurlar sonucunda hareketin şiddetinin arttığı beyan edilmektedir. Çalışma alanında toplam derinliği 29,5 metre olan 3 adet dönel sondaj gerçekleştirilmiştir. Sondajlardan alınan numuneler üzerinde heyelan incelemesine yönelik olarak fiziksel ve mekanik deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda alanda meydana gelen harekete zemin ortamında boşluk suyu basınçlarının yükselmesinin neden olduğu anlaşılmıştır. Yürütülen heyelan analizleri sonucunda hasar gören yolun kazıklı sistem üzerine oturtulacak konsol duvar ile çözümlenebileceği kanısına varılmış ve imalatın gerçekleştirildiğini söylemiştir.

3. ŞEV STABİLİTESİ

Şev stabilitesine kelime anlamına bakıldığında şev; İnsanoğlu tarafından temel açmak, baraj inşa etmek gibi farklı amaçlarla doğaya müdahale etmesi sonucu ya da doğada natürel halde bulunan zeminin eğim geometrisine verilen addır. Şev stabilitesi ise doğa olayları ya da insanoğlunun müdahalelerine karşı zeminin durağanlığını korumak için koyduğu yapısal performansdır. Şevin geometrisini oluşturan zemin genellikle eğimli tek bir yüzey olsa da şev geometrisinde birbirini takip eden eğimli ve düz zeminler bir araya gelerek şev geometrisini oluşturabilir.

Şev geometrisinin en yüksek noktasına “ŞEV TEPESİ”, şev geometrisinin en alçak ve eğimin bittiği veya en aza indiği noktaya “ŞEV TOPUĞU” denilmektedir. Şevin tepesi ile şevin topuğu arasındaki yüzeye “ŞEV YÜZEYİ”, şev yüzeyinin yatay düzlemle yaptığı açıya “ŞEV AÇISI”, şevin en yüksek noktası ile en düşük noktası arasındaki dik yüksekliğe “ŞEV YÜKSEKLİĞİ” denilmektedir.

3.1. Vuku Bulan Şev Problemleri

Ülkemizde özellikle Karadeniz bölgesinde olmak üzere can ve mal kaybına sebebiyet vermiş birçok şev problemleri vuku bulmuştur bunlardan bazıları şunlardır;

Yalova ili Çiftlikköy ilçesinde yağışın etkisi ile meydana gelen heyelanda okulun arka bahçesindeki basketbol sahasında Şekil 3.1’de görüldüğü gibi yarıklar oluşmuştur. Tiribün yıkılmış ve kullanılmaz hale gelmiştir. Heyelan ciddi maddi hasara sebep olmuştur. Heyelanın oluşum esnasında okulda öğrenci olmaması sebebi ile can kaybı ve yaralanma olmamıştır (Milliyet, 2018).



Şekil 3.1. Yalova ili Çiftlikköy ilçesinde meydana gelen heyelan (Milliyet,2018).

Bolu ili Göynük ilçesi Himmetoğlu köyünde bulunan kömür ocağında meydana gelen heyelan dolayısı ile Şekil 3.2’de görüldüğü üzere bir evde ağır hasar oluşmuştur. Ayrıca beş ev de güvenlik sebebi ile boşaltılmıştır (Habertürk, 2018).



Şekil 3.2. Bolu ili Göynük ilçesinde meydana gelen heyelan (Habertürk, 2018).

Çaykara-Of yolunda meydana gelen heyelanda Şekil 3.3’te görüldüğü gibi çok büyük toprak kütlesi dört şeritli yolu tamamen kapatmıştır. Uzun bir süre ulaşım alternatif güzergâhlardan sağlanmıştır (Çaykara, 2018).



Şekil 3.3. Çaykara-Of yolunda meydana gelen heyelan (Çaykara, 2018).

Yalova’nın Çınarcık ilçesinde Çınarcık-Esenköy Karayolunu da içine alan yaklaşık 250 metre uzunluğunda 50 metre genişliğinde bir alanda heyelan meydana gelmiştir. Heyelanda eğlence merkezi, ikamet edilen 4 katlı konut ve metruk halde bulunan bloklar hasar görmüştür. Metruk binalar heyelanın etkisi ile yıkılırken 4 katlı

konut yan yattığı için sonradan yıkım ekipleri tarafından yıkılmıştır. Yaşanan felakette can kaybı olmamasına rağmen maddi kayıp büyük olmuştur. Çınarcık ile Esenköy arasındaki karayolu kullanılamaz hale gelmiş ve trafiğe kapatılmıştır. Heyelan bölgesinde yapılan incelemelerde arazide 2 metreyi geçen yarıklar gözlemlenmiştir.



Şekil 3.4. Çınarcık-Esenköy yolunda meydana gelen heyelan.

3.2. Şev Stabilite Problemlerinin Sınıflandırılması

Şev stabilite problemleri ile ilgili birçok sınıflandırma yapılmış olup en çok kullanılanlardan biri Varnes 1978'in yapmış olduğu sınıflandırmadır (Tablo 3.1).

Çizelge 3.1. Şev stabilite problemleri için sınıflandırma (Varnes, 1978).

HAREKET TÜRÜ		Malzemenin Türü		
		KAYAÇLAR	ZEMİNLER	
			İri Daneli	İnce Daneli
DÜŞME		Kaya Düşmesi	Moloz Düşmesi	Zemin Düşmesi
DEVİRİLME		Kaya Devrilmesi	Molozda Devrilme	Zeminde Devrilme
AKMA	Yavaş	Kaya Kripi	Moloz Kripi	Zemin Kripi
	Hızlı	Çok Parçalı	Moloz Akması	Zemin

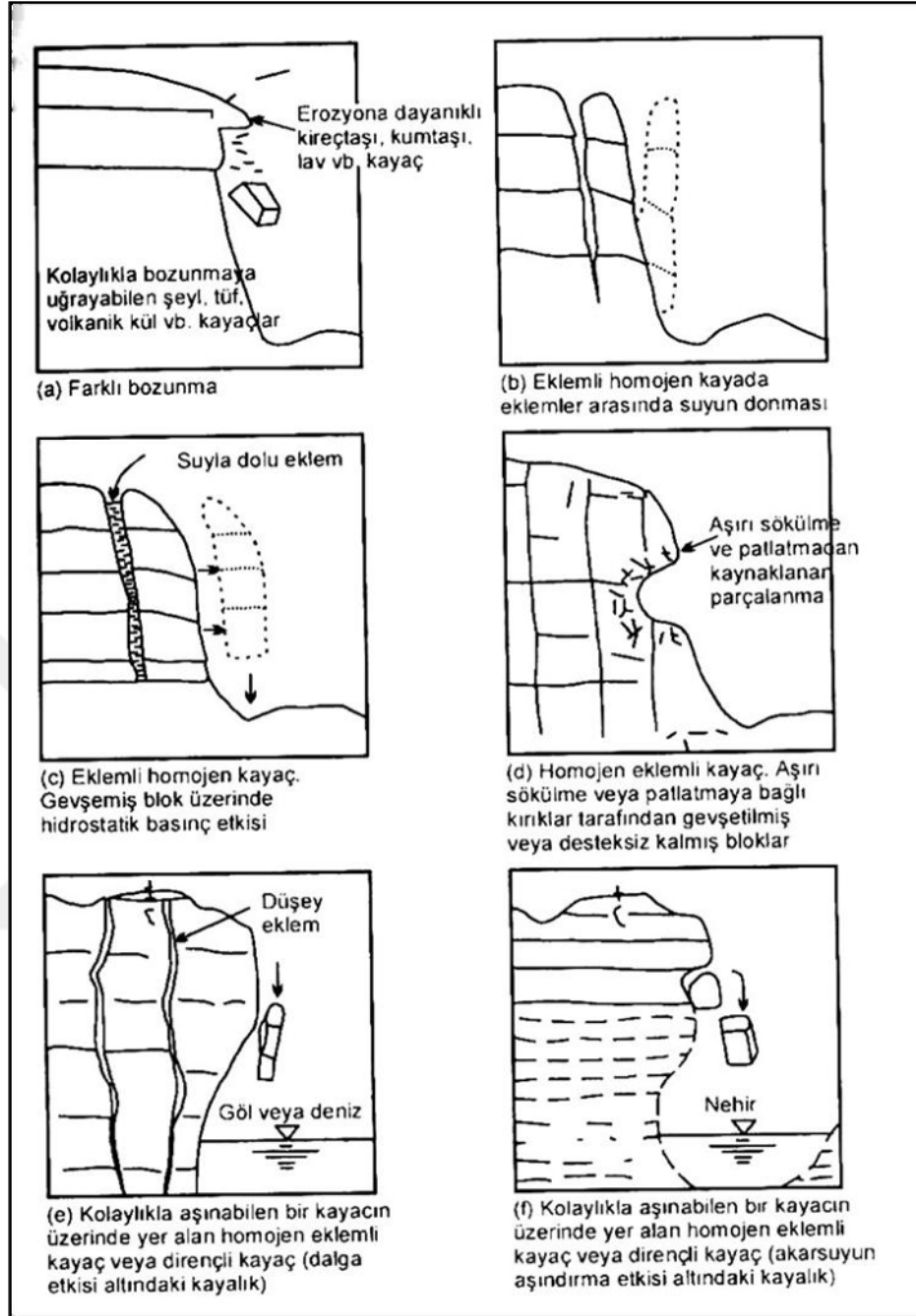
		Kayaç Akması		Akması
KAYMA	Ötelenmeli	Kayada Blok Türü Ötelenme	Zeminde Ve Molozda Blok Türü Ötelenme	
	Dönel (Dairesel)	Sıkı Çatlaklı Kayada Dönel Kayma	Zeminde Ve Molozda Dönel Kayma	
YANAL YAYILMA		Kaya Yayılması	Zemin Veya Moloz Yayılması	
KARMAŞIK		Hareket Türü Ve Malzeme Karışık		

3.2.1. Düşmeler

Düşme; bir yamaçtan aşağıya doğru hızlı bir şekilde düşen, yol boyunca yuvarlanarak ve hatta havada savrulurken zemin veya kaya parçalarının stabilite kaybı sonucunda oluşan yamaç yenilmeleridir (Coduto, 2006).

Düşmeler en çok rastlanan şev stabilitesi problemlerinden biridir ve genellikle kaya şevlerde görülür. Çatlaklı kayalarda don olayı, ağaç köklerinin büyümesi, erozyon, dinamit ile patlatma, hidrostatik basınçtan dolayı blokların ayrılması, titreşimler nedeni ile kayaların durağanlığının bozulması başlıca göçmeyi meydana getiren nedenlerdir.

Düşen malzemenin cinsine göre; ‘Kaya Düşmesi’, ‘Moloz Düşmesi’, ‘Zemin (Toprak) Düşmesi’ gibi isimler alabilirler (Tekin, 2011).



Şekil 3.5. Kaya kütlelerinde kaya düşmesine neden olan süreçler (Ulusay, 2001).

3.2.2. Kaymalar

Kayma, en yaygın olarak görülen şev stabilite problemi. Dönel ve ötelenmeli olarak iki şekilde gelişir. Makaslanma yenilmesi sonucunda belli bir yüzey boyunca meydana gelir (Ulusay, 2001).

3.2.2.1. Dairesel (dönel) kayma

Bu türde oluşan kayma hareketleri, daireysel olarak kaşığa benzer şekilde yüzeyler boyunca oluşur ve kayan kütle hareket sırasında geriye yatmış bir pozisyon alır. Kayma yavaş veya orta derecede bir hıza sahip olup, belirgin bir yenilme yüzeyi boyunca meydana gelmektedir (Ulusay, 2001).



Şekil 3.6. Dairesel Kayma (Ulusay, 2001).

3.2.2.2. Ötelenmeli (düzlemsel) kayma

Ötelenmeli kayma, düz veya çok az pürüze sahip bir yüzey boyunca makaslama yenilmesine bağlı olarak gelişir. Kayma esnasında malzeme öne doğru kayma yüzeyine paralel şekilde hareket eder. Hareket eden kütlede, daireysel kaymalarla göre, daha az deforme olur. Bu tür duyarsızlıklar toprak zemin veya kayaç malzemesine oranla daha az makaslama dayanımına sahip süreksizlik yüzeyleri (tabakalanma, eklem, fay, makaslama zonu vb.) boyunca meydana gelen, dolayısıyla süreksizlik denetimli duyarsızlıklardır. Bu tür kayma problemi çeşitleri Ulusay (2001) tarafından şu şekilde sınıflandırılmıştır (Gökcan, 2014).

a) Düzlemsel kayma

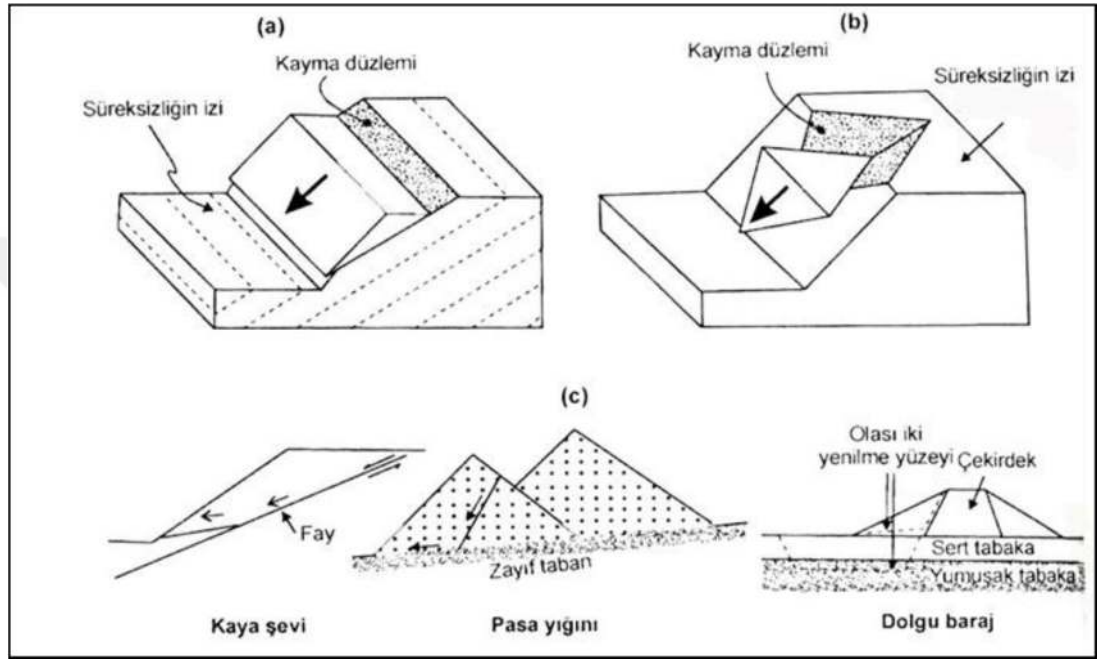
Şekil 3.7’de verilmiş olan şekilde de görüldüğü gibi düzlemsel kayma; eğimi şev eğiminden küçük olan düşük dayanımlı zayıf bir düzlem üzerindeki kütlelerin, kazı boşluğuna doğru hareket etmesidir (Ulusay, 2001).

b) Kama türü kayma

Bu tür duyarsızlık, kesişmekte olan iki süreksizliğin oluşturduğu tetrahedral bir kama bloğunun, eğimi şevinkinden daha yatık olan kesişme hattı boyunca öne doğru hareket etmesiyle meydana gelir (Ulusay, 2001).

c) İki veya çok yüzeyli kayma

Bu duyarsızlık türü, zayıflık yüzeyi veya birden fazla süreksizlik üzerinde meydana gelir. Özellikle tabakalanma yüzeylerinin veya fay birleşmesi sonucu zayıf zeminler üzerinde veya doğal ortamlarda yer alan parça yığınları ile dolgularla gelişebilen tipik bir duyarsızlıktır (Ulusay, 2001).

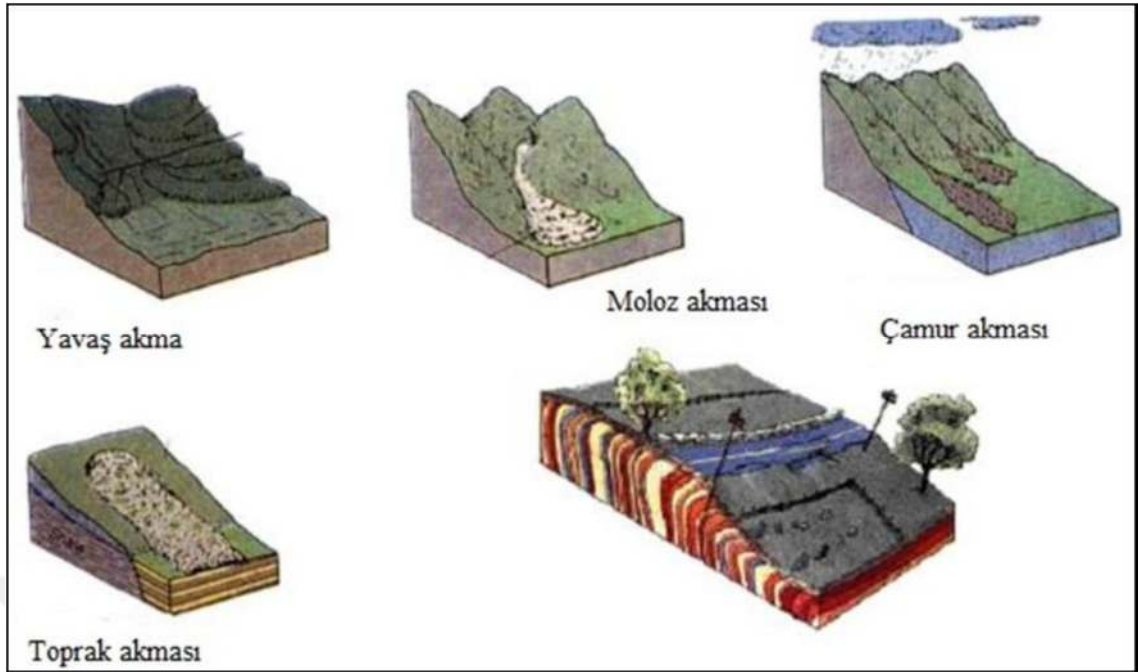


Şekil 3.7. a) Düzlemsel kayma b) Kama tipi kayma c) Farklı ortamlarda gelişebilen çok yüzeyli kaymalar (Ulusay, 2001).

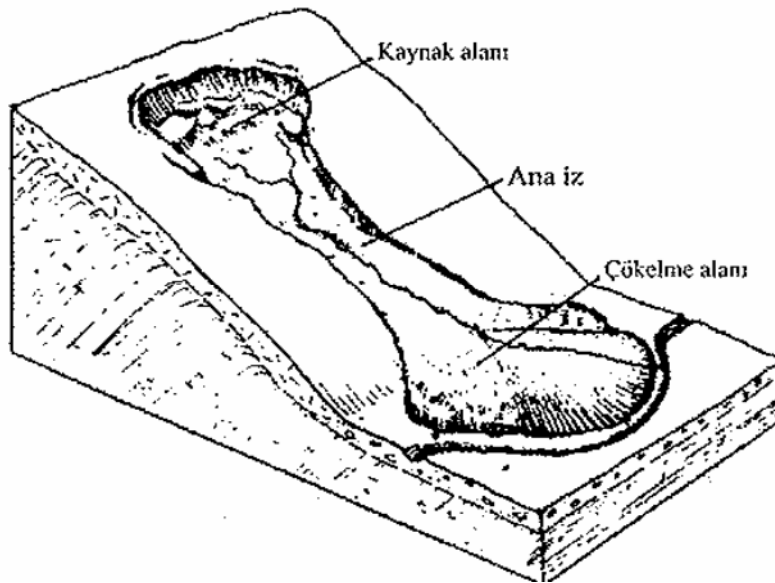
3.2.3 Akma

Konsolide olmamış (pekişmemiş) malzemelerin kuru veya doygun halde ve hızlı veya yavaş şekilde yamaç boyunca kıvamlı bir sıvı gibi hareket etmeleri, akma duyarsızlığına neden olmaktadır. Kuru kumlar ile kil boyutundan moloz boyutuna kadar değişen malzemelerde bu tür duyarsızlık gelişebilir ve çamur akması, kum akması ve moloz akması Şekil 3.8’de ki gibi isimlendirilmektedir (Ulusay, 2001).

Akmalar Şekil 3.9’da görüldüğü gibi zeminin akışkana benzer bir şekilde yamaç boyunca hareket ederek topukta birikmesiyle gerçekleşir. Kaymalardan farklı iyi tanımlanmış kayma düzlemleri boyunca değil her yönde kayma birim deformasyonları göstererek akmasıdır (Coduto, 2006).



Şekil 3.8. Bazı akma türleri (Ulusay, 2001).

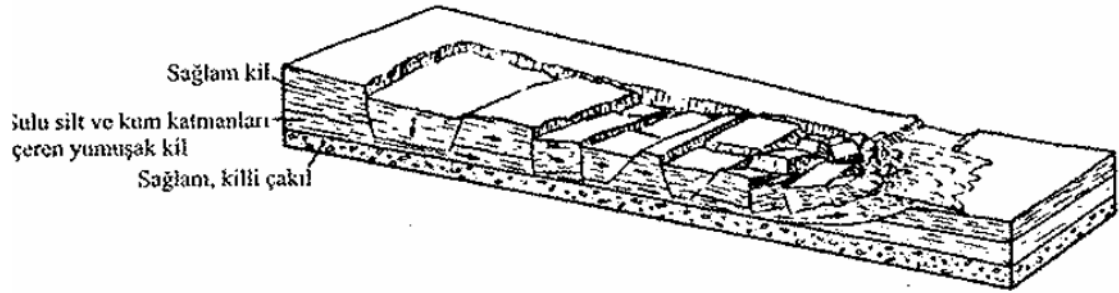


Şekil 3.9. Bir akma yenilmesi (Coduto, 2006).

3.2.4 Yayılmalar

Yayılmalar Şekil 3.10'da görüldüğü gibi zayıf bir zemin tabakası boyunca oluşan göçmeleri takiben üstteki daha sağlam tabakalarda meydana gelen ayrılmaların oluşturduğu harekettir. Suyu doymuş, zayıf doymuş kum tabakalarının deprem anında sıvılaşmasıyla bu göçme biçimi meydana gelebilmektedir. Genellikle orta eğimli

yamaçlarda meydana gelir ve akarsu kenarlarına kadar devam edebilir. Geniş alanları etkiledikleri için meydana getirdikleri hasarlar büyük boyutlara varabilmektedir (Coduto, 2006).

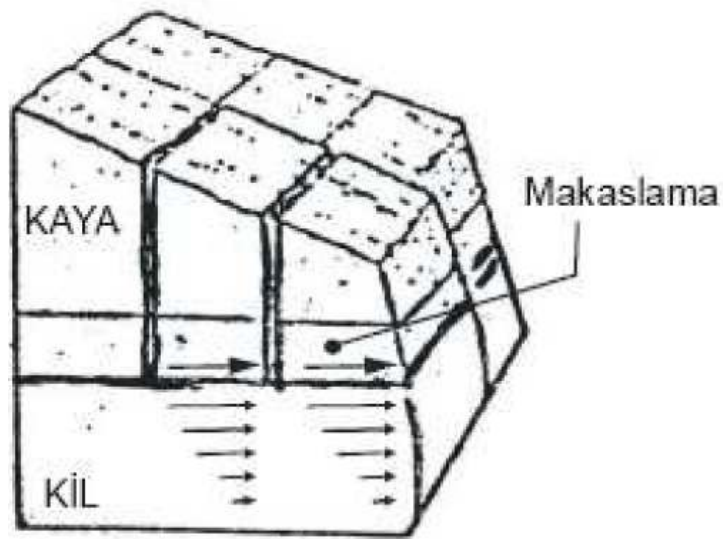


Şekil 3.10. Yayılma (Coduto, 2006).

Bu tür duyarlılıkların meydana gelmesinde, çekme çatlakları ve makaslanmanın eşlik ettiği yanıl bir genişleme hareketi rol oynamaktadır. Şekil 3.11 ve Şekil 3.12’de gösterildiği gibi iki türü bulunmaktadır (Ulusay, 2001).

a) Yanal kaya yayılması

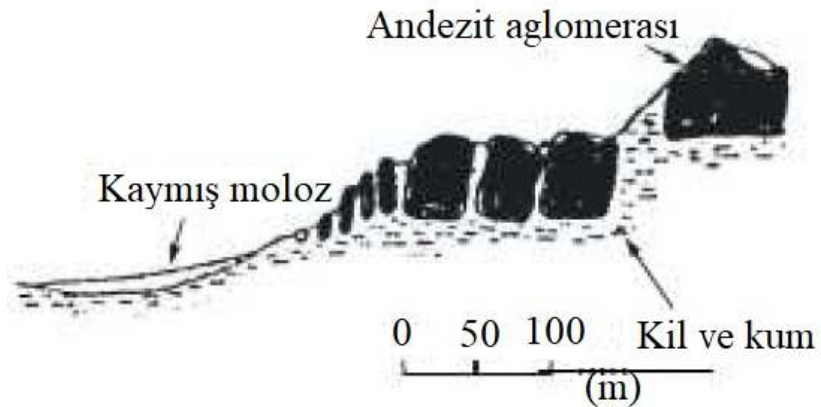
Şev, yumuşak bir malzemenin üstünde yer alan daha sıkı-sert olan birimden oluşmaktadır. Yumuşak olan malzeme şevin dışına doğru plastik bir davranış gösterir ve akma tipi oluşan harekete bağlı olarak alttaki sert malzeme de bloklara ayrılıp, plastik malzeme tarafından taşınması şeklinde hareket eder.



Şekil 3.11. Yanal Kaya Yayılması (Broms, 1975).

b) Yanal zemin yayılması

Yanal zemin yayılması duyarlılık türü göreceli olarak zayıf, killi ve sönümlü bir malzeme içinde yüzer konumdaki sert ve eklemlili büyük kaya bloklarının bu malzeme ile birlikte yavaş bir harekete maruz kalmasını tanımlar.

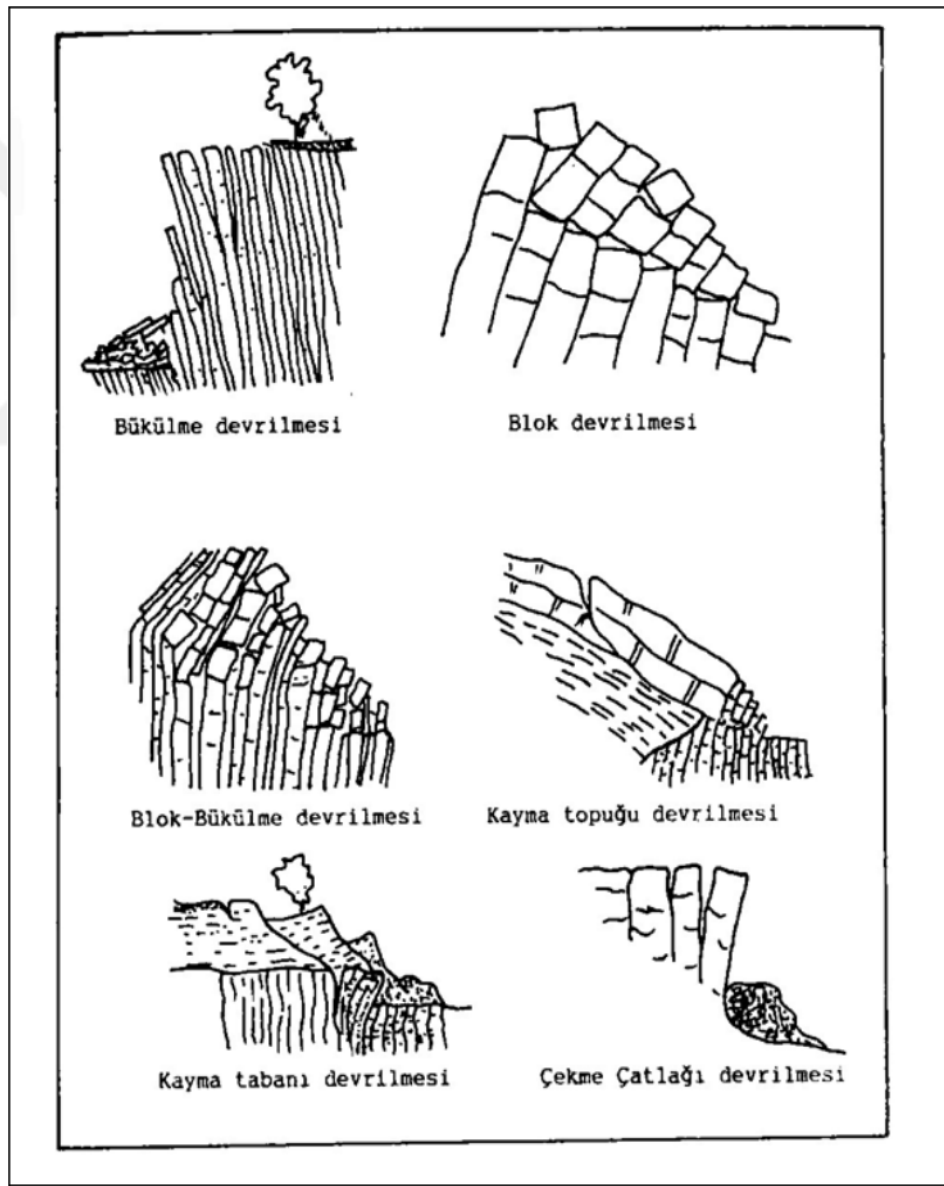


Şekil 3.12. Yanal Zemin Yayılması (Broms, 1975).

3.2.5 Devrilmeler

Devrilmeler, sert bir kil gövde veya kaya çatlaktan veya düşeye yakın bir eklem bölgesinden dönerek uzaklaşması olarak açıklanabilir. Sadece dik bir yamaçta bu yenilme türü ile karşılaşılır (Coduto, 2006).

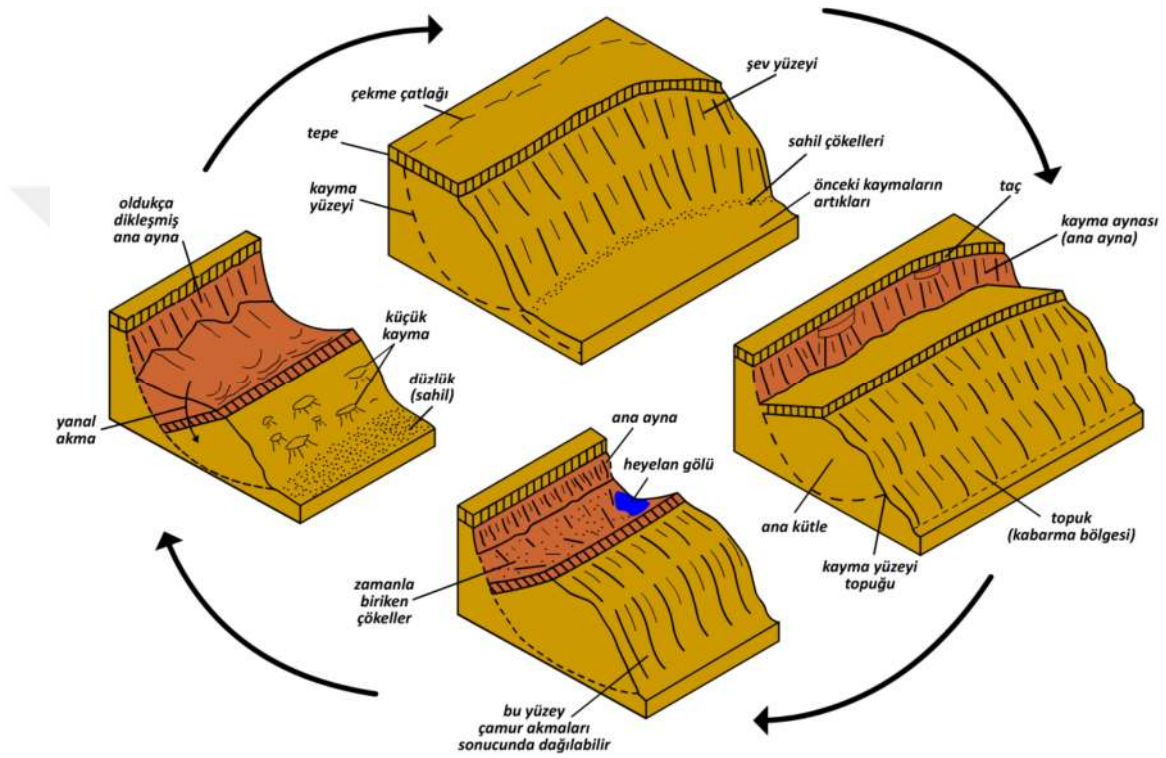
Süreksizlik yüzeyleri fazla olan kayaların orijinal konumlarının bozulmasıyla oluşan yıkımlara “Devrilme” denilmektedir. Tabiatta çeşitli devrilme türleri gözlenmiştir. Blok devrilmesi, Bükülme devrilmesi veya her ikisinin birlikte olduğu bir devrilme türü de meydana gelebilir.



Şekil 3.13. Devrilme Türleri (Goodman ve Bray, 1976).

3.2.6 Karmaşık hareketler

Birden fazla türde heyelan aynı anda meydana gelebilir, bu tip kütle hareketlerine karmaşık heyelanlar denir. Örnek olarak kaya kayması kaya düşmesine, devrilme türü bir hareket kaya düşmesine, daha sonrada kaya akmasına, dönüşebilmesi olasıdır. Diğer bir örnekte ise killi siltli zeminlerde meydana gelen heyelan daha sonra çamur akmasını meydana getirmesi şeklinde görülebilir.



Şekil 3.14. Bir Kısım Akma Özellikleri De İçeren Karmaşık Kayma (Bromhead, 1986).

4. ŞEV STABİLİTE ANALİZİ

4.1. Şev Stabilité Analiz Yöntemleri

Şev stabilite analiz yöntemleri limit denge analiz yöntemleri ve sonlu elemanlar analiz yöntemi olarak iki ana başlıkta toplanmıştır.

4.1.1. Limit denge analiz yöntemleri

Limit denge analiz yöntemleri geoteknik mühendisliği problemlerinin çözümünde uzun zamandır yaygın olarak kullanılmaktadır. Limit denge analizleri ile kaymanın belli bir yüzey boyunca olduğu kabulü yapılır ve kayan kütle bir bütün olarak veya dilimlere ayrılarak, kayma yüzeyi boyunca oluşan gerilmeler ile kayma mukavemeti karşılaştırılır. Bu analiz yöntemleri ile temelde, Mohr Coulomb gerilme kriterleri kullanılarak şevin üç ana statik denge eşitliği aranmaktadır (Hammouri ve diğ., 2008). Singh ve diğ. (2008) tarafından yapılan çalışmaya göre ise limit denge yöntemleri içerdikleri sınırlamalara karşın güvenilir sonuçlar verdiğini ispatlamıştır. Fakat aynı anda tüm kesme dayanımının mobilize olduğu varsayıldığı için olduğundan daha düşük güvenlik sayıları verdiğini belirtilmiştir. Bu yöntem ile günümüze kadar bir çok araştırma yapılmış ve yöntemler geliştirilmiştir (Yu ve diğ.,1998).

Aşağıdaki tablolarda limit denge analiz yöntemleri ile ilgili özet bilgiler verilmiştir.

Çizelge 4.1. Mevcut analiz yöntemlerinin özeti (Abramson ve diğ, 2002).

Yöntem adı	Geliştiren	Sınırlamalar, Varsayımlar ve Denge Koşulları
Dilim Yöntemi	Fellenius (1927, 1936)	Bu yöntem hem kayan kütle için hem de herhangi bir dilim için dilimler arası kuvvetleri ihmal eder ve sadece düşey kuvvet dengesini sağlar. Bundan dolayı dilim yöntemleri arasında en basit olanıdır.
Basitleştirilmiş Bishop Yöntemi	Bishop (1955)	Tüm dilimler arası kayma kuvvetlerinin sıfır olduğunu varsayar, bilinmeyen sayısının (n-1) kadar azalmış olur, (4n-1) bilinmeyen kalır, bu durumda sistem aşırı tanımlı (over determined) olur ve çözülebilir.

Basitleştirilmiş Janbu Yöntemi	Janbu (1954a, 1954b, 1973)	Janbu dilimler arası kayma kuvvetlerinin sıfır olduğunu varsayar, bilinmeyen sayısını $(4n-1)$ 'e kadar azaltır. Moment dengesi sağlanamadığından aşırı tanımlı bir sistem çözümüne gitmek gerekir, Janbu f_0 gibi düzeltme katsayısı ile yöntemin hassasiyetini arttırmıştır.
Lowe ve Karafiath Yöntemi	Lowe ve Karafiath (1960)	Lowe ve Karafiath dilimler arası kuvvetlerin etkidiği doğrultuyu sabit kabul ederler, bu doğrultu dilim tabanındaki açı ile zemin yüzeyi açısının ortalamasına eşit olduğunu varsayarlar, bu sadeleştirme $(4n-1)$ bilinmeyen bırakır, moment dengesi sağlanmaz.
Corps of Enginnering Yöntemi	Corps of Engineers (1970)	The Corps of Engineers yaklaşımı dilimler arası kuvvetlerin (1) eğimi zemin yüzeyine paralel olduğunu (2) ya da göçme yüzeyinin sağ bitiş noktası ile sol bitiş noktası arasındaki eğim açılarının ortalaması olduğunu kabul eder. Bu yaklaşım Lowe ve Karafiath (1960)'a benzer bir yaklaşımdır, moment dengesi sağlanmaz.
Spencer yöntemi	Spencer (1967, 1973)	Spencer yöntemi statik dengeyi çok iyi sağlamaktadır. Dilimler arası kuvvetin sabit olduğunu varsayar, eğim bilinmemektedir. $(n-1)$ adet kabul yapılarak, bilinmeyen sayısı $(4n-1)$ 'e azaltılır, fakat kuvvetler arası eğim de bir bilinmeyen olarak hesaplara girer ve toplam bilinmeyen sayısı $4n$ olur, $4n$ adet bilinen denklem olduğundan sistem statikçe kararludur ve çözülebilir.
Bishop Yöntemi	Bishop (1955)	Bishop $(n-1)$ tane dilimler arası kayma kuvveti olduğunu varsayar. Bu kabul nedeniyle $4n-1$ adet bilinmeyen kalır ve moment dengesi sağlanamaz. Ancak Bishop hesaplara bir tane daha bilinmeyen eklemiştir, sonsuz sayıda ihtimal arasından dilimler arası bileşke kuvvetin tek bir biçimde oluşabileceğini kabul etmiş ve bilinmeyen sayısını $4n$ 'e çıkararak sistemi statikçe kararlı hale getirmiştir.
Janbu Yöntemi	Janbu (1954a, 1954b, 1973)	Janbu bir itki çizgisinin belirli yeri olduğunu varsayar, böylece bilinmeyenlerin sayısı $(4n-1)$ 'e azaltılır. Janbu yöntemi de Bishop yöntemi gibi dilimler arası bileşke kuvvetin etki noktasını bilinmeyen olarak alır. Eğer doğru etki noktası tanımlanmışsa hassas bir çözüm yapılabilmektedir.

Sarma Yöntemi	Sarma (1973)	Sarma, dilim yöntemini kullanarak şev kütlesini göçmeye götürecek olan yatay sismik katsayıyı bulmayı hedefler, bu sayede sismik katsayı ile güvenlik katsayısı F arasında bir ilişki geliştirilmiş olmaktadır. Sismik katsayısının sıfır değer statik F değerine eşit olacaktır. Sarmanın kullandığı kuvvet fonksiyonu Morgenstern-Price tarafından önerilen fonksiyonlardır. Statik durumda hesaplanan F değerinde oluşan kayma dairesinin yeri, diğer yöntemlerle bulunan kayma dairelerinden farklı olabilmektedir.
Morgenstern-Price Yöntemi	Morgenstern ve Price (1965)	Morgenstern ve Price'ın önerdiği yöntem Spencer yöntemine benzerdir. Ancak, dilimler arası bileşke kuvvetin oranı sabit değildir. Bir fonksiyon yardımıyla değişken olarak kabul edilir, bu değişken değer sayesinde bilinmeyen sayısı 4n olur ve bilinen sayısı da 4n olduğu için sistem çözülebilir.

4.1.1.1 Basitleştirilmiş Bishop Dilim Yöntemi

Suya doymun killerde toplam gerilmeler kullanılarak yapılan incelemeler için olduğu kadar, her türlü zeminde efektif gerilmeler kullanılarak yapılan incelemeler için de elverişlidir. Bu yöntemle göre bir şevin stabilite analizi yapılırken şeve gelen dinamik kuvvetlerin etkisini dikkate alan ve pik deprem ivmesini kullanan eş değer bir yatay kuvvet ele alınmıştır. Bishop yönteminde dilimler esas olduğuna göre, her dilimin ağırlığı ile orantılı bir yatay kuvvet hesaba katılmıştır. Her dilime etki eden yatay kuvvetler sonunda toplanarak, kaymaya neden olan momentler kısmında yer almaktadır. Tekrarlı kayma gerilmeleri nedeniyle zeminlerde oluşan boşluk suyu basıncı artışları ve kayma mukavemeti açısındaki azalmalar da hazırlanan bilgisayar programında analize katılmıştır. Buna göre güvenlik katsayısı (Fs) şu şekildedir: (Olgun ve Acar, 2009).

$$\frac{\sum (c' + (W - u_{son} \cdot b) \tan \phi') / M(\alpha)}{\sum W \cdot \sin \alpha + \sum a_p \cdot W} \quad (4.1)$$

c' : zeminin kohezyonu,

b : dilim genişliği,

W : dilim ağırlığı,

Φ' :zeminin kayma mukavemeti açısı,

a_p : yerçekimi ivmesi cinsinden pik deprem ivmesi,

α :şev açısı,

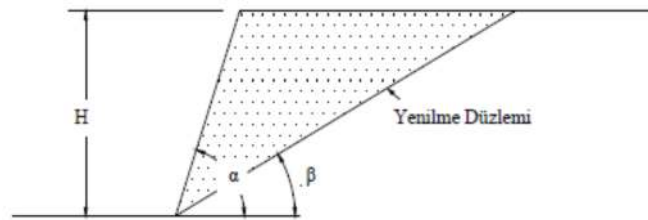
u_{son} : Deprem etkisi altındaki nihai boşluk suyu basıncı değeri,

$u_{son} = u_{baş} + u$ şeklindedir. Burada $u_{baş}$; depremden önceki boşluk suyu basıncı

değeri, u ise, hesaplanan ilave boşluk suyu basıncı değeridir (Olgun ve Acar 2009).

4.1.1.2.Culmann Yöntemi

Culmann yöntemi kullanılarak, Şekil 4.1'de görüldüğü gibi kaymanın düz bir yüzey boyunca gerçekleştiği kabulüne dayanan, kayma yüzeyi boyunca meydana gelen kayma gerilmeleri ile oluşan kayma direncinin dengesinden maksimum kazı yüksekliği ve kritik kayma açısı hesaplanabilmektedir (Das, 2006).



Şekil 4.1. Culmann kırılma yüzeyi (Das, 2006).

Kritik kayma açısı, β_K ;

$$\beta_K = \frac{1}{2} \cdot (\alpha + \phi_g)$$

(4.2)

Maksimum kazı yüksekliği, H_K ;

$$H_K = \frac{4c}{\gamma} \cdot \left[\frac{\sin \alpha \cdot \cos \alpha}{1 - \cos(\alpha - \phi)} \right] \quad (4.3)$$

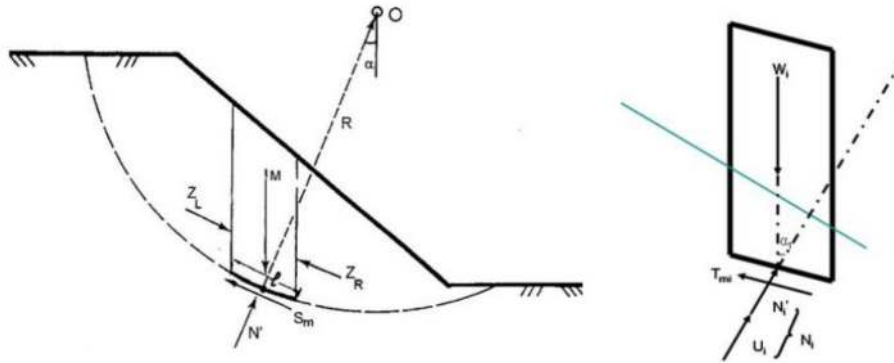
4.1.1.3. Sarma Yöntemi

Sarma tarafından 1973 yılında geliştirilen yöntemle o zamana kadar geliştirilmiş dilim yöntemlerine göre oldukça radikal bir görüş ortaya konmuştur (Önalp ve Arel, 2004). Bu yöntemin ana prensibi şevin stabilitesini kaybettirecek yatay ivmenin kritik değerini bulmaktır. Bu teknikle hesaplamalara büyük kolaylık getirdiği katkı dilim kenarlarının düşey ve hatta birbirine paralel olma zorunluluğunun bulunmamasıdır (Sarma, 1983).

4.1.1.4. Fellenius Yöntemi (İsveç Dilim Yöntemi)

Eğimli bir alan için incelenen kayma yüzeyinin kesme dayanımı, iç sürtünme ve etkin gerilmeye dayalı olduğu zeminlerin geçtiği yerlerde, dilim yöntemi varsayılan kayma yayının farklı bölümlerinde gelişen kesme direncinde görülmesi beklenen farklılıkları açıklamanın pratik bir yoludur. Bu yöntem, katmanlı zeminlerde, izotropik zeminlerde ve izotropik olmayan zeminlerde bulunmakta olan şevlerde uygulanabilmektedir (McCarthy, 1962).

Bu yöntem ile dairesel kayma yüzeyi dilimlere bölünür ve her bir dilime etkileyen kuvvetler göz önüne alınır (Şekil 4.2). Yapılan varsayım ise, dilimler arası kuvvetlerin bileşkesinin tabana paralel olmasıdır (Önalp ve Arel, 2004).



Şekil 4.2. İsveç dilim yönteminde bir dilime etkileyen kuvvetler ve kuvvet poligonu (Önalp ve Arel, 2004).

4.1.1.5. Janbu Yöntemi

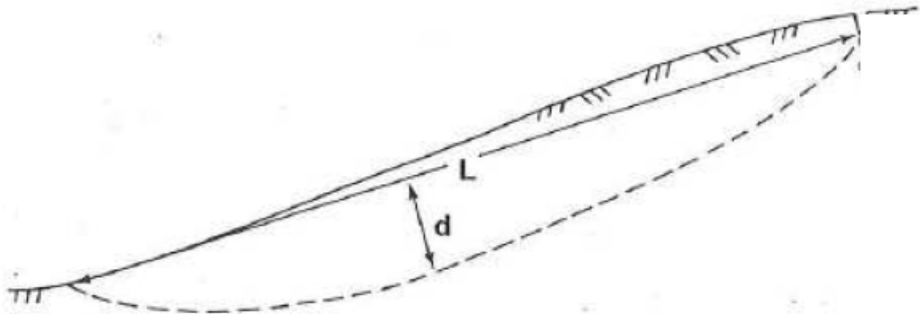
Janbu ilk defa 1956 yılında kuvvet dengesi koşullarını sağlayan ve her şekilde kayma yüzeyine uygulanabilen bir çözüm tekniği geliştirmiştir. 3 bilinmeyen ve 3 denklem ile hesap yapılan bu yöntem 1968 yılında tekrar gözden geçirilmiş olup “Janbu Genel Yöntemi” şeklinde isimlendirilmiştir. Daha sonra bu yöntem de bazı sadeleştirmeler yapılarak “Sadeleştirilmiş Janbu Yöntemi” olarak son halini almıştır (Önalp ve Arel, 2004). Janbu, x kuvvetlerinin sıfır olduğu varsayımını ile kuvvet dengesini sağlayan ilk güvenlik sayısını aşağıdaki gibi ortaya koymaktadır;

$$F_0 = \frac{\sum \{ [c' b + ((M \cdot ub) \cdot \tan \phi')] \cdot \sec \alpha \cdot k_\alpha \}}{M \tan \alpha} \quad (4.4)$$

f_0 Şekil 4.3’de görüldüğü gibi kayma bölgesinin derinliğine bağlı bir katsayı olmak üzere, güvenlik sayısı f_0 ile düzeltilerek elde edilir (Önalp ve Arel, 2004).

$$f_0 = 1 + b \left[\frac{d}{L} - 1.4 \left(\frac{d}{L} \right) \right] \quad (4.5)$$

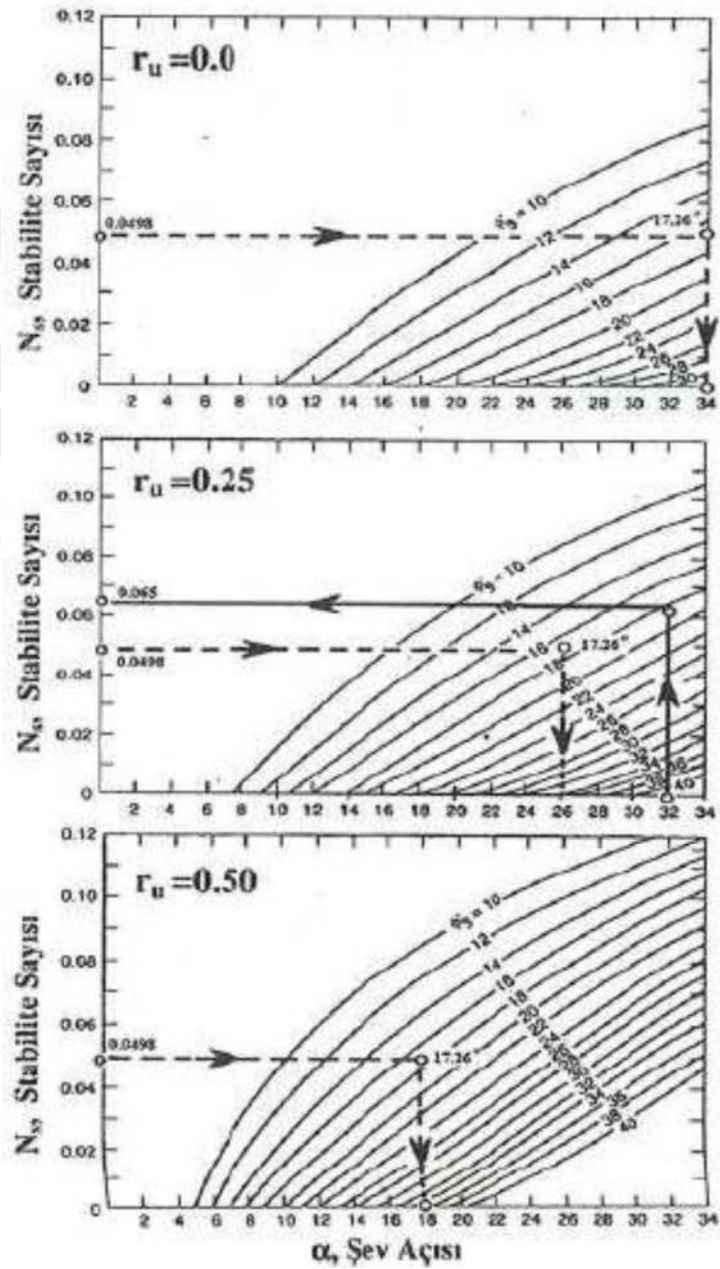
$$G_s = f_0 \cdot F_0 \quad (4.6)$$



Şekil 4.3. Yamaçta uzunluk derinlik kavramı (Önalp ve Arel, 2004).

4.1.1.6. Spencer Yöntemi

Spencer 1967 yılında moment eşitliği sağlanıp kuvvet eşitliğinin sağlanmadığı bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem ile öncelikle verilen sev için c , γ , H , b , ϕ , r_u değerleri belirlenir ve herhangi bir G_s değeri varsayılır. $N_s = c / (G_s \text{varsayılan} \cdot \gamma \cdot H)$ değeri hesaplanarak Şekil 4.4'de verilen abak yardımı ile ϕ_d değeri elde edilir. Güvenlik sayısına ise $G_s = \tan \phi / \tan \phi_d$ eşitliğinden ulaşılır (McCarty, 1998).



Şekil 4.4. Spencer stabilite abakları (McCarty, 1998).

4.1.2. Sonlu elemanlar analiz yöntemi

Sonlu elemanlar ve sonlu farklar yöntemleri ile kullanan paket programlar yapı-zemin etkileşimini gerçeğe daha yakın modelleyerek iksa sisteminin yapım aşamalarını da hesaba katmak mümkün hale gelmektedir. Bu sayede yapım aşamalarında hem duvar moment, kesme kuvveti ve deplasmanlarını, hem de çevre yapıların deplasmanları ile zemin deplasmanlarını tasarım aşamasında tahmin etmek mümkün olabilmektedir (Çalışkan ve Özkan, 2005).

Birbirinden farklı ve oldukça detaylı tasarım teknikleri bulunmakla beraber uygun olan hesap yönteminin seçilmesi güvenli projelendirme açısından büyük önem arz etmektedir. Hesaplamalar hangi yöntemle yapılırsa yapılsın benzer zeminlerdeki uygulamalarda yapılan ölçümler değerlendirilmeli ve bilgisayar programları ile yapılan hesaplamalar mutlaka basit yöntemlerle de olsa kontrol edilmelidir. Özellikle oldukça detaylı verilere ihtiyaç duyulan sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan analizler diğer yöntemlerle de kontrol edilmelidir (Çalışkan ve Özkan, 2005).

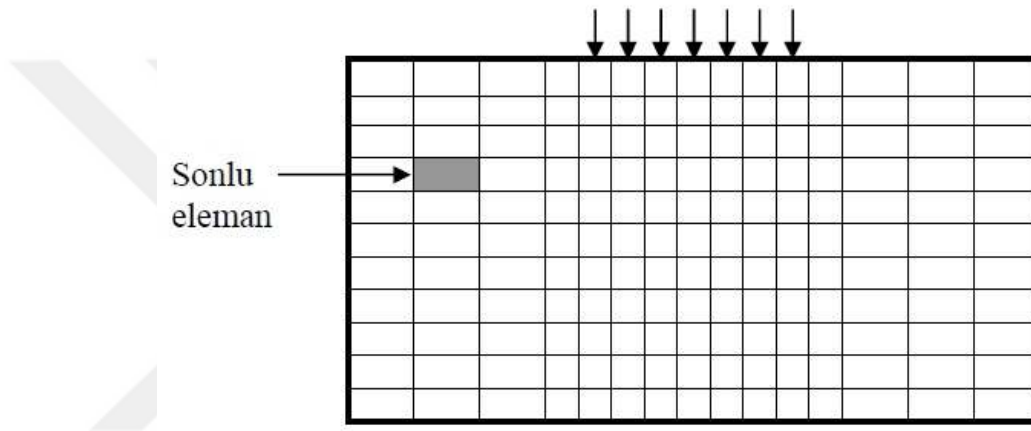
Stewart ve diğ. ampirik ve gerilmeye dayalı yöntemleri tasarım açısından kullanışlı fakat sınırlı kapasitede olduğunu düşünmektedir. Bunun yanında deformasyona dayalı yöntemleri ve sonlu elemanlar yöntemleri ile çalışan programlarının daha hassas ve her türlü zemin durumu için kullanılabilir olarak tanımlamaktadır. Ancak Stewart ve diğ., Goh ve diğ., deformasyona dayalı yöntemlerdeki asıl zorluğun serbest zeminin deplasmanların tahmininden kaynaklandığını söylemektedirler (Keleşoğlu ve Özkan, 2005).

Sonlu elemanlar yöntemi, zeminin düğüm noktalarında birleşen elemanlara bölünebildiği, her düğüm noktasındaki deplasmanlardan yola çıkılarak gerilme ve şekil değiştirmelerin bulunabildiği, diferansiyel denklem veya sınır değer problemlerini içeren mühendislik uygulamalarının modellenenebildiği bir yöntemdir. Limit denge yöntemlerine göre üstünlüklerinden biri kritik kayma dairesinin şekli ve konumu için hiçbir varsayımda bulunulmamasıdır. Bununla beraber, bu yöntem ile zeminde oluşan gerilmeler, yer değiştirmeler, boşluk basıncı dağılımları, oturmalar ve yeraltı suyu sızıntıları başarılı bir şekilde ortaya konulabilmektedir (Hammouri ve diğ., 2008).

Kim ve diğerleri (2002) homojen olmayan ve düzensiz yüzeye sahip şevlerde limit denge yöntemi analizinin ve sonlu elemanlar yöntemi analizinin benzer güvenlik sayısı verdiğini ve limit denge yöntemi analizi ile bulunan kritik kayma dairesinin sonlu

elemanlar yöntemi analizi ile bulunan kayma dairesi konumuna yakın olduğunu ortaya koymuşlardır.

Plaxis programı, sonlu elemanlar yöntemini kullanarak geoteknik mühendisliği problemlerinin iki boyutlu deformasyon ve stabilite analizini yapabilen bir paket programdır. Program kullanılarak doğal ya da yapay şevler modellenenilmekte ve kesme dayanımı parametreleri program tarafından şev göçene kadar azaltılarak güvenlik sayısına ulaşılabilir (Brinkgreve, 2002). Plaxis programının yeni versiyonları ile üç boyutlu olarak da modelleme yapılabilir.



Şekil 4.5. Sürekli bir sistemin sonlu elemanlara ayrılması (Yavuz, 2012).

4.2. Şev Stabilite Parametrelerini Belirleme

4.2.1. Arazi deneyleri

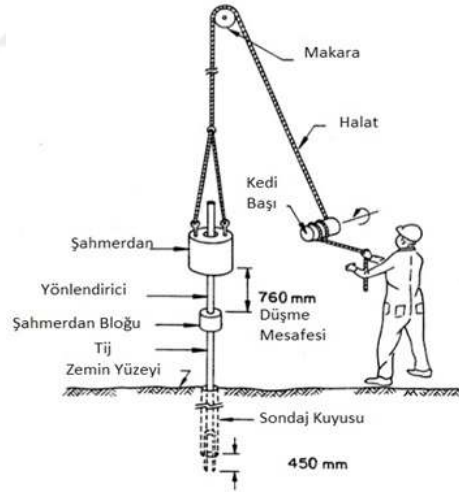
Arazi deneyleri diğer bir alternatiftir. Laboratuvar deneylerinden farklı olarak, bu deneyler, yerinde yapılarak modelleme olmaksızın ortam değiştirilmemiş olmaktadır. Bu deneyler özel ekipmanların araziye getirilerek zemine uygulanmasını içerir. Bu tür deneyler, temiz kum gibi özellikle numune almanın zor olduğu zeminlerde faydalıdır. Laboratuvar deneylerine kıyasla, yerinde deneyler genellikle daha ekonomiktir. Bu sayede aynı bütçe ile daha fazla deney yapılması sağlanabilmektedir. Bu ilave bilgiler ile planlanan inşaat sahasında yer alan zemin profilinin değişkenliği hakkında daha fazla bilgi edinilebilmektedir (Coduto, 2006).

Ülkemizde en yaygın olan arazi deneyleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- i. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)
- ii. Konik Penetrasyon Deneyi (CPT)
- iii. Pressiyometre Deneyi
- iv. Kanatlı Kesici (Veyn) Deneyi
- v. Dilatometre Deneyi (DMT)

4.2.1.1. Standart penetrasyon deneyi (SPT)

Standart penetrasyon deneyine başlamadan önce sondajın yapılacağı alan temizlenmelidir. Genellikle her 1.5m'de bir yapılmaktadır. Deneyde 63.5 kg ağırlığındaki şahmerdanın 76 cm yükseklikten düşürülerek standart tüpün zemine çakılması ile gerçekleştirilir. Deneyde 45 cm ilerlenmesi için gerekli vuruş sayısından ilk 15 cm için gerekli vuruş sayısı çıkarılarak penetrasyon direncini veren sayı elde edilir. İlk 15 cm'deki vuruş sayısı delgi tabanındaki örselenmeden etkileneceği varsayılarak hesaba katılmaz (Laman vd., 2016).

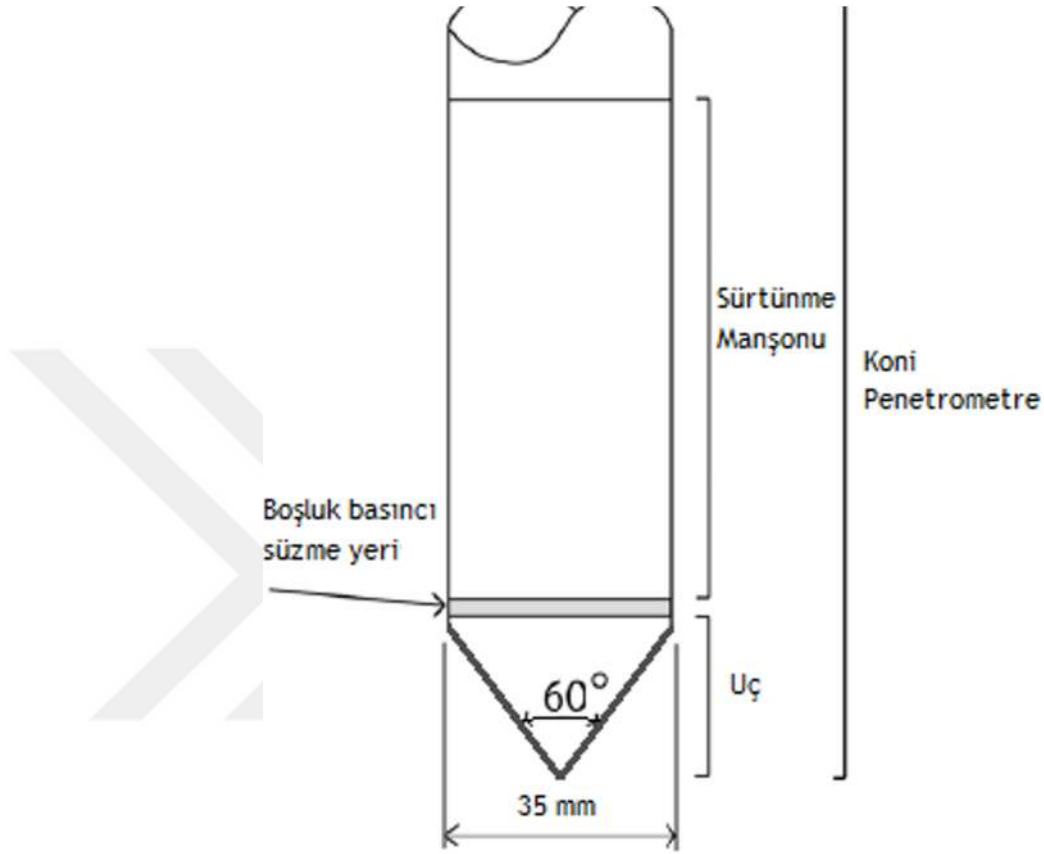


Şekil 4.6. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) Uygulaması (Laman vd., 2016).

4.2.1.2. Konik penetrasyon deneyi (CPT)

Konik Penetrasyon Deneyi (CPT) statik sondalama olarak ta isimlendirilmektedir. Deney belirli bir standarda sahip konik ucu sabit bir hızla zemine itilmesi sonucu zeminin konik uca karşı uyguladığı direncin ölçülmesiyle yapılır. Deneyle gerilme, çevre sürtünmeleri, boşluk suyu basıncı ve yüzey dalga hacmi verileri

elde edilir. Yüzey dalga hacmi verisi elde edilebilmesi için GEOFON cihazı ile donatılmış olması gerekmektedir. Veriler bir bilgisayar yardımı ile okunur ve bu veriler belli bir derinlik aralığında sürekli kaydedilir (Laman vd., 2016).

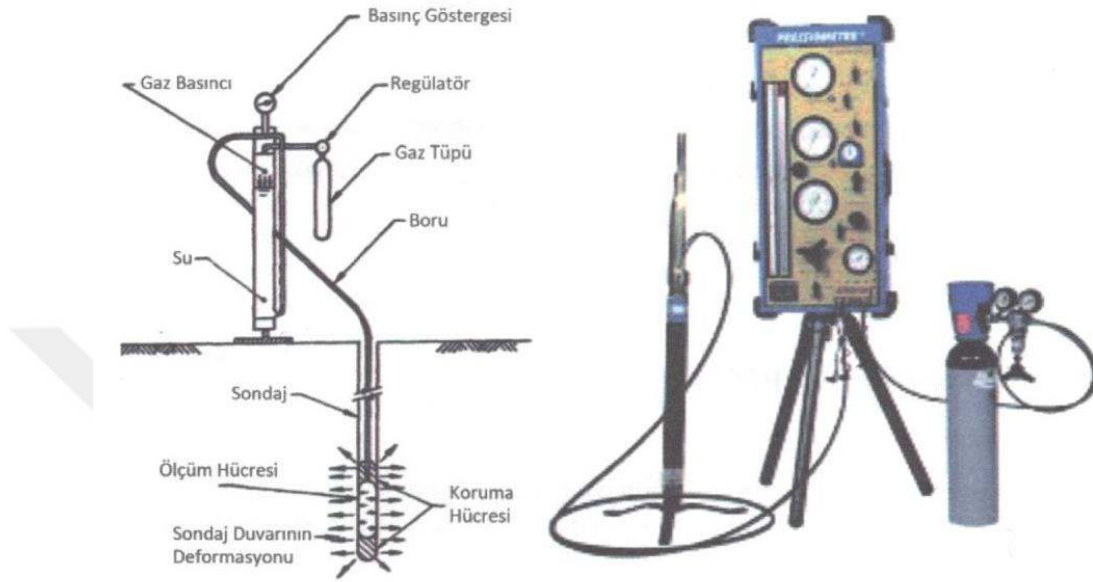


Şekil 4.7. Konik Penetrasyon Deneyi (CPT)’nde Kullanılan Konik Uç (Zemin, 2018).

4.2.1.3. Presiyometre deneyi

Pressiyometre deneyi hayli hazırda arazide bulunan sondaj kuyusunda yapılan bir deneydir. Sonda bir adet altta bir adet üstte koruyucu plastik hücre ve ortada ölçüm yapan lastik hücre olmak üzere üç adet hücreden oluşmaktadır. Koruyucu hücreler ölçüm yapan hücreden düşey yönde hareket etmesini engeller. Deneyde ölçen hücre su ve gazın yardımı ile şişirilir. Sisteme dahil edilen suyun ve gazın basıncı ölçülür. Ölçüm yapan hücrenin sondaj delgi yüzeyine temasından sonra gönderilen suyun hacminden hacim değişimi hesaplanmaktadır. Sondaj delgi yüzeyinde göçme olana kadar basınç uygulamasına devam edilir. Yanal basınç uygulaması kademeli şekilde yapılır. Basınç kademeleri zemin tipine göre farklılık göstermektedir ve genellikle yumuşak killerde 15

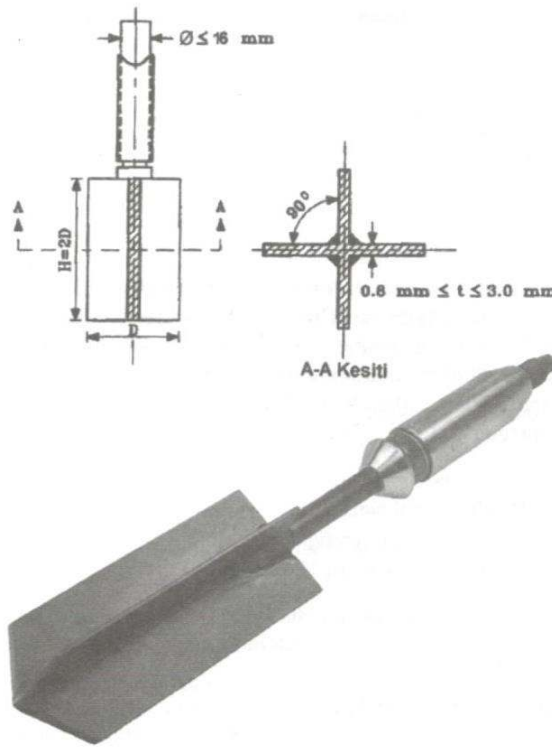
kPa, sert killerde 50 kPa, yumuşak kayalarda 100 kPa olarak uygulanmaktadır. Uygulanan her kademede 120 saniye beklenir ve bu süre zarfında 15'inci, 30'uncu, 60'ıncı, 120'inci saniyelerde hacim değişimleri okunur (Laman vd., 2016).



Şekil 4.8. Menard Tipi Presiyometre Düzenneği (Laman vd., 2016).

4.2.1.4. Kanatlı kesici (Veyn) deneyi

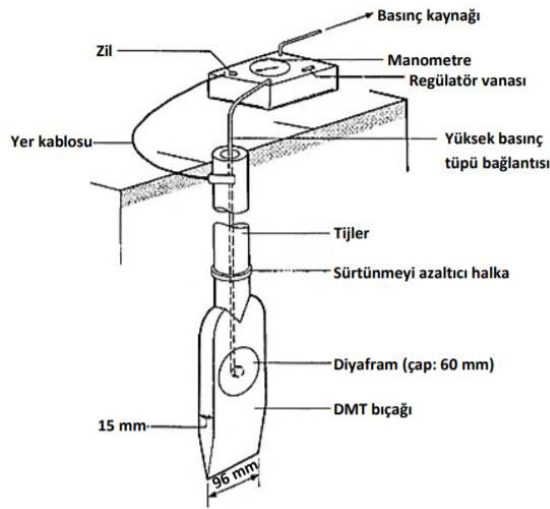
Aşırı duyarlı killerde ve yumuşak killerde numune alımı esnasında numunede oluşacak örselenmeler laboratuvar deneylerini olumsuz etkileyeceğinden drenajsız kayma dayanımının saptanması için arazide yapılan bir diğer deneyde kanatlı kesici deneyidir. Aşırı duyarlı ve yumuşak killere daldırılan kanatlı kesicinin döndürülmesi ile uygulanır. Deneyde zeminin kesicinin kanatlarına karşı koyduğu direnç ölçülür. Kanatlı kesicinin tijlerine bağlı olan gösterge yenilme anındaki moment değerini ölçer. Zemin genellikle 2-5 dakika içerisinde kesilmektedir. Burulma momenti okumaları yaklaşık olarak 15 saniyede bir kaydedilmektedir (Laman vd., 2016).



Şekil 4.9. Kanatlı Kesici (Veyn) Deneyi Uygulama Şeması (Laman vd., 2016).

4.2.1.5. Dilatometre deneyi (DMT)

Dilatometre deneyi Marchetti (1975) tarafından geliştirilen 1980’li yıllarda kullanımı yaygınlaşan bir arazi deneyidir. Deney zemin özelliklerinin derinlikle değişimi, boşluk suyu basıncı, oturma potansiyeli ve ön yükleme durumu gibi verileri elde etmemize yardımcı olmaktadır. Deneyde yassı bir bıçak zemine çakılmaktadır, bıçağın bir yüzeyine 60 mm çapında çelik membran yerleştirilir. Deneyin en büyük avantajı ön yükleme hakkında bilgi vermesidir. Kumlu, Killi ve Siltli zeminlerde kullanılabilir, çakıllı zeminlerde membran hasar alması ihtimali yüksek olduğundan tercih edilmemektedir (Laman vd., 2016).



Şekil 4.10. Marchetti Dilatometresi Deney Düzeneği (Clayton vd.,1995).

4.2.2. Laboratuvar deneyleri

Laboratuvar deneyleri zemin verilerini elde etmek ve modellemek amacı ile kullanılan yaygın bir deney türüdür. Elek analizi, su içeriği, özgül ağırlık, çökeltme analizi, natürel birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, serbest basınç, plastik limit, likit limit, kanatlı kesici (veyn), konsolidasyon, şişme, permeabilite, kesme kutusu ve üç eksenli basınç deneyleri yapılarak belirlenen parametreler modellemede kullanılır.

Laboratuvar deneylerinin sağlıklı bir şekilde yapılması ve gerçeğe yakın değerler elde edilmesi açısından numune alma işlemi oldukça önem taşımaktadır. Numunenin alındığı yer, numune alımında kullanılan malzemenin uygunluğu ve numunenin laboratuvar ortamına götürülünceye kadar korunması sağlıklı ve gerçeğe en yakın değerleri almamıza yardımcı olacaktır (Laman vd., 2016).

4.2.2.1. Elek analizi

Elek analizi zemin sınıflandırılmasında, zeminin içeriğindeki kum, kil, silt ve çakıl gibi bileşenlerinin ayrı ayrı ağırlık oranlarını, dane büyüklüklerini belirlememizi sağlamaktadır. İri taneli ve ince taneli bileşenler aynı anda bulunduğu yıkamalı elek analizi yapılmaktadır. Zeminin iri tanelimi olduğunu ince tanelimi olduğunu belirlemek için no. 200 elek kullanılır. Elektan geçen malzemenin oranı yüzde elliden fazla ise ince taneli az ise iri taneli olarak kabul edilir (Laman vd., 2016).



Şekil 4.11. Elek Analiz Düzenegi.

4.2.2.2. Su içeriği

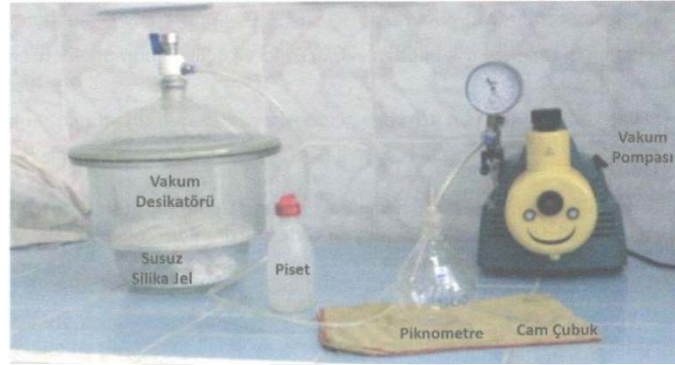
Zeminin parametreleri içerisinde su içeriğinin önemi oldukça büyüktür. Deneye başlamadan önce deney kabı iyice temizlenir ince taneli zeminlerde 30 gr orta taneli zeminlerde 30 gr iri taneli zeminlerden 3 kg numune alınır. Deney kabının kapağı açık şekilde etüvde 24 saat bekletilir. Daha sonra oda sıcaklığına erişene kadar bekletilir. Islak numune ağırlığından kuru numune ağırlığı çıkarılarak su içeriği hesaplanır (Laman vd., 2016).



Şekil 4.12. Su içeriği Deney Düzenegi.

4.2.2.3. Özgöl ağırlık

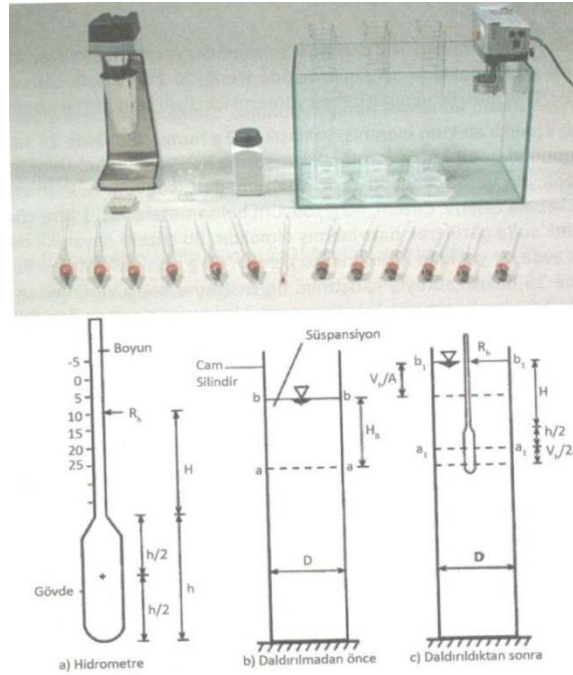
Özgöl ağırlık deneyi ince-orta taneli zeminlerde dane birim hacim ağırlığını tespit etme amacı ile yapılan deneydir (Laman vd., 2016).



Şekil 4.13. Özgöl Ağırlık Deney Düzeneği (Laman vd., 2016).

4.2.2.4. Çökeltme (hidrometre) analizi

Çökeltme analizi deneyi ile zemine ait numunenin ince taneli olan kısmını ayırmamızı sağlamaktadır. Kil-silt boyutu yüzdesini belirlemek amacı ile kullanılmaktadır (Laman vd., 2016).



Şekil 4.14. Hidrometre Yöntemi (Laman vd., 2016).

4.2.2.5. Tabi birim hacim ağırlık

Tabi birim hacim ağırlık deneyi zeminin doğadaki tabi halinin birim hacim ağırlığının tespiti amacı ile yapılır. Zemin boşluklu yapısı ve su içeriği ile birlikte birim hacim ağırlığı saptanır. Deney düzgün bir şekle sahip numunelerde farklı şekilsiz numunelerde farklı şekilde yapılır (Laman vd., 2016).



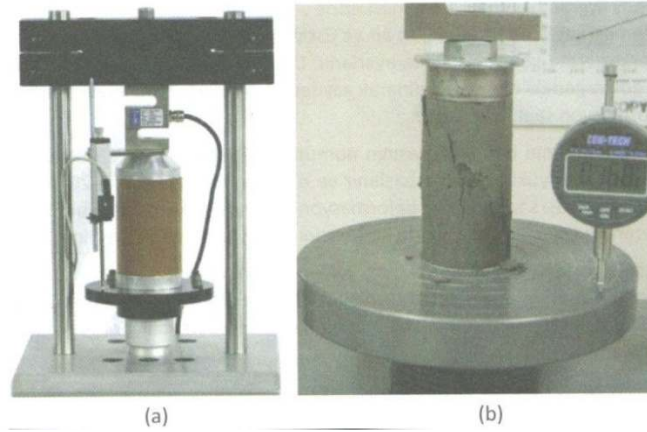
Şekil 4.15. (a) Erimiş Parafin Kabı (b) Cam Silindirde Su Taşıma Yöntemi (Laman vd., 2016).

4.2.2.6. Kuru birim hacim ağırlık

İri taneli olan zeminlerin modellenmesinde ve tanımlanmasında, zeminin doğadaki sıkılık durumu oldukça önem taşımaktadır. Kohezyonsuz zeminlerin karakteristik özelliği olan minimum ve maksimum kuru birim hacim ağırlık parametrelerini belirlemek için uygulanan deneylerdir (Laman vd., 2016).

4.2.2.7. Serbest basınç

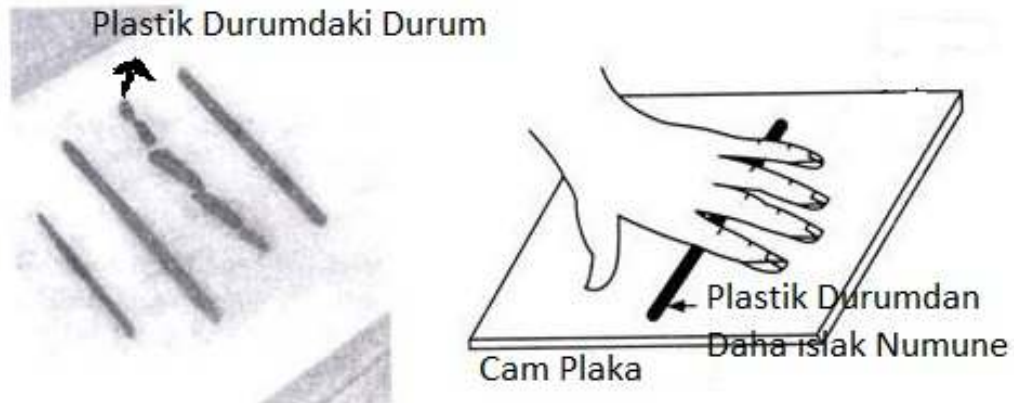
Serbest basınç deneyi kohezyonlu zeminlerin kayma direncini kolay bir şekilde saptamamızı sağlamaktadır. Bu nedenle zemin mekaniğindeki gelişmelerin serbest basınç deneyinin kayma direncini güvenilir bir şekilde vermediği anlaşılan kadar çok yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Serbest basınç deneyinde numunenin doğada sahip olduğu çevre basıncı hesap edilemediğinden ve deney esnasında numunenin özelliklerinin değişeceğinden kullanım sıklığı ve önemi azalmıştır (Laman vd., 2016).



Şekil 4.16. (a) Tek Eksenli Basınç Deney Düzeneği (b) Tek Basınç Dayanımı Deneyinde Bir Göçme Mekanizması Örneği (Laman vd., 2016).

4.2.2.8. Plastik limit

Plastik limit deneyi ince taneli olan numunenin fiziksel özelliklerini belirlemek için yapılan deneylerdir. Plastik limit ‘‘Kıvam Limitleri’’ deneylerinden bir tanesidir. Kıvam limiti numunenin su muhtevası ve plastisitesinin değişim hassasiyetinin ölçüsüdür. İnce taneli numunelerin sınıflandırılmasında ve isimlendirilmesinde numunenin kıvam limiti değerlerinden faydalanılmaktadır. Numunenin plastik durumdan yarı plastik duruma geçtiği andaki su muhtevasına plastik limit denilmektedir (Laman vd., 2016).



Şekil 4.17. Plastik Limit Deney Yapılışı (Y. A. Library, 2018).

4.2.2.9. Likit limit

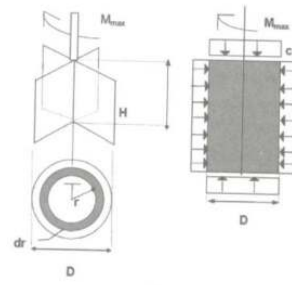
Likit limit deneyi ince taneli olan numunenin fiziksel özelliklerini belirlemek için yapılan deneylerdir. Plastik limit ‘‘Kıvam Limitleri’’ deneylerinden bir tanesidir. Numunenin bünyesindeki su muhtevasının numunenin akıcı kıvama geçtiği andaki su muhtevasına likit limit denilmektedir. Deney ‘‘Koni Düşürme’’ ve ‘‘Çarpmalı Cihaz’’ olmak üzere iki yöntemle yapılır (Laman vd., 2016).



Şekil 4.18. Sırasıyla Koni Düşürme ve Çarpmalı Cihaz Deney Düzenekleri.

4.2.2.10. Kanatlı kesici (Veyn)

Kanatlı kesici (Veyn) deneyi kil numunelerin drenajsız kayma direncini ölçmek amacı ile yapılan deneydir. Deneyde numuneye kanatlı kesici batırılır ve burulma momenti uygulanır. Numunenin kayma direnci uygulanan burulma momentine karşı yenilir ve kanatlı kesici numune içerisinde dönmeye başlar. Bu şekilde numunenin kayma direnci hesaplanabilmektedir. Deneyde alınan numunenin alındığı kaptan çıkarılmasına gerek duyulmadığından numune daha az örselenmiş olup daha gerçekçi değerler alınmaktadır (Laman vd., 2016).



(a)



(b)

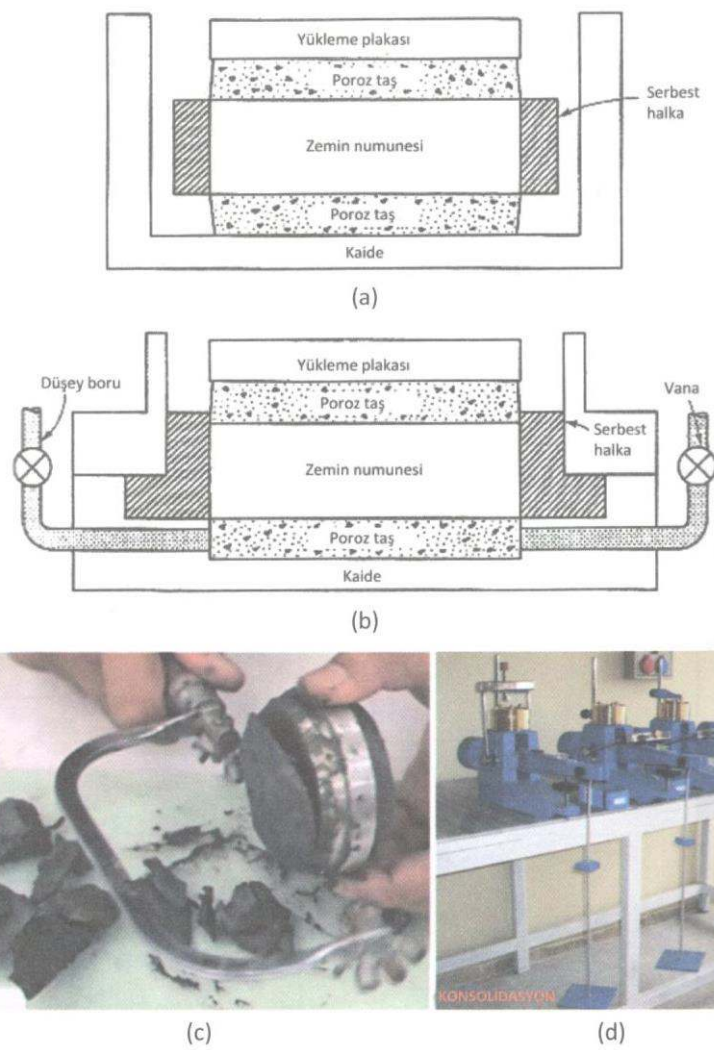


(c)

Şekil 4.19. (a) Veyn Aleti ve Zemin Silindirinin Kesilmesi (Aytekin, 2004), (b) Laboratuvar Veyn Düzeneği, (c) Veyn Aleti (Laman vd., 2016).

4.2.2.11. Konsolidasyon

Konsolidasyon kavramı yapılaşma konusunda oldukça önemli bir kavramdır. Yapıların yükü altında sıkışan zemin oturmalarına sebebiyet vermektedir. Kabul edilemez boyutlardaki oturmalar yapılaşma açısından sorunlar teşkil edeceğinden konsolidasyon deneyi ile oturma parametreleri belirlenir. Deneyde suya doygun, yanıl deformasyonu önlenmiş, disk biçiminde, alt ve üst kısmından drenajı sağlanmış numune kullanılır. Numuneye düşey yönde eksenel basınç uygulanır ve konsolidasyon miktarı ile hızı ölçülür (Laman vd., 2016).



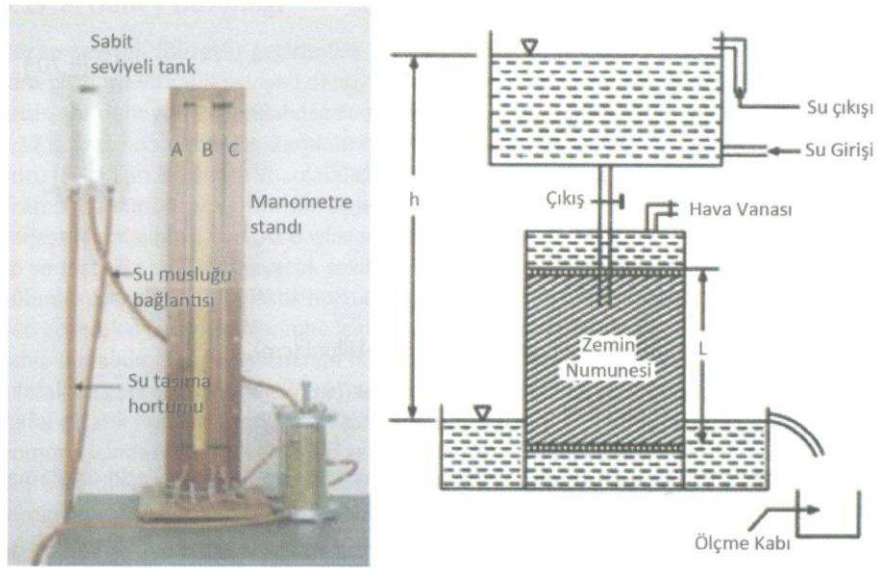
Şekil 4.20. (a, b) Tek Eksenli Konsolidasyon Aleti (c) Konsolidasyon Deneyi İçin Örselenmemiş Numunenin Konsolidasyon Halkası İçinde Hazırlanması, (d) Konsolidasyon Yükleme Düzeneği (Laman vd., 2016).

4.2.2.12. Şişme

Şişme suya doymun olmayan zeminlerde su muhtevasının artması ve geçirgenliği düşük olan zeminlerin üzerindeki yükün azalması sonucu gözlenen hacim artışına denir. Zeminin şişme değerlerini belirlemek amacı ile yapılan deneyde konsolidasyon deney düzeneği kullanılmaktadır. Yapılan deneyle zeminin şişme basıncı ve şişme yüzdesi belirlenebilir (Laman vd., 2016).

4.2.2.13. Permeabilite

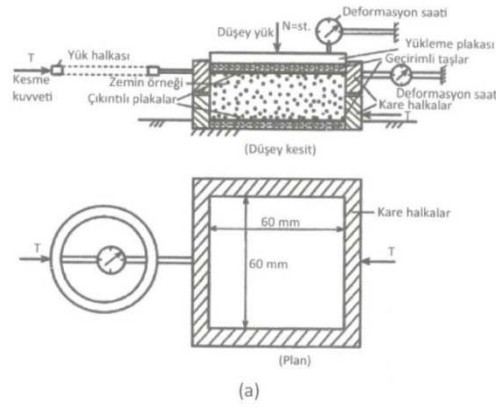
Permeabilite deneyi kum, iri taneli silt ve çakıl gibi geçirimsizliği yüksek numunelerde yapılmalıdır. Kil numunelerde kullanılması uygun değildir. Deneyle numunenin su geçirimsizliği katsayısı belirlenir. Deney süresi boyunca su düzeyi ve hidrolik eğim sabit bir şekilde borulardan geçen su dereceli kapta toplanır ve ölçüm yapılır (Laman vd., 2016).



Şekil 4.21. Permeabilite Deney Düzenegi (Laman vd., 2016).

4.2.2.14. Kesme kutusu

Kesme kutusu deneyi zeminlere ait kayma mukavemeti, şeve ait stabilite analizinde, dayanma yapılarında, temel taşıma gücü hesabında gerekli olan verileri elde etmek için kullanılan en yaygın kullanılan deneylerden bir tanesidir (Laman vd., 2016).



Şekil 4.22. (a) Kesme Kutusu Deney Düzeneği (Uzuner, 2014), (b) Direkt Kesme Kutusu, Poroz Taşlar Ve Yükleme Başlığı, (c) Düşey Ve Yanal Yük Ölçümleri İçin Yük Sensörü Kullanılan Bir Direkt Kesme Deney Düzeneğinden Görüntü (Laman vd., 2016).

4.2.2.15. Üç eksenli basınç deneyi

Üç eksenli basınç deneyi her tür zemin için kullanılabilen en gelişmiş laboratuvar deneylerinden biridir. Deneyde numunenin doğadaki koşullarına yakın şekilde çevresel basıncıda hesaba katılarak drenajlı ve drenajsız kayma dayanımını belirlemek mümkündür. Deney drenaj kanalları kapalı şekilde yapıldığında konsolidasyonlu drenajsız (CU) ve konsolidasyonsuz drenajsız (UU) kayma dayanımı belirlenir. Kanallar açık olarak yapılan durumda ise konsolidasyonlu drenajlı (CD) kayma dayanımı belirlenir (Laman vd., 2016).



Şekil 4.23. Üç Eksenli Basınç Deney Düzeneği.

4.3.Şev Stabilitesinde Duyarlılığını Etkileyen Faktörler

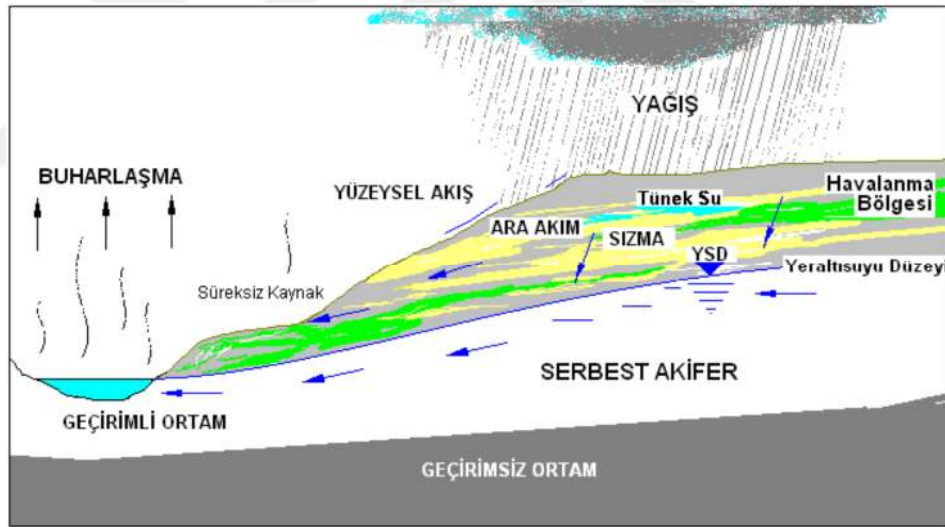
Şevin stabilitesini, gerilmelerdeki artışını veya stabilitesinin bozulmaması için sahip olduğu direncin azalmasını sağlayan durumlardır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Yamaçta gerilme ve direnç değişimi (Önalp vd., 2004).

GERİLME ARTIŞI	DİRENÇTE AZALMA
Yamaç üstünde yük artışı	Aşınma, yıpranma
Topuğa yakın bölgeden malzeme kaybı	Süreksizlik yüzeylerinde su basıncı
Deprem ve diğer titreşim ivmeleri	Kuru ortamda ani ıslanma ve yapının bozulması
Boşluk veya çatlak suyu basınçlarında artış	Zaman ve hareket sonucu dirençte maksimumdan kalıcıya düşme
Çekme çatlaklarına su dolması	Çatlak ve boşluklarda bulunan buz merceklerinin erimesi
Giderek kırılma olayı	Çimentolayıcı malzemenin yıkanması
Yamaç dışındaki su yüzeyinde düşme	

4.3.1. Su etkisi

Yeryüzünde bulunan su miktarının %1 kadarı kara parçalarında yer altı suyu olarak bulunduğu tahmin edilmektedir. Geriye kalan %99 oranındaki su doğada deniz, okyanus, göl, gölet, akarsu ve atmosferde buhar halinde bulunur. Su, bir döngü halinde buharlaşma vasıtası ile yağış şeklinde yeryüzüne iner. Yağış yeryüzüne indikten sonra bir kısmı bitki örtüsü tarafından emilir, yüzeydeki kaplama malzemelerinden sızabilen miktarı toprak tarafından emilir. Geriye kalan kısmı Yerçekimi etkisi ile akış hareketi ile denizlere ulaşır ve tekrar buharlaşır. Yer altına sızan su da yer çekim kuvveti altındadır. Zemin boşlukları veya kaya çatlaklarını dolduran su yeraltı su tablası olarak adlandırılır. Hareket halindeki yer altı suyu zemin boşluklarında direnç gördüğü için hidrolik yük farkı oluşur ve yeraltı su seviyesinin yüzeyi yeryüzü şekliyle benzer olduğu gözlenebilir. Yer altı suyu da bir kaynaktan yer yüzüne ulaşarak akarsu ile birleşerek denizlere akar ve buharlaşır bu döngü Şekil 4.24'te gösterilmiştir (Tan, 2013).



Şekil 4.24. Yamaçlarda olası su hareketleri (Vardar vd., 2012).

Şev stabilitesinin bozulmasında en büyük rol oynayan etken sudur. Şeve etkileyen hidrostatik kuvvetler, yüzey ve yeraltı suları olarak ayrılabilir (Tan, 2013).

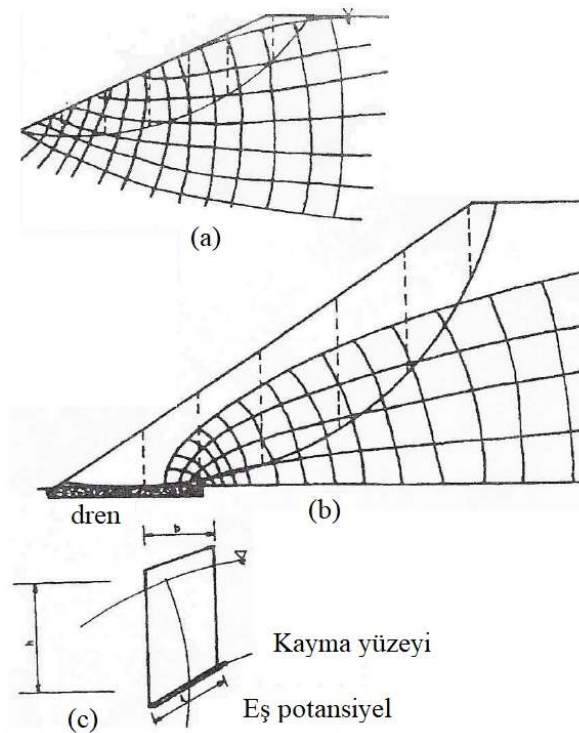
Şev kaymalarının sebeplerinden biri de yeraltı suyunun var olmasıdır. Su zeminde ayrışma etkisi yaratarak zemini harekete geçirmektedir. Bu nedenle boşluk suyu basıncı kriteri mukavemet hesaplamalarında kullanılması gereken önemli faktörlerden biri olmaktadır (Yılmaz vd., 2003).

4.3.1.1.Yüzey suları

Yüzey suları, yamacı, toplam gerilmelerde yol açtığı artışlar ve aşındırma olarak etkiler. Duyarlılık için toplam veya efektif gerilme analizi yapıldığında yüzey suyu, mukavemet parametreleri $c=\Phi= "0"$ olan bir zemin kabulüyle, kayan kütle sınırlarına etkileyen bir dış yük olarak göz önüne alınır (Yılmaz vd., 2003).

4.3.1.2.Yeraltı suyu

Yeraltı suyunun varlığı ve basıncı, sondajlar veya yamaca yerleştirilen piyezometrelerle belirlenir. Bu yöntem piyezometre bulunmadığı zamanlarda sadece bir fikir edinmek amacıyla kullanılır. Şekil 4.25'te boşluk suyu basınçlarının akım ağları yardımıyla bulunması gösterilmektedir. Şekil 4.25a'da yer altı suyunun şev yüzüne paralel akması durumu için akım ağı çizilmiştir. Şekil 4.25b'de ise şevin burun bölgesine yerleştirilmiş drenin etkisiyle beliren akım ağı gösterilmektedir. Şekil 4.25c'de ise boşluk suyu basıncının hesaplanması gösterilmektedir. Serbest su yüzeyi es potansiyel çizgisinin dilim tabanının ortasını kestiği nokta arasındaki yüksekliğin, suyun birim hacim ağırlığıyla çarpılması sonucu dilime etkileyen boşluk suyu basıncı bulunur (Yılmaz vd., 2003).



Şekil 4.25. Boşluk suyu basınçlarının akım ağları ile belirlenmesi (Yılmaz vd., 2003).

4.3.1.3. Çatlak suyu etkisi

Çekme çatlaklarına dolan su şevde fazladan hidrostatik kuvvetler oluşmasına neden olmaktadır.

4.3.2. Deprem ve diğer titreşim ivmelerinin etkisi

Zeminler, deprem esnasında oluşan tekrarlı kayma gerilmeleri etkisi altında cinslerine, statik kayma gerilmelerine, sıklıklarına, gerilme geçmişlerine ve tekrarlı yükleme özelliklerine (çevrim sayısı ve etkiye süresi) göre farklı davranışlar gösterirler (Ansal ve Siyahi, 1994).

Örselenmemiş killi zeminler üzerinde üç eksenli dinamik deney aletinde önce tekrarlı yük uygulayıp daha sonra statik deformasyon kontrollü deneyler geçmişte yapılmış olup farklı şekilde hazırlanmış numunelerde aynı frekans ve değişik tekrarlı kayma gerilmesi oranları için çevrim sayısına bağlı olarak değişen bir kayma mukavemetinin bulunduğu bilinmektedir. Bu değer de statik kayma mukavemeti değerinin %50'si olduğu görülmüştür (Matsui ve Bahr, 1991; Özay ve Erken, 2002).

Dinamik etkiler altında oluşan boşluk suyu basınçları sönmülmeyen yapılar statik deneylerden anlaşılacağı gibi, mukavemet azalmasının, tekrarlı gerilme oranına ve çevrim sayısına bağlı olarak önemli mertebelere çıkabildiği bilinmektedir (Ansal ve Yıldırım, 1985).

Zeminlerde tekrarlı kayma, suya doygun zeminlerde, deprem sonucu boşluk suyu basınçlarında artış oluşur. Boşluk suyu basıncındaki artış sönmülmeyen yapılar efektif gerilmenin azalmasına ve zamanla sıfıra düşmesine neden olarak, zemin dayanımını etkiler. Bunun sonucunda yamaçta önemli deformasyonlar ve akmlar oluşur (Olgun ve Acar, 2009).

Deprem etkisinin şevlerde hesaba katılması genellikle, tekrarlı kayma gerilmeleri sebebiyle zeminin kayma mukavemetindeki azalmanın stabilite analizinde dikkate alınmasıyla olmaktadır. Kayma mukavemeti kaybının iki nedeni olabilir; birincisi tekrarlı gerilmeler nedeniyle boşluk suyu basıncının artması ve efektif gerilmelerin azalması, ikincisi ise tekrarlı kayma gerilmelerinin yol açtığı tekrarlı şekil değiştirmelerin dane yapısında bir yoğrulmaya neden olmasıdır (Olgun vd., 2009).

Şevlerde depremin neden olduğu tekrarlı kayma gerilmeleri, suya doygun zeminlerde boşluklardaki suyun yükleme sonuna kadar drene olamamasından dolayı boşluk suyu basınçlarının artmasına neden olmaktadır (Olgun ve Acar, 2009).

4.3.3. Giderek kırılma

Giderek ilerleyen kırılma mekanizması başlangıçta güvenlikte olduğu hesaplanan bir yamacın uzun veya kısa vadede dengesini kaybetmesidir. Bunun nedeni zeminde bir noktada (şevler için topuk noktası) yoğunlaşan şekil değiştirmelerin kitle içine yayılmasıdır. Sonuçta, artan deformasyonlar kayma direncini de maksimum düzeyinden kalıcı bir değere düşürdüğünde bir kayma yüzeyi belirlemektedir (Olgun ve Acar, 2009).



5. İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Şev stabilite problemlerini önlemek maksadı ile yapılan uygulamalar, tasarım için gerekli olan güvenlik sayısı sağlanmadığı takdirde, kaymanın vuku bulduğu ve kayma belirtilerinin gözlemlendiği şevlerde stabilite probleminin giderilmesi maksadı ile yapılan işlemlere iyileştirme denir. Şev stabilite problemlerine neden olan sebeplerin doğru bir şekilde tespit edilmesi, şevin stabilite problemini ortadan kaldırmak ve güvenliğini sağlamak amacı ile yapılacak iyileştirme yönteminin hem ekonomik hem de en etkili olanını tercih etmemiz açısından oldukça önemlidir.

Şevin ıslah edilmesi gerektiği durumlarda ilk olarak şeve ait olan jeolojik ve geoteknik verilerin incelenmesi önem arz etmektedir. Şevde kayma belirtileri gözlemlendiğinde veya kayma olayı vuku bulduğu hallerde şevin geometrisinin ve kayma yüzeyi derinliğinin belirlenmesi en uygun ve en ekonomik iyileştirme yönteminin tercih edilmesi açısından oldukça önemlidir.

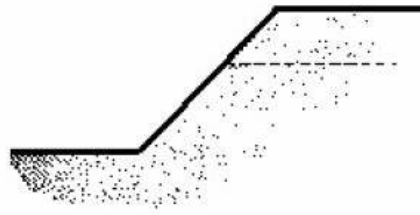
Stabilite problemlerinin vuku bulduğu şevlerde geri hesap yönteminin tercih edilmesi ve güvenlik sayısının bir olarak seçilmesi arazi deneyleri ile elde edilen değerlerin seçiminden genellikle daha gerçeği yansıtan sonuçlar elde etmemize yardımcı olacaktır.

Şev stabilite problemlerinin çözümünde birçok yöntem uygulanmaktadır, bu yöntemler başlıca;

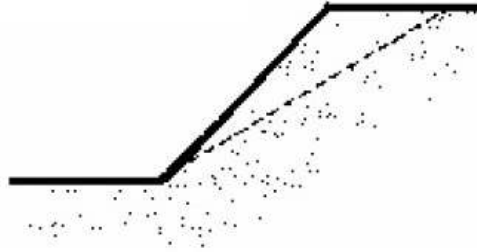
5.1.Yük Kaldırma

Yük kaldırma iyileştirme yöntemi sık olarak kullanılan bir yöntemdir. Kayma potansiyelinin en yüksek olduğu kayma yüzeyinin üzerinden yük kaldırma işlemi yapılarak gerçekleştirilir. Bu iyileştirme yönteminin uygulanması için kayma öncesindeki kullanılan alandan daha bir geniş alana ihtiyaç duyulduğundan hafriyat masraflarının artması, özel mülklerin kamulaştırması gibi hallerde ekonomik olmayacaktır.

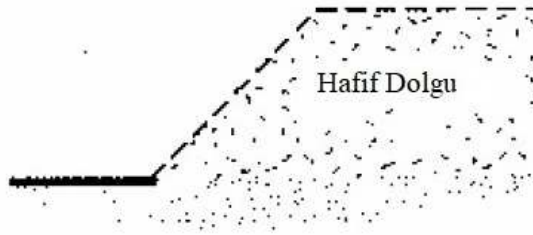
Şekil 5.1 a, b ve c'deki gibi yük kaldırma işlemi uygulanmaktadır.



(a) Şev yüksekliğinin azaltılarak iyileştirmenin yapılması



(b) Şev oranının artırılarak iyileştirmenin yapılması



(c) Hafif dolgu malzemesi kullanılarak iyileştirmenin yapılması

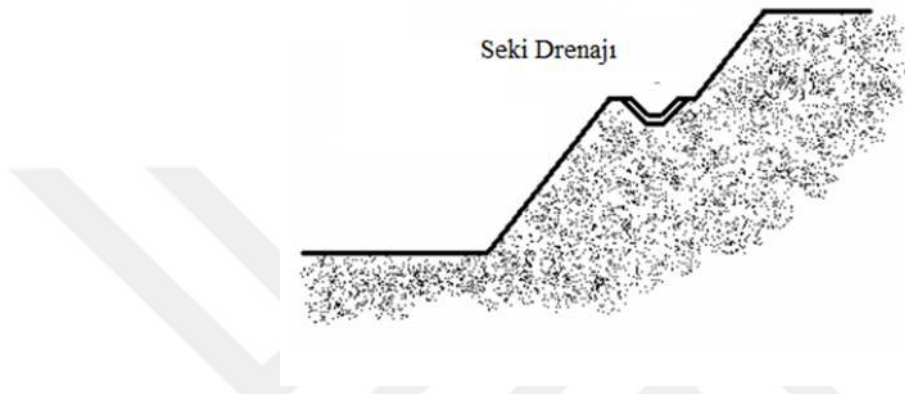
Şekil 5.1. Yük kaldırma ile iyileştirme (Coduto, 2006).

5.2.Drenaj

Drenaj ile iyileştirme yapımı genellikle etkili sonuçlar elde etmemizi sağlar fakat drenajla yapılan iyileştirmenin etkinliğini koruması için drenaj sisteminin kesintisiz olarak çalışır durumda olması çok önemlidir bu nedenle sürekli kontrol edilmeli ve çalışır durumda olması sağlanmalıdır. Drenaj ile iyileştirme yüzeysel ve derin olmak üzere iki şekilde uygulanır.

5.2.1.Yüzeysel drenaj

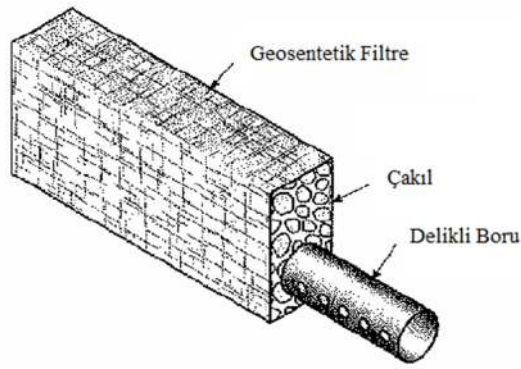
Yüzeysel drenaj, yüzeyde bulunan suyun kontrolünü sağlamak ve şevin derinliklerine sızmasını önlemek maksadı ile yapılır. Derinlere inen su zemin yapısını bozar boşluk suyu basıncını arttırabilir. Yüzeysel drenaj iyileştirme yöntemi bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak için etkili bir yöntem olmakla birlikte bakımı ve olası tadilat müdahalesi açısından oldukça kolaydır.



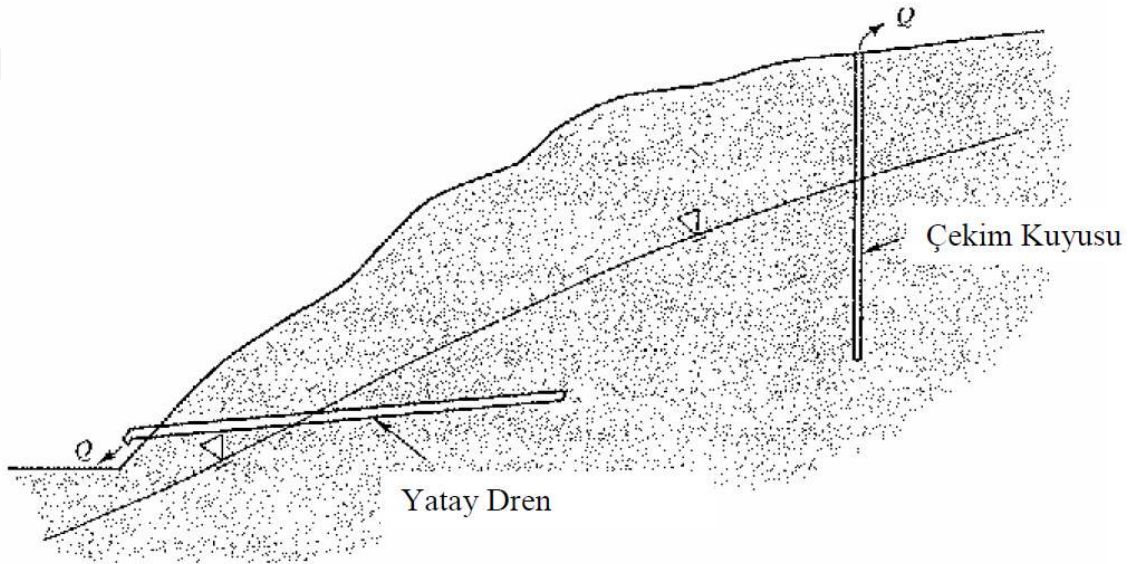
Şekil 5.2. Yüzey suyunu şevden uzaklaştıran beton seki drenajı (Coduto, 2006).

5.2.2.Derin drenaj

Derin drenaj, şev zeminin derinliklerinde sızma rejimine direk müdahale edilerek uygulanır. Bu uygulama boşluk suyu basıncını düşürmemize olanak sağlamaktadır. Yüzeysel drenaj uygulamasına göre daha pahalı olmasına rağmen daha etkili sonuçlar almamızı sağlar.



Şekil 5.3. Delikli perfore boru dreni (Coduto, 2006).



Şekil 5.4. Yeraltı suyunun yatay drenler ve kuyular kullanılarak uzaklaştırılması (Coduto, 2006).

5.3.Bitkilendirme

Bitkilendirme erozyon açısından etkili bir yöntemdir. Yüzeysel kaymaları önlemek amacı ile kullanılabilir. Bitkilendirme yöntemi uygulandığında dikkat edilmesi gereken en önemli husus sulamanın kontrollü yapılmasıdır. Fazla yapılan sulama zeminde boşluk suyu basıncının artmasına sebebiyet verebilir.

Geocell uygulaması ile stabilizasyon sağlanmış bir örnek şekil 5.5'te verilmiştir.

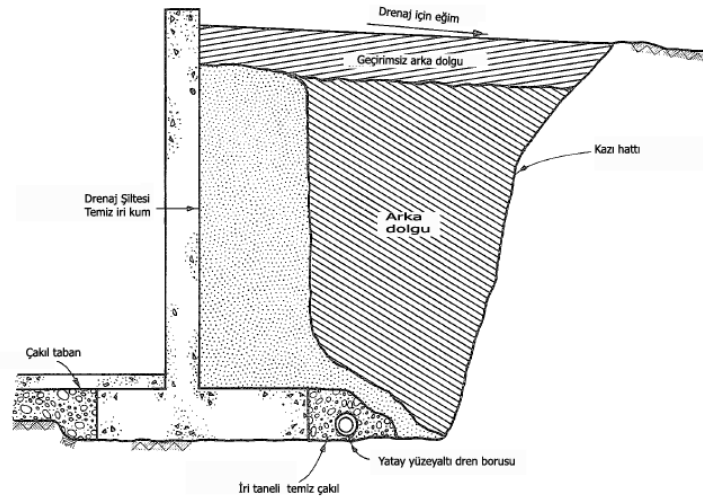


Şekil 5.5. Özyeğin Üniversitesindeki Geocell Uygulaması (Yapı, N., 2018).

5.4. Dayanma Yapıları

5.4.1. İstinat duvarı

İstinat duvarlarının şev stabilizasyonunda en genel kullanım alanı kazıda şev eğimini vermek için yeterli alan bulunmadığı zamandır. İstinat duvarlarının ağırlık ve konsol istinat duvarları olmak üzere iki çeşidi vardır. Ağırlık istinat duvarları harçla bağlanmış taşlar veya donatısız beton ile yapılır. Bu tür duvarlar yüklere yalnız kendi ağırlıklarıyla karşı koydukları için en fazla 4-5 metre yüksekliğe kadar kullanılırlar. Konsol istinat duvarları ise 3-8 metre yüksekliklerde kullanılırlar. Ağırlık ve konsol istinat duvarlarının dizaynı klasik zemin mekaniği tekniğine dayanır ve duvarın tabanında devrilme ve kaymaya yol açan kuvvetler göz önüne alınır. Duvarın toptan stabilitesi de hesaba katılmalıdır (Abramson ve diğ., 1996).



Şekil 5.6. İstinat duvarı (Y. D. İstinat, 2018).

5.4.2. Dolgulu çerçeve duvar

İnşası kolay olan dolgulu çerçeve duvarlar parçalı ve esnek yapıları nedeniyle farklı oturmalarla karşı koyabilmektedir. Brandl (1985)'e göre bazı durumlarda bu tür duvarlar 3-4 metre uzunluklarda 0.70 m'ye varan farklı oturmaya göçme olmadan dayanabilmişlerdir (Bromhead, 1986).

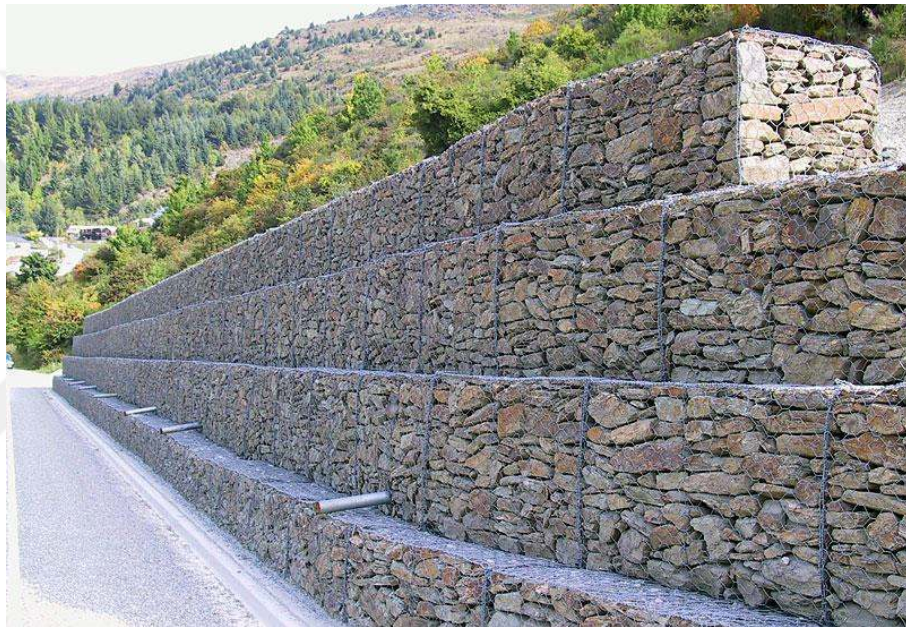
Duvar arka dolgusu drenaja uygun bir malzemeyle doldurulduğu sürece duvar yüzünden drenaj mümkündür. Dolgulu çerçeve duvarlar prekast betonarme veya ahşap elemanlarla inşa edilebilir (Bromhead, 1986).



Şekil 5.7. Dolgulu Çerçeve Duvar Uygulaması (Bol E.).

5.4.3.Sandık duvarlar

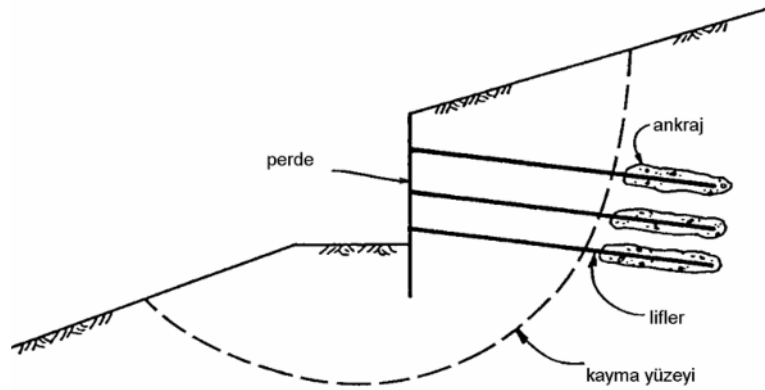
Sandık duvarlar genelde 1x1 metre kesit alanı ve 2.0 ya da 4.0 metre uzunlukta sandıklarla oluşur. Yapımı pratik ve kolay olup zor arazi şartlarında inşa edilebilirler. Esnek bir yapıya sahip olan sandık elemanları yeterli bir yüzey altı drenajına da imkan sağlar. Duvar-zemin ya da duvar-arka dolgu drenaj koruması geotekstiller vasıtasıyla sağlanabilir. Duvarın dizayn kütlesi sandıkların içindeki kayanın kütlesi ile ilişkilidir. Genelde sandıkların içindeki boşluk oranı 0.45'tir. Kayma, devrilme ve taban basıncı monolitik istinat duvarlarındaki gibidir (Bromhead, 1986).



Şekil 5.8. Sandık duvar uygulaması (Bol E.).

5.4.4.Ankraj duvarlar

Toptan göçme yüzeyinin derinlerde olduğu, ağırlık duvarlarının ekonomik olmayan boyutlara (>10m. yükseklik) ulaşacağı durumlarda kullanılırlar. Genelde ön germeli olarak kullanılan ankrajların oluşan toprak hareketine karşı koymada büyük avantajları vardır. Kesiti şekil 5.9'da gösterilen ankraj duvarları zemine çakılabilir ya da arazide de imal edilebilirler (Abramson ve diğ., 1996).

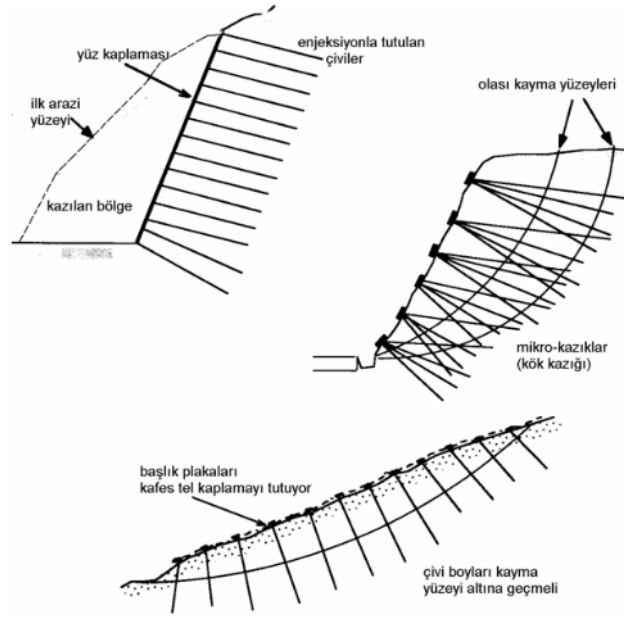


Şekil 5.9. Şev iyileştirmesi için kullanılan Ankraj duvar kesiti (Bo1 E.).

5.5. Donatılı Yapılar

5.5.1. Zemin çivisi

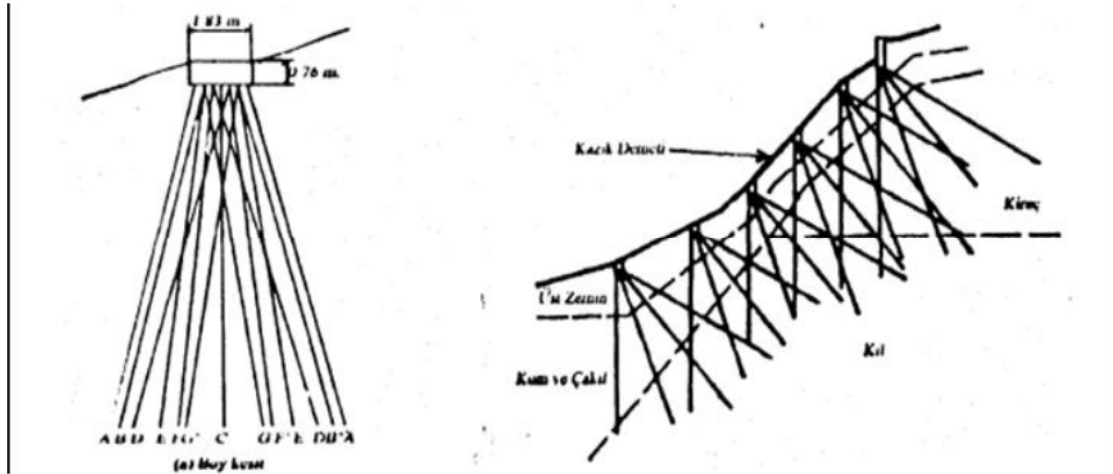
Yöntem zemine şerit çubuklar ya da eğik kesitlerin yerleştirilmesiyle kompozit bir yapı oluşturmasını kapsar. Zemin içine çakılarak veya enjeksiyon yoluyla yerleştirilebilen çivilerin yanı sıra kazının ön yüzü bir kaplamayla örtülerek çivilerin bağlantısı sağlanır. Kaplama, hasır çelik ya da ara rijit elemanlarla donatılan püskürtmeli betondan oluşur. Zemin çivisi granüler ve kohezyonlu zeminlerde ve göreceli olarak heterojen yataklarda kullanılır. Zemin çivisi uygulamasının şematik gösterimi şekil 5.10'da verilmiştir (Abramson ve diğ., 1996).



Şekil 5.10. Zemin Çivisi Uygulaması Tipleri (Bol E.).

5.5.2. Mini kazık

Şevde küçük kazıklar ağı oluşturulmasıyla da şev stabilitesi arttırılabilir. Mini kazıkların yapımı pahalı olabilmesine rağmen dar alanlarda küçük ekipmanlarla inşa edilebilirler. Ayrıca stabilizasyonun bozulmasının fark edilmeye başlandığı andan itibaren inşa edilebilmeleri avantaj sağlar. Mini kazıkların yerleştirilmesi sırasında şevin stabilitesinde belirgin bir bozulma görülmez. Kazıktaki kayma ve çekme gerilmelerinin zamanla kazık başlığındaki betonda çatlama yaratabileceği ve bu durumun uzun süreli stabilize için sorun çıkarabileceği unutulmamalıdır. Mini kazık kesiti şekil 5.11’de verilmiştir (Bromhead, 1986).



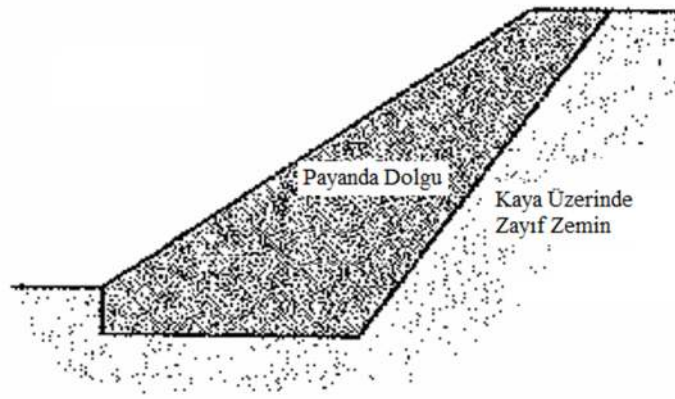
Şekil 5.11. Mini kazıkların kesitleri (Bromhead, 1986).

5.5.3.Kazıklar

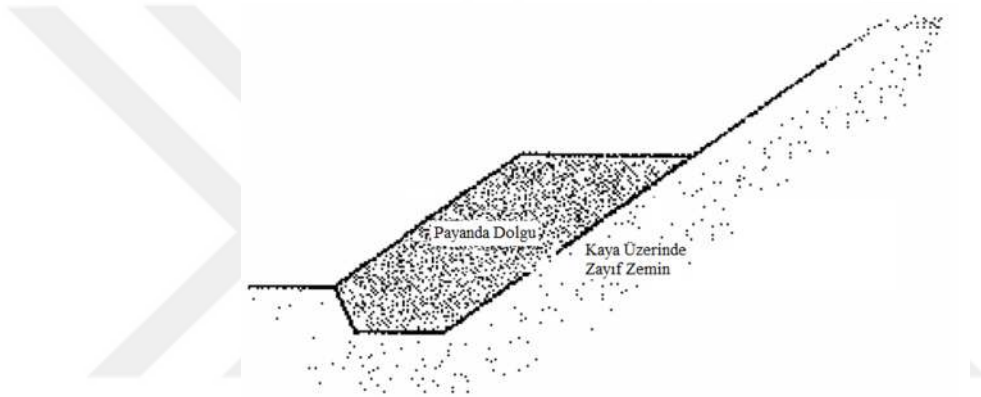
Kazık perde, heyelan önleme yöntemi olarak uygulandığında iyi sonuçlar alınmaktadır. Yanal yüklerin etkisi altındaki kazıklar, arasındaki ve etrafındaki zeminin hareketi ile kazık dibinin altında oluşan kaymalarda etkisiz kalmaktadır. Şev yüzeyine uzun zaman aralığında iki, üç seri kazık çakılmasının yararlı olduğu uygulamalarda görülmüştür. Titreşimlerden etkilenen zeminlerde çakma kazığının kullanılmayacağı açıktır (Öz, 2007).

5.6.Payandalama

Birçok projede karşılaşılan yarma şevlerinin kısa dönem stabilitelerinin uzun dönem stabilitelerine oranla daha büyük olduğu bilinir. Buradan hareketle Şekil 5.12’de gösterildiği gibi, şev kısa bir süreliğine dik açılarak (kısa dönem stabilitesi sağlanacak şekilde) önüne kayma direnci parametreleri daha yüksek bir malzeme ile payanda dolgusu yapılabilir. Bu sayede daha dik şev eğimine sahip yarmalar yapılmış olacaktır. Ayrıca Şekil 5.13’te gösterildiği şekilde payanda, şevde herhangi bir aşırı kazı yapılmaksızın şevin önüne dolgu eklemek suretiyle inşa edilebilmektedir. Dolgu olarak kaba taneli malzemenin seçilmesi ile drenaja da katkıda bulunmaktadır (Popescu ve Sasahara, 2009).



Şekil 5.12. Kazı yapılarak oluşturulan payanda dolgusu (Coduto, 2006).

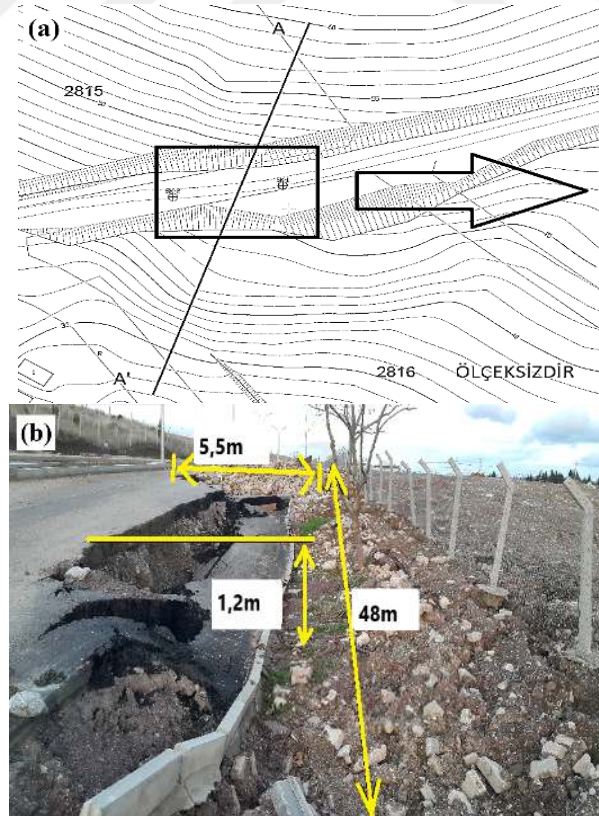


Şekil 5.13. Kazı yapılmadan oluşturulan payanda dolgusu (Coduto, 2006).

6. BİR ŞEV PROBLEMİNİN LİMİT DENGİ, SONLU ELEMANLAR VE GERİ HESAP YÖNTEMİ İLE VAKA ANALİZİ

6.1.Problemin Tanımı

Heyelan, Yalova ili, Çiftlikköy İlçesi, Gençlik Caddesindeki, toplam 4 şeritli 20,0 m genişliğindeki bitümlü sıcak karışım kaplamaya sahip yolun 0,65 km mevkiinde kayma sonrası yolda meydana gelen göçükle oluşmuştur. Vuku bulan vakada şev durabilitesinin tekrar sağlanabilmesi için olay yerinde öncelikle gözleme dayalı incelemeler yapılmıştır. Ayrıca açılan iki adet sondaj koyusundan alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler ile laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Gözleme dayalı incelemeler sonucunda, en üst zemin tabakasını oluşturan kontrolsüz dolgunun sözkonusu şev duyarlılığının yitirilmesini sağlayan birincil sebep olduğu kanısına varılmıştır. Şekil 6.1’de görüldüğü gibi uzunluğu 48,0 m, genişliği 5,5 m ve derinliği 0,6 m ile 1,2 m arasında değişiklik gösteren yerel göçme davranışı, 3:1 (Y:D) eğimle yol alt temeli amacı ile teşkil edilen bu tabakada gözlenmiştir.



Şekil 6.1. Heyelan analiz hattı (A-A' Kesiti) (a) Plan ve (b) Olay yeri görüntüsü.

6.2.Zemin Yapısı

Heyelan alanında 20,0 m derinliğinde iki adet sondaj kuyusu açılarak, doğal zemine paralel doğrultuda ortalama 8,0 m derinlikte yeraltı su seviyesi tespit edilmiştir. Bu iki kuyudan 2 adet örselenmemiş numune ve 4 adet karot numunesi alınmıştır. Numuneler üzerinde elek-hidrometre analizi, kıvam deneyleri, üç eksenli basınç deneyi ve konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Standart geoteknik deneylerden elde edilen, derinliğe bağlı fiziksel özellikler Çizelge 6.1.'de, mekanik özellikler ise Çizelge 6.2.'de verilmiştir. Analitik modellemeler sırasında bu parametrelerin ortalama değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 6.1. Zeminlerin fiziksel özellikleri.

Sondaj No.	Numune No.	Derinlik (m)	Su		Yoğunluk (g/cm ³)	Silt			Zemin Sınıfı
			Muhtevası (%)			Çakıl (%)	Kum (%)	+ Kil (%)	
SK-1	SPT-1	1,5-1,95	22,0		-	1,05	9,12	89,83	CL
SK-1	UD-1	2,5-3,0	23,4		1,92	0,00	5,05	94,95	CH
SK-1	CR-1	7,3-7,5	25,5		1,93	0,00	3,38	96,62	CH
SK-1	CR-2	10,2-10,5	25,6		1,93	0,00	4,67	95,33	CH
SK-2	UD-1	4,0-4,5	26,9		1,92	0,00	3,04	96,96	CH
SK-2	CR-1	7,3-7,5	24,3		1,92	0,00	2,41	97,59	CH
SK-2	CR-2	11,8-12,0	24,4		1,93	0,00	3,28	96,72	CH

Çizelge 6.2. Zeminlerin mekanik özellikleri.

Numune No.	Derinlik (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	c (kgf/cm ²)	Φ (°)	Şişme Yüzdesi	Şişme Basıncı (kgf/cm ²)
SPT-1	1,5-1,95	49,0	22,0	27,0	-	-		
UD-1	2,5-3,0	54,0	25,0	29,0	0,58	6,65	0,15	0,026
CR-1	7,3-7,5	62,0	27,0	35,0	0,99	9,85		
CR-2	10,2-10,5	60,0	26,0	34,0	1,22	10,26		
UD-1	4,0-4,5	65,0	31,0	34,0	0,61	6,84	0,90	0,178
CR-1	7,3-7,5	68,0	32,0	36,0	0,85	9,33		
CR-2	11,8-12,0	63,0	30,0	33,0	1,24	10,05		

Heyelanın, Slide programında modellenmesi yapılmadan önce şev kaymasının meydana geldiği bölgenin ve sondaj kuyularının ortasından geçen yol en kesitini de içeren Şekil 6.1'deki A-A' kesit hattı belirlenmiştir. Kesit doğrultusundaki eş yükseklik eğrileri vasıtasıyla eğim yönü ve geometrik noktaların kotları hesaplanmıştır.

Deney sonuçlarına göre üç tabakalı zemin yapısı için ortalama değerler seçilerek idealize zemin profili oluşturulmuştur. Buna göre, yaklaşık ilk 3,5 m'lik tabakada kontrolsüz dolgu, 3,5 m ile 7,0 m arasında sarımsı kahve renkli yüksek plastisiteli kil, CH (Kil-1), 7 m'den sonra ise kuyu tabanına kadar ara bantlarla birlikte mavimsi gri renkli yüksek plastisiteli kil, CH (Kil-2) bulunmaktadır. Karayolu alt temelinin yapımında kullanılan dolgu malzemesi içerisinde; parke taşı, kum, çakıl ve plastik atık gibi maddelerin bulunmasından dolayı son derece heterojen gradasyona sahip bu tabakadan numune alınamamıştır. Bu nedenle literatürde önerildiği üzere Slide programı ile geri hesap yöntemi kullanılarak göçme davranışının görüldüğü bölgedeki güvenlik sayısının 1'den küçük olduğu, yani kayma koşulunun gerçekleştiği durumda; kohezyon

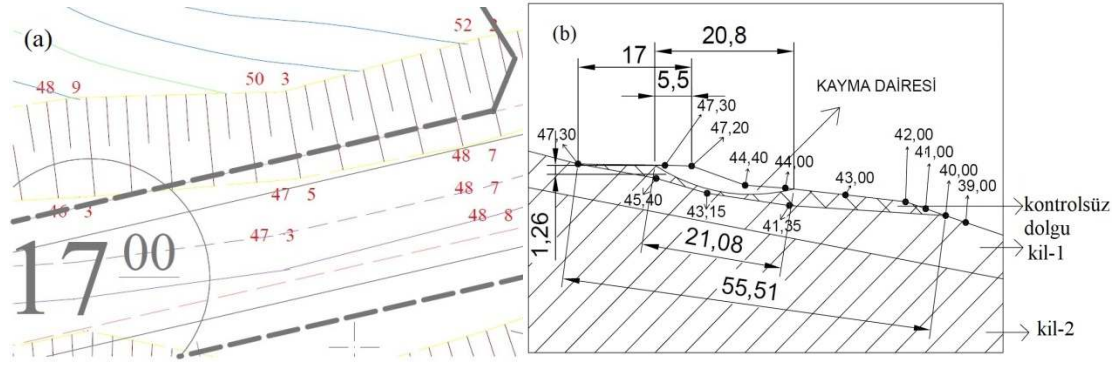
değeri 1 kN/m^2 , içsel sürtünme açısı 10° ve birim hacim ağırlığı 19 kN/m^3 olarak belirlenmiştir. Yapılan analizlerde kullanılan değerler Çizelge 6.3'te verilmiştir. Hafif ağırlıklı taşıt yükünü benzeştirme amacı ile 50 kN/m düzgün yayılı yük tanımlanmıştır.

Çizelge 6.3. Zemin tabakalarının tanımlanmasında kullanılan değerler.

Zemin Tabakası	Drenaj Tipi	γ_{unsat} (kN/m^3)	γ_{sat} (kN/m^3)	E_{ref} (kN/m^2)	ν	c_{ref} (kN/m^2)	Φ ($^\circ$)
Kontrolsüz Dolgu	Drenajlı	19,0	20,0	3000	0,35	1,0	10,0
Kil-1	Drenajlı	19,2	20,2	15000	0,30	75,0	8,0
Kil-2	Drenajlı	20,0	21,0	22000	0,30	120,0	10,0

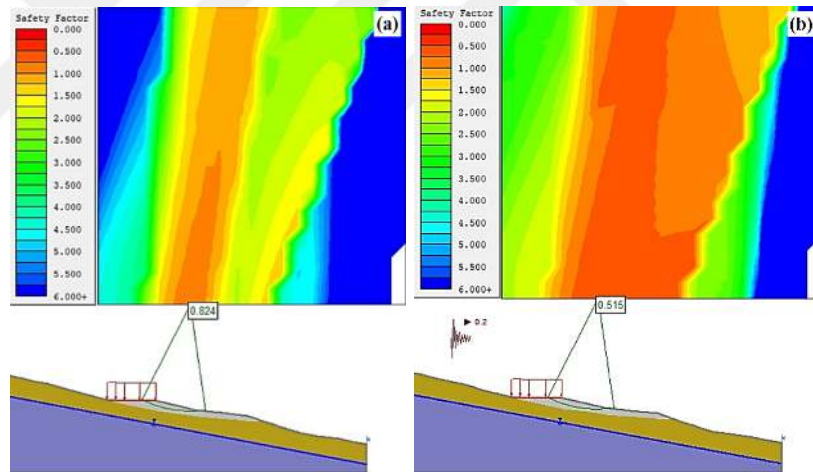
6.3. Analiz

Sahada kaymanın gerçekleşmiş olmasından dolayı, yapılan analizlerden sonra kayma dairesinin gerçeğe yakın olup olmadığı kontrolünün sağlanabilmesi için, harita mühendisi tarafından yapılan kot çalışması verilerine göre autocad paket programı kullanılarak heyelanın geometrisi çizilmiştir. Şekil 6.3 ve Şekil 6.5(b) incelendiğinde Şekil 6.1(b)'deki olay yeri görüntüsündeki kaymanın gerçekleştiği yer ile analizler sonucunda hesaplanan kaymanın yerinin örtüştüğü görülmektedir. Şekil 6.2(a)'da harita mühendisinin kot çalışması, Şekil 6.2(b)'de Autocad programı ile çizilen heyelan geometrisi gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Heyelana Ait (a) Kot Çalışması (b) Geometri.

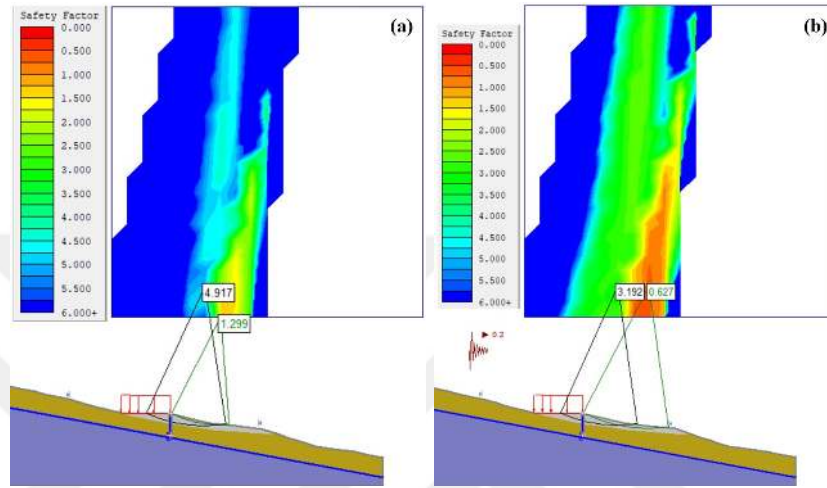
Statik ve dinamik yükler altındaki şev analizi sonucunda elde edilen kayma dairesi ve güvenlik sayısı değerleri Şekil 6.3.'te verilmiştir. Analizlerde Bishop yöntemi kullanılmıştır. Yatay sismik hareket katsayısı için yıkıcı depremlerin modellenmesinde kullanılagelen 0,2 değeri alınmıştır.



Şekil 6.3. Mevcut durumda şevdeki göçmeyi temsil eden kayma daireleri ve güvenlik sayıları (a) Statik yük etkimesi durumunda ve (b) Dinamik yük etkimesi durumunda.

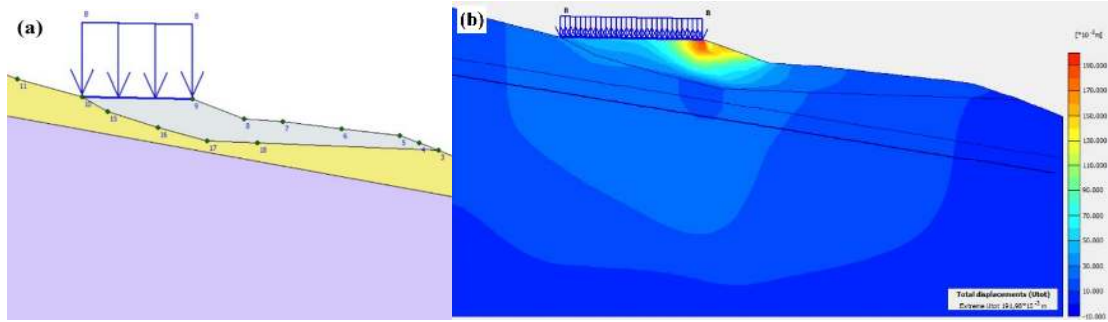
Her iki durumda da güvenlik sayısının “1,0” değerinin altında kalmasından dolayı kaymanın gerçekleştiği görülmektedir. Bu soruna çözüm sunmak amacı ile kazıklı iksa önerilmiştir. Kazıklar, daha sağlam zemin olan üçüncü tabakaya 1,0 m ($>1,5D$; D: Kazık çapı) kadar soketlenerek ankastre davranış sağlanmıştır. Bu doğrultuda Plaxis programında da doğrulanacağı üzere, 60,0 cm çap ve 8,0 m uzunluğa sahip bitişik kazıklı istinat yapısı tasarlanmıştır. Göçme davranışının gözlemlendiği bölgedeki analizlerle statik ve dinamik yükler altında sırasıyla 4,92 ve 3,19 güvenlik

sayısı değerlerine ulaşarak güvenli tasarım sağlanmıştır. Ancak, kazık yapısının sağ bölümünde kalan dolgu tabasında her ne kadar statik yükler altında güvenlik sağlanmış olsa da ($GS \approx 1,3$) dinamik davranışa karşı yetersiz ($GS \approx 0,63$) olduğu görülmektedir (Şekil 6.4). Bu yüzden, kontrolsüz dolgudan teşkil edilen bu bölüm doğal şev eğimiyle düz geçilerek Plaxis analizlerinde dikkate alınmamıştır.



Şekil 6.4. Kazıklı duvar uygulaması sonucunda elde edilen güvenlik sayıları (a) Statik yük etkimesi durumunda ve (b) Dinamik yük etkimesi durumunda.

Plaxis modelinde de Şekil 6.1.'de belirtilen A-A' kesiti baz alınarak heyelan geometrisi ve zemin tabakaları tanımlanmıştır. Malzeme ve geometri özellikleri tanımlanırken diğer yazılımda olduğu gibi deney sonuçlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Çözüm adımında ise aşamalar arası yer değiştirme değerleri sıfırlandıktan sonra sırasıyla şev teşkili, kaplama üretimi ve yolun trafiğe açıldığı varsayılarak araç yükü tanımlanmış olup Mohr-Coulomb metoduna göre analizler gerçekleştirilmiştir. Arazinin mevcut koşullarına göre yapılan modellemede şevde meydana gelen göçme durumu Şekil 6.5.(a)'da görülmektedir. Her iki programdaki çözümlemede de benzer kayma daireleri elde edilerek şevde meydana gelen heyelan doğrulanmıştır (Şekil 6.5.(b)).



Şekil 6.5. (a) Plaxis modellemesinde kullanılan şev detayları ve **(b)** Mevcut durumdaki göçme hali.

Söz konusu yol kesitinde yaklaşık 48,0 m uzunluğundaki sorunlu bölgenin çözümüne yönelik ayrıca 80 cm ve 100 cm çapındaki kazıklar da modellenmiştir. Ancak, arazideki uygulama kolaylığı ve ekonomi açısından 60,0 cm kazık çapı seçilerek; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0 ve 14,0 m uzunluklarında bitişik kazıklı duvar uygulamasının şev güvenliğine etkileri incelenmiştir. C25 beton ve S420 çelik ile inşa edilecek betonarme fore kazığın malzeme özellikleri Çizelge 6.4.'te verilmiştir. Bölge genelinde sıklıkla kullanılan asfalt betonunun mekanik özellikleri de kaplama malzemesinin tanımlanması aşamasında kullanılmıştır.

Çizelge 6.4. Kazık ve asfalt kaplama için kullanılan değerler.

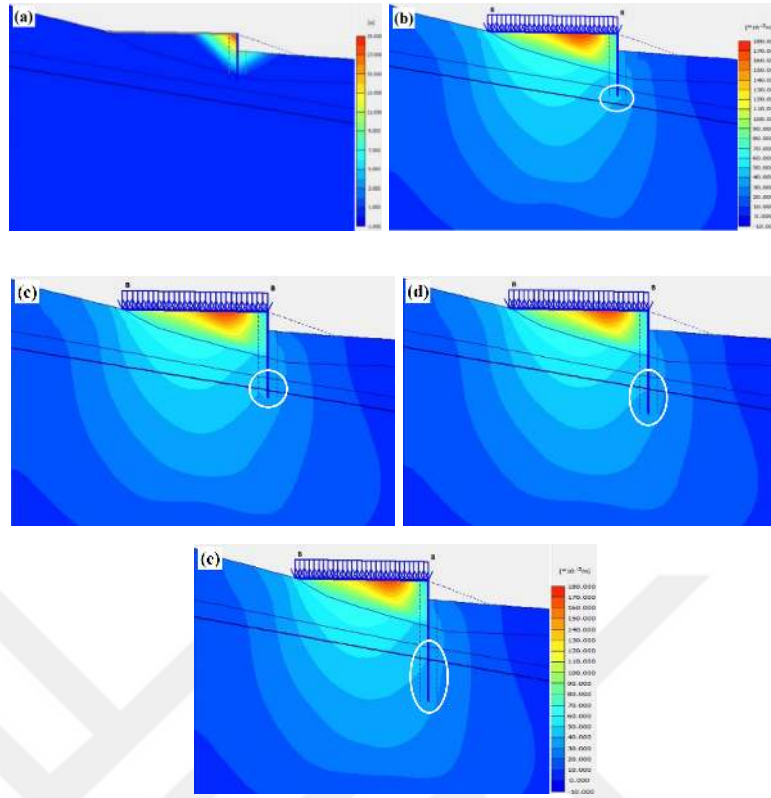
	Malzeme davranışı	EA (<i>kN/m</i>)	EI (<i>kNm²/m</i>)	ν
60 cm kazık	Elastik	$1,41 \times 10^7$	$3,18 \times 10^5$	0,2
80 cm kazık	Elastik	$1,88 \times 10^7$	$7,54 \times 10^5$	0,2
100 cm kazık	Elastik	$2,36 \times 10^7$	$1,47 \times 10^6$	0,2
Asfalt kaplama	Elastik	$6,75 \times 10^5$	$1,32 \times 10^3$	0,4

Mohr-Coulomb metodu ile yapılan çözümlerde 60,0 cm kazıklı iksa modellemesinde, farklı kazık boyları için elde edilen maksimum yer değiştirme miktarları Çizelge 6.5'te verilmiştir. Orta tabakada yer alan daha zayıf killi zemine

soketlenmiş 6,0 m uzunluğundaki kazık uygulamasında, henüz yük adımına geçmeden kazıkta meydana gelen aşırı yer değiştirmeye bağlı göçme görülmüştür. 8,0 m ve sonrasındaki kazık boylarında ise alt tabakadaki katı kile soketleme işleminin gerçekleşmesinin ardından güvenli tasarım sağlanmaktadır. Ancak, her ne kadar kazık tepe deplasmanları 50,0 mm seviyelerine kadar düşürülüp şev açısından güvenlik sağlansa da, sorunlu dolgu üzerine inşa edilen yol kaplamasının orta bölgelerinde 170,0 mm civarında oturmalar elde edilmektedir. Bu durum yol kaplamasında kısa zamanda konforsuz sürüş ve uzun vadede ise farklı oturma davranışlarının meydana gelebileceğini kanıtlamaktadır. Şekil 6.6.'da verilen ve toplam yer değiştirme miktarını içeren göçme modlarına ait şekillerde 8,0 m ve daha uzun kazık boylarında benzer davranışın meydana geldiği açıkça görülmektedir.

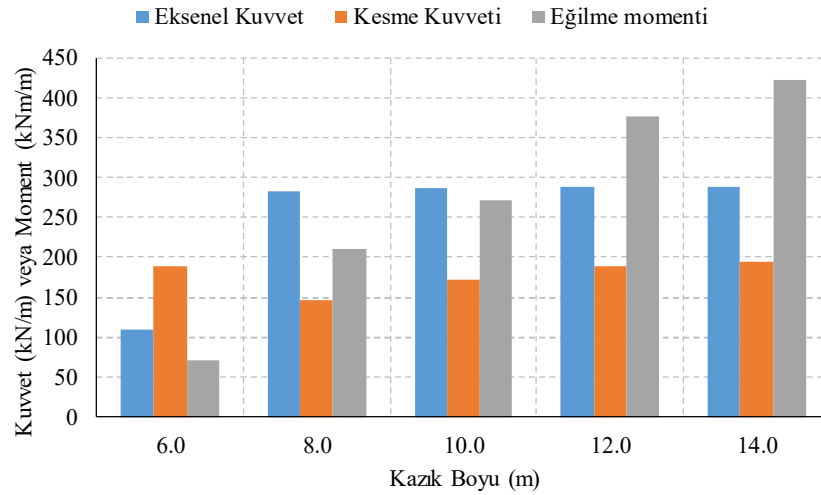
Çizelge 6.5. 60 cm çapında kazık kullanılması durumunda şevde ve kazıklarda gözlenen maksimum yer değiştirme miktarları.

Kazık boyu (m)	Maksimum yer değiştirme (mm)	Kazık Tepe Deplasmanı (mm)
6,0	Göçme	Göçme
8,0	174,24	65,83
10,0	172,35	56,95
12,0	170,55	52,41
14,0	169,85	51,22



Şekil 6.6. 60,0 cm kazık çapı için kazık boyu değişkenine göre Plaxis programında elde edilen toplam yer değiştirme dağılımları **(a)** 6,0 m, **(b)** 8,0 m, **(c)** 10,0 m, **(d)** 12,0 m ve **(e)** 14,0 m.

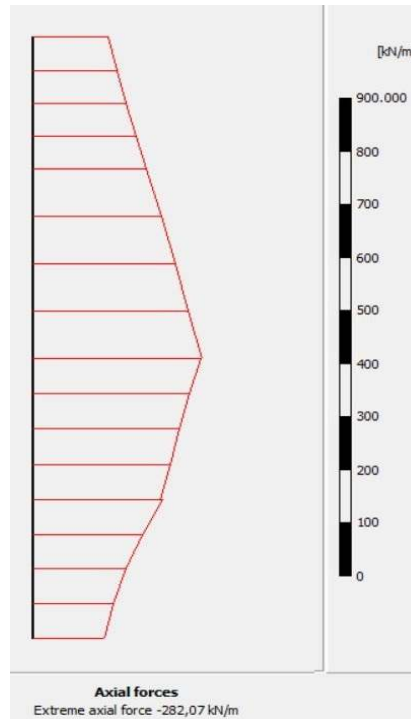
Ankastre davranışın sağlanmasının ardından, şevdeki toplam yer değiştirme miktarları ciddi farklılık arz etmese de tabaka geçişleri ve kazık boyutlarına bağlı olarak kazık elemanına gelen içsel kuvvetler değişmektedir (Şekil 6.6.). Hem kuvvet ve moment değerinin dağılımı hem de kazık tepe deplasmanları incelendiğinde; yolun boy kesiti doğrultusundaki 48,0 m’lik küçük ölçekli istinat yapısı gerekliliğinin 8,0 m boyunda 60,0 cm çapında toplamda 80 adet bitişik (teğet) kazıkla çözülebileceği sonucuna varılmaktadır. Diğer taraftan, yeterli miktarda ankastre davranış sağlandıktan sonra soket boyunun arttırılmasının ciddi bir fayda sağlamadığı görülmüştür. Benzer şekilde kazık, yapısal açıdan dış yükleri karşılayabilecek çapa sahipse çalışmadaki koşullar altında kazık çapını arttırmanın yer değiştirme davranışına ciddi bir etkisi olmadığı görülmüştür.



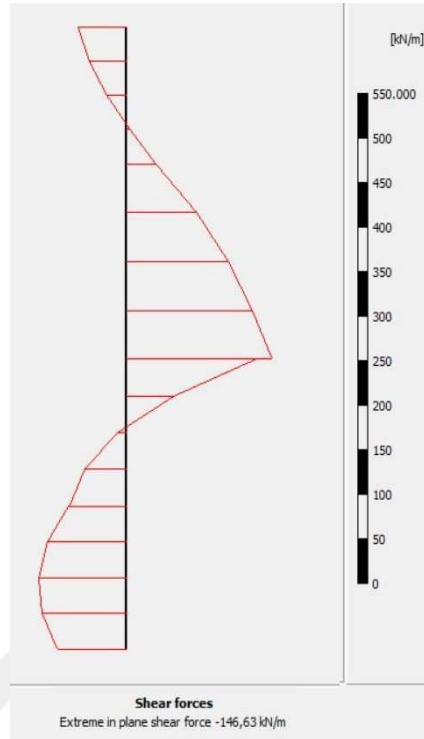
Şekil 6.7. 60,0 cm kazık çapı için kazık boyuna göre elde edilen içsel kuvvetler.

6.4. Projelendirme

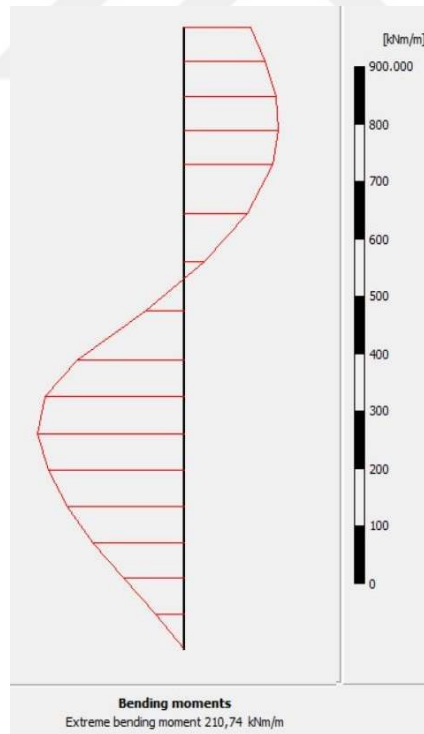
60 cm çapında 8m boyundaki kazık için donatı tayini (TS500) ve (Deprem Yönetmeliği 1997)'ye göre hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan eksenel kuvvet diyagramı Şekil 6.8'de kesme kuvveti diyagramı Şekil 6.9'da moment diyagramı Şekil 6.10'da gösterilmiştir.



Şekil 6.8. Eksenel kuvvet diyagramı.



Şekil 6.9. Kesme kuvveti diyagramı.



Şekil 6.10. Moment diyagramı.

$$N=-282,07 \text{ kN/m}$$

$$V=-146,63 \text{ kN/m}$$

$$M=210,74 \text{ kN/m}$$

Çizelge 6.6. Projelendirmede kullanılan malzeme özellikleri.

Kullanılacak Beton Sınıfı	Kullanılacak Çelik Cinsi
C25 ($f_{ck}=2500 \text{ t/m}^2$)	S420a ($f_{yk}=42000 \text{ t/m}^2$)

$$C25; f_{cd}=f_{ck}/1,5=>25/1,5=16,7 \text{ N/mm}^2$$

$$S420a; f_{yd}=f_{yk}/1,15=>420/1,15\approx 365 \text{ N/mm}^2$$

Boyuna donatı hesabı;

$$A_c=(\pi \times D^2)/4=2827 \text{ cm}^2$$

$$N_d \leq 0,5 \times f_{ck} \times A_c \Rightarrow N_d = 31,7 \text{ t} < 0,5 \times 2500 \times 0,2827 \quad 282,07 \text{ kN/m} \approx 31,7 \text{ t/m}$$

$$\Rightarrow 31,7 \text{ t} < 353 \text{ t} \quad \checkmark \text{ (Deprem Yönetmeliği, 1997)}$$

$$N_d \leq 0,9 \times f_{cd} \times A_c \Rightarrow 31,7 < 0,9 \times 1670 \times 0,2827$$

$$\Rightarrow 31,7 \text{ t} < 424,9 \text{ t} \quad \checkmark \text{ (TS500-2000)}$$

$$M_d=23,6 \text{ tm}$$

$$210,74 \text{ kN/m} \approx 23,6 \text{ tm}$$

$$n=N_d/(A_c \times f_{cd}')=31,7/(0,2827 \times 0,85 \times 1670)=0,079$$

$$m=M_d/(A_c \times h \times f_{cd}')=23,6/(0,2827 \times 0,85 \times 1670)=0,059$$

$$A_s=p_{\min} \times A_c=0,01 \times 2827 \text{ cm}^2=28,27 \text{ cm}^2$$

Seçilen donatı: 12Φ20 (37,68 cm²)

$$37,68 \text{ cm}^2 > 28,27 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Etriye hesabı;

Seçilen etriye $\Phi 10$, etriye aralığı 15cm

$\Phi 10$ için; $A_{sw}=2 \times 79=158 \text{ mm}^2$

$$V_{\max}=(d \times f_{ywd} \times A_{sw})/s \Rightarrow 16480=(60 \times 3650 \times (2 \times 79))/s$$

$$s=20.1 \quad 20,1 < 158 \quad \checkmark$$

Seçilen enine donatı: $\Phi 10/15$ Fretli donatı

Başlık kirişi hesabı;

C25 için $f_{ctd}: 1,17$

$$p_{\min}=0,80 \times f_{ctd}/f_{yd}=0,80 \times 1,17/365=0,0026$$

$$A_{s\min}=b \times d \times p_{\min}=60 \times 50 \times 0,0026=7,8$$

Seçilen donatı: $10\Phi 20$ ($34,1 \text{ cm}^2$)

$$34,1 \text{ cm}^2 > 7,8 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

Etriye hesabı;

$\Phi 10/15$ için:

$$p_w=A_{swso} \times n/(s \times b_w) > p_{\min}=0,30 \times f_{ctd}/f_{ywd}$$

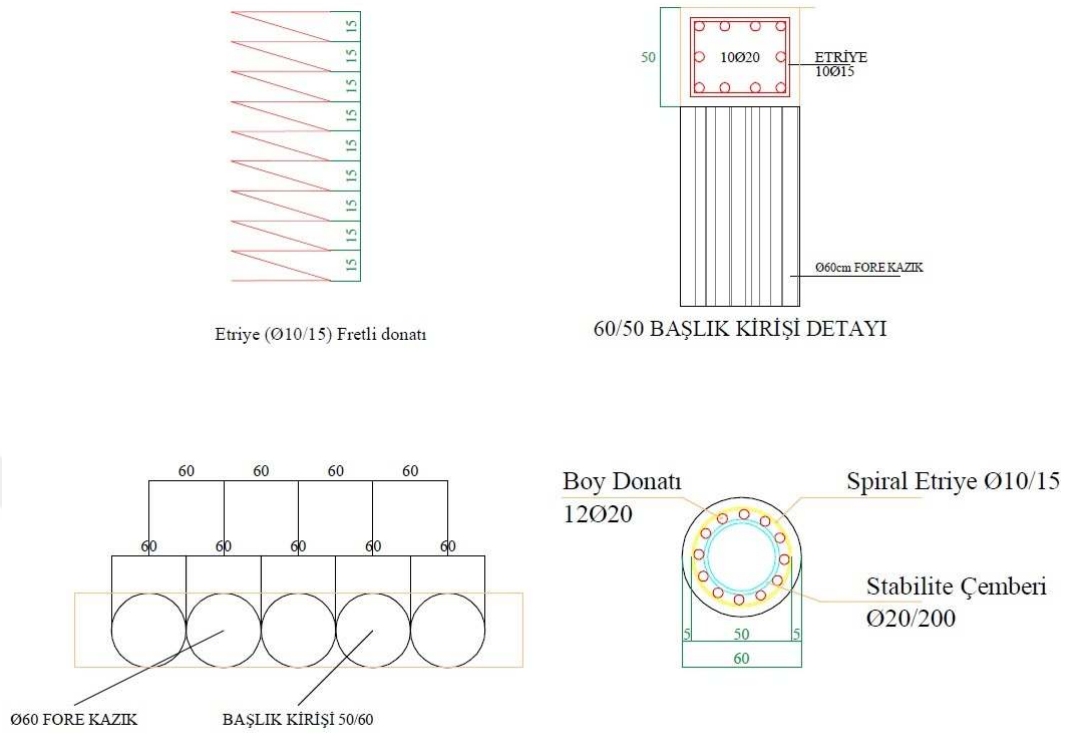
$$p_w=a \times 2/(s \times d) \Rightarrow 0,79 \times 2/(15 \times 50)$$

$$\Rightarrow 0,0021$$

$$p_{\min}=0,30 \times 1170/365000=0,0009$$

$$p_w > p_{\min} \quad \checkmark$$

Autocad programı ile çizilen kesit görüntüleri Şekil 6.11’de gösterilmiştir.



Şekil 6.11. Donatı detay çizimleri.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada; kontrolsüz dolgu üzerine yapılan asfalt kaplamalı yolda meydana gelen heyelan ve şev davranışı incelenmiştir. Modellemeler sırasında limit denge yöntemleri ve sonlu elemanlar yöntemi ile çalışan iki farklı program kullanılmıştır. Arazi geometrisi ve deney sonuçlarına göre gerçekleştirilen analizlerde gerçekte meydana gelen kayma yüzeyi ve göçme davranışı 0,82 güvenlik sayısı civarında gözlenmiştir. Sorunun çözümüne yönelik önerilen bitişik kazıklı duvar uygulaması kapsamında farklı çap ve boylarda kazıklar değerlendirilmiştir. Kazığa gelen yükler ve elde edilen yer değiştirme değerlerine göre arazide uygulama kolaylığı da göz önünde bulundurularak göçmenin meydana geldiği 48,0 m'lik yol güzergahında 8,0 m boyunda 60 cm çapında bitişik kazık uygulaması güvenlik sayısı ile şev açısından stabil bir ortam sağlanabileceği sonucuna varılmıştır. Bu durumda kazık tepe deplasmanları maksimum 50 mm seviyelerindedir. Ancak, kontrolsüz dolgu üzerine inşa edilen yol kaplamasında zamanla 170 mm seviyelerine ulaşabilecek oturmaların görülmesi muhtemeldir.

Kontrolsüz dolgu vesilesi ile zamanla yolda oluşması muhtemel oturmalar konforsuz sürüşe sebebiyet verecektir. Heyelanın olduğu bölgede mümkün olduğu mertebede dolgu malzemesinin değiştirilmesi uygun olacaktır.

Kazık imalatından sonra eğim açısı yüksek olan kontrolsüz dolgudan eğim açısını düşürmek maksadı ile hafriyat alımı yapılabilir.

Heyelanların hızlanmasında önemli rol oynayan su problemine karşı barbakan ve drenaj önlemlerinin alınması ile suyun heyelanlı bölgeden uzaklaştırılması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abramson, L.W., “Slope Stability and Stabilizations methods”, *Wiley*, New York (1996).
- Akçakal Ö., “Şev stabilitesi analizinde geri hesap yöntemi ve bir vaka analizi”, Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul-Türkiye (2009).
- Ansal, A. M., Yıldırım, H., “Killerin Tekrarlı Yükler Altında Kayma Mukavemeti”, Hacettepe Üniversitesi, *II. Ulusal Kil Sempozyumu*, Ankara, 329-334 (1985).
- Ansal, A. M., Siyahi, B.G., “Microzonation for Landslides During Earthquakes”, *Proc. 2nd International Conf. on Earthquake Resistant Construction and Design*, Berlin, 15-17 June 1994, 151-157 (1994).
- Aytekin, M., Deneysel Zemin Mekaniği, *Teknik Yayınevi* (2004).
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, “Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik”, *Resmi Gazete*, (1997).
- Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, Türk Standartlar Enstitüsü TS 500, *TSE*, (2000).
- Bishop A.W. and Morgenstern N., “Stability Coefficients for Earth Slopes”, *United Kingdom: The Institution of Civil Engineers*, London, 129–150 (1960).
- Bol, E., “09 Zemin ve Kaya Yamaçlarda Güvenliğin Sağlanması” *Sakarya Üniversitesi Mühendislik fakültesi – C*, Ders Notu.
- Bol, E., Sert, S., Özocak, A., “Kazıklı iksa sistemi ile şev duraylılığının sağlanması”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(5): 860-870, (2017).
- Brinkgreve, R., “PLAXIS Version 8, finite element code for soil and rock analyses”, *A. Balkema*, Netherlands (2002).
- Bromhead, E. N., “The Stability Of Slopes” *Surrey University Press*, London (1986).
- Broms, B.B., “Landslides. Foundation Engineering Handbook, H.F Vinkerton and H.Y. Fang (Eds.)”, *Van Nostrand Reinhold Comp.*, pp 373-401 (1975).
- Canik, B., “Şev Stabilitesinde Kullanılan Kazıkların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2006).

KAYNAKLAR (Devam ediyor)

- Clayton, C. R. I., Matthews, M. C. ve Simons, N. E., “Jeoteknik Saha incelemesi (Çetin, H., Kayabalı, K. ve Arman, H., Çev)” *Gazi Kitabevi*, Ankara (1995).
- Coduto, D.P., “Geoteknik Muhendisliği İlkeler ve Uygulamalar”, *Gazi Kitabevi* (2006).
- Çalışkan, O. and Özkan, M.Y., “Zemine gömülü ankrajlı iksa duvarları hesap ve tasarım yöntemleri ve eurocode-7’ye göre tasarım esasları”, *Geoteknik Sempozyumu, İnşaat Mühendisleri Odası, 26-27 Ekim 2005*, Adana (2005).
- Çaykara Gazetesi, “Çaykara-Of yolundaki heyelan Çatak’ı hatırlattı”, <https://www.caykaragazetesi.com/caykara-of-yolundaki-heyelan-catakin-hatirlatti/>, (Erişim Tarihi: 12.01.2018).
- Das, B.M., “Principles of Geotechnical Engineering, 2. Edition”, *United States: Pws - Kent Publishing Company*, Boston (1990).
- Das, M.B., “Principles of Geotechnical Engineering”, Thomson (2006).
- Duncan, J.M. and Stark, T.D., “Soil strengths from back analysis of slope failures”, *Stability and Performance of Slopes and Embankments: II, Geotechnical Special Publication 31, University of California*, Berkeley, CA, pp:890-904 (1992).
- Evirgen, B., Tuncan M. ve Tuncan A., “Geotekstil, Geogrid ve Çelik Şerit Donatılı Şevlerde Modelleme Çalışması”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 4, s. 32, ss. 227–240 (2017).
- Goodman, R.E., Bray, J.W., “Toppling of Rock Slopes. Proc. Specialty Conference on Rock Engineering for Foundations And Slopes”, ASCE .2, pp. 201-234, Boulder, Colorado (1976).
- Gökcan, S., “Şev Stabilitesi Analizinde Geri Hesap Yöntemi ve Tekke Heyelanının Geri Hesap Yöntemiyle İncelenmesi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2014).
- Görgün, B., Onur M.İ., ve Tuncan A., “İki Tabakalı Zemin Profiline Kazık Temellere Gelen Deprem Yüklerinin Eşdeğer Statik Yük Hesabı”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 4, s. 2, ss. 453–461 (2016).

KAYNAKLAR (Devam ediyor)

- Güngör, A.G. ve Sağlık, A., “Mekanistik ampirik üstyapı tasarımında esneklik modülünün şartnamelere uyarlanması”, **5. Ulusal Asfalt Sempozyumu ve Sergisi**, Ankara-Türkiye (2009).
- Habertürk Gazetesi, “Bolu’da heyelan meydana geldi! Vatandaşlar yetkililerden ev istiyor”, <https://www.haberturk.com/bolu-da-heyelan-meydana-geldi-vatandaslar-yetkililerden-ev-istiyor-1755231>, (Erişim Tarihi: 15.01.2018).
- Hammouri, N. A., Malkawi, A. I. H. and Yamin, M. M. A., “Stability analysis of slopes using the finite element method and limiting equilibrium approach”, **Bulletin Of Engineering Geology**: 67:471–478 (2007).
- Hammouri, N. A., Malkawi, A. I. H. and Yamin, M. M. A., Stability analysis of slopes using the finite element method and limiting equilibrium approach, **Bulletin Of Engineering Geology**: 67: 471–478 (2007).
- İstinat Duvarının Yazılımları, “İstinat duvarının drenajı”, <http://www.istinatduvari.com/index.php/muhendislik/makaleler/112-istinatduvarlarinin-drenaji>, (Erişim Tarihi: 28.07.2018).
- Janbu, N., “Slope Stability Computations”, **United States: Jonh Wiley & Sons**, New Jersey, ss. 47-86 (1973).
- Janbu, N., “Application Of Composite Slip Surface For Stabiliy Analysis”, **Euopen Conf. On Stability Of Earth Slopes**, 3, Stockholm pp 43-49, (1954).
- Keleşoğlu, O. ve Özkan, M.Y., “Dolgu yüklerinden kaynaklanan deplasmanların kazıklar üzerindeki yatay yük etkisi”, **Geoteknik Sempozyumu, İnşaat Mühendisleri Odası, 26– 27 Ekim**, Adana (2005).
- Kim, J., Salgado, R. and Lee, J., “Stability analysis of complex soil slopes using limit analysis” **J. Geotech. Geoenviron. Eng.**, ASCE 128-7:546–557 (2002).
- Laman, M., Sarihan, N.H., Dadaşbilge, O., Tan, Ö., İkizler, S.B., Sağlam, S., Acar, A.T., Basık, A.A., Çinicioğlu, S.F., Sarı, B., Özgür, Ö.K., “Zemin etüdü el kitabı”, **Özgün Matbaacılık San. Tic. A.Ş.**, Ankara (2016).

KAYNAKLAR (Devam ediyor)

- Laman, M., Sarihan, N.H., Dadaşbilge, O., Tan, Ö., İkizler, S.B., Sağlam, S., Acar, A.T., Basık, A.A., Çinicioğlu, S.F., Sarı, B., Özgür, Ö.K., “Zemin etüdü el kitabı”, **Özgün Matbaacılık San. Tic. A.Ş.**, Ankara (2016).
- Marchetti, S., “A New in Situ Test for the Measurement of Horizontal Soil Deformability”, Proceedings of the Conference on In Situ Measurement of Soil Properties, **ASCE Specialty Conference**, Raleigh, c.2. s.255-259 (1975).
- Matsui, T., Bahr, M.A., “Deradation Of Saturated Clays After Cyclic Loading, Proc.”, **2. Int. Conf. On Recent Advances In Geotechnical Earthquake Engrg And Soil Dynamics, St. Louis, Missouri**, USA, 1-1, 1-8, 41-45 (1991).
- McCarthy, D.F., “Essentials of Soil Mechanics and Foundations, Fifth Edition”, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 730p (1998).
- Melo, C. and Sharma S., “Seismic coefficients for pseudostatic slope analysis,” **13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver**, Canada, ss. 369 (2004).
- Milliyet Gazetesi, “Çiftlikköy’de okul bahçesinde heyelan”, <http://www.milliyet.com.tr/ciftlikkoy-de-okul-bahcesinde-heyelan-yalova-yerelhaber-2508958/>, (Erişim Tarihi: 10.01.2018).
- Morgenstern, N.R. and Price V.E., “The Analysis of The Stability of General Slip Surfaces,” **Geotechnique**, c. 1, s. 15, ss. 79–93 (1965).
- Net Yapı, “Hücresele Dolgu Sistemleri”, <http://www.netyapi.com/hucresele-dolgu-sistemleri-referanslar.html>, (Erişim Tarihi: 20.06.2018).
- Olgun, M., Acar., “Deprem Kuvvetleri Etkisi Altındaki Şevlerin Stabilitelerini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi”, **Selçuk Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi 24.**, 2., Konya (2009).
- Önalp, A. ve Arel, E., “Geoteknik Bilgisi II Yamaç ve Şevlerin Mühendisliği”, **Birsan Yayınevi**, İstanbul (2004).
- Öz, E., “Şev Stabilitesi ve Mühendislik Uygulamaları”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri (2007).

KAYNAKLAR (Devam ediyor)

- Özay, R., Erken, A., “Killerde Plastisitenin Kayma Gerilmesi Oranına Etkisi”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi, Mühendislik*, İstanbul, 2, 1, 55-63, (2003).
- Özkan, M., “Gençlik caddesi heyelan önleme projesi ve jeolojik ön raporu”, *Alibey Jeoloji Sondaj Laboratuvar Hizmetleri Ltd. Şti.*, Türkiye, Rap. 14007828 (2017).
- Özsoy, C., “Kohezyonlu ve Kohezyonsuz Zeminlerde Şev Stabilitesi ve Uygulama Yöntemleri”, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, (1998).
- Plaxis, Bilgisayar Programı, Plaxis BV, (2007).
- Popescu, M.E. and Sasahara, K., “Landslides-Disaster Risk Reduction, Springer”, Berlin Heidelberg (2009).
- Sarma, S.K., “Stability analysis of embankments and slopes”, *Journal Geot. Eng. ASCE*, 105:11:1511 (1979).
- Singh, T.N., Gulati, A., Dontha, L. and Bhadrwaj, V., “Evaluating cut slope failure by numerical analysis-a case study”, *Nat Hazards (2008)* 47:263–279 (2008).
- Slide, Bilgisayar Programı, Rocscience Inc (2004).
- Spencer, E., “A Method of Analysis of The Stability of Embankments Assuming Parallel Inter-Slice Forces,” *Geotechnique, s. 17*, ss. 11–26 (1967).
- Tan, Ö., “Şevlerde Geoteknik İnceleme”, *Tekke ve Heyelan Sempozyumu, 24-26 Ekim*, Trabzon (2013).
- Tekin, A., “Sonlu Elemanlar ve Limit Denge Yöntemleri İle Şev Stabilitesi Analizi”, *İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul (2011).
- Tokgözoğlu, K., “Anamur-Kaledran Devlet Karayolu İnşaatında Açılan Derin Yarmaların Şev Stabilitesi Açısından Değerlendirilmesi”, *Hacettepe Üniversitesi*, (2014).
- Ulusay, R., “Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler”, Türkiye Mimarlar Mühendisler Odası Başkanlığı Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları 38s (2001).
- Uzuner, B.A., “Temel Zengin Mekaniği”, *Derya Kitabevi* (2014).

KAYNAKLAR (Devam ediyor)

- Vardar, M., Demiroğlu M., Koçak C., Şans G., “Yol Mühendisliğinde Yamaç Ve Şevlerin Stabilitesi”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Notları*, İstanbul (2012).
- Varnes, D. J., “Landslides: Analysis and Control”, Special Report 176, pp20-47, R. L. Scuster and R. J. Krizek, Ed., Transportation Research Board, Highway Research Council (1978).
- Yamak, S., “Karayolu Şevlerinde Boşluk Suyu Basınç Değişikliklerinin Şev Stabilitesine Etkisinin İncelenmesi”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2017).
- Yavuz, V. S., “Şev Stabilitesi Problemlerinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle İki ve Üç Boyutlu Analizi”, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2012).
- Yılmaz, G., Özsoy E.A., “Bozüyük, Yediler Yerleşim Alanı Kaymasının Stabilité Analizi”, *Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi C.18, S.2*, Eskişehir (2003).
- Yiğit, G., “Karayollarında Şev Stabilitesi (Isparta-Antalya D-685 Karayolu Örneği)”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2013).
- Your Article Library, “Experiment to determine the plastic limit of a given soil sample”, <http://www.yourarticlelibrary.com/soil/experiment-to-determine-the-plastic-limit-of-a-given-soil-sample/45766>, (Erişim Tarihi: 17.05.2018).
- Yu, H., Salgado R., Sloan W. and Kim J., “Limit analysis versus equilibrium for slope stability”, *J. Geotech. Geoenviron. Eng.* ASCE 124-1:1–11 (1998).
- Zemin Araştırma Merkezi Ltd. Şti., “CPT (Konik Penetrasyon) Deneyi Nedir Nasıl Yapılır?”, http://zeminarastirma.net/deneyler/cpt_deneyi_nedir_nasil_yapilir.html, (Erişim Tarihi: 18.05.2018).

EK-3: SK-1, SK-2 Karot Resimleri.



EK-4: SK-1 Konsolidasyon Deneyi Sonuç Raporu.



ALİBEY JEOLUJİ SÖNDAK LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHÜRÜ
MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LIMITED ŞİRKETİ
Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 ÇIRLIKÖY/Yalova
Tel-Fax : 0 226 352 5600



KONSOLIDASYON DENENEYİ SONUÇ RAPORU

ALİBEY MÜHÜRÜ
HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLUJİK ÇİZİM RAPORU - YALOVA

PROJE SAHİL FİRMA

AT OLUŞU PROJESİ

NUMUNE NO: SK-10UD-3,50-3,00 m.

NUMUNENİN ÇAP (cm)

5,000

NUMUNENİN BÖLÜ (cm)

2,000

NUMUNENİN ALANI (cm²)

15,63

NUMUNENİN HACMİ (cm³)

35,25

Taşınan

cm

0,0000

0,0280

0,0280

0,0500

0,0780

0,1180

0,1740

0,2690

0,2410

0,2290

0,2150

0,2010

0,1890

0,1740

0,1590

0,1440

0,1290

0,1140

0,1090

0,1040

0,1000

0,0960

0,0920

0,0880

0,0840

0,0800

0,0760

0,0720

0,0680

0,0640

0,0600

0,0560

0,0520

0,0480

0,0440

0,0400

0,0360

0,0320

0,0280

Deney Başlama Tarihi:

Deney Bitiş Tarihi:

Deney Standartı:

Doğru Birim Hacim:

Agrilik (KN/m³):

Kuru Birim Hacim:

Agrilik (KN/m³):

Bölge Oranı (e):

Porozite (n):

Doğrultuk Değeri (%):

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

Bölge Oranı:

LAS DEĞERLENDİRİŞİ
MÜHÜRÜ
SEMİHA KURTULU
Jeolojik Mühendisliği
Başlık No: 25538

DENEY YAPAN
SEMİHA KURTULU
Jeolojik Mühendisliği

REVİZYON: F001R-7

Tablolu edilen yük (kg)
Şişme Miktarı (1/100 mm)
Şişme oranı (e)
Şişme Yüzdesi (%)

0,050
3,0
0,025
0,15

Notlar:
1- Bu rapor, deney sonuçlarına göre hazırlanmıştır.
2- Deney sonuçları, laboratuvar ortamında elde edilmiştir.
3- Deney sonuçları, laboratuvar ortamında elde edilmiştir.
4- Deney sonuçları, laboratuvar ortamında elde edilmiştir.
5- Deney sonuçları, laboratuvar ortamında elde edilmiştir.

EK-6: SK-1 Atterberg Limitleri Tayini (1,5-1,95m).

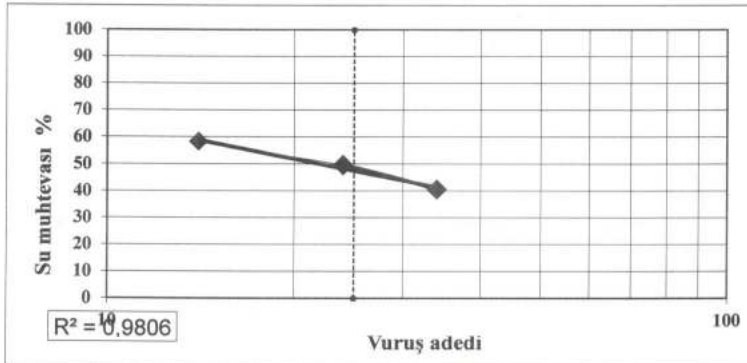
ALİBEY JEOLJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK
MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ
Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova
Tel-Fax : 0 226 352 5600

**ATTERBERG LİMİTLERİ TAYİNİ**

FİRMA	ALİBEY MÜHENDİSLİK
PROJE ADI	HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLJİK ÖN RAPORU
NUMUNE No	SK-1 / SPT-1,50-1,95 m.
NUMUNE YERİ	ÇİFTLİKKÖY / YALOVA

LAB. No	1043-1
STANDART	TS-1900-1
DENEY. BAŞ.TAR.	13.12.2017
DENEY. BİT.TAR.	16.12.2017

	LL					PL	
	1	2	3	4	5	1	2
Vuruş adedi	34	24	14			----	----
Kap no							
Kap ağırlığı	21,26	19,81	21,22			22,99	21,77
Kap+yaş numune	36,91	37,63	38,12			31,74	30,51
Kap+kuru numune	32,39	31,71	31,89			30,15	28,93
Kuru numune ağı.	11,13	11,9	10,67			7,16	7,16
Su ağı.	4,52	5,92	6,23			1,59	1,58
Su muhtevası %	40,61	49,75	58,39			22,21	22,07



LL	49
PL	22
PI	27

DENEYİ YAPAN
Semiha KURTOĞLU
Jeofizik Mühendisi

DENETÇİ MÜHENDİS
Müfit ÖZKAN
Jeoloji Mühendisi
Belge No:29628

*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.

*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

*Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih 471 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

Rev.02-FORM-R-1

EK-7: SK-1 Atterberg Limitleri Tayini (2,5-3m).



ALİBEY JEOLJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK
MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ
Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova
Tel-Fax : 0 226 352 5600

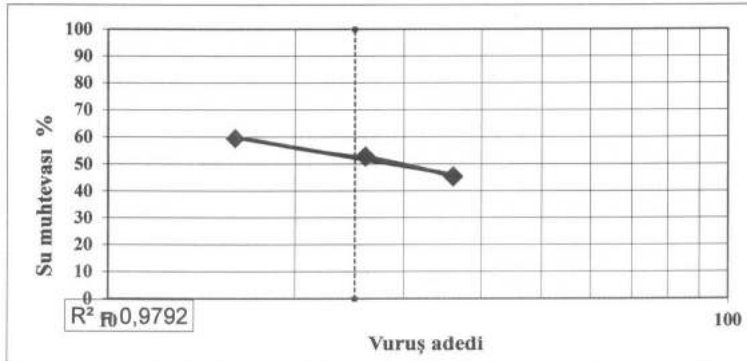


ATTERBERG LİMİTLERİ TAYİNİ

FİRMA	ALİBEY MÜHENDİSLİK
PROJE ADI	HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLJİK ÖN RAPORU
NUMUNE No	SK-1 / UD-2,50-3,00 m.
NUMUNE YERİ	ÇİFTLİKKÖY / YALOVA

LAB. No	1043-2
STANDART	TS-1900-1
DENEY. BAŞ.TAR.	13.12.2017
DENEY. BİT.TAR.	16.12.2017

	LL					PL	
	1	2	3	4	5	1	2
Vuruş adedi	36	26	16			----	----
Kap no							
Kap ağırlığı	21,17	22,32	20,59			22,95	22,3
Kap+yaş numune	39,41	38,14	36,73			30,05	29,63
Kap+kuru numune	33,71	32,67	30,71			28,63	28,16
Kuru numune ağı.	12,54	10,35	10,12			5,68	5,86
Su ağı.	5,7	5,47	6,02			1,42	1,47
Su muhtevası %	45,45	52,85	59,49			25,00	25,09



LL	54
PL	25
PI	29

DENEYİ YAPAN
Semiha KURTOĞLU
Jeofizik Mühendisi

DENETÇİ MÜHENDİS
Müfit ÖZKAN
Jeoloji Mühendisi
Belge No: 29628

*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.

*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

*Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih 471 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

Rev.02-FORM-R-1

EK-8: SK-1 Atterberg Limitleri Tayini (7,3-7,5m).

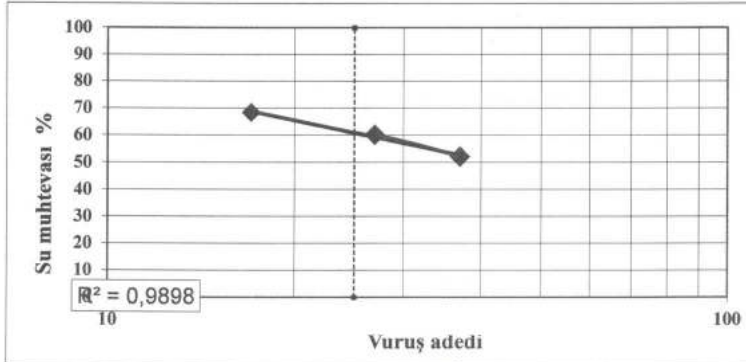
ALİBEY JEOLJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK
MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ
Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova
Tel-Fax : 0 226 352 5600

**ATTERBERG LİMİTLERİ TAYİNİ**

FİRMA	ALİBEY MÜHENDİSLİK
PROJE ADI	HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLJİK ÖN RAPORU
NUMUNE No	SK-1 / CR-7,30-7,50 m.
NUMUNE YERİ	ÇİFTLİKKÖY / YALOVA

LAB. No	1043-3
STANDART	TS-1900-1
DENEY. BAŞ.TAR.	13.12.2017
DENEY. BİT.TAR.	16.12.2017

	LL					PL	
	1	2	3	4	5	1	2
Vuruş adedi	37	27	17			----	----
Kap no							
Kap ağırlığı	22,28	21,64	21,85			21,23	21,1
Kap+yaş numune	38,81	37,63	38,14			30,43	29,12
Kap+kuru numune	33,14	31,62	31,52			28,47	27,41
Kuru numune ağı.	10,86	9,98	9,67			7,24	6,31
Su ağı.	5,67	6,01	6,62			1,96	1,71
Su muhtevası %	52,21	60,22	68,46			27,07	27,10



LL	62
PL	27
PI	35

DENEYİ YAPAN
Semih KURTOĞLU
Jeofizik Mühendisi

DENETÇİ MÜHENDİS
Müfit ÖZKAN
Jeoloji Mühendisi
Belge No: 29628

*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.

*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

*Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih 471 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

Rev.02-FORM-R-1

EK-9: SK-1 Atterberg Limitleri Tayini (10,2-10,5m).



ALİBEY JEOLJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK
MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ
Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova
Tel-Fax : 0 226 352 5600

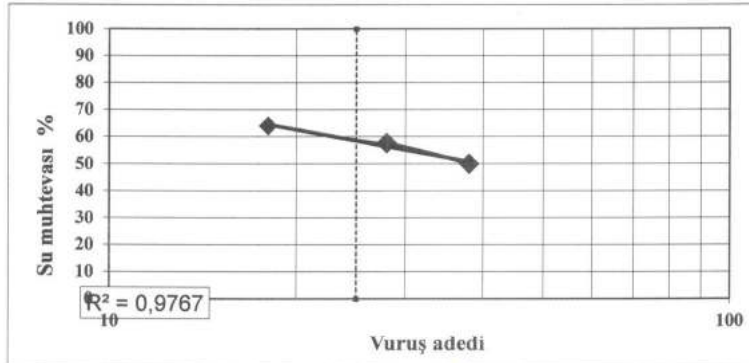


ATTERBERG LİMİTLERİ TAYİNİ

FİRMA	ALİBEY MÜHENDİSLİK
PROJE ADI	HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLJİK ÖN RAPORU
NUMUNE No	SK-1 / CR-10,20-10,50 m.
NUMUNE YERİ	ÇİFTLİKKÖY / YALOVA

LAB. No	1043-4
STANDART	TS-1900-1
DENEY. BAŞ.TAR.	13.12.2017
DENEY. BİT.TAR.	16.12.2017

	LL					PL	
	1	2	3	4	5	1	2
Vuruş adedi	38	28	18			----	----
Kap no							
Kap ağırlığı	22,77	22	22,19			23,37	23,53
Kap+yaş numune	38,71	39,64	38,51			32,13	30,41
Kap+kuru numune	33,39	33,19	32,14			30,31	28,98
Kuru numune ağı.	10,62	11,19	9,95			6,94	5,45
Su ağı.	5,32	6,45	6,37			1,82	1,43
Su muhtevası %	50,09	57,64	64,02			26,22	26,24



LL	60
PL	26
PI	34

DENEYİ YAPAN
Semiha KURTOĞLU
Jeofizik Mühendisi

DENETÇİ MÜHENDİS
Müfit ÖZKAN
Jeolojik Mühendisi
Belge No:29628

*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.

*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

*Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih 471 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

Rev.02-FORM-R-1

EK-10: SK-2 Atterberg Limitleri Tayini (4-4,5m).

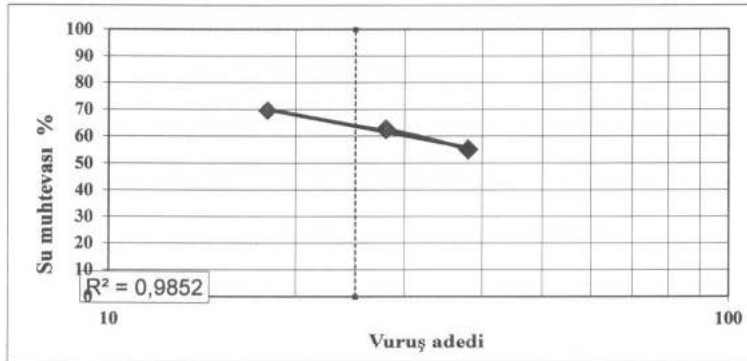
ALİBEY JEOLJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK
MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ
Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova
Tel-Fax : 0 226 352 5600

**ATTERBERG LİMİTLERİ TAYİNİ**

FİRMA	ALİBEY MÜHENDİSLİK
PROJE ADI	HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLJİK ÖN RAPORU
NUMUNE No	SK-2 / UD-4,00-4,50 m.
NUMUNE YERİ	ÇİFTLİKKÖY / YALOVA

LAB. No	1043-5
STANDART	TS-1900-1
DENEY. BAŞ.TAR.	13.12.2017
DENEY. BİT.TAR.	16.12.2017

	LL					PL	
	1	2	3	4	5	1	2
Vuruş adedi	38	28	18			----	----
Kap no							
Kap ağırlığı	21,42	21,32	21,39			20,97	21,72
Kap+yaş numune	39,41	38,14	36,73			29,41	30,12
Kap+kuru numune	33,01	31,66	30,43			27,41	28,13
Kuru numune ağı.	11,59	10,34	9,04			6,44	6,41
Su ağı.	6,4	6,48	6,3			2	1,99
Su muhtevası %	55,22	62,67	69,69			31,06	31,05



LL	65
PL	31
PI	34

DENEYİ YAPAN
Semih KURTOĞLU
Jeofizik Mühendisi

DENETÇİ MÜHENDİS
Müfit ÖZKAN
Jeoloji Mühendisi
Belge No: 29628

*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.

*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

*Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih 471 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

Rev.02-FORM-R-1

EK-11: SK-2 Atterberg Limitleri Tayini (7,3-7,5m).

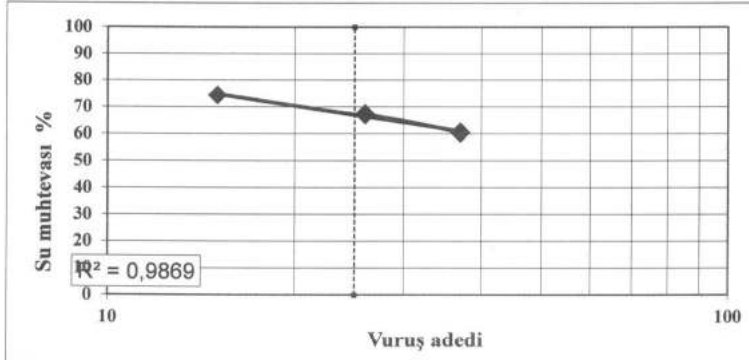
ALİBEY JEOLJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK
MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ
Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova
Tel-Fax : 0 226 352 5600

**ATTERBERG LİMİTLERİ TAYİNİ**

FİRMA	ALİBEY MÜHENDİSLİK
PROJE ADI	HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLJİK ÖN RAPORU
NUMUNE No	SK-2 / CR-7,30-7,50 m.
NUMUNE YERİ	ÇİFTLİKKÖY / YALOVA

LAB. No	1043-6
STANDART	TS-1900-1
DENEY. BAŞ.TAR.	13.12.2017
DENEY. BİT.TAR.	16.12.2017

	LL					PL	
	1	2	3	4	5	1	2
Vuruş adedi	37	26	15			----	----
Kap no							
Kap ağırlığı	21,89	23	21,25			20,95	22,23
Kap+yaş numune	38,14	39,42	37,63			29,12	28,56
Kap+kuru numune	32,01	32,81	30,64			27,13	27,02
Kuru numune ağı.	10,12	9,81	9,39			6,18	4,79
Su ağı.	6,13	6,61	6,99			1,99	1,54
Su muhtevası %	60,57	67,38	74,44			32,20	32,15



LL	68
PL	32
PI	36

DENEYİ YAPAN
Semih KURTOĞLU
Jeofizik Mühendisi

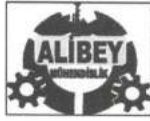
DENETÇİ MÜHENDİS
Müfit ÖZKAN
Jeolojik Mühendisi
Belge No: 29628

*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.

*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

*Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih 471 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

Rev.02-FORM-R-1

EK-12: SK-2 Atterberg Limitleri Tayini (11,8-12m).

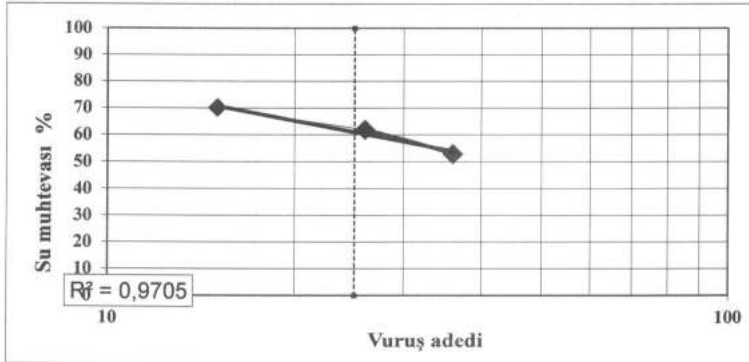
ALİBEY JEOLJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK
MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ
Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova
Tel-Fax : 0 226 352 5600

**ATTERBERG LİMİTLERİ TAYİNİ**

FİRMA	ALİBEY MÜHENDİSLİK
PROJE ADI	HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLJİK ÖN RAPORU
NUMUNE No	SK-2 / CR-11,80-12,00 m.
NUMUNE YERİ	ÇİFTLİKKÖY / YALOVA

LAB. No	1043-7
STANDART	TS-1900-1
DENEY. BAŞ.TAR.	13.12.2017
DENEY. BİT.TAR.	16.12.2017

	LL					PL	
	1	2	3	4	5	1	2
Vuruş adedi	36	26	15			----	----
Kap no							
Kap ağırlığı	20,47	21,83	21,6			28,37	20,59
Kap+yaş numune	39,41	38,17	39,26			36,12	28,14
Kap+kuru numune	32,85	31,92	31,98			34,32	26,38
Kuru numune ağı.	12,38	10,09	10,38			5,95	5,79
Su ağı.	6,56	6,25	7,28			1,8	1,76
Su muhtevası %	52,99	61,94	70,13			30,25	30,40



LL	63
PL	30
PI	33

DENEYİ YAPAN
Semih KURTOĞLU
Jeofizik Mühendisi

DENETÇİ MÜHENDİS
Müfit ÖZKAN
Jeolojik Mühendisi
Belge No: 29628

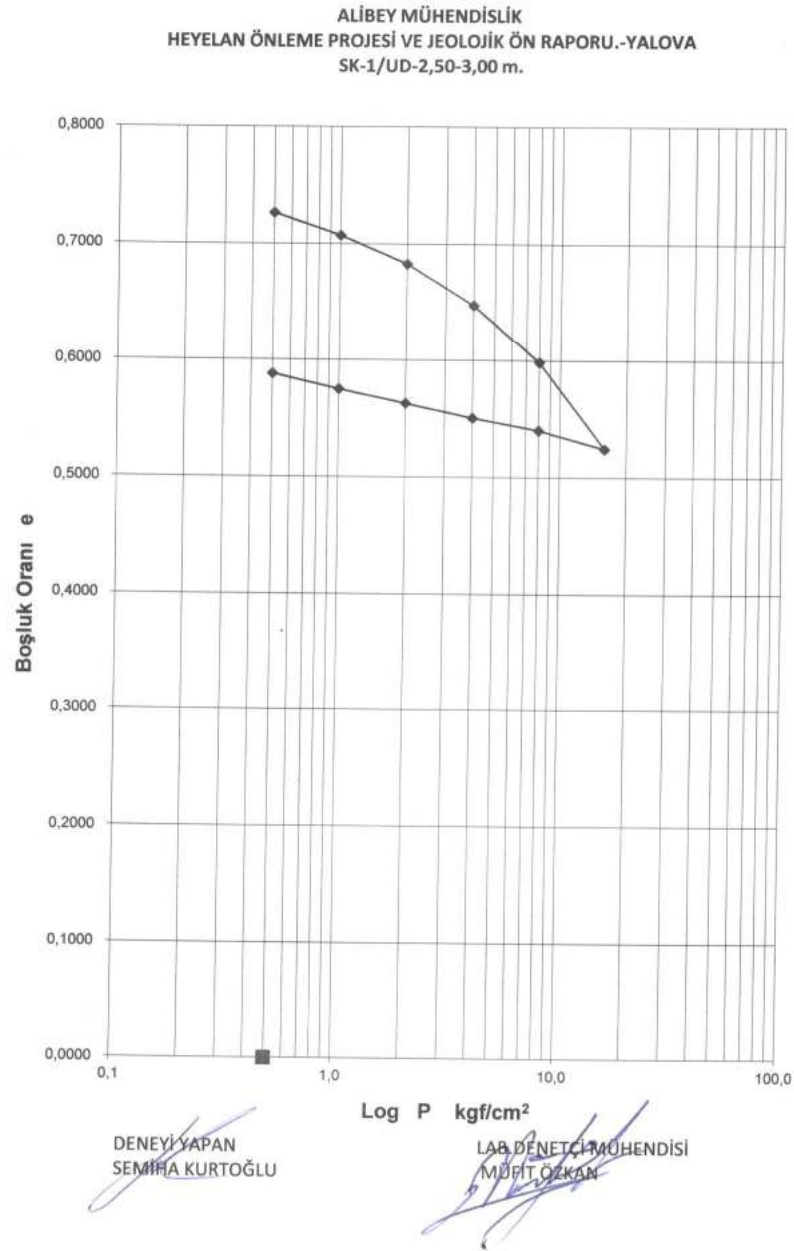
*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.

*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

*Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih 471 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

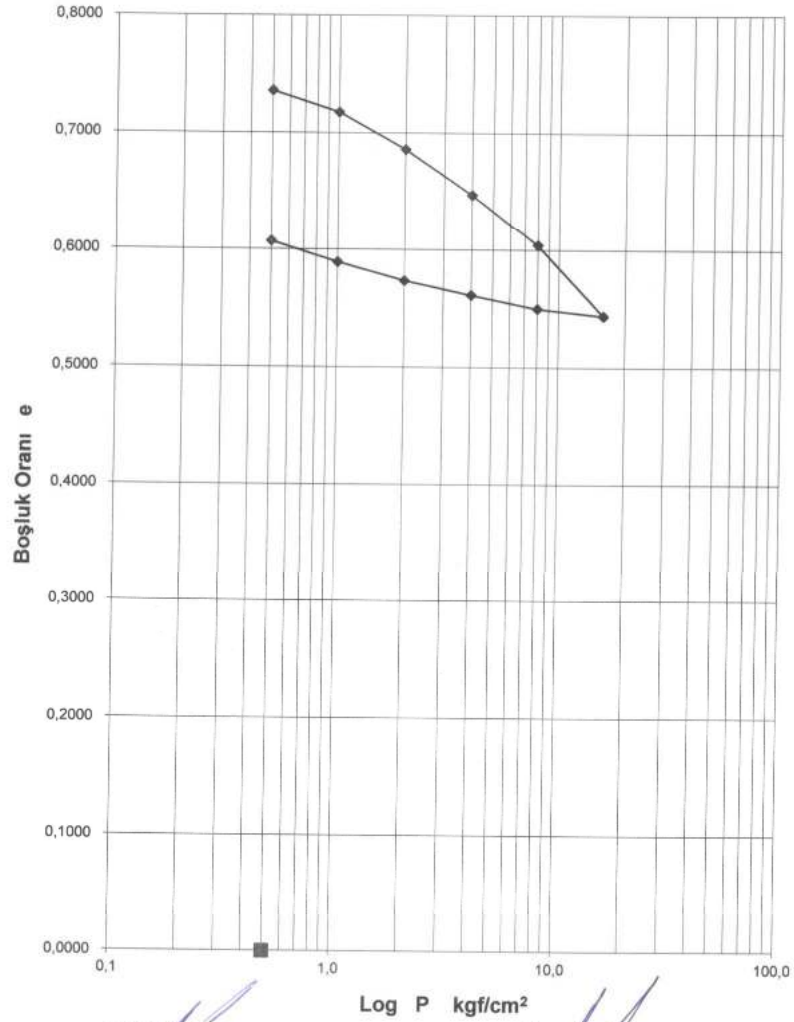
Rev.02-FORM-R-1

EK-13: SK-1 Boşluk Oranı (2,5-3m).



EK-14: SK-2 Boşluk Oranı (4-4,5m).

ALİBEY MÜHENDİSLİK
HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLojİK ÖN RAPORU.-YALOVA
SK-2/UD-4,00-4,50 m.



DENEYİ YAPAN
SEMIHA KURTOĞLU

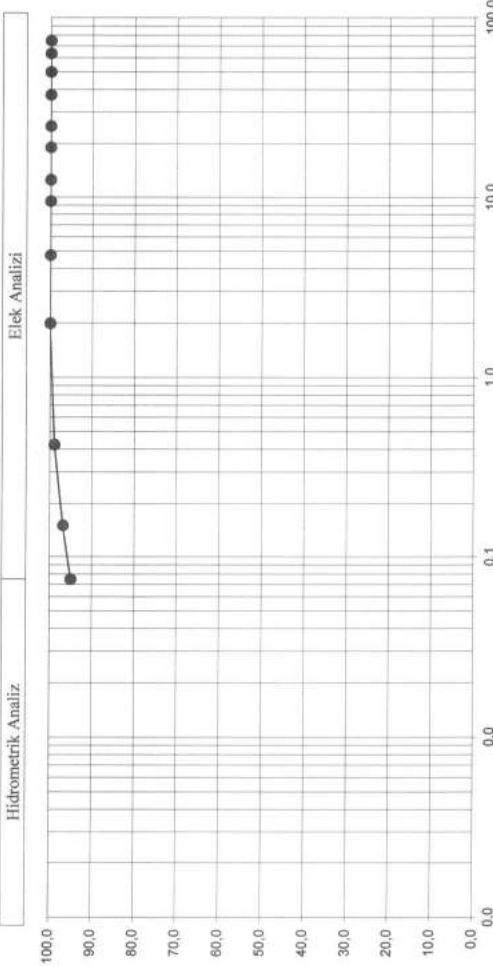
LAB. DENETÇİ MÜHENDİSİ
MÜFİT ÖZKAN

EK-17: SK-1 Elek-Hidrometre Analizi Deneyi Sonuç Raporu (2,5-3m).

	ALİBEY JEOLÖJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova Tel-Fax : 0 226 352 5600	
ELEK - HIDROMETRE ANALİZİ DENEYİ SONUÇ RAPORU		
Firma : ALİBEY MÜHENDİSLİK Proje : HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLÖJİK ÖN RAPORU.-YALOVA Numune No : SK-1 / UD-2,50-3,00 m. Deney Standardı: TS 1900-1/ ASTM-D-422	Deney Baş. Tarihi: 13.12.2017 Deney Bitiş Tarihi: 15.12.2017	

Hidrometrik Analiz	Elek Analizi	
--------------------	--------------	--

Geçen Yüzde



Tane Çapı (mm)

Kil	Silt	Kum	Çakıl	Blok
-----	------	-----	-------	------

DENEYİ YAPAN
 Semih Kartıoğlu
 Jeofizik Mühendisi

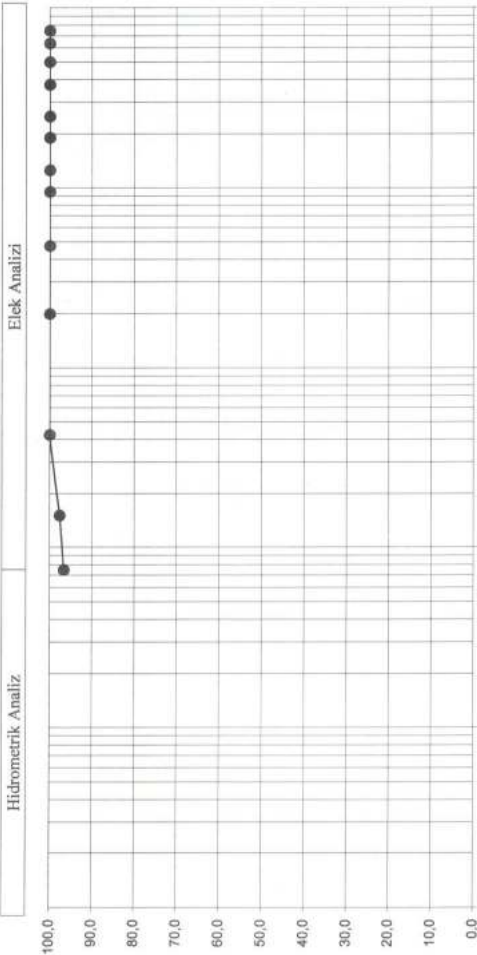
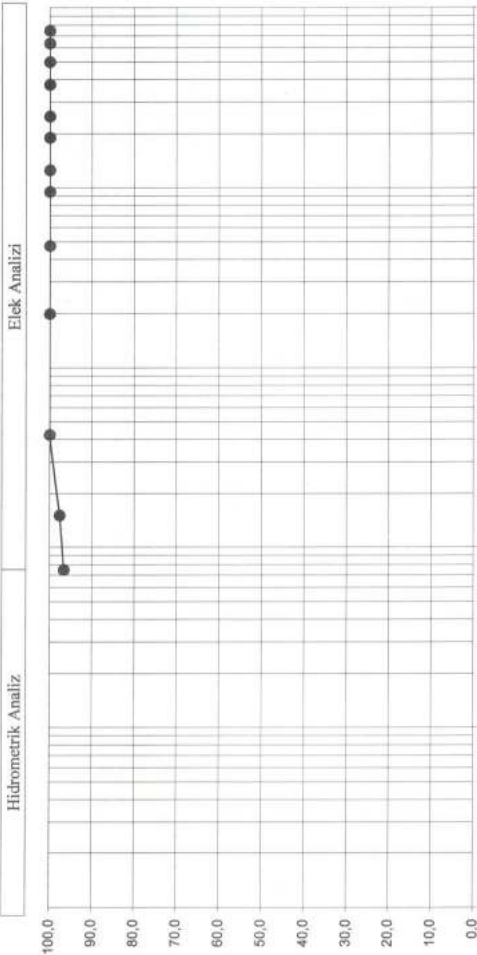
LAB. DEN. MÜHENDİSİ
 Müfrit Özkan
 Jeoje Mühendisi
 Belge No: 29628

*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.
 *Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.
 *Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih ve 471 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

REV NO:01- FORM-R-3

EK-18: SK-1 Elek-Hidrometre Analizi Deneyi Sonuç Raporu (7,3-7,5m).

	ALİBEY JEOLOJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova Tel-Fax : 0 226 352 5600	
ELEK - HIDROMETRE ANALİZİ DENEYİ SONUÇ RAPORU		
Firma : ALİBEY MÜHENDİSLİK Proje : HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLOJİK ÖN RAPORU.-YALOV Numune No : SK-1 / CR-7,30-7,50 m. Deney Standardı: TS 1900-1/ ASTM-D-422	Deney Baş. Tarihi: 13.12.2017 Deney Bitiş Tarihi: 15.12.2017	

Hidrometrik Analiz	Elek Analizi	
		
Kil	Silt	Kum
Cakil	Blok	

DENEY YAPAN
 Semih Kurtoglu
 Jeofizik Mühendisi

LAB. DEN. MÜHENDİSİ
 Müfit Özkan
 Jeolojik Mühendisi
 Beje No: 29628

*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.
 *Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.
 *Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih ve 471 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

REV NO:01- FORM-R-3

EK-19: SK-1 Elek-Hidrometre Analizi Deneyi Sonuç Raporu (10,2-10,5m).

ALİBEY JEOLOJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK
MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ
Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova
Tel-Fax : 0 226 352 5600

ALİBEY MÜHENDİSLİK

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

ELEK - HİDROMETRE ANALİZİ DENEYİ SONUÇ RAPORU

Firma : ALİBEY MÜHENDİSLİK

Proje : HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLOJİK ÖN RAPORU.-YALOVA

Numune No : SK-1 / CR-10,20-10,50 m.

Deney Standardı: TS 1900-1/ ASTM-D-422

Deney Baş. Tarihi: 13.12.2017

Deney Bitiş Tarihi: 15.12.2017

Hidrometrik Analiz

Elek Analizi

Kil

Silt

Kum

Çakıl

Blok

Deneyi Yapan

LAB. DEN. MÜHENDİSİ

Müfrit Özkan

Jeoğ. Mühendisi

Belge No: 29628

Deneyi Yapan

Semih Kurtuluş

Jeo. Fizik Mühendisi

***Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.**

***Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.**

***Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih ve 471 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.**

REV NO:01- FORM-R-3

EK-20: SK-2 Elek-Hidrometre Analizi Deneyi Sonuç Raporu (4-4,5m).

ALİBEY JEOLOJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK
MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ
Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova
Tel-Fax : 0 226 352 5600

ALİBEY
Mühendislik

T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK
BAKANLIĞI

Deney Baş. Tarihi: 13.12.2017
Deney Bitiş Tarihi: 15.12.2017

ELEK - HIDROMETRE ANALİZİ DENEYİ SONUÇ RAPORU

Firma : ALİBEY MÜHENDİSLİK
Proje : HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLOJİK ÖN RAPORU.-YALOVA
Numune No : SK-2 / UD-4,00-4,50 m.
Deney Standardı: TS 1900-1/ ASTM-D-422

Deney Baş. Tarihi: 13.12.2017
Deney Bitiş Tarihi: 15.12.2017

Hidrometrik Analiz

Elek Analizi

Geçen Yüzde

Tane Çapı (mm)

100,0
90,0
80,0
70,0
60,0
50,0
40,0
30,0
20,0
10,0
0,0

100,0
10,0
1,0
0,1
0,0

Kil Silt Kum Cakıl Blok

Kil Silt Kum Cakıl Blok

DENEYİ YAPAN
Semih Karıoğlu
Jeofizik Mühendisi

LAB. DEN. MÜHENDİSİ
Müfit Özkan
Jeofizik Mühendisi
Belge No: 29628

*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.
*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.
*Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih ve 471 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

REV NO:01- FORM-R-3

EK-22: SK-2 Elek-Hidrometre Analizi Deneyi Sonuç Raporu (11,8-12m).

ALİBEY JEOLOJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK
MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ
 Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova
 Tel-Fax : 0 226 352 5600

T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK
BAKANLIĞI

Firma : ALİBEY MÜHENDİSLİK
Proje : HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLOJİK ÖN RAPORU.-YALOVA
Numune No : SK-2 / CR-11,80-12,00 m.
Deney Standardı: TS 1900-1/ ASTM-D-422

Deney Baş. Tarihi: 13.12.2017
Deney Bitiş Tarihi: 15.12.2017

ELEK - HİDROMETRE ANALİZİ DENEYİ SONUÇ RAPORU

Hidrometrik Analiz

Elektrometrik Analiz

Kil	Silt	Kum	Çakıl	Blok

DENEYİ YAPAN
Semih Kartıoğlu
 Jeolojik Mühendisi

LAB. DEN. MÜHENDİSİ
Müfit Özkan
 Jeolojik Mühendisi
 Belge No: 28628

*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.
 *Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.
 *Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih ve 471 No' lu Laboratuvar İzin Belgesine sahiptir.

REV NO:01- FORM-R-3

EK-23: SK-1 Üç Eksenli Basınç Deneyi Sonuç Raporu (2,5-3m).

ALİBEY JEOLJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK

MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova

Tel-Fax : 0 226 352 5600

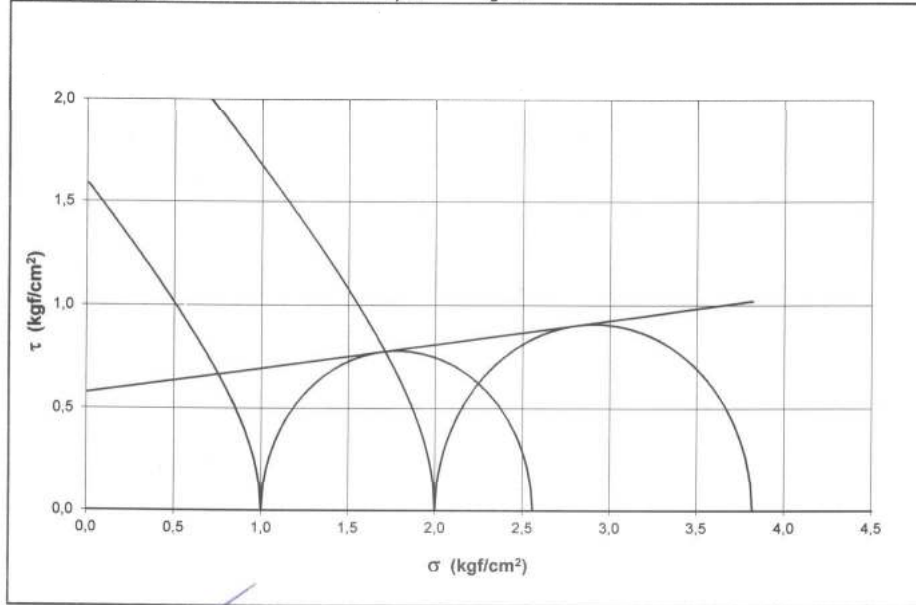
**ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ SONUÇ RAPORU(UU)**

İşin Sahibi Firma :
Ait olduğu proje :
Numune yeri :
Numune No :
Deney Standardı :

ALİBEY MÜHENDİSLİK
HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLJİK ÖN RAPORU
ÇİFTLİKKÖY / YALOVA
SK-1 / UD-2,50-3,00 m.
TS 1900-2

Tarih: 13.12.2017

Boy (cm)	:		Deney 1	Deney 2
Çapı (cm)	:		7,6	7,6
Yaş ağırlığı (gr)	:		3,8	3,8
			166,9	170,3
σ_3 (hücre basıncı), kgf/cm ²			1,0	2,0
Boy kısalması (x100) (mm)			174,3	239,5
Yük halkası okuması (x100) (mm)			91,3	107,6
Ring kalibrasyon katsayısı			0,198	
Δp (deviyatör gerilme), kgf/cm ²			1,56	1,82
σ_1 (aksial gerilme= $\Delta p + \sigma_3$), kgf/cm ²			2,56	3,82
Birim Hacim Ağırlık $\rho_n =$		1,919	gr/cm ³	
İçsel sürtünme açısı $\phi =$		6,65	derece	
Kohezyon (c) $c =$		0,58	kgf/cm ²	



DENEYİ YAPAN
Semra KURTOĞLU
Jeofizik Mühendisi

LAB.DENETÇİ MÜH.
Müfit ÖZKAN
Jeofizik Mühendisi
Belge No:29628

*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.

*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

*Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih ve 471 Nolu Laboratuvar izin belgesine sahiptir.

FORM-R-14

EK-24: SK-1 Üç Eksenli Basınç Deneyi Sonuç Raporu (7,3-7,5m).

ALİBEY JEOLJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK

MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova

Tel-Fax : 0 226 352 5600

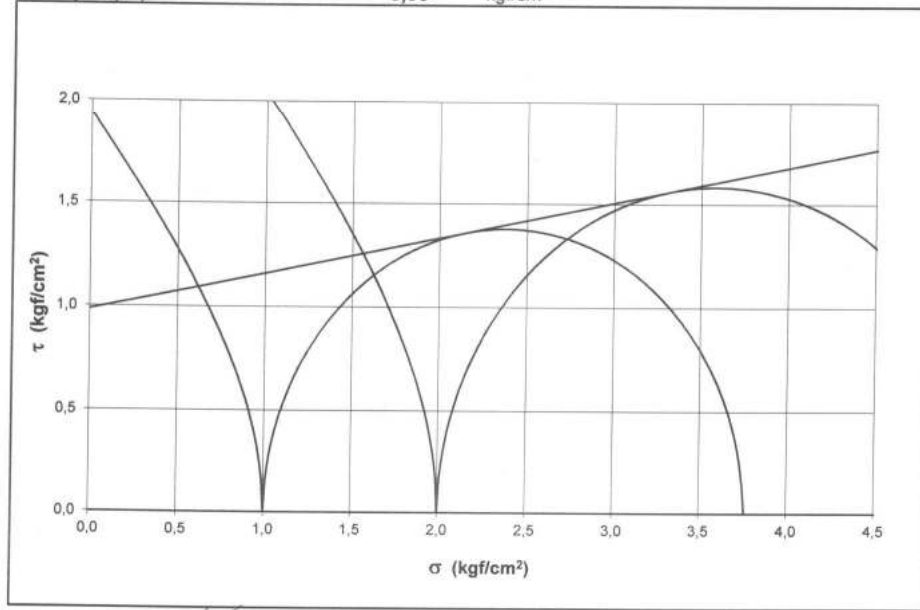
**ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ SONUÇ RAPORU(UU)**

İşin Sahibi Firma :
Ait olduğu proje :
Numune yeri :
Numune No :
Deney Standardı :

ALİBEY MÜHENDİSLİK
HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLJİK ÖN RAPORU
ÇİFTLİKKÖY / YALOVA
SK-1 / CR-7,30-7,50 m.
TS 1900-2

Tarih: 13.12.2017

Boy (cm)	:		Deney 1	Deney 2
Çapı (cm)	:		7,6	7,6
Yaş ağırlığı (gr)	:		3,8	3,8
			167,5	171,5
σ_3 (hücre basıncı), kgf/cm ²			1,0	2,0
Boy kısalması (x100) (mm)			208,6	259,6
Yük halkası okuması (x100) (mm)			162,3	187,9
Ring kalibrasyon katsayısı			0,198	
Δp (deviyatör gerilme), kgf/cm ²			2,76	3,17
σ_1 (aksiyal gerilme= $\Delta p + \sigma_3$), kgf/cm ²			3,76	5,17
Birim Hacim Ağırlık $\rho_n =$		1,929	gr/cm ³	
İçsel sürtünme açısı $\phi =$		9,85	derece	
Kohezyon (c) $c =$		0,99	kgf/cm ²	



DENEYİ YAPAN
Semih KURTOĞLU
Jeofizik Mühendisi

LAB.DENETÇİ MÜH.
Müfit ÖZKAN
Jeofizik Mühendisi
Belge No:29628

*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.

*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

*Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih ve 471 Nolu Laboratuvar izin belgesine sahiptir.

FORM-R-14

EK-25: SK-1 Üç Eksenli Basınç Deneyi Sonuç Raporu (10,2-10,5m).

ALİBEY JEOLJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK

MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova

Tel-Fax : 0 226 352 5600

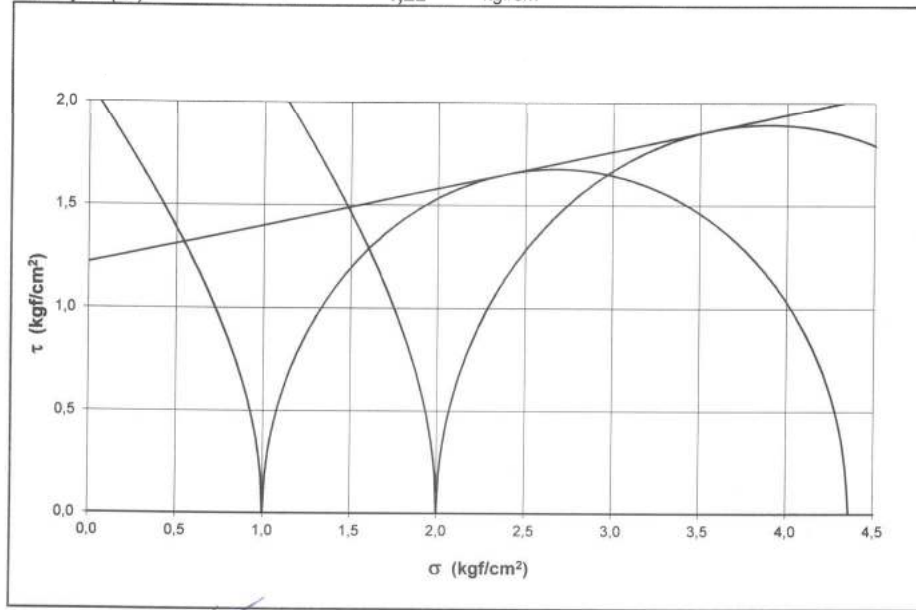
**ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ SONUÇ RAPORU(UU)**

İşin Sahibi Firma :
Ait olduğu proje :
Numune yeri :
Numune No :
Deney Standardı :

ALİBEY MÜHENDİSLİK
HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLJİK ÖN RAPORU
ÇİFTLİKKÖY / YALOVA
SK-1 / CR-10,20-10,50 m.
TS 1900-2

Tarih: 13.12.2017

Boy (cm)	:	Deney 1	Deney 2
Çapı (cm)	:	7,6	7,6
Yaş ağırlığı (gr)	:	3,8	3,8
	:	168,2	171,4
σ_3 (hücre basıncı), kgf/cm ²	:	1,0	2,0
Boy kısalması (x100) (mm)	:	197,5	247,1
Yük halkası okuması (x100) (mm)	:	197,3	224,3
Ring kalibrasyon katsayısı	:	0,198	
Δp (deviyatör gerilme), kgf/cm ²	:	3,36	3,79
σ_1 (aksiyal gerilme= $\Delta p + \sigma_3$), kgf/cm ²	:	4,36	5,79
Birim Hacim Ağırlık ρ_n =	1,933	gr/cm ³	
İçsel sürtünme açısı ϕ =	10,26	derece	
Kohezyon (c)	1,22	kgf/cm ²	



DENEYİ YAPAN
Semih KURTOĞLU
Jeofizik Mühendisi

LAB.DENETÇİ MÜH.
Müfit ÖZKAN
Jeofizik Mühendisi
Belge No: 29628

*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.

*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

*Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih ve 471 Nolu Laboratuvar izin belgesine sahiptir.

FORM-R-14

EK-26: SK-2 Üç Eksenli Basınç Deneyi Sonuç Raporu (4-4,5m).



ALİBEY JEOLJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK

MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ
Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova
Tel-Fax : 0 226 352 5600



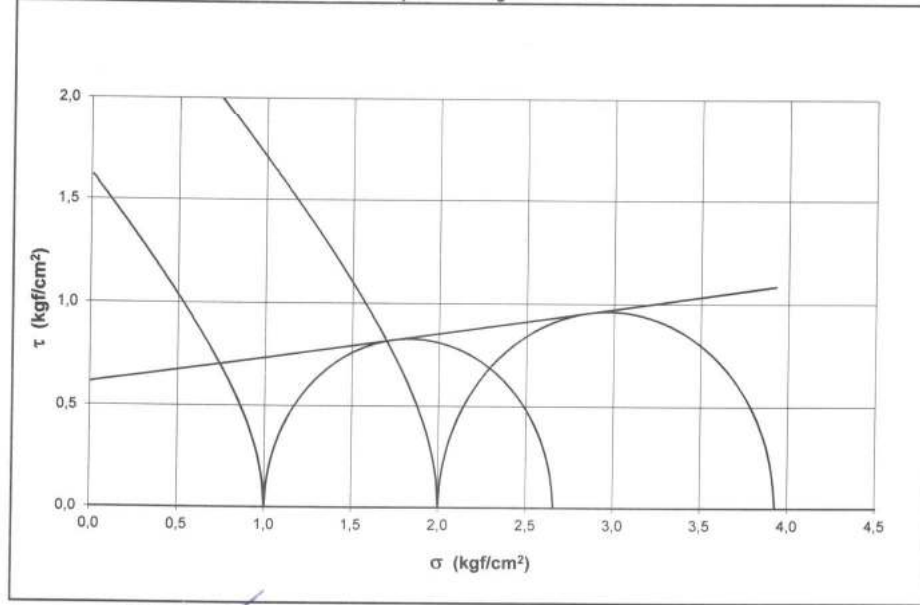
ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ SONUÇ RAPORU(UU)

İşin Sahibi Firma :
Ait olduğu proje :
Numune yeri :
Numune No :
Deney Standardı :

ALİBEY MÜHENDİSLİK
HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLJİK ÖN RAPORU
ÇİFTLİKKÖY / YALOVA
SK-2 / UD-4,00-4,50 m.
TS 1900-2

Tarih: 13.12.2017

Boy (cm)	:		Deney 1	Deney 2
Çapı (cm)	:		7,6	7,6
Yaş ağırlığı (gr)	:		3,8	3,8
	:		167,4	170,5
σ_3 (hücre basıncı), kgf/cm ²	:		1,0	2,0
Boy kısalması (x100) (mm)	:		204,6	248,3
Yük halkası okuması (x100) (mm)	:		97,5	114,1
Ring kalibrasyon katsayısı	:		0,198	
Δp (deviyatör gerilme), kgf/cm ²	:		1,66	1,93
σ_1 (aksiyal gerilme= $\Delta p + \sigma_3$), kgf/cm ²	:		2,66	3,93
Birim Hacim Ağırlık $\rho_n =$		1,923	gr/cm ³	
İçsel sürtünme açısı $\phi =$		6,84	derece	
Kohezyon (c) $c =$		0,61	kgf/cm ²	



DENEYİ YAPAN
Semih KURTOĞLU
Jeofizik Mühendisi

LAB.DENETÇİ MÜH.
Müfit ÖZKAN
Jeoloji Mühendisi
Belge No:29628

*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.

*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

*Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih ve 471 Nolu Laboratuvar izin belgesine sahiptir.

FORM-R-14

EK-27: SK-2 Üç Eksenli Basınç Deneyi Sonuç Raporu (7,3-7,5m).

ALİBEY JEOLJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK

MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova

Tel-Fax : 0 226 352 5600

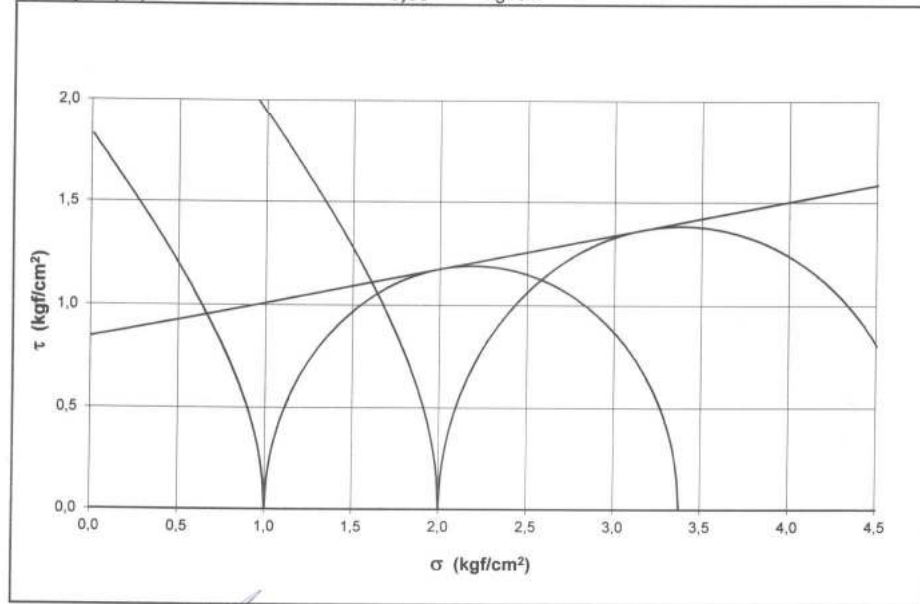
**ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ SONUÇ RAPORU(UU)**

İşin Sahibi Firma :
 Ait olduğu proje :
 Numune yeri :
 Numune No :
 Deney Standardı :

ALİBEY MÜHENDİSLİK
HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLJİK ÖN RAPORU
ÇİFTLİKKÖY / YALOVA
SK-2 / CR-7,30-7,50 m.
 TS 1900-2

Tarih: 13.12.2017

Boy (cm)	:		Deney 1	Deney 2
Çapı (cm)	:		7,6	7,6
Yaş ağırlığı (gr)	:		3,8	3,8
			167,8	170,4
σ_3 (hücre basıncı), kgf/cm ²			1,0	2,0
Boy kısalması (x100) (mm)			179,6	238,6
Yük halkası okuması (x100) (mm)			139,6	163,6
Ring kalibrasyon katsayısı			0,198	
Δp (deviyatör gerilme), kgf/cm ²			2,38	2,77
σ_1 (aksiyal gerilme= $\Delta p + \sigma_3$), kgf/cm ²			3,38	4,77
Birim Hacim Ağırlık $\rho_n =$		1,925	gr/cm ³	
İçsel sürtünme açısı $\phi =$		9,33	derece	
Kohezyon (c) c =		0,85	kgf/cm ²	



DENEYİ YAPAN
Semih KURTOĞLU
 Jeofizik Mühendisi

LAB.DENETÇİ MÜH.
Müfit ÖZKAN
 Jeoloji Mühendisi
 Belge No:29628

*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.

*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

*Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih ve 471 Nolu Laboratuvar izin belgesine sahiptir.

FORM-R-14

EK-28: SK-2 Üç Eksenli Basınç Deneyi Sonuç Raporu (11,8-12m).

ALİBEY JEOLJİ SONDAJ LABORATUVAR HİZMETLERİ MÜHENDİSLİK

MÜŞAVİRLİK İNŞAAT SANAYİ VE TİCARET LİMİTED ŞİRKETİ

Sahil Mah. Arzum Sok. No:16/2 Çiftlikköy/Yalova

Tel-Fax : 0 226 352 5600

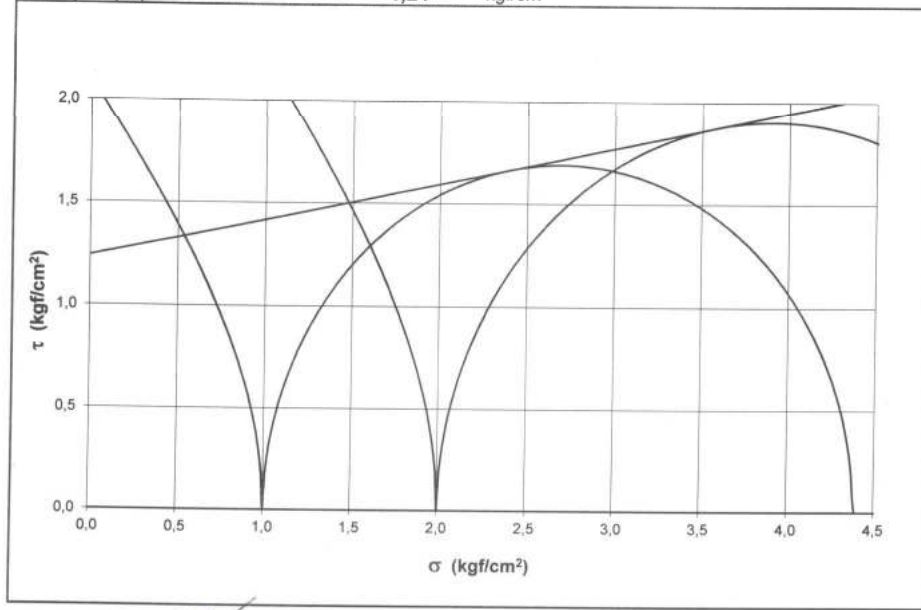
**ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ SONUÇ RAPORU(UU)**

İşin Sahibi Firma :
Ait olduğu proje :
Numune yeri :
Numune No :
Deney Standardı :

ALİBEY MÜHENDİSLİK
HEYELAN ÖNLEME PROJESİ VE JEOLJİK ÖN RAPORU
ÇİFTLİKKÖY / YALOVA
SK-2 / CR-11,80-12,00 m.
TS 1900-2

Tarih: 13.12.2017

Boy (cm)	:		Deney 1	Deney 2
Çapı (cm)	:		7,6	7,6
Yaş ağırlığı (gr)	:		3,8	3,8
	:		168,7	171,6
σ_3 (hücre basıncı), kgf/cm ²	:		1,0	2,0
Boy kısalması (x100) (mm)	:		213,6	259,3
Yük halkası okuması (x100) (mm)	:		199,3	225,6
Ring kalibrasyon katsayısı	:		0,198	
Δp (deviyatör gerilme), kgf/cm ²	:		3,38	3,80
σ_1 (aksiyal gerilme= $\Delta p + \sigma_3$), kgf/cm ²	:		4,38	5,80
Birim Hacim Ağırlık ρ_n	=	1,937	gr/cm ³	
İçsel sürtünme açısı ϕ	=	10,05	derece	
Kohezyon (c)	=	1,24	kgf/cm ²	



DENEYİ YAPAN
Semih KURTOĞLU
Jeofizik Mühendisi

LAB.DENETÇİ MÜH.
Müfit ÖZKAN
Jeoloji Mühendisi
Belge No:29628

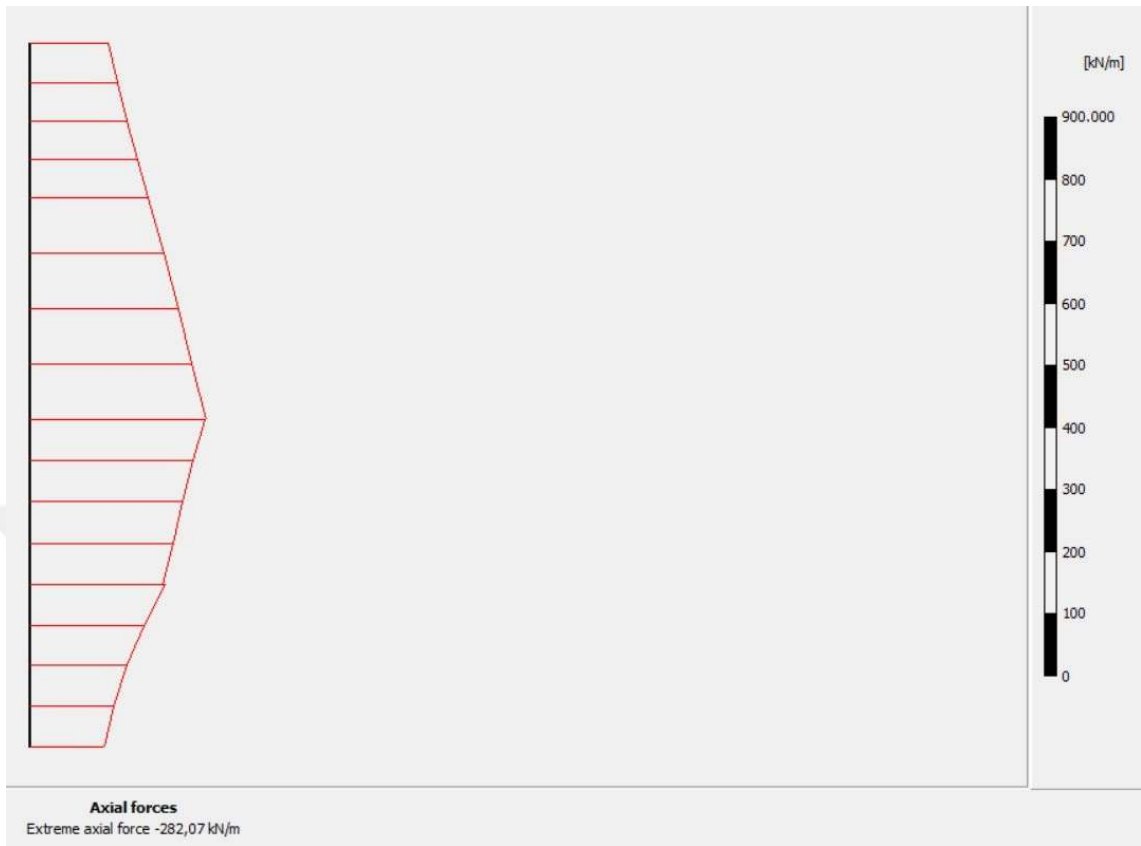
*Söz konusu deney sonuçları, sadece test edilen deney numunelerine aittir.

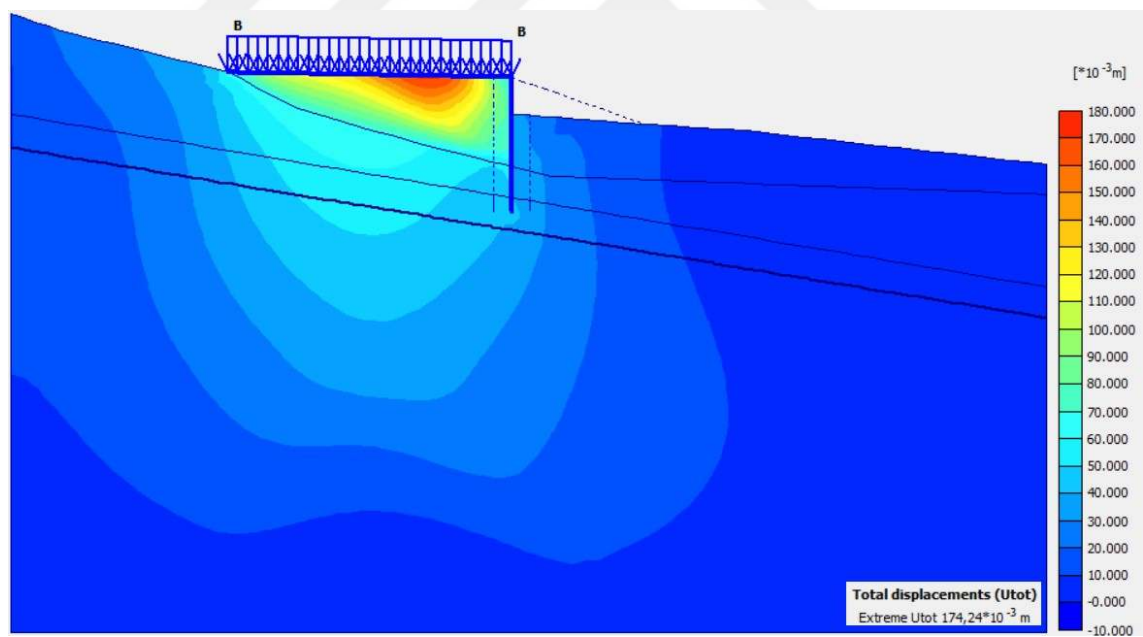
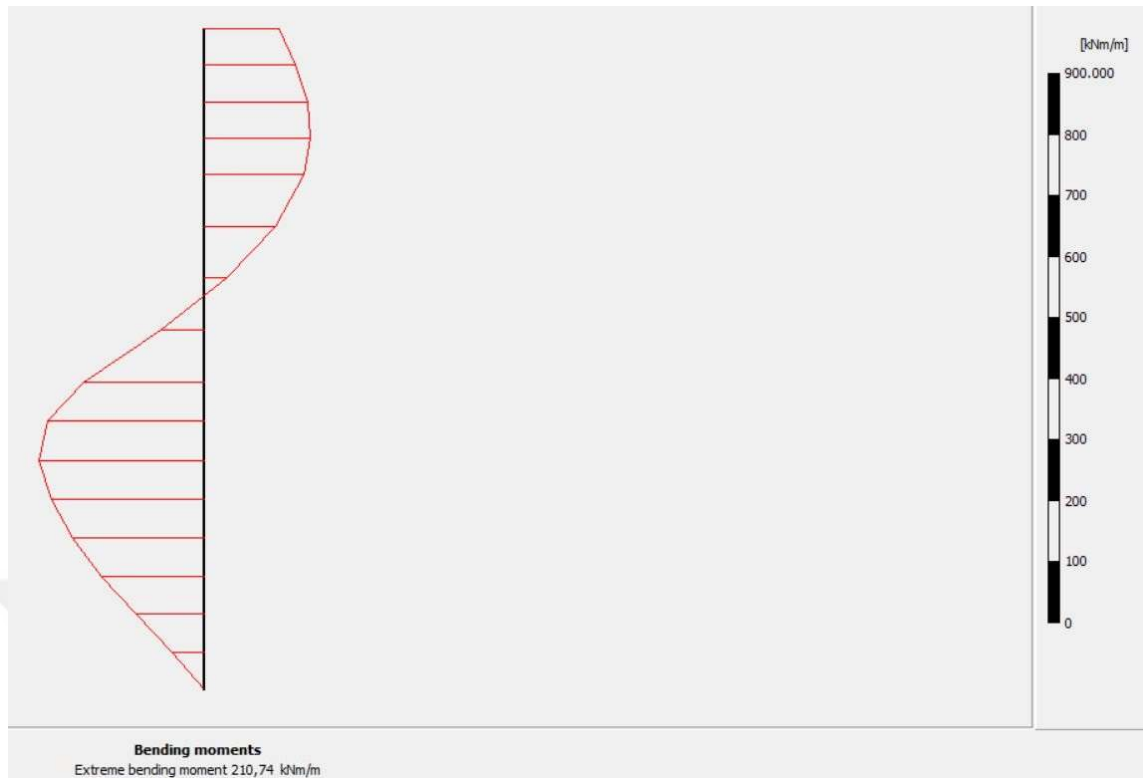
*Deney sonuçları laboratuvarımızın izni olmadan kısmen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

*Laboratuvarımız 4708 Sayılı Kanun Gereği Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen 04.04.2014 tarih ve 471 Nolu Laboratuvar izin belgesine sahiptir.

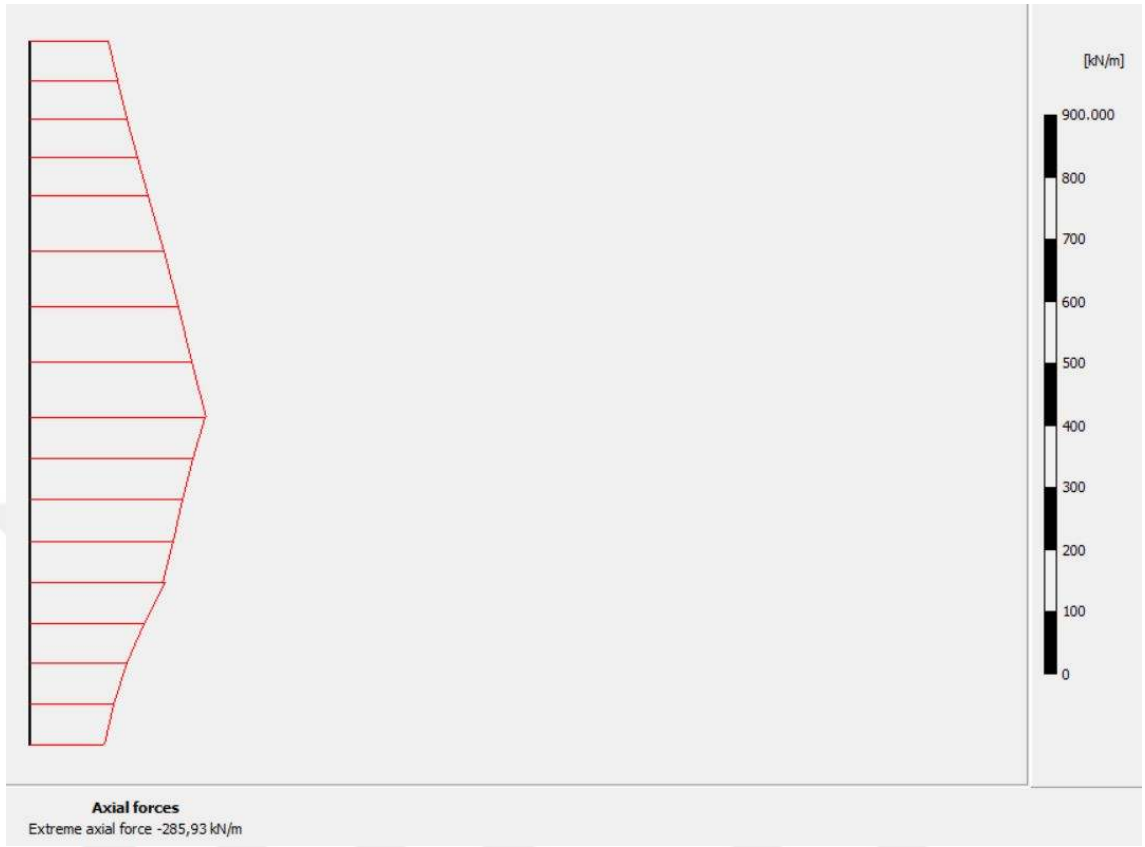
FORM-R-14

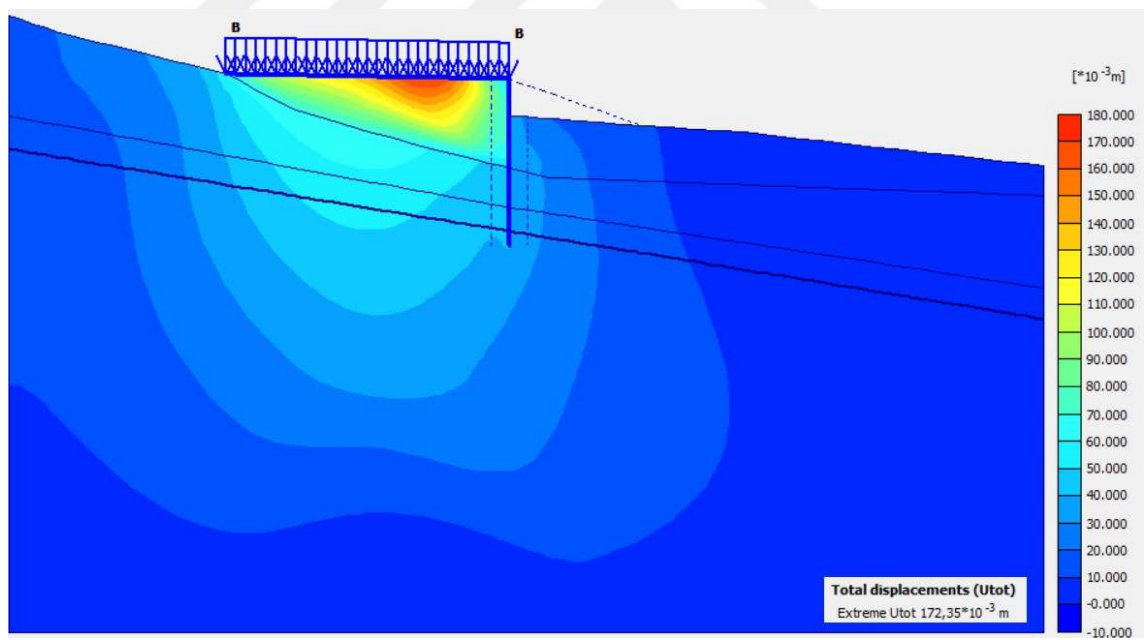
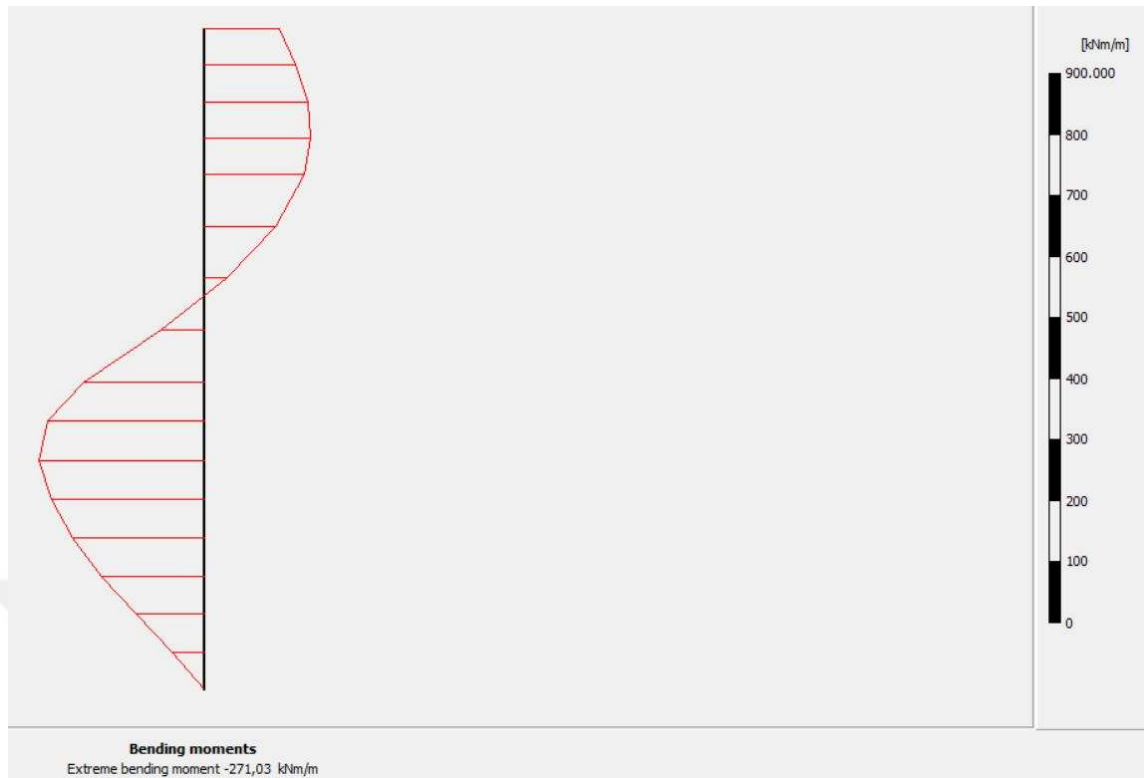
EK-29: Plaxis 60cm çaplı 8m uzunluğunda ki fore kazığa ait sonuçlar.



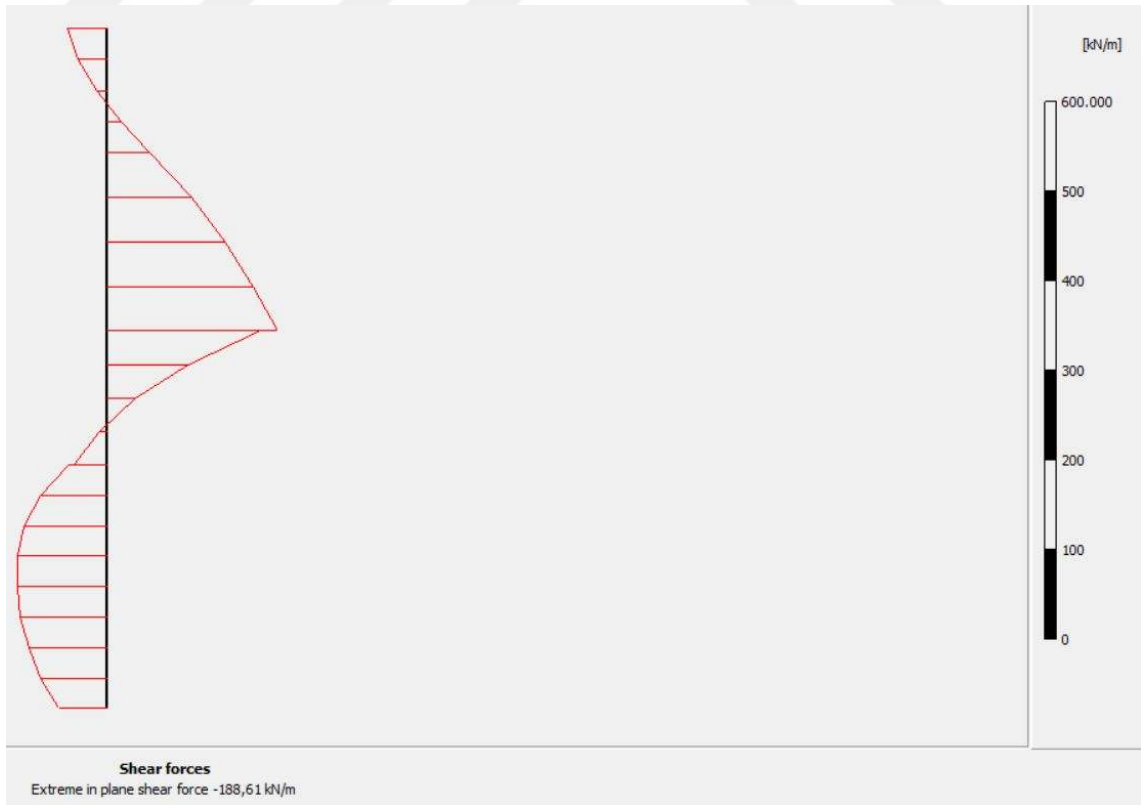
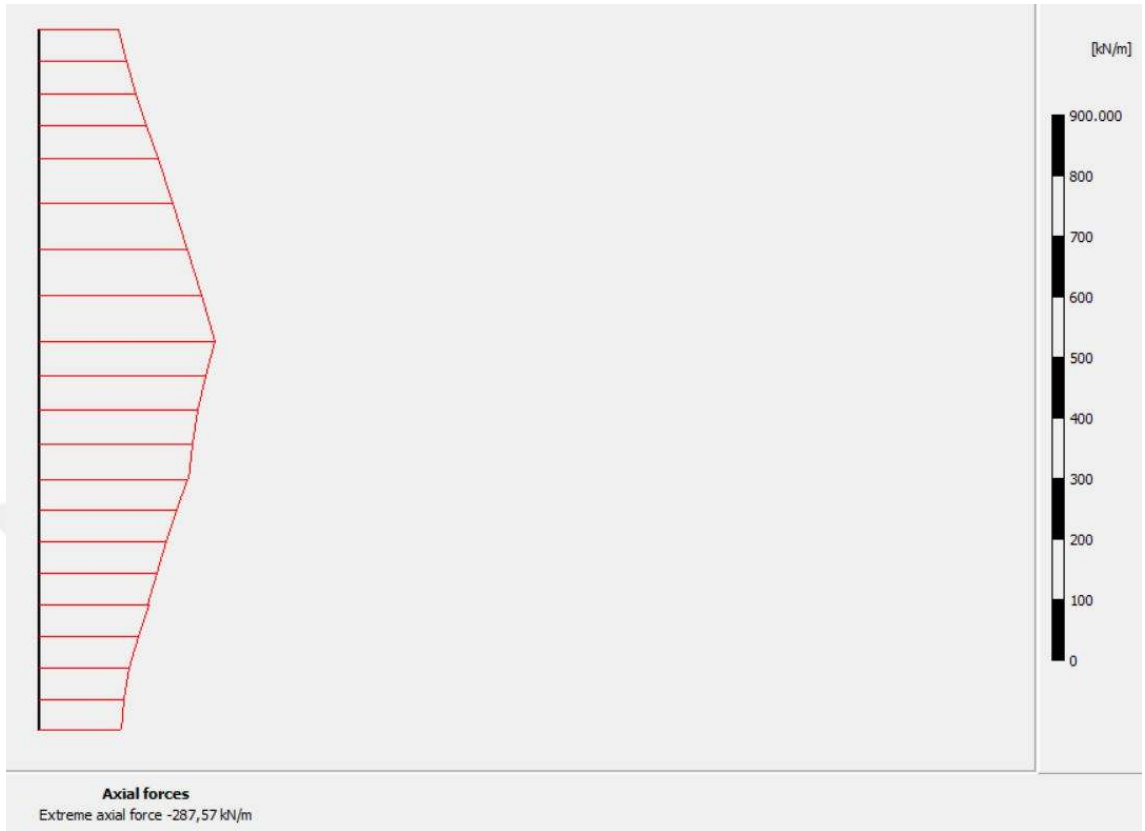


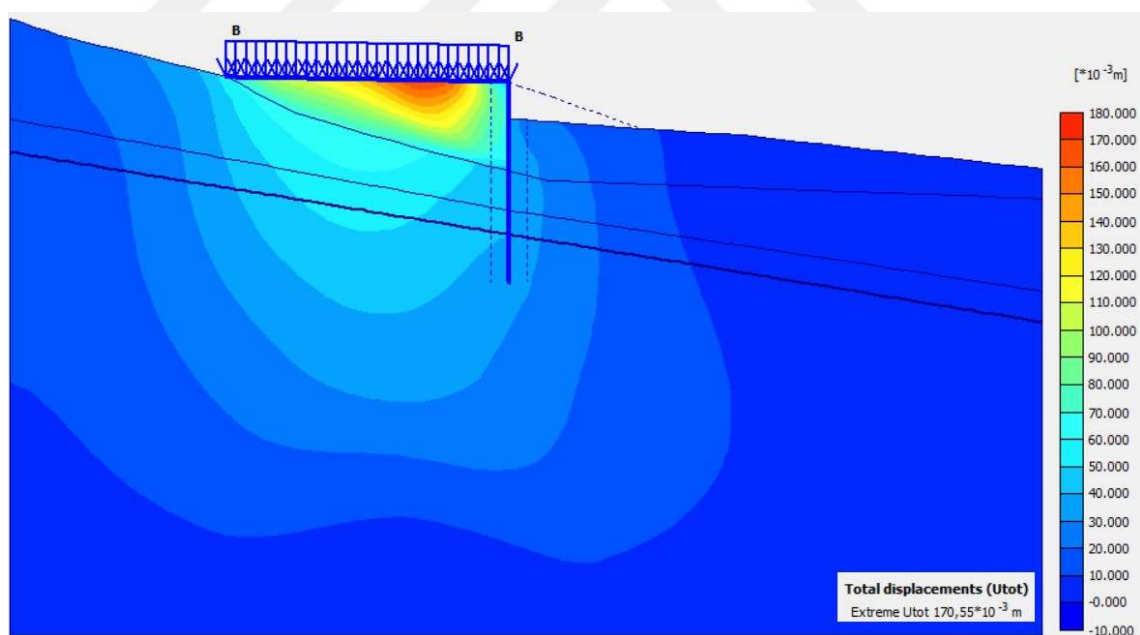
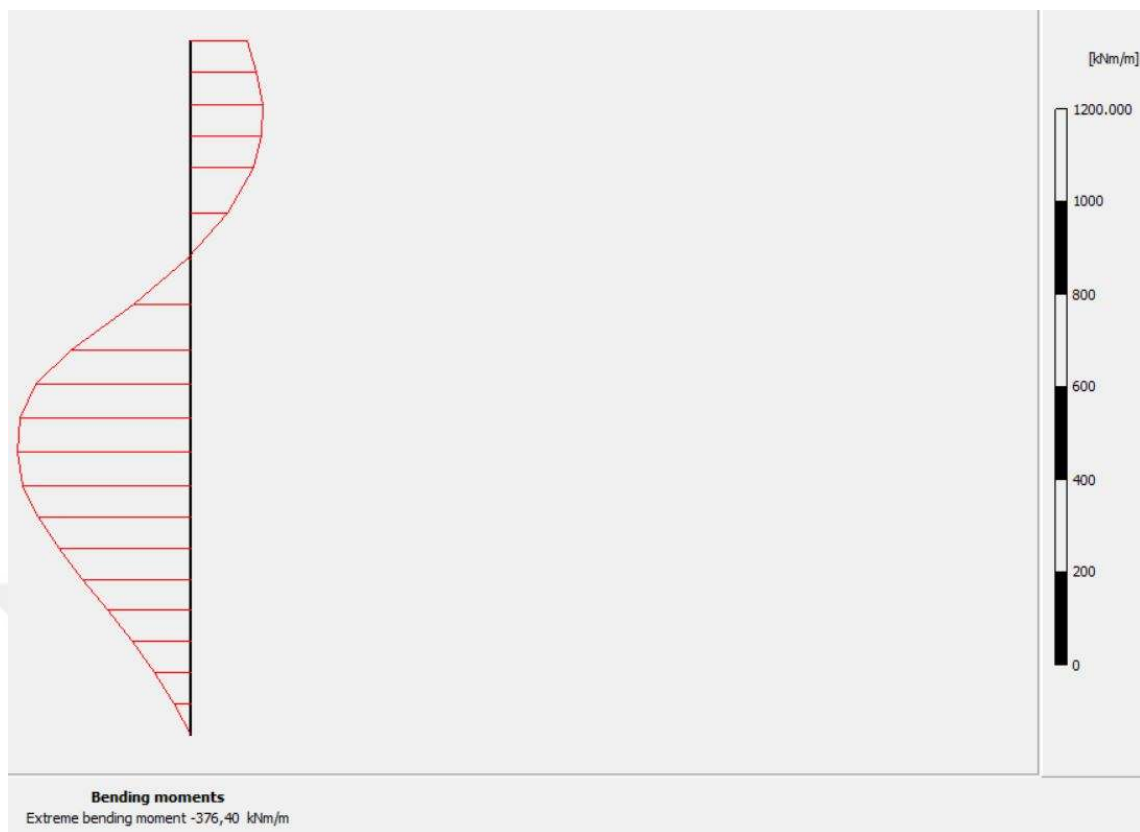
EK-30: Plaxis 60cm çaplı 10m uzunluğunda ki fore kazığa ait sonuçlar.



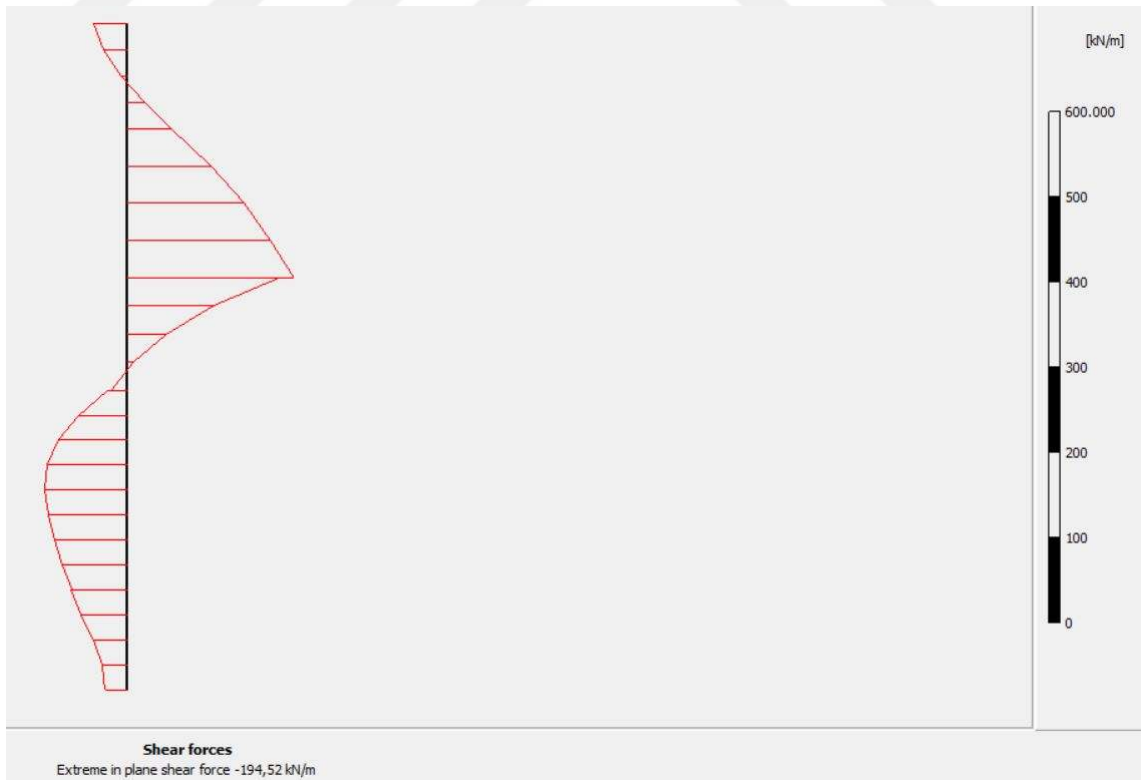


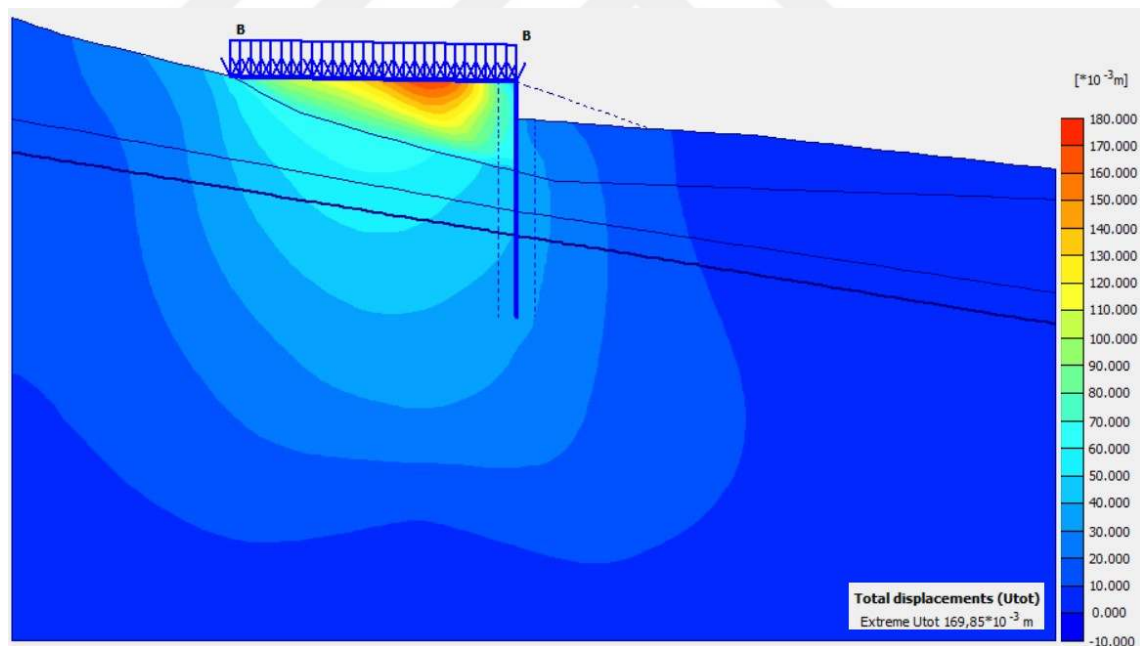
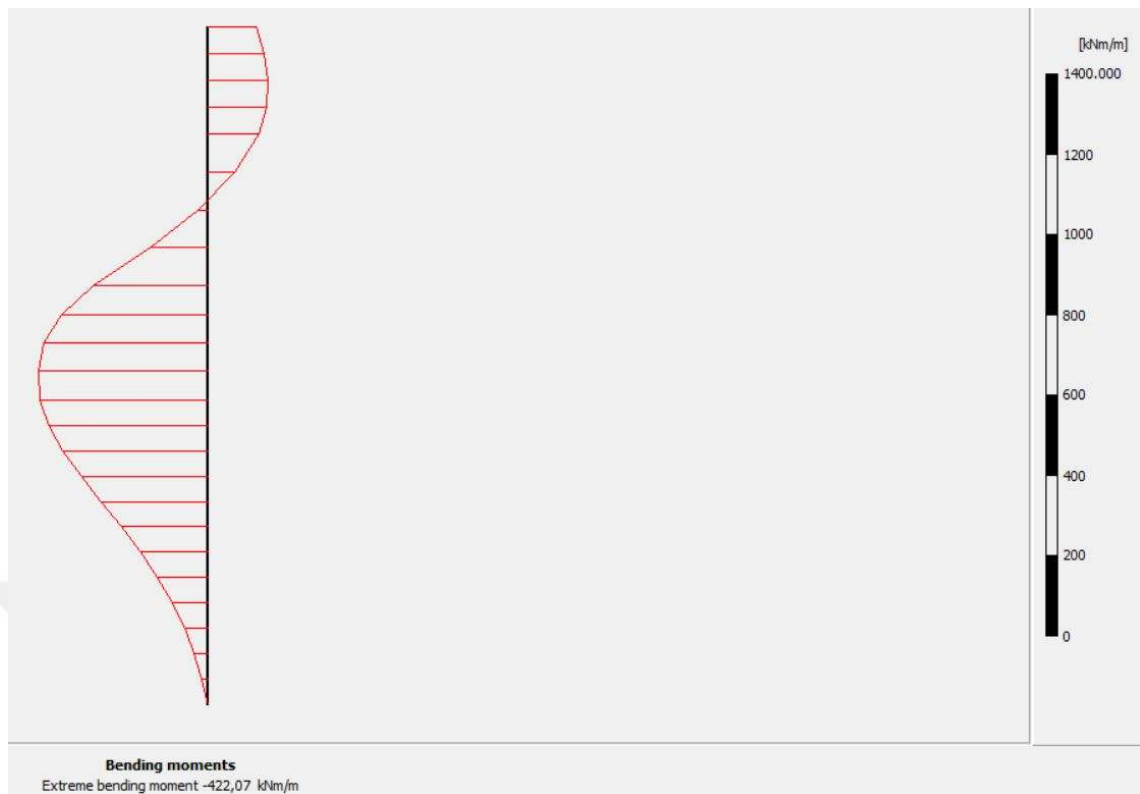
EK-31: Plaxis 60cm çaplı 12m uzunluğunda ki fore kazığa ait sonuçlar.



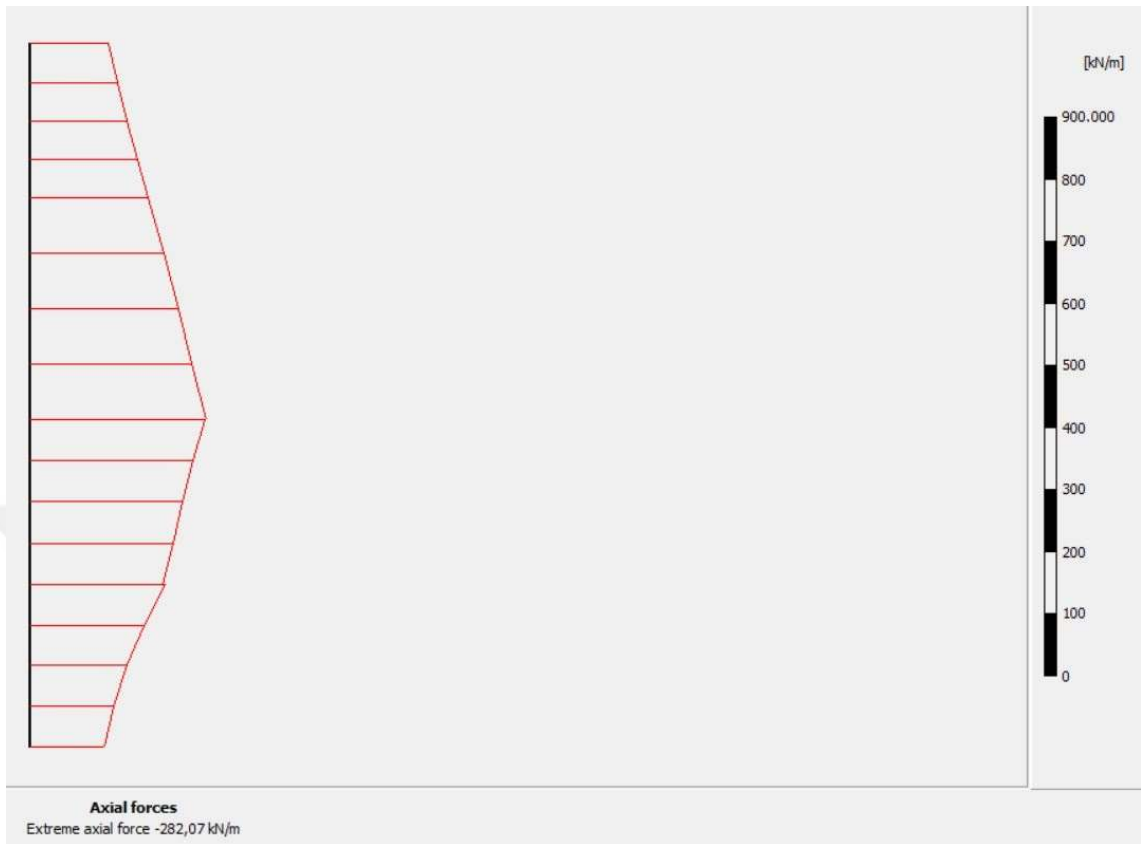


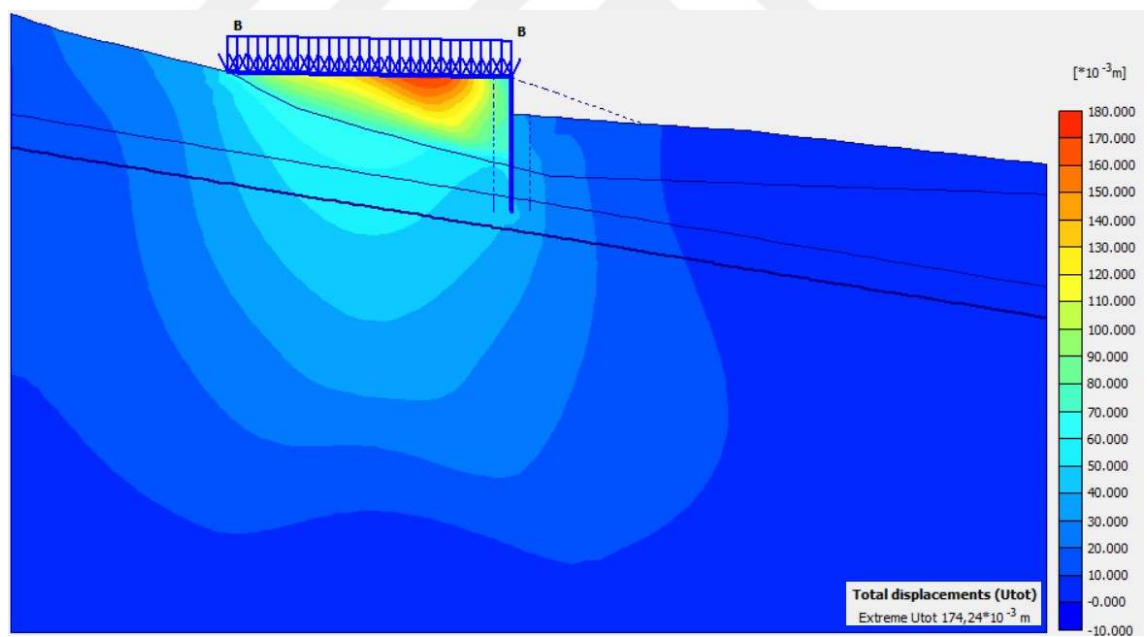
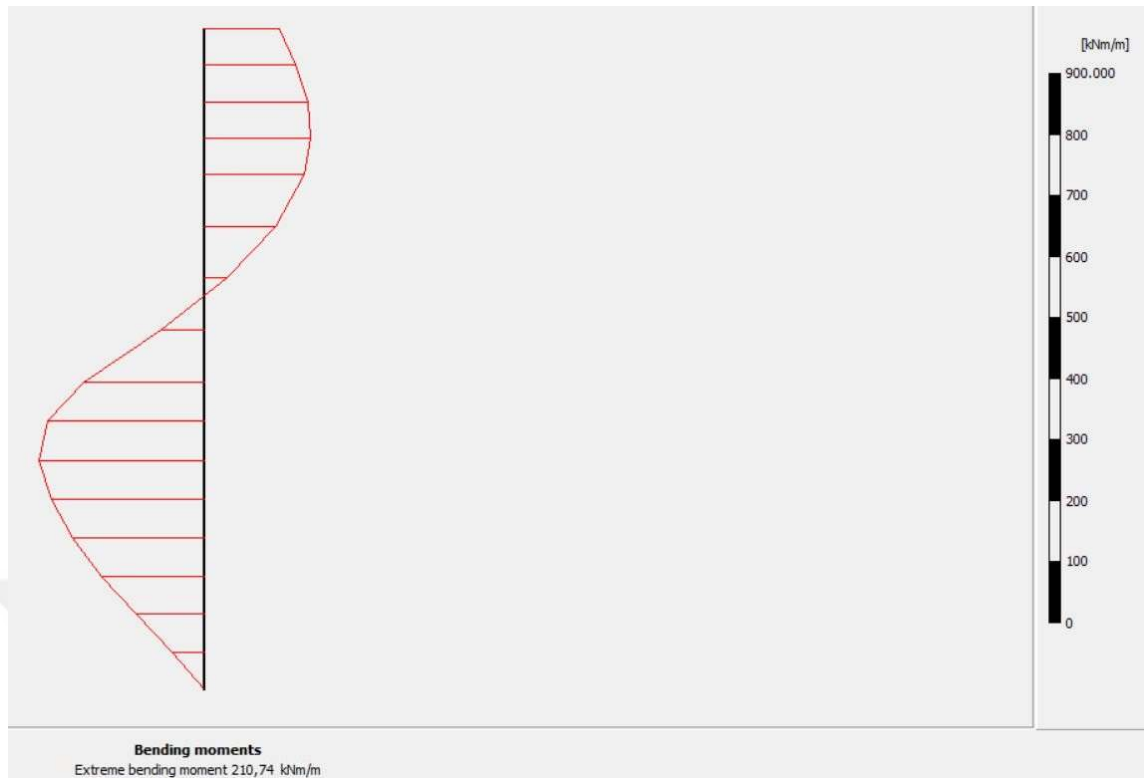
EK-32: Plaxis 60cm çaplı 14m uzunluğunda ki fore kazığa ait sonuçlar.



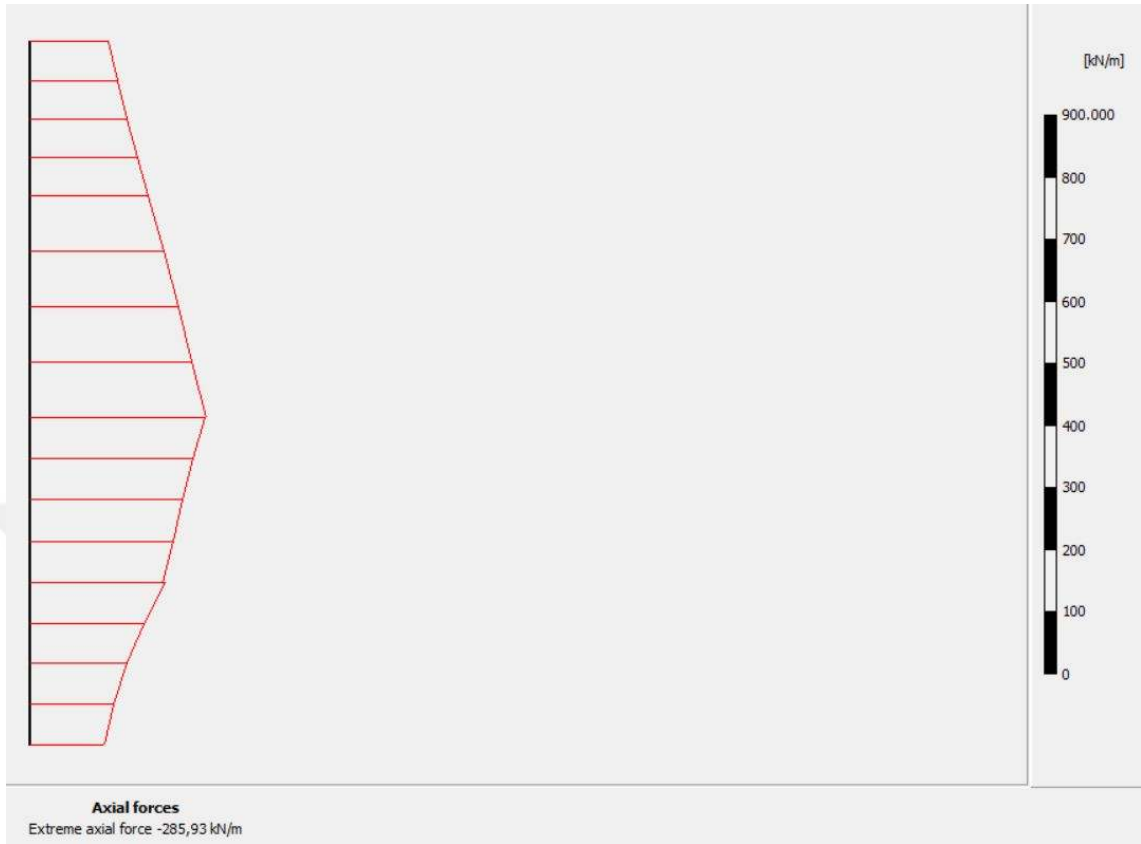


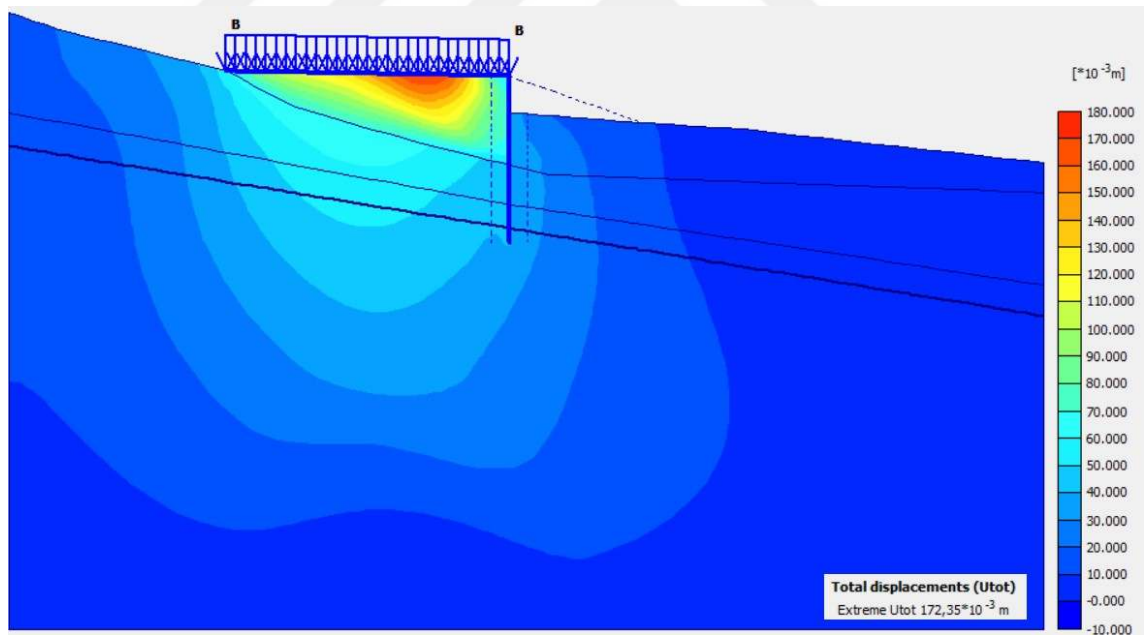
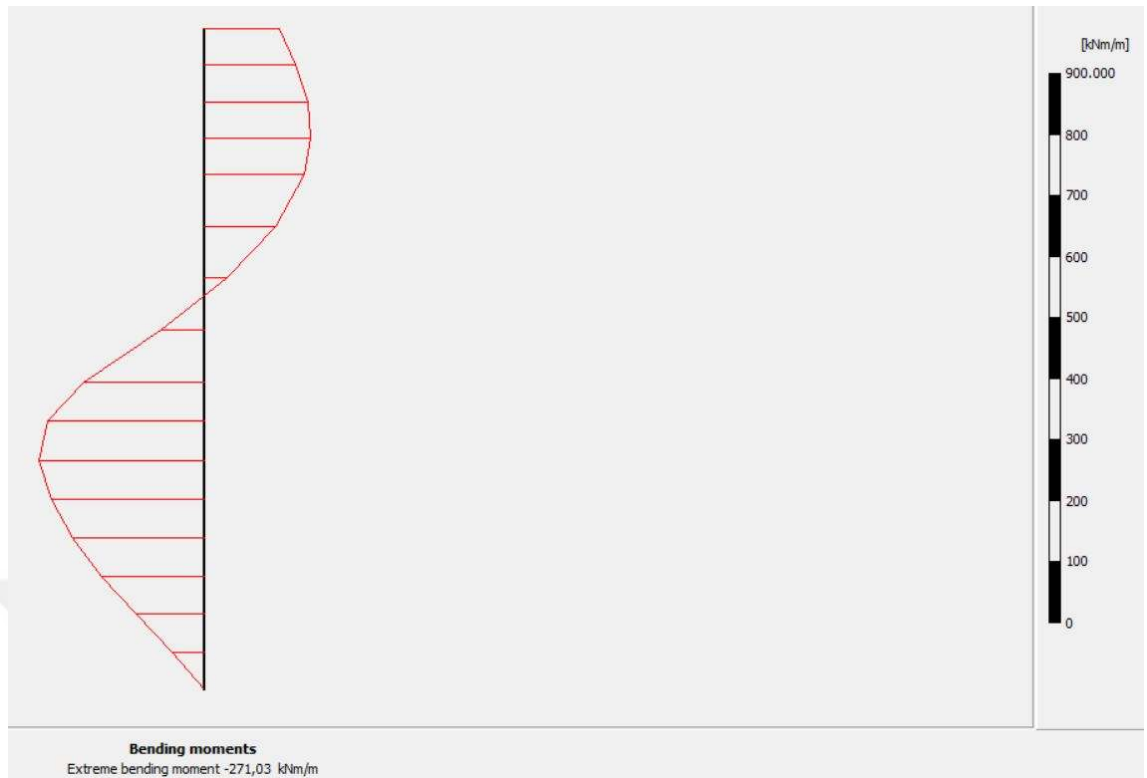
EK-33: Plaxis 80cm çaplı 8m uzunluğunda ki fore kazığa ait sonuçlar.



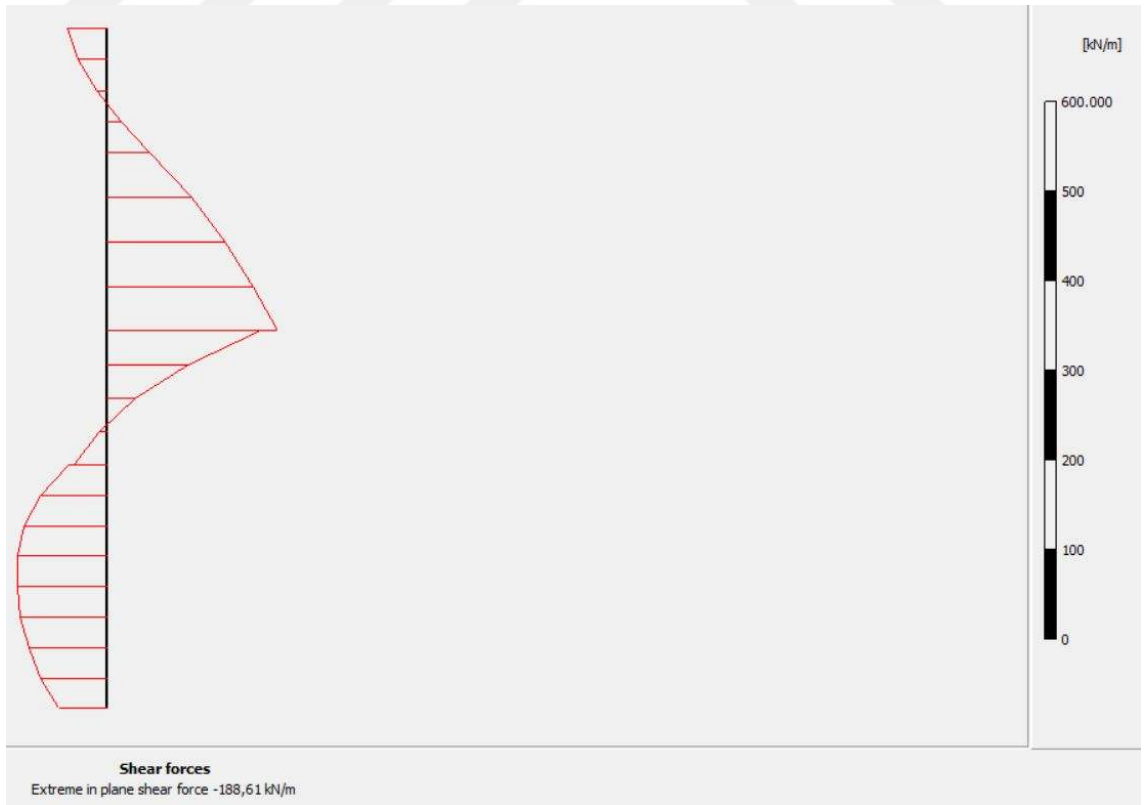
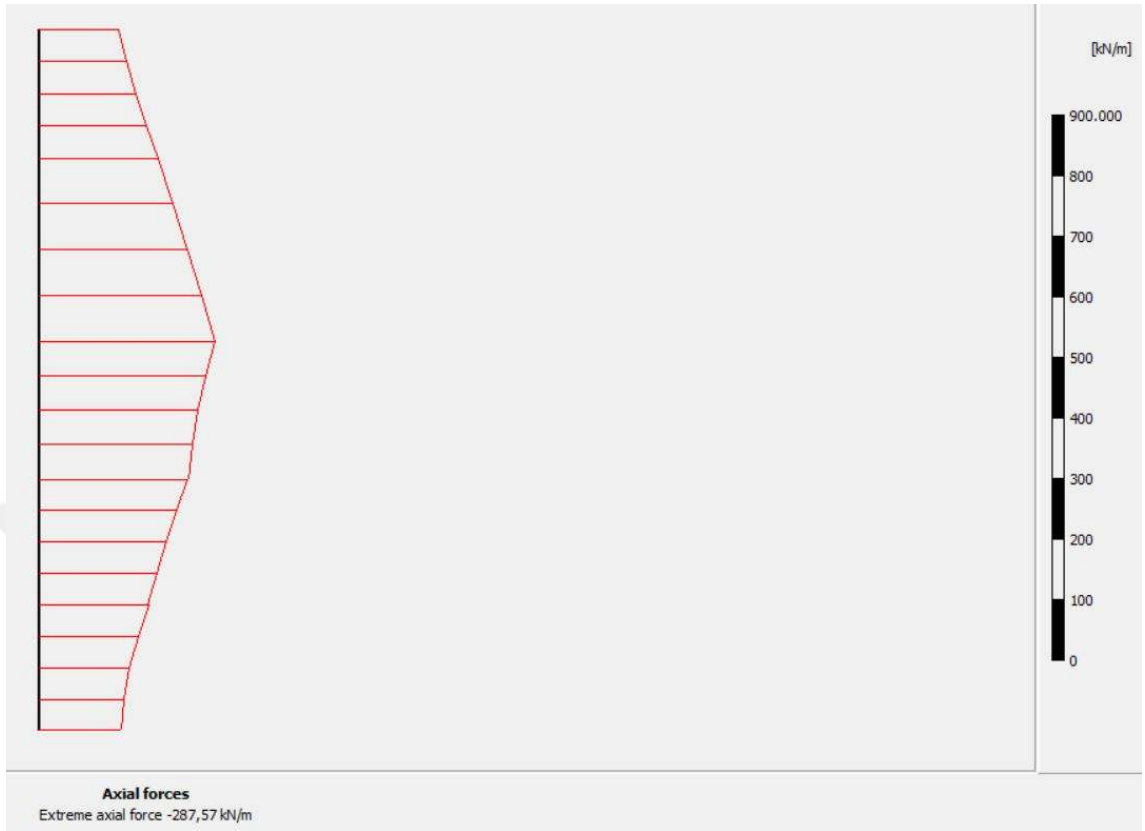


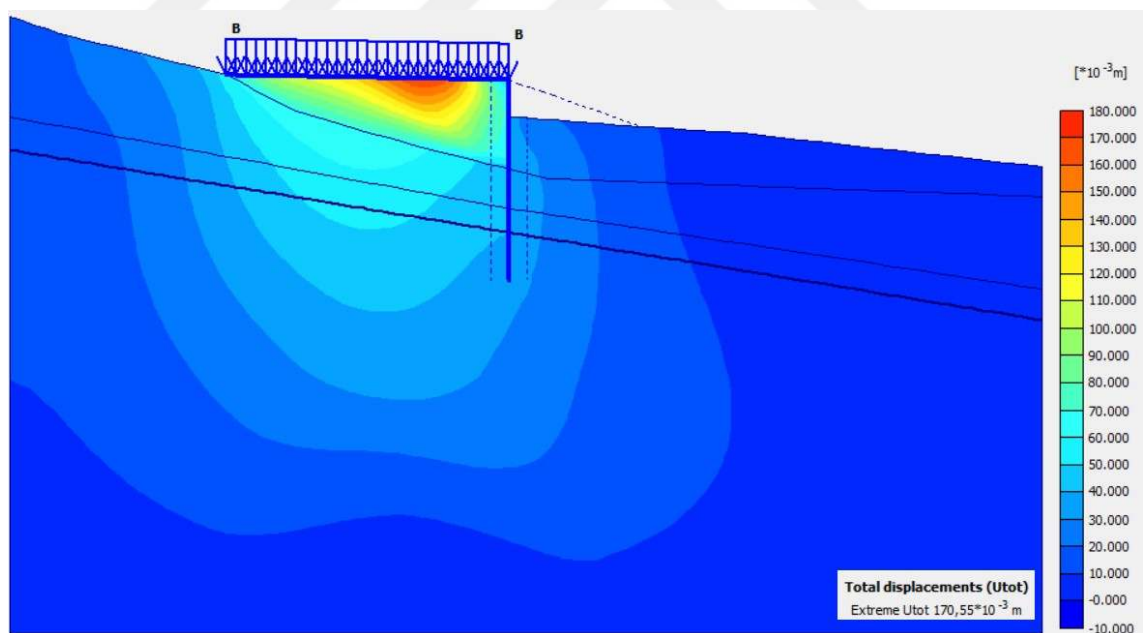
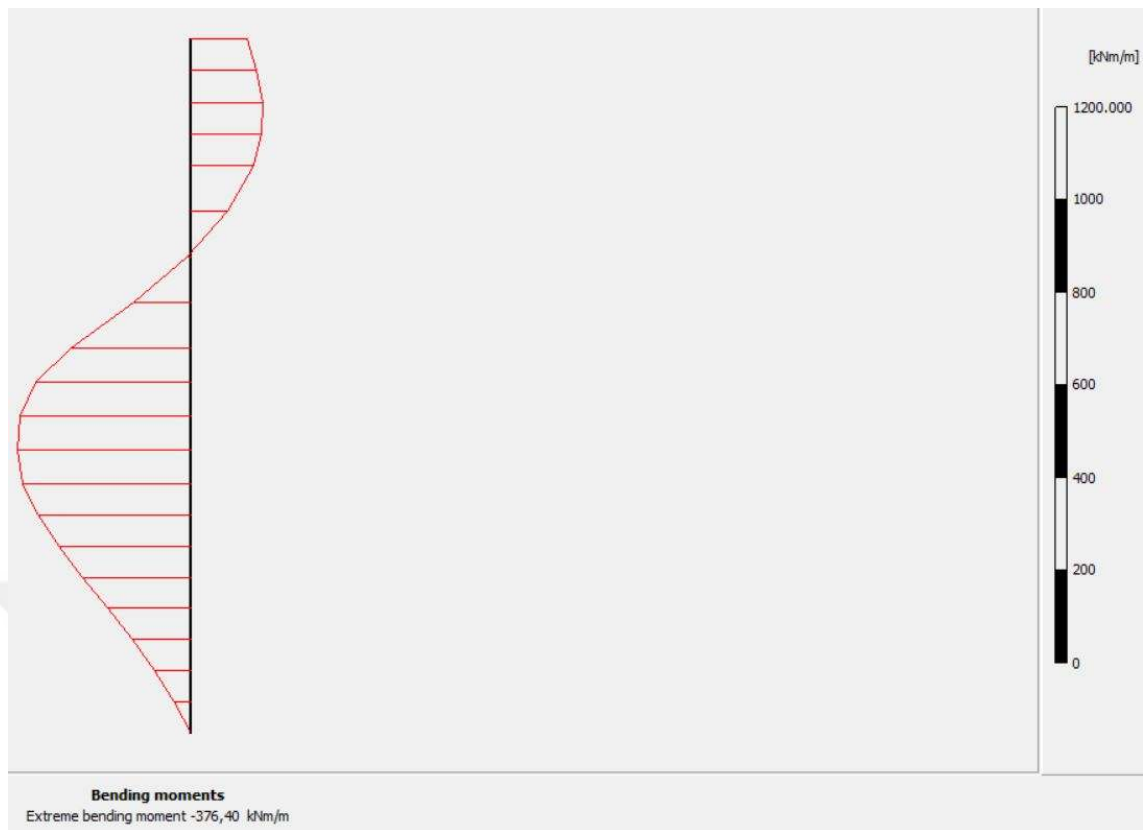
EK-34: Plaxis 80cm çaplı 10m uzunluğunda ki fore kazığa ait sonuçlar.



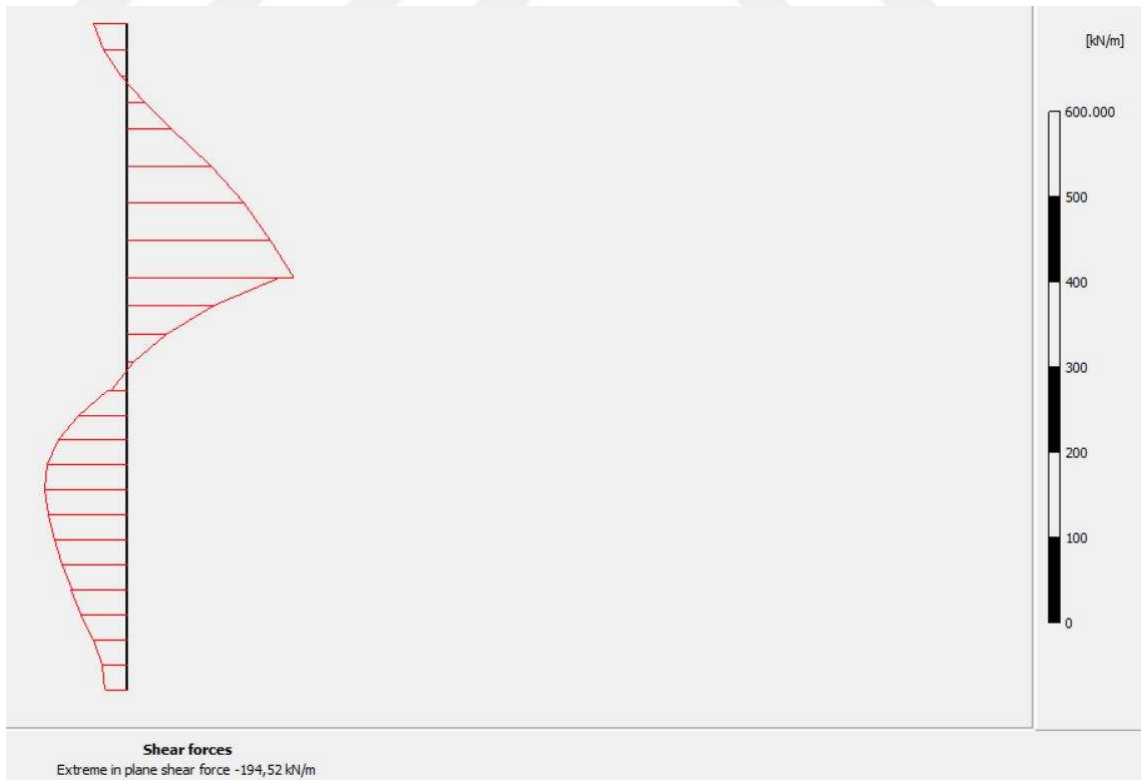


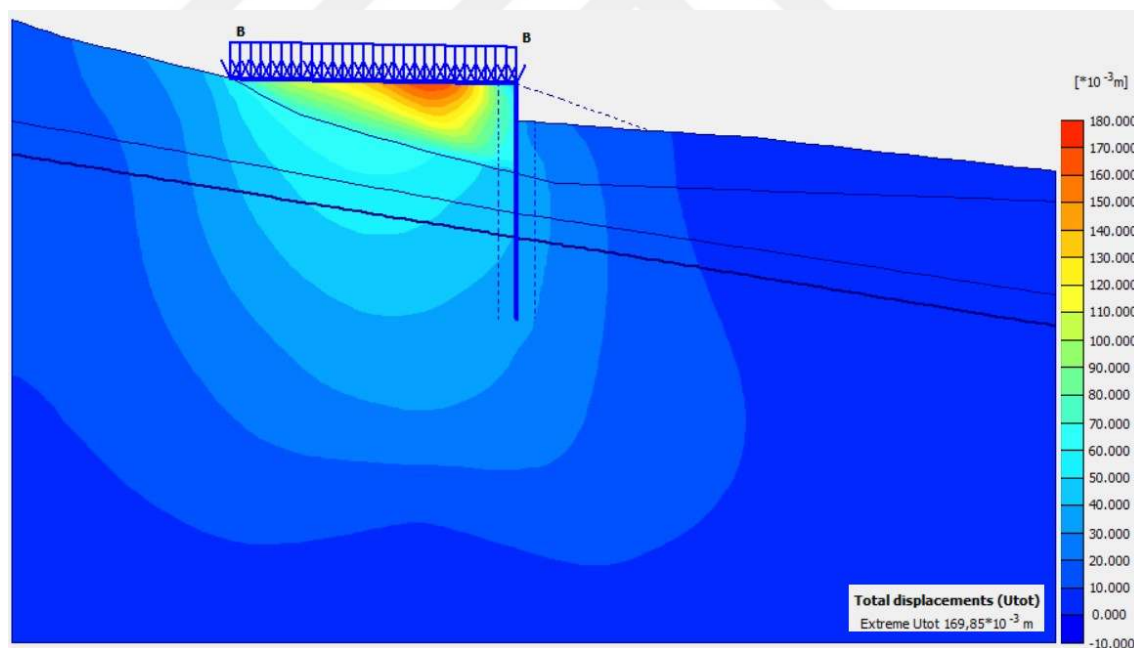
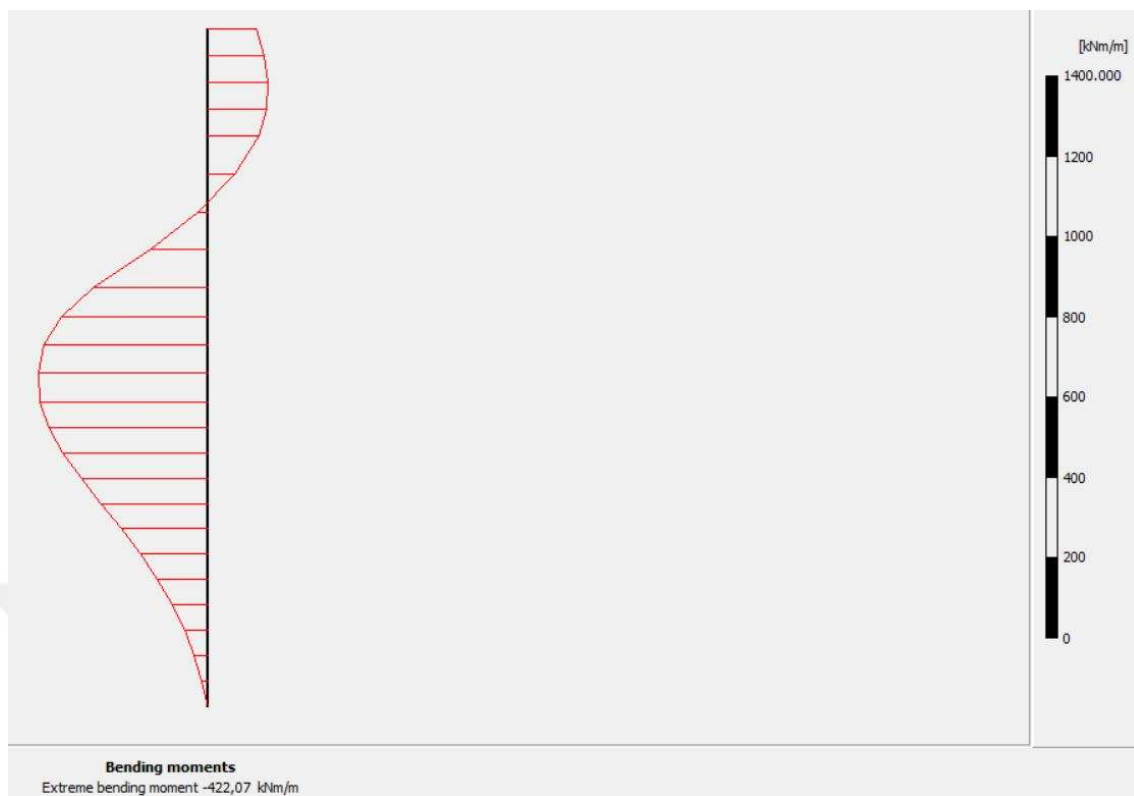
EK-35: Plaxis 80cm çaplı 12m uzunluğunda ki fore kazığa ait sonuçlar.



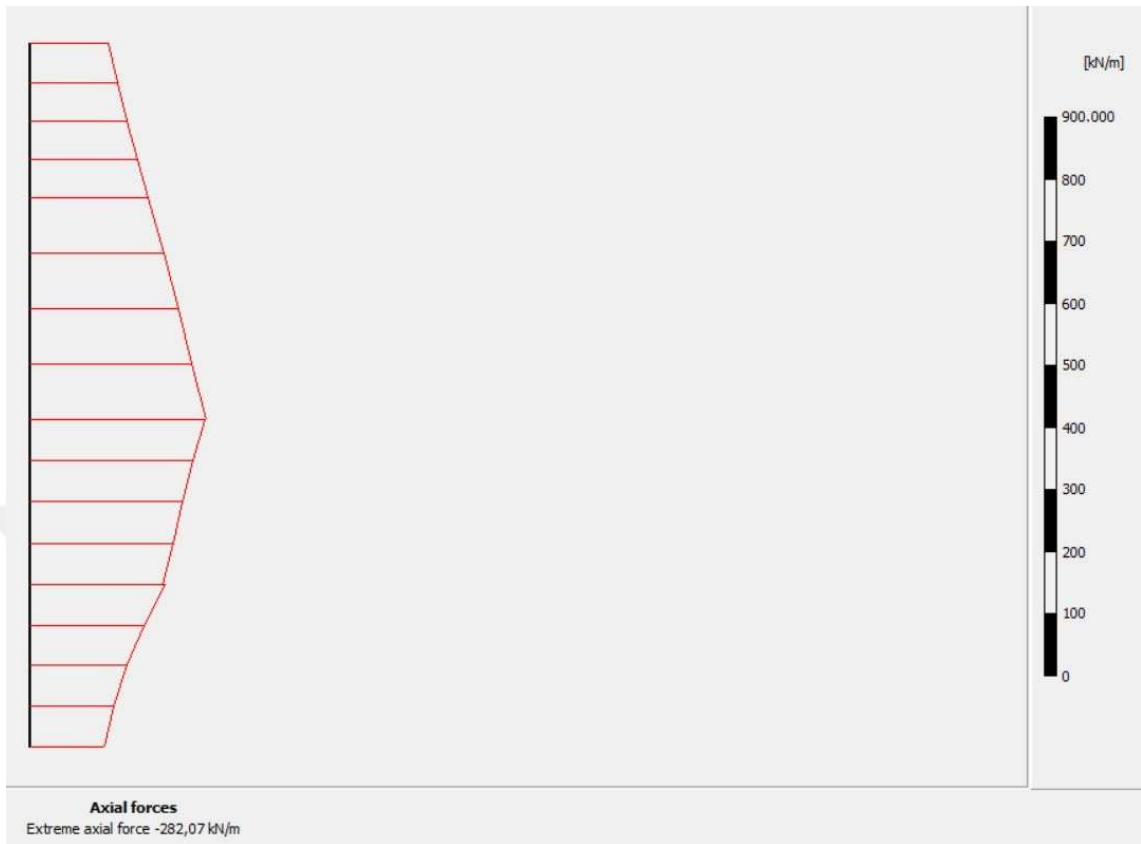


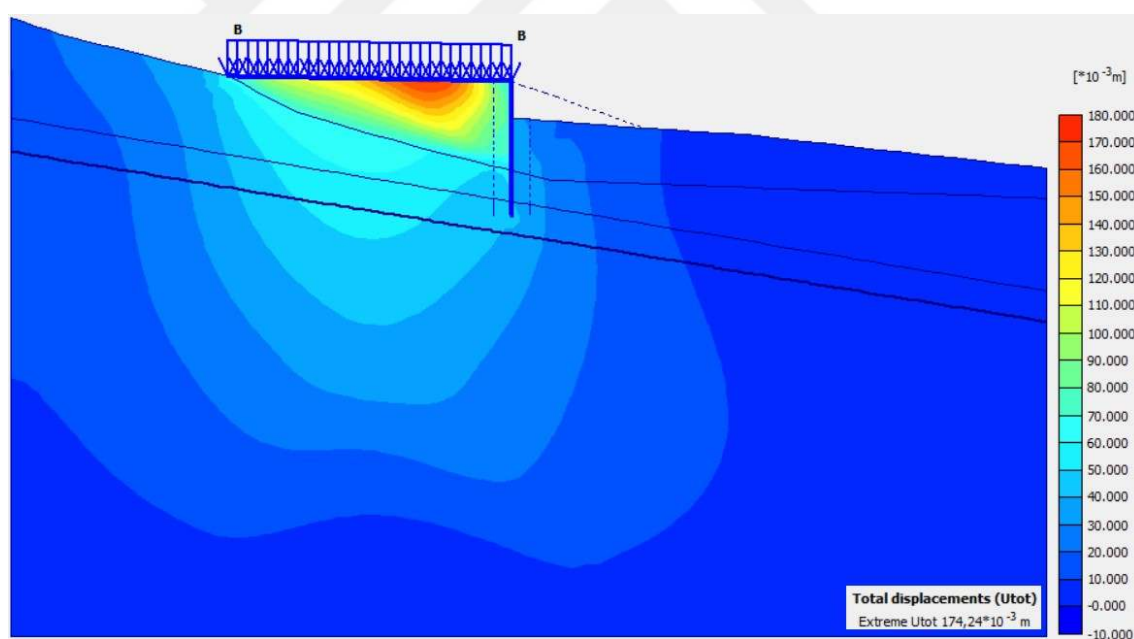
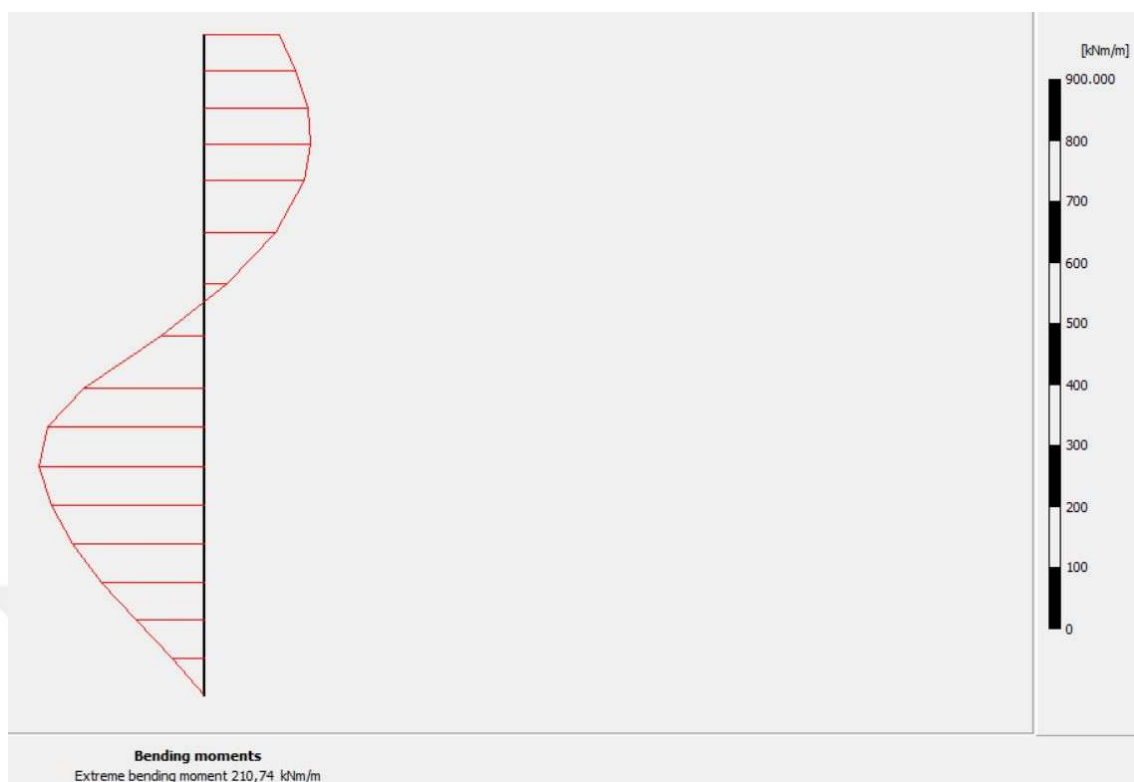
EK-36: Plaxis 80cm çaplı 14m uzunluğunda ki fore kazığa ait sonuçlar.



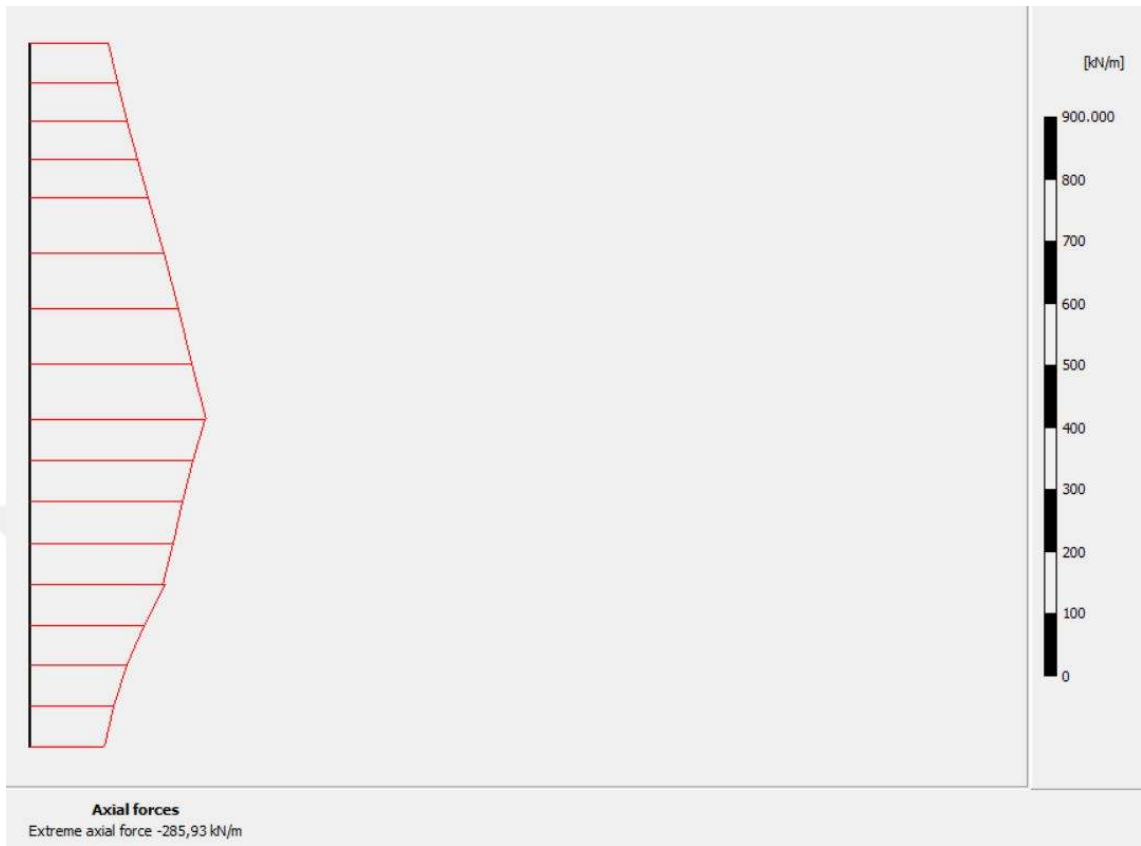


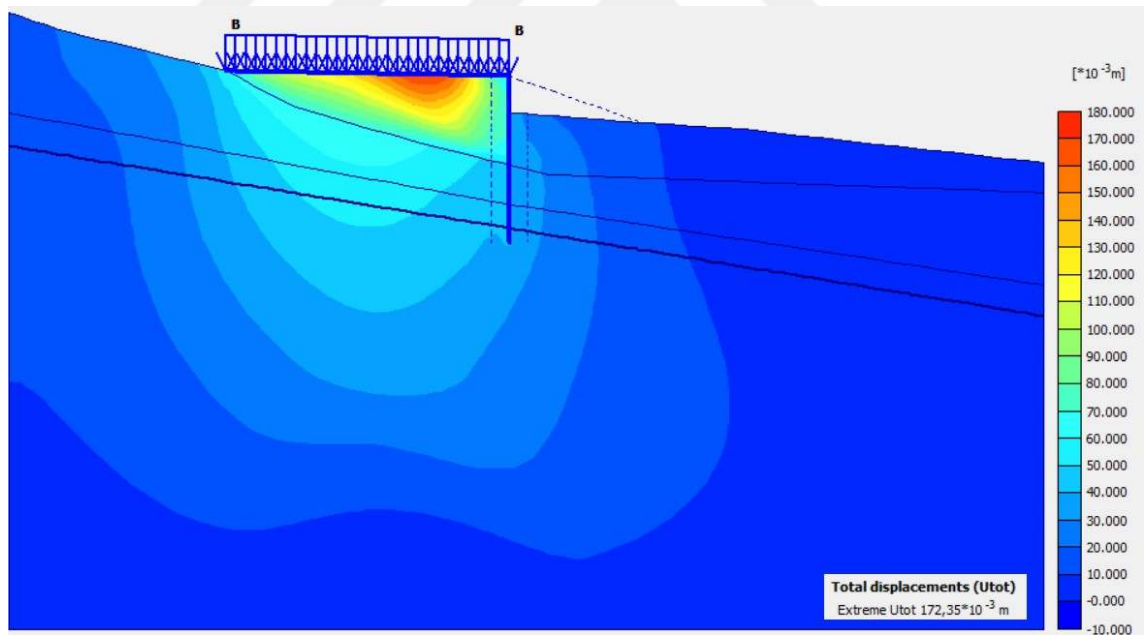
EK-37: Plaxis 100cm çaplı 8m uzunluğunda ki fore kazığa ait sonuçlar.



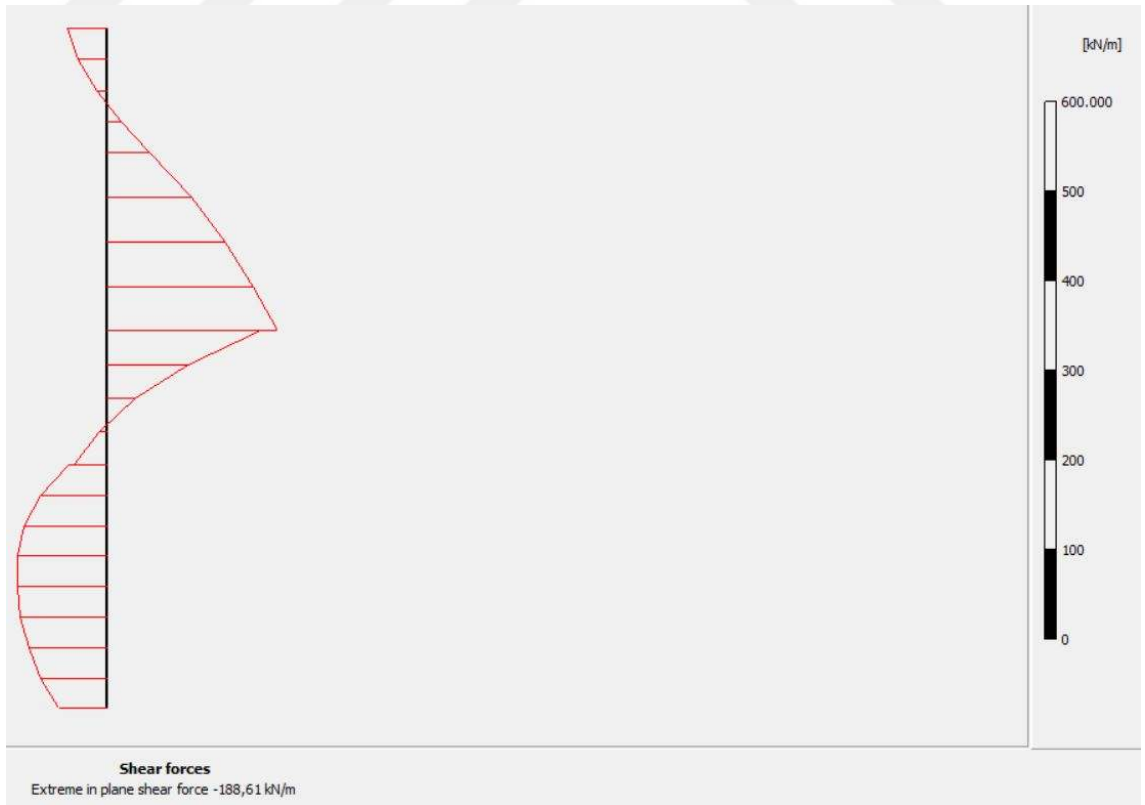
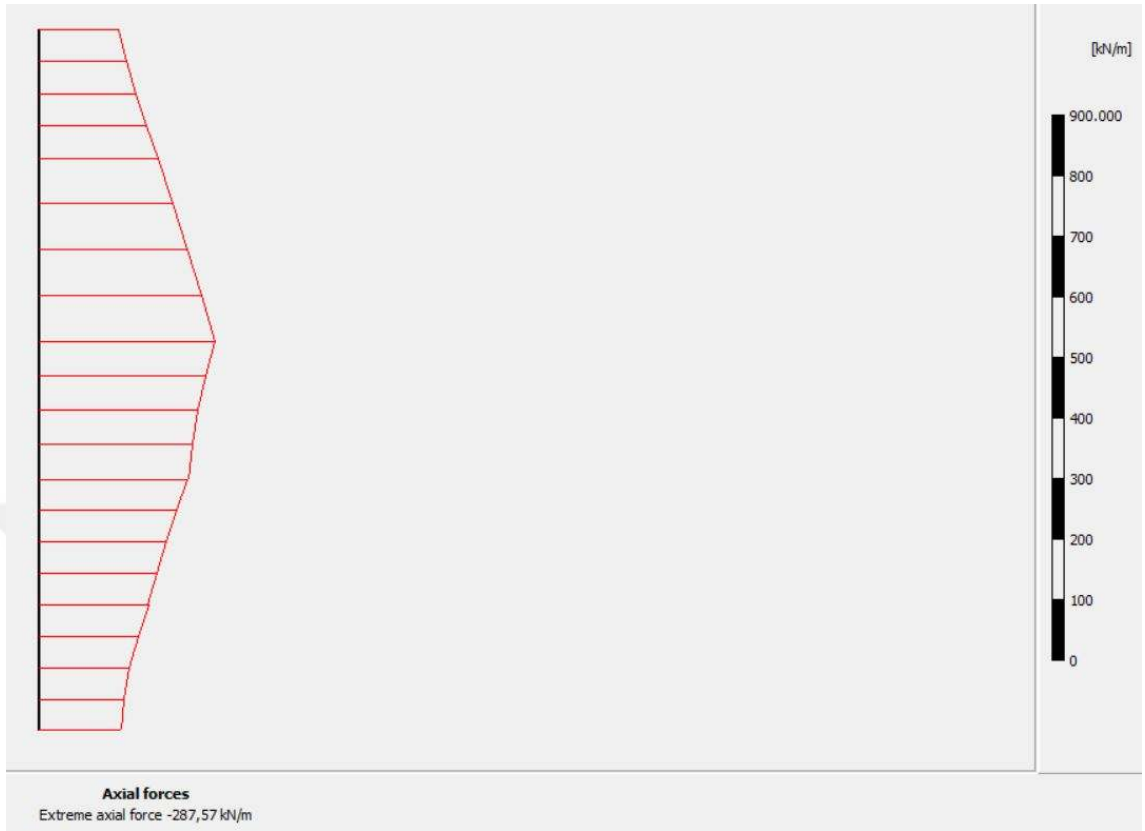


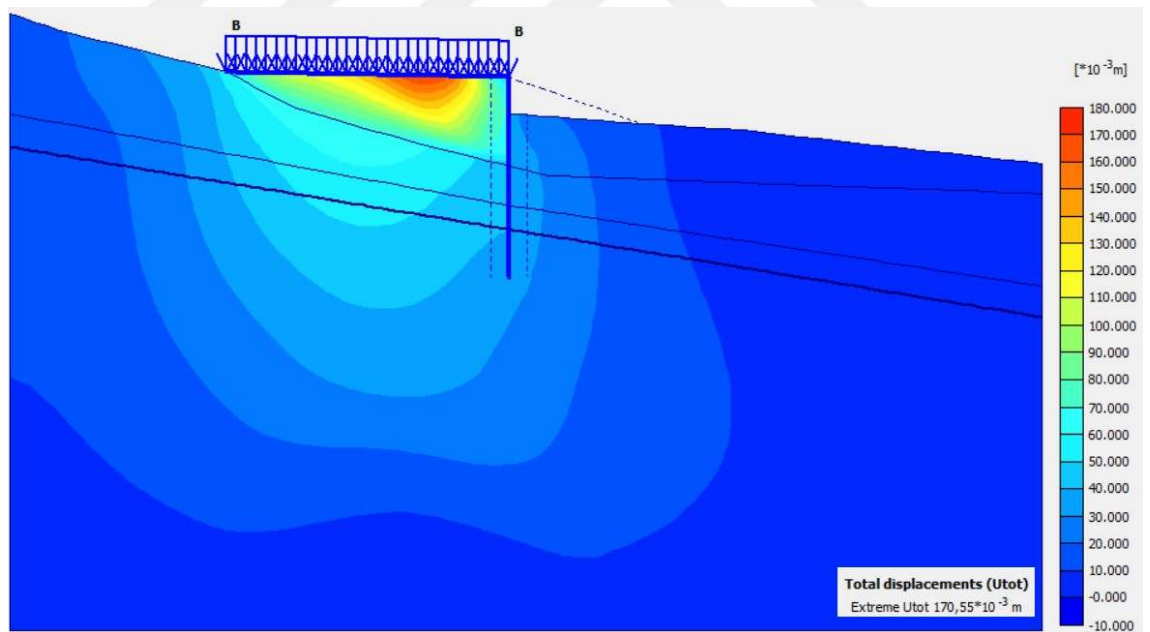
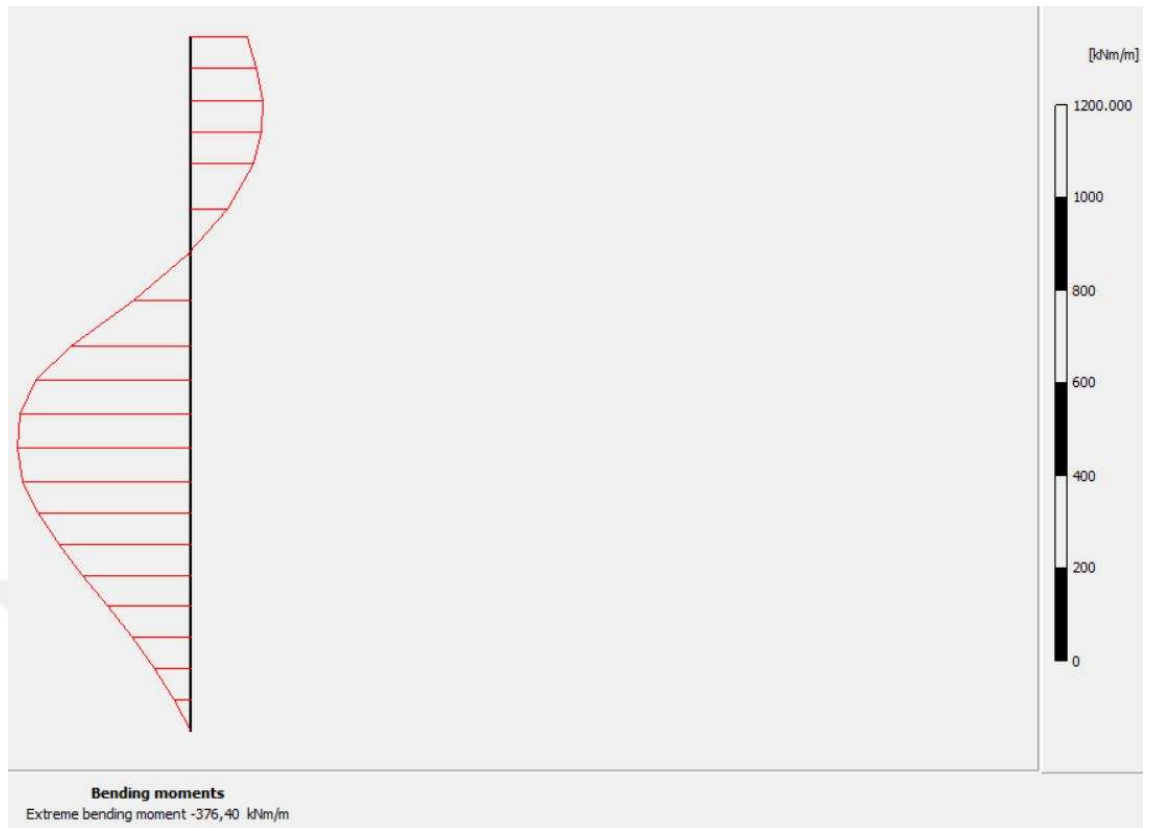
EK-38: Plaxis 100cm çaplı 10m uzunluğunda ki fore kazığa ait sonuçlar.



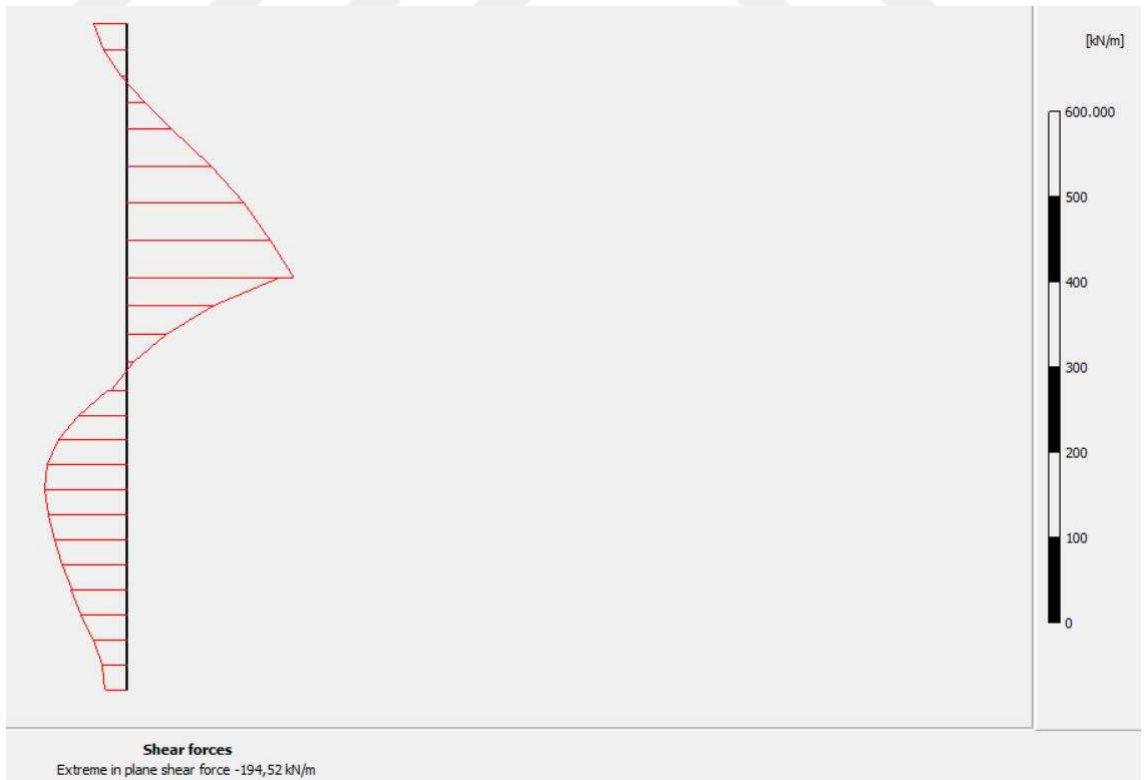


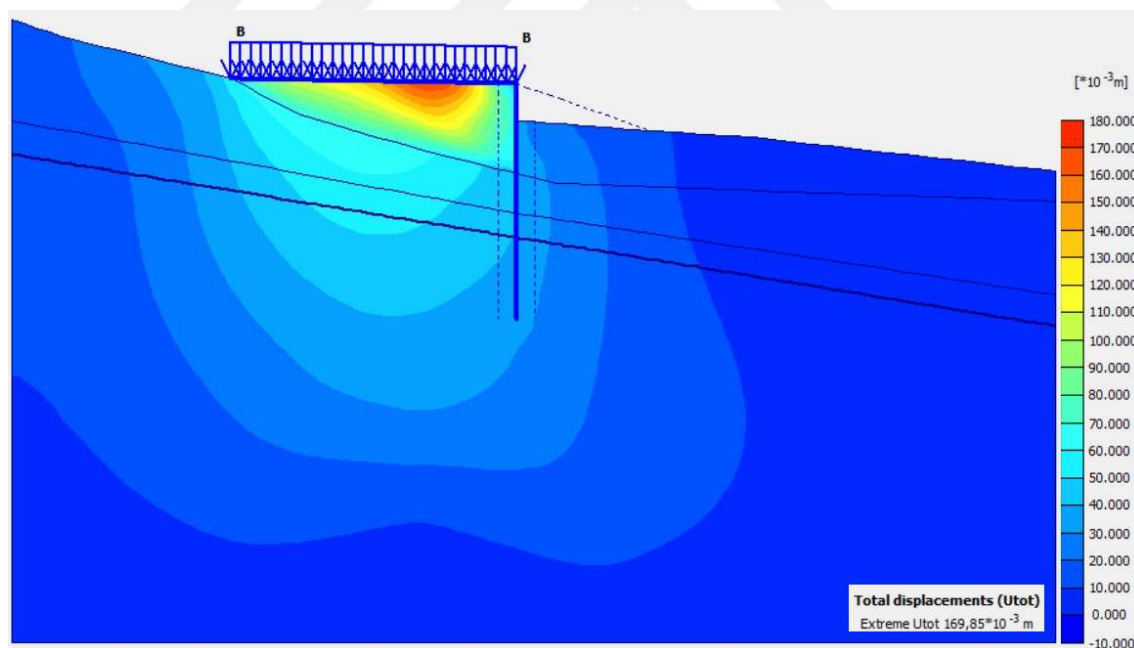
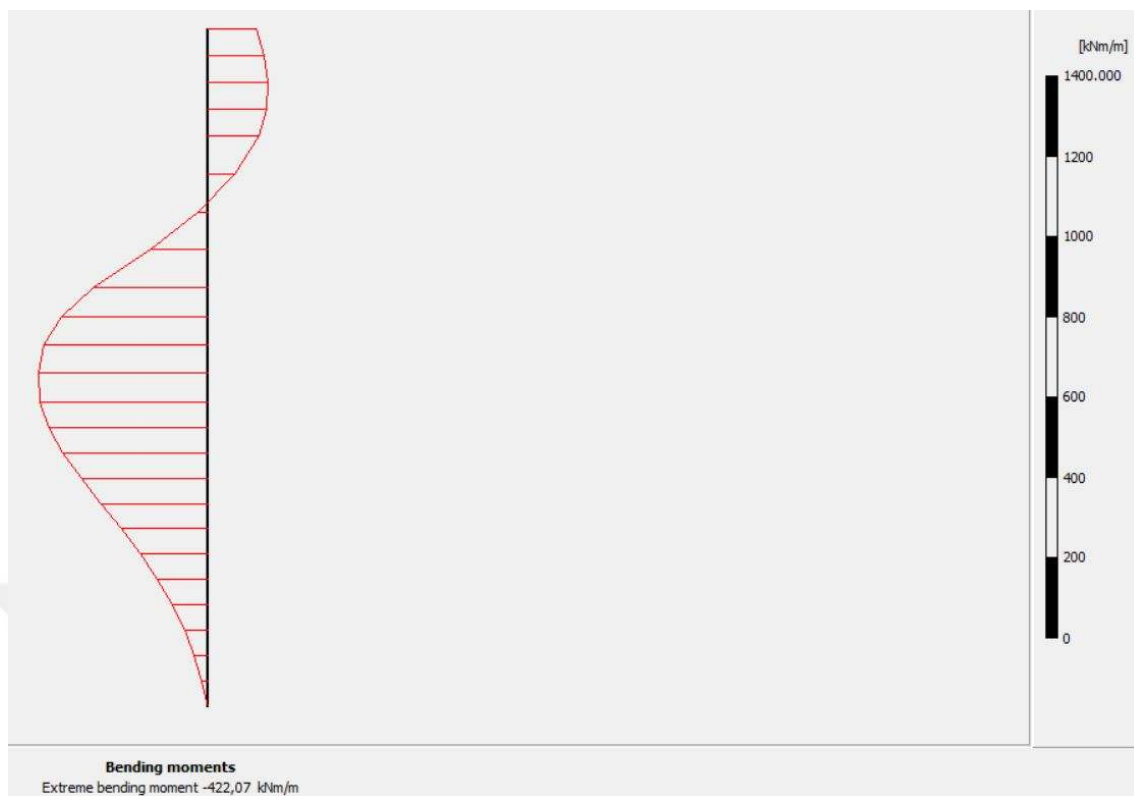
EK-39: Plaxis 100cm çaplı 12m uzunluğunda ki fore kazığa ait sonuçlar.





EK-40: Plaxis 100cm çaplı 14m uzunluğunda ki fore kazığa ait sonuçlar.





ÖZ GEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Muhammed Bayram KARADAĞ
Doğum Yeri ve Tarihi : Sarıkamış/KARS 17.05.1988

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Yakın Doğu Üniversitesi İnşaat Mühendisliği
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

İletişim

Adres :Merkez/YALOVA
E-Posta Adresi : muhammedkaradag@gmail.com

Akademik Çalışmaları

Karadağ, M.B., Evirgen, B., Tuncan, M., “Çiftlikköy İlçesi Gençlik Caddesindeki Heyelanın Vaka Analizi”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 7, s. 1, ss. 640-649 (2019).

Tarih:04/02/2019