AVRASYA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT ANABİLİM DALI

DÜZKÖY - ÇAL ORTA MAHALLE HEYELANININ LİMİT DENGE VE SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Merve SİVRİKAYA

HAZİRAN 2022
TRABZON

AVRASYA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT ANABİLİM DALI

DÜZKÖY - ÇAL ORTA MAHALLE HEYELANININ LİMİT DENGE VE SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

İnş. Müh. Merve SİVRİKAYA

Avrasya Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsünce
"İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13.05.2022
Tezin Savunma Tarihi : 15.06.2022

Tez Danışmanı : Prof. Dr Basri ERTAŞ

Trabzon 2022

Avrasya Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Anabilim Dalında

İnş. Müh. Merve SİVRİKAYA tarafından hazırlanan

DÜZKÖY - ÇAL ORTA MAHALLE HEYELANININ LİMİT DENGE VE SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 23/05/2022 gün ve 17 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan	**: Prof. Dr. Basri ERTAŞ**	**……..……**
Üye	**: Prof. Dr. Cemal BIYIK**	**……..……**
Üye	**: Dr. Öğr. Üyesi Recep SUK**	**……..……**

Prof. Dr. Cemal BIYIK

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında Trabzon il sınırları içerisinde bulunan Düzköy Çal Orta Mahallesi'nde meydana gelen heyelanın limit denge ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak güvenlik sayısının artırılması ve uygun yapı elemanlarıyla heyelan sorununun giderilmesi amacıyla Avrasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Yaptığım tüm çalışmalarda bilgisine ve tecrübesine sonuna kadar güvendiğim saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Basri ERTAŞ hocama, lisans ve yüksek lisans eğitimimde dersler, laboratuvar aşamaları ve tez aşamalarında yardımları, yönlendirmeleri ve gösterdiği ilgi alakadan dolayı teşekkür etmeyi bir borç bilirim. Yazdığım tez ve içeriği konusunda yardımlarını esirgemeyen, yönlendirmelerde bulunan, programının yoğunluğu arasında tarafıma zaman ayıran Doç. Dr. Banu İKİZLER hocama gösterdiği destekten ötürü minnettarım. Yaptığım çalışmalar esnasında ve özellikle Plaxis, Slide, RockData kullanım aşamalarında çok değerli bilgi ve görüşlerini benimle paylaşan değerli hocam Prof. Dr. Hakan ERSOY'a jeoloji mühendisi Gürel ÖZDEMİR'e, Prof. Dr. Nihat Sinan IŞIK ve Doç. Dr. Ayberk KAYA hocama çok teşekkür ederim. Heyelanını incelediğim bölgede beraber çalışmalar yaptığım, verilerin toplanması ve değerlendirilmesinde katkıları fazla olan çok değerli Kaya Mühendislik Zemin ve Beton Laboratuvarı personellerine, Karadeniz Jeofizik personellerine teşekkürü bir borç bilirim. Yüksek lisans ve tez aşamalarında her zaman yanımda olan biricik babama sonsuz teşekkürler.

Merve SİVRİKAYA
Trabzon, 2022

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "Düzköy Çal Orta Mahallle Heyelanının Limit Denge ve Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi" başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof Dr. Basri ERTAŞ'ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakça da eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsek araştırma ve etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.. 01/06/2022

Merve SİVRİKAYA

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ III
TEZ BEYANNAMESİ IV
İÇİNDEKİLER V
ÖZET IX
SUMMARY X
ŞEKİLLER DİZİNİ XI
TABLOLAR DİZİNİ XV
SEMBOLLER DİZİNİ XVI
1. GENEL BİLGİLER 1
1.1. Giriş 1
1.2. Literatür Taraması 1
1.3. Tezin Amacı ve Kapsamı 2
1.4. Şev Stabilitesi ve Tanımlar 4
1.5. Şev Hareketleri 6
1.5.1. Düşme 8
1.5.2. Devrilme 9
1.5.3. Akma 12
1.5.3.1. Yavaş Akma (Krip) 12
1.5.3.2. Hızlı Akma 13
1.5.4. Kayma 14
1.5.4.1. Düzlemsel (Ötelenmeli) Kayma 14
1.5.4.2.. Dairesel (Dönel) Kayma 14
1.5.5. Yanal Yayılma 16
1.5.6. Karmaşık Hareketler 17
1.6. Heyelanlar 18
1.6.1. Heyelan Tanımı ve Kısımları 19
1.7.1. Zemin Araştırma Çalışmaları 20
1.7.2. Arazi Deneyleri 21
1.7.3. Laboratuvar Deneyleri 23
1.8. Şev Stabilite Analiz Yöntemleri 23
1.8.1. Limit Gerilme Yöntemi 23

1.8.2. Limit Denge Yöntemi 24
1.8.2.1. Düzlemsel Kaymalar 24
1.8.2.2. Kama Tipi Kaymalar 25
1.8.2.3. Dairesel Kaymalar 25
1.8.2.3.1. ϕ=0 Analizi 25
1.8.2.3.2. İsveç Dilim Metodu 27
1.8.2.3.3. Basitleştirilmiş Janbu Yöntemi 28
1.8.2.3.4. Spencer Yöntemi 29
1.8.2.3.5. Morgenstern- Price Yöntemi 30
1.8.2.3.6. Basitleştirilmiş Bishop Yöntemi 30
1.8.3. Sonlu Elemanlar Yöntemi 31
1.9. Şev Islah Metotları 32
1.9.1. Şev Geometrisini Değiştirilmesi 32
1.9.2. Drenaj 33
1.9.2.1. Yüzeysel Drenajı 33
1.9.2.2. Yer Altı Drenajı 33
1.9.3. Topuğa Yük Koymak 34
1.9.4. Dayanma Yapıları 34
1.9.4.1. Taş ve Betonarme Duvarlar 35
1.9.4.2. Ankrajlar 36
1.9.4.3. Kazıklar 37
1.9.4.3.1. Ahşap Kazıklar 37
1.9.4.3.2. Betonarme Kazıklar 38
1.9.4.3.2.1. Önceden Dökme Betonarme Kazıklar 38
1.9.4.3.2.2. Yerinde Dökme Betonarme Kazıklar 39
1.9.4.3.2.3. Çelik Kazıklar 40
1.9.4.3.2.4. Kompozit Kazıklar 40
1.9.5. Mikro Kazıklar 41
1.9.6. Zemin Çivisi 42
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR 43
2.1. İnceleme Alanının Tanıtılması 43
2.1.1. İnceleme Alanının Coğrafi Konumu 43
2.1.2. İnceleme Alanı İklim Özellikleri 45
2.1.3. İnceleme Alanının Jeolojik Yapısı 46

2.1.4. İnceleme Alanının Heyelan Özellikleri 47
2.2. Bölgede Yapılan Araştırma Çalışmaları 47
2.2.1. Arazi Çalışmaları 48
2.2.1.1. Sondaj Çalışmaları 48
2.2.1.2. Presiyometre Deneyi 52
2.2.1.3. İnklinometre Deneyi 53
2.2.1.4. Jeofizik Çalışmalar 54
2.2.1.4.1. Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analiz Yöntemi (MASW) 54
2.2.1.4.2. Jeofizik Çalışmalar ile Elde Edilen Parametreler 55
2.2.1.4.2.1. Sismik P Dalgası (V_p) 56
2.2.1.4.2.2. Sismik S Dalgası (V_s) 56
2.2.1.4.2.3. Elastisite Modülü (E) 57
2.2.1.4.2.4. Kayma (Shear) Modülü (μ) 57
2.2.1.4.2.5. Bulk (Sıkışmazlık) Modülü (K) 58
2.2.1.4.2.6. Poisson Oranı (a) 58
2.2.1.4.2.7. Yoğunluk (p) 59
2.2.1.4.2.8. Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T_o) 59
2.2.1.4.2. Mikrotrömer Yöntemi 59
2.2.1.4.3. Çok Elektrotlu Elektrik Tomografi Yöntemi (ERT) 60
2.2.1.4.3.1. Ert-1 Değerlendirme 61
2.2.1.4.3.2. Ert-2 Değerlendirme 62
2.2.1.4.3.3. Ert-3 Değerlendirme 63
2.2.1.4.3.4. Ert Üç Boyutlu Değerlendirme 65
2.2.2. Laboratuvar Verileri 66
2.2.2.1. Zeminlerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi 66
2.2.2.3. Kayaların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi 67
2.2.3. Zemin Tabakalarının Geoteknik Parametrelerinin Belirlenmesi 68
2.2.3.1. Yamaç Molozu Tabakası 69
2.2.3.2. Kireçtaşı-Tüf Tabakası 71
2.2.4. Oluşturulan Kesit 72
2.3. Heyelanın Slide Programı ile Analizi 73
2.3.1. Slide 6.0 Programı 73
2.3.1. Slide Programı ile Yapılan Çalışmalar 79
2.3.2.2. Geoteknik Tasarım 80

2.3.2.2.1. Mevcut Durum Sayısal Analizi 81
2.3.2.2.2. Fore Kazıklar ile Yapılan Sayısal Analiz 82
2.4. Heyelanın Plaxis Programı ile Analizi 84
2.4.1. Plaxis 2D Programı 84
2.4.2. Plaxis Programı ile Yapılacak Çalışmalar 87
2.4.3. Mevcut Durum Analizi 90
2.4.4. Fore Kazıklar ile Yapılan Analiz 92
3. SONUÇLAR 95
4. ÖNERİLER 97
5. KAYNAKLAR 98
6. EKLER 102
ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

DÜZKÖY-ÇAL ORTA MAHALLE HEYELANININ LİMİT DENGE VE SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ

Merve SİVRİKAYA

Avrasya Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Basri ERTAŞ
2022, 101 Sayfa, 67 Sayfa Ek

İnşaat ve geoteknik mühendisliği alanlarında şevlerin stabilitesinin sağlanıp, şevin güvenli hale getirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu tez çalışmasında kütle hareketleri, şev stabilite analizlerinde kullanılan metodlar, inceleme alanına ait zemin geoteknik parametrelerinin belirlenmesi ve ıslah metodlarından söz edilmiştir. Trabzon ilindeki Düzköy Çal Orta Mahallesi'nde meydana gelen heyelan incelenmiştir. İnceleme alanında arazi gözlemleri, zemin araştırma çalışmaları, arazi deneyleri yapılmış ve geoteknik zemin etüd raporu hazırlanmıştır. Yapılan sondaj çalışmaları, arazi ve laboratuvar deneyleri sonuçlarına bakılarak inceleme alanının zemin geoteknik parametreleri belirlenmiştir. İnceleme alanında gerçekleşen heyelana uygun ıslah metodu belirlenerek, şevde güvenliğin sağlanması gerekmektedir. Yapılacak şev stabilite analizlerinde limit denge ve sonlu elemanlar yöntemi ile analiz yapan paket programlar kullanılmıştır. Mevcut durum analizi gerçekleştirilip güvenlik sayısı hesaplanmıştır. Uygun ıslah metodu belirlenerek programda tanımlanmış ve tekrar analiz işlemi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda güvenlik sayısı arttırılarak şev duraylı hale getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Şev stabilitesi, heyelan, Düzköy(Trabzon) Çal Orta Mahallesi Heyelanı, Limit denge ve sonlu elemanlar yöntemi

Master Thesis

SUMMARY

THE ANALYSIS OF DÜZKÖY- ÇAL ORTA DISTRICT LANDSLIDE THROUGH LIMIT EQUILIBRIUM AND FINITE ELEMENTS METHOD

Merve SİVRİKAYA

Avrasya University
Institute of Science
Civil engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Basri ERTAŞ
2022, 101 Pages, 67 Pages Appendix

In the fields of civil and geotechnical engineering, it is of great importance to ensure the stability of the slopes and make the slope safe. In this thesis, mass movements, methods used in slope stability analysis, determination of soil geotechnical parameters of the study area, and improvement methods are mentioned. The landslide that occurred in Düzköy Çal Orta District in Trabzon province was investigated. In the study area, field observations, ground research studies, field tests were carried out and a geotechnical ground survey report was prepared. The soil geotechnical parameters of the study area were determined by looking at the results of the drilling works, field and laboratory tests. It is necessary to determine the appropriate improvement method for the landslide in the study area and to ensure safety on the slope. In the slope stability analyzes to be made, package programs that analyze with limit equilibrium and finite element methods were used. The current situation analysis was carried out and the security number was calculated. Appropriate soil improvement method was determined and defined in the program and analysis was performed again. As a result of the analysis, the number of safety has been increased and the slope has been made stable.

Key Words: Slope Stability, Landslide, The landslide in Düzköy- Çal Orta District, limit equilibrium and finite element method

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Düzköy-Çal Orta Mahalle heyelanı 3
Şekil 1.2. İncelme alanı heyelan yönü evlerde hasarlar 3
Şekil 1.3. İncele alanı taş duvarlarda ötelenme 4
Şekil 1.4. Artvin-Erzurum karayolu heyelanı 5
Şekil 1.5. Şev parametreleri 5
Şekil 1.6. Hareket tipi ve malzeme türüne göre sınıflandırma 6
Şekil 1.7. Zemin kütle hareketi çeşitleri 7
Şekil 1 8. Düşme tipi zemin hareketi 8
Şekil 1.9. Artvin-Şavşat karayolu düşme tipi zemin hareketi 9
Şekil 1.10. Devrilme tipi hareket 9
Şekil 1.11. Tirebolu - Torul yolu devrilme türü hareket 10
Şekil 1.12. Çevrede görülen devrilme çeşitleri 11
Şekil 1.13. Akma türleri 12
Şekil 1.14. Yavaş akma 13
Şekil 1.15. Hızlı akma hareketi 13
Şekil 1.16. Akma yenilmesi 14
Şekil 1.17. Dairesel kayma 15
Şekil 1.18. Dairesel kayma, Canada, 2001 15
Şekil 1.19. Dairesel kayma 16
Şekil 1.20. Yanal yayılma 16
Şekil 1.21. Yanal yayılma hareketi 17
Şekil 1.22. Bir kısım akma özellikleri de içeren karmaşık kayma 18
Şekil 1.23. Heyelan kesiti 19
Şekil 1.24. Heyelan kısımları 20
Şekil 1.25. Güvenlik sayıları, TS 8853 24
Şekil 1.26. Düzlemsel kayma hareketi 25
Şekil 1.27. Kama tipi kayma hareketi 25
Şekil 1.28. Dairesel kayma yüzeyindeki gerilmeler 26
Şekil 1.29. Şev kesitini oluşturan dilimler 27
Şekil 1.30. Kuvvet poligonu ve dilime etki eden kuvvetler 27
Şekil 1.31. Düzeltme faktörü diyagramı 28

Şekil 1.32. Spencer stabilite abakları (McCarty, 1998). 29
Şekil 1.33. Morgenstern-Price (1965) yöntemi kuvvet fonksiyonu çeşitleri 30
Şekil 1.34. Sonlu elemanlar yönteminde, şevde oluşturulan mesh ağı (Plaxis) 32
Şekil 1.35. Yüzey sularını şevden uzaklaştıran beton seki drenajı 33
Şekil 1.36. Yatay direnler ve kuyular ile yer altı sularının tahliyesi 34
Şekil 1.37. Taş duvar ile topuğun desteklenmesi 34
Şekil 1.38. Taş duvar 35
Şekil 1.39. Betonarme duvar 36
Şekil 1.40. Ankraj görüntüsü 36
Şekil 1.41. Ahşap kazık kesiti 37
Şekil 1.42. Önceden dökme betornarme kazık 38
Şekil 1.43. Betonarme çakma kazık boyları ve servis yükleri 39
Şekil 1.44. Yerinde dökülen betonarme kazıkların minimum donatı miktarı, TS 3168 39
Şekil 1.45. Çelik kazık uygulaması 40
Şekil 1.46. Kompozit kazıklar 41
Şekil 1.47. Mikro kazıklar 41
Şekil 1.48. Zemin çivisi 42
Şekil 2.1. İnceleme Alanı Yer Bildiri Haritası 44
Şekil 2.2. Trabzon iline ait meteorolojik veriler 45
Şekil 2.3. Trabzon ili yağış grafiksel gösterimi 45
Şekil 2.4. Trabzon ili sıcaklık grafiksel gösterim 46
Şekil 2.5. Trabzon ili rüzgar gülü grafiksel gösterim 46
Şekil 2.6. Sondaj lokasyonları 48
Şekil 2.7. SK-1 / 0.00- 27.00 m 49
Şekil 2.8. SK-2 / 0.00- 24.00 m 50
Şekil 2.9. SK-3 / 0.00- 30.00 m 50
Şekil 2.10. SK-4 / 0.00- 25.00 m 51
Şekil 2.11. SK-5 / 0.00- 21.00 m 51
Şekil 2.12. Presiyometre deneyi aletinin kısımları 52
Şekil 2.13. İnceleme alanında kullanılan inlinometre cihazı görünümü 53
Şekil 2.14. İnceleme alanı MASW uygulaması 55
Şekil 2.15. Yerel zemin sınıfları 57
Şekil 2.16. Zemin büyütme değeri 60
Şekil 2.17. ERT ölçümlerini gösteren ölçeksiz kroki 61

Şekil 2.18. Ert-1 kesiti 62
Şekil 2.19. Ert-2 kesiti 63
Şekil 2.20. Ert-3 kesiti 64
Şekil 2.21. Ert üç boyutlu model 65
Şekil 2.22. Hassasiyet analizi 70
Şekil 2.23. Olasılıklı analiz 71
Şekil 2.24. RockData kireçtaşına ait geoteknik parametreler 72
Şekil 2.25. Tip kesit 73
Şekil 2.26. Koordinat tablosu ekranı 74
Şekil 2.27. Dış sınır çizim sekmesi ekranı 74
Şekil 2.28. Malzeme sınır çizim sekmesi ekranı 75
Şekil 2.29. Yeraltı suyu çizim sekmesi ekranı 75
Şekil 2.30. Malzeme tanımlama sekmesi ekranı 76
Şekil 2.31. Malzeme atama sekmesi ekranı 76
Şekil 2.32. Yük atama sekmesi ekranı 77
Şekil 2.33. Analiz metodu ve kayma yönü belirleme sekmesi ekranı 78
Şekil 2.34. Analiz hesaplama sekmesi ekranı 78
Şekil 2.35. Slide programında modellenmiş heyelan kesiti 79
Şekil 2.36. Yamaç molozuna ait geoteknik parametreler 80
Şekil 2.37. Kireçtaşı-tüf birimine ait geoteknik parametreler 80
Şekil 2.38. Mevcut, depremli durum analiz 81
Şekil 2.39. Mevcut, depremsiz durum analiz 82
Şekil 2.40. Tek sıra fore kazıklı, depremli durum analizi 83
Şekil 2.41. Tek sıra fore kazıklı, depremsiz durum analizi 83
Şekil 2.42. Proje oluşturma ekranı 84
Şekil 2.43. Çalışma alanı sınırları ve model belirleme ekranı 85
Şekil 2.44. Sondaj kuyularını oluşturma ekranı 85
Şekil 2.45. Malzeme tanımlama sekmesi ekranı 86
Şekil 2.46. Material sets ekranı 86
Şekil 2.47. General mesh ekranı 87
Şekil 2.48. Plaxis programında modellenmiş heyelan kesiti 87
Şekil 2.49. Yamaç molozuna ait geoteknik parametreleri 88
Şekil 2.50. Yamaç molozuna ait geoteknik parametreler 89
Şekil 2.51. Kireçtaşı-tüf tabakasına ait geoteknik parametreler 89

Şekil 2.52. Kireçtaşı-tüf tabakasına ait geoteknik parametreler 90
Şekil 2.53. Mevcut durum zeminde oluşan deformasyon analizi 90
Şekil 2.54. Mevcut durum güvenlik analizi 91
Şekil 2.55. Plaxis mevcut durum güvenlik sayısı 91
Şekil 2.56. Fore kazıklı durumda zeminde oluşan deformasyon analizi 92
Şekil 2.57. Fore kazıklı durumda güvenlik analizi 93
Şekil 2.58. Plaxis tek sıra kazıklı analiz güvenlik sayısı 93
Şekil 2.59. Kazıkta oluşan deplasman 94

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 2.1. Sondaj noktaları, koordinatları, denizden yükseklikleri ve litolojileri 49
Tablo 2.2. Sondaj kuyularında tespit edilen su seviyeleri 49
Tablo 2.3. İnklinometre ölçümleri özet tablosu 54
Tablo 2.4. İnceleme alanına ait P dalgası hızları ile zeminlerin sökülebilirlikleri 56
Tablo 2.5. İnceleme alanına ait S dalga hızları ve zemin sınıfı 56
Tablo 2.6. İnceleme alanında ait elastisite modülü değerleri ve kayaçların dayanımı 57
Tablo 2.7. İnceleme alanına ait kayma modülü değerleri ve zemin ya da kayaçların dayanımı 58
Tablo 2.8. İnceleme alanına ait Bulk modülü değerleri ve kayaç dayanımı 58
Tablo 2.9. İnceleme alanına ait poisson oranı ve sıkılıklar 59
Tablo 2.10. İnceleme alanına ait zemin birimlerinin yoğunlukları 59
Tablo 2.11. İnceleme alanı zemin hakim titreşim periyodu 59
Tablo 2.12. Mikrotremor ölçümü sonucunda elde edilen To, Ta ve Tb Değerleri 60
Tablo 2.13. ERT ölçümlerine ait koordinatlar 61
Tablo 2.14. Numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri 66
Tablo 2.15. İnceleme alanındaki zeminlere ait fiziksel özellikler 67
Tablo 2.16. İnce taneli zeminlerin boşluk oranı, porozite ve doygun birim hacim ağırlığı 67
Tablo 2.17. Kesme kutusu ve doğal birim hacim ağırlık deney sonuçları 67
Tablo 2.18. Numunelerin nokta yükleme dayanımı indeksi ve derinlikleri 68
Tablo 2.19. Numunelerin tek eksenli basınç dayanımı, kayaç dayanımı ve derinlikleri 68
Tablo 2.20. Yamaç molozuna ait zemin parametreleri 69
Tablo 2.21. Kireçtaşı-tüf zemin parametreleri 71
Tablo 2.22. Kullanılan kazıkların özellikleri 92
Tablo 2.23. Slide ve Plaxis güvenlik sayısı özet 94

SEMBOLLER DİZİNİ

b : şev topuğu

b : dilim genişliği

bc : kayma yüzeyi

ab : şev yüzeyi

H : şev yüksekliği

G.S : güvenlik sayısı

ϕ : içsel sürtünme açısı

ϕ' : efektif kayma mukavemeti açısı

L : AB yay uzunluğu

L : kazık boyu

c_u : drenajsız kayma mukavemeti değeri

c_u : kohezyon

c : kohezyon

W : kayma kütlesinin ağırlığı

W_a : kayma momenti

M : toplam dilim ağırlığı

u : dilim tabanındaki boşluk suyu basıncı

a : dilim tabanıyla yatay arasındakş açı

A : kesit alanı

A_s : boyuna donatı alanı

V_p : sismik p dalgası hızı

V_S : sismik s dalgası hızı

RQD : kaya kalitesi göstergesi

V_{S30} : 30 m derinlik için ortalaöa kayma dalgası hızı

E : elastisie modülü

μ : kayma modülü

K : bulk modülü

a : poisson oranı

p : yoğunluk

T_a : zemin alt titreşim periyodu

T_b : zemin üst titreşim periyodu

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Evrenimizde, doğal ve yapay şevler bulunmaktadır. Bu şevlerin hepsi stabilitesini koruyamamaktadır. Özellikle Karadeniz Bölgesi'nde arazilerin eğimli olması, bol yağış alması nedeniyle, heyelanlara sıkça rastlanmaktadır. Heyelanlar birçok sorunu beraberinde getirmektedir. Şevlerin bulunduğu bölgelere yakın veya şev üzerine kurulu yapılar, bu haraketlerden olumsuz şekilde etkilenmektedir.

Öztürk (2002) heyelanlar, şevin çeşitli nedenlerle stabilitesini kaybetmesiyle gelişir. Heyelanı tetikleyen birçok faktör bulunmasına rağmen, bu hareketin temelini yer çekimi oluşturur. Ülkemizde küçük ve büyük çaplı birçok heyelan gerçekleşmektedir. Bu heyelanlar maddi kayıplara, hatta ölümlere sebebiyet verebilmektedir.

Heyelanların sebebiyet vereceği kayıpları önlemek için şev stabilite analizleri çok büyük önem taşımaktadır. İnşaat ve jeoloji mühendislerinin de çalışma alarından biri olan şev stabilitesi, detaylı bir çalışma gerektirmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda öncelikle heyelanlı bölgenin özellikleri tespit edilmelidir. İnceleme alanında yapılan arazi deneyleri, sondaj çalışmaları, alınacak zemin örnekleri ile laboratuvar deneyleri yapılarak zemin geoteknik parametreleri belirlenmelidir. Gerekirse bölgede jeofizik çalışmaları yürütülmelidir. Bu çalışmalar ışığında, şev stabilite analizleri gerçekleştirilir. Bölgeye en uygun ve maliyet açısından uygun ıslah metodu belirlenerek, şev duraylı hale getirilip güvenlik sağlanmalıdır.

1.2. Literatür Taraması

Literatürde, heyelan analizlerinin Slide ve Plaxis ile gerçekleştirilmesi kapsamında yararlanılacak nadir kaynaklar bulunur. Yine de bu konuyla ilgili çalışmalar mevcuttur.

Gökcan (2019), Antalya-Burdur yolu üzerinde gerçekleşen Tekke heyelanını incelemiş ve geri analiz yönteminden faydalanmış, Plaxis programı ile analizleri gerçekleştirmiştir. Fore kazık uygulanmasını uygun ıslah metodu olarak belirlemiştir. Buna ek drenaj çalışmaları yapılmıştır.

Tekin (2011), sonlu elemanlar ve limit denge yöntemlerini kullanarak heyelan analizi gerçekleştirmiştir. Mevcut durum analizlerinde iki ayrı yöntemde eşdeğer sonuçlar elde etmiştir. Analizleri sonucunda Janbu yöntemi ile elde edilen güvenlik sayılarının daha düşük olduğunu fark etmiştir.

Kaynak (2007), Uzunkaya heyelanının incelenmesinde, arazide SPT ve presiyometre deneyleri yapılmıştır. Zemin çivisi uygulanması uygun görülüp güvenlik sağlanmıştır.

Kaba (2017), Düzce ili Çilimli İlçesi Karaçörtlen köyünde gerçekleşen heyelanı limit denge ve sonlu elemanlar yöntemini kullanarak analiz etmiş ve geogrid donatılı duvar kullanarak stabiliteyi sağlamıştır.

Çavumirza (2018), Kocaeli'nin Kartepe ilçesinde gerçekleşen bir heyelanı incelemiştir. GeoSlope programında yaptığı analiz sonuçlarını, el hesabıyla yaptığı sonuçlarla kıyaslamıştır. Bu analizler sonucunda, şeve istinat yapılarıyla desteklenmesi koşulu ile basamaklandırma yapılması sonucuna varmıştır.

1.3. Tezin Amacı ve Kapsamı

Ülkemizde, topografya, iklim koşulları, gibi faktörlerin üzerinde etkili olduğu heyelanlar, gerçekleşmektedir. Özellikle Karadeniz Bölgesi bol yağış olan, eğimli bir topografyaya sahip olduğundan, heyelanlara en çok rastlanan bölge olarak bilinmektedir.

Yaptığım bu tez çalışmasında, Düzköy-Çal Orta Mahallesi'nde meydana gelen heyelan incelenmiş ve şevin güvenli hale gelmesi için çözüm yoluna gidilerek çalışmalara gerçekleştirilmiştir.

Şekil 1.1. Düzköy-Çal Orta Mahalle heyelanı

Düzköy- Çal Orta Mahallesi'nde meydana gelen heyelan sonucunda, kayma yönündeki evlerde hasarlar, beton yolda çatlaklar, taş duvarlarda ötelenme tespit edilmiştir. Hasarların giderilmesi için, gereken önlemlerin alınması sonuna varılmıştır.

Şekil 1.2. İnceleme alanı heyelan yönü evlerde hasarlar

Şekil 1.3. İnceleme alanı taş duvarlarda ötelenme

Tezde ilk olarak, şev stabilitesi ve tanımları verilmiştir. Şev stabilitesi, kütle hareketleri, ıslah metodları ve analiz yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Düzköy Çal Orta Mahallesi'nde meydana gelen heyelan bölgesinde, inceleme bölgesinde yapılan sondaj çalışmaları, jeofizik çalışmalar yapılıp, arazi deneyleri ve inceleme bilgesinden alanından alınan numuneler ile laboratuvar deneyleri yapılarak zeminin geoteknik parametreleri belirlenmiştir. Bu geoteknik parametreler Slide ve Plaxis programlarına işlenerek, geoteknik enkesit oluşturulmuş ve uygun ıslah metodu belirlenerek sonuçlar elde edilmiştir.

1.4. Şev Stabilitesi ve Tanımlar

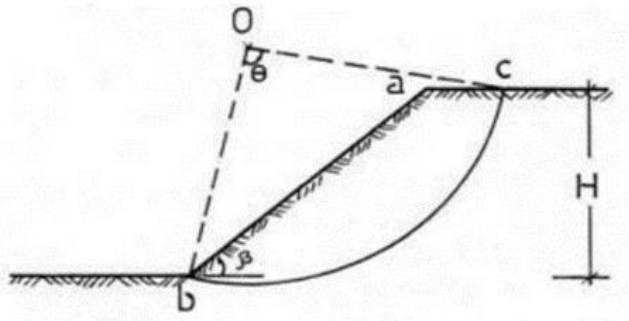
Şevler eğimli yüzeye sahip zemin kütleleri olarak betimlenir. Şevler geometrik özellikleri bakımından, sonlu ve sonsuz şev olarak iki başlığa ayrılır. Dünyamızda var olan şevlerin tamamı doğal şev değildir, insan eliyle yapılan birçok şevin de örneklerini görmekteyiz.

Şev stabilitesi kavramı, şev yüzeyi altındaki zemin kütlesinin yerini ve konumunu koruyabilmesi koşulunda gerçekleşir. Şevlerde ki zemin kütlesinin, bir başka deyişle zemindeki kayma direncinin düşmesi, şevin stabilitesini kaybedip yenilmesine neden olur.

Yenilmelerde esas etkili faktör ise suyun varlığıdır, suyun varlığı söz konusu değilse yenilme gerçekleşmesi çok zordur.

Erol (2018), inşaat ve geoteknik mühendisleri için de önemli bir konu olan şev stabilitesinin araştırılması ve uygun ıslah metodlarının bulunması, maliyet açısından uygun ve en en önemlisi güvenli projelendirme, inşaat mühendislerinin bu alandaki çalışmalarına örnek olarak verilebilir.

Şekil 1.4. Artvin-Erzurum karayolu heyelanı



Şekil 1.5. Şev parametreleri

H: Şev Yüksekliği
β : Şev Açısı, Eğim Açısı
ab : Şev Yüzeyi
bc : Kayma Yüzeyi
ac : Şev Tepesi
b : Şev Topuğu

Şev yüksekliği: Şevin tabanı ile şev tepesi arasındaki düşey mesafe

Şev Açısı: Şev yüzeyinin yatayla yaptığı açıdır.

Şev Yüzeyi: Şev topuğundan şev tepe noktasına kadar olan eğimli yüzeydir.

Kayma Yüzeyi: Kayan zemin kütlesinin alt yüzeyidir

Şev Tepesi: Şev yüzeyinin, düz yüzey ile kesiştiği en tepe noktadır.

Şev Topuğu: Şev yüzeyi ile şev tabanının kesiştiği kısımdır.

Kritik Şev Açısı: Duraylılığı bozmadan şeve verilebilecek maksimum açıdır.

Kritik Şev Yüksekliği: Çekme gerilmeleri etkisiyle çatlaklar oluşmadan şeve verilebilecek maksimum yükseklikliktir.

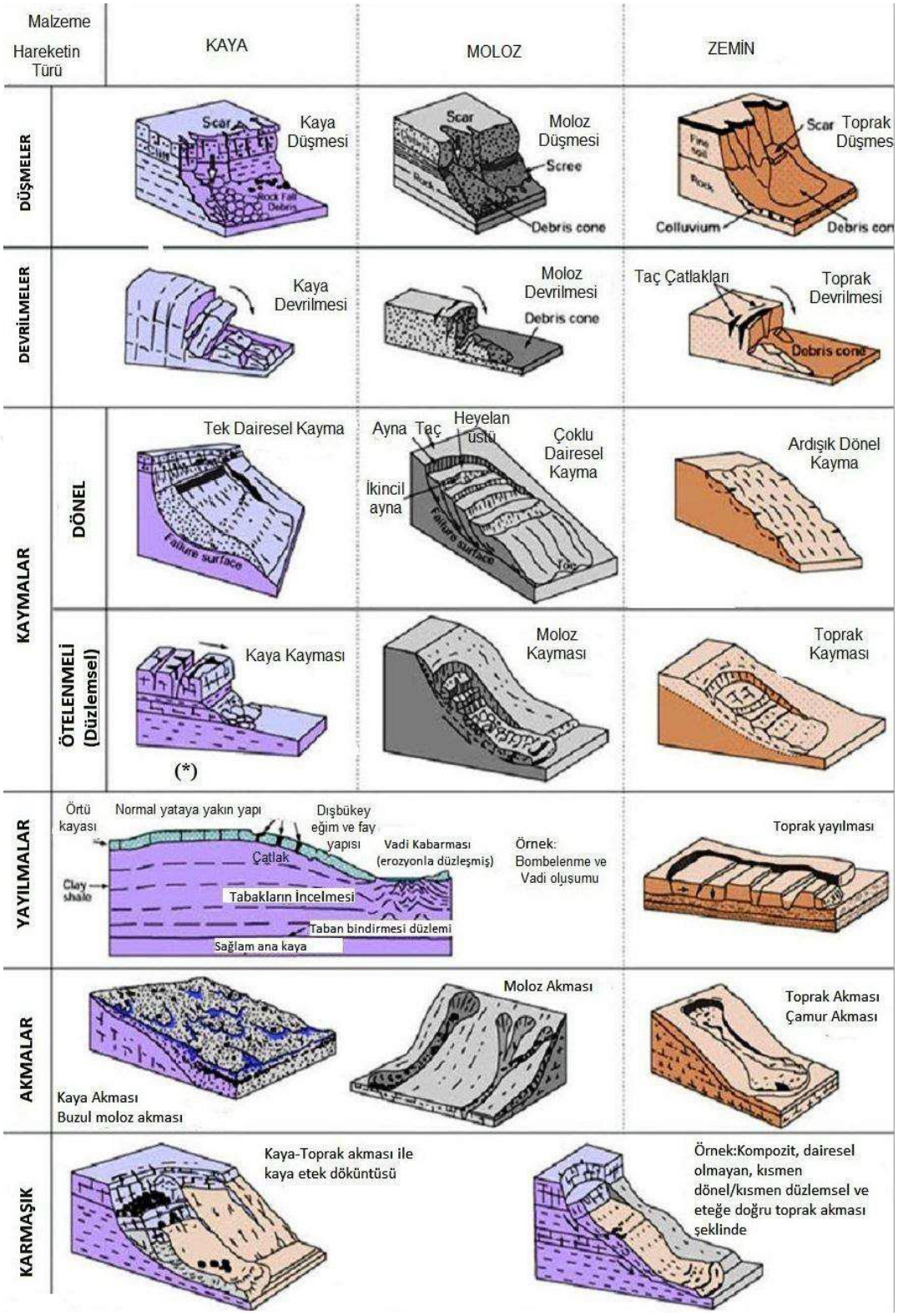
Şev Stabilitesi: Şevlerde zemin kütlelerinin olası göçme, kayma, yıkılma gibi tehlikelerin varlığının araştırılmasıdır.

1.5. Şev Hareketleri

Varnes (1978), şev hareketlerini kendi aralarından sınıflandırmıştır. Şevlerin hareket türleri; düşme, akma, devrilme, kayma ve yanal yayılma olarak 5 grupta incelenmektedir.

Hareket Türü		Malzemenin Türü		
		Kayaçlar	Zeminler	
			İri Daneli	İnce Daneli
Düşme		Kaya Düşmesi	Moloz Düşmesi	Zemin Düşmesi
Devrilme		Kaya Devrilmesi	Moloz Devrilmesi	Zeminde Devrilme
Akma	Yavaş	Kaya Kripi	Moloz Kripi	Zemin Kripi
	Hızlı	Çok Parçalı Kayaç Akması	Moloz Akması	Zemin 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 Yayılma		Kaya Yayılması	Zemin Veya Moloz Yayılması	
Karmaşık		Hareket Türü Ve Malzeme Karışık		

Şekil 1.6. Hareket tipi ve malzeme türüne göre sınıflandırma (Varnes, 1978).

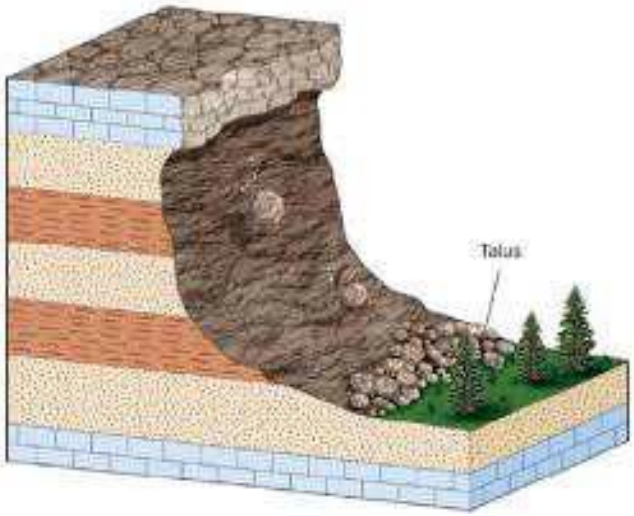


Şekil 1.7. Zemin kütle hareketi çeşitleri (Varnes, 1978).

1.5.1. Düşme

Düşme hareketi çok rastlanılan bir hareket türüdür. Dik yamaç veya uçurumlardan, farklı boyutlardaki kaya parçalarının ani serbest düşme hareketidir. Her bir kütle, diğerinden bağımsız hareketini gerçekleştirir. Hareketin meydana geldiği yamacın tabanında genellikle kaya birikmesi gerçekleşir.

KGM (2015), kaya düşmesi, moloz düşmesi ve toprak düşmesi olarak üç başlık altında toplanırlar.



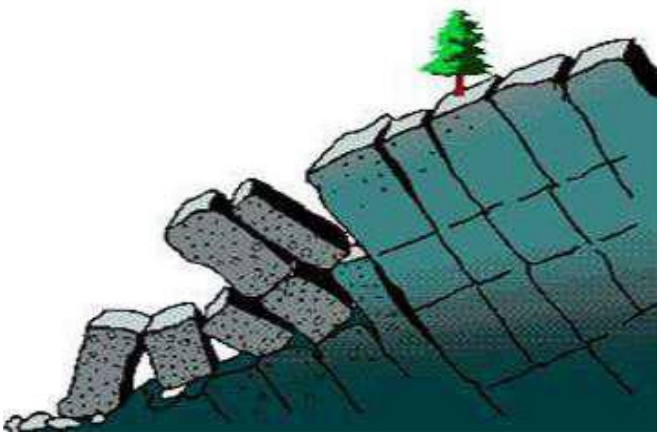
Şekil 1 8. Düşme tipi zemin hareketi (Pehlivan, 2019).

Çok hızlı gerçekleştikleri için, büyük hasarlara hatta can kaybına sebebiyet evrebilirler. Kayaçlardaki süreksizlikler, hidrostatik basınç topuklardaki oyulmalar ve bunun gibi birçok etmen bu hareketin gelişmesine sebebiyet verebilir.

Şekil 1.9. Artvin-Şavşat karayolu düşme tipi zemin hareketi

1.5.2. Devrilme

Ulusay (2001), devrilme hareketi, yenilme ünitelerinin ağırlık vektörünün aşağısında bulunan bir nokta çevresinde, aşağıya yönde yamaç önüne dönel hareketi olarak tanımlanır. Devrilme hareketi iç kısmına doğru eğimli yamaçlarda daha sık gözlemlenir.



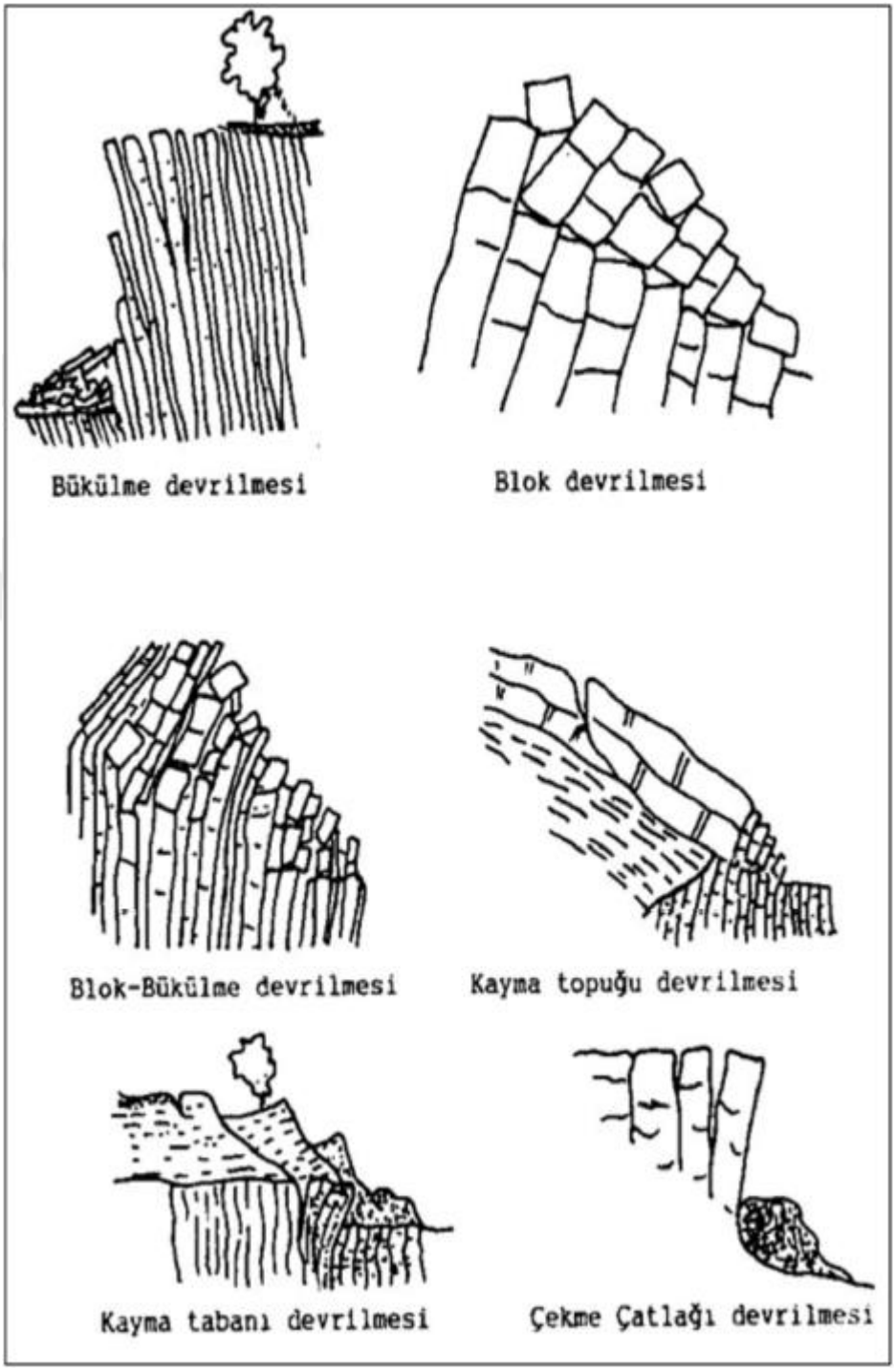
Şekil 1.10. Devrilme tipi hareket

KGM (2015), bu hareket kaya biriminin özellikleri ve şev eğimi ile bağlantılı gerçekleşiyorsa kaya düşmesi olarak şevlerde birimin litolojik yapısına bağlı olarak gerçekleşiyorsa zemin ya da moloz devrilmesi olarak ifade edilir.

Şekil 1.11. Tirebolu - Torul yolu devrilme türü hareket

Tarhan (1996), bloğun genişliği, blok yüksekliği, şev açısı kaya blokların stabil kalmasında etkili parametrelerdir. Blok genişliğinin blok yüksekliğine oranı küçük olan blokların devrilme ihtimali yüksektir. Bu oranın büyük olduğu bloklar devrilme hareketinin gerçekleşmesine karşı koyarlar. Bu nedenle karşı koyan blokların güçlendirilmesi devrilme hareketini engellemede etkili olacaktır.

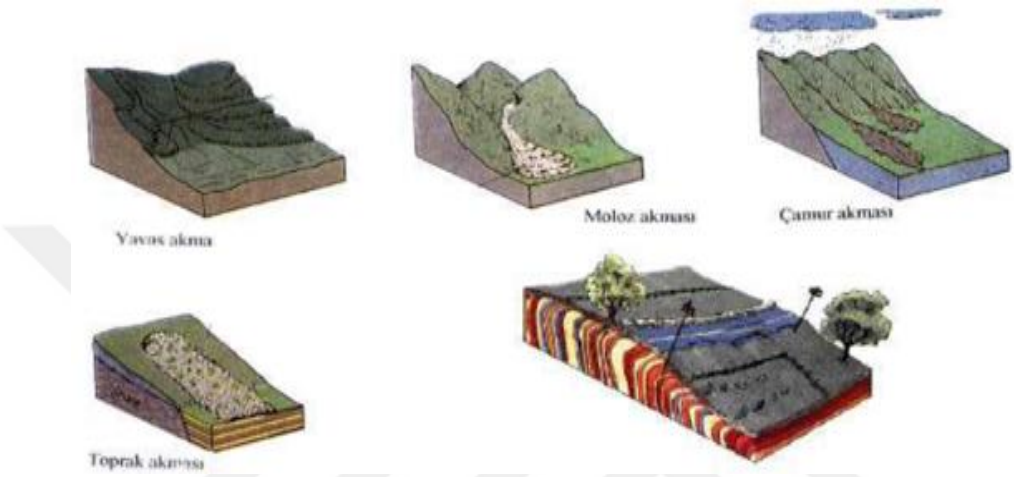
Çevremizde birden fazla devrilme hareketi gözlemlenmiştir, bunlar arasında en çok karşılaşılan devrilme çeşitleri Şekil 1.12'de verilmiştir.



Şekil 1.12. Çevrede görülen devrilme çeşitleri (Goodman ve Bray, 1976)

1.5.3. Akma

Akma hareketi yüksek su içeriğine sahip zeminlerde meydana gelir. Malzemenin su ile beraber bulamaç halinde aşağı gelme durumudur. Akmalar uzun mesafelerde çok hızlı hareket edebildiklerinden dolayı en yıkıcı ve tehlikeli duraysızlık türü olarak bilinirler.



Şekil 1.13. Akma türleri (Ünsal, 2010).

Akmalar, hızlarına göre yavaş ve hızlı akma olarak iki gruba ayrılır.

1.5.3.1. Yavaş Akma (Krip)

Krip olarak da bilinen yavaş akma, şevlerin yüzeyindeki malzemenin, yavaş bir hızla aşağı gelmesi olarak tanımlanır.

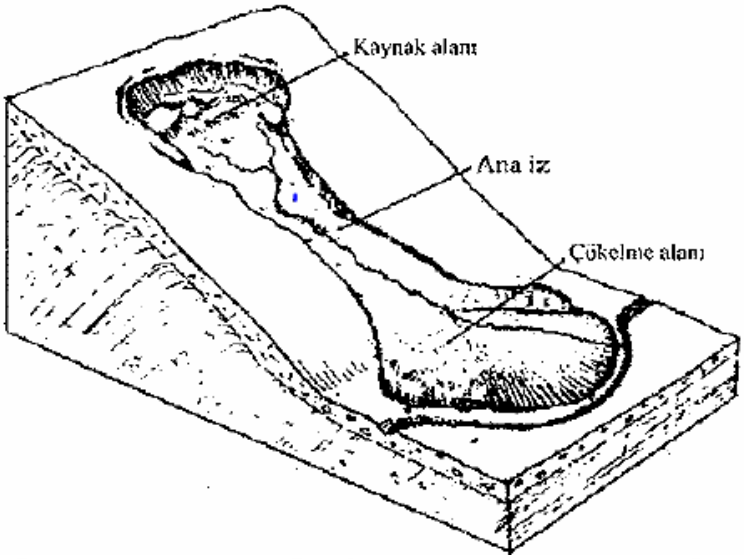
Pehlivan (2019), başlıca yer çekimi etkisiyle tetiklenen bu harekete, donma çözünme olayları, bitkilerin köklerindeki büyümeler, su muhtevası, gibi faktörler de sebebiyet verir.

Şekil 1.14. Yavaş akma

1.5.3.2. Hızlı Akma

Tarhan (1996), su muhtevası yüksek zeminlerde, boşluk suyu basıncı ve titreşimlerin artması ile malzemenin, şevden aşağıya doğru hızlıca gelmesi sonucu oluşan hareket türüdür. Akma hızı, su miktarıyla doğru orantılıdır. Malzeme cinsine göre; kaya-blok, toprak ve moloz akması şeklinde üçe ayrılırlar.

Şekil 1.15. Hızlı akma hareketi



Şekil 1.16. Akma yenilmesi (Cuduto, 2006).

1.5.4. Kayma

Keleşoğlu (2020), şevdeki zemin kütlesinin, süreksizlik yüzeyi doğrultusunda, kazı boşluğuna doğru hareket etmesi olarak tanımlanır. Kaymaya karşı koyan gerilmelerin, kaydıran gerilmelerden küçük olduğu an şevde kayma gerçekleşmeye başlar.

Kaymalar, düzlemsel(ötelenmeli) kaymalar ve dairesel(dönel) kaymalar olmak üzere iki gruba ayrılır.

1.5.4.1. Düzlemsel (Ötelenmeli) Kayma

Ötelenmeli kayma olarak da bilinen düzlemsel kayma, düz bir yüzey boyunca gerçekleşir. Kayma yüzeyiyle eşit bir açıyla, aşağı yönde hareket, düzlemsel (ötelenmeli) kayma olarak açıklanmıştır.

1.5.4.2.. Dairesel (Dönel) Kayma

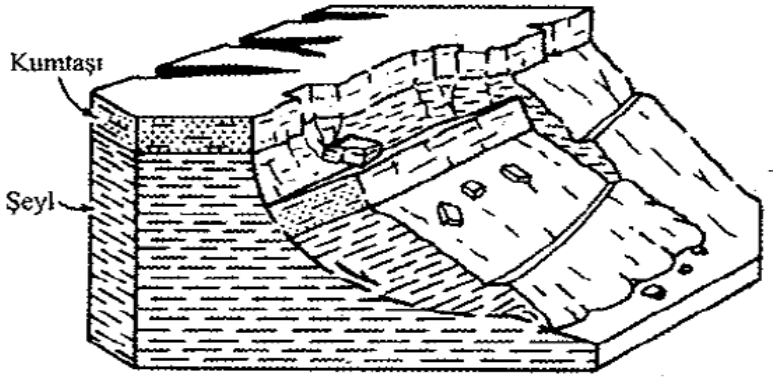
‘Bu tür kaymalar, dairesel (kaşık şeklinde) yüzeyler boyunca gelişir ve hareket sırasında kayan kütle geriye doğru yatmış bir konum kazanır. Kayma, yavaş veya orta

derecede bir hızla ve belirgin bir yenilme yüzeyi boyunca meydana gelir' (Ulusay, 2001, s.204).

Şekil 1.17. Dairesel kayma (Ulusay, 2001).

Çok rastlanan bir kayma türü olan dairesel kayma, kil, silt gibi kohezyonlu zeminlerde meydana gelir. Yenilme gerçekleştikten sonra, kaşık şeklinde bir kayma yüzeyi gözlemlenir.

Şekil 1.18. Dairesel kayma, Canada, 2001, (Fotoğraf: Réjean Couture).

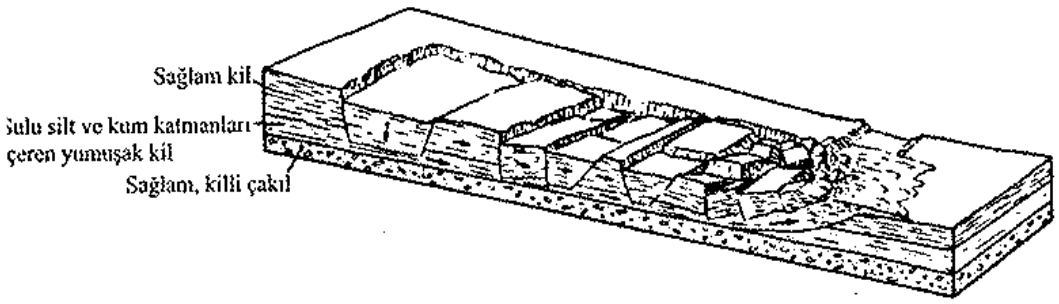


Şekil 1.19. Dairesel kayma (Coduto, 2006).

1.5.5. Yanal Yayılma

Çavumirza (2018), yanal yayılma hareketi, kesme ve makaslama deformasyonlarının aynı anda gözlemlendiği hareket olarak açıklanır. Bu deformasyonlara ek, yanal olarak bir genişleme de gözlemlenir.

Düşük eğimli, pürüzsüz bölgelerde gerçekleşen bu hareket birden başlar ve önceden tespit edilmesi çok zordur. Bu hareket deprem olayları gerçekleştikten sonra, çok sık bir şekilde kendini gösterir.



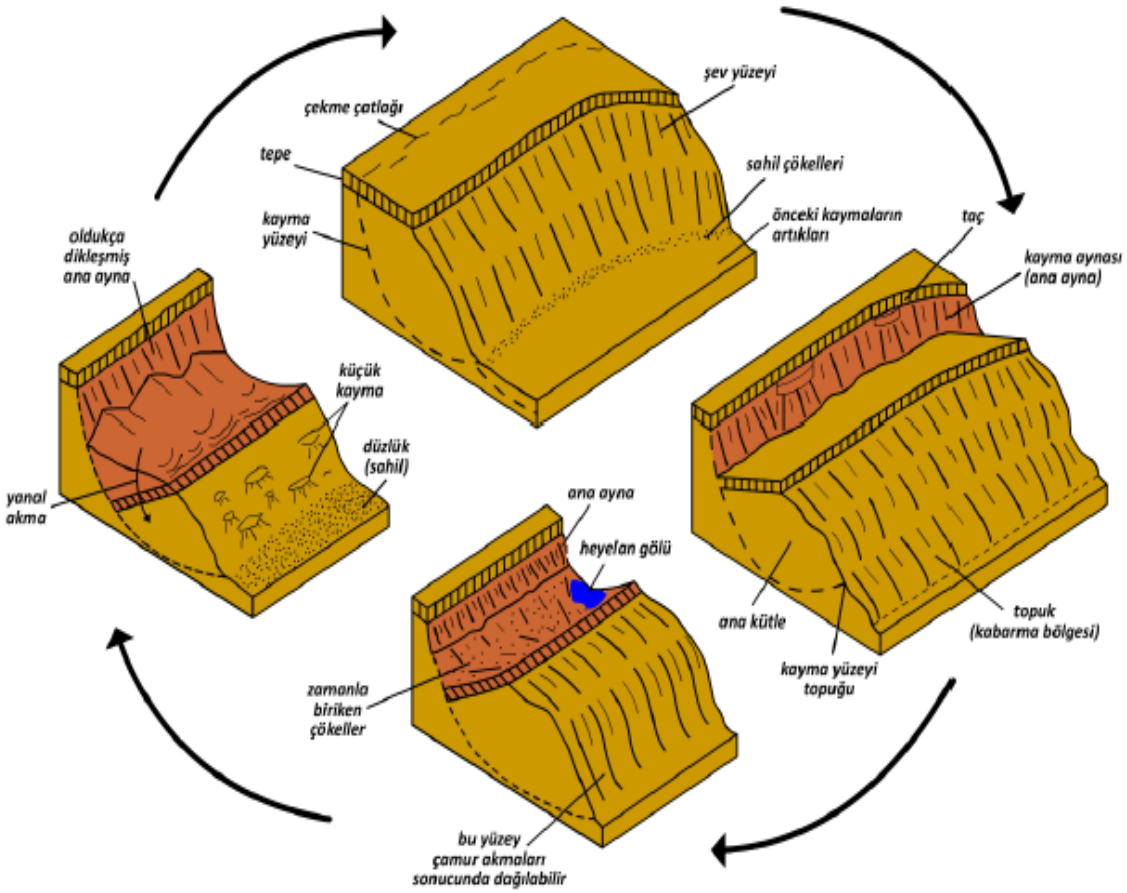
Şekil 1.20. Yanal yayılma (Coduto, 2006).

Canik (2006), kayma hareketine benzerlik gösteren yanal yayılma hareketinin kayma yüzeyleri sarih değildir.

Şekil 1.21. Yanal yayılma hareketi

1.5.6. Karmaşık Hareketler

Tekin(2011), karmaşık hareket, en az iki yenilme tipini kapsayan hareket türü olarak tanımlanır. Örneğin kohezyonlu zeminlerde oluşan yenilmeler, sonradan çamur akması şekline, ilk olarak devrilme şeklinde gelişen hareketlerin sonradan düşme, akma ya da kayma tipi harekete dönüştüğü gözlemlenebilir.



Şekil 1.22. Bir kısım akma özellikleri de içeren karmaşık kayma (Bromhead, 1986)

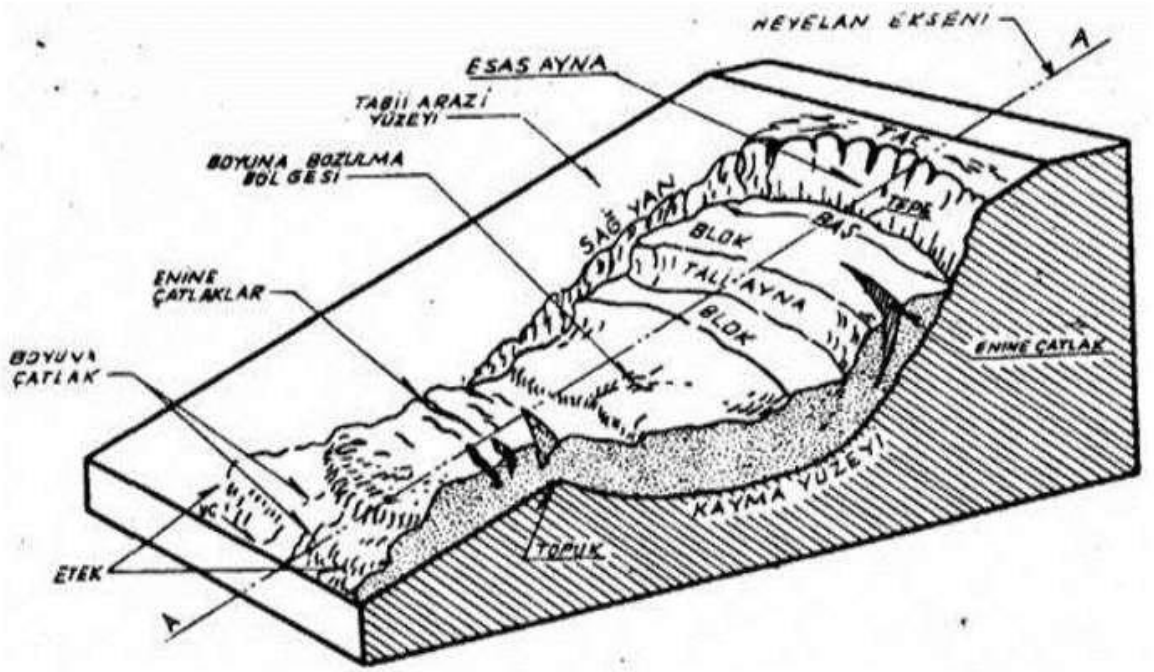
1.6. Heyelanlar

Genellikle depremler, şiddetli yağmurlar volkanik patlamalar veya siklonlar gibi doğal afetler tarafından tetiklenen heyelanlar, iklim değişikliği ve ormansızlaşma gibi faktörlerden de etkilenerek artmaktadır. Bir heyelan etkisi, can kaybı, altyapının tahribi, arazi hasarı ve doğal kaynakların kaybı dahil olmak üzere kapsamlı olabilir. Heyelan malzemesi ayrıca nehirleri tıkayabilir ve sel riskini artırabilir. Büyük depremler veya volkanik faaliyetler tarafından tetiklenen derin heyelanlar binlerce kilometrelik bir alanı yok edebilir ve binlerce insanı öldürebilir. Heyelanlar, yıllarca toprağa erişimi engelleyebileceği, tohum ve gıda stoklarını yok edebileceğinden, çiftçilerinde geçim kaynakları üzerinde yıkıcı bir etkiye sahiptir. Ülkemizde de gerçekleşen heyelanlar büyük veya küçük çaplı hasarlara neden olmaktadır.

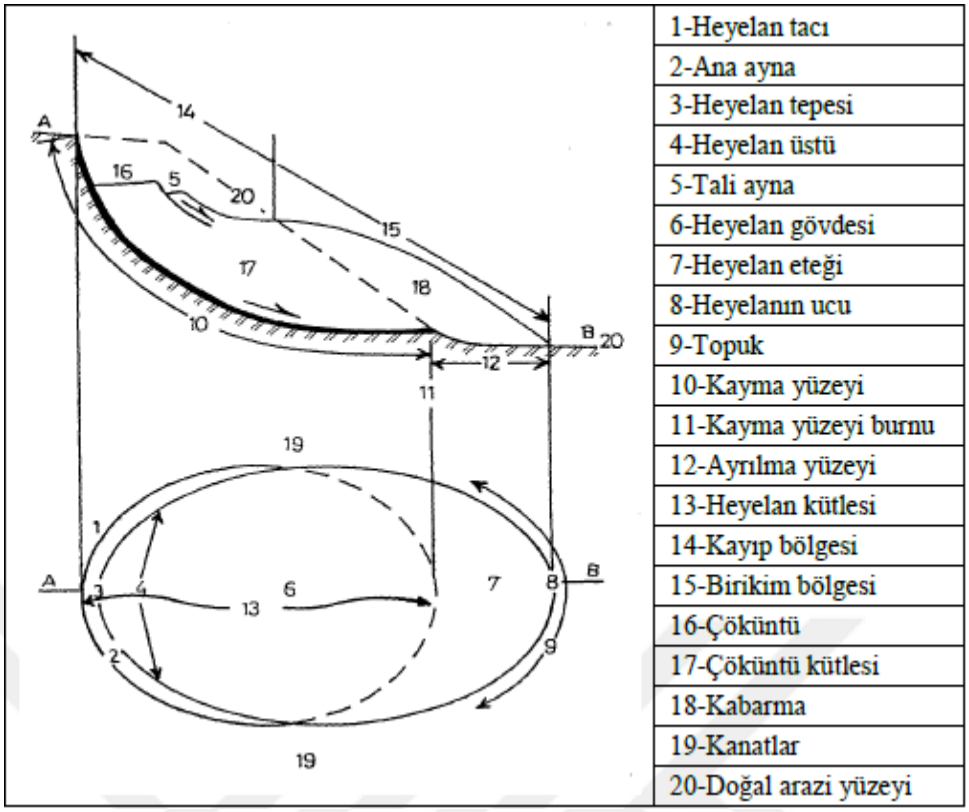
1.6.1. Heyelan Tanımı ve Kısımları

Kaya, toprak veya moloz kütlelerinin bir eğimden aşağıya doğru hareket etmesi olayıdır. Heyelanlar, şev stabilitesindeki bozulmalar neticesinde gerçekleşir.

Pehlivan (2019), şev açısı ve su muhtevası kayma hızını etkilemektedir.



Şekil 1.23. Heyelan kesiti (Coduto, 2006).



Şekil 1.24. Heyelan kısımları (IAEG, 1990).

1.7. Şev Zemin Parametrelerinin Belirlenmesi

Mühendislikte, şev stabilitesinin sağlanıp, şevin güvenli hala getirilmesi büyük önem taşımaktadır. Yapılan çalışmalar, özenli ve dikkatli bir şekilde yürütülmeli ve şevin bütün özellikleri doğru bir şekilde saptanmalıdır.

1.7.1. Zemin Araştırma Çalışmaları

Zemin araştırma çalışmaları şev içerisindeki birtakım verileri elde etmek için yürütülen bir çalışmadır. Ayrıca, yeraltı suyu seviyesi ve kayma yüzeyleri hakkında da bilgi edinmek gereklidir. Zemin araştırma çalışmaları, inceleme alanında yapılan gözlemsel incelemeleri takip ederek yürütülmelidir.

Erol (2018), zemin araştırmalarının amacı, şevi oluşturan zemin malzemesinin mühendislik özelliklerini belirlemek, yer altı suyu özelliklerini saptamak ve kayma

yüzeyinin belirlenmesini sağlamaktır. Bu özellikleri elde etmekte sondajlar, inceleme çukurları, sondalar ve jeofizik yöntemler kullanılır.

Uzuner (2019), zemin yüzeyine yakın sığ derinlikleri (birkaç m) öğrenmek için, alanın çeşitli noktalarında, inceleme çukurları (muayene çukurları, muayene kuyuları) veya inceleme hendekleri açılabilir. İnceleme çukurları, elle veya makine ile açılan, planda yuvarlak, kare veya dikdörtgen biçimli, birkaç m (1-5 m) derinliğindeki çukurlardır. Kendini tutabilen zeminlerde, dik yan yüzlü ve kaplanmış olarak; diğer zeminlerde, eğik yan yüzlü veya kaplanmış olarak açılırlar. Çukur açıldıktan sonra, çukura inilerek, çukur yan yüzlerinden; tabakalanma, tabakaların kalınlıkları, zemin cinsleri, zeminlerin durumu vb gözlenerek, ölçülerek, basit araçlarla yoklanarak not edilir. Bazen çukur yerine, dar ve uzun hendekler açılır. Bu hendeklere, inceleme hendekleri denilir.

Sondajlar, zeminlerin geoteknik parametrelerinin belirlenmesi için, zeminde düşey, yatay ve açılı silindirik delik açılarak numune alma işlemidir. Sondaj işlemi, kamyon üzerine monte veya paletli sulu sistemde çalışan makinalarla gerçekleştirilir. Ayrıca yumuşak killi zeminlerde 3-5 m derinliklerden numune almak için kullanılan el burgu sondaj mevcuttur. Sondaj işlemi ile zeminlerin düşey, yanal geçişleri ve yer altı suyu durumu hakkında da bilgi alınır.

Jeofizik çalışmalar, zeminde bir balyoz veya patlatmayla oluşturulan dalgaların jeofonlar tarafından alınarak bir kayıt cihazında Vp, Vs dalga hızları belirlenerek, zemin katmanları, yoğunlukları ve elastik parametreleri hakkında veriler elde edilir. Sondaj maliyetlerinin fazla olması nedeniyle, sondaj sayıları azaltılarak, sondaj yapılamayan yerlerde, jeofizik çalışmaları yapılarak sondajla karşılaştırılır.

1.7.2. Arazi Deneyleri

Çalışmaların yürütüleceği alanın zemin özelliklerinin saptanması büyük önem taşımaktadır. Arazi deneyleri de zemin özelliklerini belirlemede kullanılan bir başka yöntemdir. Arazide yapılan deneyler standart penetrasyon, koni penetrasyon, plaka yükleme ve presiyometre deneyleri örnek olarak verilebilir.

Standart penetrasyon deneyi, çok şık kullanılan bir arazi deneyi olup, sondaj kuyularında uygulanır. 762 mm yükseklikten 63.5 kg şahmerdanın (tokmak) serbestçe düşürülmesiyle SPT düzeneği ucundaki çarığın, öncelikle zemine 15 cm çakılır.

Bu çakılan bölge örselenmiş olduğundan bu ilk 15 cm'lik batmaya karşılık gelen darbe sayısı (N) dikkate alınmaz. Bundan sonraki 30 cm'lik batma için gerekli olan darbe sayısı SPT değeri olarak alınır. Bu değer düzeltme faktörleriyle çarpılarak düzeltilmiş SPT değeri elde edilir. Bu değer zeminin sıkılık, kıvam zemin emniyet gerilmesi ve kayma direnci parametreleri vb geoteknik parametrelerin elde edilmesinde kullanılır. Standart penetrasyon deneyi kum, silt, kil ve ince çakıllı zeminlerde kullanılır. Kalın bloklu alüvyonal zeminler için uygun değildir.

Koni penetrasyon deneyi, hidrolik bir ünite ile çapı 35.7 mm olan 60 derecelik bir koni ucun, tijler yardımıyla zemine 2.5 cm/sn hızla zemine itilirken ölçülen kuvvet, koni uç alanına bölünerek uç direnci elde edilir. Bu değerden zeminin elastisite modülü ve zemin emniyet gerilmesi hesaplanır. Koninin zemine itilmesi esnasında yanal sürtünme kuvveti de elde edilir. Bu kuvvet ceket yanal alanına bölünerek yanal sürtünme gerilmesi elde edilir. Bu değer kazıkların yanal yüzeylerinin taşıma gücünün tespitinde kullanılır. Bu deney gevşek ve ince taneli zeminler için uygundur. Koni penetrasyon deneyi sondaj yapılmadan gerçekleştirilen bir arazi deneyi olup, seri ve hızlı bir şekilde yapılması nedeniyle sondaj ve SPT' ye göre çok daha avantajlıdır.

Presiyometre deneyi, SPT deneyinde olduğu gibi önceden açılmış sondaj kuyunda yapılan bir arazi deneyidir. Sondaj kuyusuna indirilen ve üç hücreden oluşan silindirik bir tüpün azot gazıyla şişirilmesi ve sondaj kuyusunun radyal olarak yüklenmesi ile gerçekleştirilmektedir. Sondaj kuyusunun arzu edilen seviyesinden genellikle 1-1.5 m aralıklarla yapılır. Her bir deney için on farklı basınç uygulanır, düşeyde basınç yatayda hacim olacak şekilde bir grafik çizilir. Bu deney neticesinde limit basınç PL, net limit basıncı elde edilir. Bu değer bir güvenlik sayısına bölünerek zemin emniyet gerilmesi elde edilir. Ayrıca bu deneyle elastisite modülü de elde edilir. Bu deney kohezyonsuz ve alüvyonal zeminler için uygun değildir. Kendini tutabilen siltli, killi ve kumlu zeminler için uygundur.

Plaka yükleme deneyi, yerinde (arazide) yükleme yoluyla zeminin taşıma kapasitesini belirlemek için kullanılır. Bu deney için arazide kapasitesi 50 tondan az olmayacak bir iş makinası veya kamyon gereklidir. Plakaların çapları zeminin max tane çapına göre 300 mm ile 762 mm arasında değişir. Plakaların kalınları ise 25 mm' dir. Bu deney 50 ton kapasiteli aracın altına plaka, piston ve deformasyon saatlerinden oluşan düzeneği yerleştirdikten sonra değişik basınç kademelerinde zemindeki oturmalar kayıt edilir. Yatayda gerilme, düşeyde oturma grafiği çizilir. Grafikten sınır taşıma gücü elde edilir. Bu değer bir güvenlik sayısına

bölünerek (genellikle) 2-3 alınır. Buradan plakanın taşıma gücü ve zeminin taşıma gücüne geçiş yapılır. Bu deney neticesinde zeminin emniyet gerilmesi, elastisite modülü elde edilir.

1.7.3. Laboratuvar Deneyleri

Arazide yapılan çalışmaların yanı sıra, araziden örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınır. Numuneler loboratuvar ortamına gönderilerek birtakım deneyler yapılır ve stabilite analizi için gerekli, kullanılacak veriler elde edilir.

1.8. Şev Stabilite Analiz Yöntemleri

Mühendislik çalışmalarının tümünde esas dikkat edilmesi ve üzerinde durulması gereken konu güvenliktir. Mühendislik yapıları, yüklerini üzerinde bulundukları zemine aktarırlar, bu nedenle zeminlerde güvensiz bir durum olmaması gerekir. Zeminlerde güvensiz bir durum söz konusu olması durumunda, zeminlerin iyileştirilip daha güvenli güvenli hale getirilmesi sağlanır. Evrenimizde birçok doğal şevin bulunmasının yanı sıra, yapay şevlerde bulunur. Şevlerin bulunduğu ve etkisi olduğu alanlarda, olası tehlike oluşturacak durumların (can, mal kaybı) önüne geçmek açısından şev stabilitesi analizleri büyük önem taşımaktadır.

Şev stabilitesinin hesaplarında iki farklı yöntem kullanılır;

- Limit gerilme yöntemi
- Limit denge yöntemi

1.8.1. Limit Gerilme Yöntemi

Önalp ve Arel (2004), bu yöntem, dış yüklerin tesiri ile zeminde oluşan deformasyonları, bu deformansyonların miktarını, zeminin her bir katmanında meydana gelen gerilmelerin konumunu, hareket nedeniyle şevde yenilme olma ihtimalini araştırır.

1.8.2. Limit Denge Yöntemi

Komut (2015), bu yöntem stabilite analizlerinin gerçekleştirilmesinde sıkça başvurulan bir yöntemdir. Limit denge analizleri birçok farklı yöntem kullanılarak yapılabilmektedir. Bishop yöntemi, bu yöntemler arasında en çok kullanılan ve doğruya en yakın sonucu veren yöntemdir.

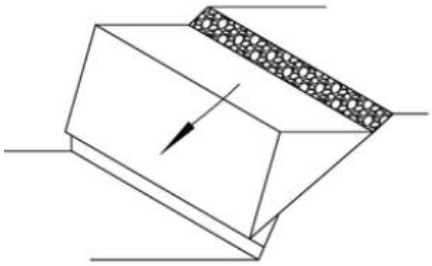
Bu analiz sonucunda güvenlik sayısı bulunur. Güvenlik sayısı, karşı koyan gerilmelerin, kaydıran gerilmelere oranı olarak ifade edilir. Şevlerde yapılan çalışmalarda güvenlik sayısı büyük önem arz eder. Güvenlik sayısı şevin yenilip yenilmeyeceğine karar vermemizde bize yardımcı olur, bu nedenle olumsuz sonuçların ortaya çıkmaması için bu parametre dikkate alınmalıdır.

Şart	Güvenlik Sayısı (G.S.)		
	Toplam Gerilme	Efektif Gerilme	Deprem
Dolgularda yapım sonu	1. 50	-	-
Yarmalar	1. 50	1. 25	1. 0
Barajda sızıntı	1. 50	1. 25	-
Barajda ani su düşmesi	1. 50	1. 10	-
Laboratuvar maksimum direnç	1. 50	1. 35	1. 0
Parametrelerin kullanımı ile	-	-	-
Kalıcı dirence göre	-	1. 20	1. 0
Uzun vadede duraylılık	-	1. 20	-
Yamaç üzerinde yapı bulunması	1. 80	1. 50	1. 2
Fisürlü killer	-	1. 50	-

Şekil 1.25. Güvenlik sayıları, TS 8853

1.8.2.1. Düzlemsel Kaymalar

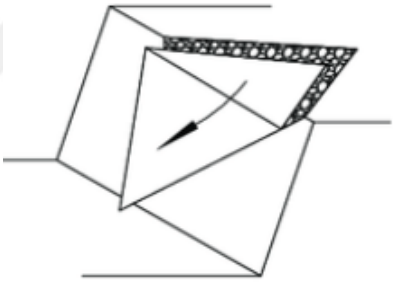
Kayan kütlenin, düzlemsel zayıflık yüzeyi boyunca, aşağı yönlü haraketi olarak adlandırılır. Kayma uzunluğu kayma derinliğine oranla çok daha büyüktür.



Şekil 1.26. Düzlemsel kayma hareketi

1.8.2.2. Kama Tipi Kaymalar

‘Doğadaki kayaçların fay, çatlak, şistozite, tabaka vb. gibi süreksizlik yüzeyi boyunca, sınırlı bir şekilde aşağı doğru hareket etmesine düzlemsel kayma denir’ (Tarhan, 1996, s.94).



Şekil 1.27. Kama tipi kayma hareketi

1.8.2.3. Dairesel Kaymalar

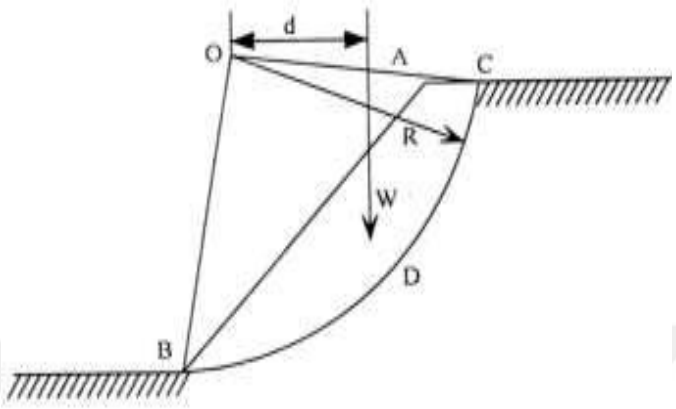
Dairesel kayma hareketine kohezyonlu zeminlerde gerçekleşir. Dairesel kayma yüzeyine sahip zeminlerde kullanılan analiz yöntemleri aşağıda verilmiştir.

1.8.2.3.1. ϕ=0 Analizi

İsveç Daire Yöntemi olarak da bilinen bu yöntem, kayma dairesi üzerindeki kütlenin tek bir cisim olarak hareket ettiği kabulüne dayanır. $\phi = 0$ olarak kabul edildiği için, kumlu ve çakıllı, içsel sürtünme açısı olan zeminlerde bu yöntem kullanılamaz. Yumuşak killerde

ve suya doygun zeminlerde, drenajsız koşullarda analiz gerçekleşiyor ise $\phi = 0$yöntemi uygulanabilir.

$\phi = 0$ olduğu için, kayma gerilmesi sadece kohezyona bağlı olarak gerçekleşir.



Şekil 1.28. Dairesel kayma yüzeyindeki gerilmeler (Pehlivan, 2019).

Pehlivan (2019), merkezi 'O', yarıçapı r olan dairesel bir kayma yüzeyi kesiti Şekil 1.28. 'de verilmiştir. Şekil 1.28.'de ABCD alanındaki zemin ağırlığı olan W, döndüren moment Wa'yı meydana getirir.

Bu moment;

$$M0 = Cu \cdot Lr \quad (1)$$

şeklinde ifade edilir.

L: AB yay uzunluğu

Cu: zeminin kohezyonu

$$L = 2\pi r \frac{\theta}{360} \quad (2)$$

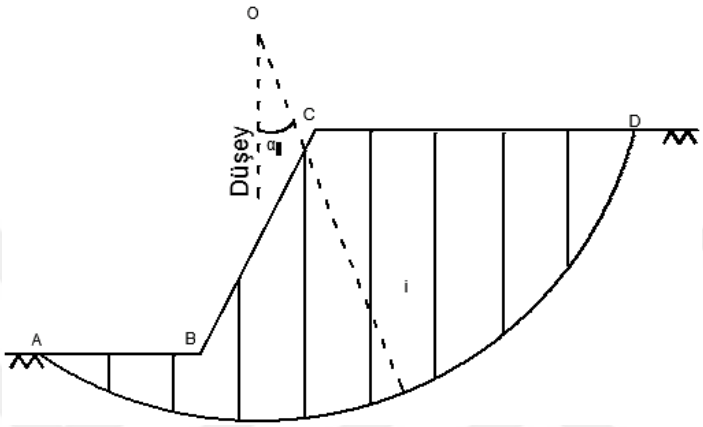
Güvenlik sayısı; $G.S = \frac{M_0\ (karşı\ koyan)}{M_0\ (\ kaydıran)}$ (3)

$$G.S = \frac{cu.L}{Wa} \quad (4)$$

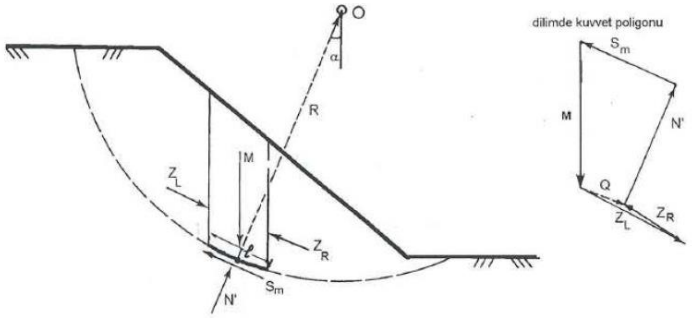
şeklinde formülize edilir.

1.8.2.3.2. İsveç Dilim Metodu

Çetin (2010), Fellenius yöntemi olarak da bilinen bu metot, dilimler arası kuvvetleri yok sayan, güvenlik sayısı elle hesaplanacak kadar kolay olan bir metottur. Bir tek dairesel kayma yüzeyleri için uygundur.



Şekil 1.29. Şev kesitini oluşturan dilimler (Çetin, 2010).



Şekil 1.30. Kuvvet poligonu ve dilime etki eden kuvvetler (Önalp ve Arel, 2004).

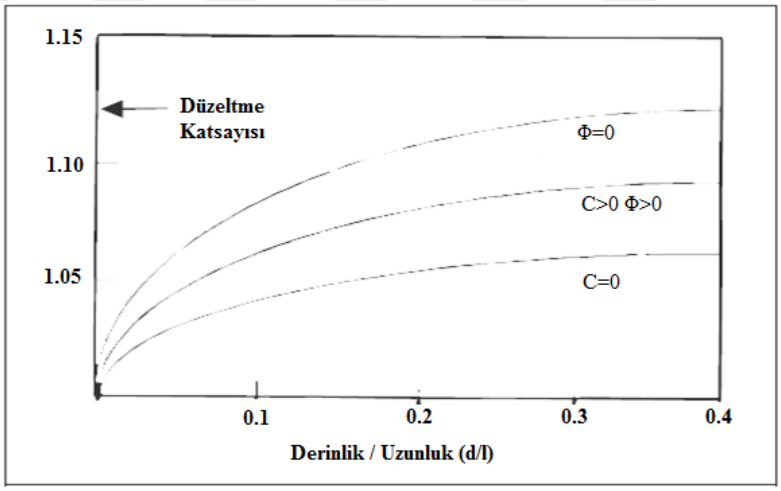
Güvenlik sayısı aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır;

$$GS = \frac{\Sigma[\, c\prime I + (M\cos a - U_w I)\tan \phi\prime]}{\Sigma M \sin a} \quad (5)$$

1.8.2.3.3. Basitleştirilmiş Janbu Yöntemi

Sadece yatay yönlü kuvvetlerim dengesine bakan bu yöntem, moment dengesini yok sayar. Moment dengesi göz ardı edildiği için, daha düşük güvenlik sayıları elde edilir. Basitleştirilmiş Bishop ve Spencer yöntemlerin oldukça düşük güvenlik sayıları elde eder. Daha düşük güvenlik sayıları elde etmesine rağmen, bu metodun kullanılma nedeni, dairesel olmayan kayma yüzeylerinde de kullanılabiliyor olmasıdır. Bulunan düşük güvenlik sayıları daha doğru sonuç vermesi için, bir düzeltme faktörü ile çarpılarak daha makul rakamlara çıkarılır.

Düzeltme faktörü, aşağıda verilen Şekil 1.31.'deki diyagramdan, veya (8) numaralı formülden elde edilebilir.



Şekil 1.31. Düzeltme faktörü diyagramı (Spencer, 1967).

$$G_s = f_0 \,.\, F_o \tag{6}$$

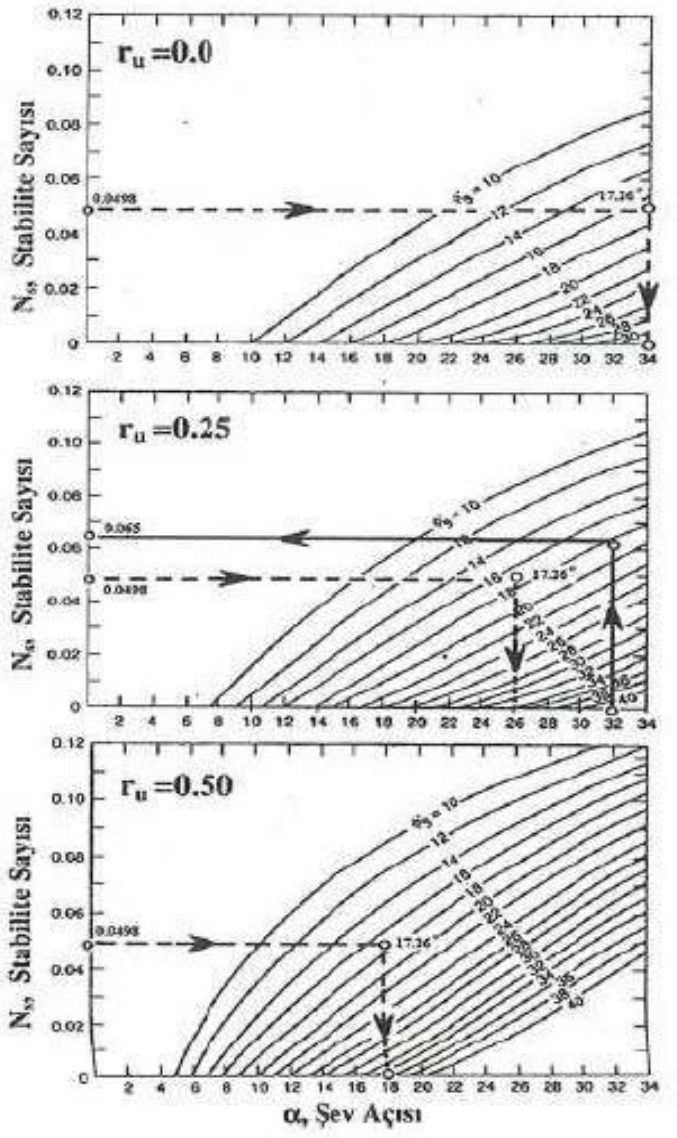
$$F_0 = \frac{\Sigma\{[c'b + \left((M.ub).tan\emptyset'\right).\sec a \,.k_a\}}{M\ tan\emptyset} \tag{7}$$

$$f_0 = 1 + b[\frac{b}{L} - 1.4\left(\frac{d}{L}\right)] \tag{8}$$

1.8.2.3.4. Spencer Yöntemi

Kaba(2017), Spencer, moment dengesini ayrı, yatay kuvvet dengesini ayrı sağlayabilen yöntemi öne sürmüştür. Bu metot, dilimler arası kuvvet oranını sabit kabul eder.

Duncan ve Wright (2005), bu metot Spencer tarafından dairesel kayma yüzeyleri için geliştirilmiştir. Fakat Spencer metodu, diğer kayma yüzeylerinde de kullanılabilmektedir.

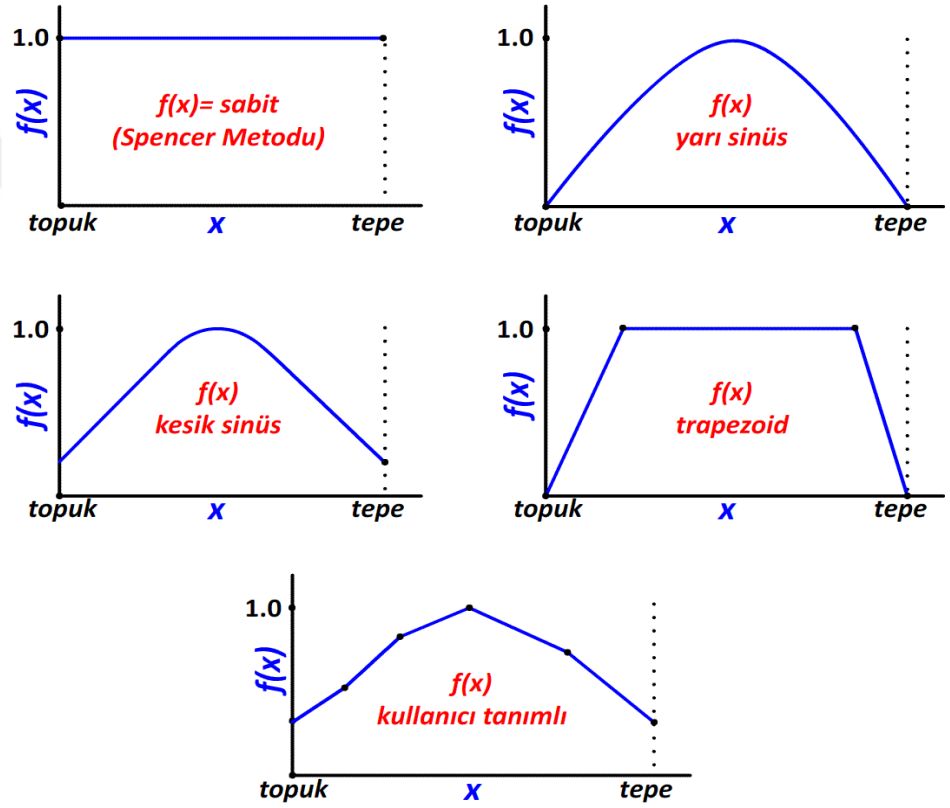


Şekil 1.32. Spencer stabilite abakları (McCarty, 1998).

1.8.2.3.5. Morgenstern- Price Yöntemi

Tekin (2011), Morgenstern-Price, dilimler arasındaki kuvvetleri açıklamak için değişik kuvvet fonksiyonları tercih etmiştir.

Duncan ve Wright (2005), Morgenstern-Price ve Spencer yöntemleri birbirine çok benzer. Morgenstern-Price metodu ile Spencer metodunun arasındaki fark, Spencer metodunun dilimler arasındaki kuvvet oranını sabit kabul etmesidir.



Şekil 1.33. Morgenstern-Price (1965) yöntemi kuvvet fonksiyonu çeşitleri (Tekin, 2011).

1.8.2.3.6. Basitleştirilmiş Bishop Yöntemi

Moment ve yatay kuvvetleri dikkate alan bu yöntem, tam dairesel kayma yüzeyi yüzeyi bulunan kohezyonlu zeminlerin tümünden kullanılır. Dairesel olmayan kayma yüzeylerinde kullanılmaz. Kayma yüzeyinin üzerindeki kütleyi alt dilimlere ayırma şeklinde bir çözüm gerçekleşir, bu nedenle hareket eden kütle tek bir cisim olarak görülmez.

Oldukça tercih edilen bir yöntemdir ve hata oranı çok düşüktür. Bu oran ortalama %5 civarlarındadır.

Bu yöntemle güvenlik sayısı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$GS = \frac{\sum c'b+\left((M.ub)+\Delta X\right).\tan\phi\prime\,/(m_a)}{\sum M\ sina} \quad (9)$$

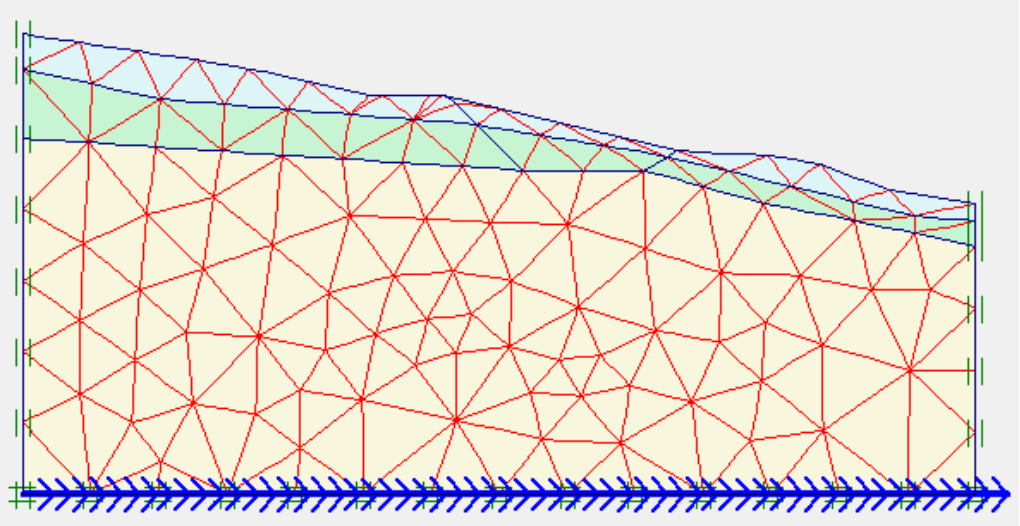
$$m_a = \cos a(\,1 + tana\frac{tan\phi\prime}{GS}) \quad (10)$$

c' : kohezyon
b : dilim genişliği
M : toplam dilim ağırlığı
ϕ' : efektif kayma mukavemeti açısı
u : dilim tabanındaki boşluk suyu basıncı
a : dilim tabanıyla yatay arasındaki açı

1.8.3. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Akçakal (2009), sonlu elemanlar yöntemi, mühendislik çalışmalarının modellenmesine olanak sağlayan bir metottur. Limit denge metotlarından daha üst seviye olmasının nedenlerinden biri, kritik kayma dairesinin yeri ve şekli hakkında tahminde bulunmamasıdır. Zeminde meydana gelen deformasyonlar, gerilmeler, oturmalar bu yöntem ile elde edilir. Limit denge yöntemlerinde yapılan analizlerde ise zemindeki deformasyonlar elde edilemez. Sonlu elamanlar analizi hakkında yapılan incelemelere göre, analiz arazide ölçülen deformasyonlardan daha çok deformasyon ortaya koyar.

Sonlu elemanlar yöntemi ile analiz yapan en yaygın kullanılan programlardan biri olan Plaxis, geoteknik mühendislerinin çalışmalarında, iki boyutlu olarak deformasyon ve stabilite analizlerini gerçekleştirebileceği başarılı bir programdır.



Şekil 1.34. Sonlu elemanlar yönteminde, şevde oluşturulan mesh ağı (Plaxis) (Polat, 2019).

1.9. Şev Islah Metotları

Kayan ya da kayması olası şevlerde ve şev güvenlik sayısının düşük çıktığı durumlarda, şev stabilitesinin sağlanması için şev ıslah metotlarından faydalanılır. Bu kaymalar müdahale edilmediği takdirde büyük hasarlara ve kayıplara neden olabilir. Şev ıslah metodlarının uygulanmasında ilk aşama, şevin kapsamlı jeolojik ve geoteknik araştırmalarının yapılmasıdır. Şevin stabilitesini kaybetmesine sebep olan etkenlerin iyi anlaşılması, doğru ve etkili bir ıslah metodu seçimi belirlenmesi bakımından çok önemlidir.

Şev ıslah metotlarının bir kısmı aşağıdaki gibidir:

- Şev geometrisinin değiştirilmesi
- Drenaj
- Topuğa yük koymak
- Dayanma yapıları

1.9.1. Şev Geometrisini Değiştirilmesi

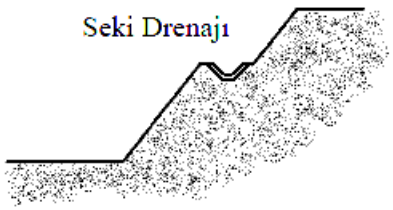
Yalçınkaya (2019), şevlerde kayan malzeme yerine dayanımı daha yüksek olan bir malzeme koymak şev stabilitesini sağlamak için bir başka yöntemdir. Bu ıslah metodu seçilmiş ise, kazı yapılırken yapının topuğundaki dengenin korunması önemlidir.

1.9.2. Drenaj

Suyun varlığı şev stabilitesinin bozulmasında çok önemli bir faktördür. Bu suyu şevlerden uzaklaştırmak için yapılan drenaj çalışmaları bu nedenle çok etkili bir şev ıslah metodudur. Drenaj uygulamaları yüzeysel ve yer altı drenajı olarak ikiye başlık altında incelenir.

1.9.2.1. Yüzeysel Drenajı

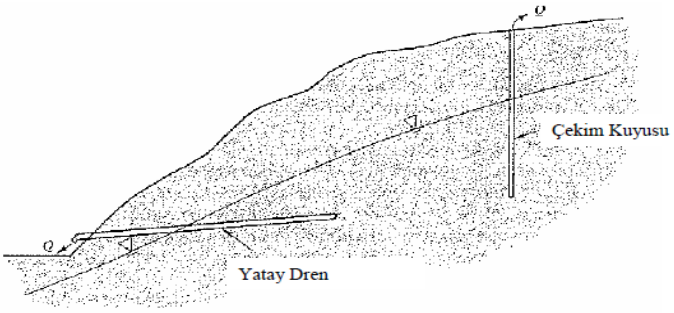
Yüzeysel drenaj, şev zeminine sızabilecek yüzey sularının şevden uzaklaştırır. Bu suların şevden drene edilmesi, boşluk suyu basınçlarının yükselmesinin önüne geçer. Yüzeysel drenajın bir avantajı da kolay uygulanması ve ekonomik olmasıdır.



Şekil 1.35. Yüzey sularını şevden uzaklaştıran beton seki drenajı (Cuduto, 2006).

1.9.2.2. Yer Altı Drenajı

Yer altı drenajlari, boşluk suyu basıncını, şev zeminindeki sızmaya müdahale ederek düşürürler. Yer altı drenajı, yüzeysel drenaj ile karşılaştırıldığında daha maliyetlidir. Maliyet durumu göz ardı edildiğinde, yer altı drenajları daha etkili bir metottur.



Şekil 1.36. Yatay direnler ve kuyular ile yer altı sularının tahliyesi (Cuduto, 2006).

1.9.3. Topuğa Yük Koymak

Pehlivan (2009), topuğa yük koymak şev ıslah metotları arasında yaygın olarak kullanılır. Şevin topuğuna, kaymayı önlemek amaçlı, ekstra bir yük olarak çoğunlukla taş duvar yapılır. Çoğunlukla taş duvarların kullanılma nedeni, maliyetini düşük olup inşalarının hızlı olarak gerçekleşmesidir. Taş duvarın yetersiz görüldüğü projelerde, betonarme duvar kullanılmaktadır.

Şekil 1.37. Taş duvar ile topuğun desteklenmesi (Kaba, 2017).

1.9.4. Dayanma Yapıları

Kaymayı önlemeye yardımcı olan dayanma yaoıları, kaymaya karşı koyan gerilmelere destek olarak inşa edilir. İnşa edilen dayanma yapılarının işlevlerini yerine getirebilmesi için, kayma yüzeyini geçecek şekilde sağlam tabakaya oturtulmalıdır.

Dayanma yapıları üçe ayrılır.

- Taş ve Betonarme Duvarlar
- Kazıklar
- Ankrajlar

1.9.4.1. Taş ve Betonarme Duvarlar

Her iki yapı da şev stabilitesini artırmak, kayma hareketinin önüne geçmek için inşa edilirler. Ayrıca zemin kayma direncini de yükseltirler.

Ağırlık istinat duvarları olarak da bilinen taş duvarlar, çekme kuvvetlerine karşı dayanımları az olduğu için maksimum 4-5 m yüksekliklerde güvenli sayılırlar. Zeminden gelen yanal itkiyi kendi ağırlıkları ile engelleyen ve çoğunlukla taş ve kayalar ve donatısız beton kullanılarak inşa edilen farklı boyıtlarda tasarlanabilen duvarlardır.

Şekil 1.38. Taş duvar

Betonarme, diğer adıyla konsol istinat duvar ise taş duvarda daha güvenlidir ve sıklıkla kullanılırlar. Taşa betonlardan farklı olarak donatılı beton kullanılır. Mali açılan ekonomik olarak bilinen bu kazıkların, duvar yükseldikçe kullanılacak donatı ve beton miktarı da

artacağı için, her zaman ekonomik açıdan uygun olduğu söylenemez. Maksimum 8 m' ye kadar inşa ediliebilirler.

Şekil 1.39. Betonarme duvar

1.9.4.2. Ankrajlar

Ankrajlar, zayıf zeminlerde çökmeyi engellemek, şev stabilitesini sağlayıp kaymayı engellemek için kullanılan dayanma yapılarıdır. Ankrajlar pasif ankraj ve öngermeli ankraj olmak üzere iki başlık altında incelenirler. Ankrajlar üzerlerine gelen çekme kuvvetini, zeminin dayanıklı kısımlarına iletirler ve zeminin kayma doğrultusuna ters yönde yapılırlar.

Şekil 1.40. Ankraj görüntüsü

1.9.4.3. Kazıklar

Şevlerde kütle hareketini engellemek için kullanılan istinat yapılarının yeterli olmadığı durumlarda kazıklar etkili bir yöntem olarak kullanılır.

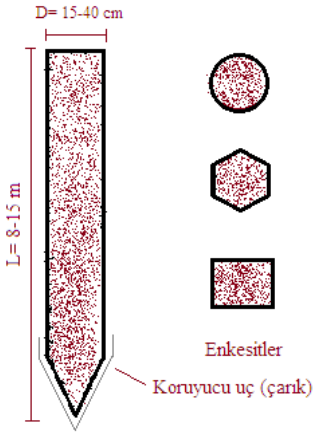
Kazıklar yapıldıkları malzemenin cinsine göre dörde ayrılır.

- Ahşap Kazıklar
- Betonarme Kazıklar
- Çelik Kazıklar
- Kompozit (karma) Kazıklar

1.9.4.3.1. Ahşap Kazıklar

Taşıma gücü düşük taşlı çakıllı zeminlerde kullanılması önerilmeyen ahşap kazıklar, hafif oldukları için taşıma kolaylığı sağlamaları bu kazıların üstünlüklerinden biridir. Taşıma güçleri oratalam 20-30 ton arasında değişmektedir. Zemine çakılacak ahsap kazıkların uçları keskinleştirilir. Çakma işlemi süresi boyunca kazıkların uç kısımlarını deformasyona karşı korumak amacıyla keskinleştirilen uçta çarık bir diğer adıyla koruyucu uç kullanılır.

Ahşap kazıklar suya karşı dayanıklı değillerdir. Suyun varlığı söz konusu olduğunda ahşap kazıkların deforme olması çok olasıdırç. Bu özellikleri göz önünde bulundurularak, kazığın işlev süresini uzatmak ve çürümelerini önlemek için, beton kapmala ya da kreozot adı verilen sıvı şekilde koruyucu, ahşabın suyu ve havası boşaltılmış boşluklarına sızdırılır. Bu işleme emprenye işlemi adı verilir.



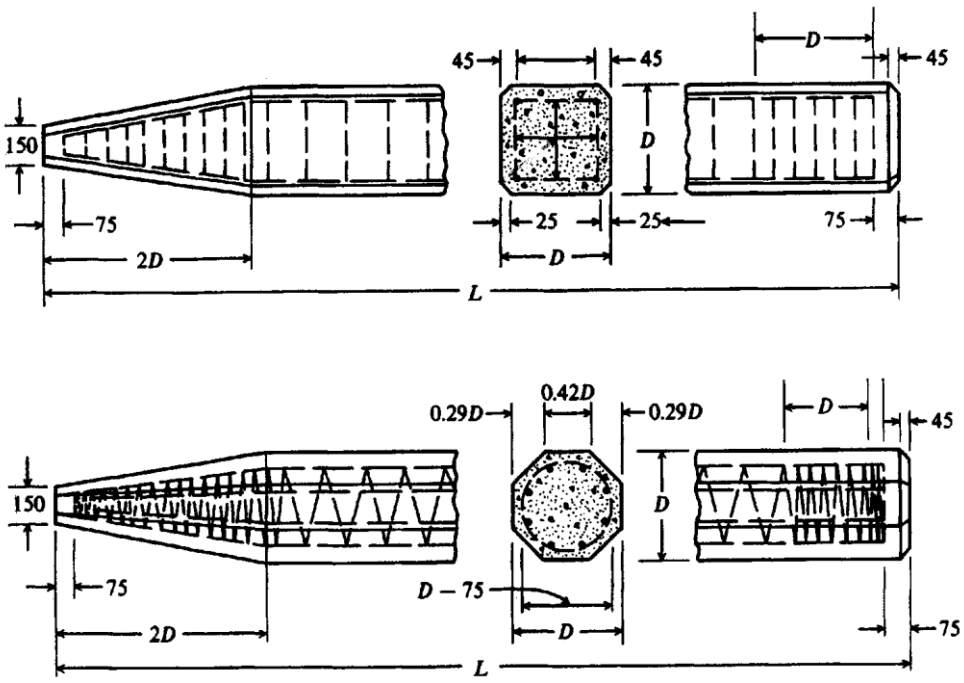
Şekil 1.41. Ahşap kazık kesiti (Naiboğlu, 2019).

1.9.4.3.2. Betonarme Kazıklar

En çok tercih edilen kazık tipi olan betonarme kazıklar, önceden dökme bir diğer adıyla çakma kazıklar ve yerinde dökülen kazıklar olmak üzere iki başlık altında toplanırlar.

1.9.4.3.2.1. Önceden Dökme Betonarme Kazıklar

Aktepe (2016), prefabrik kazık olarak da bilinen bu kazıklar, fabrikada üretilip, uygulanacakları alana sahana getirilirler. Çakılacakları konuma bir vasıta ile getirilip, bir tokmak ile üzerlerine gelen kuvvet ile zemine çakılırlar. Kare, sekizgen daire şeklinde üretilebildikleri gibi, kazıkların uçları da kesik koni şeklinde üretilebilir. Kazıkların uç kısımları, tokmaktan dolayı zarar görmemesi için, ahşap kazıklarda olduğu gibi çarık yardımı ile korunur.



Şekil 1.42. Önceden dökme betornarme kazık (Naiboğlu, 2019).

Şekil 1.43'te betonarme çakma kazık boyları ve bunlara karşılık gelen servis yükleri verilmiştir.

Kazık Kenar Uzunluğu(mm)	Servis Yükü (kN)	Maksimum Kazık Boyu(m)
250	200-300	12
300	300-450	15
350	350-600	18
400	400-750	21
450	500-900	25

Şekil 1.43. Betonarme çakma kazık boyları ve servis yükleri (Tomlinson, 1994).

1.9.4.3.2.2. Yerinde Dökme Betonarme Kazıklar

Yerinde dökme kazıkların çok fazla çeşidi bulunur. Hangi tip kazığın seçileceği, kazığın uygulanacağı alanın geoteknik özelliklerine göre belirlenir.

Yerinde dökme betonarme kazıklar, fore kazık makinası ile projede belirtilen çap ve uzunlukta, zeminde silindirik bir boşluk açılarak, boşluğa donatı indirilerek beton dökülmesi suretiyle yerinde imal edilirler. Bu işlem sırasındai kohezyonsuz zeminlerdei öncelikle muhafaza borusu sürülerek içindeki zemin boşaltılır. Ardından donatı konularak projedeki beton sınıfına uygun beton dökülür. Muhafaza borusu çekilerek silindirik boşluktan alınır. Ancak kohezyonlu zeminler kendilerini tutabildikleri için muhafaza borusuna gerek kalmadan fore kazık makinesi ile silindirik boşluk açılarak, donatı koyulup beton döküldükten sonra kazık üretilmiş olur.

Şekil 1.44. ‘ de TS 3168’e göre yerinde dökülen betonarme kazıklarda kullanılması gereken donatı miktarları verilmiştir.

Kazık kesit alanı, A	Boyuna donatı alanı, As
$A \leq 0.5$ m²	$As \geq 0.5$ % Ac
$0.5 < A \leq 1.0$ m²	$As \geq 0.0025$ m²
$A > 1.0$ m²	$As \geq 0.25$ % Ac

Şekil 1.44. Yerinde dökülen betonarme kazıkların minimum donatı miktarı, TS 3168

1.9.4.3.2.3. Çelik Kazıklar

Çelik kazıkların tercih edilme sebeplerinin başında yüksek taşıma kapasitesine sahip olmalarıdır. Her çeşit zeminde uygulanabilir olmaları da bilinen bir diğer avantajlarından biridir. Fakat su muhtevası düşük ve sıkı zeminlerde kullanım süreleri daha uzun olur.

Ünal (2019), oksijen oranı fazla olan örselenmiş zeminlerde çelik kazık tercih edilecek ise, korozyon olma ihtimali vardır. Fakat örselenmemiş zeminlerde, çelik kazıkların kullanılması durumunda korozyon gerçekleşme ihtimali çok azdır.

Çelik kazık kullanılacak yerlerde zararlı kimyasalları barındıran yer altı suyunun varlığından söz ediliyor ise, bu durum da korozyona neden olur. Zararlı maddeleri içeren yer altı suyunun bulunduğu yerlerde çelik kazık uygulaması yapılmak isteniyorsa, kazıkları korozyona karşı koruyacak bazı tedbirler alınmalıdır. Katodik koruma sistemini kullanmak, zararlı maddeler içeren yer altı suyunun bulunduğu yerlerde, çelik kazıkları korozyondan korumak için alınacak tedbirlerden biridir.

Şekil 1.45. Çelik kazık uygulaması

1.9.4.3.2.4. Kompozit Kazıklar

Alt tarafı ahşaptan, üst tarafı çelik veya betonarmeden meydana gelen kompozit kazıklar, birkaç farklı malzemenin kullanılmasıyla üretilirler. Kompozit kazıklar üretilmeden önce yer altı su seviyesi belirlenir, bu kazıkların ahşap olan alt kısımları bu

seviyenin en altına kadar çakılır. Kompozit kazıkların kullanım alanları kısıtlıdır ve çok tercih edilmezler.

Şekil 1.46. Kompozit kazıklar

1.9.5. Mikro Kazıklar

Mikro kazıklar birçok farklı alanda kullanılan kazık türlerinden biridir. Şevlerde stabiliteyi sağlamak için, küçük kazıkların uygulanması ile kazık ağları oluşturulur. Maliyetleri yüksek olmasına rağmen, mikro kazıkların tercih edilme nedenlerinden biri, dar çalışma yerlerinde az ekipmanlarla seri bir şekilde uygulanabiliyor olmasıdır. Hızlı bir şekilde müdahale edilmesi gereken şevlerde stabilite sorunlarında, mikro kazıklar kullanılır.

Şekil 1.47. Mikro kazıklar

1.9.6. Zemin Çivisi

Pasif ankraj olarakta bilinen zemin çivisi, derin kazılarda ve şevlerde stabiliteyi sağlamak için uygulanır. En üst kottan en alt kota doğru kademeli olarak yapılırlar. Zemin çivisi uygulanmadan önce, yüzey gerilmelerinin eşit dağılması için, projede belirtilen ölçüler esas alınarak zemin çivisi noktalarına göre delgi işlemi yapılmalıdır. Zemin düzlemine paralel olarak açılan delgilere belirli çaplarda donatı konulur. Projede belirtilen oranlarda çimento, delginin içine çimento enjeksiyon hortumları yardımıyla enjekte edilir. Zemin çivisini sabitlemek için plaka ya da kaynak işlemi uygulanır. Zemin çivilerinin güvenli bir şekilde çalışmaları için 5-7 gün arasında katkı kullanmaya bağlı bir süre gereklidir.

Şekil 1.48. Zemin çivisi

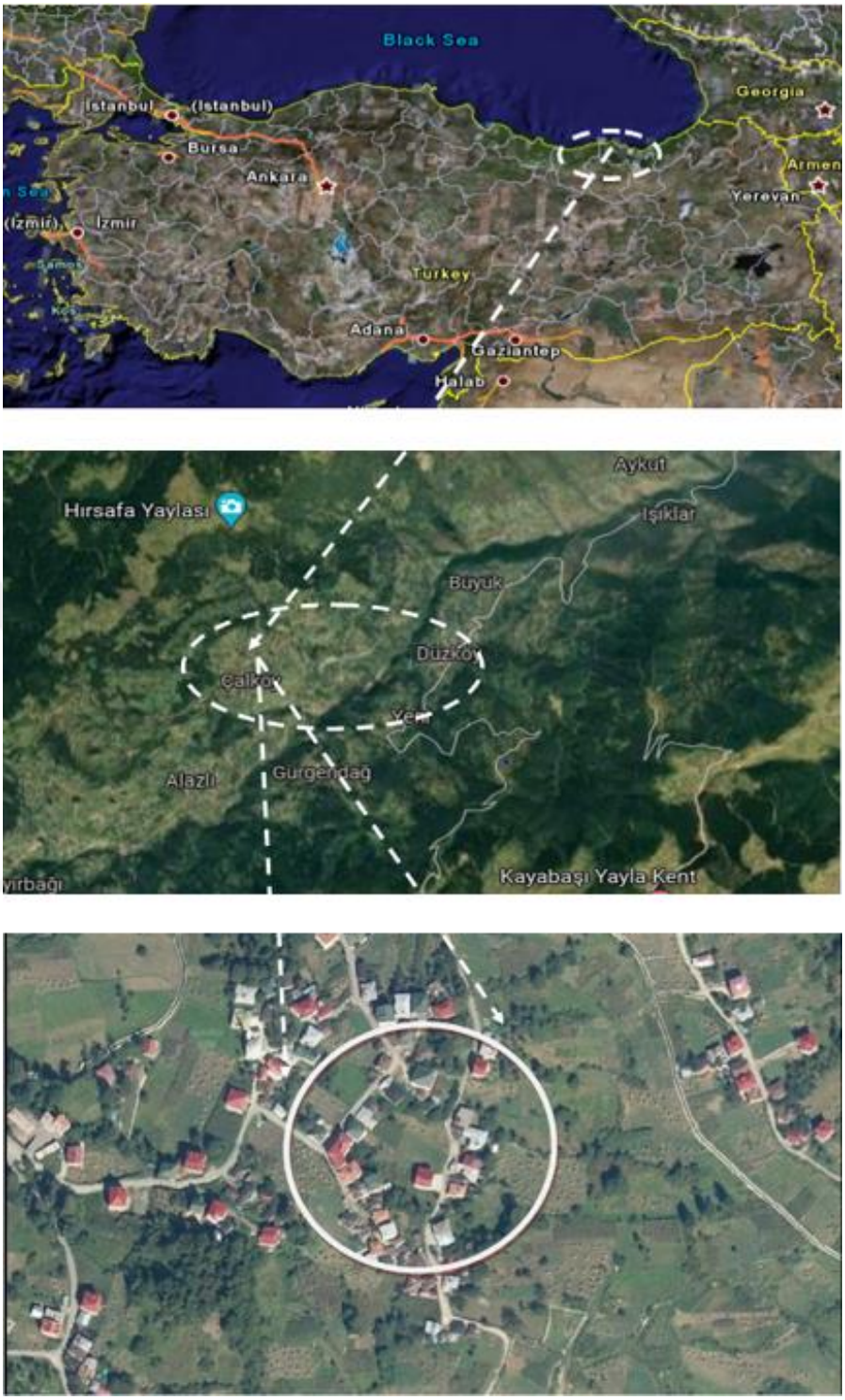
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR

2.1. İnceleme Alanının Tanıtılması

İnceleme alanı engebeli bir topografyaya sahiptir. Trabzon İli, Düzköy ilçesi, Çal Orta Mahallasi'nde yer alan inceleme alanınında, mevsimsel değişliklere bağlı olarak yeraltı su seviyesi değişiklik göstermektedir.

2.1.1. İnceleme Alanının Coğrafi Konumu

Çal Orta Mahalle, Trabzın İli Düzköy ilçesine bağlı olup, Düzköy ilçe merkezine 7.4 km, il merkezine ise 43.2 km mesafededir. Deniz seviyesinden ise yaklaşık olarak 1000 m yükseklitedir. Çal Orta Mahalle, 40.872755 enlem 39.395032 boylamda, $40^{\circ}52'29{,}2''$ N $39^{\circ}25'31.8''$ E coğrafi koordinatlarında yer almaktadır.



Şekil 2.1. İnceleme Alanı Yer Bildiri Haritası

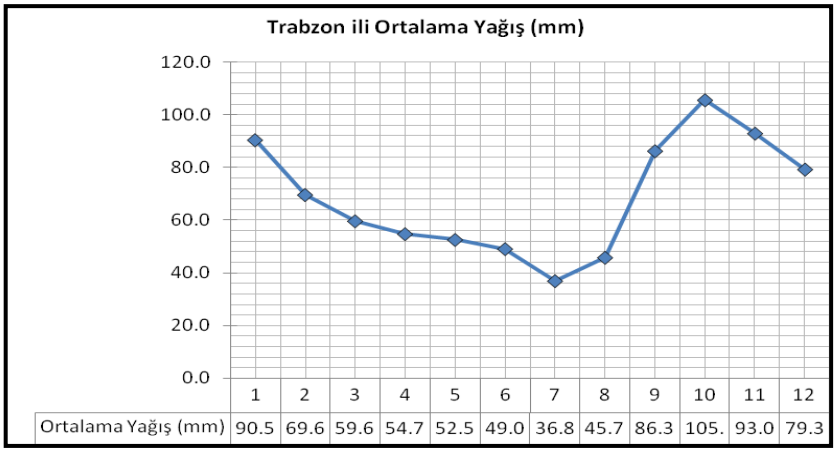
2.1.2. İnceleme Alanı İklim Özellikleri

Bölgede Karadeniz iklimi hüküm sürmektedir. Sıcaklık denizin denetimindedir. Bu nedenle sıcaklık farkları azdır. Her mevsim yağış alan bölgede yağışların büyük bir bölümü, sonbahar ve kış aylarında düşer. En yakın meteorolojik istasyon Trabzon Merkezde bulunmaktadır. Buna göre ortalama yıllık yağış 822,2 mm., ortalama sıcaklık 14,6 ºC dir. Hakim rüzgar B – KB ve G-GB yönünde olup, maksimum rüzgar hızı güney yönünden 32,6 m/sn. olarak ölçülmüştür.

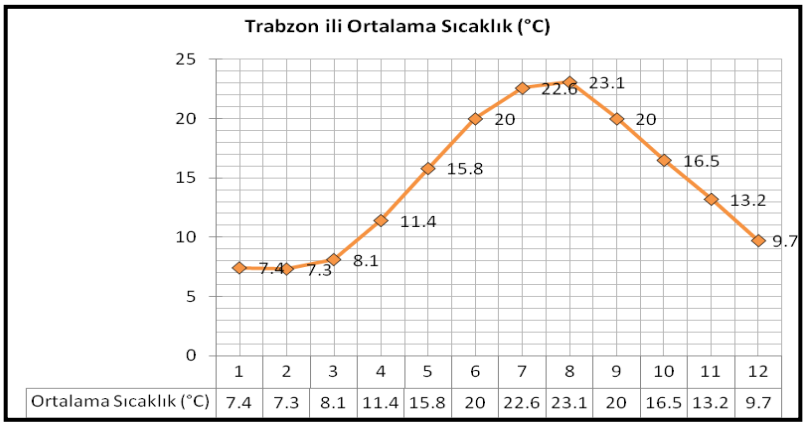
TRABZON	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	Ölçüm Periyodu (1927 - 2020)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	7.4	7.3	8.4	11.7	15.9	20.2	23.0	23.4	20.4	16.7	13.0	9.6	14.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.8	10.8	12.0	15.5	19.2	23.2	26.0	26.6	23.8	20.1	16.5	13.0	18.1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	4.7	4.4	5.4	8.7	12.9	17.0	19.9	20.4	17.4	13.7	10.0	6.7	11.8
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.7	3.3	3.4	4.4	5.6	7.1	5.9	5.6	4.9	4.5	3.6	2.7	4.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.4	12.7	14.1	13.5	14.4	11.7	9.3	10.0	12.0	13.3	12.4	13.0	149.8
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	83.1	64.4	59.2	57.0	52.7	52.0	35.4	48.6	78.5	115.8	98.7	84.6	830.0
	Ölçüm Periyodu (1927 - 2020)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	25.9	30.1	35.2	37.6	38.2	36.7	37.0	38.2	37.9	33.8	32.8	26.4	38.2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-7.0	-7.4	-5.8	-2.0	4.2	9.2	11.0	13.5	7.3	3.4	-1.6	-3.3	-7.4

Günlük Toplam En Yüksek Yağış Miktarı		Günlük En Hızlı Rüzgar		En Yüksek Kar	
10.07.1992	**115.1 mm**	12.03.1968	**32.3 m/sn**	15.01.1950	**115.0 cm**

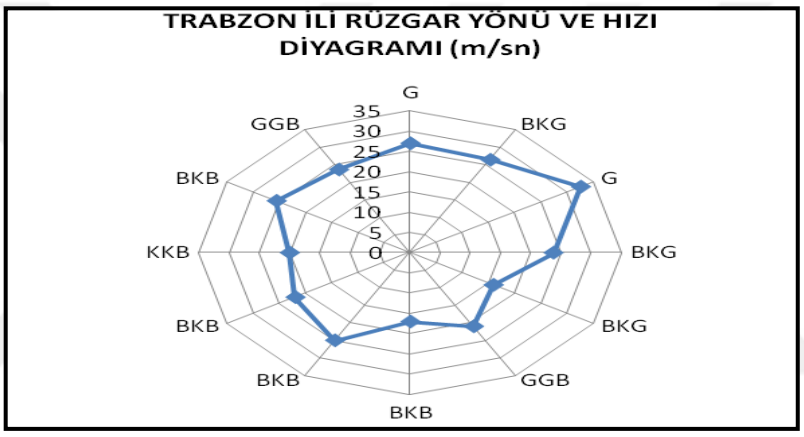
Şekil 2.2. Trabzon iline ait meteorolojik veriler



Şekil 2.3. Trabzon ili yağış grafiksel gösterimi



Şekil 2.4. Trabzon ili sıcaklık grafiksel gösterim



Şekil 2.5. Trabzon ili rüzgar gülü grafiksel gösterim

2.1.3. İnceleme Alanının Jeolojik Yapısı

Alanda 30.04.2021 tarihinde sondaj ve saha çalışmalarına başlanmış, 10.05.2021 tarihinde sondaj ve arazi çalışması tamamlanmış ve büro çalışmalarına başlanmıştır.

Alanda 5 adet sondaj çalışması, 3 hat boyunca çoklu elektrot (ERT) çalışması, ayrıca sondaj kuyularında inklinometre ölçümü yapılmıştır. Sondaj çalışmalarından numuneler alınmış ve laboratuvar ortamında numuneler üzerinde ‘’ Tek Eksenli Basınç Deneyi, Nokta Yükü Dayanım İndeksi, Kesme Kutusu, Doğal-Kuru Birim Hacim Ağırlık, Su Muhtevası, Boşluk Oranı, Özgül Ağırlık, Doygunluk Derecesi Elek Analizi ve Atterberg Limitleri’’ gibi parametreler belirlenmesi amacıyla bir dizi deney yapılmıştır.

İnceleme alanında yapılan arazi çalışmaları sonucunda gözlenen jeolojik birimler yüzeyden itibaren şöyledir;

Yamaç Molozu: Yüzeyden itibaren kalınlığı 4.00 m. ila 14.00 m. arasında olduğu belirlenen birim, sarımsı ve kahverengimsi renkte, organik madde ve bitki artıkları içerdiği, içerisinde kireçtaşı-tüflerden oluşan blok boyutunda kaya parçaları içerdiği tespit edilmiştir.

Kireçtaşı-Tüf (Ağıllar Formasyonu): İnceleme alanında yapılan sondaj geçilen yamaç molozunun altında gözlenen Ağıllar Formasyonuna ait ana kaya niteliğindeki kayaçlar, genellikle, kahvemsi sarı renkli, çok ayrışmış (W4), çok düşük-düşük-orta dayanımlıdır. Ayrışmış ve kırıklı görünümlü birim SK-1'de 14.00 metre derinlikten sondaj sonuna kadar, SK-2 'de 6.00 m derinlikten sondaj sonuna kadar, SK-3 ve Sk-4'de 9.00 m derinlikten sondaj sonuna kadar, SK-5 'de ise 4.00 m derinlikten sondaj sonuna kadar yayılım göstermektedir. Birimin sondajlardan sonra da devam etmektedir.

2.1.4. İnceleme Alanının Heyelan Özellikleri

İnceleme alanında MTA tarafından yapılmış çalışmalarda, inceleme alanı heyalan bölgesi olarak tanımlanmıştır. Şevde dairesel bir kaymanın gerçekleştiği tespit edilmiştir. İnceleme alanında yapılan çalışmalarda, heyelanın yamaç molozunda meydana geldiği gözlenmiştir. Yağışlar, eğim, litoloji ve yeraltı suyu heyelanı tetiklemiştir. Çal Orta Mahalle heyalanında, heyelanı tetikleyen birincil faktör yeraltı suyu olmuştur. Mevsimsel olarak yeraltı su seviyesinin yükseldiği dönemlerde boşluk suyu basıncında artış efektif gerilmede azalmaya ve zeminde göçmelere neden olmuştur. Yeraltı su seviyesinin düştüğü dönemlerde şevin duraylı hala geldiği gözlemlenmiştir. Arazide inklinometre çalışmalarıyla, kayma hareketinin varlığı tespit edilmiştir.

2.2. Bölgede Yapılan Araştırma Çalışmaları

Meydana gelen heyelan nedeni ile kayma yönündeki evlerlerde hasarlar, beton yolda çatlaklar, taş duvarlarda ise ötelenme tespit edilmiştir. Bu sorunların çözümü için, şev stabilite çalışmaları yapılarak, uygun ıslah metodları belirlenipi şev duraylı hale getirilmelidir. Bu araştırmaların yürütülebilmesi için bölgede çeşitli araştırmalar yapılmıştır.

2.2.1. Arazi Çalışmaları

Bölgede yapılan arazi çalışmaları şu şekildedir;

- Sondaj çalışmaları
- Presiyometre çalışmaları
- İnklinometre deneyi
- Jeofizik çalışmalar

2.2.1.1. Sondaj Çalışmaları

İncele alanında toplam derinlği 127 m olan 5 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Açılan bu sondaj kuyularında 2 adet farklı zemin türü tespit edilmiştir. En üst seyide yamaç molozu, bu birimin altında ise tüf ara katkılı kireçtaşı gözlenmiştir. Kireçtaşı-tüflü seviyenin kırıklı ve altere olduğu ve RQD(kaya kalitesi) değerlerinin %25'den küçük olduğu karot sandıklarından tespit edilmiştir. Sondaj kuyularında da yeraltı su seviyesi tespit edilmiş olup, yeraltı su seviyesinin kuyularda değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Sondaj verileri **EK-1**'de sunulmuştur.

Çalışma alanı sondaj lokasyonları Şekil 2.6.'da gösterilmiştir.

Şekil 2.6. Sondaj lokasyonları

Tablo 2.1. Sondaj noktaları, koordinatları, denizden yükseklikleri ve litolojileri

Kuyu No	*Koordinatlar*		*Kot (m)*	*Derinlik (m)*	*Litoloji*	*Formasyon Adı*
	X	*Y*				
Sk-1	4 524 870.09	533 323.79	994	0.00-14.00	Yamaç Molozu	
				14.00-27.00	Kireçtaşı-Tüf	Ağıllar Form.
Sk-2	4 524 891.94	533 321.20	995.5	0.00-9.00	Yamaç Molozu	
				9.00-24.00	Kireçtaşı-Tüf	Ağıllar Form.
Sk-3	4 524 900.11	533 279.99	1004	0.00-9.00	Yamaç Molozu	
				9.00-30.00	Kireçtaşı-Tüf	Ağıllar Form.
Sk-4	4 524 850.22	533 318.51	994	0.00-9.00	Yamaç Molozu	
				9.00-25.00	Kireçtaşı-Tüf	Ağıllar Form.
Sk-5	4 524 911.88	533 328.81	996	0.00-4.00	Yamaç Molozu	
				4.00-21.00	Kireçtaşı-Tüf	Ağıllar Form.

Sondaj kuyularında yer altı su seviyesi olduğu tespit edilmiş olup, yer altı su seviyesinin, kuyularda değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 2.2. Sondaj kuyularında tespit edilen su seviyeleri

Sondaj No	***YASS seviyesi (m)***
SK–1	10.50 m
SK–2	6.95 m
SK–3	6.10 m
SK–4	5.90 m
SK–5	yok

Şekil 2.7. SK-1 / 0.00- 27.00 m

Sk-1 sondajı verileri

0,00–14.00 m arası, yamaç molozundan oluşan seviyedir.

14.00-27.00 m arası (sondaj sonu), Krü 5b simgesi ile gösterilen, Üst Kretase-Paleosen yaşlı Ağıllar Formasyonuna ait çok ayrışmış (W4) kireçtaşı-tüflerden oluşan seviyedir.

Şekil 2.8. SK-2 / 0.00- 24.00 m

Sk-2 sondajı verileri

0,00–9.00 m arası, yamaç molozundan oluşan seviyedir.

9.00-24.00 m arası (sondaj sonu), Krü 5b simgesi ile gösterilen, Üst Kretase-Paleosen yaşlı Ağıllar Formasyonuna ait çok ayrışmış (W4) kireçtaşı-tüflerden oluşan seviyedir.

Şekil 2.9. SK-3 / 0.00- 30.00 m

Sk-3 sondajı verileri

0,00–9.00 m arası, yamaç molozundan oluşan seviyedir.

9.00-30.00 m arası (sondaj sonu), Krü 5b simgesi ile gösterilen, Üst Kretase-Paleosen yaşlı Ağıllar Formasyonuna ait çok ayrışmış (W4) kireçtaşı-tüflerden oluşan seviyedir.

Şekil 2.10. SK-4 / 0.00- 25.00 m

Sk-4 sondajı verileri

0,00–9.00 m arası, yamaç molozundan oluşan seviyedir.

9.00-25.00 m arası (sondaj sonu), Krü 5b simgesi ile gösterilen, Üst Kretase-Paleosen yaşlı Ağıllar Formasyonuna ait çok ayrışmış (W4) kireçtaşı-tüflerden oluşan seviyedir.

Şekil 2.11. SK-5 / 0.00- 21.00 m

Sk-5 sondajı verileri

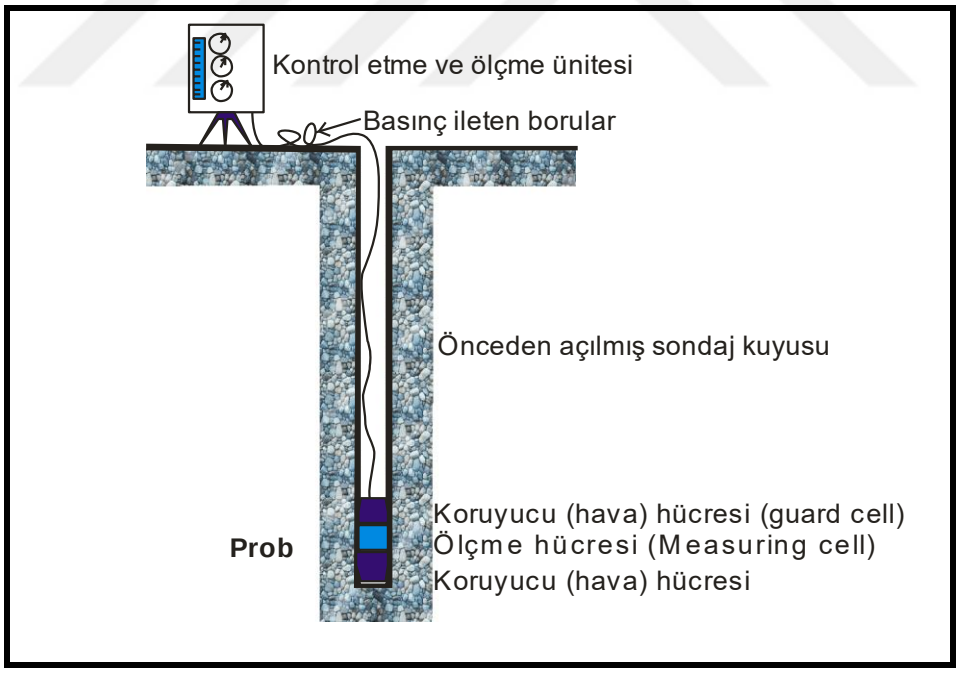
0,00–4.00 m arası, yamaç molozundan oluşan seviyedir.

4.00-21.00 m arası (sondaj sonu), Krü 5b simgesi ile gösterilen, Üst Kretase-Paleosen yaşlı Ağıllar Formasyonuna ait çok ayrışmış (W4) kireçtaşı-tüflerden oluşan seviyedir.

2.2.1.2. Presiyometre Deneyi

Zeminlerin sıkışabilirlik ve kayma direncinin yerinde ölçümü için, sondaj kuyusu içinde uygulanan bir arazi deneyidir. Deneyin esası kuyu içinde kaplanmış alana, bir radyal (yanal) basınç uygulanmasıdır. Deneyler G tipi Menard presiyometresiyle yapılmış, ölçüm hücresi hacmi 790 cm^3 ve dış çapı 74 mm olan NX tipi sonda (prob) kullanılmıştır. Presiyometre verileri **EK-2**'de sunulmuştur.

Presiyometre silindirik bir sonda, alt ve üst kısımda koruyucu hücreler, ortada ölçüm hücresi ve basınç sisteminden oluşur.



Şekil 2.12. Presiyometre deneyi aletinin kısımları

2.2.1.3. İnklinometre Deneyi

İnceleme alanının zemininde oluşan hareketin derinliği, yönü ve hızını belirlemek amacıyla yapılan araştırma çalışmaları kapsamında 5 kuyuya 125.50 m inklinometre borusu yerleştirilerek düzenli aralıklarla ölçüm yapılması planlanmıştır. İnklinometre verileri **EK-3**' de sunulmuştur.

İnceleme alanında meydana gelen heyelanın geometrisini ve hızını belirleyebilmek amacıyla Sk-1, Sk-2, Sk-3, Sk-4 ve Sk-5 no'lu kuyularda 5 adet toplam 125.50 m derinliğinde inklinometre kuyu açılmış olup açılan kuyularda ilk referans okumaları gerçekleştirilmiş ve periyodik olarak inklinometre ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler neticesinde Sk-1 no'lu kuyuda gözlenen hareketler 6.00 m'lerde 6.78 mm, Sk-2 no'lu kuyuda gözlenen hareketler 4.50 m'lerde 4.36 mm, Sk-3 no'lu kuyuda gözlenen hareketler 16.50 m'lerde 13.45 mm, Sk-4 no'lu kuyuda gözlenen hareketler (az miktarda) 6.00 m'lerde 2.63 mm olarak ve Sk-5 no'lu kuyuda gözlenen hareketler (az miktarda) 4.00 m'lerde 1.58 mm olarak belirlenmiştir.

Şekil 2.13. İnceleme alanında kullanılan inlinometre cihazı görünümü

Tablo 2.3. İnklinometre ölçümleri özet tablosu

SK No	Kuyu Derinliği (m)	İlk Ölçüm Tarihi	Son Ölçüm Tarihi	Kayma Hareketi		
				Kayma Derinliği (m)	A0 Deplasman (mm)	Hareket Hızı (mm/gün)
SK-1	27.00	27.05.2021	08.10.2021	6.00	6.78	0.05
SK-2	22.50	27.05.2021	08.10.2021	4.50	4.36	0.03
SK-3	30.00	27.05.2021	08.10.2021	16.50	13.45	0.09
SK-4	25.00	27.05.2021	08.10.2021	6.00	2.63	0.02
SK-5	21.00	27.05.2021	08.10.2021	4.00	1.58	0.01

2.2.1.4. Jeofizik Çalışmalar

İnceleme alanında 21.09.2021 tarihinde belirlenen 1 hat üzerinde, karşılıklı atış olacak şekilde, ofset mesafesi 6 m, jeofon aralıkları 2 m ve toplam hat uzunluğu 34 m olmak üzere 4,5 Hz'lik P jeofonları kullanılarak "Sismik Kırılma-Masw" çalışması ile 1 ayrı noktada Mikrotremör ölçümü yapılmıştır.

Etüt sırasında **Ambrogeo Echo** marka, **12/2010** Seri Numaralı, sinyal biriktirmeli (Enhancement) bir Sismograf, Geospace marka 4,5 Hz'lik 12 adet düşey jeofon kullanılmıştır. P dalgası için $P_{düz}$veP_{ters}, atışlarla sismik kayıtlar alınmıştır. Sismik dalga kaynağı olarak 9.0 Kg. ağırlığındaki Balyoz-çelik levha sismik kaynak olarak kullanılmış ve her ofset noktasında 6 vuruş yapılarak veri toplanmıştır. Veri kazanımı esanasında herhangi bir süzgeç uygulanmamıştır, arazide ölçüm yaparken süzgeç yapılmamış ofis çalışmalarında ham verilere 5 iterasyon yapılıp süzgeç uygulanmıştır. 18.11.2021 tarihinde hava güneşli gürültülü ortamda 1 hat ölçü alınmıştır. Ölçüm esnasında araçların sesi gibi sorunla karşılaşılmıştır. Hatlar boyunca toplam 4 adet verinin kayıt boyu 1 sn ve örnekleme aralığı 0.5 sn alınmıştır. Jeofizik verileri **EK-4**'de sunulmuştur.

2.2.1.4.1. Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analiz Yöntemi (MASW)

MASW, yeryüzeyinde bir kaynak ile dalgalar oluşturularak yapılan sismik bir araştırma metodudur. Bu dalgalar, jeofonlar yardımı ile kayıt edilir .Oluşturulan dalgalar ,Vp ve Vs hızları ile yer altı tabakalarında hareket eder. S dalgası Vs, P dalgası Vp ile gösterilir. Arazide gerçekleştirilen Sismik Kırılma-MASW yöntemi ile P ve S dalgalarını hızları tespit edilir. Bu veriler ışığında yeraltı tabakalarının elastik parametrelerine ulaşılır.

İnceleme alanında belirlenen belirtilen 1 hat üzerinde, P dalgaları için karşılıklı atış olacak şekilde Hat-1 için; jeofon aralıkları 2 m ve ofset mesafesi 6 metre olmak üzere toplamda 34 m açılım yapılmıştır. $P_{düz}$, P_{ters} ölçüleri alınarak ilk varış okumaları yapılmış, ilk varış okumalarına bağlı olarak zaman-uzaklık (t-x) grafiği oluşturulmuştur.

Şekil 2.14. İnceleme alanı MASW uygulaması

2.2.1.4.2. Jeofizik Çalışmalar ile Elde Edilen Parametreler

İnceleme alanında 1 adet MASW ve 1 adet Sismik Kırılma etüdü yapılarak zemine ait elastik parametreler elde edilmiştir. Oluşturulan bu dalgalar, tabakalarda Vp ve Vs hızları ile hareket eder.

İnceleme alanında gerçekleştirilen Sismik Kırılma ile Vp dalga hızı, MASW yöntemi ile Vs hızı tespit edilmiştir. Bu veriler neticesinde, inceleme alanı yer altı tabakalarına ait elastik parametreler belirlenmiştir.

2.2.1.4.2.1. Sismik P Dalgası (V_P)

Her iki tabakaya ait elde edilen Vp dalga hızları, zeminlerin sökülebilirliği hakkında bilgi verir. Gevşek zeminlerde Vp düşük , kaya gibi zor sıkışan zeminlerde ise Vp hızı yüksektir.Dursun, E., Ünver, S., & Acar, H. H. (2012).

Arazide elde edilen 1 hatta ait P dalgası hızları ve zeminlerin her tabaka için sökülebilirlikleri aşağıdaki gibidir;

Tablo 2.4. İnceleme alanına ait P dalgası hızları ile zeminlerin sökülebilirlikleri

Hat	***Tabakalar***	***P Dalgası Hızı (****m/sn)*	***Sökülebilirlik***
HAT-1	*1. Tabaka*	*470*	***Çok Kolay***
	2. Tabaka	*776*	***Kolay***

2.2.1.4.2.2. Sismik S Dalgası (V_S)

Vs_{30} hızı: 30 metre derinlik için ortalama kayma dalgası hızı $Vs_{30} = 30/(h_i/V_{si})$ bağıntısı ile hesaplanmış Hat-1 için $Vs_{30} =$ ***378 m/sn*** olarak bulunmuştur.

Tablo 2.5. İnceleme alanına ait S dalga hızları ve zemin sınıfı

Hat	***Tabakalar***	***S Dalgası Hızı (****m/sn)*	**Vs_{30} hızı (**m/sn**)**	***Zemin Sınıfı***
HAT-1	*1. Tabaka*	*150*	***378***	***ZC***
	2. Tabaka	*369*		

AFAD (2018) tarafıından yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği' ne göre Vs_{30} (m/sn) hızına bağlı olarak yapılan değerlendirme sonucuna Hat-1 için, yerel zemin birimi çok sıkı kum, çakıl ve sert kıl tabakaları veya ayrışmış çok çatlaklı zayıf kayalar ve yerel zemin sınıcı **ZC** olarak belirlenmiştir.

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_S)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	760-1500	-	
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360-760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180-360	15-50	70-250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya PI > 20 ve *w* > % 40 koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası (cu < 25 kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli (*PI* >50) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Şekil 2.15. Yerel zemin sınıfları (AFAD, 2018)

2.2.1.4.2.3. Elastisite Modülü (E)

Bir doğrultuda gerilmelerin, deformasyonlara oranı olarak tanımlanır.

Arazide elde edilen 1 hatta ait Elastisite modülleri ve zeminlerin her tabaka için dayanımları aşağıdaki gibidir.

Tablo 2.6. İnceleme alanında ait elastisite modülü değerleri ve kayaçların dayanımı

Hat	***Tabakalar***	***Elastisite Modülü (E, kg/cm^2)***	***Dayanım***
HAT-1	*1. Tabaka*	*937*	***Çok Zayıf***
	2. Tabaka	*6032*	***Orta***

2.2.1.4.2.4. Kayma (Shear) Modülü (μ)

Kayma modülü, belirlendiği tabaklara göre, birimin yatay kuvvetlere karşı direncini gösteren bir parametredir. Sıvılar yatay kuvvetlere karşı direnç göstermediğinden, kayma modülü sıfır olarak kabul edilmektedir. Kayma modülü yüksek birimlerin, yatay kuvvetlere karşı direnci de o kadar yüksektir Dursun, E., Ünver, S., & Acar, H. H. (2012).

Arazide elde edilen 1 hatta ait kayma modülleri ve zeminlerin her tabaka için dayanımları aşağıdaki gibidir;

Tablo 2.7. İnceleme alanına ait kayma modülü değerleri ve zemin ya da kayaçların dayanımı

Hat	***Tabakalar***	***Kayma Modülü (G, kg/cm^2)***	***Dayanım***
HAT-1	*1. Tabaka*	*324*	***Çok Zayıf***
	2. Tabaka	*2227*	***Orta***

2.2.1.4.2.5. Bulk (Sıkışmazlık) Modülü (K)

Arazide elde edilen 1 hatta ait Bulk modülleri ve zeminlerin her tabaka için sıkışma özellikleri aşağıdaki gibidir;

Tablo 2.8. İnceleme alanına ait Bulk modülü değerleri ve kayaç dayanımı

Hat	***Tabakalar***	***Bulk Modülü (K, kg/cm^2)***	***Sıkışma***
HAT-1	*1. Tabaka*	*2755*	***Az***
	2. Tabaka	*6882*	***Az***

2.2.1.4.2.6. Poisson Oranı (a)

Poisson oranı, enine birim şekil değiştirmenin, boyuna birim şekil değiştirmeye oranı olarak ifade edilir. Poisson oranı birimsizdir ve gözenekliliği ifade eden bir parametredir. Belirlenen Poisson oranına göre zemin sıkılık bakımından sınıflandırılır Dursun, E., Ünver, S., & Acar, H. H. (2012).

Arazide elde edilen 1 hatta ait Poisson ve zeminlerin her bir tabaka için sıkılık özellikleri aşağıdaki gibidir;

Tablo 2.9. İnceleme alanına ait poisson oranı ve sıkılıklar

Hat	***Tabakalar***	***Poisson Oranı (ν)***	***Sıkılık***
HAT-1	*1. Tabaka*	*0,44*	***Çok Gevşek***
	2. Tabaka	*0,35*	***Gevşek***

2.2.1.4.2.7. Yoğunluk (p)

Arazide elde edilen 1 hatta ait Poisson oram ve zeminlerin her bir tabaka için yoğunluk tanımlama özellikleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 2.10. İnceleme alanına ait zemin birimlerinin yoğunlukları

Hatlar	***Tabakalar***	***Yoğunluk (d, gr/cm^3)***	***Tanımlama***
HAT-1	*1. Tabaka*	*1.44*	***Orta***
	2. Tabaka	*1.64*	***Orta***

2.2.1.4.2.8. Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T_0)

Zeminde hakim titreşim periyodu,tekrarlanma sayısı maksimum olan periyot olarak ifade edilir.

İnceleme alanına ait titreşim periyodu aşağıdaki tablosa gösterilmiştir;

Tablo 2.11. İnceleme alanı zemin hakim titreşim periyodu

Ölçü No	***Hat-1***
Yerel Zemin Sınıfı	*ZC*
T_0	*0.57*
VS_{30}(m/s)	*378*

2.2.1.4.2. Mikrotrömer Yöntemi

Arazide alınan Mikrotremor ölçümleri değerlendirilmiş ve yapılan çalışma sonucunda frekans değeri **1.75 Hz** olarak elde edilmiştir. Elde edilen frekans değerinden yola çıkarak; To = 1 / F bağıntısı kullanılarak To = 1 / 1.75 ise **To= 0,28 sn** olarak bulunur.

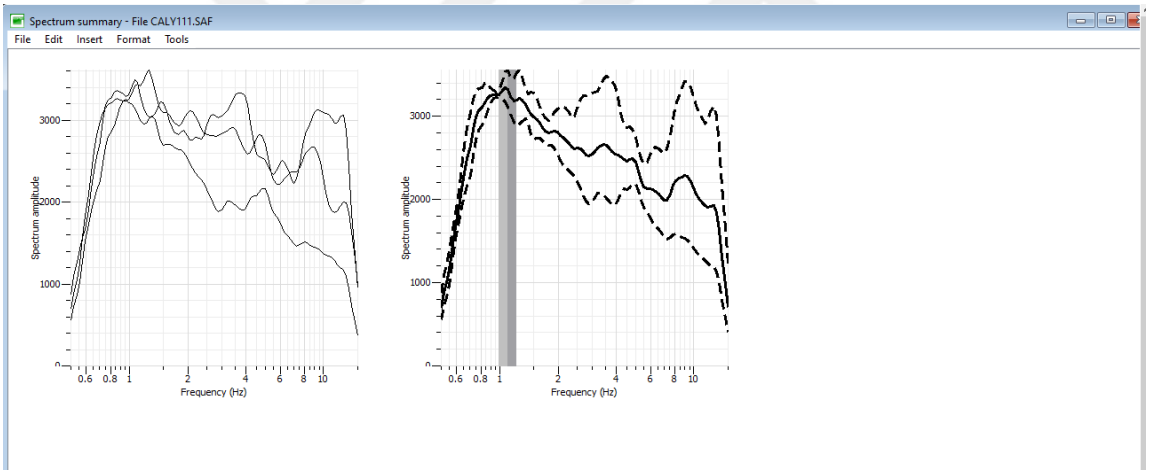
Zemin hakim titreşim periyodundan, zeminin alt ve üst titreşim periyotlarını bulmak için Ta = 0.67 x To ile Tb = 1.50 x To bağıntıları kullanılıp değerler elde edilmiştir Aytun (2001).

Ta = 0.67 x 0,28 = **0,19 sn** Tb = 1.50 x 0,28 = **0,42 sn**

Tablo 2.12. Mikrotremor ölçümü sonucunda elde edilen To, Ta ve Tb Değerleri

Ölçü No	Frekans (Hz)	Periyod (sn) To	Alt Periyod (sn) Ta	Üst Periyod (sn) Tb
Mikrotremör-1	3.61	0.28	0.19	0.42

Ayrıca yapılan mikrotremör ölçümlerinde zamin Spektral Büyütme değeri **1,74** olarak bulunmuştur.



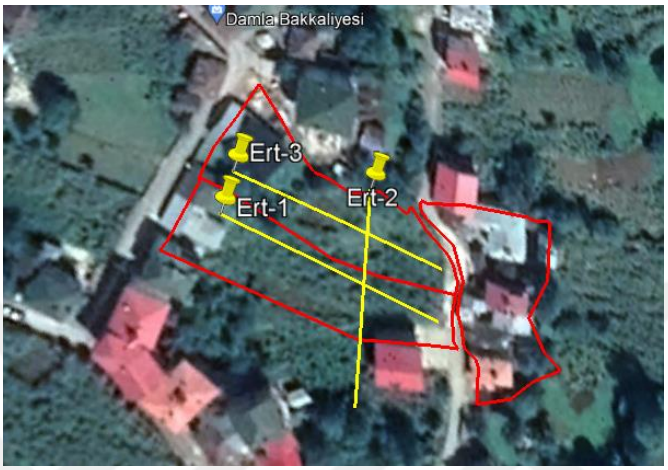
Şekil 2.16. Zemin büyütme değeri

2.2.1.4.3. Çok Elektrotlu Elektrik Tomografi Yöntemi (ERT)

Bir güç kaynağından yere verilen akımla malzemenin elektrik akımına karşı direnci, yani özdirenci hesaplanır. Bu özdirenç değerlerine göre yerin jeolojik yapısı haritalanır ve muhtemel kayma yüzeyi belirlenir.

İnceleme alanında, Wenner dizilim türü uygulanıp,çelik kazıkların(eletrot) aralığı 3 metre olarak belirlenmiştir ve 24 adet çelik kazık (elektrot) kullanılmıştır. Profil(hat) uzunluğu 69 metre olarak bulunmuştur. Her ayrı elektrot için kot değerleri GPS ile okunmuş,

data ZondRes2D programı yardımı ile değerlendirilip, topoğrafik etkiler kesitlere eklenmiştir. Kesitler elde edilen özdirenç (ohm.m) değerlerine göre ayrımlanmış, tabaka sınırları belirlenmiş, litoloji ile ilişkilendirilmiş ve yaklaşık olarak 14 metre derinlik incelenmiştir.



Şekil 2.17. ERT ölçümlerini gösteren ölçeksiz kroki

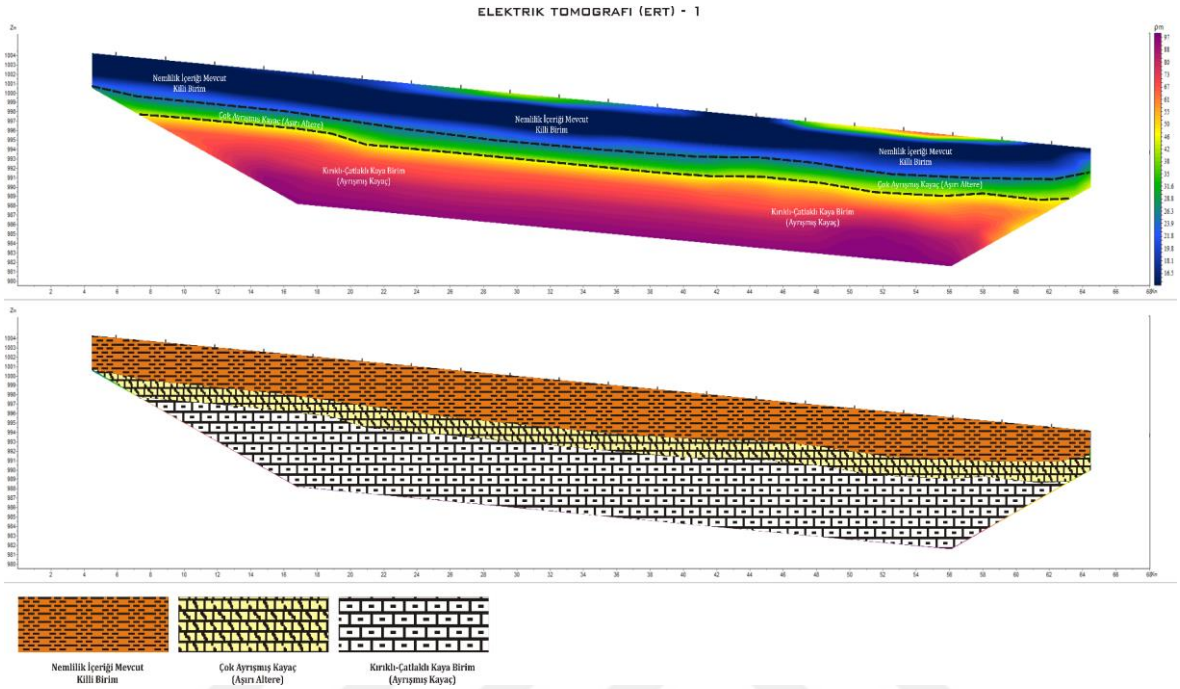
Tablo 2.13. ERT ölçümlerine ait koordinatlar

Ölçüm Noktası	Serim Uzunluğu (m)	Kesit hattı	Y	X
ERT-1	69.00	Başlangıç	533265.523	4524903.958
		Son	533316.584	4524860.920
ERT-2	69.00	Başlangıç	533307.174	4524903.379
		Son	533287.584	4524842.920
ERT-3	69.00	Başlangıç	533271.603	4524915.048
		Son	533320.584	4524875.920

2.2.1.4.3.1. Ert-1 Değerlendirme

Çalışma alanında yapılan Ert ölçümü sonucuna göre özdirenç değerleri 16,5 ohm.m ile 97 ohm.m arasında değişmektedir. Yüksek özdirençli bölgeler kırmızı-mor renkler ile, orta özdirençli bölgeler sarı-yeşil renk ve düşük özdirençli bölgeler ise mavi renkler ile ayrımlanmıştır. İlgili kesit incelendiğinde yüzeyde mavi renkler ayrımlaşan nemlilik içeriği mevcut killi birimin varlığı söz konusu olup, kalınlığı yaklaşık 5,00 metredir. Bu birimin hemen altında ise yeşil renkle ayrımlaşan aşırı altere olmuş çok ayrışmış kayaç birim yer

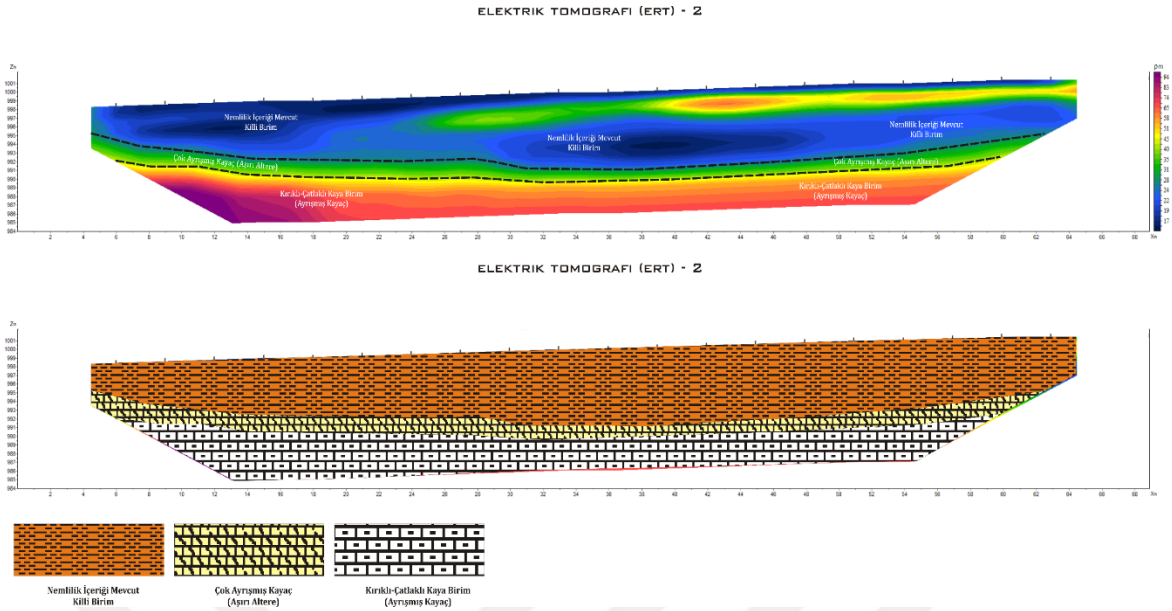
almaktadır. Bu birimin hemen altında sarı-kırmızı renkle ayrımlaşan kırıklı-çatlaklı kaya birimi (Ayrışmış Kayaç) yer almaktadır.



Şekil 2.18. Ert-1 kesiti

2.2.1.4.3.2. Ert-2 Değerlendirme

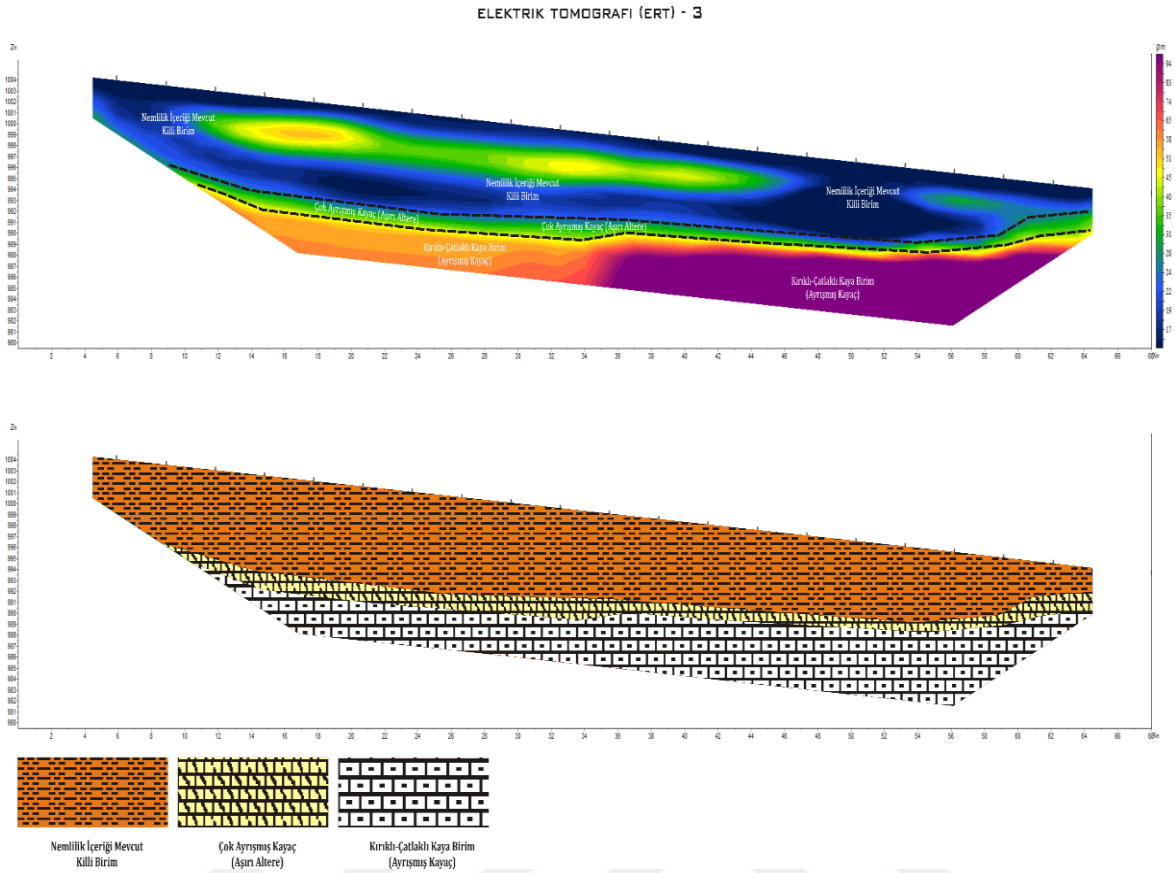
Çalışma alanında yapılan Ert ölçümü sonucuna göre özdirenç değerleri 17 ohm.m ile 94 ohm.m arasında değişmektedir. Yüksek özdirençli bölgeler kırmızı-mor renkler ile, orta özdirençli bölgeler sarı-yeşil renk ve düşük özdirençli bölgeler ise mavi renkler ile ayrımlanmıştır. İlgili kesit incelendiğinde yüzeyde mavive yer yer yeşil-sarı-kırmızı renkler ile ayrımlaşan nemlilik içeriği mevcut killi birimin varlığı söz konusu olup, kalınlığı yaklaşık 9,00 metredir. Bu birimin hemen altında ise yeşil renkle ayrımlaşan aşırı altere olmuş çok ayrışmış kayaç birim yer almaktadır. Bu birimin hemen altında sarı-kırmızı renkle ayrımlaşan kırıklı-çatlaklı kaya birimi (Ayrışmış Kayaç) yer almaktadır.



Şekil 2.19. Ert-2 kesiti

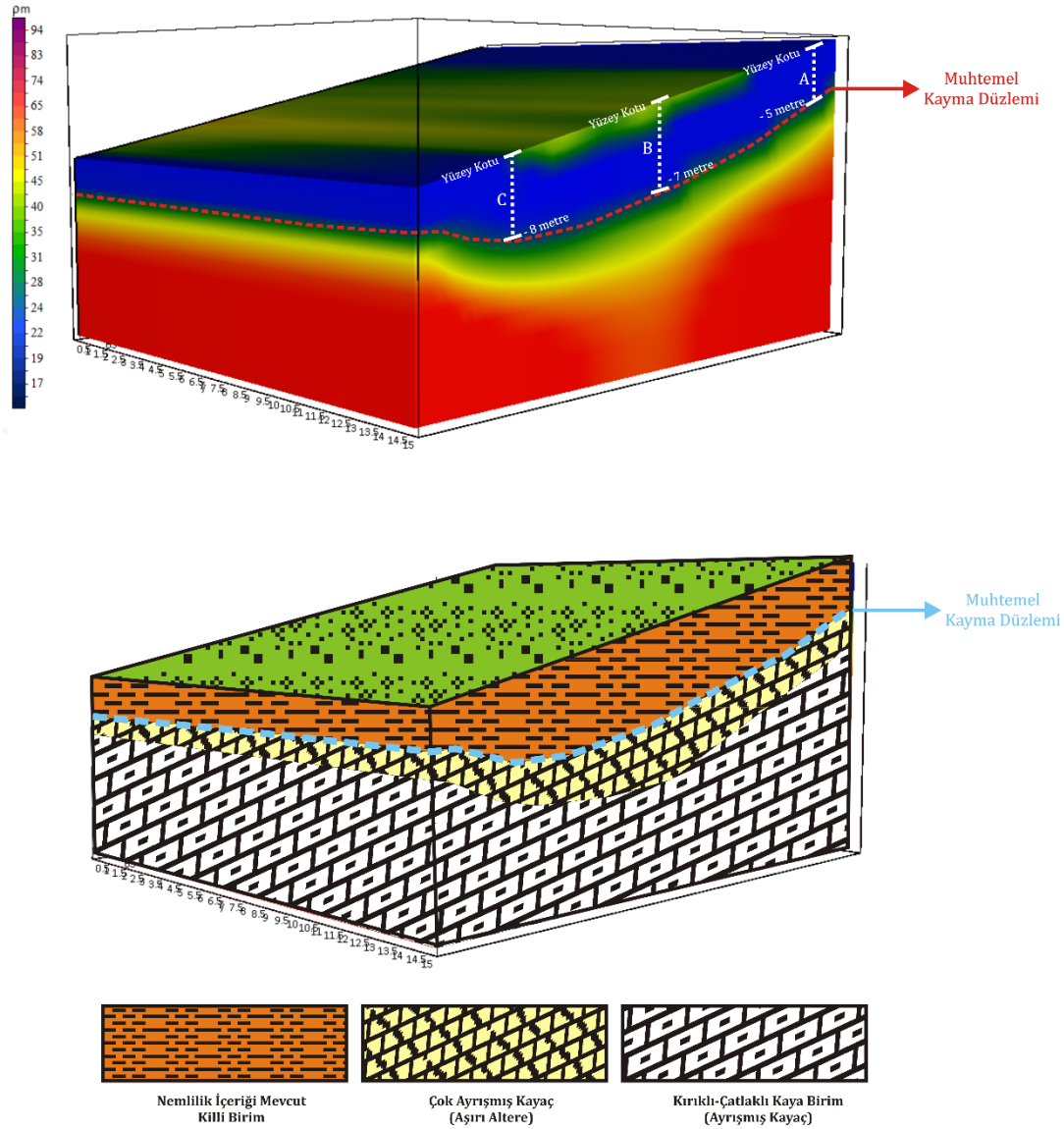
2.2.1.4.3.3. Ert-3 Değerlendirme

Çalışma alannda yapılan ERT ölçüm sonucuna göre, özdirenç değerleri 17 ohm m ile 94 ohm m arasında değişmektedir. Yüksek özdirençli bölgeler kırmızı-mor renkler ile, orta özdirençli bölgeler sarı-yeşil renk ve düşük özdirençli bölgeler ise mavi renkler ile ayrımlanmıştır. İlgili kesit incelendiğinde yüzeyde maviye ve yer yer yeşil-sarı renkler ile ayrımlaşan nemlilik içeriği mevcut killi birimin varlığı söz konusu olup, kalınlığı yaklaşık 8 metredir. Bu birimin hemen altında yeşil renkle ayrımlaşan aşırı altere olmuş çok ayrışmış kayaç birim yer almaktadır. Bu bitimin hemen altında sarı-kırmızı renkle ayrımlaşan kırıklı-çatlaklı kaya birimi (ayrışmış kayaç) yer almaktadır.



Şekil 2.20. Ert-3 kesiti

2.2.1.4.3.4. Ert Üç Boyutlu Değerlendirme



Şekil 2.21. Ert üç boyutlu model

ERT ile yapılan modellemede A, B ve C olmak üzere 3 noktadan geçen muhtemel kayma yüzeyi derinliği, A noktasında 5 m, B noktasında 7 metre, C noktasında ise 8 m olarak belirlenmiştir.

2.2.2. Laboratuvar Verileri

Proje alanında arazi çalışmaları sırasında açılan temel zemin sondaj kuyularının farkı derinlikleri arasında 1 adet zemin ve 11 adet karot numuneleri üzerinde zeminin temel mühendislik özelliklerini belirlemek amacı ile gerekli zemin ve kaya mekaniği deneyleri T.C. Çevre Şehircilik Bakanlığı onaylı 'Kaya Mühendislik' zemin ve kaya mekaniği laboratuvarında yapılmıştır. Bütün deneyler TS-1900 ve ASTM standartlarına uygun olarak gerçekleşmiştir.

İnceleme alanından alınan zemin numuneleri üzerinde su içeriği, kuru ve doğal birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, elek analizi, atterberg limitleri, boşluk oranı, doygunluk derecesi ve kesme kutusu deneyleri, karot numuneleri üzerinde ise nokta yükü dayanımı indeksi ve tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

Yapılan zemin ve kaya mekaniği deneyleri ve elde edilen sonuçlar, onaylı orijinal deney föyleri **EK-5'** de sunulmuştur.

Tablo 2.14. Numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri

LABORATUAR DENEYLERİ								
Kuyu No	**Derinlik (m)**	**Elek Analizi**	**Atterberg Limitleri**	**Direk K. Kutusu**	**D.BHA K.BHA**	**Boşluk Or. Doy. Der.**	**Nokta Yükü Day. İndeksi**	**Tek Ek. Bas. Day**
SK-1	18.00						X	
	23.00							X
SK-2	11.00							X
	16.00							X
SK-3	12.00						X	
	19.00							X
	25.00						X	
SK-4	12.00							X
	24.00							X
SK-5	2.00	X	X	X	X	X		
	10.00							X
	18.00							X

2.2.2.1. Zeminlerin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Proje alanında yayılım gösteren zemin birimlerinin fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla etüt alanında yapılan arazi çalışmalarından alınan toplam bir adet zemin numunesinin fiziksel özelliklerine göre deney sonuçları tablo 2.17' de verilmiştir.

Tablo 2.15. İnceleme alanındaki zeminlere ait fiziksel özellikler

Kuyu No	Derinlik (m)	Su İçeriği (%)	Boşluk Oranı (%)	Doğal B.H.A. (t/m^3)	Kuru B.H.A. (t/m^3)	Doygunluk Derecesi (%)	Özgül Ağırlık (Gs)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı
								+10 No	-200 No	LL (%)	PL (%)	PI (%)	
SK-5	2.00	19.80	87.20	1.67	1.39	59.24	2.61	20.60	54.80	43.60	22.00	21.60	**CL**

Tablo 2.16. İnce taneli zeminlerin boşluk oranı, porozite ve doygun birim hacim ağırlığı

Sondaj Kuyu No	Derinlik (m)	Kuru Birim Hacim Ağırlık γ_k (t/m^3)	Özgül Ağırlık (Gs)	Boşluk Oranı e (%)	Porozite n (%)	Doygunluk Derecesi Sr	Doğal Birim Hacim Ağırlık γ_d (t/m^3)
SK-5	2.00	1.39	2.61	87.20	46	59.24	1.70

2.2.2.2. Zeminlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

İnceleme alanında açılan Sk-5 nolu sondaj kuyusundan alınan örselenmiş zemin örnekleri Zemin ve Kaya Mekaniği Laboratuarına gönderilmiş ve bu numuneler üzerinde kesme kutusu deneyi yapılarak temel zeminine ilişkin mekanik özellikler belirlenmiştir. Yapılan deney sonuçlarına göre zeminin C (kohezyon) ve Φ (içsel sürtünme açısı) değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.17. Kesme kutusu ve doğal birim hacim ağırlık deney sonuçları

DİREKT KESME (KESME KUTUSU) DENEYİ	Sondaj No	Derinlik	Doğal Birim Hacim Ağırlık (t/m^3)	Kohezyon (kg/cm^2)	İçsel Sürtünme Açısı (^{o})	Zemin Sınıfı	Formasyon Adı
	SK-5	2.00	1.70	0.26	16	CL	**Ağ. Form.**

2.2.2.3. Kayaların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Proje alanında yapılan arazi çalışmalarından alınan kaya numuneleri üzerinde "Kaya Mühendislik Zemin ve Yapı Malzemeleri Laboratuarında" nokta yükü dayanımı indeksi ve tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılarak kaya zeminin, zemin parametreleri belirlenmiştir. Yapılan laboratuar deneylerinin sonuçları rapor içinde kullanılarak, rapor

eklerinde verilmiştir. Bu deneylerin sonuçları ve alınan numunelerin derinlikleri aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Tablo 2.18. Numunelerin nokta yükleme dayanımı indeksi ve derinlikleri

Kuyu No	*Numune Derinliği (m)*	*Nokta Yükleme İndeksi. (Mpa=10.00 kg/cm^2)*	*Formasyon Adı*
Sk-1	18.00	4.01 Mpa=40.10 kg/cm^2	Ağıllar Formasyonu
Sk-3	12.00	3.40 Mpa=34.00 kg/cm^2	
Sk-3	25.00	2.95 Mpa=29.50 kg/cm^2	

Laboratuvar sonuçlarından çıkan nokta yükleme dayanımı sonuçları 12 ile çarpılarak, numunelerin tek eksenli basınç dayanımları aşağıdaki tabloda hesaplanmıştır.

Tablo 2.19. Numunelerin tek eksenli basınç dayanımı, kayaç dayanımı ve derinlikleri

Kuyu No	*Numune Derinliği (m)*	*Tek Eksenli Basınç DayanımıDay. (kg/cm^2)*	*Kayaç Dayanımı*
Sk-1	18.00	40.10x12=481.20 kg/cm^2	Düşük Dayanımlı
Sk-1	23.00	604.27 kg/cm^2	Orta Dayanımlı
Sk-2	11.00	248.92 kg/cm^2	Çok Düşük Dayanımlı
Sk-2	16.00	14.17 kg/cm^2	Çok Düşük Dayanımlı
Sk-3	12.00	34.00x12=408.00 kg/cm^2	Düşük Dayanımlı
Sk-3	19.00	15.11 kg/cm^2	Çok Düşük Dayanımlı
Sk-3	25.00	29.50x12=354.00 kg/cm^2	Düşük Dayanımlı
Sk-4	12.00	859.37 kg/cm^2	Orta Dayanımlı
Sk-4	24.00	826.25 kg/cm^2	Orta Dayanımlı
Sk-5	10.00	31.43 kg/cm^2	Çok Düşük Dayanımlı
Sk-5	18.00	989.52 kg/cm^2	Orta Dayanımlı

2.2.3. Zemin Tabakalarının Geoteknik Parametrelerinin Belirlenmesi

İnceleme alanında yapılan sondajlarda, en üst seviyede yamaç molozu, bu seviyenin altında ise tüf ara katkılı kireçtaşları gözlemlenmiştir.

2.2.3.1. Yamaç Molozu Tabakası

Heterojen yapıda olan bu birimden, sondajlarda temsili numune alınamamıştır. Sadece SK-5 nolu kuyudan 2m derinlikte killi bir seviyeden numune alınmış, ve numune üzerinde kesme kutusu, elek analizi kıvam limitleri ve zemin fiziksel parametreleri için laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Kesme kutusu deneyi ile zeminin kohezyon, içsel sürtünme açısı, elek analizi ile zemin sınıfı, kıvam limitleri ile likit limit, plastik limit ve plastisite indisi tayin edilmiştir. Zemin fiziksel parametreleri olarak su içeriği, doğal birim hacim ağırlık, kuru birim hacim ağırlık, doygun birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, porozite, boşluk oranı ve doygunluk derecesi elde edilmiştir.

Fakat şevde yenilme gerçekleştiği için kesme kutusu deneyinden bulunan kohezyon ve içsel sürtünme açısı yerine, geri analiz sonucu elde edilen kohezyon ve içsel sürtünme açısı kullanılarak şev analizleri yapılmıştır.

Yamaç molozunda presiyometre deneyi ile Menard elastisite modülü Em= 31455 kN/m^2, limit basınç PL = 1037 kN/m^2, net limit basınç PLN =923 kN/m^2 olarak elde edlilmiştir.

Presiyometre deneyinden elde edilen Menard modülü ile elastisite modülü arasındaki ilişki, Briaud (1992), tarafından aşağıdaki gibi ifade edilmiştir;

$$E = \frac{Em}{\propto_m} \tag{12}$$

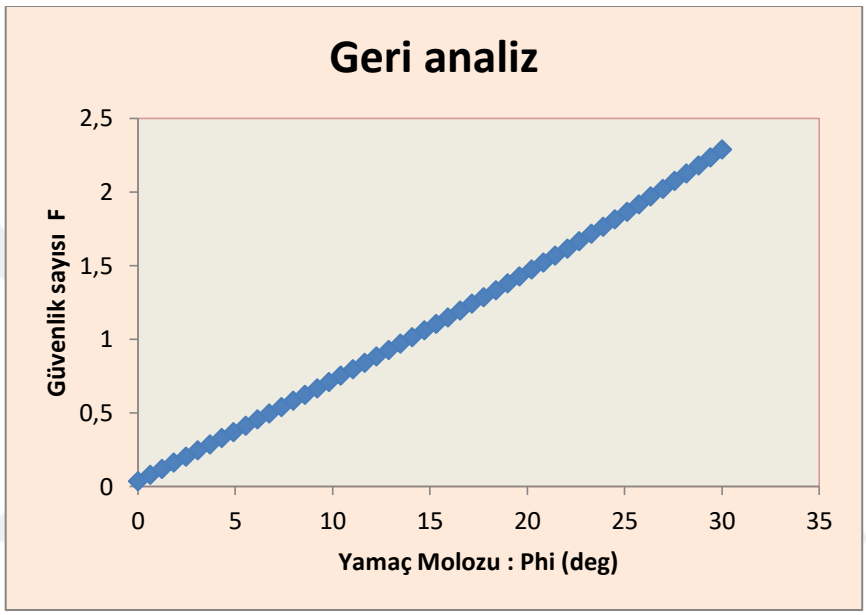
$$\frac{Em}{PLN} > 16 \quad \text{ise} \qquad \propto_m = 1 \tag{13}$$

Tablo 2.20. Yamaç molozuna ait zemin parametreleri

Kuru Birim Hacim Ağırlık γ_k (t/m^3)	1.39
Özgül Ağırlık (Gs)	2.61
Boşluk Oranı e (%)	87.20
Porozite n (%)	46
Doygunluk Derecesi Sr	59.24
Doğal Birim Hacim Ağırlık γ_d (t/m^3)	1.70
Zemin sınıfı	CL
Elastisite Modülü kN/m^2	31455
Kohezyon (c) kN/m^2	3
İçsel sürtünme açısı (ϕ)	14°
Poisson oranı (μ)	0.40

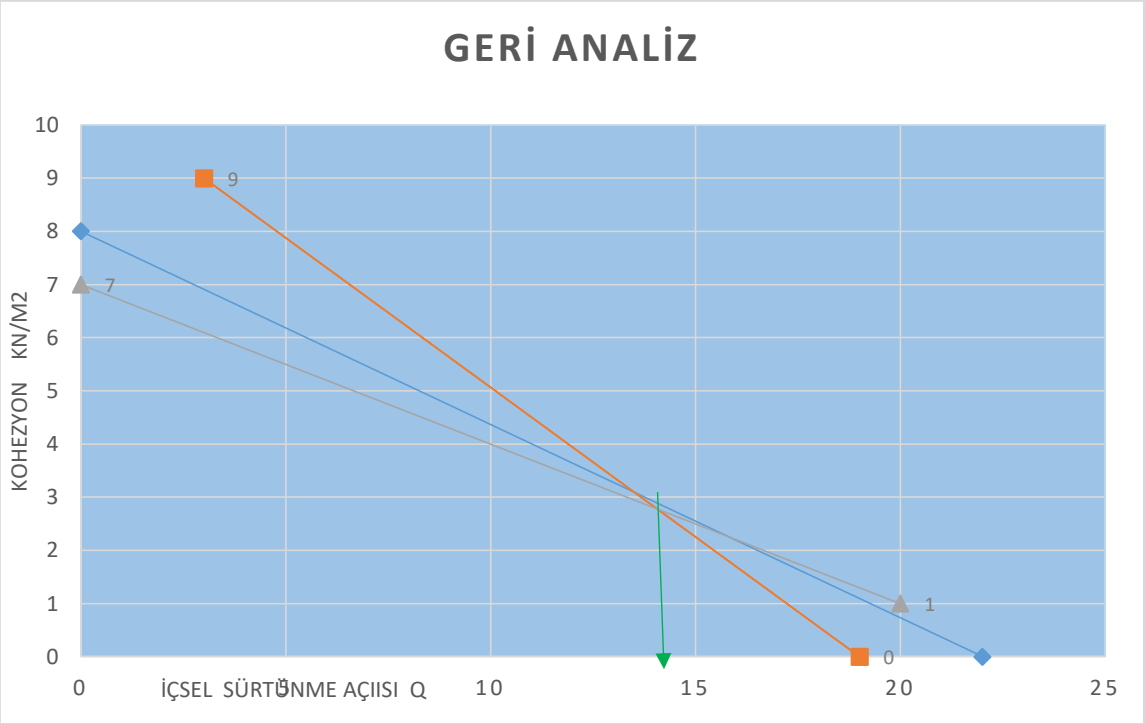
Yamaç molozunda geri analiz, hassasiyet ve olasılıklı analiz olmak üzere farklı iki yöntemle gerçekleştirilmiştir.

Hassasiyet analizinde kohezyon c= 0 alınıp, içsel sürtünme açısı ϕ için değerler verilerek F güvenlik sayıları belirlenmiş, x ekseninde içsel sürtünme açısı değerleri, ye eksninde ise güvenlik sayısı değerleri alınarak, çizilen grafikte F=1 'e karşılık gelen değer olan 14° içsel sürtünme açısı olarak alınmıştır.



Şekil 2.22. Hassasiyet analizi

Olasılıklı analizde ise, kayma yönünde birbirine paralel 3 adet kesit alınarak, bu kesitlere kayma yüzeyi eklenerek kohezyon ve içsel sürtünme açısına, güvenlık sayısına F= 0.99-1.01 aralığında değerler verilerek kohezyon ve içsel sürtünme açısı arasında grafik çizilerek, eğrilerin kesim noktasını kestiği nokta nokta kohezyon c= 3 kN/m^2, x eksenini kestiği nokta da içsel sürtünme açısı = 14° olarak elde edilmiştir.



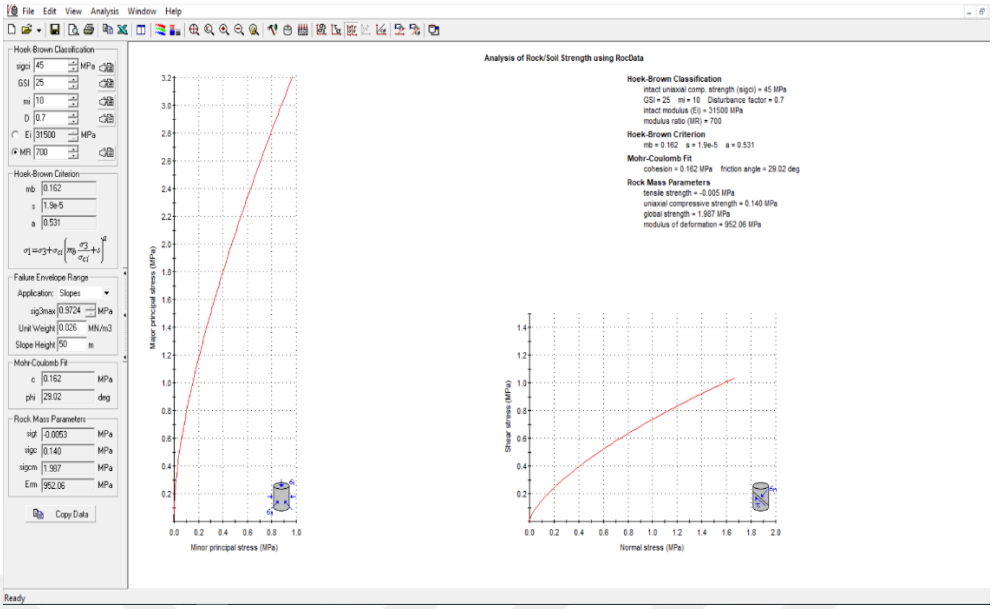
Şekil 2.23. Olasılıklı analiz

2.2.3.2. Kireçtaşı-Tüf Tabakası

İnceleme alanında yapılan sondajlardan alınan karot numuneleri üzerinde laboratuvarda, tek eksenli basınç dayanımı ve nokta yükü indisi deneyi yapılmıştır. Tek eksenli basınç dayanımı ortalama değeri 45 Mpa, olarak belirlenmiştir. GSI 25, mi 10 ,D=0.7 alınıp RockData programında analiz yapılarak, kohezyon 0.162 Mpa, içsel sürtünme açısı 29,02, elastisite modülü Em= 952,06 Mpa olarak elde edilmiştir.

Tablo 2.21. Kireçtaşı-tüf zemin parametreleri

İçsel sürtünme açısı (ϕ)	29°
Kohezyon (C) (kN/m^2)	162
Birim hacim ağırlık (γn)	23 kN/m^3
Doygun Birim Hacim Ağırlık	24 kN/m^3
Poisson oranı (μ)	0.35



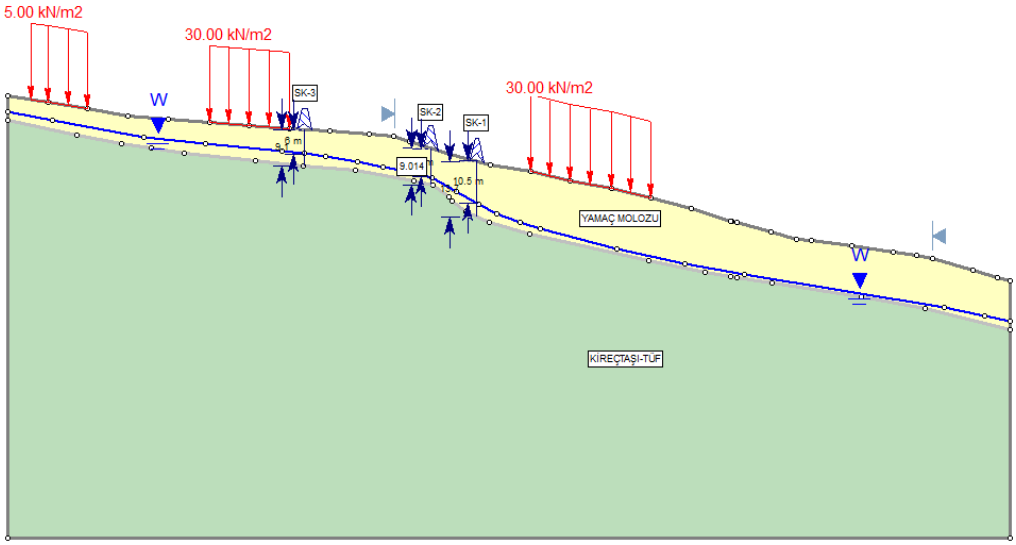
Şekil 2.24. RockData kireçtaşına ait geoteknik parametreler

2.2.4. Oluşturulan Kesit

Arazide yapılan sondaj çalışmaları neticesinde şev modeli oluşturulmuştur. Modelde, yamaç molozu ve kireçtaşı-tüf olmak üzere 2 malzeme tanımlanmıştır.

Üst kısımda yer alan yamaç molozu, alt kısımdaki kireçtaşı-tüflü seviyenin alterasyonu sonucu yerinde oluşmuş, blok, silt ve kil ihtiva eden heterojen yapıda malzemeden oluşmuştur. Bu birim zayıf çimentolu ve gevşek yapıdadır. Yamaç molozunu oluşturan ince malzeme zemin sınıflamasında düşük plastisiteli kil olarak tanımlanmıştır.

Alt kısımda yer alan kireçtaşı-tüf tabakalı bir yapıda olup tabaka eğimi yamaç eğimi yönündedir. Hakim birim kireçtaşı olup, ara sevilerde ince bantlar halinde tüf gözlenmiştir. Bu birimde alterasyon yersel olarak değişim göstermektedir. Basınç dayanımları yüzeye yakın alterasyona uğramış kısımlarda düşük, alterasyonun olmadığı kısımlarda ise basınç dayanımının yüksek olduğu gözlenmiştir. Kaya kalitesi olarak çok zayıf kaya olarak tanımlanmıştır.



Şekil 2.25. Tip kesit

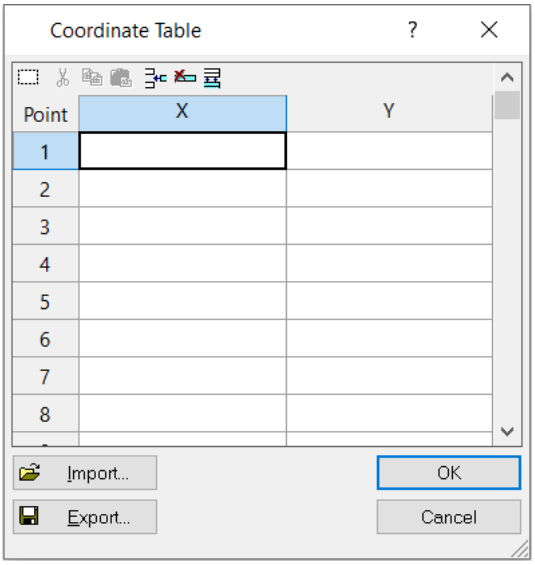
2.3. Heyelanın Slide Programı ile Analizi

Bu kısımda Slide 6.0 programının özellikleri anlatılmaktadır. Düzköy ilçesi Çal Orta Mahallesi heyelanı Slide programına aktarılacaktır. Bu bölümden sonra stabilite analizi yapılıp, şevin güvenlik sayısı bulunup, uygun ıslah metodu belirlenecektir.

2.3.1. Slide 6.0 Programı

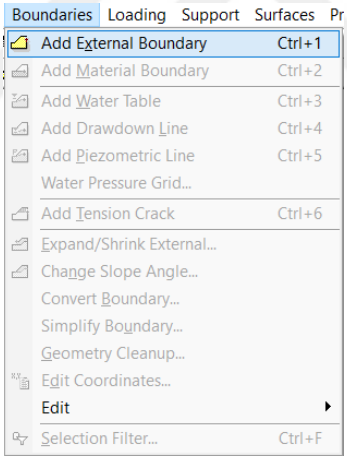
Slide 6.0 programında limit denge yöntemi kullanılarak çözümler gerçekleştirilmektedir. Geoteknik problemlerin çözümlerine yardımcı olmak amacıyla geliştirilen bir yazılımdır. Programa öncelikle tip kesitin dış sınırların oluşturulması ile başlanır. Daha sonra malzeme sınırı çizilip tüm malzemelerin geoteknik parametreleri girilip atamaları yapılır. Bu işlemden sonra yeraltı suyu sınırı tanımlanır. Kesit üzerinde kayma yüzeyi belirlenir ve hesaplama sekmesinden analiz yapılır.

Slide 6.0 programına girildiğinde yapılacak ilk şey geometrik model oluşturmaktır. Şekil 2.25’ de modeli oluşturmak için kullanacağımız coordinat table ekranı açılır. Mevcut X ve Y koordinatlar sırasıyla girilerek geometrik modelin dış sınırı oluşturulur.



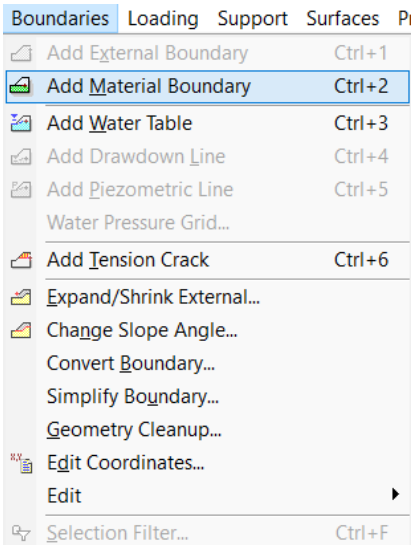
Şekil 2.26. Koordinat tablosu ekranı

Geometrik dış sınır, external boundry sekmesi ile de çizilerek oluşturulabilir.



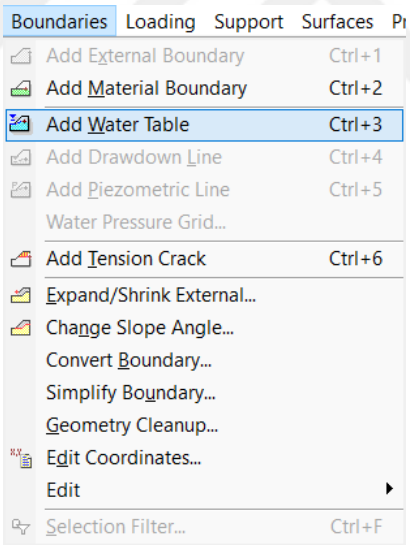
Şekil 2.27. Dış sınır çizim sekmesi ekranı

Dış sınır oluşturulduktan sonra, materyal sınırlarını tanımlamak için boundry sekmesinden, add material boundry seçilerek malzeme sınırı çizilir.



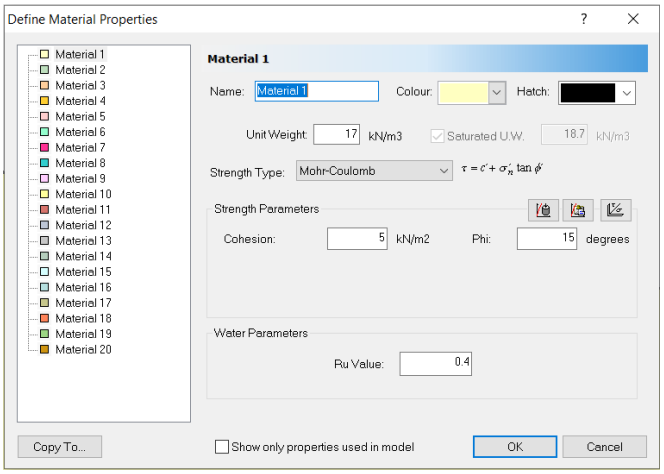
Şekil 2.28. Malzeme sınır çizim sekmesi ekranı

Malzeme sınırı atandıktan sonra yeraltı su seviyesi add water table sekmesinden



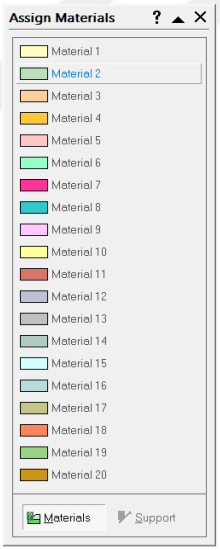
Şekil 2.29. Yeraltı suyu çizim sekmesi ekranı

Dış sınır, malzeme sınırı ve yeraltı su tablası çizildikten sonra malzemelerin atanması için Properties sekmesinden define materials seçilerek, her bir tabakanın geoteknik parametreleri girilir.



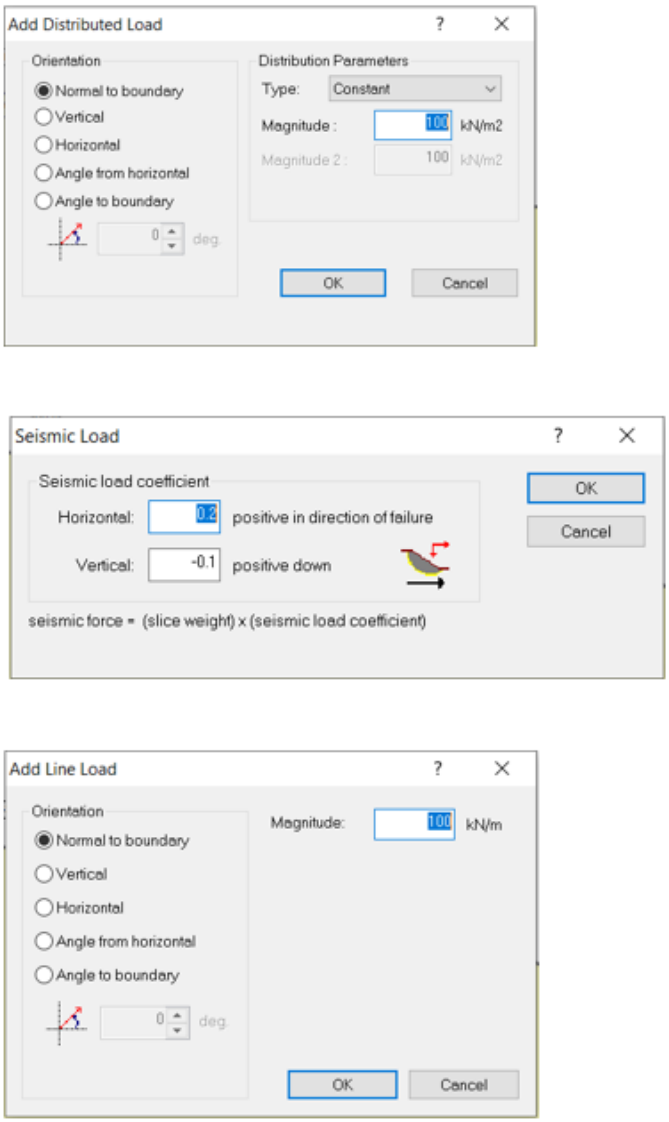
Şekil 2.30. Malzeme tanımlama sekmesi ekranı

Malzeme özellikleri tanımlandıktan sonra, her bir tabakaya geometrik parametreleri Assign materials sekmesi ile atanır.



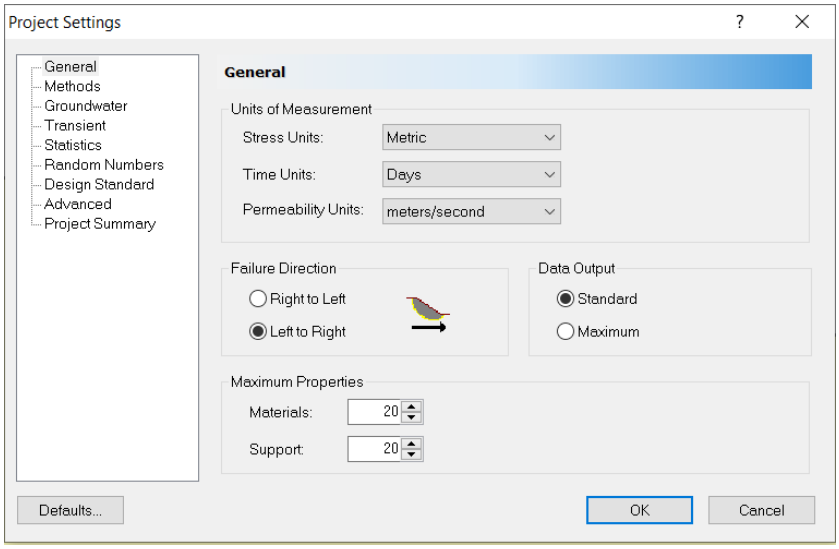
Şekil 2.31. Malzeme atama sekmesi ekranı

Malzeme atama işlemi bittikten sonra, konulması gereken yük bulunuyorsa loading sekmesinden, addd distributed laoad seçilerek yayılı yük, add line load şeçilerek çizgisel yük, add seismic load sekmesinden ise deprem yükü seçilerek modele tanımlanır.



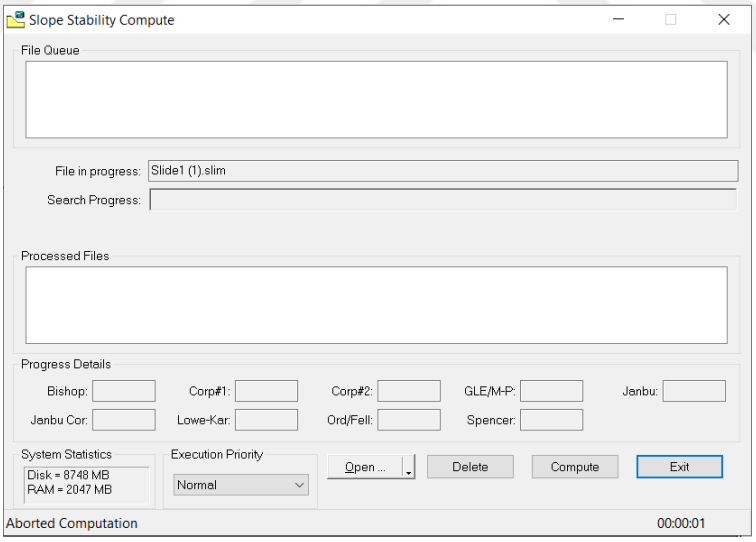
Şekil 2.32. Yük atama sekmesi ekranı

Yük atamalarından sonra Project settings sekmesinden, methods şeçilerek analiz metodu, failure direction seçilerek kayma yönü belirlenir.



Şekil 2.33. Analiz metodu ve kayma yönü belirleme sekmesi ekranı

Bu aşamalar tamamlandıktan sonra compute sekmesine tıklanarak analiz işlemi gerçekleştirilir.



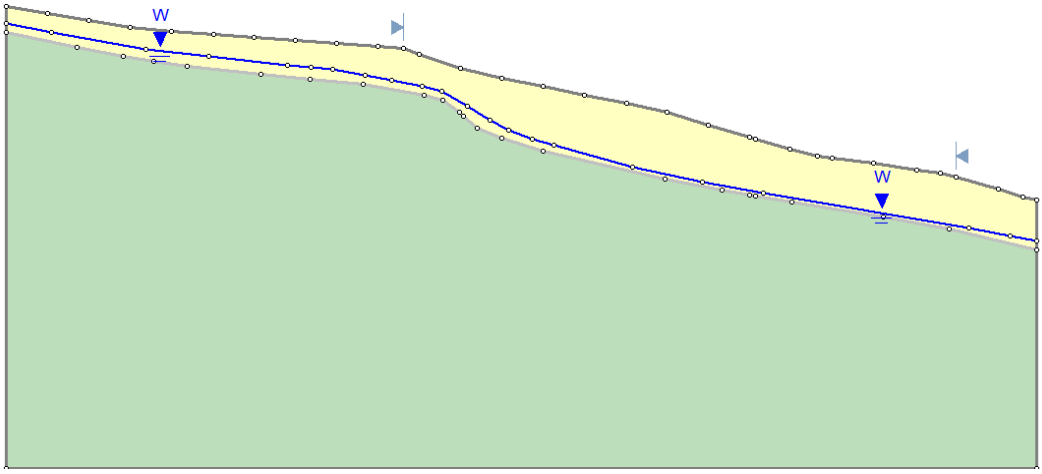
Şekil 2.34. Analiz hesaplama sekmesi ekranı

2.3.2. Düzköy-Çal Orta Mahallesi Heyelanının İyileştirilmesi

Düzköy ilçesi Çal Orta Mahallesi mevkiinde meydana gelen heyelanın stabilite analizini yapmak,ve şevi duraylı hale getirmek için uygun ıslah metodunun belirlenmesi, Slide programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

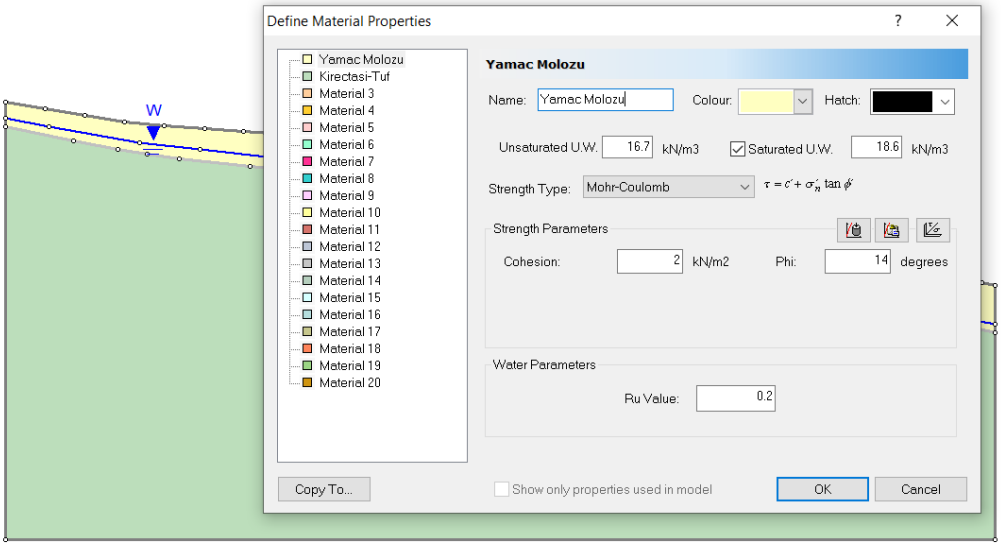
2.3.1. Slide Programı ile Yapılan Çalışmalar

Düzköy Çal Orta Mahallesi heyelanının analizi ve iyileştirme çalışmaları Slide programı yardımı ile yapılmıştır. Bölgede yapılan sondaj çalışmaları, arazi ve laboratuvar deneyleri ile malzemelerin geoteknik özellikleri belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak modelleme gerçekleştirilmiştir.

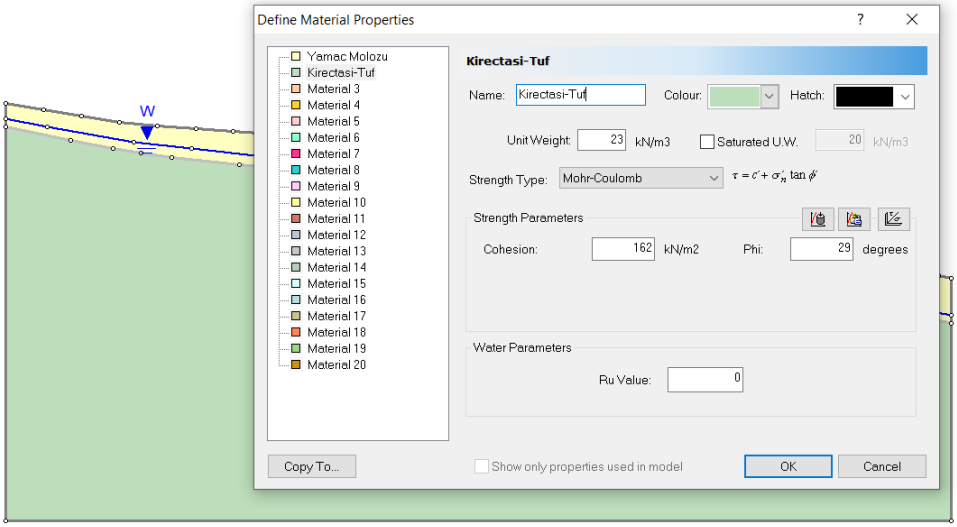


Şekil 2.35. Slide programında modellenmiş heyelan kesiti

Şekil 2.35.'de iki farklı malzeme, bir malzeme sınır material boundry sekmesi ile birbirinden ayrılmıştır. Sarı renkli kısım yamaç molozunu, yeşil renkli kısım ise tüf ara katkılı kireçtaşı katmanını temsil etmektedir. Her bir tabakanın geoteknik parametreleri define materials sekmesinden tanımlanmıştır.



Şekil 2.36. Yamaç molozuna ait geoteknik parametreler



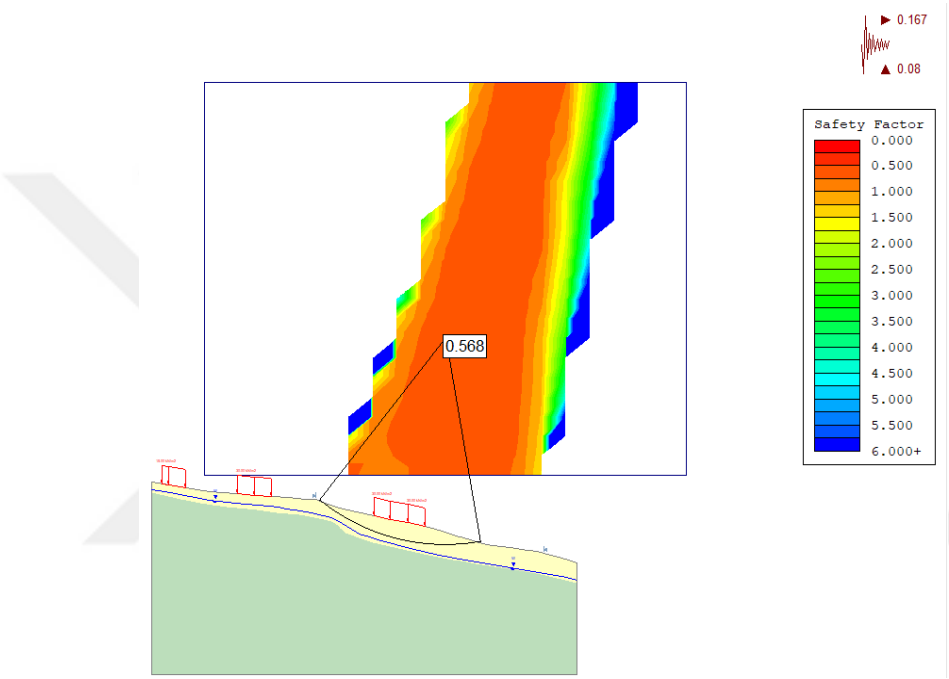
Şekil 2.37. Kireçtaşı-tüf birimine ait geoteknik parametreler

2.3.2.2. Geoteknik Tasarım

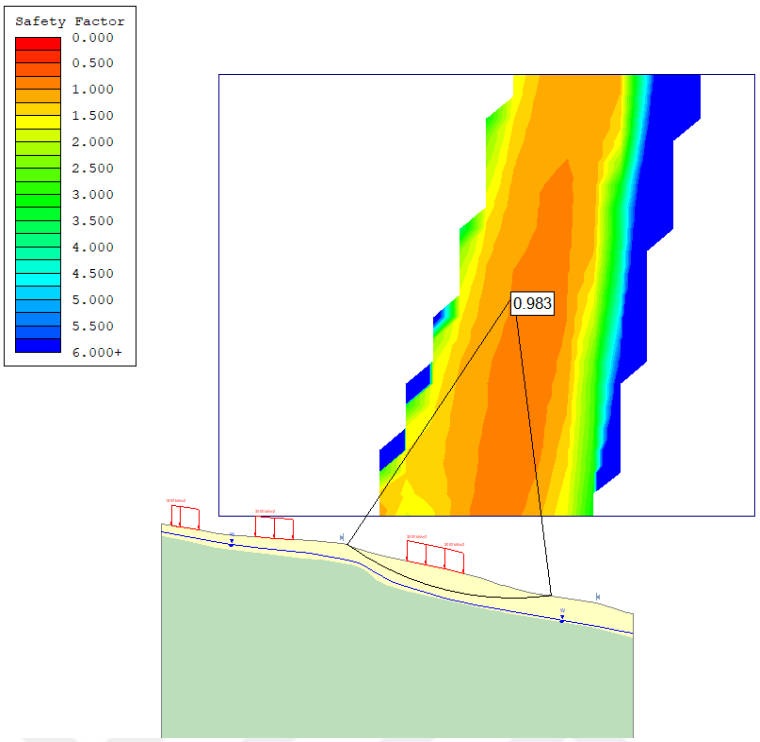
Slide programında, malzemelerin geoteknik parametreleri girilerek heyelan kesiti modellenmiştir. Bu kısımda uygun ıslah metodu belirlenerek, gerçekleşen heyelandan kaynaklı oluşan sorunları minimuma indirecek, emniyetli ve uygun maliyetli geoteknik tasarım oluşturulacaktır.

2.3.2.2.1. Mevcut Durum Sayısal Analizi

Bu kısımda inceleme ananında gerçekleşen heyelanın desteksiz, mevcut durumunun sayısal analizi yapılarak güvenlik sayısı hesaplanmıştır. Branch (1972), rezidüel kayma dayanımlarına dayalı analiz yapıldığından, olması gereken güvenlik sayısı **1.20** olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.38. Mevcut, depremli durum analiz



Şekil 2.39. Mevcut, depremsiz durum analiz

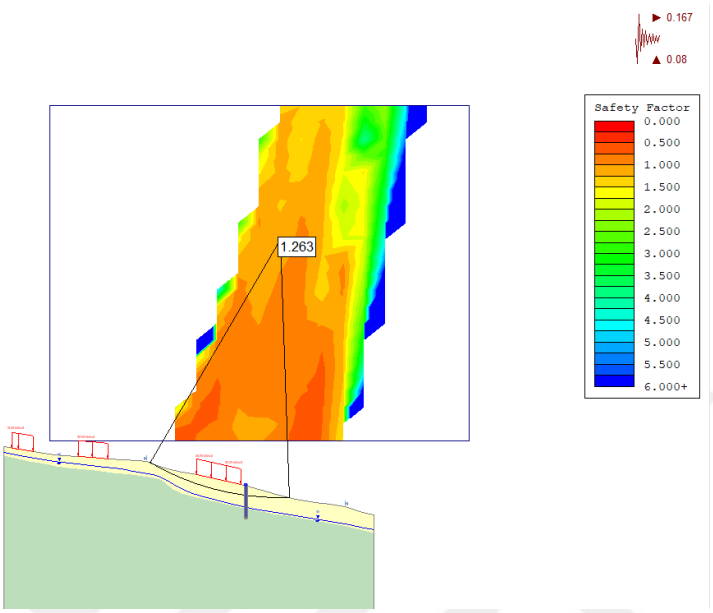
Yapılan analizler sonucunda Şekil 2.38.'de görüldüğü gibi depremli durumda güvenlik sayısı **0.57** bulunmuştur. Şekil 2.39.' da ise, depremsiz durumda güvenlik sayısı **0,98** olarak hesaplanmıştır. Her iki durumda da güvenlik sağlanamadığı için, güvenlik sayısını, olması gereken değer 1.20' ye çıkarıp, şevi güvenli hale getirecek, uygun ıslah metodu belirlenip tekrar analiz yapılmalıdır.

2.3.2.2.2. Fore Kazıklar ile Yapılan Sayısal Analiz

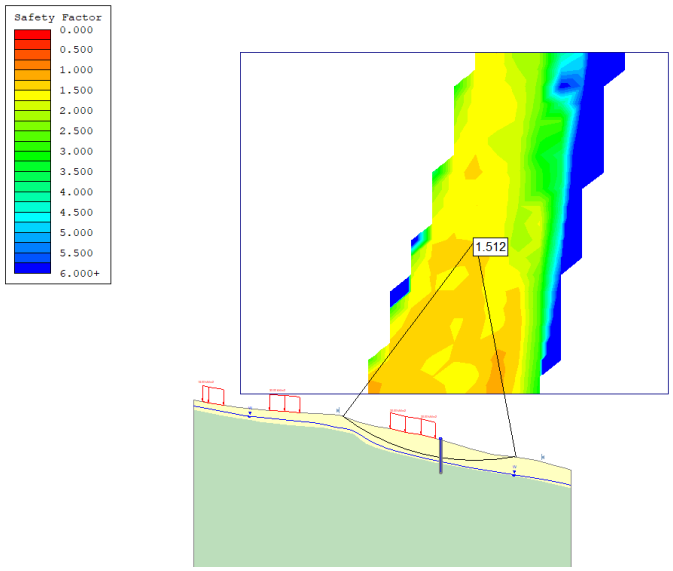
İnceleme bölgesindeki şevde gerçekleşen heyelanın olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılarak, şevin stabil hale getirilmesi gerekmektedir. Bu heyelanda kayan kütlenin desteklenmesi için, şev eğiminin, düşey ve yanal yüklerin az olması, ve ekonomik olmaları da göz önünde bulundurularak fore kazıklar bu analize uygun görülmüştür.

Kazıklar kayma dairesini geçerek sağlam tabaka olan kireçtaşı-tüf tabakasına oturtulacak şekilde yerleştirimiştir. Kesme dayanımı **724 kN**, çapı **100 cm**, boyu **20 m** olan fore kazıklar, 0.35 m aralıklarla tek sıra halinde dizilerek analiz yapılıp, depremli ve

depremsiz durumda, güvenlik sayısı bulunmuştur. Depremli durum analizinde, yatay sismik yük **0.167**, düşey sismik yük **+-0.08** alınmıştır.



Şekil 2.40. Tek sıra fore kazıklı, depremli durum analizi



Şekil 2.41. Tek sıra fore kazıklı, depremsiz durum analizi

Şekil 2.40. ve Şekil 2.41.'de, inceleme alanının içinden geçen yolun doğu kısmındaki evlerin arka tarafına uygulanan tek sıralı kazıkların analizi sonucunda, depremli durumda güvenlik sayısı **1.26** depresimsiz durumda ise güvenlik sayısı **1.51** bulunmuştur. Olması

gereken güvenlik sayısı 1.20 olduğundan, depremli ve depremsiz durumda da Ø100 20 m'lik tek sıra fore kazık güvenliği sağlamıştır.

2.4. Heyelanın Plaxis Programı ile Analizi

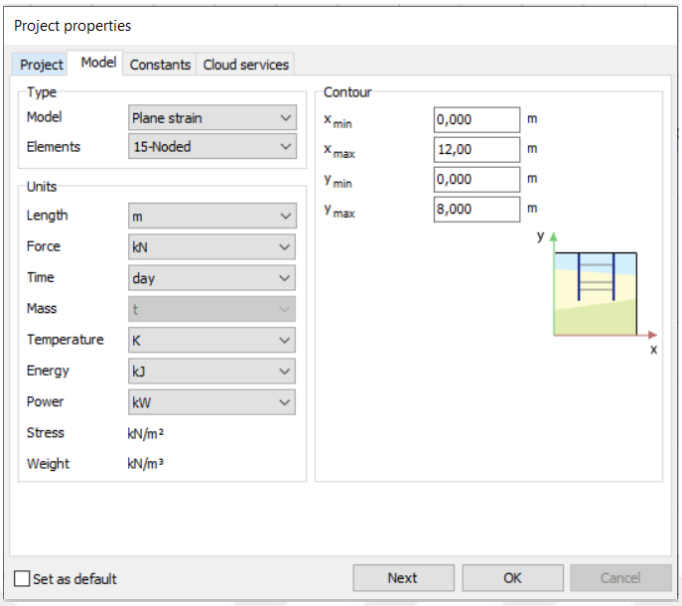
Bu kısımda Plaxis 2D programının özellikleri anlatılmaktadır. Düzköy ilçesi Çal Orta Mahalesi heyelanı plaxis programına aktarılacaktır. Bu bölümden sonra stabilite analizi yapılıp, şevin güvenlik sayısı bulunup, uygun ıslah metodu belirlenecektir.

2.4.1. Plaxis 2D Programı

Plaxis 2D programı, sonlu elemanlar yöntemini kullanarak çözümler gerçekleştirmektedir. Slide programı gibi Plaxis programı da, geoteknik problemlerin çözümlerine yardımcı olmak amacıyla geliştirilen bir yazılımdır. İnceleme alanının kesiti oluşturularak, her bir tabakanın geoteknik parametreleri girilir, mesh ağı oluşturulur ve analiz işlemi gerçekleştirilir.

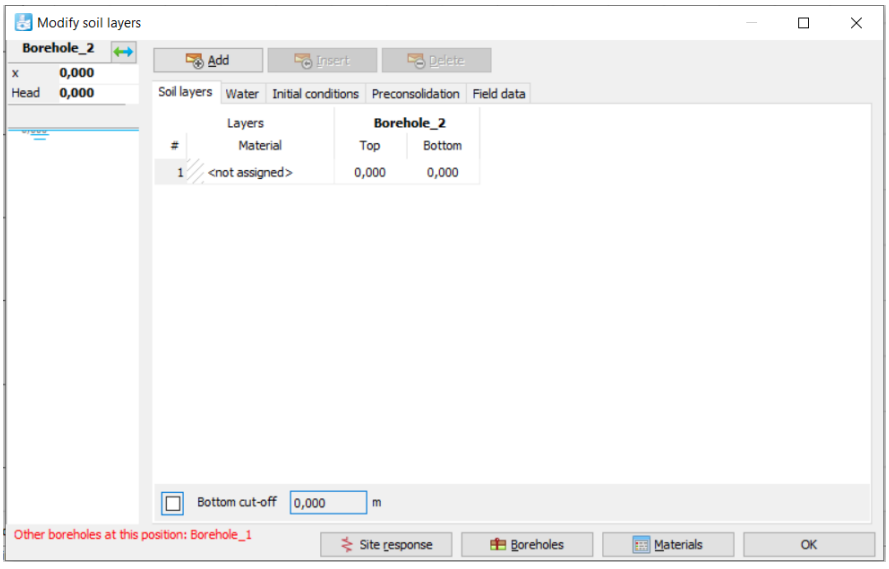
Program başlatıldığında açılan menüde, programa hazır bir kesit, open existing Project sekmesinden çağırılır. Yeni bir proje oluşturulmak isteniyorsa start new Project sekmesinden oluşturulacak projenin ismi, bu menüde bulunan model sekmesinden ise çalışma alanı sınırları ve model belirlenir.

Şekil 2.42. Proje oluşturma ekranı

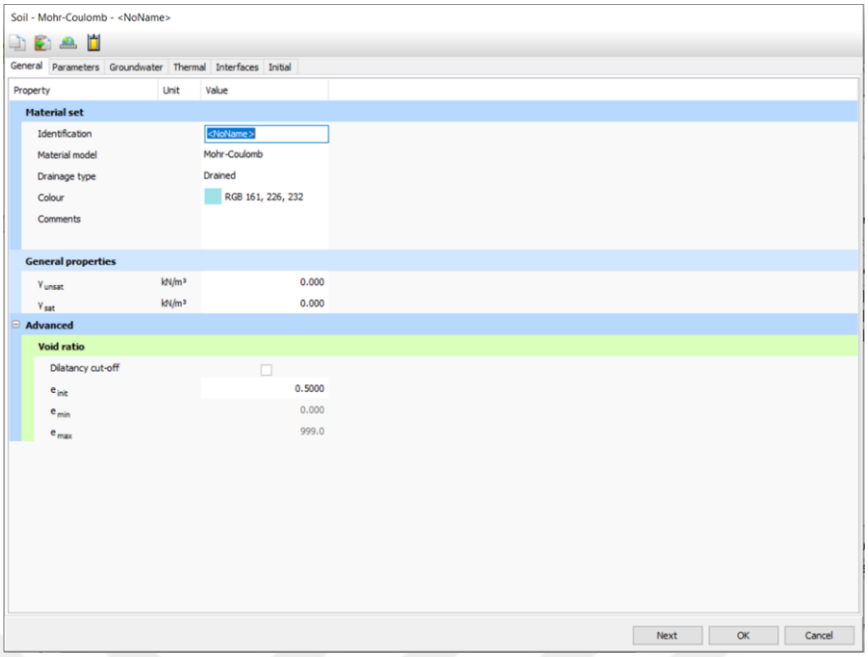


Şekil 2.43. Çalışma alanı sınırları ve model belirleme ekranı

Kesit oluşturulduktan sonra, soil menüsündeki create borehole sekmesinden sondaj kuyuları oluşturulup, show material sekmesinde new seçilerek geoteknik parametreler girilip tabakalar oluşturulur.

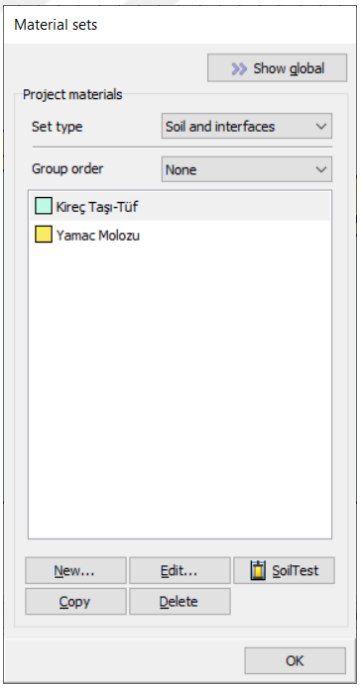


Şekil 2.44. Sondaj kuyularını oluşturma ekranı



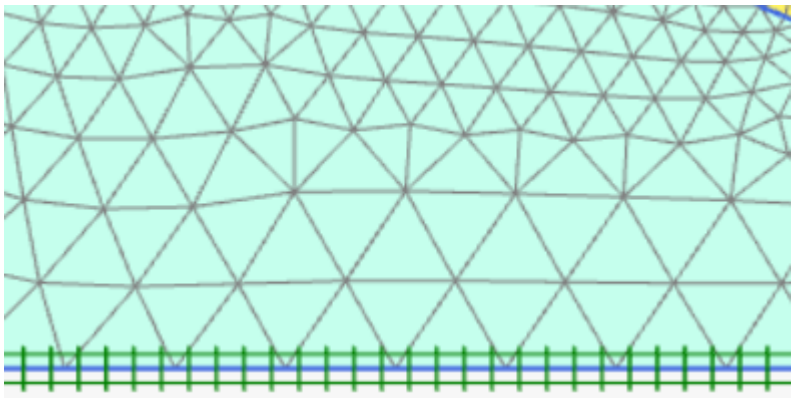
Şekil 2.45. Malzeme tanımlama sekmesi ekranı

Şekil 2.46.'da görülen materials sets ekranındaki malzemeler tabakalara aktarılır.



Şekil 2.46. Material sets ekranı

Mesh sekmesinden, kesitte mesh ağı oluşturulur.

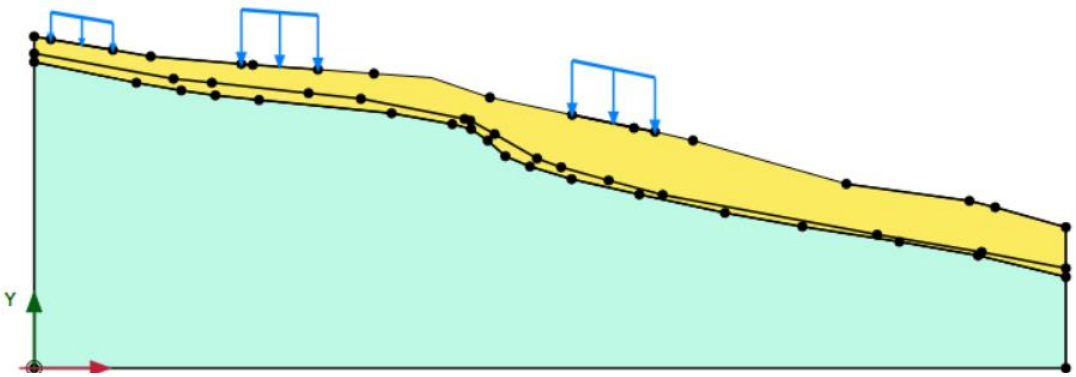


Şekil 2.47. General mesh ekranı

Mesh işlemi yapıldıktan sonra yeraltı suyu seviyeleri çizilir ve caltulation ekranından phase'ler oluşturularak analiz gerçekleştirilir.

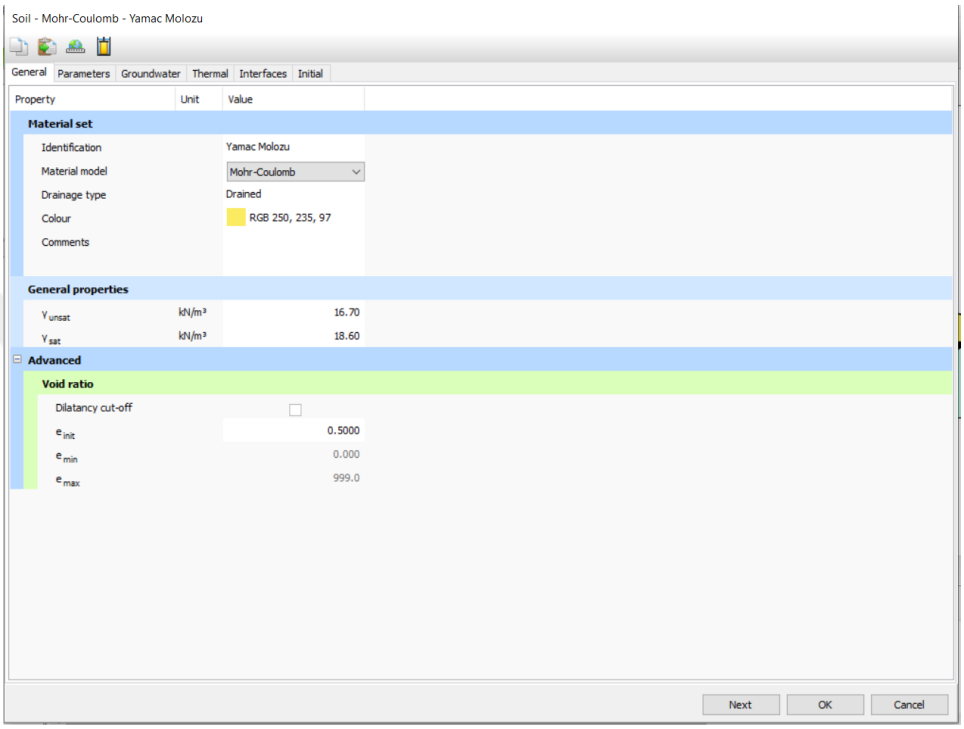
2.4.2. Plaxis Programı ile Yapılacak Çalışmalar

Düzköy Çal Orta Mahallesi heyelanının analizi ve iyileştirme çalışmaları Plaxis programı yardımı ile yapılmıştır. Bölgede yapılan sondaj çalışmaları, arazi ve labaoratuvar deneyleri ile malzemelerin geoteknik özellikleri belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak modelleme gerçekleştirilmiştir.

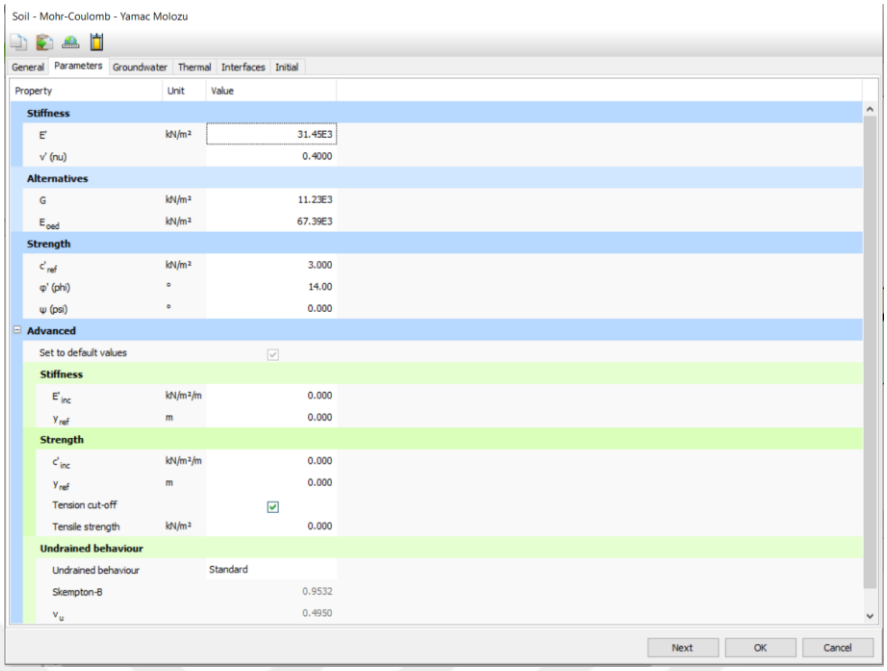


Şekil 2.48. Plaxis programında modellenmiş heyelan kesiti

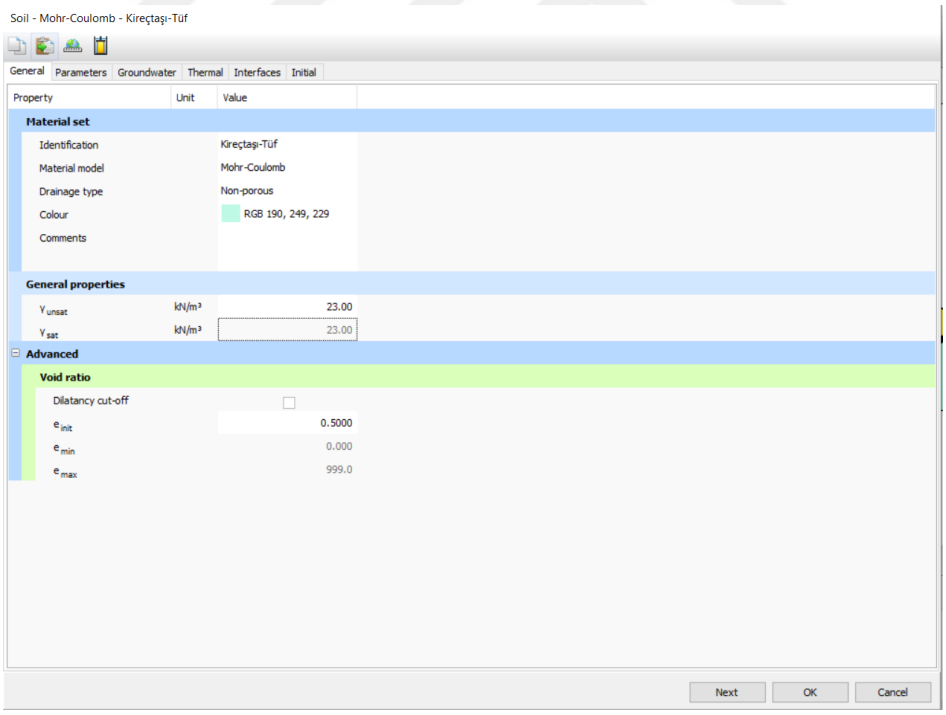
Şekil 2.48.'de iki farklı malzeme, bir malzeme sınırı create soil polygon sekmesi ile birbirinden ayrılmıştır. Sarı renkli kısım yamaç molozunu, yeşil renkli kısım ise tüf ara katkılı kireçtaşı katmanını temsil etmektedir. Her bir tabakanın geoteknik parametreleri material sets sekmesinden sürüklenerek malzemenin üzerine tanımlanmıştır.



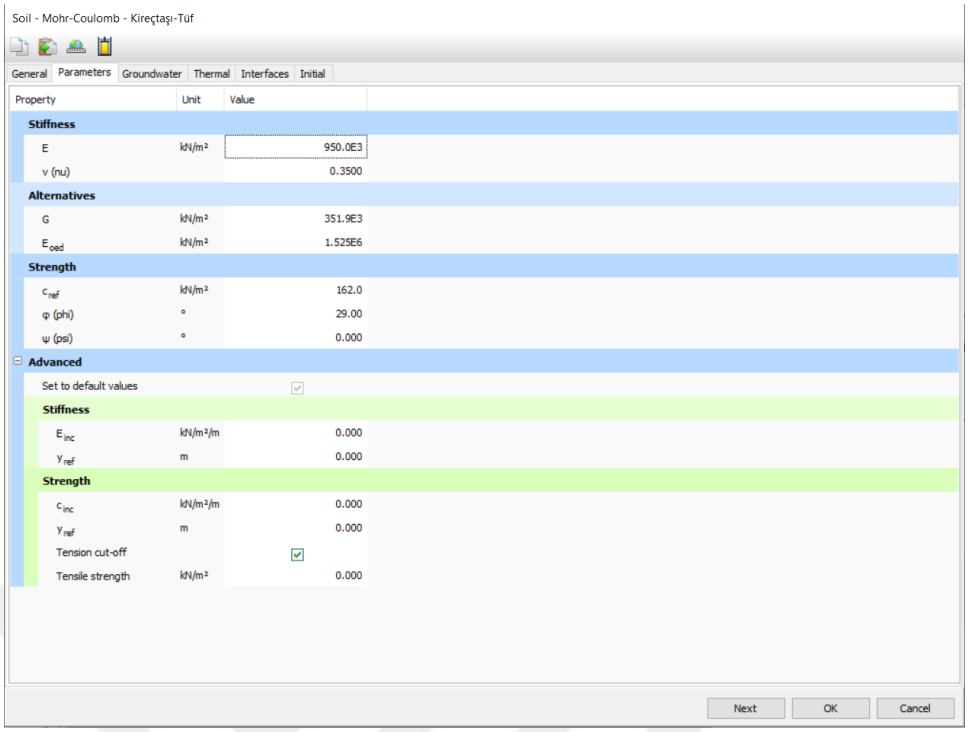
Şekil 2.49. Yamaç molozuna ait geoteknik parametreleri



Şekil 2.50. Yamaç molozuna ait geoteknik parametreler



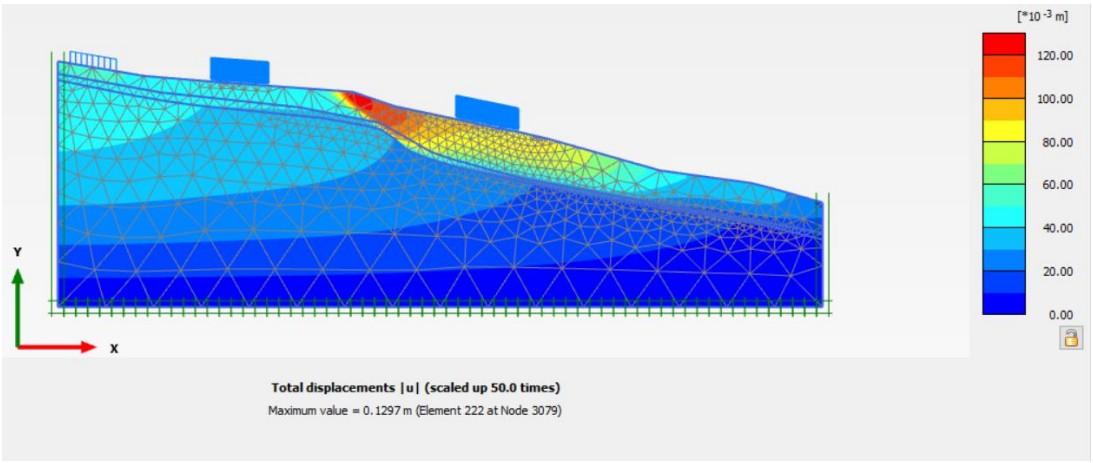
Şekil 2.51. Kireçtaşı-tüf tabakasına ait geoteknik parametreler



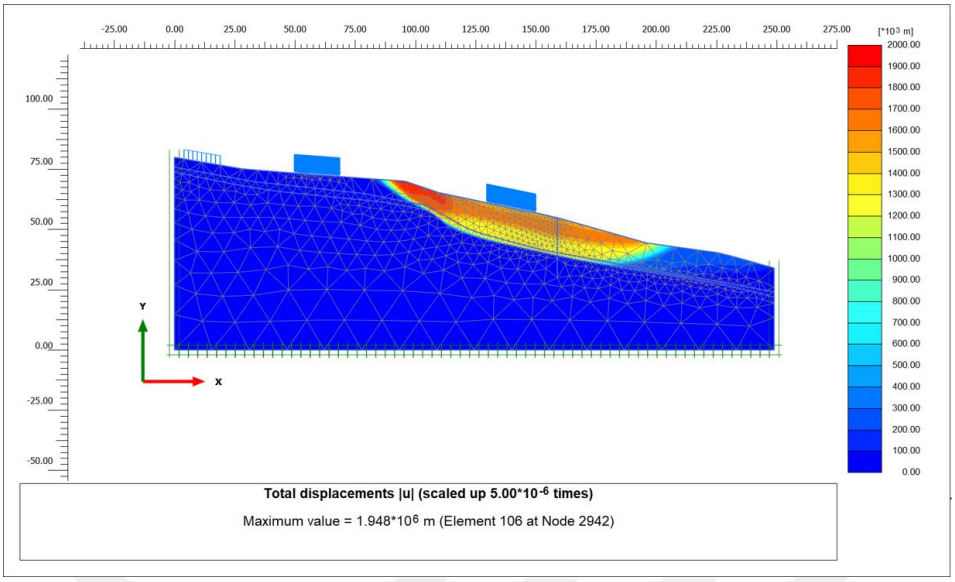
Şekil 2.52. Kireçtaşı-tüf tabakasına ait geoteknik parametreler

2.4.3. Mevcut Durum Analizi

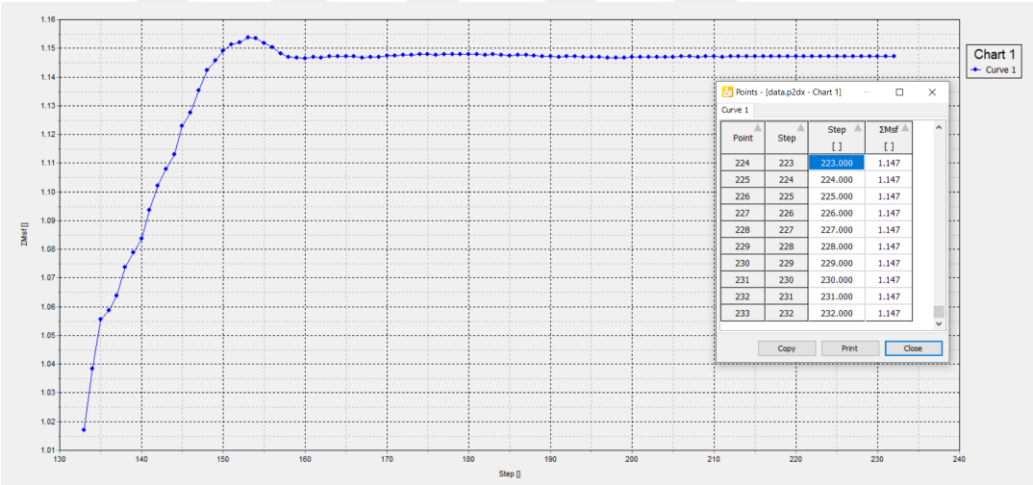
Bu kısımda inceleme ananında gerçekleşen heyelanın desteksiz, mevcut durumunun sayısal analizi yapılarak güvenlik sayısı hesaplanmıştır. Branch (1972), rezidüel kayma dayanımlarına dayalı analiz yapıldığından, olması gereken güvenlik sayısı **1.20** olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.53. Mevcut durum zeminde oluşan deformasyon analizi



Şekil 2.54. Mevcut durum güvenlik analizi



Şekil 2.55. Plaxis mevcut durum güvenlik sayısı

Yapılan analizler sonucunda Şekil 2.53.'de mevcut durumda analiz gerçekleştikten sonra, zeminde oluşan **12,97** cm deplasman görülmektedir. Şekil 2.54.' de ise, de analiz sonucu hesaplanan güvenlik sayısının **1.147** bulunduğu görülmektedir. Bulunan güvenlik sayısı, olması gereken güvenlik sayısı 1.20'den küçük çıkmıştır. Güvenlik sayısını olması gereken değerin üzerine çıkarıp, şevi güvenli hale getirmek için uygun ıslah metodu belirlenip tekrar analiz yapılmalıdır.

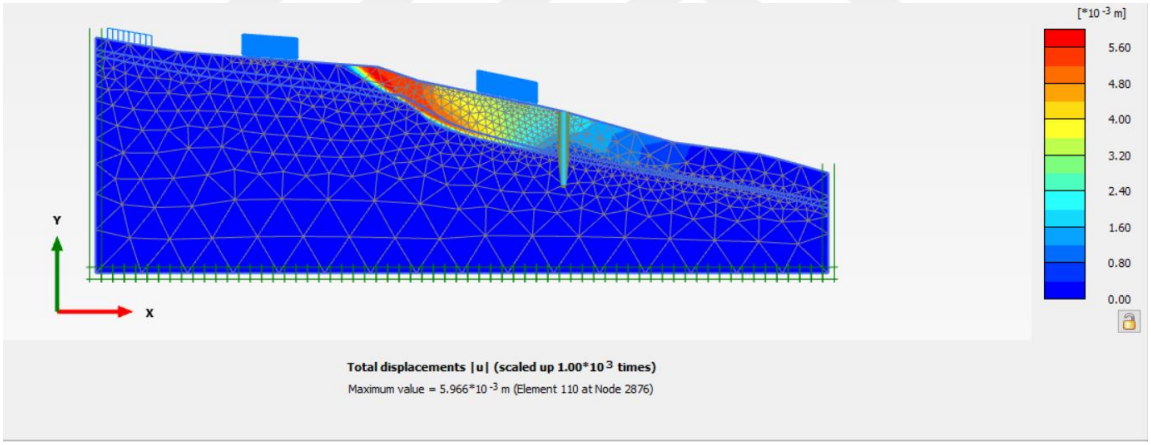
2.4.4. Fore Kazıklar ile Yapılan Analiz

İnceleme bölgesindeki şevde gerçekleşen heyelanın olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılarak, şevin stabil hale getirilmesi gerekmektedir. Bu heyelanda kayan kütlenin desteklenmesi için, şev eğiminin, düşey ve yanal yüklere dayanımlarının yüksek olması göz önünde bulundurularak fore kazıklar bu analize uygun görülmüştür.

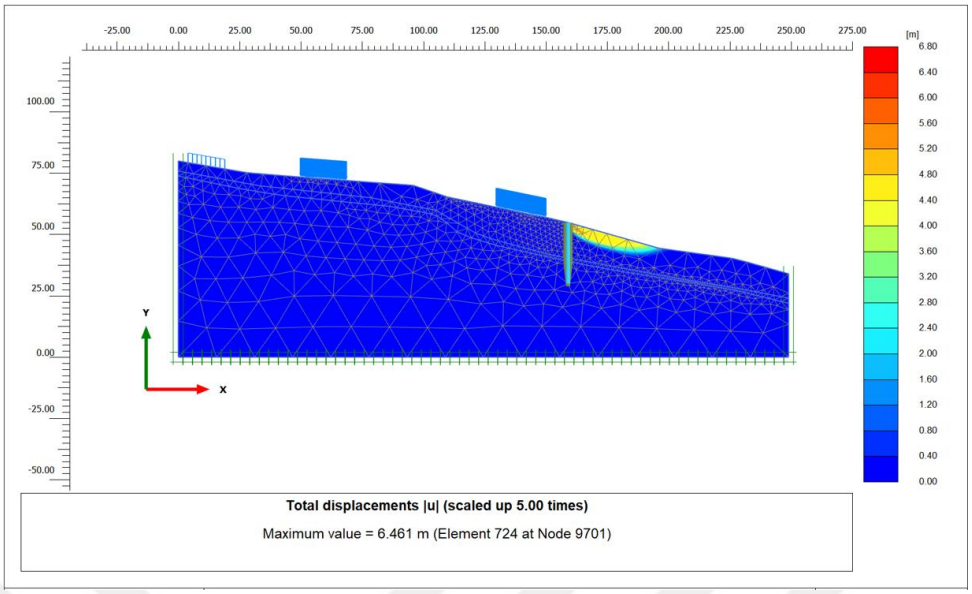
Kazıklar, kayma dairesini geçerek sağlam tabaka olan kireçtaşı-tüf tabakasına oturtulacak şekilde yerleştirimiştir. Kullanılan fore kazıkların özellikleri Tablo 2.2.3'de verilmiştir.

Tablo 2.22. Kullanılan kazıkların özellikleri

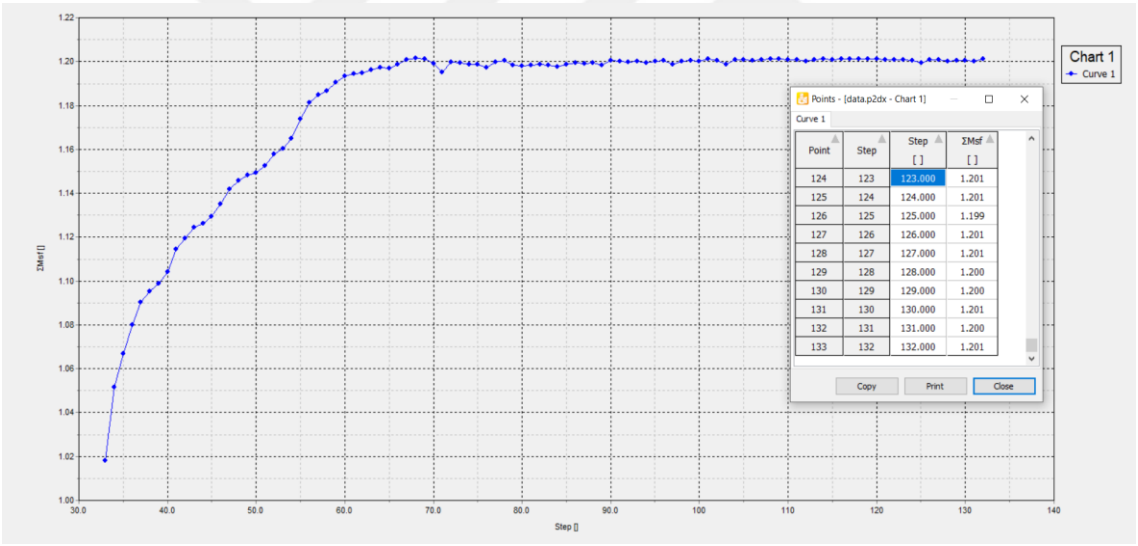
Kazık çapı	100 cm
Kazık boyu	20 m
Kazıklar arası mesafe	35 cm



Şekil 2.56. Fore kazıklı durumda zeminde oluşan deformasyon analizi

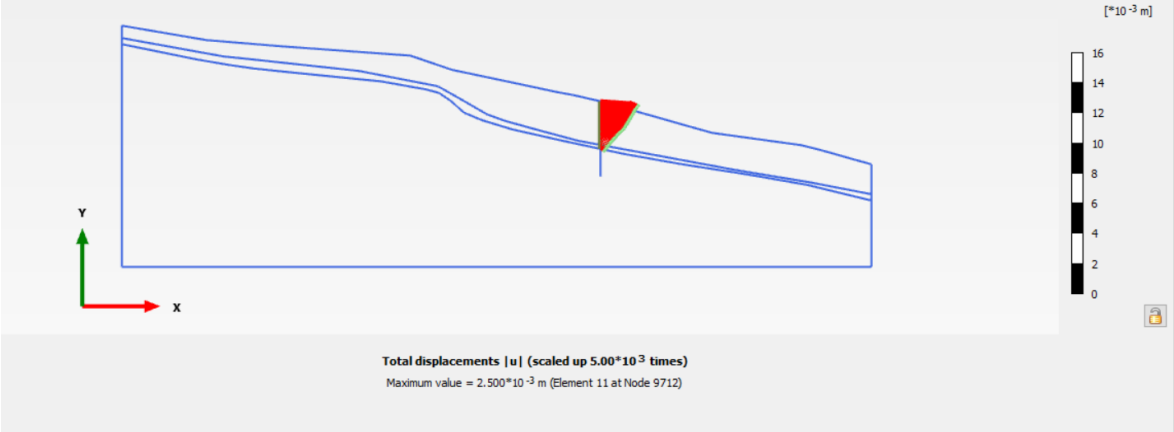


Şekil 2.57. Fore kazıklı durumda güvenlik analizi



Şekil 2.58. Plaxis tek sıra kazıklı analiz güvenlik sayısı

Şekil 2.56.'da inceleme alanının içinden geçen yolun doğu kısmındaki evlerin arka tarafına uygulanan tek sıralı kazıkların analizi sonucunda zeminde oluşan **5.96** mm deplasman oluşmuştur. Şekil 2.57.'deki analiz sonucunda güvenlik sayısının **1.20** olarak bulunduğu görülmektedir. Bulunan güvenlik sayısı, olması gereken güvenlik sayısı 1.20'den büyük olduğu için, Ø100 20 m'lik tek sıra fore kazık güvenliği sağlamıştır.



Şekil 2.59. Kazıkta oluşan deplasman

Analiz sonucunda kazıkta oluşan deplasman **2.5** mm' dir.

Tablo 2.23. Slide ve Plaxis güvenlik sayısı özet

Kesit No	Analizin yapıldığı Program	Doğal Şev için Güvenlik Sayısı	Fore Kazık uygulamasından sonra Güvenlik Sayısı
1	Slide	0.98	1.51
1	Plaxis	1.147	1.20

3. SONUÇLAR

Trabzon ili, Düzköy ilçesi, Çal Orta Mahallesi'nde yer alan fosil (eski) heyelanda deformasyona bağlı mevcut bina, beton yollarda çatlama ve taş duvarlarda ise ötelenme gözlenmiştir. Yapılan sondaj ve arazi çalışmalarında, en üst seviyede gevşek çimentolu matriksi fazla, blokları temas etmeyen nitelikte yamaç molozu, bu seviyenin altında ise tüf ara katkılı kireçtaşı tespit edilmiştir. Sondajlardan alınan numuneler, laboratuvar ortamında test edilerek geoteknik parametreler elde edilmiş, ayrıca ERT ve sismik etütler (MASW) yapılarak sondaj yapılamayan bölgelerdeki veriler elde edilerek, sondajlarla karşılaştırılmıştır. Arazide presiyometre deneyi yapılarak yamaç molozu içerisinde presiyometre uygulaması ile menard elastisite modülü elde edilmiş, buradan düzeltme katsayısı uygulanarak elastisite modülüne geçilmiştir. Arazide yamaç molozu içerisinde yeraltı suyu gözlenmiştir. Yeraltı su seviyesi mevsimsel olarak değişiklik göstermektedir. Sondaj kuyularında yapılan ölçümlerde, yeraltı su seviyesinin 5.90-10.50 m arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. SK-5 nolu kuyuda ise yeraltı suyu tespit edilememiştir.

Yapılan inklinometre ölçümlerinde, yamaç molozu içerisinde deformasyonlara bağlı kayma hareketi gözlenmiştir. Sondaj kuyularında yapılan ölçümlerde bu hareketlerin 1.58-13.5 mm arasında olduğu ölçülmüştür. Kayma dairesinin yamaç moluzu içerisinden geçtiği ve kayma dairesi derinliğinin 4-6 m arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Hareket hızı ise 0.02-1.58 mm/gün olarak belirlenmiştir.

Varnes (1996), zemindeki hareket hızına göre heyelan sınıfı aşırı yavaş, çok yavaş olarak belirlenmiştir.

ERT çalışmalarında kayma dairesinin yamaç molozu içerisinden geçtiği ve kayma kayma dairesi genişliğinin 5-8 m aralığından şev yüzeyi boyunca değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda, yeraltı su seviyesinin yükselmesi, boşluk suyu basıncı katsayısının artması ve efektif gerilmelerin azalması sonucunda zeminde hareketlerin meydana geldiği, tersi durumda zemin hareketleri yavaşlamakta veya stabil kalmaktadır.

Bu veriler ile bulunan geoteknik parametreler Plaxis ve Slide programına girilerek model oluşturulup, mevcut durum analizleri gerçekleştirilmiştir.

Slide programında yapılan analizde sismik yük uygulandığında güvenlik sayısı 0,57 bulunmuştur. Sismik yük kaldırılıp analiz gerçekleştirildiğinde ise (depremsiz) güvenlik sayısı 0,98 olarak elde edilmiştir. Plaxis programında yapılan analizde ise güvenlik sayısı 1,147 bulunmuştur.

Branch (1972), rezidüel kayma dayanımlarına dayalı analiz yapıldığından olması gereken güvenlik sayısı 1.20 olarak belirlenmiştir. Plaxis ve Slide programında mevcut durumda gerçekleştirilen analizler sonucunda bulunan güvenlik değerleri, olması gereken güvenlik sayısının altında olduğundan şevin olmadığı tespit edilmiştir.

Arazide zemin hareketlerinin önlenmesi ve şevin stabil hale getirilmesi için, zemin yatay hareketlerine karşı kesme dayanımına çalışan fore kazık uygun görülmüştür. 100 cm çapında, 20 m boyunda, 0.35 m aralıklarla tek sıra uygulanarak Slide ve Plaxis programlarında analiz gerçekleştirilmiştir. Slide programında yapılan analizde sismik yük altında güvenlik sayısı 1.26 , sismik yük kaldırıldıktan sonra güvenlik sayısı 1.51 olarak hesaplanmıştır. Analiz Plaxis programında gerçekleştirildiğinde ise güvenlik sayısı 1.20 olarak bulunmuştur.

Her iki analizde de fore kazık uygulandığında, elde edilen güvenlik sayılarından, şevin güvenli hale geldiği görülmüştür.

4. ÖNERİLER

Analiz sonuçlarına bakıldığında arazinin mevcut durumunda 12,97 cm olan deformasyon kazık uygulanmasından sonra 5.96 mm, 1.14 olan güvenlik sayısı ise fore kazık uygulamasından sonra 1.20 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca kazıkta 2.5 mm deplasman oluşmuştur. Bu veriler ışığında, fore kazık uygulanmasının şevin stabilitesinin sağlanmasında uygun olduğu tespit edilmiştir.

Heyelan gerçekleşen bölgelerde drenaj, şev stabilitesinin sağlanmasında büyük önem taşımaktadır. Yapılan fore uygulamalarına ek olarak, yer altı ve yüzey drenajları yapılarak, su şevden uzaklaştırılmalıdır.

5. KAYNAKLAR

Akçakal, Ö., 2009. Şev Stabilitesi Analizinde Geri Hesap Yöntemi ve Bir Vaka Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Aktepe, M. N., 2016. Kazık Yükleme Deneylerini Değerlendirme Yöntemlerinden Özkan-Alku Yönteminin Geliştirilmesi Ve Önerilen Yeni Yöntem İle Göçme Yükü Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Aytun A., (2001), Olası Deprem Hasarını En Aza İndirmek Amacıyla Yapıların Doğal Salınım Periyotlarının Yerin Baskın Periyodundan Uzak Kılınması: Uşak İli ve Dolayı (Frigya) Depremleri Jeofizik Toplantısı, (73-82).

Bromhead, E. N., 1986. The Stability of Slopes, Surrey University Press, London.

Canik, B., 2006. Şev Stabilitesinde Kullanılan Kazıkların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Coduto, D. P., 2006. Geoteknik Mühendisliği İlkeler ve Uygulamalar, Gazi Kitabevi, Ankara.

Çavumirza, L., 2018. Şev Stabilitesi Analizi ve Kartepe-Uzuntarla (Kocaeli) Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

Çetin, T., 2010. Şev Stabilite Analizleri İçin Bilgisayar Programının Geliştirilmesi ve Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.

Duncan, J.M., and Wright, S.G., 2005. Zemin Şevlerinin Duraylılığı, Gazi Kitabevi, Ankara.

Dursun, E., Ünver, S., & Acar, H. H. (2012). Orman Yolu Güzergahlarının Sismik Zemin Etüdü Metodu ile Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *16*(1).

Erol, G., A., 2018. Şev Stabilitesi Probleminin Teorik ve Uygulamalı Olarak Araştırılması: Bakırdağ Heyelanı Vaka Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Goodman, R.E., Bray, J.W. (1976). "Toppling of Rock Slopes. Proc. Specialty Conference on Rock Engineering for Foundations And Slopes", ASCE .2, pp. 201-234, Boulder, Colorado.

Internatıonal Assocıatıon For Engineering Geology, 1990

Kaba, E., 2017. Heyelanlarda Stabilite Yöntemleri ve Geogrid Donatılı Duvar Kullanılarak Bir Heyelanın Stabilizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Keleşoğlu, A. D., 2020. Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Heyelan Analizi: Kireçhane (Trabzon) Heyelanı Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

K.G.M., 2015. Araştırma ve Geliştirme Daire Başkanlığı, Heyelan Tanımlama ve Veri Oluşturma Kılavuzu

Komut, M., 2015. Karayolları 11. Bölge Müdürlüğü Yol Ağındaki Heyelanlar ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.

Mc Carthy D. F., 2010. Zemin Mekaniğinin Esasları ve Temeller. OYTEV – Orhan Yavuz Teknik Eğitim Vakfı, İstanbul, 850s.

Naiboğlu, H., 2019. Farklı Zemin Koşullarında Kazık-Zemin-Yapı Etkileşiminin Sayısal Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

Önalp, A. ve Arel, E., 2004. Geoteknik Bilgisi II Yamaç ve Şevlerin Mühendisliği, 1. Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Öztürk, K., 2002. Heyelanlar ve Türkiye'ye Etkileri Landslips and the effects of these on Turkey, G.Ü.

Pehlivan, M., 2019. Cide-Özlüce-İnebolu Sahil Yolu Heyelanının Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Polat, A., 2019. Şev Stabilitesinde Sonlu Elemanlar Yöntemi Uygulaması ve Karşılaştırılmalı Analiz, Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik.

Spencer, E., 1967. A Method of Analysis of The Stability of Embankments Assuming Paralel İnter-Slice Forces Geotechnique, 23, 1, 85-100.

Tarhan, F., 2002. Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, 3. Baskı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

Tekin, A., 2011. Sonlu Elemanlar ve Limit Denge Yöntemleri ile Şev Stabilite Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tomlinson, M. J., 1994. Pile Design and Construction Practice, 4th Ed., E and Fn Spon, 411.

TS 3168 EN 1536, 1978. Özel jeoteknik uygulamalar delme (fore)- Kazıklar- (yerinde dökme betonarme kazıklar), T.S.E., Ankara.

TS 8853, 1991. Yamaç ve Şevlerin Dengesi ve Hesap Metodları, T.S.E., Ankara.

Ulusay, R. (2001). "Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler", Türkiye Mimarlar Mühendisler Odası Başkanlığı Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 38. Ankara.

URL-1. Artvin-Erzurum karayolu heyelanı https://www.gazetevatan.com/gundem/artvin erzurum-kara-yolunda-heyelan-nedeniyle-ulasim-saglanamiyor-1417727

URL-2. Artvin-Şavşat karayolu heyelanı https://www.sondakika.com/yerel/haber-artvin savsat-karayolu-heyelan-nedeniyle-ulasima-6739802/

URL-3. Tirebolu – Torul yolu heyelanı https://www.google.com/search?q=Tirebolu+%E2% 80%93+Torul+yolu+heyelan%C4%B1&rlz=1C1GCEA_enTR844TR844&sxsrf =ALiCzsaLmGQqzb7kMcJLv-u9toVo73pmag:1652116228037&source=

URL-4. Yavaş akma http://docplayer.biz.tr/167285113-Kutle-hareketlerinin-nedenleri-kutle-hareketlerinin-turleri-ve-siniflandirilmasi-dusme-akma-yavas-krip-hizli-yatay-yayilma-kayma-heyelanlar.html

URL-5. Hızlı akma http://yunus.hacettepe.edu.tr/~kdirik/FJ_11_kutle%20hareketleri

URL-6. Yanal yayılma hareketi http://docplayer.biz.tr/167285113-Kutle-hareketlerinin-nedenleri-kutle-hareketlerinin-turleri-ve-siniflandirilmasi-dusme-akma-yavas-krip-hizli-yatay-yayilma-kayma-heyelanlar.html

URL-7. Taş duvar https://www.movea.com.tr/istinat-duvarlari-ve-tipleri-nelerdir/

URL-8. Betonarme duvar https://www.movea.com.tr/istinat-duvarlari-ve-tipleri-nelerdir/

URL-9 Ankraj görüntüsü http://structpedia.com/insaat-muhendisliginde-ankraj-kavrami/

URL-10. Çelik kazık https://www.lcmrotadenizcilik.com/faaliyetler/celik-kazik-cakimi-hizmetleri

URL-11. Kompozit kazık imoistanbul.org

URL-12. Mikro kazıklar http://www.emirli.com.tr/mikro-kazik.html

URL-13. Zemin çivisi http://www.turgutzemin.com/zemin-civisi.htm

URL-14. Presiyometre cihazı http://insitu-test.com/presiyometre-deneyi/

URL-15. İnklinometre cihazi http://www.sangari.com.tr/tr/38197/Yatay-Dijital-Tek-Eksenli-Inklinometre-Sistemi

Ünal, C., 2019. Tekil Kazıkların Sonlu Elemanlar İle Analizi Ve Analitik Yöntemlerle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

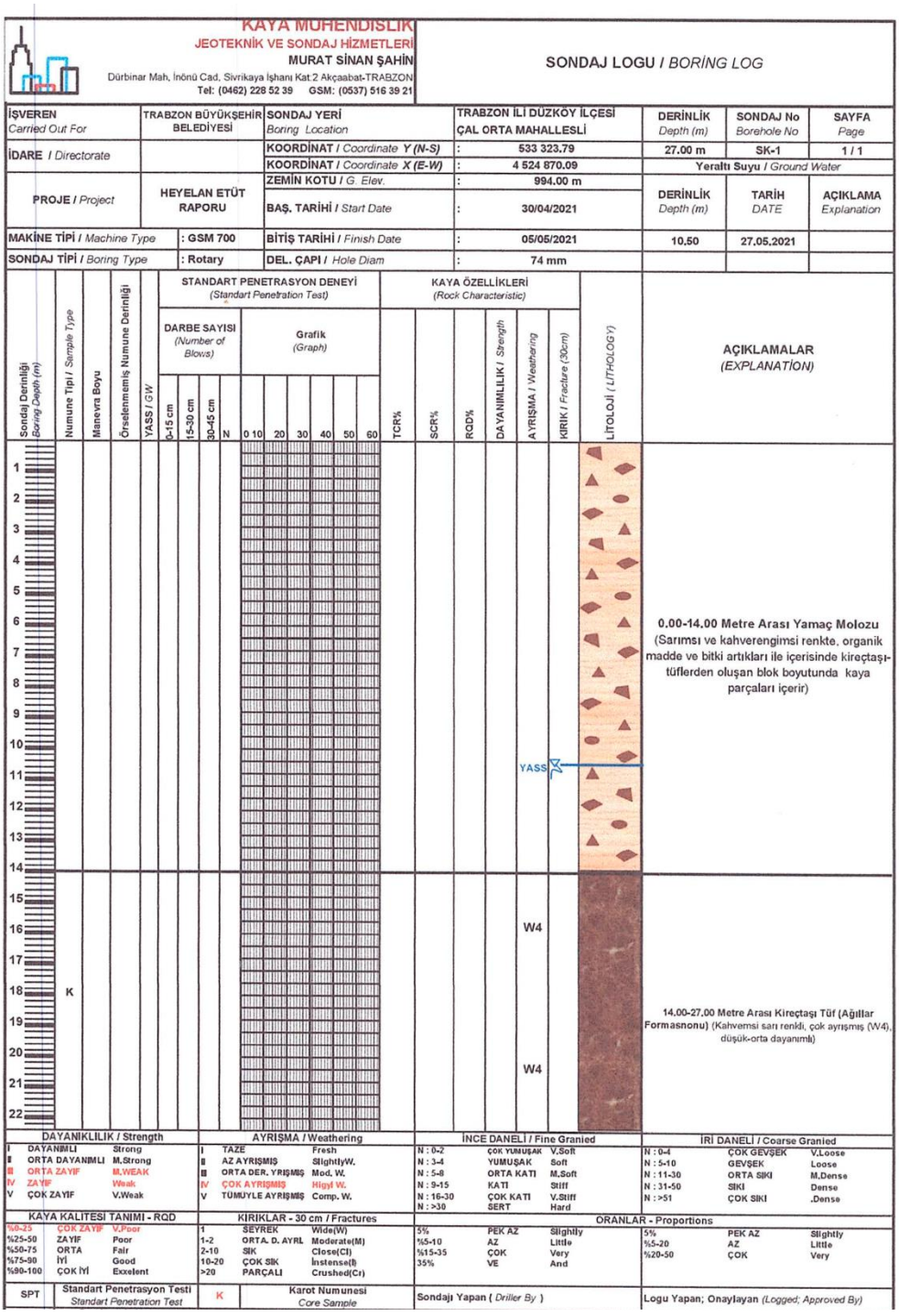
Ünsal, N., 2010. Heyelan ve Kitle Hareketleri, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Ders Notları, Ankara.

Varnes, D., J., 1978. Landslides, Analysis and Control, Special Report 176, 20-47, R.L. Scuster and R.J. Krizek, Ed., Transportation Research Board, Highway Research Council.

Yalçınkaya, E., 2019. Şev Stabilitesi Analizinde Bir Vaka Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

6. EKLER

Ek 1. Sondaj Logları



KAYA MÜHENDİSLİK
JEOTEKNİK VE SONDAJ HİZMETLERİ
MURAT SİNAN ŞAHİN
Dürbinar Mah. İnönü Cad. Sivrikaya İşhanı Kat:2 Akçaabat-TRABZON
Tel: (0462) 228 52 39 GSM: (0537) 516 39 21

SONDAJ LOGU / BORİNG LOG

İŞVEREN *Carried Out For*	TRABZON BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ	SONDAJ YERİ *Boring Location*	TRABZON İLİ DÜZKÖY İLÇESİ ÇAL ORTA MAHALLESLİ	DERİNLİK *Depth (m)*	SONDAJ No *Borehole No*	SAYFA *Page*
İDARE / *Directorate*		KOORDİNAT / *Coordinate Y (N-S)*	: 533 323.79	27.00 m	SK-1	1 / 1
		KOORDİNAT / *Coordinate X (E-W)*	: 4 524 870.09	Yeraltı Suyu / *Ground Water*		
PROJE / *Project*	HEYELAN ETÜT RAPORU	ZEMİN KOTU / *G. Elev.*	: 994.00 m	DERİNLİK *Depth (m)*	TARİH *DATE*	AÇIKLAMA *Explanation*
		BAŞ. TARİHİ / *Start Date*	: 30/04/2021			
MAKİNE TİPİ / *Machine Type*	: GSM 700	BİTİŞ TARİHİ / *Finish Date*	: 05/05/2021	10,50	27.05.2021	
SONDAJ TİPİ / *Boring Type*	: Rotary	DEL. ÇAPI / *Hole Diam*	: 74 mm			

Sondaj Derinliği *Boring Depth (m)*	Numune Tipi / *Sample Type*	Manevra Boyu	Örselenmemiş Numune Derinliği	YASS / GW	STANDART PENETRASYON DENEYİ *(Standart Penetration Test)* — DARBE SAYISI *(Number of Blows)* 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	Grafik *(Graph)* 0 10 20 30 40 50 60	KAYA ÖZELLİKLERİ *(Rock Characteristic)* TCR%	SCR%	RQD%	DAYANIMLILIK / *Strength*	AYRIŞMA / *Weathering*	KIRIK / *Fracture (30cm)*	LİTOLOJİ / *LITHOLOGY*	AÇIKLAMALAR *(EXPLANATİON)*
1–14														YASS			0.00-14.00 Metre Arası Yamaç Molozu (Sarımsı ve kahverengimsi renkte, organik madde ve bitki artıkları ile içerisinde kireçtaşı-tüflerden oluşan blok boyutunda kaya parçaları içerir)
15–22	K													W4 / W4			14.00-27.00 Metre Arası Kireçtaşı Tüf (Ağıllar Formasnonu) (Kahvemsi sarı renkli, çok ayrışmış (W4), düşük-orta dayanımlı)

DAYANIKLILIK / Strength		
I	DAYANIMLI	Strong
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong
III	ORTA ZAYIF	M.WEAK
IV	ZAYIF	Weak
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak

AYRIŞMA / Weathering		
I	TAZE	Fresh
II	AZ AYRIŞMIŞ	SlightlyW.
III	ORTA DER. YRIŞMIŞ	Mod. W.
IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Higyl W.
V	TÜMÜYLE AYRIŞMIŞ	Comp. W.

İNCE DANELİ / Fine Granied		
N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft
N : 3-4	YUMUŞAK	Soft
N : 5-8	ORTA KATI	M.Soft
N : 9-15	KATI	Stiff
N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff
N : >30	SERT	Hard

İRİ DANELİ / Coarse Granied		
N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
N : 5-10	GEVŞEK	Loose
N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
N : 31-50	SIKI	Dense
N : >51	ÇOK SIKI	.Dense

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD		
%0-25	ÇOK ZAYİF	V.Poor
%25-50	ZAYİF	Poor
%50-75	ORTA	Fair
%75-90	İYİ	Good
%90-100	ÇOK İYİ	Excelent

KIRIKLAR - 30 cm / Fractures		
1	SEYREK	Wide(W)
1-2	ORTA. D. AYRL	Moderate(M)
2-10	SIK	Close(Cl)
10-20	ÇOK SIK	İntense(I)
>20	PARÇALI	Crushed(Cr)

ORANLAR - Proportions		
5%	PEK AZ	Slighlly
%5-10	AZ	Little
%15-35	ÇOK	Very
35%	VE	And

ORANLAR - Proportions		
5%	PEK AZ	Slighlly
%5-20	AZ	Little
%20-50	ÇOK	Very

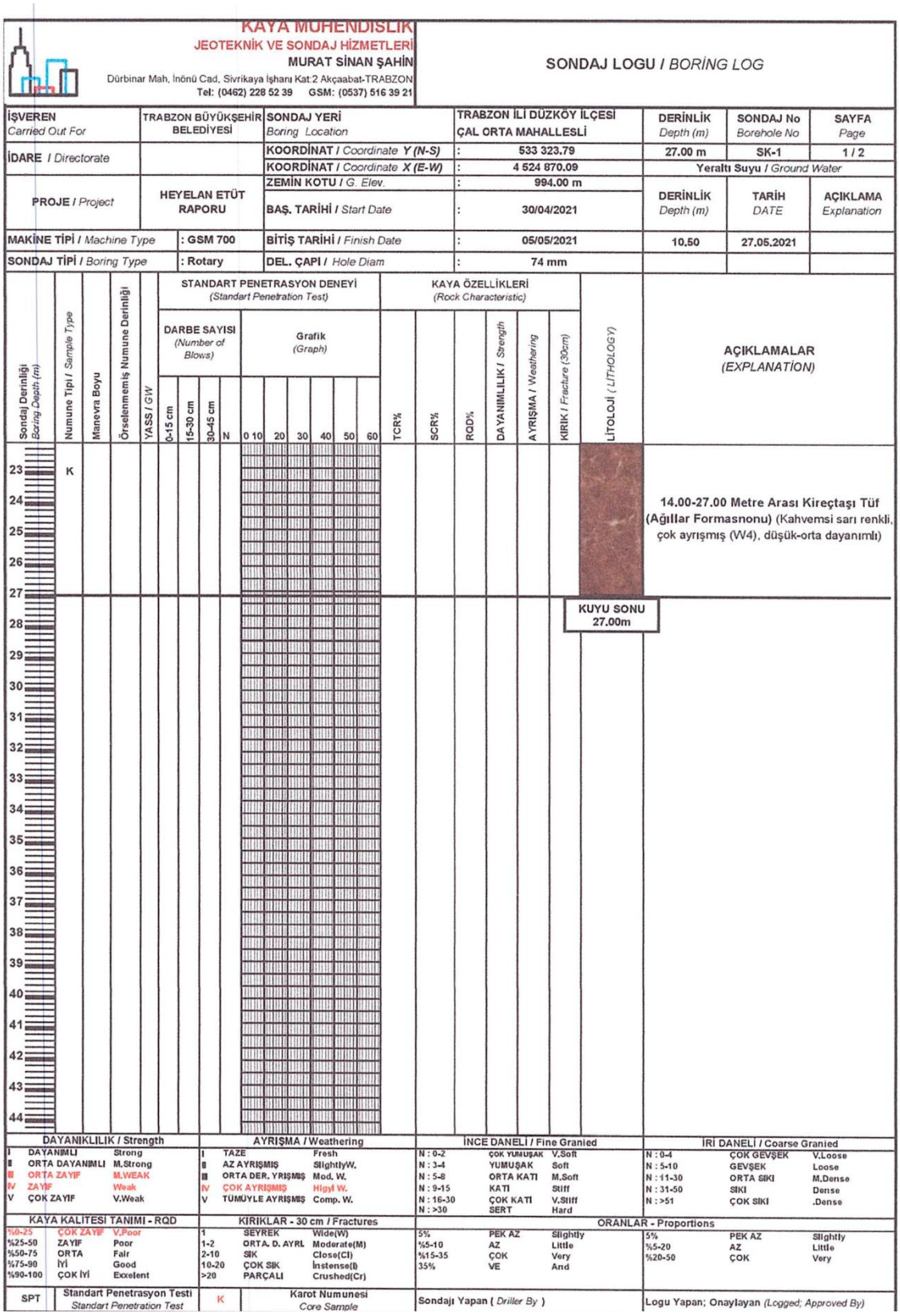
SPT — Standart Penetrasyon Testi *Standart Penetration Test*

K — Karot Numunesi *Core Sample*

Sondajı Yapan (*Driller By*)

Logu Yapan; Onaylayan *(Logged; Approved By)*

Ek 1'in devamı



KAYA MÜHENDİSLİK
JEOTEKNİK VE SONDAJ HİZMETLERİ
MURAT SİNAN ŞAHİN
Dürbinar Mah. İnönü Cad. Sivrikaya İşhanı Kat:2 Akçaabat-TRABZON
Tel: (0462) 228 52 39 GSM: (0537) 516 39 21

SONDAJ LOGU / BORİNG LOG

İŞVEREN *Carried Out For*	TRABZON BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ	SONDAJ YERİ *Boring Location*	TRABZON İLİ DÜZKÖY İLÇESİ ÇAL ORTA MAHALLESİ	DERİNLİK *Depth (m)*	SONDAJ No *Borehole No*	SAYFA *Page*
İDARE / *Directorate*		KOORDİNAT / *Coordinate Y (N-S)*	: 533 323.79	27.00 m	SK-1	1 / 2
		KOORDİNAT / *Coordinate X (E-W)*	: 4 524 870.09	Yeraltı Suyu / *Ground Water*		
PROJE / *Project*	HEYELAN ETÜT RAPORU	ZEMİN KOTU / *G. Elev.*	: 994.00 m	DERİNLİK *Depth (m)*	TARİH *DATE*	AÇIKLAMA *Explanation*
		BAŞ. TARİHİ / *Start Date*	: 30/04/2021			
MAKİNE TİPİ / *Machine Type*	: GSM 700	BİTİŞ TARİHİ / *Finish Date*	: 05/05/2021	10.50	27.05.2021	
SONDAJ TİPİ / *Boring Type*	: Rotary	DEL. ÇAPI / *Hole Diam*	: 74 mm			

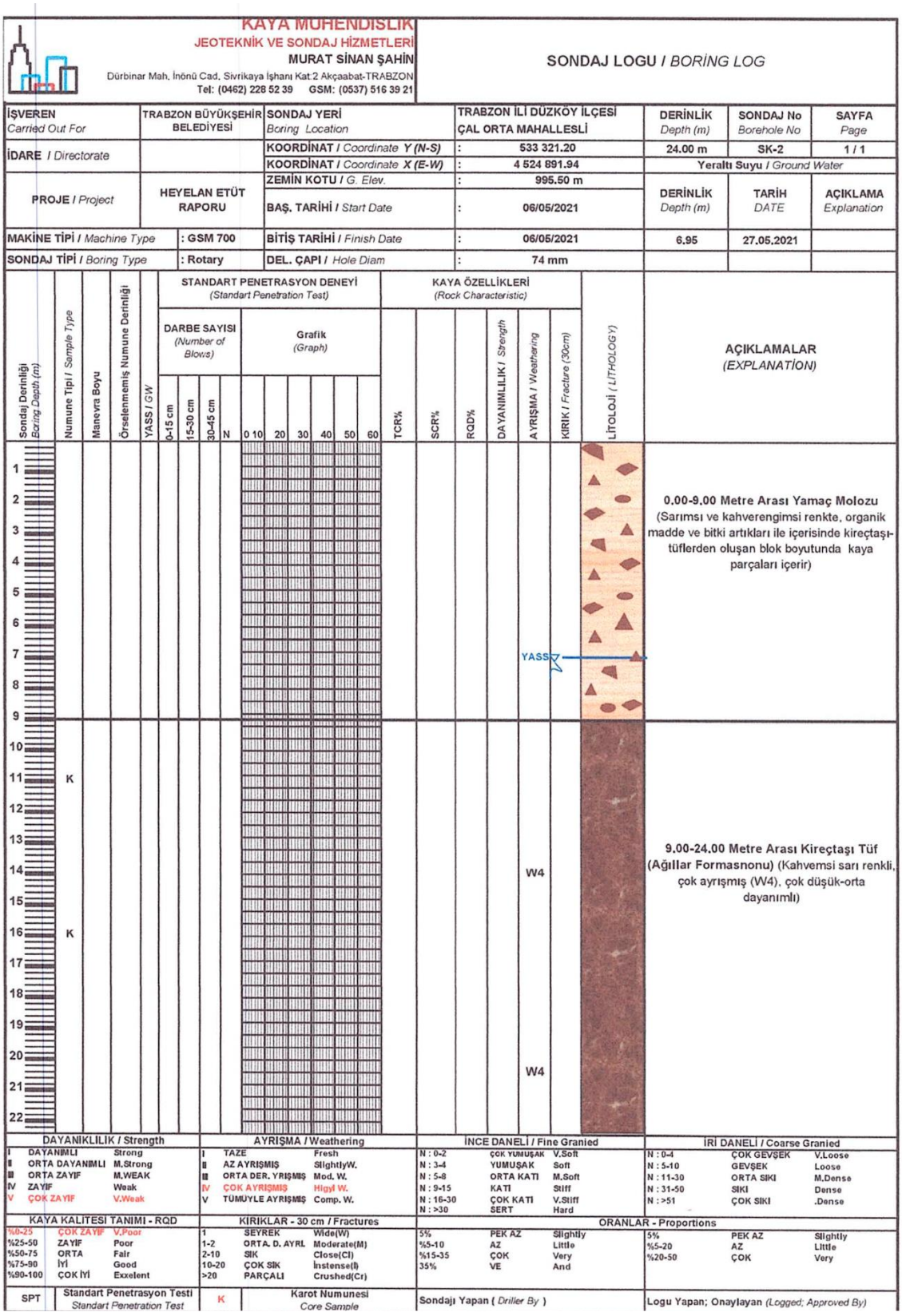
Sondaj Derinliği *Boring Depth (m)*	Numune Tipi / *Sample Type*	Manevra Boyu	Örselenmemiş Numune Derinliği	YASS / *GW*	STANDART PENETRASYON DENEYİ *(Standart Penetration Test)* DARBE SAYISI *(Number of Blows)* 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	Grafik *(Graph)* 0 10 20 30 40 50 60	KAYA ÖZELLİKLERİ *(Rock Characteristic)* TCR%	SCR%	RQD%	DAYANIMLILIK / *Strength*	AYRIŞMA / *Weathering*	KIRIK / *Fracture (30cm)*	LİTOLOJİ / *LITHOLOGY*	AÇIKLAMALAR *(EXPLANATİON)*
23	K																14.00-27.00 Metre Arası Kireçtaşı Tüf (Ağıllar Formasnonu) (Kahvemsi sarı renkli, çok ayrışmış (W4), düşük-orta dayanımlı)
24																	
25																	
26																	
27																KUYU SONU 27.00m	
28																	
29																	
30																	
31																	
32																	
33																	
34																	
35																	
36																	
37																	
38																	
39																	
40																	
41																	
42																	
43																	
44																	

DAYANIKLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE DANELİ / Fine Granied			İRİ DANELİ / Coarse Granied		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	SlightlyW.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.WEAK	III	ORTA DER. YRIŞMIŞ	Mod. W.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Soft	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYİF	Weak	IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Higyl W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE AYRIŞMIŞ	Comp. W.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >51	ÇOK SIKI	.Dense
						N : >30	SERT	Hard			

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KİRİKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR - Proportions			ORANLAR - Proportions		
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide(W)	5%	PEK AZ	Slightly	5%	PEK AZ	Slightly
%25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA. D. AYRL	Moderate(M)	%5-10	AZ	Little	%5-20	AZ	Little
%50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close(Cl)	%15-35	ÇOK	Very	%20-50	ÇOK	Very
%75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	İnstense(I)	35%	VE	And			
%90-100	ÇOK İYİ	Exxelent	>20	PARÇALI	Crushed(Cr)						

SPT	Standart Penetrasyon Testi *Standart Penetration Test*	K	Karot Numunesi *Core Sample*	Sondajı Yapan (*Driller By*)	Logu Yapan; Onaylayan *(Logged; Approved By)*

Ek 1'in devamı



KAYA MÜHENDİSLİK
JEOTEKNİK VE SONDAJ HİZMETLERİ
MURAT SİNAN ŞAHİN
Dürbinar Mah. İnönü Cad. Sivrikaya İşhanı Kat:2 Akçaabat-TRABZON
Tel: (0462) 228 52 39 GSM: (0537) 516 39 21

SONDAJ LOGU / BORİNG LOG

İŞVEREN *Carried Out For*	TRABZON BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ	SONDAJ YERİ *Boring Location*	TRABZON İLİ DÜZKÖY İLÇESİ ÇAL ORTA MAHALLESLİ	DERİNLİK *Depth (m)*	SONDAJ No *Borehole No*	SAYFA *Page*
İDARE / *Directorate*		KOORDİNAT / *Coordinate Y (N-S)*	: 533 321.20	24.00 m	SK-2	1 / 1
		KOORDİNAT / *Coordinate X (E-W)*	: 4 524 891.94	Yeraltı Suyu / *Ground Water*		
PROJE / *Project*	HEYELAN ETÜT RAPORU	ZEMİN KOTU / *G. Elev.*	: 995.50 m	DERİNLİK *Depth (m)*	TARİH *DATE*	AÇIKLAMA *Explanation*
		BAŞ. TARİHİ / *Start Date*	: 06/05/2021			
MAKİNE TİPİ / *Machine Type*	: GSM 700	BİTİŞ TARİHİ / *Finish Date*	: 06/05/2021	6.95	27.05.2021	
SONDAJ TİPİ / *Boring Type*	: Rotary	DEL. ÇAPI / *Hole Diam*	: 74 mm			

Sondaj Derinliği *Boring Depth (m)*	Numune Tipi / *Sample Type*	Manevra Boyu	Örselenmemiş Numune Derinliği	YASS / *GW*	STANDART PENETRASYON DENEYİ *(Standart Penetration Test)* DARBE SAYISI *(Number of Blows)* 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	Grafik *(Graph)* 0 10 20 30 40 50 60	KAYA ÖZELLİKLERİ *(Rock Characteristic)* TCR%	SCR%	RQD%	DAYANIMLILIK / *Strength*	AYRIŞMA / *Weathering*	KIRIK / *Fracture (30cm)*	LİTOLOJİ / *LITHOLOGY*	AÇIKLAMALAR *(EXPLANATİON)*
1–9				YASS													0.00-9.00 Metre Arası Yamaç Molozu (Sarımsı ve kahverengimsi renkte, organik madde ve bitki artıkları ile içerisinde kireçtaşı-tüflerden oluşan blok boyutunda kaya parçaları içerir)
10–22	K K													W4 W4			9.00-24.00 Metre Arası Kireçtaşı Tüf (Ağıllar Formasnonu) (Kahvemsi sarı renkli, çok ayrışmış (W4), çok düşük-orta dayanımlı)

DAYANIKLILIK / Strength		
I	DAYANIMLI	Strong
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong
III	ORTA ZAYIF	M.WEAK
IV	ZAYIF	Weak
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak

AYRIŞMA / Weathering		
I	TAZE	Fresh
II	AZ AYRIŞMIŞ	SlightlyW.
III	ORTA DER. YRIŞMIŞ	Mod. W.
IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Higyl W.
V	TÜMÜYLE AYRIŞMIŞ	Comp. W.

İNCE DANELİ / Fine Granied		
N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft
N : 3-4	YUMUŞAK	Soft
N : 5-8	ORTA KATI	M.Soft
N : 9-15	KATI	Stiff
N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff
N : >30	SERT	Hard

İRİ DANELİ / Coarse Granied		
N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
N : 5-10	GEVŞEK	Loose
N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
N : 31-50	SIKI	Dense
N : >51	ÇOK SIKI	.Dense

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD		
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor
%25-50	ZAYIF	Poor
%50-75	ORTA	Fair
%75-90	İYİ	Good
%90-100	ÇOK İYİ	Exxelent

KIRIKLAR - 30 cm / Fractures		
1	SEYREK	Wide(W)
1-2	ORTA. D. AYRL	Moderate(M)
2-10	SIK	Close(Cl)
10-20	ÇOK SIK	İnstense(I)
>20	PARÇALI	Crushed(Cr)

ORANLAR - Proportions		
5%	PEK AZ	Slightly
%5-10	AZ	Little
%15-35	ÇOK	Very
35%	VE	And

ORANLAR - Proportions		
5%	PEK AZ	Slightly
%5-20	AZ	Little
%20-50	ÇOK	Very

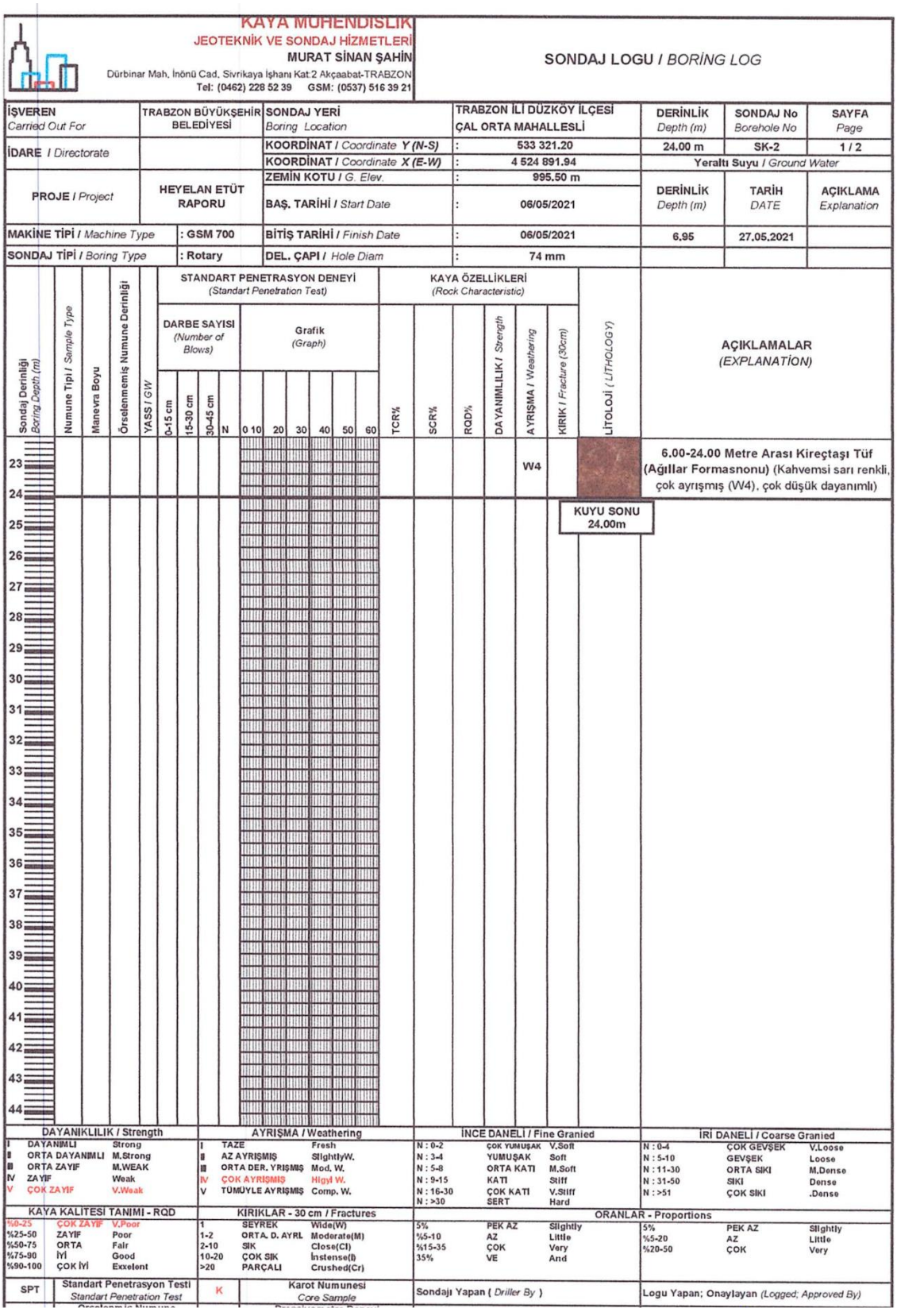
SPT — Standart Penetrasyon Testi / *Standart Penetration Test*

K — Karot Numunesi / *Core Sample*

Sondajı Yapan (*Driller By*)

Logu Yapan; Onaylayan *(Logged; Approved By)*

Ek 1'in devamı



KAYA MÜHENDİSLİK
JEOTEKNİK VE SONDAJ HİZMETLERİ
MURAT SİNAN ŞAHİN
Dürbinar Mah. İnönü Cad. Sivrikaya İşhanı Kat:2 Akçaabat-TRABZON
Tel: (0462) 228 52 39 GSM: (0537) 516 39 21

SONDAJ LOGU / BORİNG LOG

İŞVEREN *Carried Out For*	TRABZON BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ	SONDAJ YERİ *Boring Location*	TRABZON İLİ DÜZKÖY İLÇESİ ÇAL ORTA MAHALLESİ	DERİNLİK *Depth (m)*	SONDAJ No *Borehole No*	SAYFA *Page*
İDARE / *Directorate*		KOORDİNAT / *Coordinate Y (N-S)*	: 533 321.20	24.00 m	SK-2	1 / 2
		KOORDİNAT / *Coordinate X (E-W)*	: 4 524 891.94	Yeraltı Suyu / *Ground Water*		
PROJE / *Project*	HEYELAN ETÜT RAPORU	ZEMİN KOTU / *G. Elev.*	: 995.50 m	DERİNLİK *Depth (m)*	TARİH *DATE*	AÇIKLAMA *Explanation*
		BAŞ. TARİHİ / *Start Date*	: 06/05/2021			
MAKİNE TİPİ / *Machine Type*	: GSM 700	BİTİŞ TARİHİ / *Finish Date*	: 06/05/2021	6,95	27.05.2021	
SONDAJ TİPİ / *Boring Type*	: Rotary	DEL. ÇAPI / *Hole Diam*	: 74 mm			

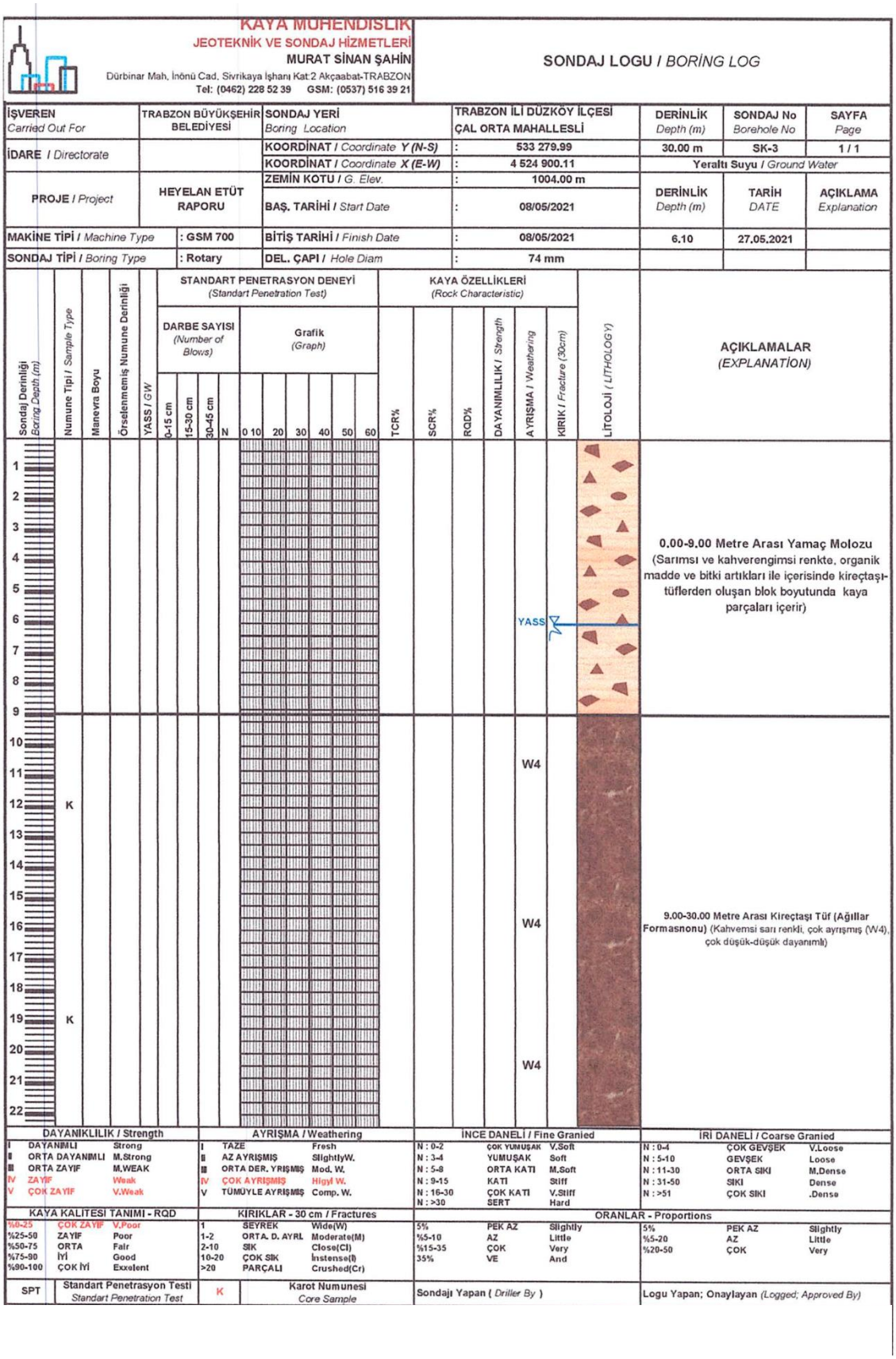
Sondaj Derinliği *Boring Depth (m)*	Numune Tipi / *Sample Type*	Manevra Boyu	Örselenmemiş Numune Derinliği	YASS / *GW*	STANDART PENETRASYON DENEYİ *(Standart Penetration Test)* DARBE SAYISI *(Number of Blows)* 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	Grafik *(Graph)* 0 10 20 30 40 50 60	KAYA ÖZELLİKLERİ *(Rock Characteristic)* TCR%	SCR%	RQD%	DAYANIMLILIK / *Strength*	AYRIŞMA / *Weathering*	KIRIK / *Fracture (30cm)*	LİTOLOJİ / *LITHOLOGY*	AÇIKLAMALAR *(EXPLANATİON)*
23														W4			6.00-24.00 Metre Arası Kireçtaşı Tüf (Ağıllar Formasnonu) (Kahvemsi sarı renkli, çok ayrışmış (W4), çok düşük dayanımlı)
24																KUYU SONU 24,00m	
25																	
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
31																	
32																	
33																	
34																	
35																	
36																	
37																	
38																	
39																	
40																	
41																	
42																	
43																	
44																	

DAYANIKLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE DANELİ / Fine Grained			İRİ DANELİ / Coarse Granied		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	SlightlyW.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.WEAK	III	ORTA DER. YRIŞMIŞ	Mod. W.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Soft	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Higyl W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE AYRIŞMIŞ	Comp. W.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >51	ÇOK SIKI	.Dense
						N : >30	SERT	Hard			

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR - Proportions			ORANLAR - Proportions		
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide(W)	5%	PEK AZ	Slightly	5%	PEK AZ	Slightly
%25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA. D. AYRL	Moderate(M)	%5-10	AZ	Little	%5-20	AZ	Little
%50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close(Cl)	%15-35	ÇOK	Very	%20-50	ÇOK	Very
%75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	İnstense(I)	35%	VE	And			
%90-100	ÇOK İYİ	Exxelent	>20	PARÇALI	Crushed(Cr)						

SPT	Standart Penetrasyon Testi *Standart Penetration Test*	K	Karot Numunesi *Core Sample*	Sondajı Yapan (*Driller By*)	Logu Yapan; Onaylayan *(Logged; Approved By)*

Ek 1'in devamı



KAYA MÜHENDİSLİK
JEOTEKNİK VE SONDAJ HİZMETLERİ
MURAT SİNAN ŞAHİN
Dürbinar Mah. İnönü Cad. Sivrikaya İşhanı Kat:2 Akçaabat-TRABZON
Tel: (0462) 228 52 39 GSM: (0537) 516 39 21

SONDAJ LOGU / BORİNG LOG

İŞVEREN *Carried Out For*	TRABZON BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ	SONDAJ YERİ *Boring Location*	TRABZON İLİ DÜZKÖY İLÇESİ ÇAL ORTA MAHALLESLİ	DERİNLİK *Depth (m)*	SONDAJ No *Borehole No*	SAYFA *Page*
İDARE / *Directorate*		KOORDİNAT / *Coordinate Y (N-S)* : 533 279.99		30.00 m	SK-3	1 / 1
		KOORDİNAT / *Coordinate X (E-W)* : 4 524 900.11		Yeraltı Suyu / *Ground Water*		
PROJE / *Project*	HEYELAN ETÜT RAPORU	ZEMİN KOTU / *G. Elev.* : 1004.00 m		DERİNLİK *Depth (m)*	TARİH *DATE*	AÇIKLAMA *Explanation*
		BAŞ. TARİHİ / *Start Date* : 08/05/2021				
MAKİNE TİPİ / *Machine Type* : GSM 700		BİTİŞ TARİHİ / *Finish Date* : 08/05/2021		6.10	27.05.2021	
SONDAJ TİPİ / *Boring Type* : Rotary		DEL. ÇAPI / *Hole Diam* : 74 mm				

Sondaj Derinliği *Boring Depth (m)*	Numune Tipi / *Sample Type*	Manevra Boyu	Örselenmemiş Numune Derinliği	YASS / *GW*	STANDART PENETRASYON DENEYİ *(Standart Penetration Test)* — DARBE SAYISI *(Number of Blows)* 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	Grafik *(Graph)* 0 10 20 30 40 50 60	KAYA ÖZELLİKLERİ *(Rock Characteristic)* TCR%	SCR%	RQD%	DAYANIMLILIK / *Strength*	AYRIŞMA / *Weathering*	KIRIK / *Fracture (30cm)*	LİTOLOJİ / *LITHOLOGY*	AÇIKLAMALAR *(EXPLANATİON)*
1–9														YASS			0.00-9.00 Metre Arası Yamaç Molozu (Sarımsı ve kahverengimsi renkte, organik madde ve bitki artıkları ile içerisinde kireçtaşı-tüflerden oluşan blok boyutunda kaya parçaları içerir)
10–22	K													W4			9.00-30.00 Metre Arası Kireçtaşı Tüf (Ağıllar Formasnonu) (Kahvemsi sarı renkli, çok ayrışmış (W4), çok düşük-düşük dayanımlı)

DAYANIKLILIK / Strength		
I	DAYANIMLI	Strong
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong
III	ORTA ZAYIF	M.WEAK
IV	ZAYIF	Weak
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak

AYRIŞMA / Weathering		
I	TAZE	Fresh
II	AZ AYRIŞMIŞ	SlightlyW.
III	ORTA DER. YRIŞMIŞ	Mod. W.
IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Higyl W.
V	TÜMÜYLE AYRIŞMIŞ	Comp. W.

İNCE DANELİ / Fine Granied		
N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft
N : 3-4	YUMUŞAK	Soft
N : 5-8	ORTA KATI	M.Soft
N : 9-15	KATI	Stiff
N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff
N : >30	SERT	Hard

İRİ DANELİ / Coarse Granied		
N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
N : 5-10	GEVŞEK	Loose
N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
N : 31-50	SIKI	Dense
N : >51	ÇOK SIKI	.Dense

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD		
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor
%25-50	ZAYIF	Poor
%50-75	ORTA	Fair
%75-90	İYİ	Good
%90-100	ÇOK İYİ	Exxelent

KIRIKLAR - 30 cm / Fractures		
1	SEYREK	Wide(W)
1-2	ORTA. D. AYRL	Moderate(M)
2-10	SIK	Close(Cl)
10-20	ÇOK SIK	İnstense(I)
>20	PARÇALI	Crushed(Cr)

ORANLAR - Proportions		
5%	PEK AZ	Slightly
%5-10	AZ	Little
%15-35	ÇOK	Very
35%	VE	And

ORANLAR - Proportions		
5%	PEK AZ	Slightly
%5-20	AZ	Little
%20-50	ÇOK	Very

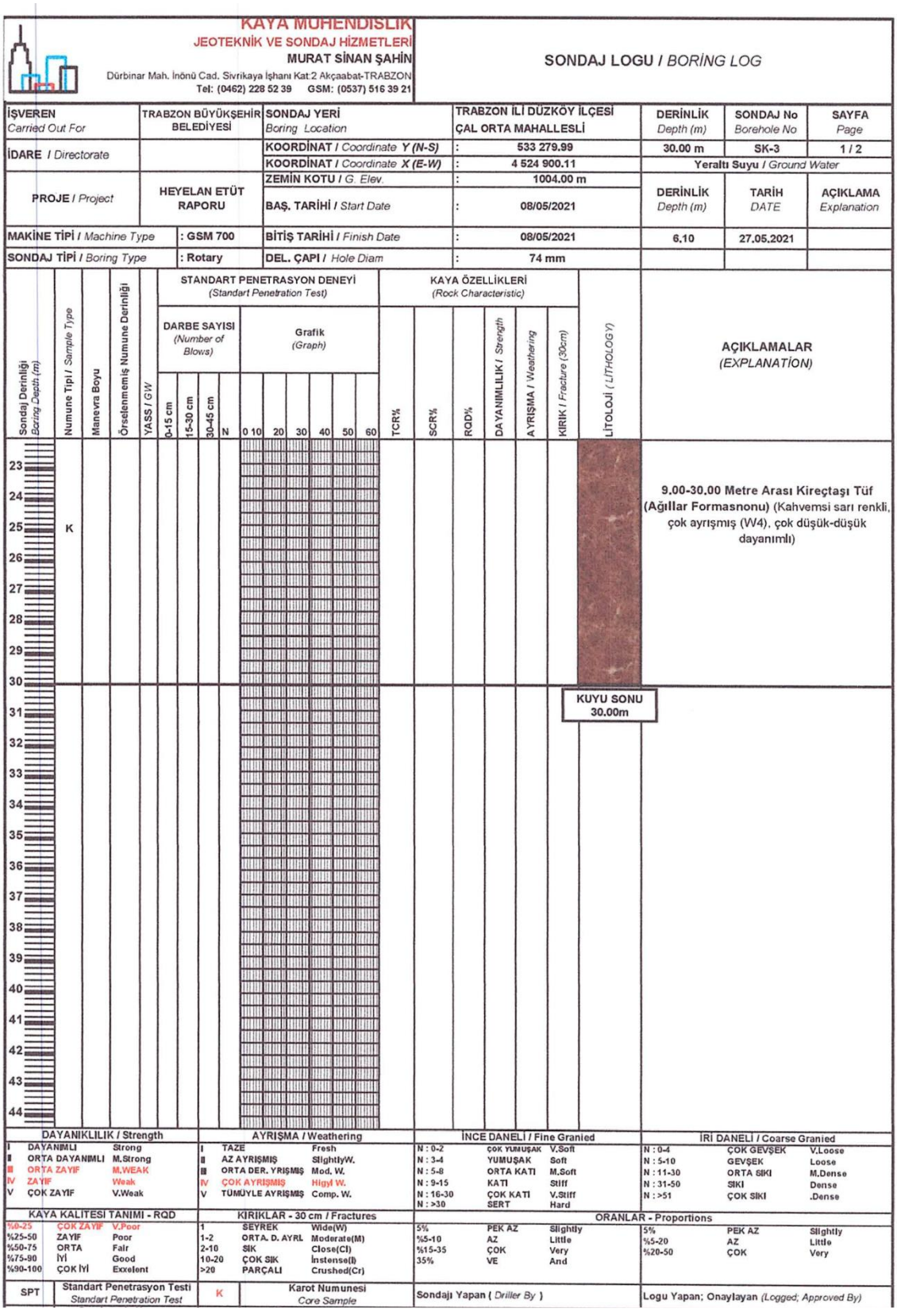
SPT — Standart Penetrasyon Testi *Standart Penetration Test*

K — Karot Numunesi *Core Sample*

Sondajı Yapan (*Driller By*)

Logu Yapan; Onaylayan *(Logged; Approved By)*

Ek 1'in devamı



KAYA MÜHENDİSLİK
JEOTEKNİK VE SONDAJ HİZMETLERİ
MURAT SİNAN ŞAHİN
Dürbinar Mah. İnönü Cad. Sivrikaya İşhanı Kat:2 Akçaabat-TRABZON
Tel: (0462) 228 52 39 GSM: (0537) 516 39 21

SONDAJ LOGU / BORİNG LOG

İŞVEREN *Carried Out For*	TRABZON BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ	SONDAJ YERİ *Boring Location*	TRABZON İLİ DÜZKÖY İLÇESİ ÇAL ORTA MAHALLESİ	DERİNLİK *Depth (m)*	SONDAJ No *Borehole No*	SAYFA *Page*
İDARE / *Directorate*		KOORDİNAT / *Coordinate Y (N-S)*	: 533 279.99	30.00 m	SK-3	1 / 2
		KOORDİNAT / *Coordinate X (E-W)*	: 4 524 900.11	Yeraltı Suyu / *Ground Water*		
PROJE / *Project*	HEYELAN ETÜT RAPORU	ZEMİN KOTU / *G. Elev.*	: 1004.00 m	DERİNLİK *Depth (m)*	TARİH *DATE*	AÇIKLAMA *Explanation*
		BAŞ. TARİHİ / *Start Date*	: 08/05/2021			
MAKİNE TİPİ / *Machine Type*	: GSM 700	BİTİŞ TARİHİ / *Finish Date*	: 08/05/2021	6.10	27.05.2021	
SONDAJ TİPİ / *Boring Type*	: Rotary	DEL. ÇAPI / *Hole Diam*	: 74 mm			

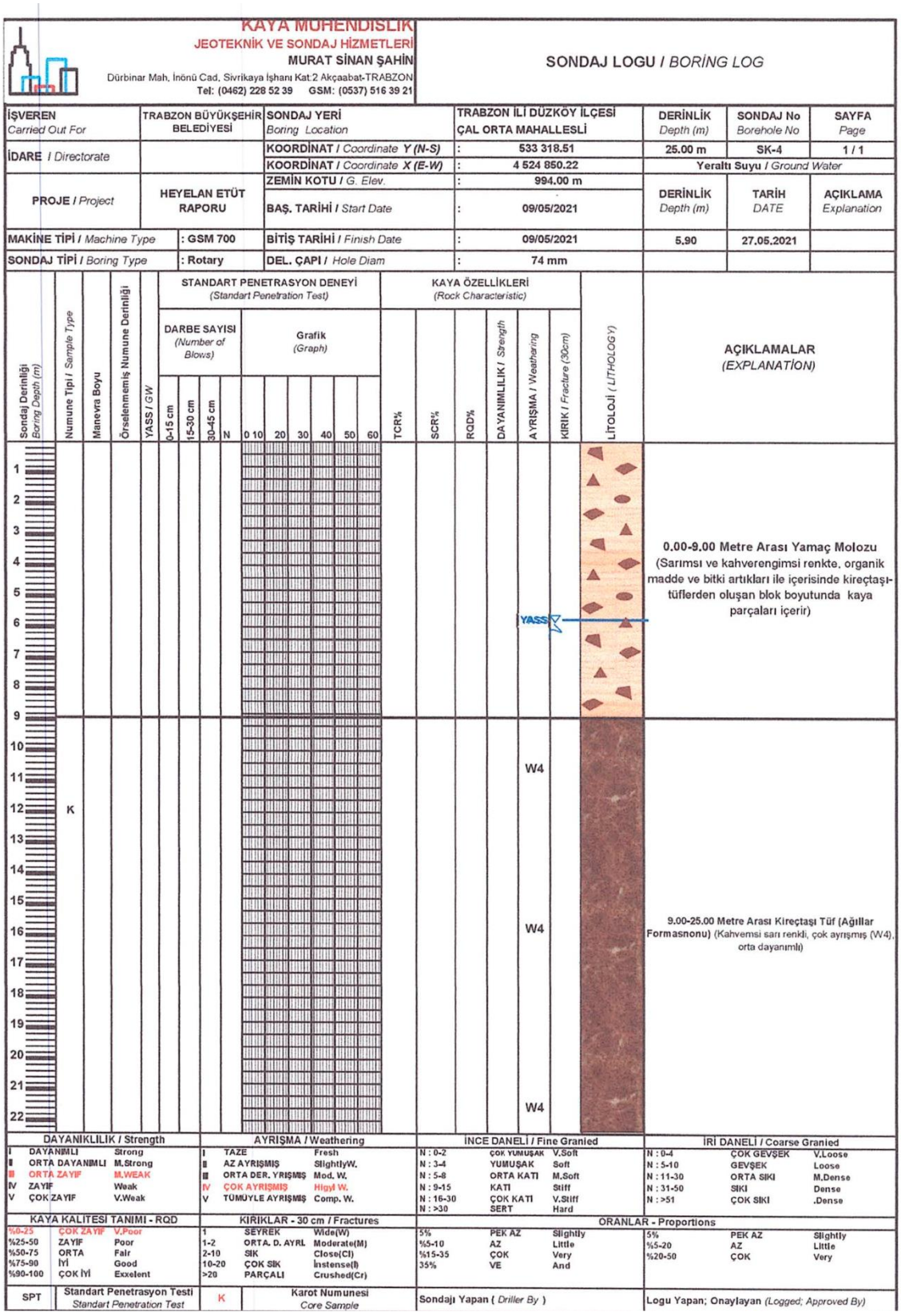
Sondaj Derinliği *Boring Depth (m)*	Numune Tipi / *Sample Type*	Manevra Boyu	Örselenmemiş Numune Derinliği	YASS / *GW*	STANDART PENETRASYON DENEYİ *(Standart Penetration Test)* DARBE SAYISI *(Number of Blows)* 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	Grafik *(Graph)* 0 10 20 30 40 50 60	KAYA ÖZELLİKLERİ *(Rock Characteristic)* TCR%	SCR%	RQD%	DAYANIMLILIK / *Strength*	AYRIŞMA / *Weathering*	KIRIK / *Fracture (30cm)*	LİTOLOJİ / *LITHOLOGY*	AÇIKLAMALAR *(EXPLANATİON)*
23																	
24																	
25	K																9.00-30.00 Metre Arası Kireçtaşı Tüf (Ağıllar Formasnonu) (Kahvemsi sarı renkli, çok ayrışmış (W4), çok düşük-düşük dayanımlı)
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
31																KUYU SONU 30.00m	
32																	
33																	
34																	
35																	
36																	
37																	
38																	
39																	
40																	
41																	
42																	
43																	
44																	

DAYANIKLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE DANELİ / Fine Granied			İRİ DANELİ / Coarse Granied		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	SlightlyW.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.WEAK	III	ORTA DER. YRIŞMIŞ	Mod. W.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Soft	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Higyl W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE AYRIŞMIŞ	Comp. W.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >51	ÇOK SIKI	.Dense
						N : >30	SERT	Hard			

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR - Proportions			ORANLAR - Proportions		
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide(W)	5%	PEK AZ	Slightly	5%	PEK AZ	Slightly
%25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA. D. AYRL	Moderate(M)	%5-10	AZ	Little	%5-20	AZ	Little
%50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close(Cl)	%15-35	ÇOK	Very	%20-50	ÇOK	Very
%75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	İnstense(I)	35%	VE	And			
%90-100	ÇOK İYİ	Excelent	>20	PARÇALI	Crushed(Cr)						

SPT	Standart Penetrasyon Testi *Standart Penetration Test*	K	Karot Numunesi *Core Sample*	Sondajı Yapan (*Driller By*)	Logu Yapan; Onaylayan *(Logged; Approved By)*

Ek 1'in devamı



KAYA MÜHENDİSLİK
JEOTEKNİK VE SONDAJ HİZMETLERİ
MURAT SİNAN ŞAHİN
Dürbinar Mah. İnönü Cad. Sivrikaya İşhanı Kat:2 Akçaabat-TRABZON
Tel: (0462) 228 52 39 GSM: (0537) 516 39 21

SONDAJ LOGU / BORİNG LOG

İŞVEREN *Carried Out For*	TRABZON BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ	SONDAJ YERİ *Boring Location*	TRABZON İLİ DÜZKÖY İLÇESİ ÇAL ORTA MAHALLESLİ	DERİNLİK *Depth (m)*	SONDAJ No *Borehole No*	SAYFA *Page*
İDARE / *Directorate*		KOORDİNAT / *Coordinate Y (N-S)* : 533 318.51		25.00 m	SK-4	1 / 1
		KOORDİNAT / *Coordinate X (E-W)* : 4 524 850.22		Yeraltı Suyu / *Ground Water*		
PROJE / *Project*	HEYELAN ETÜT RAPORU	ZEMİN KOTU / *G. Elev.* : 994.00 m		DERİNLİK *Depth (m)*	TARİH *DATE*	AÇIKLAMA *Explanation*
		BAŞ. TARİHİ / *Start Date* : 09/05/2021				
MAKİNE TİPİ / *Machine Type* : GSM 700		BİTİŞ TARİHİ / *Finish Date* : 09/05/2021		5,90	27.05.2021	
SONDAJ TİPİ / *Boring Type* : Rotary		DEL. ÇAPI / *Hole Diam* : 74 mm				

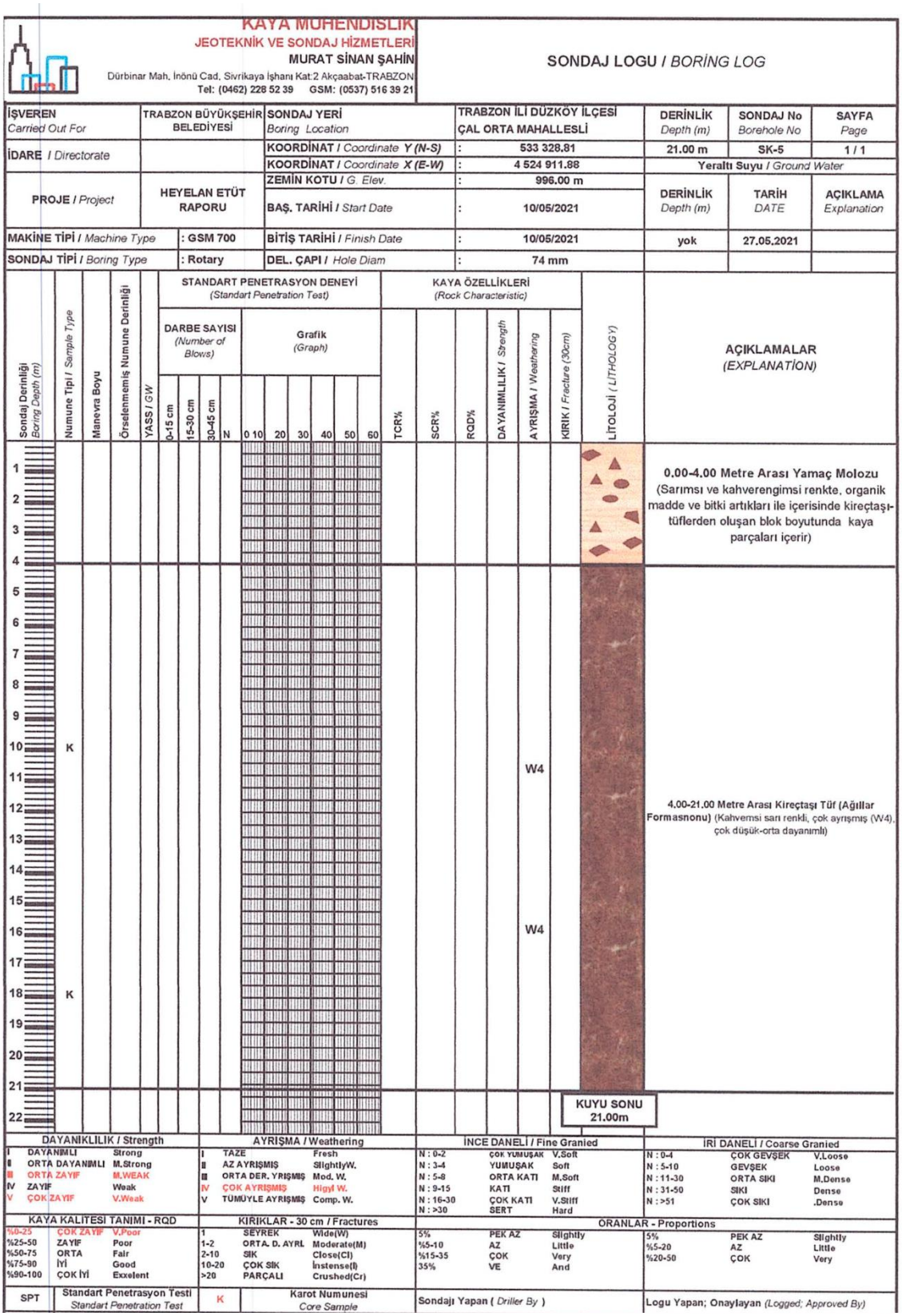
Sondaj Derinliği *Boring Depth (m)*	Numune Tipi / *Sample Type*	Manevra Boyu	Örselenmemiş Numune Derinliği	YASS / *GW*	STANDART PENETRASYON DENEYİ *(Standart Penetration Test)* DARBE SAYISI *(Number of Blows)* 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	Grafik *(Graph)* 0 10 20 30 40 50 60	KAYA ÖZELLİKLERİ *(Rock Characteristic)* TCR%	SCR%	RQD%	DAYANIMLILIK / *Strength*	AYRIŞMA / *Weathering*	KIRIK / *Fracture (30cm)*	LİTOLOJİ / *LITHOLOGY*	AÇIKLAMALAR *(EXPLANATİON)*
1–9				YASS													0.00-9.00 Metre Arası Yamaç Molozu (Sarımsı ve kahverengimsi renkte, organik madde ve bitki artıkları ile içerisinde kireçtaşı-tüflerden oluşan blok boyutunda kaya parçaları içerir)
10–22	K													W4 / W4 / W4			9.00-25.00 Metre Arası Kireçtaşı Tüf (Ağıllar Formasnonu) (Kahvemsi sarı renkli, çok ayrışmış (W4), orta dayanımlı)

DAYANIKLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE DANELİ / Fine Grained			İRİ DANELİ / Coarse Grained		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	SlightlyW.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.WEAK	III	ORTA DER. YRIŞMIŞ	Mod. W.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Soft	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Higyl W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE AYRIŞMIŞ	Comp. W.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >51	ÇOK SIKI	.Dense
						N : >30	SERT	Hard			

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR - Proportions					
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide(W)	5%	PEK AZ	Slightly	5%	PEK AZ	Slightly
%25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA. D. AYRL	Moderate(M)	%5-10	AZ	Little	%5-20	AZ	Little
%50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close(Cl)	%15-35	ÇOK	Very	%20-50	ÇOK	Very
%75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	İnstense(I)	35%	VE	And			
%90-100	ÇOK İYİ	Exxelent	>20	PARÇALI	Crushed(Cr)						

SPT — Standart Penetrasyon Testi *Standart Penetration Test* | K — Karot Numunesi *Core Sample* | Sondajı Yapan (*Driller By*) | Logu Yapan; Onaylayan *(Logged; Approved By)*

Ek 1'in devamı



KAYA MÜHENDİSLİK
JEOTEKNİK VE SONDAJ HİZMETLERİ
MURAT SİNAN ŞAHİN
Dürbinar Mah. İnönü Cad. Sivrikaya İşhanı Kat:2 Akçaabat-TRABZON
Tel: (0462) 228 52 39 GSM: (0537) 516 39 21

SONDAJ LOGU / BORİNG LOG

İŞVEREN *Carried Out For*	TRABZON BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ	SONDAJ YERİ *Boring Location*	TRABZON İLİ DÜZKÖY İLÇESİ ÇAL ORTA MAHALLESLİ	DERİNLİK *Depth (m)*	SONDAJ No *Borehole No*	SAYFA *Page*
İDARE / *Directorate*		KOORDİNAT / *Coordinate Y (N-S)*	: 533 328.81	21.00 m	SK-5	1 / 1
		KOORDİNAT / *Coordinate X (E-W)*	: 4 524 911.88	Yeraltı Suyu / *Ground Water*		
PROJE / *Project*	HEYELAN ETÜT RAPORU	ZEMİN KOTU / *G. Elev.*	: 996.00 m	DERİNLİK *Depth (m)*	TARİH *DATE*	AÇIKLAMA *Explanation*
		BAŞ. TARİHİ / *Start Date*	: 10/05/2021			
MAKİNE TİPİ / *Machine Type*	: GSM 700	BİTİŞ TARİHİ / *Finish Date*	: 10/05/2021	yok	27.05.2021	
SONDAJ TİPİ / *Boring Type*	: Rotary	DEL. ÇAPI / *Hole Diam*	: 74 mm			

Sondaj Derinliği *Boring Depth (m)*	Numune Tipi / *Sample Type*	Manevra Boyu	Örselenmemiş Numune Derinliği	YASS / *GW*	STANDART PENETRASYON DENEYİ *(Standart Penetration Test)* DARBE SAYISI *(Number of Blows)* 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	Grafik *(Graph)* 0 10 20 30 40 50 60	KAYA ÖZELLİKLERİ *(Rock Characteristic)* TCR%	SCR%	RQD%	DAYANIMLILIK / *Strength*	AYRIŞMA / *Weathering*	KIRIK / *Fracture (30cm)*	LİTOLOJİ / *LITHOLOGY*	AÇIKLAMALAR *(EXPLANATİON)*
1–4																	0.00-4.00 Metre Arası Yamaç Molozu (Sarımsı ve kahverengimsi renkte, organik madde ve bitki artıkları ile içerisinde kireçtaşı-tüflerden oluşan blok boyutunda kaya parçaları içerir)
5–9																	
10	K													W4			4.00-21.00 Metre Arası Kireçtaşı Tüf (Ağıllar Formasnonu) (Kahvemsi sarı renkli, çok ayrışmış (W4), çok düşük-orta dayanımlı)
11–15																	
16														W4			
17																	
18	K																
19–21																	
22																KUYU SONU 21.00m	

DAYANIKLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE DANELİ / Fine Grained			İRİ DANELİ / Coarse Granied		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	ÇOK GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	SlightlyW.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.WEAK	III	ORTA DER. YRIŞMIŞ	Mod. W.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Soft	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Higyl W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE AYRIŞMIŞ	Comp. W.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >51	ÇOK SIKI	.Dense
						N : >30	SERT	Hard			

KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR - Proportions					
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide(W)	5%	PEK AZ	Slightly	5%	PEK AZ	Slightly
%25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA. D. AYRL	Moderate(M)	%5-10	AZ	Little	%5-20	AZ	Little
%50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close(Cl)	%15-35	ÇOK	Very	%20-50	ÇOK	Very
%75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	İnstense(I)	35%	VE	And			
%90-100	ÇOK İYİ	Exxelent	>20	PARÇALI	Crushed(Cr)						

SPT Standart Penetrasyon Testi *Standart Penetration Test* — K Karot Numunesi *Core Sample*

Sondajı Yapan (*Driller By*) — Logu Yapan; Onaylayan *(Logged; Approved By)*

Ek 2. Presiyometre Verileri

KAYA MÜHENDİSLİK ZEMİN-YAPI MALZ.LABORATUVARI

DOKUMAN ADI

PRESİYOMETRE DENEYİ PRESSUREMETER TEST

PROJE ADI *Project Name*	ÇAL HEYELAN					
Presiyometre Türü *Type of*	Menard G	Sonda Çapı (mm) *Diameter of Probe*	BX	Sıfır vol. okumasındaki hacim (cm^3) *Zero Volumeter Reading*		535
Kuyu No. *Borehole Number*	SK-1	Manometre Yüksekliği (m) *Height of Manometer*	0,60	Deney Derinliği (m) *Test Depth*		1,50-3,00
Zemin Tipi *Type of Soil*	Yamaç molozü	Yeraltı Su Seviyesi (m) *Water Level (GWL)*	–	Rapor No		Z 68/2021
				Deney-Rapor Tarihi	30.04.2021	11.05.2021

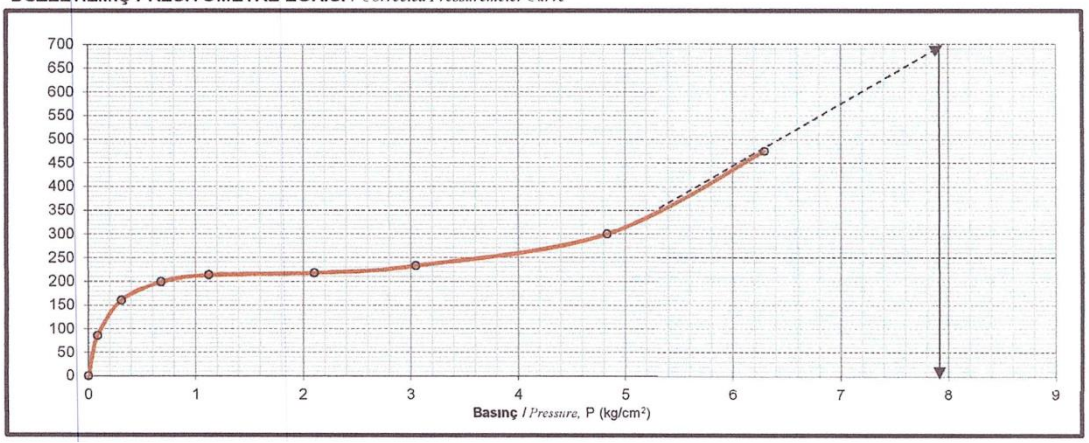
[1] Kademe Artışı *Increment*	[2] Deney Basıncı *Volumeter Pressure* (kg/cm^2)	[3] Hacim Ölçer Okuması *1 min. volumeter reading* (cm^3)	[4] [2]+ Hidrostatik Basınç [2]+ *Hydrostatic Pressure* (kg/cm^2)	[5] Hacim Düzeltmesi *Volume Correction* (cm^3)	[6] Düzeltilmiş Hacim *Corrected Volume* (cm^3)	[7] Mebran Düzeltmesi *Mebrane Correction* (kg/cm^2)	[8] Düzeltilmiş Basınç *Corrected Pressure* (kg/cm^2)
1	0	0	0,06	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,5	86	0,56	0,00	86,0	0,47	0,09
3	1	160	1,06	0,00	160,0	0,75	0,31
4	1,5	200	1,56	1,00	199,0	0,88	0,68
5	2	215	2,06	2,00	213,0	0,94	1,12
6	3	220	3,06	2,25	217,8	0,96	2,10
7	4	235	4,06	2,50	232,5	1,01	3,05
8	6	303	6,06	3,00	300,0	1,23	4,83
9	8	478	8,06	3,50	474,5	1,77	6,29

AÇIKLAMA: Deney ASTM D4719'a uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Belirlenen Değerler / *Assessed Values*

Limit Basınç pL (kg/cm2)	7,90	Elastisite Modülü E_M (kg/cm^2)	196

DÜZELTİLMİŞ PRESİYOMETRE EĞRİSİ / *Corrected Pressuremeter Curve*



Ek 2'nin devamı

KAYA MÜHENDİSLİK ZEMİN-YAPI MALZ.LABORATUVARI

DOKUMAN ADI

PRESİYOMETRE DENEYİ PRESSUREMETER TEST

PROJE ADI *Project Name*	*ÇAL HEYELAN*				
Presiyometre Türü *Type of*	*Menard G*	Sonda Çapı (mm) *Diameter of Probe*	*BX*	Sıfır vol. okumasındaki hacim (cm^3) *Zero Volumeter Reading*	*535*
Kuyu No. *Borehole Number*	*SK-1*	Manometre Yüksekliği (m) *Height of Manometer*	*0,60*	Deney Derinliği (m) *Test Depth*	*6,00-7,50*
Zemin Tipi *Type of Soil*	*Yamaç molozü*	Yeraltı Su Seviyesi (m) *Water Level (GWL)*	–	Rapor No	*Z 69/2021*
				Deney-Rapor Tarihi: 30.04.2021	*11.05.2021*

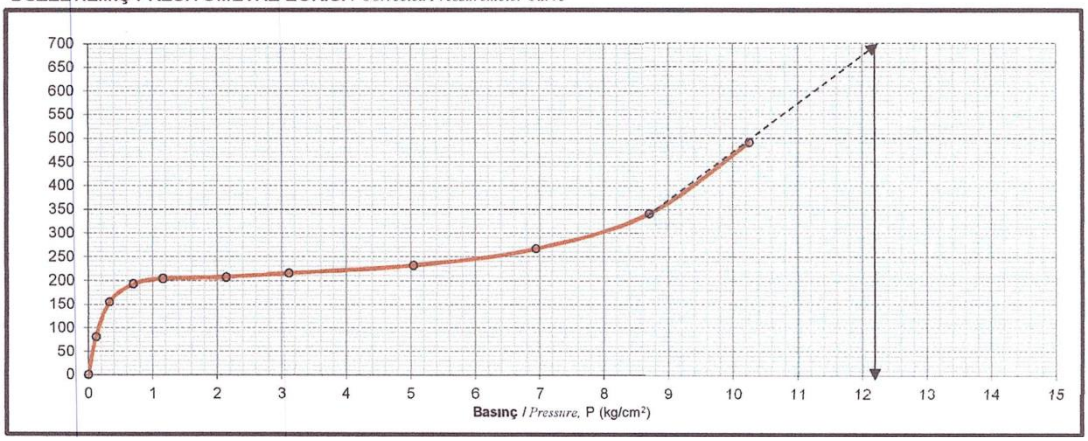
[1] Kademe Artışı *Increment*	[2] Deney Basıncı *Volumeter Pressure* kg/cm²	[3] Hacim Ölçer Okuması *1 min. volumeter reading* cm^3	[4] [2]+ Hidrostatik Basınç [2]+ *Hydrostatic Pressure* kg/cm²	[5] Hacim Düzeltmesi *Volume Correction* cm^3	[6] Düzeltilmiş Hacim *Corrected Volume* cm^3	[7] Mebran Düzeltmesi *Mebrane Correction* kg/cm²	[8] Düzeltilmiş Basınç *Corrected Pressure* kg/cm²
1	0	0	0,06	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,5	81	0,56	0,00	81,0	0,44	0,12
3	1	155	1,06	0,00	155,0	0,73	0,33
4	1,5	194	1,56	1,00	193,0	0,86	0,70
5	2	206	2,06	2,00	204,0	0,91	1,15
6	3	210	3,06	2,25	207,8	0,92	2,14
7	4	218	4,06	2,50	215,5	0,95	3,11
8	6	235	6,06	3,00	232,0	1,01	5,05
9	8	270	8,06	3,50	266,5	1,12	6,94
10	10	345	10,06	4,00	341,0	1,35	8,71
11	12	495	12,06	4,33	490,7	1,81	10,25

AÇIKLAMA: Deney ASTM D4719'a uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Belirlenen Değerler / *Assessed Values*

Limit Basınç pL (kg/cm2)	12,20	Elastisite Modülü E_M (kg/cm²)	272

DÜZELTİLMİŞ PRESİYOMETRE EĞRİSİ / *Corrected Pressuremeter Curve*



Ek 2'nin devamı

KAYA MÜHENDİSLİK ZEMİN-YAPI MALZ.LABORATUVARI

DOKÜMAN ADI

PRESİYOMETRE DENEYİ PRESSUREMETER TEST

PROJE ADI *Project Name*	ÇAL HEYELAN					
Presiyometre Türü *Type of*	Menard G	Sonda Çapı (mm) *Diameter of Probe*	BX	Sıfır vol. okumasındaki hacim (cm^3) *Zero Volumeter Reading*		535
Kuyu No. *Borehole Number*	SK-1	Manometre Yüksekliği (m) *Height of Manometer*	0,60	Deney Derinliği (m) *Test Depth*		12,00-13,50
Zemin Tipi *Type of Soil*	Yamaç molozü	Yeraltı Su Seviyesi (m) *Water Level (GWL)*	–	Rapor No		Z 70/2021
				Deney-Rapor Tarihi	30.04.2021	11.05.2021

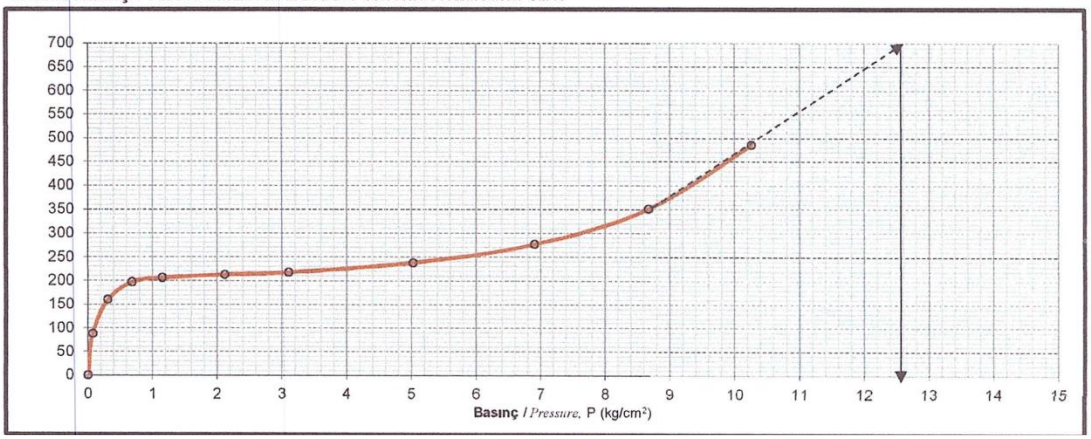
[1] Kademe Artışı *Increment*	[2] Deney Basıncı *Volumeter Pressure* kg/cm²	[3] Hacim Ölçer Okuması *1 min. volumeter reading* cm³	[4] [2]+ Hidrostatik Basınç [2]+ *Hydrostatic Pressure* kg/cm²	[5] Hacim Düzeltmesi *Volume Correction* cm³	[6] Düzeltilmiş Hacim *Corrected Volume* cm³	[7] Mebran Düzeltmesi *Mebrane Correction* kg/cm²	[8] Düzeltilmiş Basınç *Corrected Pressure* kg/cm²
1	0	0	0,06	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,5	88	0,56	0,00	88,0	0,49	0,07
3	1	160	1,06	0,00	160,0	0,75	0,31
4	1,5	198	1,56	1,00	197,0	0,88	0,68
5	2	208	2,06	2,00	206,0	0,91	1,15
6	3	215	3,06	2,25	212,8	0,94	2,12
7	4	220	4,06	2,50	217,5	0,96	3,10
8	6	241	6,06	3,00	238,0	1,03	5,03
9	8	280	8,06	3,50	276,5	1,15	6,91
10	10	355	10,06	4,00	351,0	1,38	8,68
11	12	490	12,06	4,33	485,7	1,80	10,26

AÇIKLAMA: Deney ASTM D4719'a uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Belirlenen Değerler / *Assessed Values*

Limit Basınç pL (kg/cm2)	12,60	Elastisite Modülü E_M (kg/cm²)	345

DÜZELTİLMİŞ PRESİYOMETRE EĞRİSİ / *Corrected Pressuremeter Curve*



Ek 2'nin devamı

KAYA MÜHENDİSLİK ZEMİN-YAPI MALZ.LABORATUVARI

DOKUMAN ADI

PRESİYOMETRE DENEYİ PRESSUREMETER TEST

PROJE ADI *Project Name*	ÇAL HEYELAN				
Presiyometre Türü *Type of*	Menard G	Sonda Çapı (mm) *Diameter of Probe*	BX	Sıfır vol. okumasındaki hacim (cm^3) *Zero Volumeter Reading*	535
Kuyu No. *Borehole Number*	SK-2	Manometre Yüksekliği (m) *Height of Manometer*	0,60	Deney Derinliği (m) *Test Depth*	1,50-3,00
Zemin Tipi *Type of Soil*	Yamaç molozü	Yeraltı Su Seviyesi (m) *Water Level (GWL)*	–	Rapor No	Z 71/2021
				Deney-Rapor Tarihi 06.05.2021	11.05.2021

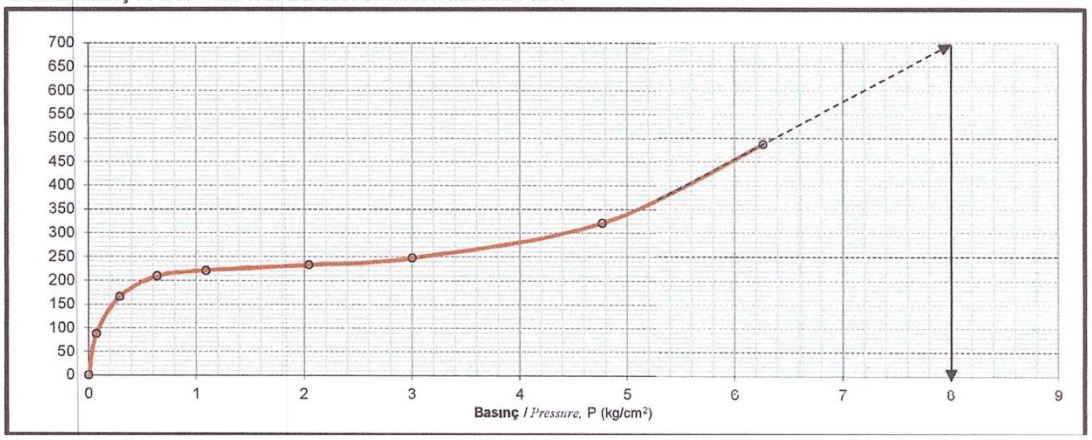
[1] Kademe Artışı *Increment*	[2] Deney Basıncı *Volumeter Pressure* (kg/cm^2)	[3] Hacim Ölçer Okuması *1 min. volumeter reading* (cm^3)	[4] [2]+ Hidrostatik Basınç [2]+ *Hydrostatic Pressure* (kg/cm^2)	[5] Hacim Düzeltmesi *Volume Correction* (cm^3)	[6] Düzeltilmiş Hacim *Corrected Volume* (cm^3)	[7] Mebran Düzeltmesi *Mebrane Correction* (kg/cm^2)	[8] Düzeltilmiş Basınç *Corrected Pressure* (kg/cm^2)
1	0	0	0,06	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,5	88	0,56	0,00	88,0	0,49	0,07
3	1	166	1,06	0,00	166,0	0,77	0,29
4	1,5	210	1,56	1,00	209,0	0,92	0,64
5	2	223	2,06	2,00	221,0	0,97	1,09
6	3	235	3,06	2,25	232,8	1,01	2,05
7	4	250	4,06	2,50	247,5	1,06	3,00
8	6	324	6,06	3,00	321,0	1,29	4,77
9	8	490	8,06	3,50	486,5	1,80	6,26

AÇIKLAMA: Deney ASTM D4719'a uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Belirlenen Değerler / *Assessed Values*

Limit Basınç pL (kg/cm^2)	8,00	Elastisite Modülü E_M (kg/cm^2)	147

DÜZELTİLMİŞ PRESİYOMETRE EĞRİSİ / *Corrected Pressuremeter Curve*



Ek 2'nin devamı

KAYA MÜHENDİSLİK ZEMİN-YAPI MALZ.LABORATUVARI

DOKUMAN ADI

PRESİYOMETRE DENEYİ PRESSUREMETER TEST

PROJE ADI *Project Name*	*ÇAL HEYELAN*					
Presiyometre Türü *Type of*	*Menard G*	Sonda Çapı (mm) *Diameter of Probe*	*BX*	Sıfır vol. okumasındaki hacim (cm^3) *Zero Volumeter Reading*		*535*
Kuyu No. *Borehole Number*	*SK-2*	Manometre Yüksekliği (m) *Height of Manometer*	*0,60*	Deney Derinliği (m) *Test Depth*		*6,00-7,50*
Zemin Tipi *Type of Soil*	*Yamaç molozü*	Yeraltı Su Seviyesi (m) *Water Level (GWL)*	–	Rapor No		*Z 72/2021*
				Deney-Rapor Tarihi	06.05.2021	*11.05.2021*

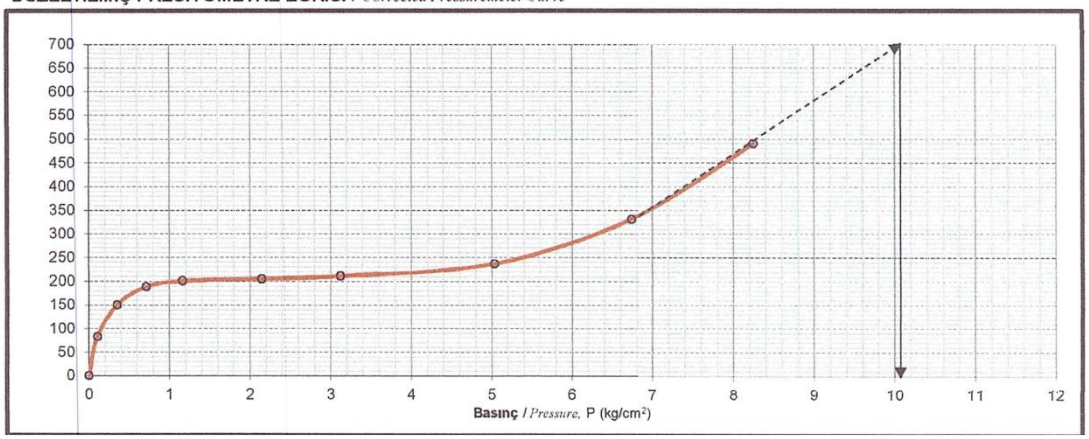
[1] Kademe Artışı *Increment*	[2] Deney Basıncı *Volumeter Pressure* kg/cm²	[3] Hacim Ölçer Okuması *1 min. volumeter reading* cm³	[4] [2]+ Hidrostatik Basınç [2]+ *Hydrostatic Pressure* kg/cm²	[5] Hacim Düzeltmesi *Volume Correction* cm³	[6] Düzeltilmiş Hacim *Corrected Volume* cm³	[7] Mebran Düzeltmesi *Mebrane Correction* kg/cm²	[8] Düzeltilmiş Basınç *Corrected Pressure* kg/cm²
1	0	0	0,06	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,5	83	0,56	0,00	83,0	0,45	0,11
3	1	150	1,06	0,00	150,0	0,71	0,35
4	1,5	190	1,56	1,00	189,0	0,85	0,71
5	2	203	2,06	2,00	201,0	0,89	1,17
6	3	208	3,06	2,25	205,8	0,91	2,15
7	4	214	4,06	2,50	211,5	0,94	3,12
8	6	240	6,06	3,00	237,0	1,03	5,03
9	8	335	8,06	3,50	331,5	1,32	6,74
10	10	495	10,06	4,00	491,0	1,81	8,25

AÇIKLAMA: Deney ASTM D4719'a uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Belirlenen Değerler / *Assessed Values*

Limit Basınç pL (kg/cm2)	10,10	Elastisite Modülü E_M (kg/cm²)	714

DÜZELTİLMİŞ PRESİYOMETRE EĞRİSİ / *Corrected Pressuremeter Curve*



Ek 2'nin devamı

KAYA MÜHENDİSLİK ZEMİN-YAPI MALZ.LABORATUVARI

DOKUMAN ADI

PRESİYOMETRE DENEYİ PRESSUREMETER TEST

PROJE ADI *Project Name*	*ÇAL HEYELAN*					
Presiyometre Türü *Type of*	*Menard G*	Sonda Çapı (mm) *Diameter of Probe*	*BX*	Sıfır vol. okumasındaki hacim (cm^3) *Zero Volumeter Reading*		*535*
Kuyu No. *Borehole Number*	*SK-3*	Manometre Yüksekliği (m) *Height of Manometer*	*0,60*	Deney Derinliği (m) *Test Depth*		*1,50-3,00*
Zemin Tipi *Type of Soil*	*Yamaç molozü*	Yeraltı Su Seviyesi (m) *Water Level (GWL)*	–	Rapor No		*Z 73/2021*
				Deney-Rapor Tarihi	08.05.2021	*11.05.2021*

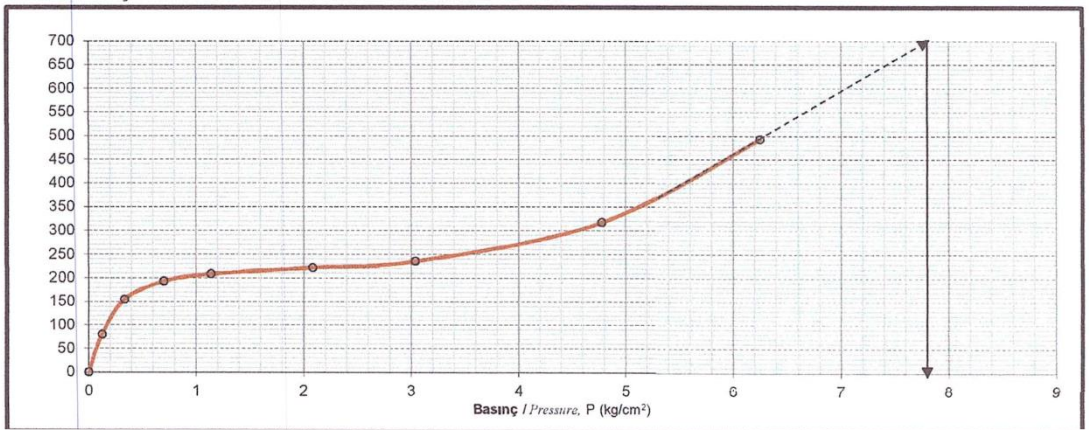
[1] Kademe Artışı *Increment*	[2] Deney Basıncı *Volumeter Pressure* (kg/cm^2)	[3] Hacim Ölçer Okuması *1 min. volumeter reading* (cm^3)	[4] [2]+ Hidrostatik Basınç [2]+ *Hydrostatic Pressure* (kg/cm^2)	[5] Hacim Düzeltmesi *Volume Correction* (cm^3)	[6] Düzeltilmiş Hacim *Corrected Volume* (cm^3)	[7] Mebran Düzeltmesi *Mebrane Correction* (kg/cm^2)	[8] Düzeltilmiş Basınç *Corrected Pressure* (kg/cm^2)
1	0	0	0,06	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,5	80	0,56	0,00	80,0	0,44	0,12
3	1	154	1,06	0,00	154,0	0,72	0,34
4	1,5	194	1,56	1,00	193,0	0,86	0,70
5	2	210	2,06	2,00	208,0	0,92	1,14
6	3	224	3,06	2,25	221,8	0,98	2,08
7	4	238	4,06	2,50	235,5	1,02	3,04
8	6	320	6,06	3,00	317,0	1,28	4,78
9	8	496	8,06	3,50	492,5	1,81	6,25

AÇIKLAMA: Deney ASTM D4719'a uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Belirlenen Değerler / *Assessed Values*

Limit Basınç pL (kg/cm^2)	7,80	Elastisite Modülü E_M (kg/cm^2)	139

DÜZELTİLMİŞ PRESİYOMETRE EĞRİSİ / *Corrected Pressuremeter Curve*



Ek 2'nin devamı

KAYA MÜHENDİSLİK ZEMİN-YAPI MALZ.LABORATUVARI

DOKÜMAN ADI

PRESİYOMETRE DENEYİ PRESSUREMETER TEST

PROJE ADI *Project Name*	*ÇAL HEYELAN*					
Presiyometre Türü *Type of*	*Menard G*	Sonda Çapı (mm) *Diameter of Probe*	*BX*	Sıfır vol. okumasındaki hacim (cm^3) *Zero Volumeter Reading*		*535*
Kuyu No. *Borehole Number*	*SK-3*	Manometre Yüksekliği (m) *Height of Manometer*	*0,60*	Deney Derinliği (m) *Test Depth*		*6,00-7,50*
Zemin Tipi *Type of Soil*	*Yamaç molozü*	Yeraltı Su Seviyesi (m) *Water Level (GWL)*	–	Rapor No		*Z 72/2021*
				Deney-Rapor Tarihi	08.05.2021	*11.05.2021*

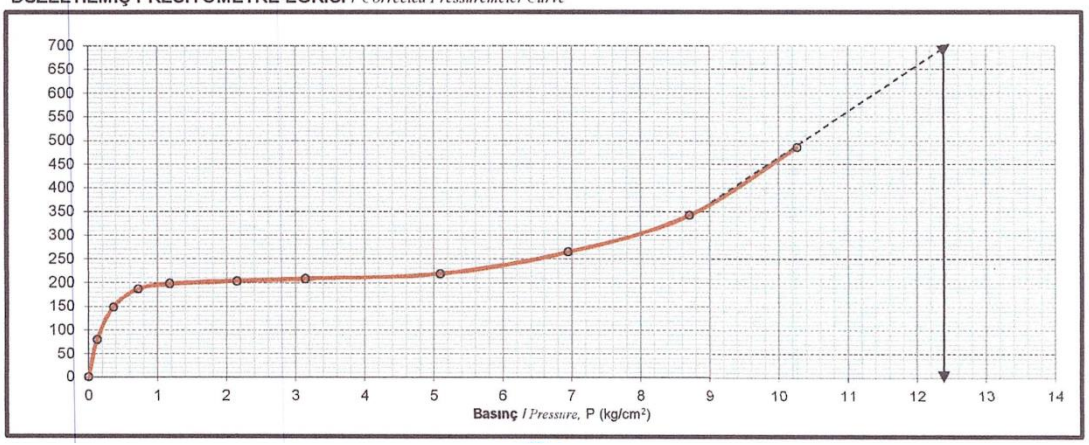
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
Kademe Artışı *Increment*	Deney Basıncı *Volumeter Pressure*	Hacim Ölçer Okuması *1 min. volumeter reading*	[2]+ Hidrostatik Basınç [2]+ *Hydrostatic Pressure*	Hacim Düzeltmesi *Volume Correction*	Düzeltilmiş Hacim *Corrected Volume*	Mebran Düzeltmesi *Mebrane Correction*	Düzeltilmiş Basınç *Corrected Pressure*
	kg/cm^2	cm^3	kg/cm^2	cm^3	cm^3	kg/cm^2	kg/cm^2
1	0	0	0,06	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,5	80	0,56	0,00	80,0	0,44	0,12
3	1	148	1,06	0,00	148,0	0,70	0,36
4	1,5	188	1,56	1,00	187,0	0,84	0,72
5	2	200	2,06	2,00	198,0	0,88	1,18
6	3	206	3,06	2,25	203,8	0,91	2,15
7	4	211	4,06	2,50	208,5	0,92	3,14
8	6	222	6,06	3,00	219,0	0,97	5,09
9	8	268	8,06	3,50	264,5	1,11	6,95
10	10	346	10,06	4,00	342,0	1,36	8,70
11	12	490	12,06	4,33	485,7	1,80	10,26

AÇIKLAMA: Deney ASTM D4719'a uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Belirlenen Değerler / *Assessed Values*

Limit Basınç pL (kg/cm2)	12,40	Elastisite Modülü E_M (kg/cm^2)	367

DÜZELTİLMİŞ PRESİYOMETRE EĞRİSİ / *Corrected Pressuremeter Curve*



Ek 2'nin devamı

KAYA MÜHENDİSLİK ZEMİN-YAPI MALZ.LABORATUVARI

DOKUMAN ADI

PRESİYOMETRE DENEYİ PRESSUREMETER TEST

PROJE ADI *Project Name*	ÇAL HEYELAN				
Presiyometre Türü *Type of*	Menard G	Sonda Çapı (mm) *Diameter of Probe*	BX	Sıfır vol. okumasındaki hacim (cm^3) *Zero Volumeter Reading*	535
Kuyu No. *Borehole Number*	SK-4	Manometre Yüksekliği (m) *Height of Manometer*	0,60	Deney Derinliği (m) *Test Depth*	1,50-3,00
Zemin Tipi *Type of Soil*	Yamaç molozü	Yeraltı Su Seviyesi (m) *Water Level (GWL)*	–	Rapor No	Z 75/2021
				Deney-Rapor Tarihi: 09.05.2021	11.05.2021

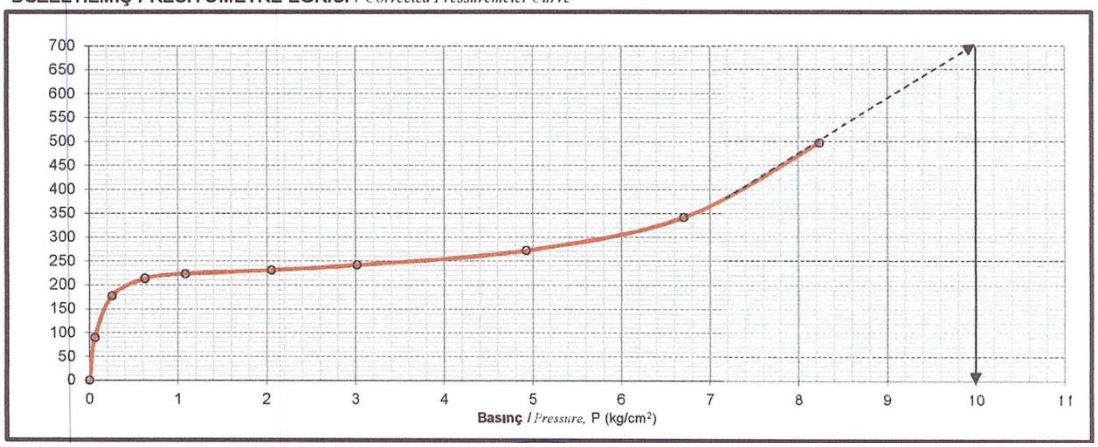
[1] Kademe Artışı *Increment*	[2] Deney Basıncı *Volumeter Pressure* (kg/cm^2)	[3] Hacim Ölçer Okuması *1 min. volumeter reading* (cm^3)	[4] [2]+ Hidrostatik Basınç [2]+ *Hydrostatic Pressure* (kg/cm^2)	[5] Hacim Düzeltmesi *Volume Correction* (cm^3)	[6] Düzeltilmiş Hacim *Corrected Volume* (cm^3)	[7] Mebran Düzeltmesi *Mebrane Correction* (kg/cm^2)	[8] Düzeltilmiş Basınç *Corrected Pressure* (kg/cm^2)
1	0	0	0,06	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,5	90	0,56	0,00	90,0	0,50	0,06
3	1	177	1,06	0,00	177,0	0,80	0,26
4	1,5	214	1,56	1,00	213,0	0,94	0,62
5	2	225	2,06	2,00	223,0	0,98	1,08
6	3	233	3,06	2,25	230,8	1,01	2,05
7	4	244	4,06	2,50	241,5	1,04	3,02
8	6	275	6,06	3,00	272,0	1,13	4,93
9	8	345	8,06	3,50	341,5	1,35	6,71
9	10	501	10,06	4,00	497,0	1,82	8,24

AÇIKLAMA: Deney ASTM D4719'a uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Belirlenen Değerler / *Assessed Values*

Limit Basınç pL (kg/cm^2)	10,00	Elastisite Modülü E_M (kg/cm^2)	210

DÜZELTİLMİŞ PRESİYOMETRE EĞRİSİ / *Corrected Pressuremeter Curve*



Ek 2'nin devamı

KAYA MÜHENDİSLİK ZEMİN-YAPI MALZ.LABORATUVARI

DOKUMAN ADI

PRESİYOMETRE DENEYİ PRESSUREMETER TEST

PROJE ADI *Project Name*	ÇAL HEYELAN					
Presiyometre Türü *Type of*	Menard G	Sonda Çapı (mm) *Diameter of Probe*	BX	Sıfır vol. okumasındaki hacim (cm^3) *Zero Volumeter Reading*		535
Kuyu No. *Borehole Number*	SK-4	Manometre Yüksekliği (m) *Height of Manometer*	0,60	Deney Derinliği (m) *Test Depth*		6,00-7,50
Zemin Tipi *Type of Soil*	Yamaç molozü	Yeraltı Su Seviyesi (m) *Water Level (GWL)*	–	Rapor No		Z 76/2021
				Deney-Rapor Tarihi	09.05.2021	11.05.2021

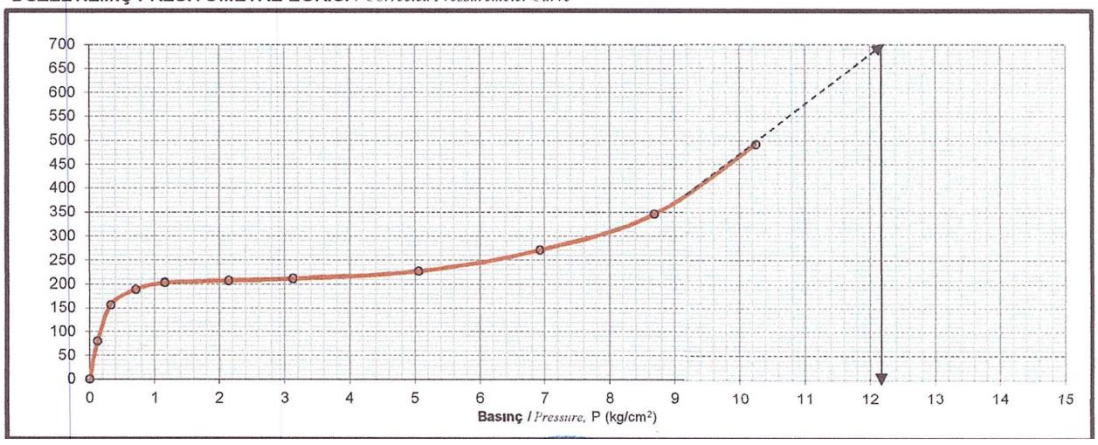
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
Kademe Artışı *Increment*	Deney Basıncı *Volumeter Pressure*	Hacim Ölçer Okuması *1 min. volumeter reading*	[2]+ Hidrostatik Basınç [2]+ *Hydrostatic Pressure*	Hacim Düzeltmesi *Volume Correction*	Düzeltilmiş Hacim *Corrected Volume*	Mebran Düzeltmesi *Mebrane Correction*	Düzeltilmiş Basınç *Corrected Pressure*
	kg/cm^2	cm^3	kg/cm^2	cm^3	cm^3	kg/cm^2	kg/cm^2
1	0	0	0,06	0,00	0,0	0,0	0,0
2	0,5	80	0,56	0,00	80,0	0,44	0,12
3	1	156	1,06	0,00	156,0	0,73	0,33
4	1,5	190	1,56	1,00	189,0	0,85	0,71
5	2	205	2,06	2,00	203,0	0,90	1,16
6	3	210	3,06	2,25	207,8	0,92	2,14
7	4	214	4,06	2,50	211,5	0,94	3,12
8	6	230	6,06	3,00	227,0	1,00	5,06
9	8	274	8,06	3,50	270,5	1,13	6,93
10	10	350	10,06	4,00	346,0	1,37	8,69
11	12	496	12,06	4,33	491,7	1,81	10,25

AÇIKLAMA: Deney ASTM D4719'a uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

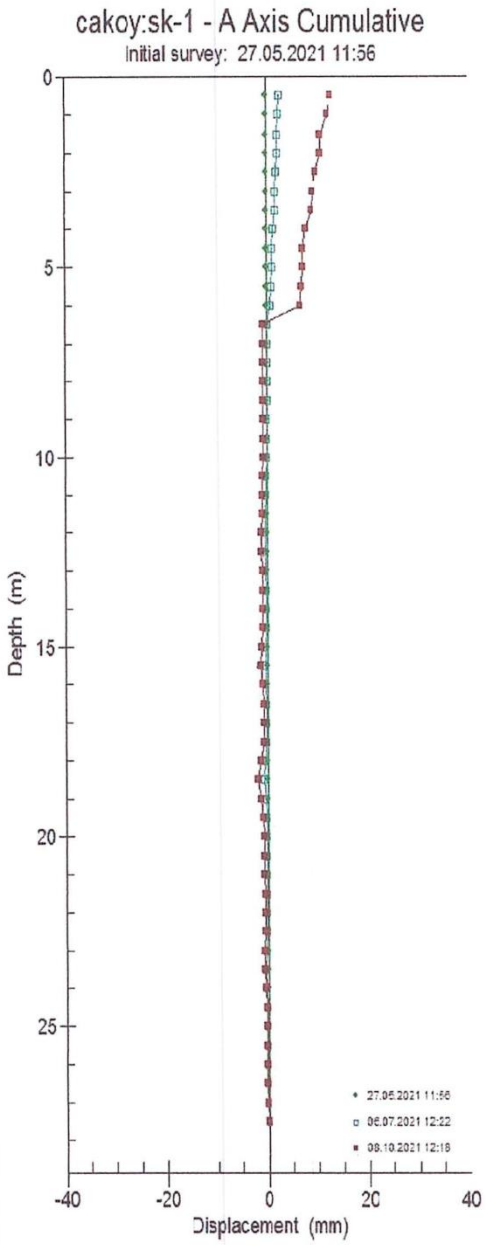
Belirlenen Değerler / *Assessed Values*

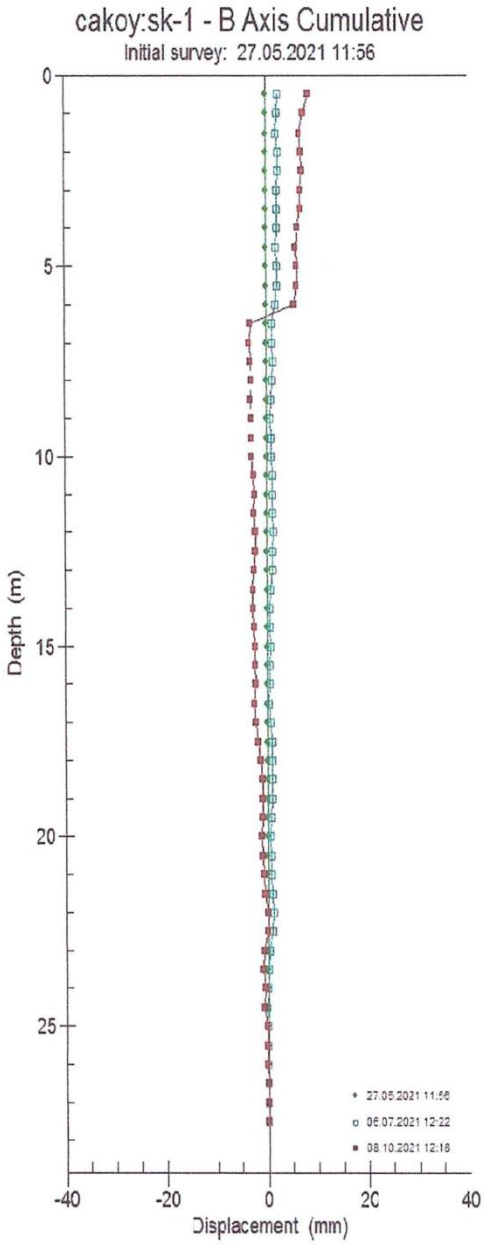
Limit Basınç pL (kg/cm2)	12,40	Elastisite Modülü E_M (kg/cm^2)	441

DÜZELTİLMİŞ PRESİYOMETRE EĞRİSİ / *Corrected Pressuremeter Curve*



Ek 3. İnklinometre Verileri





PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-1
COMPANY:
CLIENT:

NOTE:

Page 1

Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-1
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Cumulative Deflection Data in A Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 11:56:12 (mm)	06.07.2021 12:22:34 (mm)	08.10.2021 12:18:23 (mm)
0.5	0.00	2.66	12.94
1.0	0.00	2.53	12.17
1.5	0.00	2.27	10.90
2.0	0.00	2.20	10.89
2.5	0.00	2.03	9.81
3.0	0.00	1.94	9.37
3.5	0.00	1.81	9.08
4.0	0.00	1.51	7.95
4.5	0.00	1.29	7.35
5.0	0.00	1.20	7.33
5.5	0.00	1.13	7.18
6.0	0.00	0.96	6.78
6.5	0.00	0.27	-0.73
7.0	0.00	0.29	-0.65
7.5	0.00	0.29	-0.62
8.0	0.00	0.29	-0.63
8.5	0.00	0.22	-0.66
9.0	0.00	0.19	-0.70
9.5	0.00	0.18	-0.66
10.0	0.00	0.07	-0.78
10.5	0.00	-0.06	-0.86
11.0	0.00	-0.12	-0.92
11.5	0.00	-0.21	-0.94
12.0	0.00	-0.30	-1.06
12.5	0.00	-0.28	-1.05
13.0	0.00	-0.26	-0.97
13.5	0.00	-0.14	-0.84
14.0	0.00	-0.10	-0.82
14.5	0.00	-0.11	-0.88
15.0	0.00	-0.23	-1.03
15.5	0.00	-0.38	-1.19
16.0	0.00	-0.21	-0.90
16.5	0.00	-0.06	-0.70
17.0	0.00	-0.02	-0.60
17.5	0.00	-0.13	-0.71
18.0	0.00	-0.40	-1.34
18.5	0.00	-0.67	-1.81
19.0	0.00	-0.36	-1.29
19.5	0.00	-0.15	-0.89
20.0	0.00	-0.14	-0.75
20.5	0.00	-0.14	-0.76
21.0	0.00	-0.17	-0.76
21.5	0.00	-0.09	-0.49
22.0	0.00	-0.13	-0.53
22.5	0.00	-0.19	-0.56
23.0	0.00	-0.35	-0.63
23.5	0.00	-0.40	-0.63
24.0	0.00	-0.30	-0.44
24.5	0.00	-0.19	-0.39
25.0	0.00	-0.13	-0.33
25.5	0.00	-0.07	-0.26
26.0	0.00	-0.06	-0.22
26.5	0.00	-0.13	-0.28
27.0	0.00	-0.07	-0.14
27.5	0.00	0.00	0.00

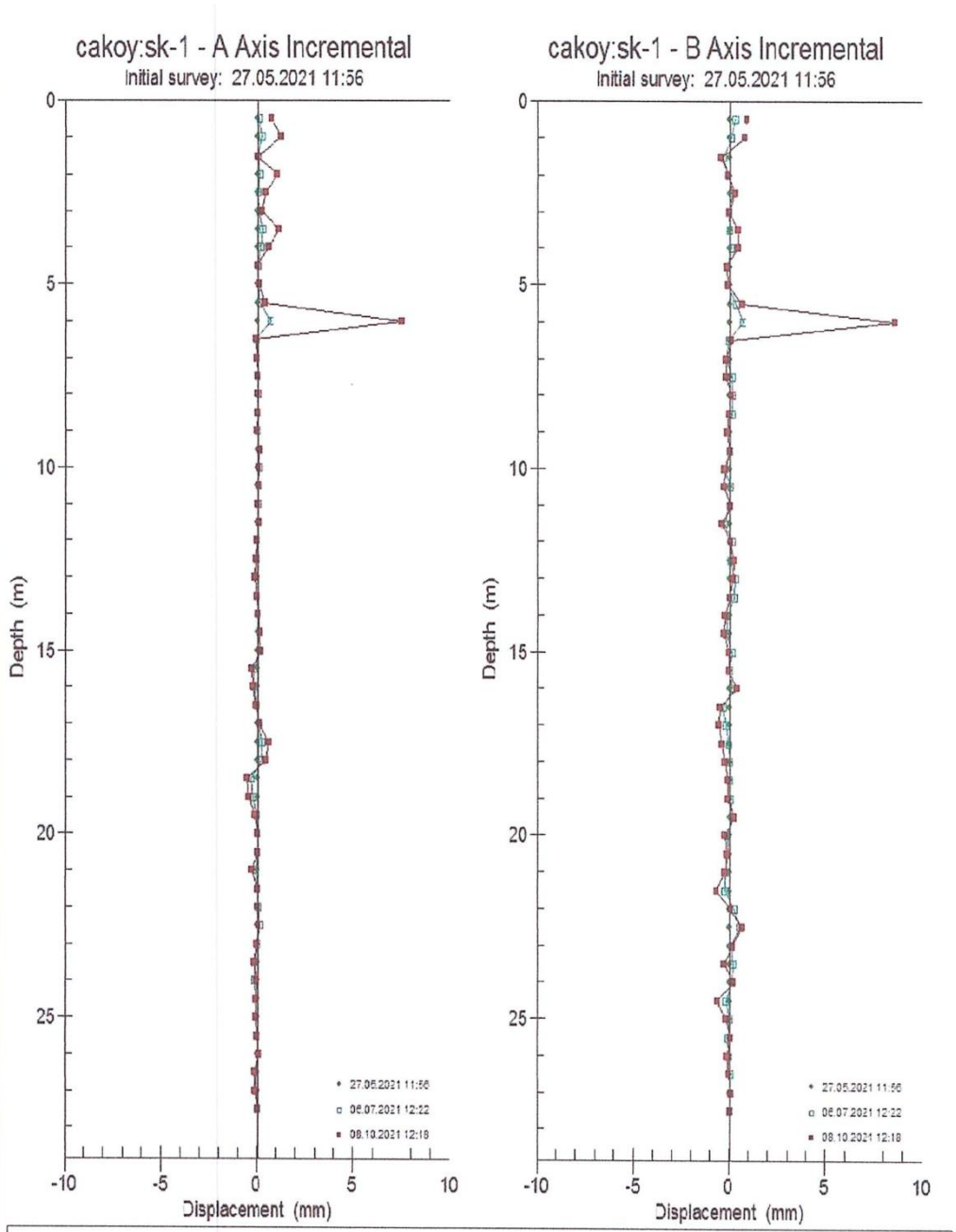
Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-1
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Cumulative Deflection Data in B Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 11:56:12 (mm)	06.07.2021 12:22:34 (mm)	08.10.2021 12:18:23 (mm)
0.5	0.00	2.53	8.54
1.0	0.00	2.22	7.64
1.5	0.00	2.10	6.81
2.0	0.00	2.40	7.23
2.5	0.00	2.45	7.28
3.0	0.00	2.21	6.97
3.5	0.00	2.26	6.95
4.0	0.00	2.25	6.46
4.5	0.00	2.13	6.01
5.0	0.00	2.25	6.15
5.5	0.00	2.31	6.21
6.0	0.00	1.92	5.56
6.5	0.00	1.21	-3.05
7.0	0.00	1.24	-3.15
7.5	0.00	1.39	-2.97
8.0	0.00	1.21	-2.82
8.5	0.00	1.05	-2.94
9.0	0.00	0.89	-2.90
9.5	0.00	1.00	-2.77
10.0	0.00	0.99	-2.78
10.5	0.00	1.26	-2.54
11.0	0.00	1.21	-2.28
11.5	0.00	1.21	-2.36
12.0	0.00	1.50	-2.02
12.5	0.00	1.33	-2.10
13.0	0.00	1.26	-2.36
13.5	0.00	0.95	-2.59
14.0	0.00	0.69	-2.64
14.5	0.00	0.74	-2.43
15.0	0.00	0.93	-2.17
15.5	0.00	0.74	-2.16
16.0	0.00	0.72	-2.13
16.5	0.00	0.52	-2.53
17.0	0.00	0.86	-2.08
17.5	0.00	1.05	-1.57
18.0	0.00	1.10	-1.20
18.5	0.00	1.08	-0.96
19.0	0.00	1.03	-0.90
19.5	0.00	0.95	-0.81
20.0	0.00	0.74	-1.06
20.5	0.00	0.79	-0.83
21.0	0.00	0.87	-0.73
21.5	0.00	1.09	-0.51
22.0	0.00	1.29	0.14
22.5	0.00	1.02	0.04
23.0	0.00	0.45	-0.62
23.5	0.00	0.32	-0.79
24.0	0.00	0.08	-0.51
24.5	0.00	-0.10	-0.75
25.0	0.00	0.08	-0.15
25.5	0.00	0.04	0.00
26.0	0.00	0.11	-0.06
26.5	0.00	0.12	0.06
27.0	0.00	0.07	0.06
27.5	0.00	0.00	0.00

Ek 3'ün devamı



Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-1
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Incremental Deflection Data in A Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 11:56:12 (mm)	06.07.2021 12:22:34 (mm)	08.10.2021 12:18:23 (mm)
0.5	0.00	0.14	0.77
1.0	0.00	0.25	1.26
1.5	0.00	0.07	0.01
2.0	0.00	0.17	1.08
2.5	0.00	0.09	0.44
3.0	0.00	0.14	0.28
3.5	0.00	0.30	1.13
4.0	0.00	0.21	0.61
4.5	0.00	0.09	0.01
5.0	0.00	0.08	0.15
5.5	0.00	0.17	0.41
6.0	0.00	0.69	7.51
6.5	0.00	-0.02	-0.09
7.0	0.00	0.00	-0.03
7.5	0.00	0.00	0.01
8.0	0.00	0.07	0.04
8.5	0.00	0.03	0.03
9.0	0.00	0.01	-0.03
9.5	0.00	0.12	0.12
10.0	0.00	0.12	0.08
10.5	0.00	0.07	0.05
11.0	0.00	0.09	0.03
11.5	0.00	0.09	0.11
12.0	0.00	-0.02	-0.01
12.5	0.00	-0.03	-0.08
13.0	0.00	-0.12	-0.13
13.5	0.00	-0.05	-0.02
14.0	0.00	0.01	0.05
14.5	0.00	0.12	0.16
15.0	0.00	0.16	0.16
15.5	0.00	-0.17	-0.29
16.0	0.00	-0.15	-0.20
16.5	0.00	-0.03	-0.09
17.0	0.00	0.11	0.11
17.5	0.00	0.27	0.62
18.0	0.00	0.28	0.47
18.5	0.00	-0.32	-0.51
19.0	0.00	-0.20	-0.40
19.5	0.00	-0.02	-0.14
20.0	0.00	0.00	0.02
20.5	0.00	0.04	0.00
21.0	0.00	-0.08	-0.27
21.5	0.00	0.03	0.03
22.0	0.00	0.06	0.03
22.5	0.00	0.17	0.07
23.0	0.00	0.04	0.00
23.5	0.00	-0.10	-0.19
24.0	0.00	-0.11	-0.05
24.5	0.00	-0.06	-0.07
25.0	0.00	-0.06	-0.07
25.5	0.00	-0.01	-0.04
26.0	0.00	0.07	0.06
26.5	0.00	-0.06	-0.14
27.0	0.00	-0.07	-0.14
27.5	0.00	0.00	0.00

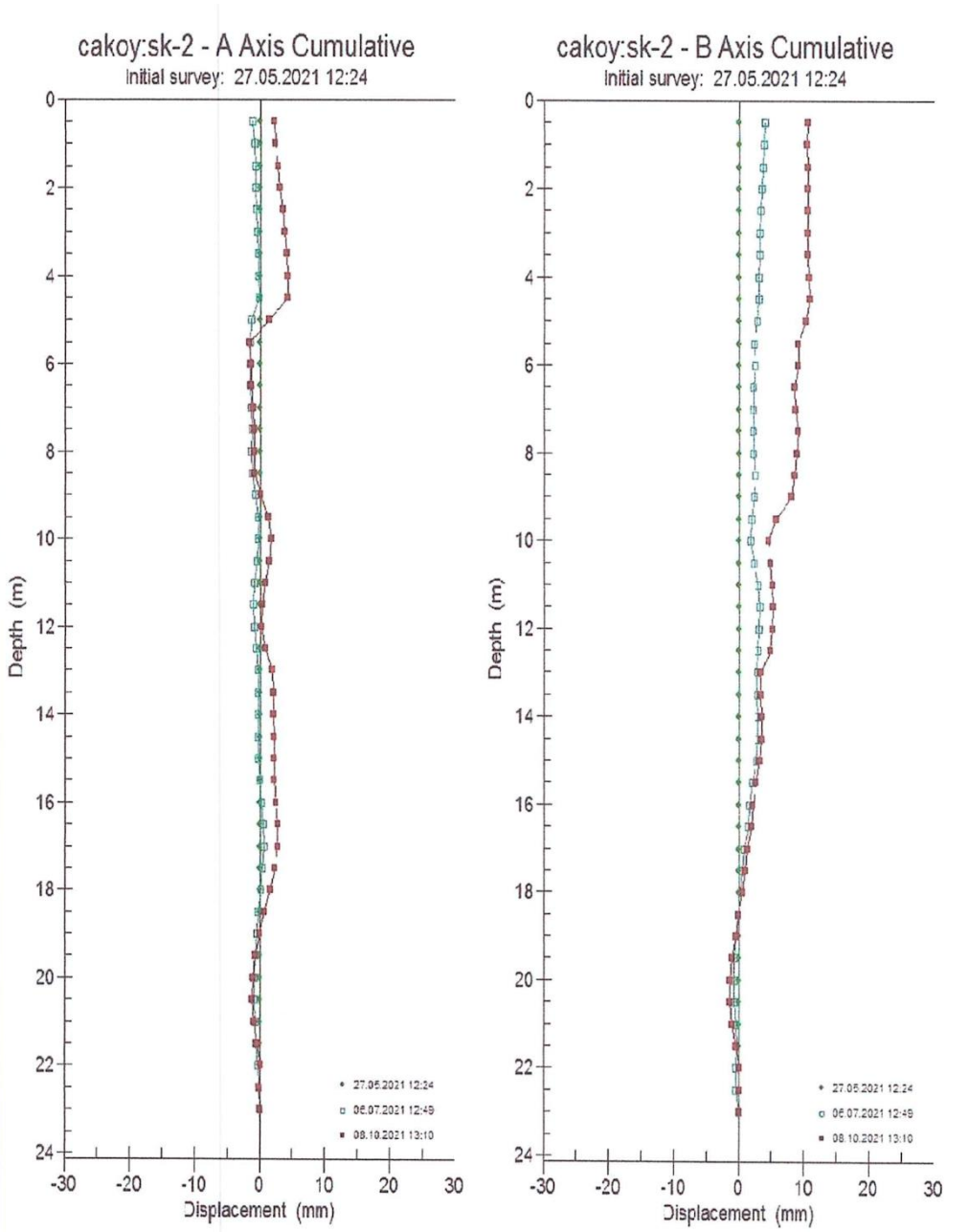
Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-1
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Incremental Deflection Data in B Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 11:56:12 (mm)	06.07.2021 12:22:34 (mm)	08.10.2021 12:18:23 (mm)
0.5	0.00	0.30	0.90
1.0	0.00	0.13	0.82
1.5	0.00	-0.30	-0.42
2.0	0.00	-0.05	-0.04
2.5	0.00	0.23	0.31
3.0	0.00	-0.05	0.02
3.5	0.00	0.01	0.49
4.0	0.00	0.12	0.45
4.5	0.00	-0.12	-0.14
5.0	0.00	-0.06	-0.06
5.5	0.00	0.39	0.65
6.0	0.00	0.70	8.61
6.5	0.00	-0.03	0.10
7.0	0.00	-0.15	-0.18
7.5	0.00	0.19	-0.15
8.0	0.00	0.16	0.12
8.5	0.00	0.15	-0.05
9.0	0.00	-0.11	-0.13
9.5	0.00	0.01	0.01
10.0	0.00	-0.26	-0.24
10.5	0.00	0.05	-0.26
11.0	0.00	0.00	0.08
11.5	0.00	-0.29	-0.35
12.0	0.00	0.17	0.09
12.5	0.00	0.07	0.26
13.0	0.00	0.31	0.23
13.5	0.00	0.26	0.05
14.0	0.00	-0.05	-0.20
14.5	0.00	-0.19	-0.26
15.0	0.00	0.20	-0.01
15.5	0.00	0.02	-0.02
16.0	0.00	0.20	0.40
16.5	0.00	-0.34	-0.45
17.0	0.00	-0.19	-0.50
17.5	0.00	-0.05	-0.37
18.0	0.00	0.02	-0.24
18.5	0.00	0.05	-0.06
19.0	0.00	0.08	-0.09
19.5	0.00	0.21	0.25
20.0	0.00	-0.05	-0.23
20.5	0.00	-0.08	-0.11
21.0	0.00	-0.22	-0.22
21.5	0.00	-0.20	-0.65
22.0	0.00	0.27	0.10
22.5	0.00	0.58	0.67
23.0	0.00	0.13	0.17
23.5	0.00	0.24	-0.28
24.0	0.00	0.18	0.24
24.5	0.00	-0.18	-0.60
25.0	0.00	0.03	-0.15
25.5	0.00	-0.06	0.06
26.0	0.00	-0.01	-0.12
26.5	0.00	0.05	-0.01
27.0	0.00	0.07	0.06
27.5	0.00	0.00	0.00

Ek 3'ün devamı



PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-2
COMPANY:
CLIENT:

NOTE:

Page 1

Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-2
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Cumulative Deflection Data in A Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 12:24:00 (mm)	06.07.2021 12:49:26 (mm)	08.10.2021 13:10:01 (mm)
0.5	0.00	-1.08	2.32
1.0	0.00	-0.88	2.48
1.5	0.00	-0.73	2.83
2.0	0.00	-0.63	3.16
2.5	0.00	-0.47	3.55
3.0	0.00	-0.34	3.89
3.5	0.00	-0.25	4.17
4.0	0.00	-0.16	4.34
4.5	0.00	-0.11	4.36
5.0	0.00	-1.32	1.56
5.5	0.00	-1.46	-1.53
6.0	0.00	-1.38	-1.30
6.5	0.00	-1.34	-1.23
7.0	0.00	-1.21	-0.96
7.5	0.00	-1.15	-0.86
8.0	0.00	-1.19	-0.85
8.5	0.00	-1.04	-0.74
9.0	0.00	-0.60	0.16
9.5	0.00	-0.26	1.46
10.0	0.00	-0.20	1.87
10.5	0.00	-0.44	1.49
11.0	0.00	-0.75	0.92
11.5	0.00	-0.89	0.47
12.0	0.00	-0.80	0.40
12.5	0.00	-0.52	1.02
13.0	0.00	-0.28	2.01
13.5	0.00	-0.21	2.08
14.0	0.00	-0.24	2.06
14.5	0.00	-0.17	2.23
15.0	0.00	-0.16	2.21
15.5	0.00	0.03	2.33
16.0	0.00	0.33	2.62
16.5	0.00	0.60	2.83
17.0	0.00	0.84	2.91
17.5	0.00	0.58	2.37
18.0	0.00	0.20	1.69
18.5	0.00	-0.25	0.84
19.0	0.00	-0.37	0.07
19.5	0.00	-0.63	-0.62
20.0	0.00	-0.77	-0.98
20.5	0.00	-0.75	-1.06
21.0	0.00	-0.65	-0.85
21.5	0.00	-0.50	-0.40
22.0	0.00	-0.23	0.19
22.5	0.00	-0.13	-0.02
23.0	0.00	0.00	0.00

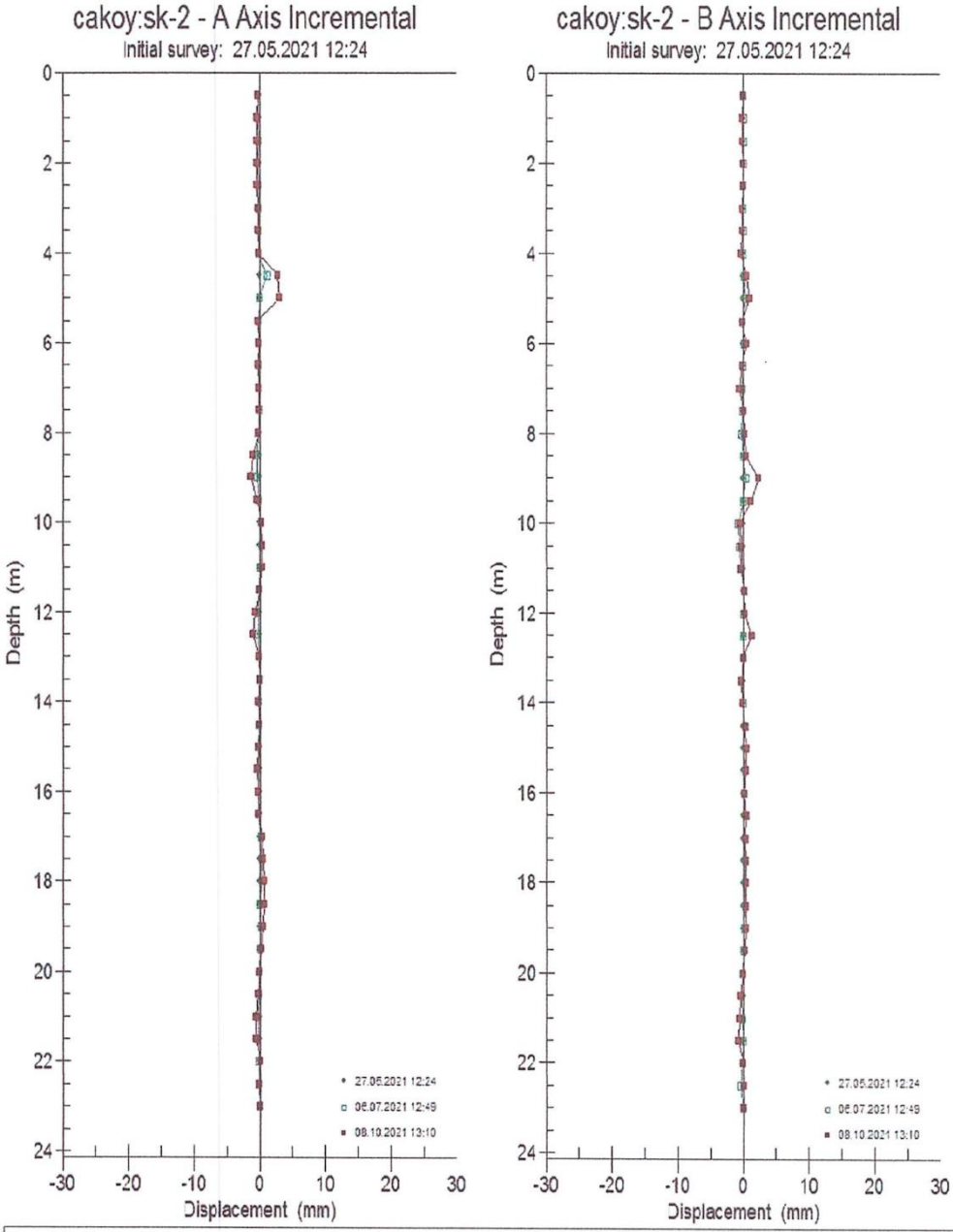
Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-2
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Cumulative Deflection Data in B Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 12:24:00 (mm)	06.07.2021 12:49:26 (mm)	08.10.2021 13:10:01 (mm)
0.5	0.00	4.04	10.67
1.0	0.00	3.97	10.57
1.5	0.00	3.76	10.68
2.0	0.00	3.60	10.69
2.5	0.00	3.42	10.66
3.0	0.00	3.33	10.65
3.5	0.00	3.32	10.66
4.0	0.00	3.12	10.78
4.5	0.00	3.12	11.01
5.0	0.00	2.89	10.33
5.5	0.00	2.40	9.19
6.0	0.00	2.51	9.23
6.5	0.00	2.29	8.61
7.0	0.00	2.29	8.71
7.5	0.00	2.29	9.22
8.0	0.00	2.35	8.97
8.5	0.00	2.55	8.66
9.0	0.00	2.50	8.13
9.5	0.00	1.95	5.74
10.0	0.00	1.82	4.56
10.5	0.00	2.49	4.98
11.0	0.00	2.97	5.16
11.5	0.00	3.38	5.42
12.0	0.00	3.19	5.19
12.5	0.00	3.06	4.86
13.0	0.00	2.91	3.49
13.5	0.00	2.88	3.44
14.0	0.00	3.07	3.59
14.5	0.00	3.03	3.67
15.0	0.00	2.67	3.29
15.5	0.00	2.17	2.72
16.0	0.00	1.74	2.23
16.5	0.00	1.55	1.97
17.0	0.00	1.01	1.43
17.5	0.00	0.66	1.11
18.0	0.00	0.33	0.64
18.5	0.00	-0.10	0.11
19.0	0.00	-0.41	-0.43
19.5	0.00	-0.63	-0.89
20.0	0.00	-0.70	-1.21
20.5	0.00	-0.59	-1.22
21.0	0.00	-0.42	-0.92
21.5	0.00	-0.27	-0.36
22.0	0.00	-0.33	0.28
22.5	0.00	-0.32	0.18
23.0	0.00	0.00	0.00

Ek 3'ün devamı



Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-2
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Incremental Deflection Data in A Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 12:24:00 (mm)	06.07.2021 12:49:26 (mm)	08.10.2021 13:10:01 (mm)
0.5	0.00	-0.20	-0.16
1.0	0.00	-0.15	-0.36
1.5	0.00	-0.10	-0.32
2.0	0.00	-0.16	-0.39
2.5	0.00	-0.13	-0.34
3.0	0.00	-0.09	-0.28
3.5	0.00	-0.09	-0.17
4.0	0.00	-0.06	-0.03
4.5	0.00	1.21	2.80
5.0	0.00	0.15	3.10
5.5	0.00	-0.08	-0.23
6.0	0.00	-0.04	-0.07
6.5	0.00	-0.14	-0.27
7.0	0.00	-0.06	-0.10
7.5	0.00	0.04	-0.01
8.0	0.00	-0.15	-0.11
8.5	0.00	-0.44	-0.91
9.0	0.00	-0.34	-1.30
9.5	0.00	-0.07	-0.41
10.0	0.00	0.25	0.39
10.5	0.00	0.31	0.57
11.0	0.00	0.14	0.45
11.5	0.00	-0.09	0.07
12.0	0.00	-0.29	-0.63
12.5	0.00	-0.24	-0.99
13.0	0.00	-0.07	-0.07
13.5	0.00	0.03	0.02
14.0	0.00	-0.06	-0.18
14.5	0.00	-0.01	0.02
15.0	0.00	-0.20	-0.13
15.5	0.00	-0.30	-0.29
16.0	0.00	-0.28	-0.21
16.5	0.00	-0.24	-0.08
17.0	0.00	0.26	0.54
17.5	0.00	0.38	0.68
18.0	0.00	0.45	0.84
18.5	0.00	0.13	0.77
19.0	0.00	0.26	0.69
19.5	0.00	0.14	0.36
20.0	0.00	-0.02	0.08
20.5	0.00	-0.10	-0.21
21.0	0.00	-0.15	-0.45
21.5	0.00	-0.28	-0.59
22.0	0.00	-0.10	0.20
22.5	0.00	-0.13	-0.02
23.0	0.00	0.00	0.00

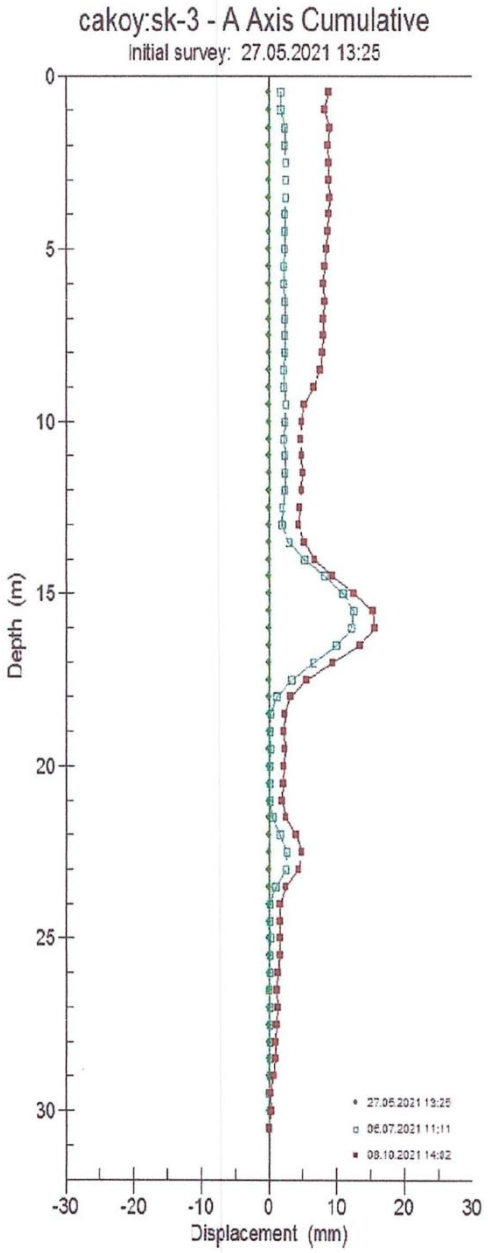
Ek 3'ün devamı

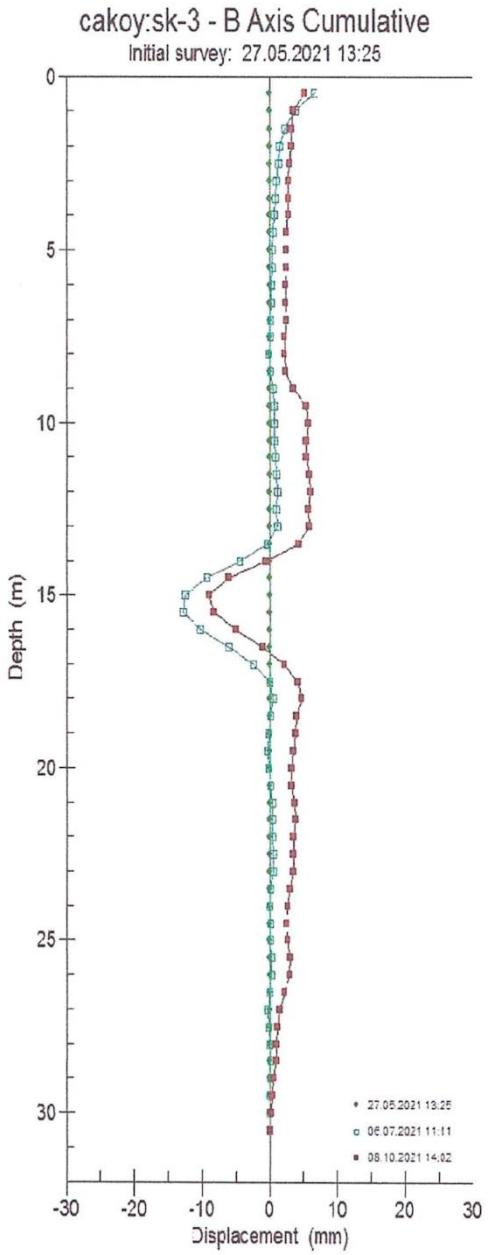
PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-2
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Incremental Deflection Data in B Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 12:24:00 (mm)	06.07.2021 12:49:26 (mm)	08.10.2021 13:10:01 (mm)
0.5	0.00	0.08	0.10
1.0	0.00	0.21	-0.11
1.5	0.00	0.15	-0.01
2.0	0.00	0.19	0.03
2.5	0.00	0.09	0.01
3.0	0.00	0.01	-0.01
3.5	0.00	0.20	-0.12
4.0	0.00	0.00	-0.23
4.5	0.00	0.23	0.68
5.0	0.00	0.48	1.15
5.5	0.00	-0.10	-0.05
6.0	0.00	0.22	0.62
6.5	0.00	0.01	-0.10
7.0	0.00	-0.01	-0.51
7.5	0.00	-0.06	0.25
8.0	0.00	-0.20	0.31
8.5	0.00	0.06	0.53
9.0	0.00	0.55	2.38
9.5	0.00	0.13	1.18
10.0	0.00	-0.67	-0.43
10.5	0.00	-0.49	-0.18
11.0	0.00	-0.41	-0.26
11.5	0.00	0.19	0.23
12.0	0.00	0.14	0.33
12.5	0.00	0.15	1.37
13.0	0.00	0.03	0.05
13.5	0.00	-0.19	-0.15
14.0	0.00	0.04	-0.08
14.5	0.00	0.36	0.38
15.0	0.00	0.50	0.57
15.5	0.00	0.43	0.49
16.0	0.00	0.19	0.26
16.5	0.00	0.54	0.53
17.0	0.00	0.35	0.33
17.5	0.00	0.33	0.46
18.0	0.00	0.43	0.53
18.5	0.00	0.31	0.54
19.0	0.00	0.23	0.47
19.5	0.00	0.07	0.32
20.0	0.00	-0.11	0.01
20.5	0.00	-0.17	-0.31
21.0	0.00	-0.15	-0.56
21.5	0.00	0.06	-0.64
22.0	0.00	-0.01	0.09
22.5	0.00	-0.32	0.18
23.0	0.00	0.00	0.00

Ek 3'ün devamı





PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-3
COMPANY:
CLIENT:

NOTE:

Page 1

Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-3
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Cumulative Deflection Data in A Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 13:25:08 (mm)	06.07.2021 11:11:34 (mm)	08.10.2021 14:02:49 (mm)
0.5	0.00	1.76	8.90
1.0	0.00	1.89	8.31
1.5	0.00	2.42	9.03
2.0	0.00	2.46	8.70
2.5	0.00	2.55	8.88
3.0	0.00	2.53	8.94
3.5	0.00	2.52	9.02
4.0	0.00	2.45	8.83
4.5	0.00	2.41	8.77
5.0	0.00	2.37	8.54
5.5	0.00	2.34	8.36
6.0	0.00	2.29	8.23
6.5	0.00	2.39	8.30
7.0	0.00	2.37	8.09
7.5	0.00	2.40	8.14
8.0	0.00	2.42	8.02
8.5	0.00	2.35	7.76
9.0	0.00	2.31	6.72
9.5	0.00	2.50	5.40
10.0	0.00	2.45	4.95
10.5	0.00	2.28	4.80
11.0	0.00	2.36	4.97
11.5	0.00	2.46	5.08
12.0	0.00	2.39	4.90
12.5	0.00	2.18	4.63
13.0	0.00	1.99	4.43
13.5	0.00	3.02	5.30
14.0	0.00	5.30	6.90
14.5	0.00	8.24	9.46
15.0	0.00	11.00	12.63
15.5	0.00	12.64	15.32
16.0	0.00	12.30	15.65
16.5	0.00	10.05	13.45
17.0	0.00	6.69	9.50
17.5	0.00	3.44	5.71
18.0	0.00	1.25	3.31
18.5	0.00	0.29	2.40
19.0	0.00	0.17	2.34
19.5	0.00	0.31	2.49
20.0	0.00	0.26	2.25
20.5	0.00	0.25	2.18
21.0	0.00	0.24	2.04
21.5	0.00	0.65	2.64
22.0	0.00	1.75	4.05
22.5	0.00	2.67	4.93
23.0	0.00	2.52	4.43
23.5	0.00	1.04	2.59
24.0	0.00	0.27	1.67
24.5	0.00	0.26	1.65
25.0	0.00	0.33	1.75
25.5	0.00	0.29	1.69
26.0	0.00	0.19	1.47
26.5	0.00	0.11	1.29
27.0	0.00	0.20	1.34
27.5	0.00	0.19	1.20
28.0	0.00	0.19	1.08

Ek 3’ün devamı

Depth (m)	27.05.2021 13:25:08 (mm)	06.07.2021 11:11:34 (mm)	08.10.2021 14:02:49 (mm)
28.5	0.00	0.24	1.08
29.0	0.00	0.15	0.81
29.5	0.00	0.05	0.43
30.0	0.00	0.17	0.45
30.5	0.00	0.00	0.00

Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-3
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

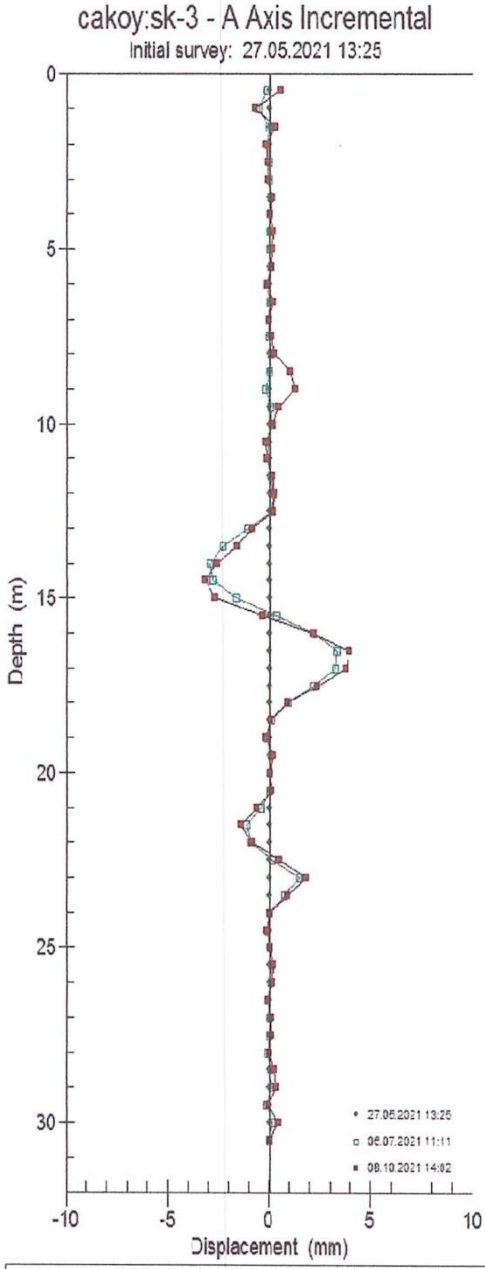
Cumulative Deflection Data in B Axis (mm):

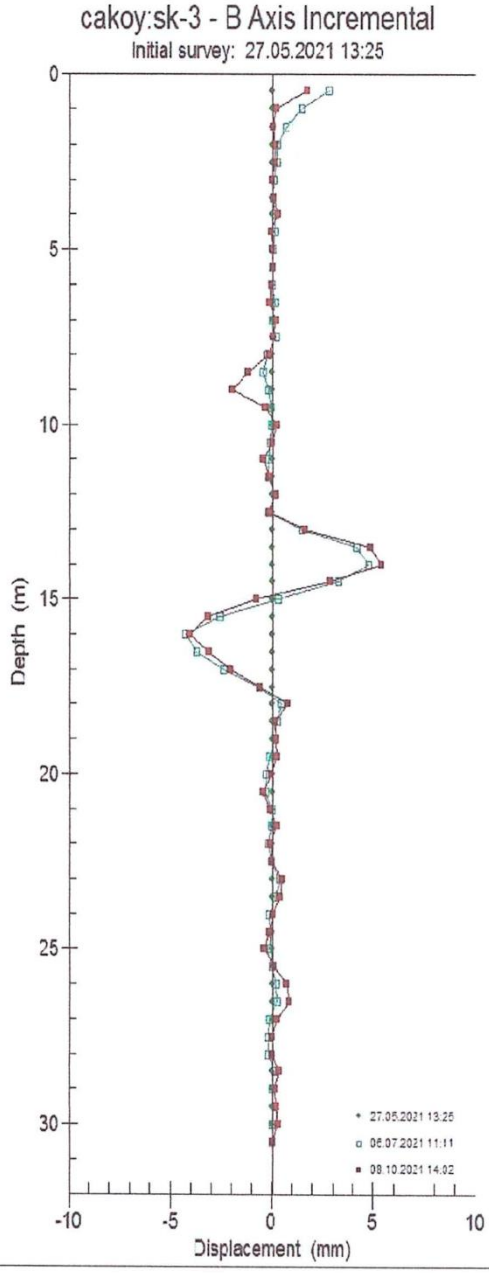
Depth (m)	27.05.2021 13:25:08 (mm)	06.07.2021 11:11:34 (mm)	08.10.2021 14:02:49 (mm)
0.5	0.00	6.66	5.27
1.0	0.00	3.84	3.55
1.5	0.00	2.35	3.31
2.0	0.00	1.62	3.26
2.5	0.00	1.34	3.08
3.0	0.00	1.07	2.91
3.5	0.00	0.93	2.90
4.0	0.00	0.86	2.80
4.5	0.00	0.68	2.50
5.0	0.00	0.53	2.51
5.5	0.00	0.47	2.50
6.0	0.00	0.44	2.44
6.5	0.00	0.41	2.46
7.0	0.00	0.23	2.57
7.5	0.00	0.22	2.35
8.0	0.00	0.00	2.29
8.5	0.00	0.20	2.40
9.0	0.00	0.62	3.57
9.5	0.00	0.79	5.53
10.0	0.00	0.82	5.83
10.5	0.00	0.85	5.57
11.0	0.00	0.92	5.55
11.5	0.00	1.11	5.96
12.0	0.00	1.30	6.07
12.5	0.00	1.12	5.87
13.0	0.00	1.30	5.98
13.5	0.00	-0.20	4.31
14.0	0.00	-4.38	-0.56
14.5	0.00	-9.16	-6.00
15.0	0.00	-12.44	-8.86
15.5	0.00	-12.75	-8.10
16.0	0.00	-10.17	-4.94
16.5	0.00	-5.95	-0.91
17.0	0.00	-2.26	2.22
17.5	0.00	0.10	4.25
18.0	0.00	0.71	4.82
18.5	0.00	0.26	4.01
19.0	0.00	-0.02	3.85
19.5	0.00	-0.21	3.61
20.0	0.00	-0.09	3.34
20.5	0.00	0.19	3.37
21.0	0.00	0.52	3.79
21.5	0.00	0.49	3.85
22.0	0.00	0.52	3.59
22.5	0.00	0.69	3.64
23.0	0.00	0.71	3.64
23.5	0.00	0.29	3.12
24.0	0.00	0.08	2.71
24.5	0.00	0.21	2.65
25.0	0.00	0.27	2.79
25.5	0.00	0.34	3.18
26.0	0.00	0.33	3.05
26.5	0.00	0.08	2.34
27.0	0.00	-0.21	1.48
27.5	0.00	-0.11	1.19
28.0	0.00	0.06	1.16

Ek 3'ün devamı

Depth (m)	27.05.2021 13:25:08 (mm)	06.07.2021 11:11:34 (mm)	08.10.2021 14:02:49 (mm)
28.5	0.00	0.26	1.13
29.0	0.00	0.16	0.73
29.5	0.00	0.14	0.57
30.0	0.00	0.03	0.34
30.5	0.00	0.00	0.00

Ek 3'ün devamı





PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-3
COMPANY:
CLIENT:

NOTE:

Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-3
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Incremental Deflection Data in A Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 13:25:08 (mm)	06.07.2021 11:11:34 (mm)	08.10.2021 14:02:49 (mm)
0.5	0.00	-0.13	0.59
1.0	0.00	-0.53	-0.72
1.5	0.00	-0.04	0.33
2.0	0.00	-0.09	-0.18
2.5	0.00	0.02	-0.06
3.0	0.00	0.01	-0.09
3.5	0.00	0.08	0.20
4.0	0.00	0.04	0.06
4.5	0.00	0.04	0.22
5.0	0.00	0.03	0.18
5.5	0.00	0.05	0.13
6.0	0.00	-0.10	-0.07
6.5	0.00	0.01	0.20
7.0	0.00	-0.03	-0.05
7.5	0.00	-0.02	0.12
8.0	0.00	0.08	0.26
8.5	0.00	0.04	1.05
9.0	0.00	-0.20	1.32
9.5	0.00	0.05	0.46
10.0	0.00	0.17	0.15
10.5	0.00	-0.07	-0.17
11.0	0.00	-0.10	-0.11
11.5	0.00	0.07	0.18
12.0	0.00	0.21	0.27
12.5	0.00	0.19	0.20
13.0	0.00	-1.03	-0.87
13.5	0.00	-2.29	-1.60
14.0	0.00	-2.94	-2.57
14.5	0.00	-2.75	-3.17
15.0	0.00	-1.65	-2.69
15.5	0.00	0.35	-0.33
16.0	0.00	2.25	2.20
16.5	0.00	3.36	3.95
17.0	0.00	3.26	3.80
17.5	0.00	2.19	2.40
18.0	0.00	0.95	0.91
18.5	0.00	0.13	0.06
19.0	0.00	-0.15	-0.15
19.5	0.00	0.05	0.23
20.0	0.00	0.01	0.07
20.5	0.00	0.01	0.14
21.0	0.00	-0.40	-0.60
21.5	0.00	-1.11	-1.41
22.0	0.00	-0.92	-0.88
22.5	0.00	0.15	0.50
23.0	0.00	1.49	1.84
23.5	0.00	0.76	0.92
24.0	0.00	0.01	0.02
24.5	0.00	-0.07	-0.11
25.0	0.00	0.04	0.07
25.5	0.00	0.10	0.22
26.0	0.00	0.08	0.18
26.5	0.00	-0.09	-0.05
27.0	0.00	0.01	0.15
27.5	0.00	0.00	0.11
28.0	0.00	-0.05	0.00

Ek 3'ün devamı

Depth (m)	27.05.2021 13:25:08 (mm)	06.07.2021 11:11:34 (mm)	08.10.2021 14:02:49 (mm)
28.5	0.00	0.09	0.28
29.0	0.00	0.11	0.38
29.5	0.00	-0.13	-0.02
30.0	0.00	0.17	0.45
30.5	0.00	0.00	0.00

Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-3
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

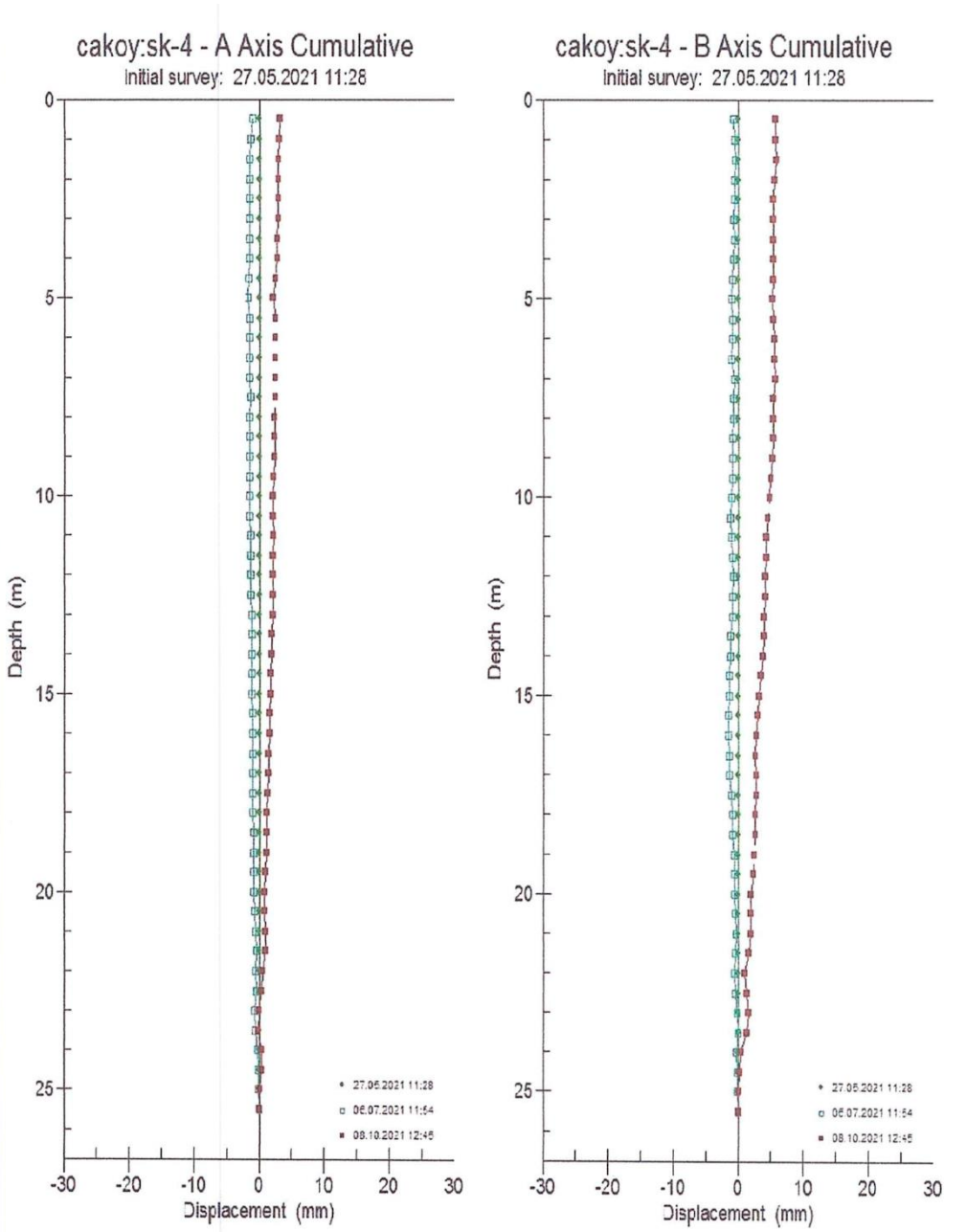
Incremental Deflection Data in B Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 13:25:08 (mm)	06.07.2021 11:11:34 (mm)	08.10.2021 14:02:49 (mm)
0.5	0.00	2.82	1.72
1.0	0.00	1.49	0.24
1.5	0.00	0.74	0.05
2.0	0.00	0.28	0.19
2.5	0.00	0.28	0.17
3.0	0.00	0.14	0.00
3.5	0.00	0.07	0.11
4.0	0.00	0.18	0.30
4.5	0.00	0.15	-0.01
5.0	0.00	0.06	0.01
5.5	0.00	0.04	0.07
6.0	0.00	0.02	-0.02
6.5	0.00	0.18	-0.11
7.0	0.00	0.01	0.22
7.5	0.00	0.23	0.06
8.0	0.00	-0.20	-0.11
8.5	0.00	-0.42	-1.17
9.0	0.00	-0.17	-1.96
9.5	0.00	-0.03	-0.30
10.0	0.00	-0.03	0.26
10.5	0.00	-0.07	0.03
11.0	0.00	-0.19	-0.41
11.5	0.00	-0.19	-0.11
12.0	0.00	0.18	0.20
12.5	0.00	-0.18	-0.11
13.0	0.00	1.50	1.67
13.5	0.00	4.18	4.87
14.0	0.00	4.79	5.44
14.5	0.00	3.28	2.87
15.0	0.00	0.31	-0.76
15.5	0.00	-2.58	-3.16
16.0	0.00	-4.22	-4.04
16.5	0.00	-3.69	-3.13
17.0	0.00	-2.36	-2.03
17.5	0.00	-0.62	-0.57
18.0	0.00	0.45	0.81
18.5	0.00	0.27	0.16
19.0	0.00	0.19	0.24
19.5	0.00	-0.11	0.26
20.0	0.00	-0.28	-0.03
20.5	0.00	-0.33	-0.42
21.0	0.00	0.03	-0.06
21.5	0.00	-0.03	0.26
22.0	0.00	-0.17	-0.05
22.5	0.00	-0.02	0.00
23.0	0.00	0.42	0.53
23.5	0.00	0.21	0.41
24.0	0.00	-0.13	0.06
24.5	0.00	-0.06	-0.15
25.0	0.00	-0.08	-0.39
25.5	0.00	0.02	0.14
26.0	0.00	0.25	0.71
26.5	0.00	0.29	0.85
27.0	0.00	-0.10	0.29
27.5	0.00	-0.17	0.03
28.0	0.00	-0.19	0.04

Ek 3'ün devamı

Depth (m)	27.05.2021 13:25:08 (mm)	06.07.2021 11:11:34 (mm)	08.10.2021 14:02:49 (mm)
28.5	0.00	0.10	0.39
29.0	0.00	0.02	0.17
29.5	0.00	0.11	0.23
30.0	0.00	0.03	0.34
30.5	0.00	0.00	0.00

Ek 3'ün devamı



PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-4
COMPANY:
CLIENT:

NOTE:

Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-4
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Cumulative Deflection Data in A Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 11:28:43 (mm)	06.07.2021 11:54:33 (mm)	08.10.2021 12:45:40 (mm)
0.5	0.00	-1.03	3.31
1.0	0.00	-1.25	3.11
1.5	0.00	-1.47	2.98
2.0	0.00	-1.45	2.99
2.5	0.00	-1.42	3.00
3.0	0.00	-1.42	2.99
3.5	0.00	-1.43	2.92
4.0	0.00	-1.41	2.89
4.5	0.00	-1.55	2.50
5.0	0.00	-1.63	2.20
5.5	0.00	-1.44	2.56
6.0	0.00	-1.42	2.63
6.5	0.00	-1.40	2.56
7.0	0.00	-1.41	2.51
7.5	0.00	-1.30	2.53
8.0	0.00	-1.34	2.43
8.5	0.00	-1.33	2.39
9.0	0.00	-1.33	2.38
9.5	0.00	-1.38	2.22
10.0	0.00	-1.35	2.13
10.5	0.00	-1.34	2.10
11.0	0.00	-1.24	2.28
11.5	0.00	-1.26	2.20
12.0	0.00	-1.24	2.16
12.5	0.00	-1.22	2.10
13.0	0.00	-1.16	2.07
13.5	0.00	-1.12	2.04
14.0	0.00	-1.13	1.91
14.5	0.00	-1.11	1.85
15.0	0.00	-1.06	1.81
15.5	0.00	-1.02	1.71
16.0	0.00	-0.99	1.64
16.5	0.00	-0.94	1.57
17.0	0.00	-0.94	1.55
17.5	0.00	-0.96	1.42
18.0	0.00	-0.93	1.29
18.5	0.00	-0.81	1.29
19.0	0.00	-0.82	1.20
19.5	0.00	-0.82	1.04
20.0	0.00	-0.78	0.97
20.5	0.00	-0.69	0.94
21.0	0.00	-0.55	1.09
21.5	0.00	-0.43	1.09
22.0	0.00	-0.49	0.68
22.5	0.00	-0.38	0.58
23.0	0.00	-0.61	0.07
23.5	0.00	-0.57	-0.02
24.0	0.00	-0.18	0.47
24.5	0.00	-0.07	0.47
25.0	0.00	-0.05	0.18
25.5	0.00	0.00	0.00

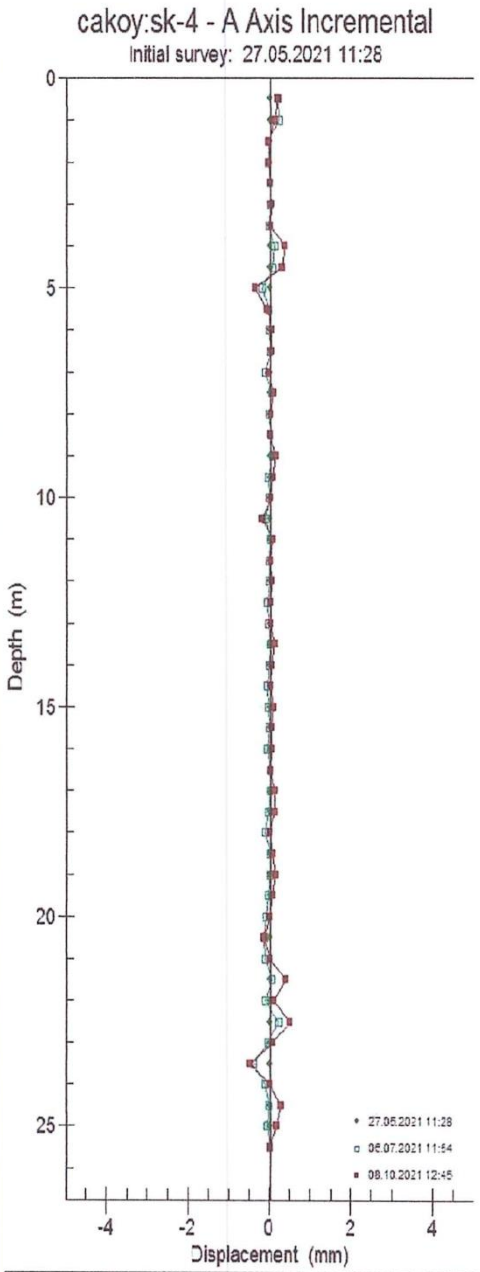
Ek 3'ün devamı

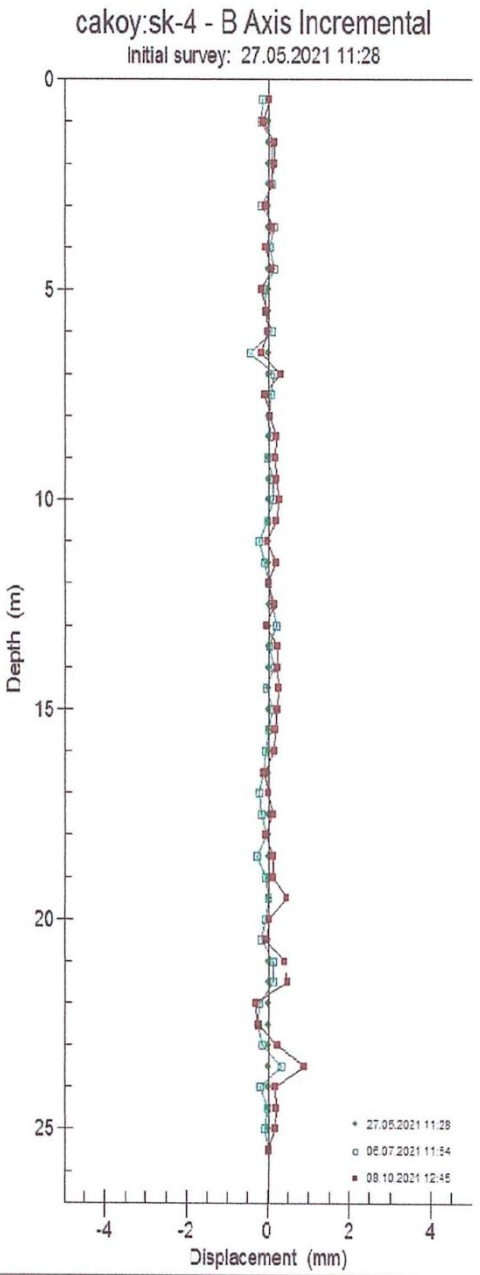
PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-4
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Cumulative Deflection Data in B Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 11:28:43 (mm)	06.07.2021 11:54:33 (mm)	08.10.2021 12:45:40 (mm)
0.5	0.00	-0.63	5.81
1.0	0.00	-0.50	5.78
1.5	0.00	-0.33	5.90
2.0	0.00	-0.45	5.73
2.5	0.00	-0.56	5.57
3.0	0.00	-0.67	5.49
3.5	0.00	-0.51	5.56
4.0	0.00	-0.67	5.45
4.5	0.00	-0.74	5.51
5.0	0.00	-0.90	5.41
5.5	0.00	-0.84	5.58
6.0	0.00	-0.79	5.61
6.5	0.00	-0.90	5.62
7.0	0.00	-0.47	5.78
7.5	0.00	-0.62	5.47
8.0	0.00	-0.70	5.55
8.5	0.00	-0.74	5.50
9.0	0.00	-0.79	5.30
9.5	0.00	-0.77	5.11
10.0	0.00	-0.90	4.89
10.5	0.00	-1.04	4.62
11.0	0.00	-1.03	4.40
11.5	0.00	-0.80	4.41
12.0	0.00	-0.73	4.20
12.5	0.00	-0.74	4.18
13.0	0.00	-0.85	4.03
13.5	0.00	-1.06	4.07
14.0	0.00	-1.09	3.84
14.5	0.00	-1.24	3.61
15.0	0.00	-1.22	3.34
15.5	0.00	-1.34	3.12
16.0	0.00	-1.36	2.93
16.5	0.00	-1.29	2.76
17.0	0.00	-1.18	2.84
17.5	0.00	-0.98	2.84
18.0	0.00	-0.82	2.71
18.5	0.00	-0.78	2.76
19.0	0.00	-0.53	2.62
19.5	0.00	-0.47	2.49
20.0	0.00	-0.48	2.04
20.5	0.00	-0.41	2.00
21.0	0.00	-0.25	2.04
21.5	0.00	-0.39	1.63
22.0	0.00	-0.52	1.16
22.5	0.00	-0.32	1.45
23.0	0.00	-0.09	1.68
23.5	0.00	0.06	1.44
24.0	0.00	-0.27	0.55
24.5	0.00	-0.09	0.38
25.0	0.00	-0.07	0.18
25.5	0.00	0.00	0.00

Ek 3'ün devamı





PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-4
COMPANY:
CLIENT:

NOTE:

Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-4
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Incremental Deflection Data in A Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 11:28:43 (mm)	06.07.2021 11:54:33 (mm)	08.10.2021 12:45:40 (mm)
0.5	0.00	0.22	0.21
1.0	0.00	0.22	0.13
1.5	0.00	-0.03	-0.01
2.0	0.00	-0.02	-0.01
2.5	0.00	0.00	0.01
3.0	0.00	0.01	0.07
3.5	0.00	-0.02	0.03
4.0	0.00	0.14	0.38
4.5	0.00	0.07	0.30
5.0	0.00	-0.19	-0.36
5.5	0.00	-0.02	-0.07
6.0	0.00	-0.01	0.07
6.5	0.00	0.01	0.05
7.0	0.00	-0.11	-0.02
7.5	0.00	0.05	0.10
8.0	0.00	-0.01	0.05
8.5	0.00	0.00	0.01
9.0	0.00	0.05	0.16
9.5	0.00	-0.02	0.09
10.0	0.00	-0.02	0.03
10.5	0.00	-0.10	-0.18
11.0	0.00	0.02	0.08
11.5	0.00	-0.02	0.03
12.0	0.00	-0.02	0.06
12.5	0.00	-0.06	0.03
13.0	0.00	-0.05	0.02
13.5	0.00	0.01	0.13
14.0	0.00	-0.02	0.06
14.5	0.00	-0.06	0.05
15.0	0.00	-0.04	0.10
15.5	0.00	-0.02	0.06
16.0	0.00	-0.05	0.07
16.5	0.00	0.00	0.02
17.0	0.00	0.02	0.13
17.5	0.00	-0.03	0.13
18.0	0.00	-0.12	0.00
18.5	0.00	0.02	0.09
19.0	0.00	0.00	0.16
19.5	0.00	-0.04	0.07
20.0	0.00	-0.10	0.02
20.5	0.00	-0.14	-0.15
21.0	0.00	-0.12	0.00
21.5	0.00	0.05	0.41
22.0	0.00	-0.11	0.10
22.5	0.00	0.24	0.51
23.0	0.00	-0.05	0.09
23.5	0.00	-0.39	-0.49
24.0	0.00	-0.11	0.01
24.5	0.00	-0.02	0.29
25.0	0.00	-0.05	0.18
25.5	0.00	0.00	0.00

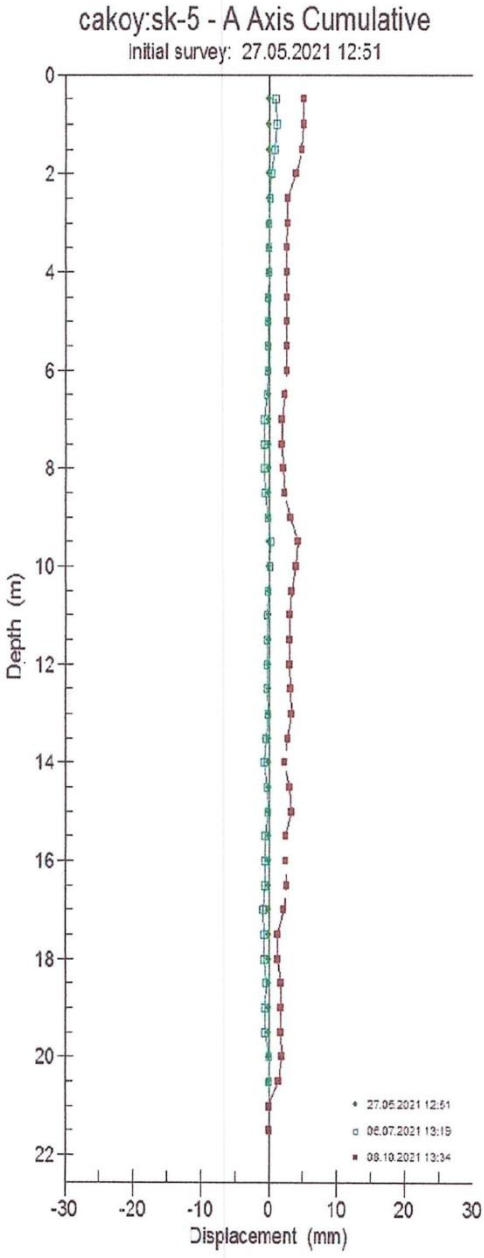
Ek 3'ün devamı

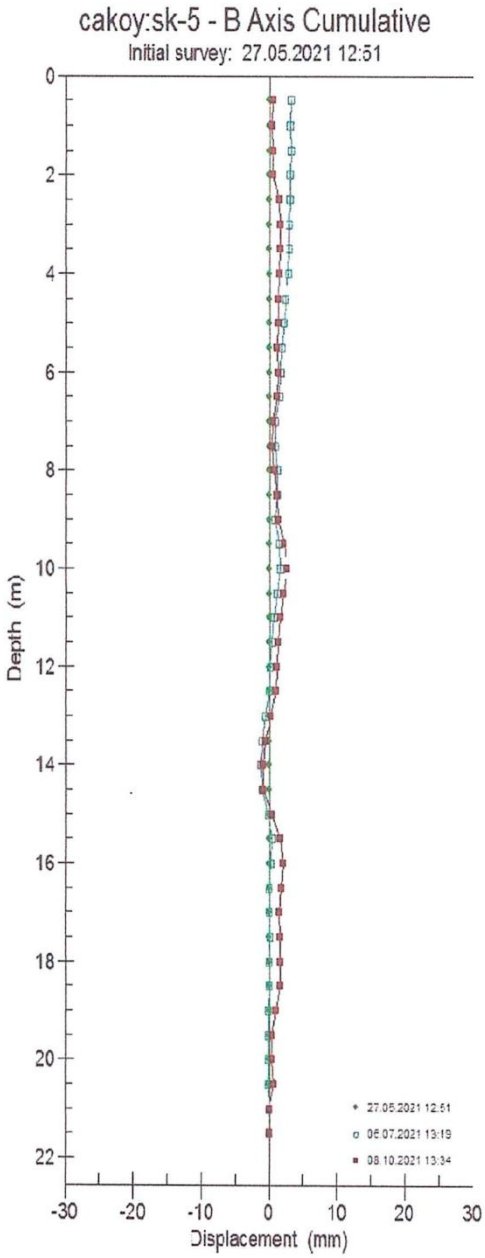
PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-4
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Incremental Deflection Data in B Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 11:28:43 (mm)	06.07.2021 11:54:33 (mm)	08.10.2021 12:45:40 (mm)
0.5	0.00	-0.14	0.03
1.0	0.00	-0.17	-0.12
1.5	0.00	0.12	0.17
2.0	0.00	0.11	0.16
2.5	0.00	0.11	0.08
3.0	0.00	-0.17	-0.06
3.5	0.00	0.17	0.11
4.0	0.00	0.07	-0.06
4.5	0.00	0.17	0.10
5.0	0.00	-0.06	-0.17
5.5	0.00	-0.05	-0.03
6.0	0.00	0.12	-0.01
6.5	0.00	-0.43	-0.16
7.0	0.00	0.15	0.30
7.5	0.00	0.09	-0.08
8.0	0.00	0.04	0.06
8.5	0.00	0.06	0.20
9.0	0.00	-0.02	0.19
9.5	0.00	0.13	0.22
10.0	0.00	0.14	0.27
10.5	0.00	-0.01	0.21
11.0	0.00	-0.22	0.00
11.5	0.00	-0.08	0.21
12.0	0.00	0.01	0.01
12.5	0.00	0.11	0.15
13.0	0.00	0.21	-0.04
13.5	0.00	0.03	0.23
14.0	0.00	0.15	0.23
14.5	0.00	-0.02	0.27
15.0	0.00	0.13	0.22
15.5	0.00	0.02	0.19
16.0	0.00	-0.07	0.17
16.5	0.00	-0.11	-0.07
17.0	0.00	-0.20	0.00
17.5	0.00	-0.16	0.13
18.0	0.00	-0.03	-0.05
18.5	0.00	-0.26	0.14
19.0	0.00	-0.06	0.13
19.5	0.00	0.01	0.45
20.0	0.00	-0.07	0.04
20.5	0.00	-0.16	-0.04
21.0	0.00	0.14	0.40
21.5	0.00	0.13	0.48
22.0	0.00	-0.20	-0.30
22.5	0.00	-0.24	-0.23
23.0	0.00	-0.15	0.24
23.5	0.00	0.33	0.89
24.0	0.00	-0.18	0.17
24.5	0.00	-0.01	0.20
25.0	0.00	-0.07	0.18
25.5	0.00	0.00	0.00

Ek 3'ün devamı





PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-5
COMPANY:
CLIENT:

NOTE:

Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-5
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Cumulative Deflection Data in A Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 12:51:14 (mm)	06.07.2021 13:19:58 (mm)	08.10.2021 13:34:48 (mm)
0.5	0.00	1.16	5.20
1.0	0.00	1.19	5.22
1.5	0.00	0.91	4.98
2.0	0.00	0.48	4.04
2.5	0.00	0.21	2.90
3.0	0.00	0.11	2.83
3.5	0.00	0.04	2.73
4.0	0.00	0.01	2.72
4.5	0.00	-0.02	2.71
5.0	0.00	-0.05	2.69
5.5	0.00	-0.06	2.66
6.0	0.00	-0.05	2.67
6.5	0.00	-0.26	2.43
7.0	0.00	-0.65	2.04
7.5	0.00	-0.71	1.95
8.0	0.00	-0.62	2.06
8.5	0.00	-0.48	2.44
9.0	0.00	-0.07	3.38
9.5	0.00	0.41	4.40
10.0	0.00	0.24	4.01
10.5	0.00	-0.02	3.41
11.0	0.00	-0.19	3.19
11.5	0.00	-0.21	3.23
12.0	0.00	-0.23	3.22
12.5	0.00	-0.18	3.24
13.0	0.00	-0.04	3.41
13.5	0.00	-0.41	2.83
14.0	0.00	-0.64	2.47
14.5	0.00	-0.27	3.22
15.0	0.00	-0.11	3.47
15.5	0.00	-0.59	2.56
16.0	0.00	-0.48	2.57
16.5	0.00	-0.47	2.73
17.0	0.00	-0.79	2.33
17.5	0.00	-0.59	1.41
18.0	0.00	-0.62	1.34
18.5	0.00	-0.43	1.88
19.0	0.00	-0.49	1.81
19.5	0.00	-0.50	1.81
20.0	0.00	0.12	2.03
20.5	0.00	0.02	1.59
21.0	0.00	0.03	0.03
21.5	0.00	0.00	0.00

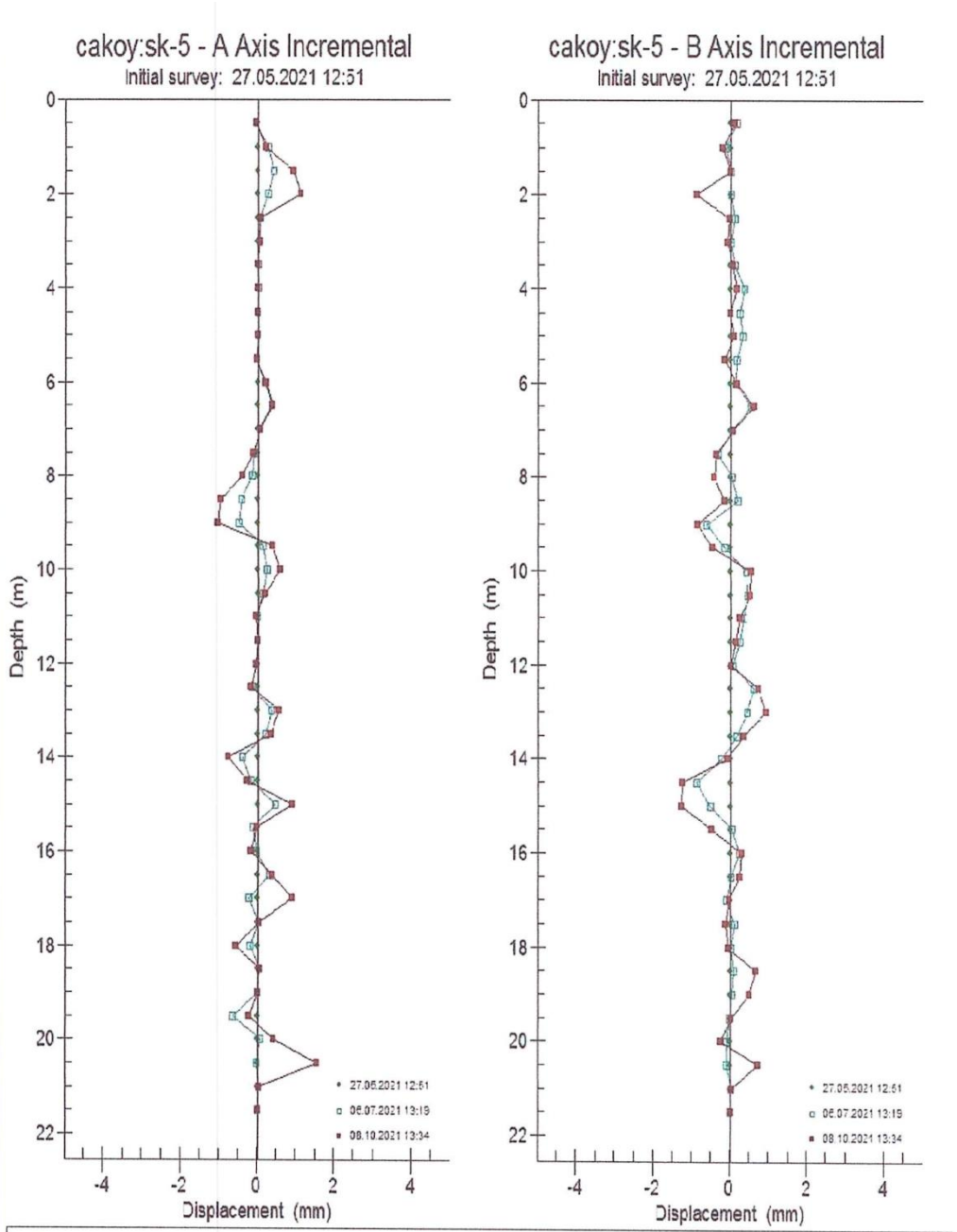
Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-5
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Cumulative Deflection Data in B Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 12:51:14 (mm)	06.07.2021 13:19:58 (mm)	08.10.2021 13:34:48 (mm)
0.5	0.00	3.34	0.68
1.0	0.00	3.14	0.55
1.5	0.00	3.25	0.74
2.0	0.00	3.21	0.74
2.5	0.00	3.17	1.61
3.0	0.00	3.04	1.62
3.5	0.00	3.00	1.67
4.0	0.00	2.88	1.58
4.5	0.00	2.49	1.41
5.0	0.00	2.24	1.39
5.5	0.00	1.90	1.27
6.0	0.00	1.72	1.41
6.5	0.00	1.57	1.23
7.0	0.00	1.01	0.60
7.5	0.00	0.94	0.52
8.0	0.00	1.24	0.86
8.5	0.00	1.18	1.27
9.0	0.00	0.97	1.41
9.5	0.00	1.58	2.26
10.0	0.00	1.71	2.70
10.5	0.00	1.29	2.15
11.0	0.00	0.83	1.62
11.5	0.00	0.47	1.36
12.0	0.00	0.21	1.20
12.5	0.00	0.13	1.16
13.0	0.00	-0.50	0.41
13.5	0.00	-0.96	-0.53
14.0	0.00	-1.15	-0.87
14.5	0.00	-0.93	-0.81
15.0	0.00	-0.05	0.44
15.5	0.00	0.46	1.70
16.0	0.00	0.40	2.18
16.5	0.00	0.14	1.87
17.0	0.00	0.11	1.62
17.5	0.00	0.19	1.62
18.0	0.00	0.06	1.74
18.5	0.00	0.02	1.76
19.0	0.00	-0.08	1.08
19.5	0.00	-0.15	0.58
20.0	0.00	-0.14	0.54
20.5	0.00	-0.04	0.77
21.0	0.00	0.04	0.05
21.5	0.00	0.00	0.00

Ek 3'ün devamı



PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-5
COMPANY:
CLIENT:

NOTE:

Page 4

Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-5
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Incremental Deflection Data in A Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 12:51:14 (mm)	06.07.2021 13:19:58 (mm)	08.10.2021 13:34:48 (mm)
0.5	0.00	-0.04	-0.02
1.0	0.00	0.28	0.25
1.5	0.00	0.44	0.94
2.0	0.00	0.27	1.14
2.5	0.00	0.10	0.08
3.0	0.00	0.07	0.09
3.5	0.00	0.03	0.01
4.0	0.00	0.03	0.02
4.5	0.00	0.02	0.02
5.0	0.00	0.02	0.03
5.5	0.00	-0.01	-0.01
6.0	0.00	0.21	0.23
6.5	0.00	0.39	0.39
7.0	0.00	0.06	0.09
7.5	0.00	-0.09	-0.11
8.0	0.00	-0.14	-0.38
8.5	0.00	-0.42	-0.94
9.0	0.00	-0.47	-1.03
9.5	0.00	0.17	0.39
10.0	0.00	0.26	0.60
10.5	0.00	0.17	0.22
11.0	0.00	0.02	-0.03
11.5	0.00	0.02	0.01
12.0	0.00	-0.05	-0.02
12.5	0.00	-0.15	-0.17
13.0	0.00	0.37	0.58
13.5	0.00	0.23	0.36
14.0	0.00	-0.37	-0.76
14.5	0.00	-0.16	-0.25
15.0	0.00	0.48	0.92
15.5	0.00	-0.11	-0.02
16.0	0.00	-0.01	-0.16
16.5	0.00	0.32	0.40
17.0	0.00	-0.20	0.92
17.5	0.00	0.03	0.07
18.0	0.00	-0.19	-0.54
18.5	0.00	0.06	0.06
19.0	0.00	0.01	0.00
19.5	0.00	-0.62	-0.22
20.0	0.00	0.09	0.44
20.5	0.00	0.00	1.56
21.0	0.00	0.03	0.03
21.5	0.00	0.00	0.00

Ek 3'ün devamı

PROJECT:
SITE: cakoy
INSTALLATION: sk-5
COMPANY:
CLIENT:
NOTE:

Incremental Deflection Data in B Axis (mm):

Depth (m)	27.05.2021 12:51:14 (mm)	06.07.2021 13:19:58 (mm)	08.10.2021 13:34:48 (mm)
0.5	0.00	0.20	0.13
1.0	0.00	-0.11	-0.18
1.5	0.00	0.04	0.00
2.0	0.00	0.04	-0.87
2.5	0.00	0.13	-0.02
3.0	0.00	0.04	-0.05
3.5	0.00	0.13	0.09
4.0	0.00	0.39	0.18
4.5	0.00	0.26	0.02
5.0	0.00	0.34	0.12
5.5	0.00	0.18	-0.14
6.0	0.00	0.15	0.18
6.5	0.00	0.56	0.63
7.0	0.00	0.07	0.08
7.5	0.00	-0.30	-0.35
8.0	0.00	0.07	-0.41
8.5	0.00	0.21	-0.14
9.0	0.00	-0.61	-0.85
9.5	0.00	-0.14	-0.45
10.0	0.00	0.43	0.56
10.5	0.00	0.45	0.52
11.0	0.00	0.37	0.27
11.5	0.00	0.26	0.16
12.0	0.00	0.08	0.04
12.5	0.00	0.63	0.75
13.0	0.00	0.46	0.94
13.5	0.00	0.18	0.34
14.0	0.00	-0.22	-0.07
14.5	0.00	-0.87	-1.25
15.0	0.00	-0.51	-1.26
15.5	0.00	0.06	-0.47
16.0	0.00	0.26	0.31
16.5	0.00	0.03	0.25
17.0	0.00	-0.09	-0.01
17.5	0.00	0.13	-0.11
18.0	0.00	0.05	-0.02
18.5	0.00	0.10	0.68
19.0	0.00	0.06	0.49
19.5	0.00	-0.01	0.04
20.0	0.00	-0.10	-0.23
20.5	0.00	-0.08	0.73
21.0	0.00	0.04	0.05
21.5	0.00	0.00	0.00

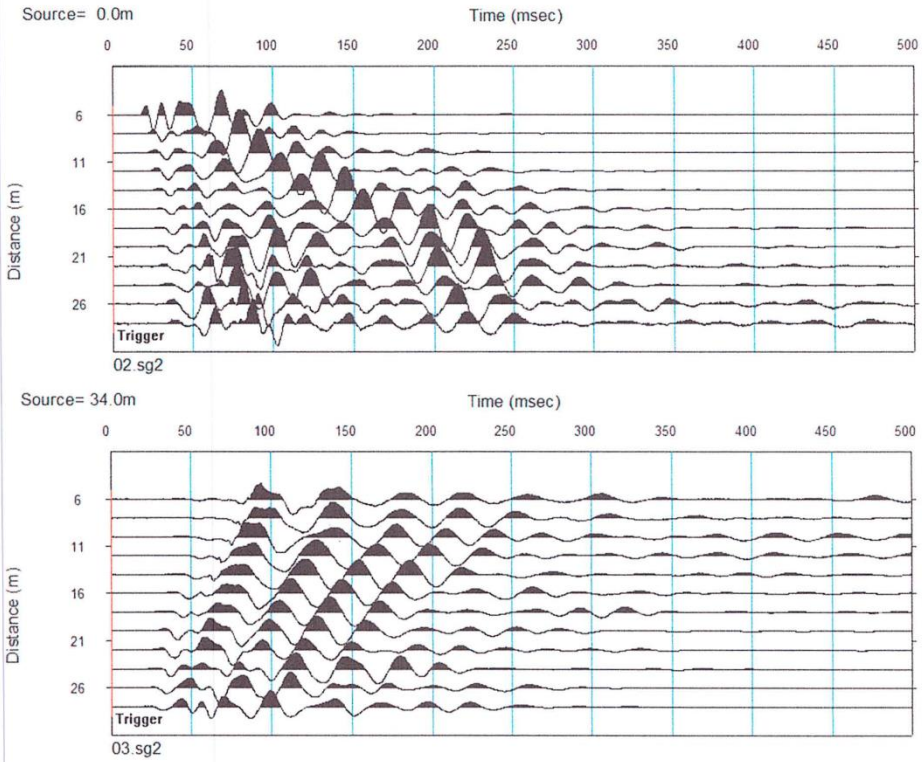
Ek 4. Jeofizik Verileri

KARADENİZ JEOFİZİK ETÜT MERKEZİ

HAT-1

EK.4.1.P DALGASI SİSMİK İZLER

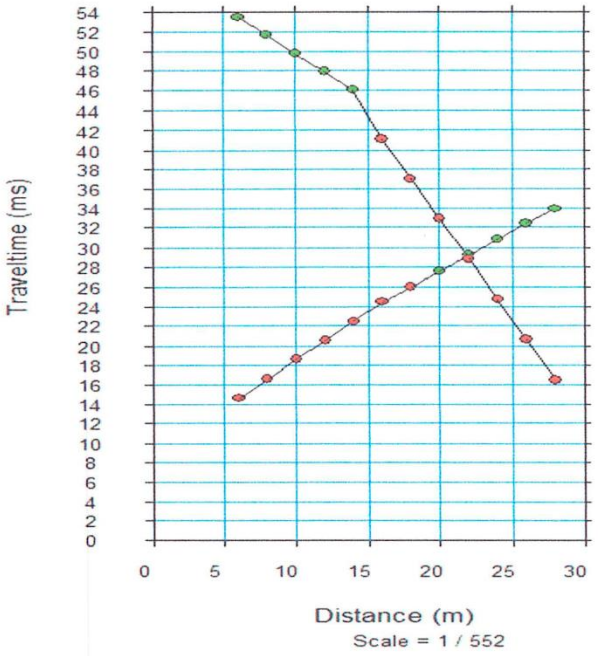
Sismik Kırılma MASW (4,5Hz) Düz Atış Kaydı



Sismik Kırılma-MASW (4,5Hz) Ters Atış Kaydı

Ek 4'ün devamı

KARADENİZ JEOFİZİK ETÜT MERKEZİ



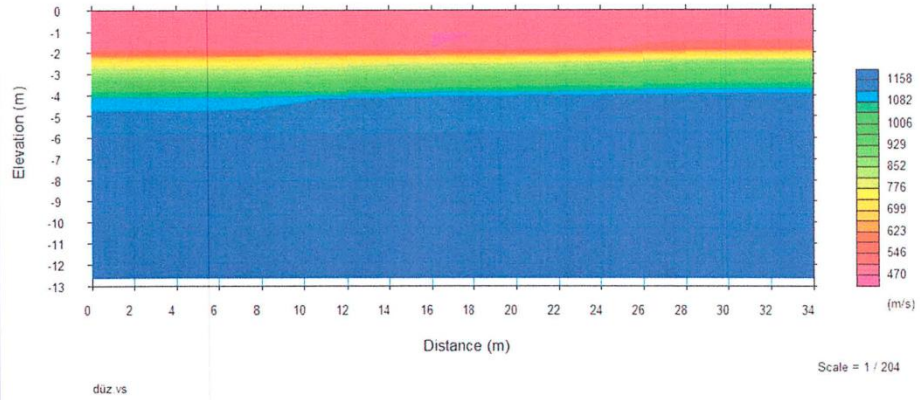
düz vs

Jeofon No	*Uzaklık (m)*	*Varış Zamanı (msn)*	
		V_P Düz	*V_P Ters*
1	6	14.61	53.47
2	8	16.59	51.61
3	10	18.56	49.76
4	12	20.54	47.90
5	14	22.51	46.04
6	16	24.49	41.11
7	18	25.99	37.01
8	20	27.59	32.91
9	22	29.18	28.81
10	24	30.78	24.71
11	26	32.37	20.61
12	28	33.97	16.51
Ofset (m)		**6**	**6**

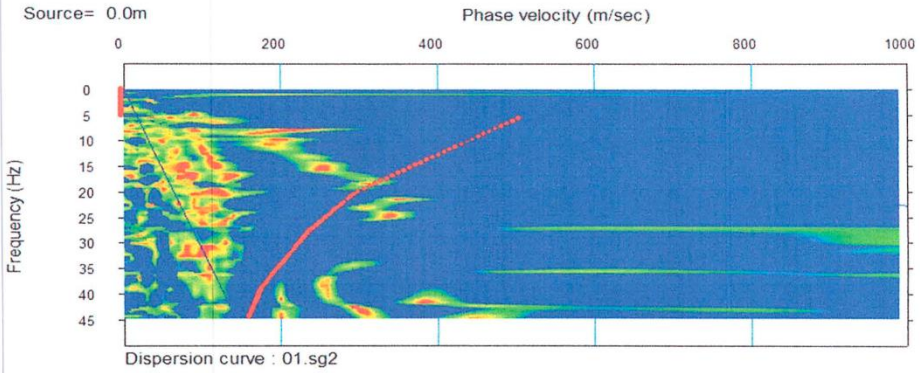
EK.4.2.1.Zaman-Uzaklık (t-x)Grafiği Ve İlk Varış Zamanları

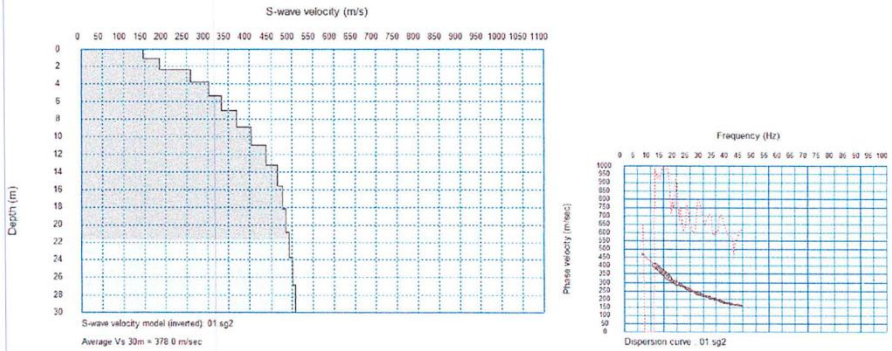
Ek 4'ün devamı

KARADENİZ JEOFİZİK ETÜT MERKEZİ



EK.4.2.2.YER ALTI TABAKASI MODELİ



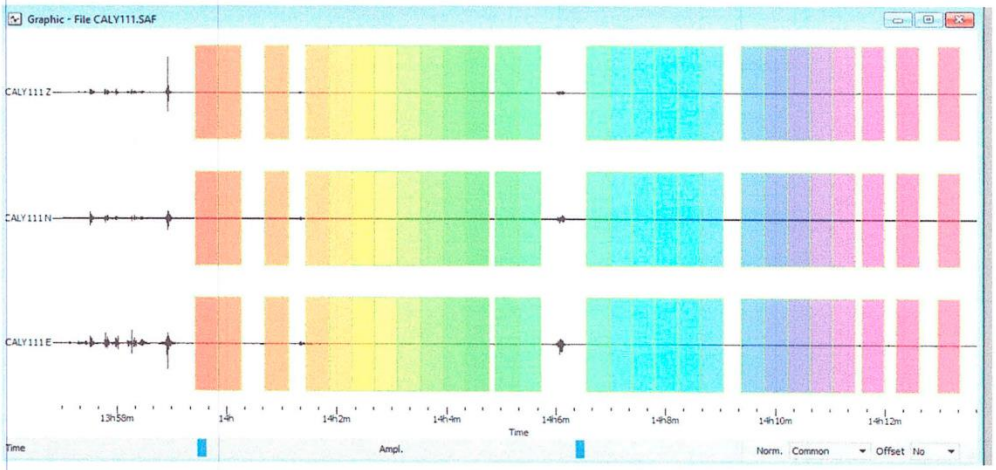


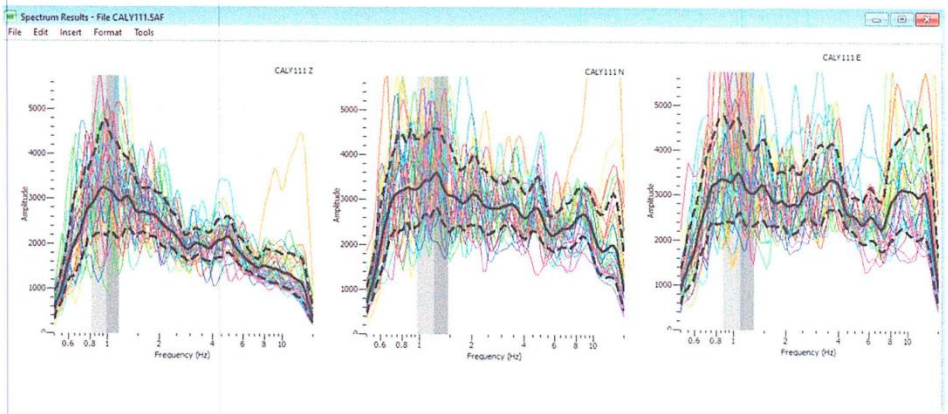
EK-4.3) DİSPERSİYON EĞRİSİ, S DALGASI MODELİ

Ek 4'ün devamı

KARADENİZ JEOFİZİK ETÜT MERKEZİ

EK-4.4) MİKROTREMÖR (M1) 3 BİLEŞENLİ PENCERELENMİŞ VERİ



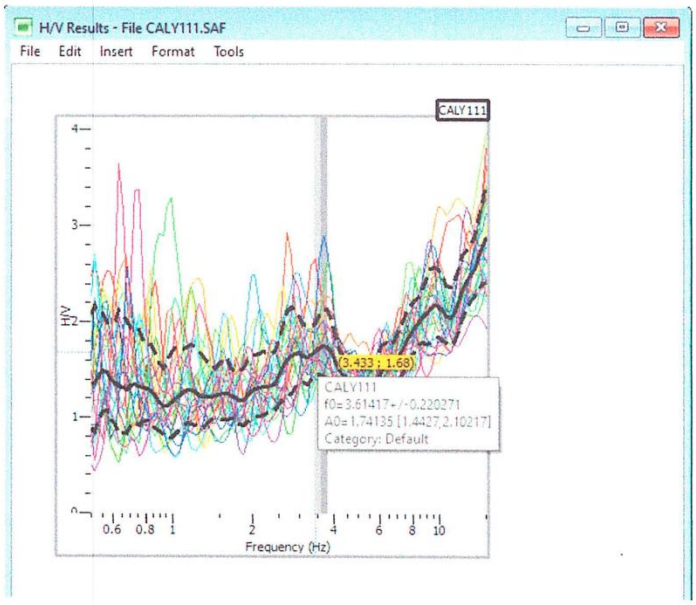


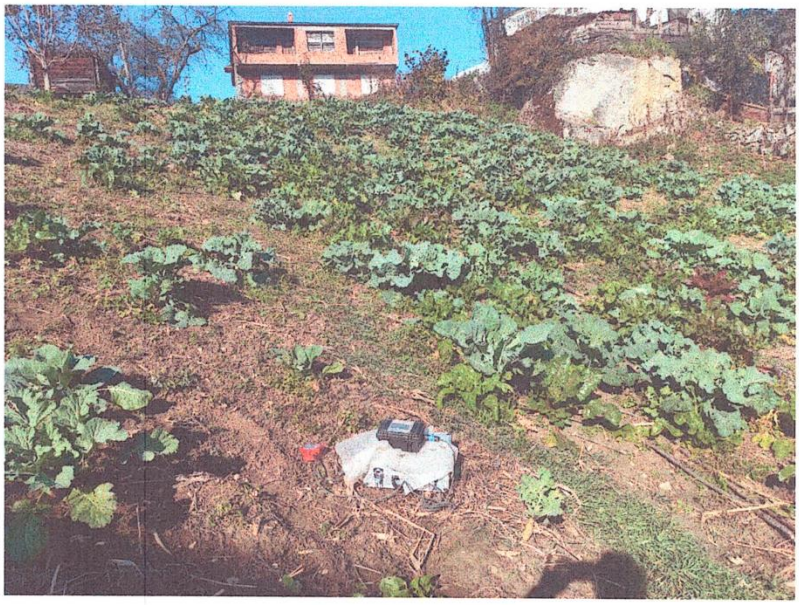
EK-4.5) MİKROTREMÖR (M1) PENCERELENMİŞ 3 BİLEŞENLİ VERİNİN GENLİK SPEKTRUMU

Ek 4'ün devamı

KARADENİZ JEOFİZİK ETÜT MERKEZİ

EK-4.6) H/V ZEMİN BÜYÜTME DEĞERLERİ





Ek 4'ün devamı

KARADENİZ JEOFİZİK ETÜT MERKEZİ

EK-4.7) ARAZİ FOTOĞRAFLARI

Ek 5. Laboratuvar Deney Sonuçları

KAYA MÜHENDİSLİK ZEMİN-YAPI MALZ.LABORATUVARI

DOKUMANIN ADI

ELEK ANALİZİ DENEY RAPORU (SIEVE ANALYSIS)

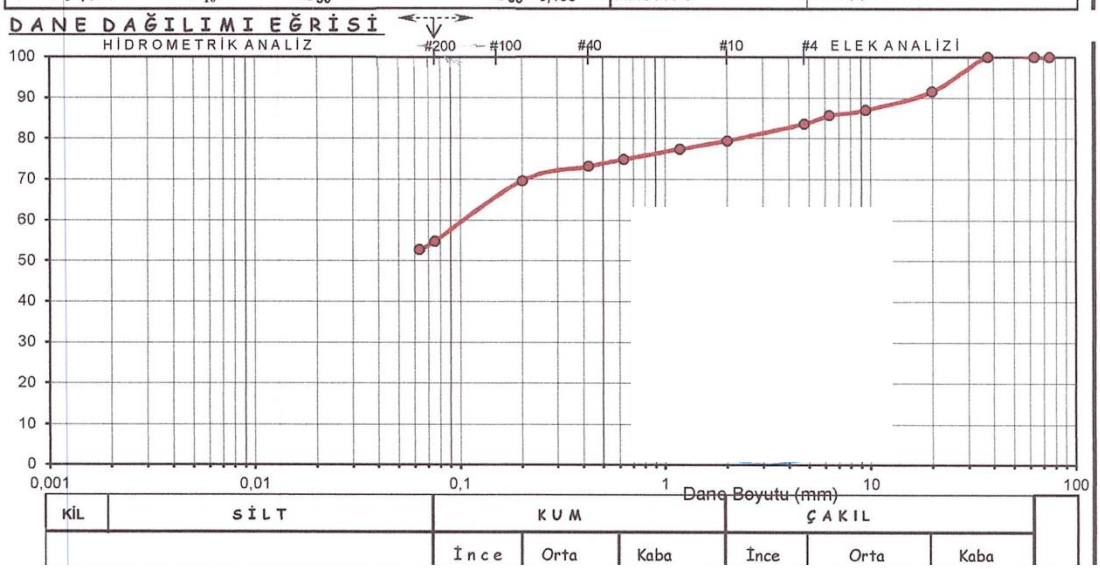
PROJE ADI	ÇAL HEYELAN				
Sondaj No.	SK-5	Toplam Numune Ağırlığı (g)	221,7	Rapor No / BRN :	Z 1176/2021-20119272
Numune No.	1	Eleme Yöntemi	Islak	Deney Tarihi :	23.10.2021
Derinlik (m)	2,00	Deney standartı	TS EN ISO 17892-4	Rapor Tarihi:	29.10.2021
				Laboratuvar No :	Z 2021/1176

ELEK ANALİZİ DENEY SONUÇLARI

Elek No.	Elek Delik Açıklığı (mm)	Her Elekte Kalan Ağırlık (g)	Kümülatif Elekte Kalan Ağırlık (g)	Her Elekte Kalan (%)	Kümülatif Elekte Kalan (%)	Toplam Elekten Geçen (%)
3 in	75,000	0,00	0,00	0,0	0,0	100,0
2,5 in	63,000	0,00	0,00	0,0	0,0	100,0
1 1/2 in	37,500	0,00	0,00	0,0	0,0	100,0
3/4 in	20,000	18,80	18,80	8,5	8,5	91,5
3/8 in	9,500	10,00	28,80	4,5	13,0	87,0
1/4 in	6,300	3,00	31,80	1,4	14,3	85,7
No.4	4,750	4,60	36,40	2,1	16,4	83,6
No.10	2,000	9,20	45,60	4,1	20,6	79,4
No.16	1,180	4,60	50,20	2,1	22,6	77,4
ISO	0,630	5,60	55,80	2,5	25,2	74,8
No.40	0,425	3,80	59,60	1,7	26,9	73,1
No.100	0,200	7,80	67,40	3,5	30,4	69,6
No.200	0,075	32,90	100,30	14,8	45,2	54,8
No.230	0,063	4,50	104,80	2,0	47,3	52,7

Granülometrik Katsayılar				Çakıl, (%)	Silt+Kil, (%)	Kum, (%)
Üniformluk Katsayısı $C_u = D_{60} / D_{10}$:		Süreklilik Katsayısı $C_c = (D_{30})^2 / (D_{60} \times D_{10})$:		20,6	54,8	24,7
				USCS	CL - Kumlu düşük plastisiteli kil ve az çakıl	
Efektif Çap, mm	D_{10}=	D_{30}=	D_{60}= 0,106	AASHTO	A-7-6 (8)- Killi zemin	

DANE DAĞILIMI EĞRİSİ



KİL	SİLT	KUM			ÇAKIL		
		İnce	Orta	Kaba	İnce	Orta	Kaba

Ek 5'in devamı

KAYA MÜHENDİSLİK ZEMİN-YAPI MALZ.LABORATUVARI

DOKÜMANIN ADI

LİKİT VE PLASTİK LİMİT DENEY RAPORU

Atterberg Limits Tests

PROJE ADI	ÇAL HEYELAN		
Sondaj No.	SK-5	**Rapor No /BRN**	Z 1176/2021-20119272
Numune No.	1	**Laboratuvar No**	Z 2021/1176
Derinlik (m)	2,00	**Deney Tarihi**	23.10.2021
Deney Stand.	TS 1900-1	**Rapor Tarihi**	29.10.2021
Numume Hazırlama Metodu			

LİKİT LİMİT *Liquid*

Darbe Adedi (ortalama)	38	32	26	20	14
Kap No.	7	8	10	6	13
[Kap+Yaş Numune] Ağırlığı (g)	53,30	54,20	51,60	56,40	53,70
[Kap+Kuru Numune] Ağırlığı (g)	47,20	47,80	45,50	49,21	47,00
Boş kap Ağırlığı (g)	32,60	32,80	31,40	33,10	32,40
Kuru Numune Ağırlığı (g)	14,60	15,00	14,10	16,11	14,60
Su Ağırlığı (g)	6,10	6,40	6,10	7,19	6,70
SU İÇERİĞİ, w, (%)	41,78	42,67	43,26	44,63	45,89

PLASTİK LİMİT *Plastic*

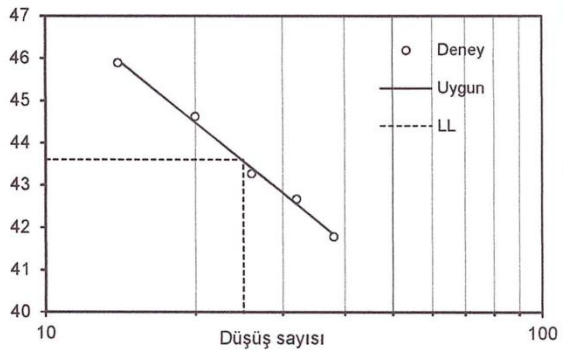
Deney No.	1	2	3	4	5
Kap No.	3	5			
[Kap+Yaş Numune] Ağırlığı (g)	53,30	54,10			
[Kap+Kuru Numune] Ağırlığı (g)	49,50	50,20			
Boş kap Ağırlığı (g)	32,20	32,50			
Kuru Numune Ağırlığı (g)	17,30	17,70			
Su Ağırlığı (g)	3,80	3,90			
SU İÇERİĞİ, w, (%)	22,0	22,0			

DENEY SONUÇLARI/*Results*

Likit Limit (LL)	%	43,6
Plastik Limit (PL)	%	22,0
Plastisite İndisi (PI)	%	21,6

Akış Çizgisinin Eğimi = 0,094

(Slope of flow line)

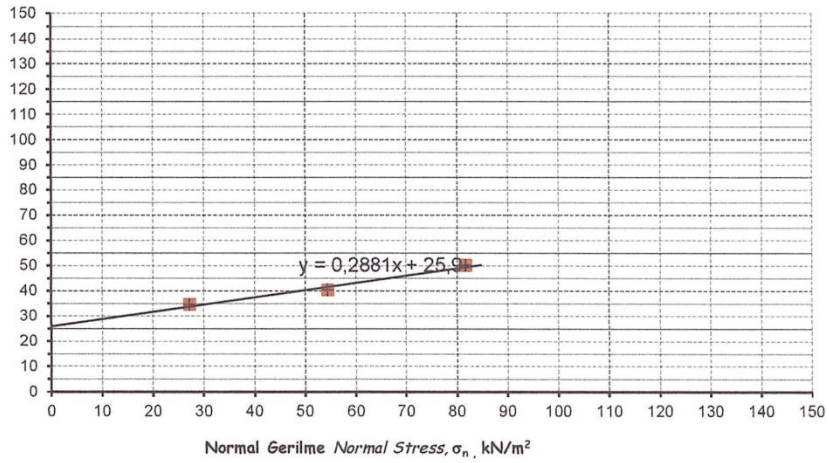


Ek 5'in devamı

KAYA MÜHENDİSLİK ZEMİN-YAPI MALZ.LABORATUVARI

DOKÜMAN ADI
KAYMA DİRENCİNİN KESME KUTUSU (DİREKT KESME) İLE BELİRLENMESİ DENEY RAPORU

PROJE ADI *Project Name*	ÇAL HEYELAN				
Kuyu No. *Borehole Number*	SK-5	Derinlik (m) *Depth*	2,00	Deny Tarihi	23.10.2021
				Rapor Tarihi	29.10.2021
Numune No. *Sample No.*	1	Lab No:	Z 2021/1176	Rapor No/Brn	Z 1176/2021-20119272



Numune No. / Specimen No.			1	2	3
Normal Gerilme, σ_n *Normal Stress*		kN/m²	27,25	54,5	81,75
Yenilme *Failure*	Max. Kesme Gerilmesi *Maximum shear stress,* $\tau_{max.}$	kN/m²	34,4	40,3	50,1
	Yanal Hareket *Horizontal Displacement*	mm	6,6	7,1	7,5
	Oturma *Settlement*	mm	–	–	–
Kesme Deneyi Öncesi *Start of shear*	Kuru Birim Ağırlık, γ_d *Dry Density*	t/m³	–		
	Boşluk Oranı, e_o *Voids ratio*		–		

Kesme Gerilmesi Parametreleri
Shear strength parameters

c	26	kN/m²
ϕ	16	derece

* Numunelerin alındığı yere ait bilgiler müşteri beyanıdır.
* Bu deney raporu, ilgili laboratuvarın yazılı izni olmadıkça kısmen çoğaltılamaz.
* Bu sonuçlar sadece deneyi yapılan numunelere aittir.
* Laboratuvarımız, 16.05.2002 tarih ve 26 belge nosu ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı izin
* Deney 4 nolu elek altındaki örselenmiş numune üzerinde yapılmıştır.
* Deney TS 1900-2/Mart 2006 standartına göre yapılmıştır

KAYA MÜHENDİSLİK ZEMİN-YAPI MALZ.LABORATUVARI

DOKÜMANIN ADI

DENEY SONUÇ RAPORU
(SUMMARY SHEET OF THE LABORATORY TEST RESULTS)

PROJE ADI	ÇAL HEYELAN					
DENEY / RAPOR TARİHİ	23.10.2021	29.10.21	RAPOR NO/BRN	Z 1176/2021-20119272	LABORATUVAR KOD NO	Z 2021/1176

NUMUNE			SU İÇERİĞİ [1]	BOŞLUK ORANI [2]	DOĞAL BİRİM HACİM AĞIRLIK [3]	KURU BİRİM HACİM AĞIRLIK [4]	ÖZGÜL AĞIRLIK [5]	DOYGUNLUK DERECESİ [6]	ATTERBERG (kıvam) LİMİTLERİ [7]			ELEK ANALİZİ [8]		HİDROMETRİK ANALİZ [8]	ZEMİN SINIFI USCS	SERBEST BASINÇ DENEYİ [10]	DİREKT KESME DENEYİ			KONSOLİDASYON [9]		
SONDAJ NO.	NUMUNE NO.	DERİNLİK (m)	w_n %	eo %	γ_n t / m³	γ_d t / m³	G_s	S_r %	LL %	PL %	PI %	+10 No. %	-200 No. %			q_u kg / cm²	c kg / cm²	ϕ Derece	Tip	m_v cm² / kg	Serbest şişme %	Şişme Basıncı kg/cm²
SK-5	1	2,00	19,80	87,2	1,67	1,39	2,61	59,24	NP	NP	NP	20,6	54,8	_	CL	_	0,26	16	UU	_	_	_
	DENEYİ YAPAN																	ONAY				

NOT: *Numuneler laboratuvarımız tarafından alınmamıştır.Numunelerin temsili olma özelliğinden laboratuvar sorumlu değildir. Deney sonuçları sadece deneye tabi tutulan numunelerle ilgilidir. Numunelerin alındığı yere ait bilgiler müsteri beyanıdır.*
- Bu deney raporu, ilgili laboratuvarın yazılı izni olmadıkça kısmen çoğaltılamaz. Laboratuvarımız; Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 16/05/2002 tarih ve 26 sayılı Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

ZEMİN MEKANİĞİ DENEYLERİNDE UYGULANAN STANDARTLAR : TS: Türk Standartları; ASTM: American Society for Testing and Materials; AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

1- TS 1900-1/Mart 2006, 2- TS 1900-2/Mart 2006; 3- ASTM D 5856-95; 4- ASTM D 854-83; 5- TS-1900; 6- ASTM D 4318; 7- ASTM D 422-63; 8- ASTM D 2435; 9- ASTM D 2166; 10- ASTM D 3080;11-ASTM D 2216; 12-ASTM D 5731-95 ;13-AASHTO T 181;14-AASHTO T 191;15-TSE 2028/29.04.1975

Adres: Yaylacık Mah.Mimoza Sok.No:23/D 61300 Akçaabat/TRABZON Telefax: (0462) 227 53 64 www.kayamuh.com

KAYA MÜHENDİSLİK ZEMİN-YAPI MALZ.LABORATUVARI

DOKÜMAN ADI

TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEY RAPORU

PROJE ADI	ÇAL HEYELAN			Deney / Rapor Tarihi	12.05.2021 / 29.05.2021
				Bakanlık Rapor No	
Rapor No ve Lab. Kod No	Z 503/2021 - Z 2021/ 503	Numune Hazırlama Standardı		Deney Standardı	TS EN 1926

DENEY SONUÇLARI

Numune No.	Kuyu No.	Derinlik	Kayaç Tanımı	Su emme w	Yoğunluk	Numune Çapı	Numune Yüksekliği	Numune Yüzey İalanı	Yenilme Yükü F	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı $\sigma_c = [F / A]$		Kayaç Sınıflandırılması
		(m)		(%)	ρ(gr/cm³)	D(cm)	H(cm)	(cm²)	(kgf)	(kgf/cm²)	(MPa)	
1	SK-1	23,00	-	-	2,70	4,61	4,63	16,68	10081	604,27	60,43	SAĞLAM KAYA-R4
2	SK-2	11,00	-	-	2,21	4,65	4,66	16,97	4225	248,92	24,89	ZAYIF KAYA-R2
3	SK-2	16,00	-	-	2,02	4,65	4,63	16,97	240,5	14,17	1,42	ÇOK ZAYIF KAYA-R1
4	SK-3	19,00	-	-	1,98	4,82	4,65	18,24	275,5	15,11	1,51	ÇOK ZAYIF KAYA-R1
5	SK-4	12,00	-	-	2,63	4,70	4,61	17,34	14902	859,37	85,94	SAĞLAM KAYA-R4
6	SK-4	24,00	-	-	2,67	4,68	4,65	17,19	14206	826,25	82,62	SAĞLAM KAYA-R4
7	SK-5	10,00	-	-	2,23	4,60	4,55	16,61	522	31,43	3,14	ÇOK ZAYIF KAYA-R1
8	SK-5	18,00	-	-	2,15	4,71	4,66	17,41	17232	989,52	98,95	SAĞLAM KAYA-R4

NOT:Numuneler laboratuvarımız tarafından alınmamıştır.Numunelerin temsili olma özelliğinden laboratuvar sorumlu değildir. Deney sonuçları sadece deneye tabi tutulan numunelerle ilgilidir. Numunelerin alındığı yere ait bilgiler müsteri beyanıdır. Bu deney raporu, ilgili laboratuvarın yazılı izni olmadıkça kısmen çoğaltılamaz. Laboratuvarımız Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 16/05/2002 tarih ve 26 sayılı Laboratuvar İzin Belgesine Sahiptir.

KAYA MÜHENDİSLİK ZEMİN-YAPI MALZ.LABORATUVARI

DOKÜMANIN ADI

NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEY RAPORU

PROJE ADI	ÇAL HEYELAN			Rapor No - BRN	Z 502/ 2021-	
Deney Standardı	ASTM D5731-95	Numune Kod No	Z2021 / 502	Deney/ Rapor Tarihi	12.05.2021	29.05.2021

DENEY SONUÇLARI

Numune No.	Kuyu No.	Derinlik	Kayaç Tanımı	Deney Tipi	Genişlik W	Çap D	Yenilme Yükü P	Eşdeğer Karot Çapı D_e	D_e^2	Düzeltilmemiş Nokta Yükleme Dayanım İndeksi $I_s=(P*10^3)/D_e^2$	Boyut Düzeltme Faktörü $F=(D_e/50)^{0.45}$	$*I_{s(50)}$
		m			mm	mm	kN	mm	mm2	MPa		MPa
1	SK-1	18,00	-	//d	-	45,90	8,77	45,9	2106,8	4,16	0,96	4,01
2	SK-3	12,00	-	//d	-	46,20	7,53	46,2	2134,4	3,53	0,97	3,40
3	SK-3	25,00	-	//d	-	46,90	6,70	46,9	2199,6	3,05	0,97	2,96

ORTALAMA $I_{s(50)}$ (I)		ORTALAMA $I_{s(50)}$ (//)		NOKTA YÜKLEME DAYANIMI ANİZOTROPİ İNDEKSİ $I_{a(50)}$ $I_{a(50)}$ = $I_{s(50)}$ (I) / $I_{s(50)}$ (//)	

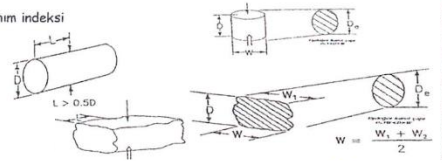
NOT:*Numuneler laboratuvarımız tarafından alınmamıştır.Numunelerin temsili olma özelliğinden laboratuvar tutulan numunelerle ilgilidir. Numunelerin alındığı yere ait bilgiler müsteri beyanıdır. Bu deney r Laboratuvarımız; Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 16/05/2002 tarih ve 26 sayılı Laboratuvar İzin Bel

KISALTMALAR

d	: Çapsal
a	: Eksenel
b	: Blok
i	: Düzensiz şekillli örnek deneyi
I	: Zayıflık düzlemine dik
//	: Zayıflık düzlemine paralel

AÇIKLAMALAR

$*I_{s(50)}$	: 50 mm çaplı örnek için düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksi
Çapsal deney için	: $D_e^2=D^2$
Diğer deney tipleri için	: $D_e^2=4A/\pi$ (A=WxD)
Çapsal nokta yükleme deneyi için	: L/D>1; tercihan 1'den 1.4'e kadar
Eksenel nokta yükleme deneyi için	
Şekilsiz kütle nokta yük.deneyi için	



Lab.Denetçi Jeol. Müh. 4713

Ek 6. Literatür

Literatür 1. RQD sınıflaması

Rock mass quality classification according to *RQD* (Deere et al. 1967)

RQD	Rock Mass Quality
< 25	Very poor
25 – 50	Poor
50 – 75	Fair
75 – 90	Good
99 – 100	Excellent

Ek 6'ın devamı

Literatür 2. Güvenlik sayısı tablosu

	UNITED STATES (FEDERAL REGISTER, 1977)	MINIMUM SAFETY FACTOR
I	End of construction	1.3
II	Partial pool with steady seepage saturation	1.5
III	Steady seepage from spillway or decant crest	1.5
IV	Earthquake (cases II and III with seismic loading)	1.0

UNITED STATES (D'APPOLONIA CONSULTING ENGINEERS, INC., 1975)	SUGGESTED MINIMUM FACTORS OF SAFETY WITH HAZARD POTENTIAL HIGH	MODERATE	LOW
Designs based on shear strength parameters measured in the laboratory	1.5	1.4	1.3
Designs that consider maximum seismic acceleration expected at the site	1.2	1.1	1.0

BRITAIN (NATIONAL COAL BOARD, 1970)	FACTOR OF SAFETY I*	II**
(1) For slip surfaces along which the peak shear stress is used.	1.5	1.25
(2) For slip surfaces passing through a foundation stratum which is at its residual shear strength (slip circles wholly within the bank should satisfy (1)).	1.35	1.15
(3) For slip surfaces passing along a deep vertical subsidence crack where no shear strength is mobilized and which is filled with water (slip surfaces wholly within intact zones of bank and foundations should satisfy (1)).	1.35	1.15
(4) For slip surfaces where both (2) and (3) apply.	1.2	1.1

CANADA (MINES BRANCH, CANADA, 1972)	FACTOR OF SAFETY I*	II**
Design is based on peak shear strength parameters	1.5	1.3
Design is based on residual shear strength parameters	1.3	1.2
Analyses that include the predicted 100-year return period accelerations applied to the potential failure mass	1.2	1.1
For horizontal sliding on base of dike in seismic areas assuming shear strength of fine refuse in impoundment reduced to zero	1.3	1.3

*where there is a risk of danger to persons or property
**where no risk of danger to persons or property is anticipated

Ek 6'ın devamı

Literatür 3. Heyelanların zemindeki hareket hızına göre sınıflandırılması

Heyelanların zemindeki **hareketin hızına göre** sınıflandırılması

Hız sınıfı	Hız sınırları	cm/gün	m/yıl
Aşırı hızlı	> 5 m/s	$>4.3\times10^{7}$	$>1.6\times10^{8}$
Çok hızlı	3 m/dk – 5 m/s	4.3×10^{5} - 4.3×10^{7}	1.6×10^{6} - 1.6×10^{8}
Hızlı	1.8 m/sa – 3 m/dk	4.3×10^{3} - 4.3×10^{5}	1.6×10^{4} - 1.6×10^{6}
Orta hızlı	13 m/ay – 1.8 m/sa	43.3 - 4.3×10^{3}	156 - 1.6×10^{4}
Yavaş	1.6 m/yıl – 13 m/ay	0.4 – 43.3	1.6 – 156
Çok yavaş	16 mm/yıl – 1.6 m/yıl	4.4×10^{-3} – 0.4	0.016 - 1.6
Aşırı yavaş	< 16 mm/yıl	$<4.4\times10^{-3}$	<0.016

IUGS 1995, Cruden ve Varnes 1996