T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LEVAZIM-ARMUTLU TÜNELİ GİRİŞ PORTALLARININ STABİLİTE ANALİZLERİ

Sitem ALDOĞAN

DANIŞMAN
Prof. Dr. Süleyman DALGIÇ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jeoloji Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma, 08.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeoloji Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Süleyman DALGIÇ(Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Ömer ÜNDÜL
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Erkan BOZKURTOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında bilgi, deneyim ve tecrübesiyle beni destekleyen, yönlendiren, teşvik eden danışmanım Prof. Dr. Süleyman DALGIÇ'a,

Ayrıca çalışmalarım süresince desteklerini esirgemeyen EMAY Uluslararası Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş. değerli sahiplerine, Jeoteknik Müdürü Gaye ALAN JATTA ve yardımlarını esirgemeyen Emin Alper TEKYILDIZ, Serdar AYDOĞAN, Fulya ARACI'ya

Tez çalışmam sırasında değerli jeofizik yorumlarıyla katkıda bulunan Jeofizik Mühendisi Murat ESER'e

Çalışmalarımı sürdürürken beni sabırla destekleyen, emeğini esirgemeyen Ersin GENÇ'e

Tez çalışmam süresince sabır ve özveri ile daima yanımda olan ve desteğini esirgemeyen aileme sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2019 Sitem ALDOĞAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **viii**
TABLO LİSTESİ ..... **xv**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xxi**
ÖZET ..... **xxiii**
SUMMARY ..... **xxiv**
1. GİRİŞ **1**
1.1 İNCELEMENİN AMACI 4
1.2 İNCELEME ALANININ TANITILMASI 8
1.2.1 İnceleme Alanının Konumu 8
1.2.2 Çalışma Alanının Morfolojisi 8
1.2.3 Ulaşım 9
1.2.4 İklim 9
1.2.5 Bitki Örtüsü 10
1.3 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 11
1.3.1 Araştırma Alanı ile İlgili Çalışmalar 11
1.4 MALZEME VE ÇALIŞMA YÖNTEMİ 13
2. JEOLOJİ **14**
2.1 GENEL JEOLOJİ 14
2.2 İNCELEME ALANININ JEOLOJİSİ 17
2.2.1 Stratigrafi 18
2.2.1.1 Trakya Formasyonu *20*
2.2.1.2 Yapay Dolgu *22*
2.3 YAPISAL JEOLOJİ VE TEKTONİZMA 23
2.4 DEPREMSELLİK 25
2.4.1 İstanbul ve Çevresinin Depremselliği 27
3. MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ **30**
3.1 ARAZİ ÇALIŞMALARI 30
3.1.1 Yüzey Araştırmaları 30

3.1.1.1 Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı (Ct) *31*
3.1.1.2 Ayrışmış Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı (Ct) *33*
3.1.1.3 Yapay Dolgu *34*
3.1.2 Yeraltı Çalışmaları 34
3.1.2.1 Sondaj Çalışmaları *35*
3.1.2.2 Jeofizik Çalışmalar *52*
3.2 LABORATUVAR DENEYLERİ 61
3.2.1 Zemin Mekaniği Deneyleri 61
3.2.1.1 Kıvam Limitleri *61*
3.2.1.2 Tane Boyu Dağılımı Analizi (Elek Analizi-Hidrometre Deneyi) *63*
3.2.1.3 Su Muhtevası Deneyi *70*
3.2.2 Kaya Mekaniği Deneyleri 72
3.2.2.1 Nokta Yükleme Deneyi ve Tek Eksenli Basınç Deneyi *72*
3.2.2.2 Elastisite Modülü (Young Modülü) ve Poisson Oranının Belirlenmesi *74*
3.3 ARAZİ DENEYLERİ 76
3.3.1 Presiyometre Deneyi 76
3.4 HİDROJEOLOJİ 76
4. JEOTEKNİK DEĞERLENDİRME 79
4.1 JEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ 79
4.1.1 Zemin Parametrelerinin Hesaplanması 79
4.1.1.1 Yapay Dolgu *79*
4.1.2 Kaya Parametrelerinin Hesaplanması 80
4.1.2.1 Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) *80*
4.1.2.2 Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) *87*
5. PORTAL STABİLİTE ANALİZLERİ 106
5.1 GİRİŞ 106
5.2 GİRİŞ PORTALI STABİLİTE ANALİZLERİ – YÖNTEM-1 106
5.2.1 Giriş Portalı Sağ Duvar Stabilite Analizleri 109
5.2.1.1 Giriş Portalı Km 4+160 Sağ Duvar Stabilite Analizleri *109*
5.2.1.2 Giriş Portalı Km 4+175 Sağ Duvar Stabilite Analizleri *122*
5.2.2 Giriş Portalı Sağ Ayna Stabilite Analizleri 135
5.2.3 Giriş Portalı Sol Ayna Stabilite Analizleri 146
5.2.4 Giriş Portalı Sol Duvar Stabilite Analizleri 158
5.2.4.1 Giriş Portalı Km 4+160 Sol Duvar Stabilite Analizleri *158*

5.2.4.2 Giriş Portalı Km 4+175 Sol Duvar Stabilite Analizleri 172
5.3 GİRİŞ PORTALI STABİLİTE ANALİZLERİ – YÖNTEM-2 185
5.3.1 Giriş Portali Km 4+160 Sağ Duvar Stabilite Analizi 185
5.3.2 Giriş Portali Km 4+160 Sol Duvar Stabilite Analizi 198
6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER 214
KAYNAKÇA 216
EKLER 221
ÖZGEÇMİŞ 324

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: Levazım-Armutlu tüneli ve inceleme alanının uydu görüntüsü üzerindeki konumu (Google Earth, 2018) 2

Şekil 1.2: Levazım-Armutlu Tüneli Sağ ve Sol Giriş Portallerini ve dolayını gösteren uydu görüntüsü (Google Earth, 2018) 6

Şekil 1.3: Dolmabahçe-Levazım-Armutlu Tüneli'nin Armutlu-Dolmabahçe ve Ulusu birbirine bağlayan Levazım Kavşağı dolayını gösteren 3D Arazi Modeli 6

Şekil 1.4: Levazım-Armutlu Tüneli Sağ ve Sol Giriş Portallerinin arazi üzerindeki konumunu gösteren bir fotoğraf 7

Şekil 1.5: Levazım-Armutlu Tüneli Giriş Portalını gösteren 3D Arazi Modeli 7

Şekil 1.6: Dolmabahçe-Levazım-Armutlu Karayolu Tünellerinin uydu görüntüsü üzerindeki konumu (Google Earth, 2018) 8

Şekil 1.7: İstanbul İl alanı ve dolayının kabartı haritası (Özgül ve diğ., 2011) 9

Şekil 2.1: İstanbul Avrupa Yakası Yüzey Jeoloji Haritası (ölçeksiz) ve stratigrafisi (İBB, 2011) 16

Şekil 2.2: Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı ve yüzeyde görülen jeolojik birim sınırı 17

Şekil 2.3: İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Özgül ve diğ., 2011) 19

Şekil 2.4: Trakya Formasyonu'nun genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Özgül ve diğ., 2011) 21

Şekil 2.5: İnceleme alanının bulunduğu yeri gösteren Türkiye ve Yakın Çevresinin Yalınlaştırılmış Tektonik Haritası (Okay ve Tüysüz, 1999) 24

Şekil 2.6: Türkiye'nin tektonik evrimine sebep olan levha hareketleri 26

Şekil 2.7: Marmara Bölgesinde KAFZ'nin uzanımını gösteren diri fay haritası (MTA Diri Fay Haritası) 27

Şekil 2.8: Dolmabahçe-Levazım-Armutlu karayolu Tüneli'nin 2019 yılında yürürlüğe girmiş olan Türkiye Deprem Tehlike Haritası üzerindeki konumu 28

Şekil 2.9: Şev Stabilite Analizlerine Esas Yatay Deprem Katsayıları (K.G.M., 2005) 29

Şekil 3.1: Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Bölgesine ait yüzey jeolojisi ve genel yerleşim planı.....30

Şekil 3.2: Trakya Formasyonuna ait Kumtaşı biriminden bir görünüm 32

Şekil 3.3: Trakya Formasyonu birimine ait Ayrışmış Kumtaşı biriminden bir görünüm.....34

Şekil 3.4: İnceleme alanı sondaj lokasyon planı (Google Earth, 2018).....36

Şekil 3.5: DLB-33 sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi.....38

Şekil 3.6: DLB-33A sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi.....39

Şekil 3.7: DLB-33B sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi 41

Şekil 3.8: DLB-33C sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi 42

Şekil 3.9: DLB-33D sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi.....43

Şekil 3.10: DLB-34 sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi.....44

Şekil 3.11: DLB-34A sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi.....45

Şekil 3.12: DLB-34B sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi 46

Şekil 3.13: DLB-34C sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi 47

Şekil 3.14: DLB-34D sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi.....48

Şekil 3.15: DLB-34E sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi 49

Şekil 3.16: DLB-34F sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi 50

Şekil 3.17: DLB-34G sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi.....51

Şekil 3.18: DLB-34H sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi.....52

Şekil 3.19: Güzergah üzerinde yapılan sismik çalışmalar ve sondaj noktaları 56

Şekil 3.20: KS-01 hattı MASW analizi sonuçları ve sondaj logu değerlendirilmesi.....57

Şekil 3.21: KS-02 hattı MASW analizi sonuçları ve sondaj logu değerlendirilmesi.....57

Şekil 3.22: KS-03 hattı MASW analizi sonuçları ve sondaj logu değerlendirilmesi.....58

Şekil 3.23: KS-04 hattı MASW analizi sonuçları ve sondaj logu değerlendirilmesi.....58

Şekil 3.24: KS-01 hattı için S Dalga Hızlarının derinliğe göre değişimi.....59

Şekil 3.25: KS-02 hattı için S Dalga Hızlarının derinliğe göre değişimi.....59

Şekil 3.26: KS-03 hattı için S Dalga Hızlarının derinliğe göre değişimi.....60

Şekil 3.27: KS-04 hattı için S Dalga Hızlarının derinliğe göre değişimi.....60

Şekil 3.28: Plasitisite İndeksi dağılımlarını gösteren grafik 63

Şekil 3.29: Tane boyu aralığını gösteren grafik.....65

Şekil 3.30: İnce daneli zeminlerin sınıflandırılması için akış diyagramı (%50'den fazlası 75 μm'den küçük) (Türk Standartları Enstitüsü, 2000).....67

Şekil 3.31: İri daneli zeminlerin sınıflandırılması için akış diyagramı (%50'den fazlası 75 μm'den büyük) (Türk Standartları Enstitüsü, 2000) 68

Şekil 3.32: Plastisite Kartı (Türk Standartları Enstitüsü, 2000).....69

Şekil 3.33: Trakya Formasyonu'na ait Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Tek Eksenli Basınç Deneyi sonuçlarını gösteren grafik.....73

Şekil 3.34: Trakya Formasyonu'na ait Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Nokta Yükleme Deneyi sonuçlarını gösteren grafik.....73

Şekil 3.35: Trakya Formasyonu'na ait Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Tek Eksenli Basınç Deneyi sonuçlarını gösteren grafik.....74

Şekil 3.36: Trakya Formasyonu'na ait Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Nokta Yükleme Deneyi sonuçlarını gösteren grafik 74

Şekil 3.37: Trakya Formasyonu'na ait Orta- Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Elastisite Modülü Deneyi sonuçlarını gösteren grafik.....75

Şekil 3.38: Trakya Formasyonu'na ait Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Poisson Oranı Deneyi sonuçlarını gösteren grafik 75

Şekil 4.1: Kayma mukavemeti açısı ve relatif sıkılık ile SPT darbe sayıları arasındaki bağıntı (Peck ve diğ., 1974).....80

Şekil 4.2: Tek eksenli basınç-RMR Puanı grafiği (Bieniawski, 1989).....81

Şekil 4.3: RQD-RMR Puanı grafiği (Bieniawski, 1989) 82

Şekil 4.4: RQD-Süreksizlik Aralığı arasındaki ilişki grafiği (Bieniawski, 1989).....82

Şekil 4.5: Süreksizlik Aralığı-RMR Puanı grafiği (Bieniawski, 1989) 83

Şekil 4.6: Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl birimlerinin RocLab programı kullanılarak elde edilen kaya dayanım parametreleri.....86

Şekil 4.7: Tek Eksenli Basınç Dayanımı-RMR Puanı grafiği (Bieniawski, 1989).....88

Şekil 4.8: RQD-RMR Puanı grafiği (Bieniawski, 1989) 88

Şekil 4.9: RQD-Süreksizlik Aralığı arasındaki ilişki grafiği (Bieniawski, 1989).....89

Şekil 4.10: Süreksizlik Aralığı-RMR Puanı grafiği (Bieniawski, 1989) 89

Şekil 4.11: Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl birimlerinin RocLab programı kullanılarak elde edilen kaya dayanım parametreleri.....92

Şekil 4.12: (a) Süreksizlik Aralığı ve (b) RQD ile puan arasındaki ilişkiler (Aydan ve diğ., 2014).....95

Şekil 5.1: Levazım-Armutlu (T2) Tüneli giriş portalı kritik kesitlerin planda gösterimi 108

Şekil 5.2: Giriş Portali Km 4+160 Sağ Duvar Kesiti ve iksa tipi özellikleri 109

Şekil 5.3: Giriş Portali Km 4+160 Sağ Duvar kesitine ait hesap modeli.....110

Şekil 5.4: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=4,853 cm) (Statik Durum).....112

Şekil 5.5: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum).....112

Şekil 5.6: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=5,160 cm) (Dinamik Durum).....113

Şekil 5.7: Bölgede oluşan kayma çemberi (Dinamik Durum).....114

Şekil 5.8: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Dinamik Durum=1,87 ve Statik Durum=2,60 114

Şekil 5.9: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar.....115

Şekil 5.10: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen eğilme momentleri ve eksenel kuvvetler.....116

Şekil 5.11: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetler.....117

Şekil 5.12: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler 120

Şekil 5.13: Giriş Portali Km 4+175 Sağ Duvar kesiti ve iksa tipi özellikleri.....122

Şekil 5.14: Giriş Portali Km 4+175 Sağ Duvar kesiti kesitine ait hesap modeli 123

Şekil 5.15: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=3,858 cm) (Statik Durum).....124

Şekil 5.16: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum).....125

Şekil 5.17: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=4,090 cm) (Dinamik Durum).....126

Şekil 5.18: Bölgede oluşan kayma çemberi (Dinamik Durum).....126

Şekil 5.19: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Dinamik Durum=1,55 ve Statik Durum=2,25 127

Şekil 5.20: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+175 kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar.....128

Şekil 5.21: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+175 kesitindeki fore kazığa gelen eğilme momentleri ve eksenel kuvvetler 129

Şekil 5.22: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+175 kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetler 130

Şekil 5.23: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler 133

Şekil 5.24: Giriş Portalı Sağ Ayna kesiti ve iksa tipi özellikleri 135

Şekil 5.25: Giriş Portalı Sağ Ayna kesitine ait hesap modeli 136

Şekil 5.26: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=6,208 cm) (Statik Durum) 138

Şekil 5.27: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum) 139

Şekil 5.28: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Statik Durum=1,605 139

Şekil 5.29: Giriş Portalı Sağ Ayna kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar 140

Şekil 5.30: Giriş Portalı Sağ Ayna kesitindeki fore kazığa gelen eğilme momentleri ve eksenel kuvvetler 141

Şekil 5.31: Giriş Portalı Sağ Ayna kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetler 141

Şekil 5.32: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler 144

Şekil 5.33: Giriş Portalı Sol Ayna kesiti ve iksa tipi özellikleri 146

Şekil 5.34: Giriş Portalı Sol Ayna kesitine ait hesap modeli 147

Şekil 5.35: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=5,870 cm) (Statik Durum) 149

Şekil 5.36: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum) 149

Şekil 5.37: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Statik Durum=1,629 150

Şekil 5.38: Giriş Portalı Sol Ayna kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar 151

Şekil 5.39: Giriş Portalı Sol Ayna kesitindeki fore kazığa gelen eğilme momentleri ve eksenel kuvvetler 152

Şekil 5.40: Giriş Portalı Sol Ayna kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetler 152

Şekil 5.41: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler 155

Şekil 5.42: Giriş Portalı Km 4+160 Sol Duvar Kesiti ve iksa tipi özellikleri 158

Şekil 5.43: Giriş Portalı Km 4+160 Sol Duvar kesitine ait hesap modeli 159

Şekil 5.44: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=5,00 cm) (Statik Durum) 161

Şekil 5.45: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum).....161

Şekil 5.46: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=10,76 cm) (Dinamik Durum).....162

Şekil 5.47: Bölgede oluşan kayma çemberi (Dinamik Durum).....162

Şekil 5.48: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Dinamik Durum=1,294 ve Statik Durum=1,788 163

Şekil 5.49: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar.....164

Şekil 5.50: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen eğilme momentleri ve eksenel kuvvetler.....165

Şekil 5.51: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetler.....166

Şekil 5.52: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler 168

Şekil 5.53: Giriş Portalı Km 4+175 Sol Duvar Kesiti ve iksa tipi özellikleri.....172

Şekil 5.54: Giriş Portalı Km 4+175 Sol Duvar kesitine ait hesap modeli 173

Şekil 5.55: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=4,135 cm) (Statik Durum).....174

Şekil 5.56: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum).....175

Şekil 5.57: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=4,355 cm) (Dinamik Durum).....176

Şekil 5.58: Bölgede oluşan kayma çemberi (Dinamik Durum).....176

Şekil 5.59: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Dinamik Durum=1,287 ve Statik Durum=1,788 177

Şekil 5.60: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+175 kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar.....178

Şekil 5.61: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+175 kesitindeki fore kazığa gelen eğilme momentleri ve eksenel kuvvetler.....179

Şekil 5.62: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+175 kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetler.....180

Şekil 5.63: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler 182

Şekil 5.64: Giriş Portali Km 4+160 Sağ Duvar Kesiti ve iksa tipi özellikleri 186

Şekil 5.65: Giriş Portalı Km 4+160 Sağ Duvar kesitine ait hesap modeli.....186

Şekil 5.66: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=2,966 cm) (Statik Durum).....188

Şekil 5.67: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum).....188

Şekil 5.68: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=5,408 cm) (Dinamik Durum).....189

Şekil 5.69: Bölgede oluşan kayma çemberi (Dinamik Durum).....190

Şekil 5.70: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Dinamik Durum=1,998 ve Statik Durum=2,732 190

Şekil 5.71: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar.....191

Şekil 5.72: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen eksenel kuvvetler ve eğilme momentleri.....192

Şekil 5.73: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetler.....193

Şekil 5.74: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler 195

Şekil 5.75: Giriş Portalı Km 4+160 Sol Duvar Kesiti ve iksa tipi özellikleri.....198

Şekil 5.76: Giriş Portalı Km 4+160 Sol Duvar kesitine ait hesap modeli.....199

Şekil 5.77: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=2,937 cm) (Statik Durum).....200

Şekil 5.78: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum).....201

Şekil 5.79: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=8,272 cm) (Dinamik Durum).....202

Şekil 5.80: Bölgede oluşan kayma çemberi (Dinamik Durum).....202

Şekil 5.81: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Dinamik Durum=1,504 ve Statik Durum=2,444 203

Şekil 5.82: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar.....204

Şekil 5.83: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen eksenel kuvvetler ve eğilme momentleri.....205

Şekil 5.84: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetleri.....206

Şekil 5.85: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler 209

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1: İstanbul İli Beşiktaş İlçesine ait yıllık sıcaklık ve yağış miktarı.....10

Tablo 3.1: Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı Kaya Kütlesi Tanımlama Ölçütleri 32

Tablo 3.2: Ayrışmış Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı Kaya Kütlesi Tanımlama Ölçütleri.....33

Tablo 3.3: Sondaj Bilgileri Listesi.....35

Tablo 3.4: Ağır Güçteki Sökücüler İçin P (Öncül Dalga) Dalga Hızı-Sökülebilirlik İlişkisi (Bailey, 1974) 54

Tablo 3.5: Kayma ve Kesme Dalga Hızlarına Göre Kaya Ve Zeminlerin Sınıflandırılması (Kurtuluş ve Bozkurt, 2008).....54

Tablo 3.6: Jeofizik çalışmalar.....55

Tablo 3.7: Kıvam Limitleri sonuçları 62

Tablo 3.8: Elek analizi ve Hidrometre Deneyi sonuçları 64

Tablo 3.9: Zemin Sınıflarını gösteren tablo.....66

Tablo 3.10: Su Muhtevası Sonuçları 71

Tablo 3.11: Trakya Formasyonu'na ait Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Tek Eksenli Basınç Deneyi ve Nokta Yükleme Deneyi sonuçları 72

Tablo 3.12: Trakya Formasyonu'na ait Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Tek Eksenli Basınç Deneyi ve Nokta Yükleme Deneyi sonuçları 73

Tablo 3.13: Elastisite Modülü (Young Modülü) ve Poisson Oranının Deneyi sonuçları.....74

Tablo 3.14: Sahada uygulanan presiyometre deneyleri.....76

Tablo 3.15: Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalını oluşturan jeolojik birimler ve jeohidrolik ortamlar 77

Tablo 3.16: Sondajlardan elde edilen yeraltı suyu seviyeleri.....78

Tablo 4.1: Levazım-Armutlu (T2) Giriş Portalı Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl birimi için Hesaplanan RMR Değerleri.....84

Tablo 4.2: Bieniawski RMR Değerlendirmesi Sınıflama Parametreleri ve Puanları (Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl) (Bieniawski, 1989).....85

Tablo 4.3: T2 Giriş Portalı Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl Birimi için Hesaplanan RMR Değerleri 90

Tablo 4.4: Bieniawski RMR Değerlendirmesi Sınıflama Parametreleri ve Puanları (Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl) (Bieniawski, 1989) 91

Tablo 4.5: T2 Tüneli giriş portalı için kullanılacak jeoteknik parametreler.....93

Tablo 4.6: Kaya yüzleklerinde gözlenen yeraltı suyu sızma koşulu için tanımlar (ISRM 2007'den yararlanılmıştır.).....97

Tablo 4.7: RMQR Sistemi'nin sınıflama parametreleri ve puanları (Aydan ve diğ., 2014).....98

Tablo 4.8: RMQR değerlerine göre kaya kütle kalitesi sınıfları (Aydan ve diğ., 2014) 99

Tablo 4.9: RMQR Sistemi'nin sınıflama parametreleri ve puanları (Aydan ve diğ., 2014).....100

Tablo 4.10: Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) birimi RMQR Sistemi'nin sınıflama parametreleri ve puanları özet tablosu.....101

Tablo 4.11: RMQR değerlerine göre kaya kütle kalitesi sınıfları (Aydan ve diğ., 2014) ...102

Tablo 4.12: RMQR Sistemi'nin sınıflama parametreleri ve puanları (Aydan ve diğ., 2014).....103

Tablo 4.13: Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) birimi RMQR Sistemi'nin sınıflama parametreleri ve puanları özet tablosu 104

Tablo 4.14: RMQR değerlerine göre kaya kütle kalitesi sınıfları (Aydan ve diğ., 2014) ...105

Tablo 5.1: Belirlenen hesap kesitleri ve özellikleri 107

Tablo 5.2: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri 110

Tablo 5.3: Giriş Portalı Km 4+160 Sağ Duvar Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları 115

Tablo 5.4: Ankraj Halatı Özellikleri.....118

Tablo 5.5: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri (Sabani ve diğ., 1999) 118

Tablo 5.6: Zemin ve kaya birimleri için ortalama bağ mukavemet değerleri (Sabani ve diğ., 1999).....118

Tablo 5.7: Ankrajlara Gelen Yükler 119

Tablo 5.8: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri 120

Tablo 5.9: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu 120

Tablo 5.10: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı 121

Tablo 5.11: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı 121

Tablo 5.12: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri 121

Tablo 5.13: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+175 İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri 123

Tablo 5.14: Giriş Portalı Km 4+175 Sağ Duvar Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları 127

Tablo 5.15: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri (Sabani ve diğ., 1999) 131

Tablo 5.16: Zemin ve kaya birimleri için ortalama bağ mukavemet değerleri (Sabani ve diğ., 1999) 131

Tablo 5.17: Ankrajlara Gelen Yükler 132

Tablo 5.18: Sağ Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri 133

Tablo 5.19: Sağ Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu 133

Tablo 5.20: Sağ Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı 134

Tablo 5.21: Sağ Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı 134

Tablo 5.22: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri 134

Tablo 5.23: Giriş Portalı Sağ Ayna İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri 136

Tablo 5.24: Giriş Portalı Sağ Ayna Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları 140

Tablo 5.25: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri 142

Tablo 5.26: Ankrajlara Gelen Yükler 143

Tablo 5.27: Sağ Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri 144

Tablo 5.28: Sağ Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu 144

Tablo 5.29: Sağ Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı 145

Tablo 5.30: Sağ Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı 145

Tablo 5.31: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri 145

Tablo 5.32: Giriş Portalı Sol Ayna İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri 147

Tablo 5.33: Giriş Portalı Sol Ayna Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları 150

Tablo 5.34: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri 153

Tablo 5.35: Ankrajlara Gelen Yükler 154

Tablo 5.36: Sol Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri 156

Tablo 5.37: Sol Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu 156

Tablo 5.38: Sol Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı.....156

Tablo 5.39: Sol Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı 157

Tablo 5.40: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri 157

Tablo 5.41: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri ...159

Tablo 5.42: Giriş Portalı Km 4+160 Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları 163

Tablo 5.43: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri 167

Tablo 5.44: Ankrajlara Gelen Yükler 168

Tablo 5.45: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri 169

Tablo 5.46: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu 169

Tablo 5.47: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı 170

Tablo 5.48: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı.....170

Tablo 5.49: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri 171

Tablo 5.50: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+175 İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri ...173

Tablo 5.51: Giriş Portalı Km 4+175 Sol Duvar Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları 177

Tablo 5.52: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri 181

Tablo 5.53: Ankrajlara Gelen Yükler 182

Tablo 5.54: Sol Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri 183

Tablo 5.55: Sol Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu 183

Tablo 5.56: Sol Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı 183

Tablo 5.57: Sol Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı 184

Tablo 5.58: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri 184

Tablo 5.59: Belirlenen hesap kesitleri ve özellikleri 185

Tablo 5.60: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri 187

Tablo 5.61: Giriş Portalı Km 4+160 Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları 191

Tablo 5.62: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri 194

Tablo 5.63: Ankrajlara Gelen Yükler 195

Tablo 5.64: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri 196

Tablo 5.65: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu 196

Tablo 5.66: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı 196

Tablo 5.67: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı 196

Tablo 5.68: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri 197

Tablo 5.69: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri 199

Tablo 5.70: Giriş Portalı Km 4+160 Sol Duvar Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları 203

Tablo 5.71: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri 207

Tablo 5.72: Ankrajlara Gelen Yükler 208

Tablo 5.73: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri 210

Tablo 5.74: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu 210

Tablo 5.75: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı 210

Tablo 5.76: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı 211

Tablo 5.77: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri 211

Tablo 5.78: Giriş Portali Km 4+160 Sağ Duvar ve Sol Duvar kesitlerinin değerlendirilmesi 213

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
Φ	**:** Kazık Boyu
τ	**:** Sürtünme Kuvveti
V_p	**:** Sismik Sıkışma Dalga Hızı
V_s	**:** Kayma Dalga Hızı
qu	**:** Basınç Değeri
Is_{50}	**:** Nokta Yük Dayanım İndeksi
E_s	**:** Elastisite Modulü
γ	**:** Doğal Birim Hacim Ağırlık
Mi	**:** Kaya Sabiti
D	**:** Örselenme Faktörü

Kısaltmalar	Açıklama
ASTM	**:** American Society for Testing and Minerals
ISRM	**:** International Society for Rock Mechanics
gç	**:** Yarı Geçirimli
Gç	**:** Geçirimli
gz	**:** Yarı Geçirimsiz
Gz	**:** Geçirimsiz
GSI	**:** Jeolojik Dayanım İndeksi-Geological Strength Index
RQD	**:** Kaya Kalite Değeri-Rock Quality Designation
RMR	**:** Kaya Kütle Sınıflaması-Rock Mass Rating
RMQR	**:** Kaya Kütle Kalitesi Puanlama Sınıflaması-Rock Mass Quality Rating System
Gs	**:** Güvenlik Katsayısı
MASW	**:** Çok-Kanallı Yüzey Dalgası Yöntemi-Multichannel Analysis of Surface Waves
BD	**:** Bozunma Derecesi
STS	**:** Süreksizlik Takımı Sayısı
SA	**:** Süreksizlik Aralığı
SD	**:** Süreksizlik Durumu

SED	**:**	Süreksizlik Durumu
YASD	**:**	Yeraltı Suyu Sızma Durumu
ITRF	**:**	Uluslararası Yersel Referans Koordinat Sistemi-International Terrestrial Reference Frame
YSS	**:**	Yeraltı Suyu Seviyesi

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LEVAZIM-ARMUTLU TÜNELİ GİRİŞ PORTALLARININ STABİLİTE ANALİZLERİ

Sitem ALDOĞAN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Süleyman DALGIÇ

16 milyon nüfusu ile dünyanın en kalabalık ve ulaşım imkanları sınırlı şehirlerinden biri olan İstanbul'da batı-doğu yönündeki şehir içi ve bölgesel trafiğin çözümüne yönelik Beşiktaş-Dolmabahçe ile Sarıyer-Kilyos mevkileri arasında toplam uzunluğu yaklaşık 25 kilometre olan 6 adet şehir içi karayolu tünelinin proje çalışmaları yapılmaktadır. Güzergahın jeolojik ve mühendislik jeolojisi haritalamaları ile saha araştırmaları yapılırken en kritik kesimin Levazım-Armutlu Tünelinin giriş portal kesimi olduğu belirlenmiştir. Giriş portalının üst kesimlerinde yoğun yapılaşmalar yer almakla birlikte, kentsel kaynaklı yapay dolguların varlığı tespit edilmiştir. Karşılaşılan yapay dolgu ile geçiş kayacının kalınlığının belirlenmesi, jeolojik-jeoteknik özelliklerinin ortaya koyulabilmesi için arazi çalışmaları yapılmıştır. Tez kapsamında; giriş portal kesimine ait yüzey jeolojisi çalışmaları, arazi çalışmaları, laboratuvar sonuçları birlikte değerlendirilmiş olup, jeolojik-jeoteknik enkesit ve boykesitleri çıkarılmıştır. Tünel giriş portal kesimi ve dolayındaki birimlerin mühendislik jeolojisi parametreleri elde edilerek analizler Plaxis 2D programında çözülmüş deplasman ve güvenlik katsayıları belirlenmiş ve güvenlik koşullarının sağlandığı durumlar ortaya koyulmuştur.

Haziran 2019, 348 sayfa.

Anahtar kelimeler: Şehir İçi Tünelciliği, Tünel Portal, Saha Araştırmaları, Yapay Dolgu, Stabilite Problemleri

SUMMARY

M.Sc. THESIS

STABILITY ANALYSIS OF THE ENTRANCE PORTALS OF THE LEVAZIM-ARMUTLU TUNNEL

Sitem ALDOĞAN

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Geological Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Süleyman DALGIÇ

With its 16 million population Istanbul is one of the most crowded and traffic-intensive cities in the world. It is planned to construct 2-3 lane highway tunnels in order to reduce the traffic load, time waste, fuel loss and damage to the environment. Levazım Tunnel, one of the most important of these projects, is located on the Dolmabahçe-Kilyos route. In this study, the entrance portal of the Levazım Tunnel was investigated. Intensive structures were built in the upper sections of the portal section, and urban-borne artificial fillings were identified in the field surveys. Geological and geotechnical surveys are very important in order to eliminate potential problems. In this thesis, planning and implementation of the site investigations required for design, preparing of geological model and geological sections with the proposal of solution are included. Engineering geology parameters of tunnel entrance portal section and surrounding units were obtained. With the help of the analysis, displacement and safety coefficients were determined in Plaxis 2D program and the conditions where safety conditions could be provided were revealed.

June 2019, 348 pages.

Keywords: Urban tunnel, tunnel portal, site investigation, made ground, stability problem

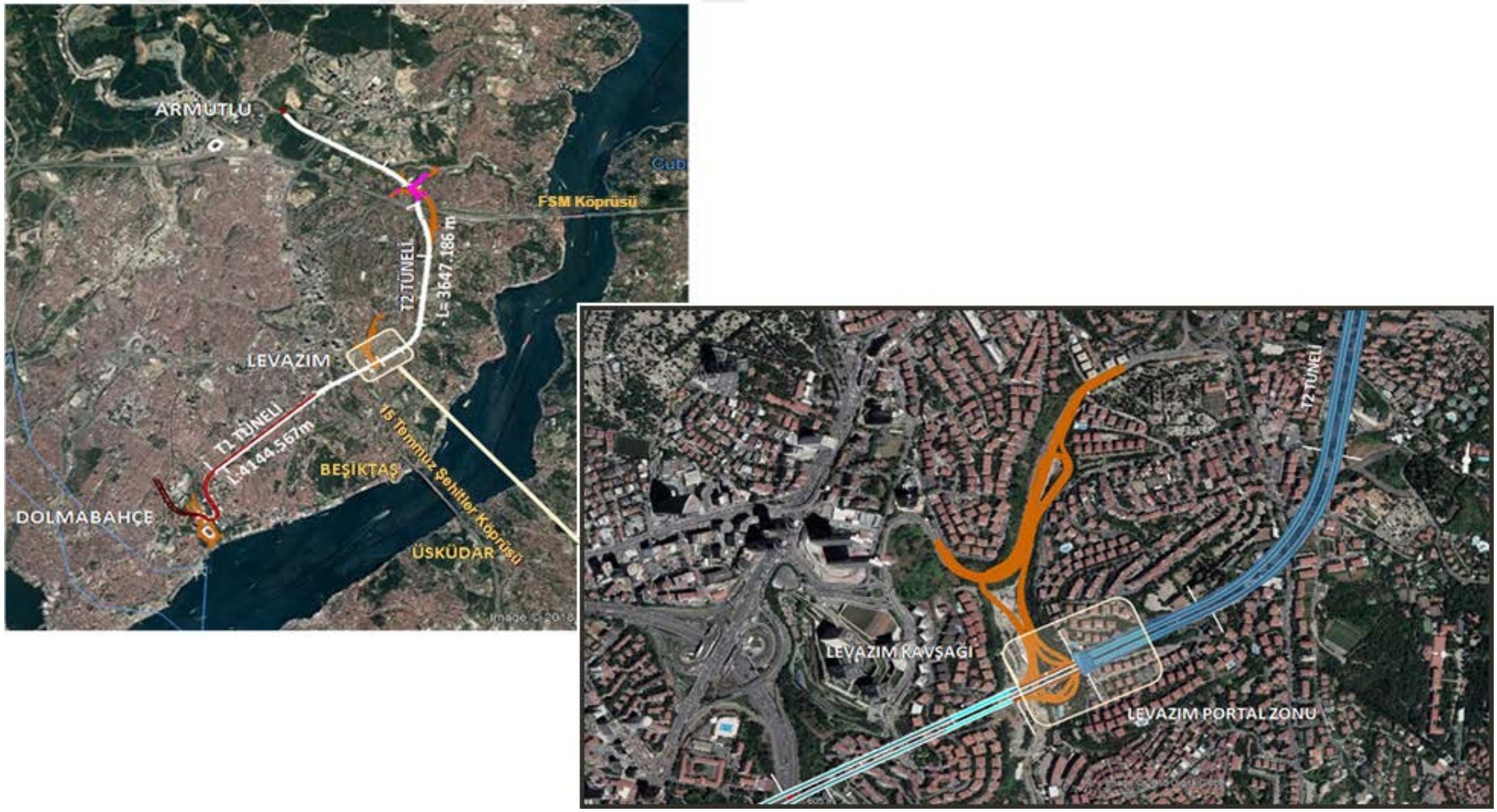
1. GİRİŞ

Dolmabahçe-Kilyos Karayolu Tünelleri, İstanbul'da mevcut karayollarına alternatif olarak ve trafiği rahatlatmak amacıyla 2-3 şeritli olarak planlanmaktadır. 6 adet tünelin toplam uzunluğu 25000 metre olup 3550 metre uzunluğundaki Levazım-Armutlu Tüneli bu tünellerin 2.sidir. Tünellerin büyük kesimi yoğun yapılaşmanın altından geçmektedir. Tez kapsamında Levazım-Armutlu Tüneli Giriş Portalı incelenecektir. Giriş Portal kesiminin üst kesimlerinde yoğun yapılaşmalar (binalar) yer almakla birlikte yapılan saha araştırmalarında kentsel kaynaklı yapay dolgular tespit edilmiştir. Yaklaşık 24 metre kalınlığında gözlemlenen dolgu birimi tünelin üst kesimlerinde yer alan binalar ile etkileşimi incelenmiş ve tez kapsamında detaylı olarak anlatılmıştır. Levazım-Armutlu Tüneli'nin konumunu gösteren uydu görüntüsü Şekil 1.1'de verilmiştir.

Dolmabahçe-Levazım-Armutlu Karayolu Tünelleri Projesi ile İstanbul Beyoğlu-Beşiktaş-Şişli ve Sarıyer ilçeleri arasındaki oluşan trafik yükünü hafifletebilmek, bu şekilde zaman, enerji kaybını ve çevreye verilen zararı en aza indirmenin yanı sıra Kuzey Marmara Otoyolu (3.Köprü Projesi) güzergahına bağlanarak İstanbul Boğazı ve çevresinde daha hızlı ve konforlu bir ulaşımın sağlanması hedeflenmiştir.

Dolmabahçe-Levazım-Armutlu Karayolu Tünelleri Projesi, Levazım-Armutlu (T2) Tüneli kesimi, Avrupa yakasında Levazım ve Armutlu mahallelerini birbirine bağlamaktadır. Derin-orta derinlikte tünel niteliğinde olan yapı farklı uzunluklarda olan 2 tüpten oluşmaktadır.

Levazım-Armutlu Tüneli Güney Sağ Tüp Giriş Km: i4+706.56-i4+457.572 aralığında olup toplam tünel uzunluğu 3647,186 metre uzunluğundadır, Kuzey Sol Tüp Çıkış Km: i4+121.120-i4+945.495 aralığında olup toplam tünel uzunluğu 3572,734 metre uzunluğundadır.



Şekil 1.1: Levazım-Armutlu tüneli ve inceleme alanının uydu görüntüsü üzerindeki konumu (Google Earth, 2018)

Proje çalışmaları ile saha çalışmalarının birlikte yürütüldüğü Levazım Tüneli Batı Portalında kritik durum (kesim) olarak Tünel Portal ve çevresinde yer alan Yapay Dolgu birimi belirlenmiştir. Bu dolgu güncel dolgu olması sebebiyle daha önceleri yapılan literatür çalışmalarında bu birim yer almamaktadır. 1990-1993 yılları arasında büyük bir alışveriş merkezinin temel kazılarından çıkan malzemeler tünel portalının yer aldığı Levazım vadisine doldurulmuştur.

Arazi çalışması ve yüzey jeolojisi incelemeleri sırasında dolgu biriminin kalınlığı, tünel portal ve yakın çevresinde yer alan binaların birbirleri ile etkileşimi riskli olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple tünel portal ve çevresinde dolgu kalınlığını belirlemek amacıyla sondaj yapılacak lokasyonları belirlenmiş ve yerinde deneyler ile birlikte çalışmalara başlanılmıştır.

Sondajların yapımı devam ederken dolgu olarak belirlenen malzemenin yerel kaya birimiyle aynı kaya birimi olduğu belirlenmiş, özellikle yerinde ayrışmış kaya birimi ile aynı hemen hemen benzer jeolojik özelliklere sahip olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca yapılan sondajlarda dolgu kalınlığının çok yakın mesafelerde değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Bu sebeple sadece tünel üst kesiminde değil tünel çevresinde de sondaj çalışmaları planlanmış ve dolgu kalınlıkları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu çalışmalara ilave olarak 4 hat boyunca bir jeofizik yöntem olan MASW çalışmaları yapılmış ve sondajlardan elde edilen verilerle birlikte değerlendirilmiştir.

Birbirine yakın mesafelerde yer alan sondajlarda bile dolgu kalınlığının sıklıkla değişmesi, tünel kazı sınırının hemen üstünde yer alan binaların oturduğu dolgu kalınlıklarının farklı olması sebebiyle sondajların sayısı arttırılmış, ilave olarak jeofizik çalışmaları yapılmış ve çalışılan bölgenin jeolojisi ayrıntılı olarak belirlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında, tünel güzergâhının genel jeolojisi, stratigrafisi ve yapısal jeolojisi özetlenmiş, mühendislik jeolojisi çalışmaları yapılarak kayaçların mühendislik ve hidrojeolojik özellikleri ortaya konmuş ve bölgenin depremselliği açıklanmıştır. Proje kapsamında tünel güzergahı boyunca yapılan sondaj çalışmalarından yararlanılmıştır. Bu sondajlardan elde edilmiş karot örnekleri ile laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Laboratuvar deneyleri ile ulaşılan sonuçlar jeoteknik değerlendirme başlığı altında değerlendirilmiştir. Sondaj karotları üzerinde TCR, SCR, RQD değerleri ile kaya kütlesi özellikleri belirlenmiştir.

Ayrıca laboratuvar deneyleri ile sondaj verileri değerlendirilerek tünelin içinden geçeceği kaya kesiminin RMR kaya kütlesi sınıflaması yapılmıştır. Laboratuvar deneyleri ve ampirik hesaplar sonucunda, belirlenen kritik kesimlerin stabilite analizlerinde kullanılacak parametreler kararlaştırılmıştır. Araziden alınan enkesitler üzerinde tüm kesitleri temsil edebilecek en olumsuz özellikteki kesitleri belirlenmiş, bu kesitler üzerinde Plaxis 2D 2017 bilgisayar programı kullanılarak portal stabilite analizleri yapılmıştır. Sondajlar ve jeoteknik değerlendirme Tünel Giriş Portal kesiminde değişken ve oldukça yüksek dolgu kalınlığı tespit edilmiş ve tünelin yüzeye yakınlığı sebebiyle kritik kesim olarak nitelendirilmiştir.

1.1 İNCELEMENİN AMACI

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans bitirme tezi olarak hazırlanmıştır. Tez konusu olarak "Levazım-Armutlu Tüneli Giriş Portallarının Stabilite Analizleri" seçilmiştir. Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan "Levazım-Armutlu Tüneli'nin seçilmesindeki amaç; Levazım Tünel Giriş Portal kesimi ve çevresinde yer alan yapay dolgu birimi ile mevcut çevre binaların etkileşiminin incelenmesini kapsamaktadır. Bu kapsamda "Giriş Portal Kesiminin" üst kesimlerinde binaların oturduğu yapay dolgu birimin kalınlığı ile anakayanın derinliğinin belirlenebilmesi için saha araştırmaları, sondaj ve jeofizik çalışmaları, arazi ve laboratuvar deneyleri yapılmış olup ortaya çıkan sonuçlar doğrultusunda portal kesimi için boyuna ve enine jeolojik kesitler çıkarılmıştır. Bununla birlikte gözlemlenen birimler için stabilite hesaplarında kullanılmak üzere jeomekanik parametreler elde edilmiş olup stabilite analizleri yapılmış, kazı sırasında meydana gelmesi muhtemel riskler ortaya konularak portal kazı yöntemi belirlenmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur.

Ofis çalışmalarını kapsayan ilk çalışma aşamasında, önceki çalışmalar ile literatür araştırmaları yapılmıştır. Bu kapsamda birimlerin yüzey jeolojisi dağılımları, dokanak ilişkileri ile yaş ilişkileri incelenmiş ve haritalara işlenmiştir. Daha sonraki çalışmada araziye gidilerek elde edilen jeolojik verilerin kontrolü yapılmış ve birimlere ait detay mühendislik jeolojisi özellikleri belirlenmiştir. Yapılan arazi çalışmalarının ardından kritik olarak belirlenen noktalarda sondaj ve jeofizik çalışmalara ait iş programı yapılmış ve akabinde sondaj ve jeofizik çalışmalar ile yerinde deneyler (SPT, pressiyometre vb.) sahada uygulanmıştır. Elde edilen örselenmiş ve örselenmemiş numuneler ile kaya karotlarına ait belirli derinliklerden numuneler alınmış,

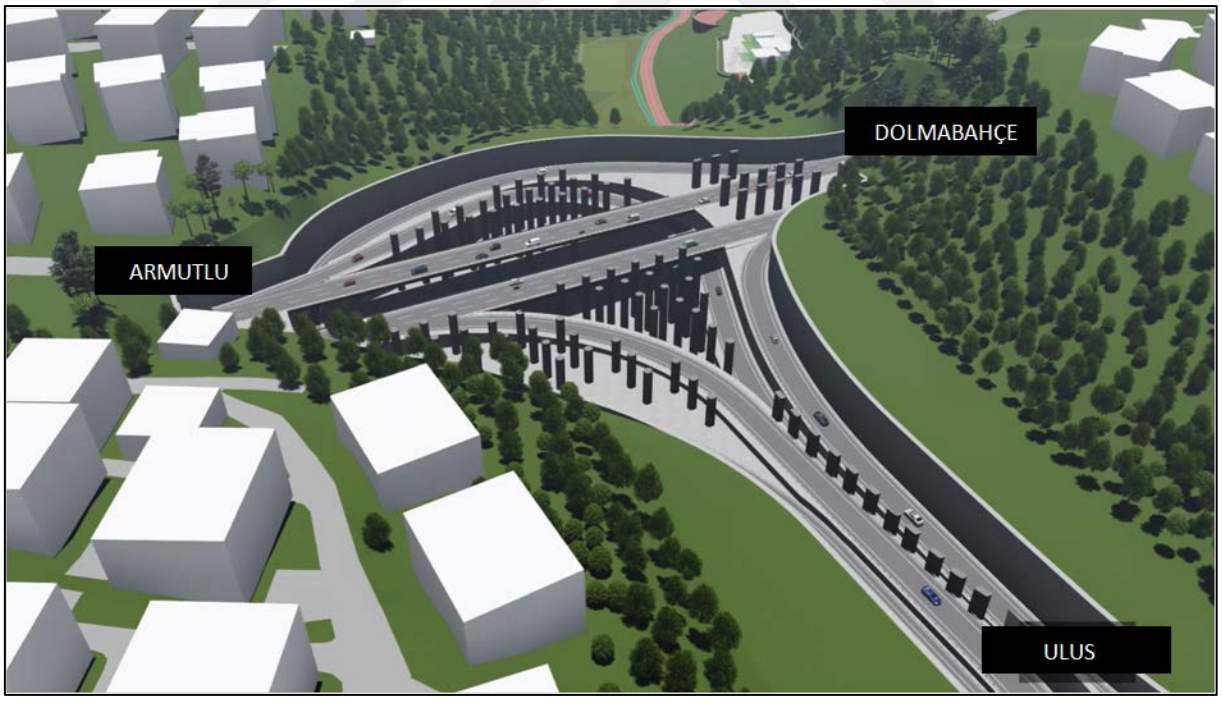
jeoteknik birimleri karakterize etmek ve sınıflandırmalarını yapmak için laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Bu birimlerin yorumlanması, tünel portal kazısı yapılırken muhtemel jeoteknik risklerin ortaya konulması ve çözüm önerilerinin getirilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Proje alanı ve çevresinde Trakya Formasyonu (Ct) ve Yapay Dolgu (Yd) birimleri belirlenmiştir. Tünelin geçeceği Trakya Formasyonu'na ait birimler genellikle mühendislik jeolojisi özelliklerine göre iki farklı niteliktedir. Birimin yüzeye yakın üst kesimleri genel olarak zayıf-çok zayıf dayanımlı, sarımsı kahverengi, çok sık çatlaklı bazı kesimlerde aşırı sık çatlaklı, orta derecede yer yer çok ayrışmış Kumtaşı-Şeyl olarak gözlenmiştir. Bu kesimin alt seviyelerinde ise orta sağlam-sağlam dayanımlı, mavimsi gri renkli, orta derecede sık çatlaklı, az ayrışmış Silttaşı-Şeyl niteliğindedir.

Tez çalışmasına konu olan ve Giriş Portal kesimi çevresinde kalınlığı oldukça fazla olan "Yapay Dolgu" birimi yer almaktadır. İnceleme alanı yakınında 1990-1993 yılları arasında yapılan bir alışveriş merkezinin kazılarından elde edilen pasa malzemesi, Levazım vadisine doldurulmuştur. Temel kazılarının Trakya Formasyonuna ait kaya birimlerinde yapılmış olması birimin kökenini oluşturmuştur. Yapılan saha incelemelerinde dolgu kalınlığı tüneli etkileyen yakın kesimlerde maksimum 24 metre olarak belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasının temel amacı, tünel giriş portalının jeolojik ve jeoteknik özelliklerini ortaya koyarak, nihai tasarımlar için jeoteknik parametreleri hesaplanması ve karşılaşılabilecek jeoteknik problemleri değerlendirerek çözüm üretmeye çalışmak olarak özetlenebilir. Dolmabahçe-Levazım-Armutlu Tüneli'nin Armutlu-Dolmabahçe ve Levazım'ı birbirine bağlayan Levazım Kavşağı ve dolayından bir görünüm Şekil 1.2 ve Şekil 1.3'de verilmiştir

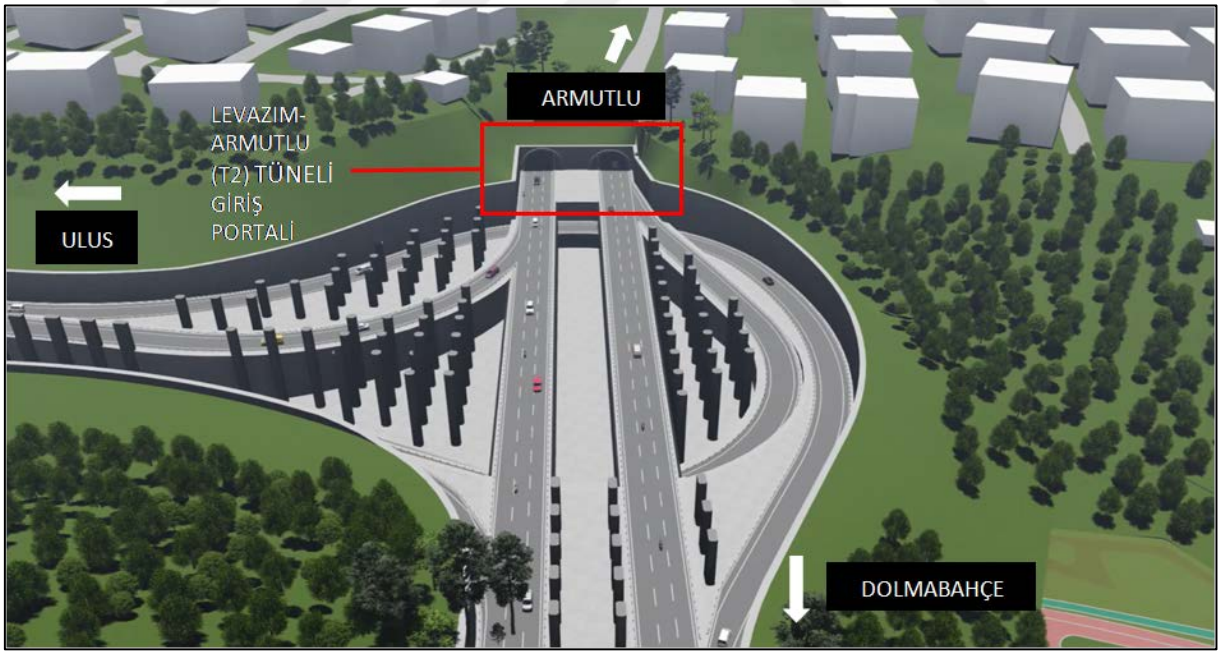
Şekil 1.2: Levazım-Armutlu Tüneli Sağ ve Sol Giriş Portallerini ve dolayını gösteren uydu görüntüsü (Google Earth, 2018)



Şekil 1.3: Dolmabahçe-Levazım-Armutlu Tüneli'nin Armutlu-Dolmabahçe ve Ulusu birbirine bağlayan Levazım Kavşağı dolayını gösteren 3D Arazi Modeli

Levazım-Armutlu (T2) Tüneli'nin arazide sağ ve sol tüplerinin konumunu gösteren arazi fotoğrafı ile projelendirilmesi tasarlanan üç boyutlu görseli sırasıyla Şekil 1.4 ve Şekil 1.5'de verilmiştir.

Şekil 1.4: Levazım-Armutlu Tüneli Sağ ve Sol Giriş Portallerinin arazi üzerindeki konumunu gösteren bir fotoğraf



Şekil 1.5: Levazım-Armutlu Tüneli Giriş Portalını gösteren 3D Arazi Modeli

1.2 İNCELEME ALANININ TANITILMASI

1.2.1 İnceleme Alanının Konumu

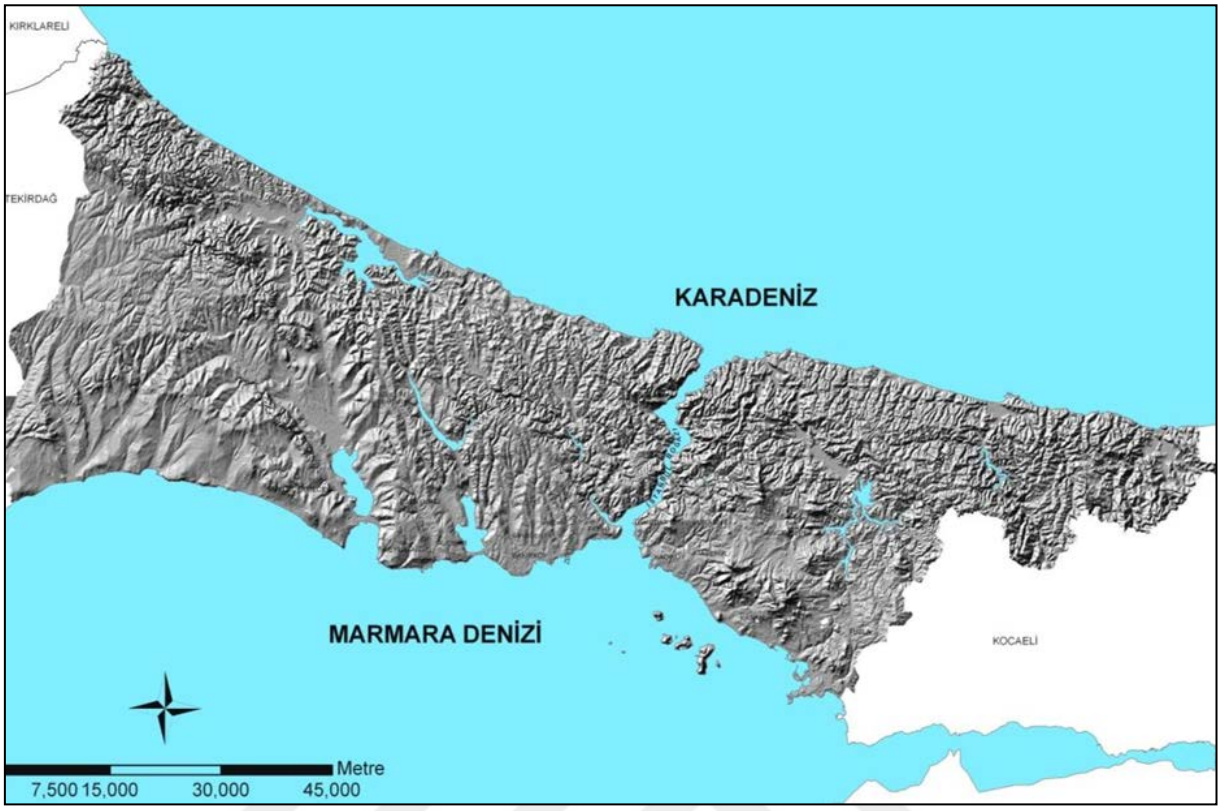
Levazım-Armutlu Tüneli, İstanbul İli sınırları içinde olup, İstanbul ili Avrupa Yakası, Beyoğlu-Şişli-Beşiktaş ve Sarıyer ilçeleri sınırları içerisinde yer almaktadır. Tezin konusunu oluşturan Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portal Kesimi İstanbul İli Avrupa Yakası, Beşiktaş ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Doğusunda İstanbul Boğazı, batısında Şişli İlçesi, kuzeyinde Sarıyer İlçesi, güneyinde ise Beyoğlu İlçesi bulunmaktadır[1]. Dolmabahçe-Levazım-Armutlu Karayolu Tünelleri' ne ait yerbulduru haritası Şekil 1.6'da gösterilmiştir.

Şekil 1.6: Dolmabahçe-Levazım-Armutlu Karayolu Tünellerinin uydu görüntüsü üzerindeki konumu (Google Earth, 2018)

1.2.2 Çalışma Alanının Morfolojisi

Beşiktaş İlçesi, yeryüzü şekilleri açısından incelendiğinde denize paralel uzanan yamaçlar biçiminde oluşmuş kıyı kesimleri ve batıda Beyoğlu platosunun devamı niteliğinde az engebeli düzlükler ile kuzeyde ve doğuda vadilerin şekillendirdiği küçük düzlüklerden meydan gelmiş art bölgelerden oluştuğu görülmektedir. İlçenin kıyı kesimleri fazla girintili çıkıntılı değildir.[2] İstanbul İl alanı ve dolayının kabartı haritası Şekil 1.7'de gösterilmiştir.

[1] https://www.istanbul.net.tr/istanbul-rehberi/dosyalar/bolumler/besiktas/7/67
[2] http://www.bjksokagi.com/bs/semtimiz/cografiolusumuyla.htm



Şekil 1.7: İstanbul İl alanı ve dolayının kabartı haritası (Özgül ve diğ., 2011)

1.2.3 Ulaşım

İnceleme alanı, Beşiktaş ilçesinde yer alan Levazım mahallesinde bulunmakta olup toplu taşıma ile direkt ulaşım sağlanamamaktadır. Kabataş'tan 58S otobüsleri, Şişli'den de 59S ve 58B otobüsleri kalkmakta ve Levazım Mahallesine gitmektedir. Hususi araçla gidildiğinde veya toplu taşıma kullandıktan sonra Levazım Mahallesi'ne yürünerek ulaşılabilir.

1.2.4 İklim

İstanbul İli sahip olduğu coğrafik konumu ile Türkiye'yi etkileyen tüm hava kütlelerinin etkisi altında bulunmaktadır (Onat, 2012). Kışları ılık ve yağışlı iken yazları ise sıcak olan ılıman iklim kuşağındadır (Birpınar ve diğ., 2011). İnceleme alanı ve çevresi sıcak ve ılıman bir iklimin etkisi altındadır. Beşiktaş'a kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış düşmektedir. Beşiktaş ilçesine ait yıllık sıcaklık ve yağış miktarları Tablo 1.1'de verilmiştir. Köppen-Geiger'e göre iklim Csa'dır. Beşiktaş ilçesine ait yıllık ortalama sıcaklık 14.3 C° olmaktadır. Yıllık toplam ortalama yağış miktarı 764 mm iken Temmuz ayı 24 mm yağışla yılın en kurak ayı, 126 mm yağış miktarıyla en fazla yağış alan ayı ise Aralık olmaktadır. Ağustos 23.3 C° sıcaklıkla yılın en sıcak ayı olurken 6 C° sıcaklıkla en soğuk ayı Ocak olmaktadır.

Yıllık ortalama sıcaklık 17.3 C° olmaktadır. En kurak ve en yağışlı aylar arasındaki fark 102 mm'dir.[3]

Tablo 1.1: İstanbul İli Beşiktaş İlçesine ait yıllık sıcaklık ve yağış miktarı

Aylar	Ortalama Sıcaklık (C°)	Minimum Sıcaklık (C°)	Maksimum Sıcaklık (C°)	Yağış Miktarı (mm)
Ocak	6	3.3	8.7	107
Şubat	6.1	3.3	9	71
Mart	7.6	4.2	11	70
Nisan	11.8	7.7	16	49
Mayıs	16.3	12	20.6	33
Haziran	20.7	16.1	25.3	29
Temmuz	23	18.8	27.3	24
Ağustos	23.3	19.3	27.3	34
Eylül	20.2	16.1	24.3	48
Ekim	16	12.4	19.6	78
Kasım	11.9	8.7	15.2	95
Aralık	8.3	5.6	11.1	126

1.2.5 Bitki Örtüsü

İstanbul ve dolayının bitki örtüsü Akdeniz bitkilerini andırırken en sık görülen bitki "maki" olmaktadır. Esasen sahip olduğu iklim özellikleri sebebiyle her türlü bitki yetişmektedir. Orman bakımından zengin sayılır. İl'in %60'ı orman ve fundalıktan oluşmaktadır.[4]

[3] https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/istanbul/besiktas-25628/
[4] http://www.cografya.gen.tr/tr/istanbul/iklim.html

1.3 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

1.3.1 Araştırma Alanı ile İlgili Çalışmalar

Tchihatcheff (1864) Paleozoyik istif üzerinde çalışmalar yapmıştır. Ayrıca Trakya Formasyonu'na fosilsiz şeyl ve kumtaşı ayırtlaması kullanarak birime Devoniyen yaşını vermiştir.

Penck (1919) Paleozoyik istif üzerinde yapılmış ikinci önemli çalışmadır. Paleozoyik arazisinin sınırlarını çizerek Kumtaşı-Şeyl ardışımlı Trakya Formasyonu' n Devoniyen yaşını vermiştir.

Chaput (1936) Trakya Serisi'ni farklı bölgelerde inceleyerek birime Üst Devoniyen yaşını vermiştir.

Paeckelman (1938) İstanbul ve çevresinde yaptığı çalışmalar sonucu bölgeye ait 1/75.000 ölçekli jeolojik haritalarını yayınlamıştır. Ayrıca Paleozoyik istifi yaşlıdan gence doğru sıralamıştır.

Yalçınlar (1951) Cebeciköy kireçtaşlarında bulduğu fosillere dayanarak Trakya Formasyonu'nun yaşının ilk defa Alt Karbonifer olduğunu belirtmiştir.

Abdülselamoğlu (1963) Trakya Serisi'nin yaşının Karbonifer olduğunu ayrıca Karbonifer yaşlı serilerin sıklıkla kuzey-güney doğrultusunda kıvrılarak Hersiniyen sistemi ile oluştuklarını ortaya koymuştur.

Kaya (1971) Trakya Formasyonu'nu Heybeliada Kireçtaşı, Cebeciköy Kireçtaşı Küçükköy Üyesi, Acıbadem Üyesi, Çamurluhan Üyesi, olarak ayırtlamış ve içerinde bulunan fosillere dayanarak birimin yaşının Vizeen olarak tanımlamıştır.

Kaya (1978) Paleozoyik istifi Kurtköy arkoz birimi, Aydos kuvars arenit birimi, Büyükdere şeyl birimi, İstinye kireçtaşı, Büyükada formasyonu, Kartal formasyonu, Baltalimanı formasyonu, Trakya formasyonu, Belgrad formasyonu şeklinde sıralamıştır.

Önalan (1982) İstanbul Bölgesi'ne ait Paleozoyik istifin çökelme ortamını araştırarak bölgeyi etkileyen ilk tektonik hareketin Alt Karbonifer 'de geliştiğini söylemiş ve istifi alttan üste doğru sıralamıştır.

Ketin ve Güner (1989) Yaptıkları çalışmalarda Trakya Formasyonu'nun yapısal özelliklerini inceleyerek formasyonda Hersiniyen Orojenezine bağlı olarak doğu-batı yönlü, Alpin Orojenezine bağlı olarak da kuzey-güney yönlü sıkışma hareketlerinin olduğunu ortaya koymuştur.

Ustaömer ve Robertson (1993) yaptıkları çalışmada, "İstanbul Paleozoyik" inin kökeni hakkında iki farklı düşünce ileri sürerek başlangıçta Gondwanaland'in bir parçası olduğu sonrasında ise Lavrasya'ya dahil olduğu ya da Geç Kretase'de Karadeniz bir yay ardı havza olana dek Lavrasya'nın sınır bölgesinde dahil olduğudur.

Okay ve diğ. (1994) Çalışmalarında, "İstanbul Zonu"nun kökenini araştırmış ve Bu Zon'un, önceden batıdaki Moezya Platformu ile bitişikken, Geç Kretase-Paleosen döneminde iki transform fay boyunca Odessa Şelfine göre güneye doğru hareket ettiğini sürmüşlerdir

Seymen (1995) Kocaeli yarımadasında bulunan Paleozoyik istifle ilgili yapılmış çalışmaları sentezleyerek ve stratigrafik dizilimi alttan üste doğru Kurtköy formasyonu, Aydos formasyonu, Yayalar formasyonu, Şeyhli formasyonu, Dolayoba formasyonu, Soğanlı formasyonu, Kartal formasyonu, Denizli formasyonu, Yelkentepe formasyonu ve Trakya formasyonu olarak sıralamıştır.

Chen ve diğ. (2002) yaptıkları çalışmada komşu tektonik zonlarının aksine, İstanbul Zonu'nda bulunan Erken Kambriyen mineral yaşlarının, Hersiniyen, Kimmeriyen ya da Alpin orojenezleri sırasında termal olarak yeniden aktive olmadıklarını gösterdiğini öne sürmüşlerdir. İstanbul Zonu'nun, Güney Avrupa Sütur Zonu boyunca yerleşmiş olduğunu varsayarak, taşınmış zirkonları almış olabileceği kuzeydoğu Gondwanaland'e yakın bir yerde olduğunu belirtmişlerdir.

Gedik ve diğ. (2005) Kocaeli Yarımadası'nın tümünde yapmış oldukları çalışmada, önceki çalışmalarda karasal çökellerle başlatılan Paleozoyik istifinin altında denizel ve olası delta çökellerinin (Kocatöngel ve Bakacak) bulunduğunu belirlemişlerdir.

1.4 MALZEME VE ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı'nın ayrıntılı mühendislik jeolojisi çalışmaları ve jeoteknik değerlendirmesinin gerçekleştirilebilmesi ve birimlerin türleri, derinlikleri, dokanak sınırları ve jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi için zemin araştırma sondajları yapılmıştır. Bu kapsamda sahada kaya birimlerden süreksizlik ölçümleri alınmış, 14 adet sondaj çalışmasının ile 6'sında 31 adet pressiyometre arazi deneyleri yapılmıştır. Dolgu-zemin-kaya arasındaki sınırının detaylı tespiti amaçlı 4 doğrultuda Jeofizik (MASW) çalışması yapılmıştır. Sondajlarla alınan numuneler üzerinde mühendislik parametrelerini saptamak için laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerle parametreler belirlenmiş ve en uygun destek sistemi için deplasman miktarlarının ve güvenlik katsayılarının bulunduğu stabilite analizleri yapılmıştır.

2. JEOLOJİ

2.1 GENEL JEOLOJİ

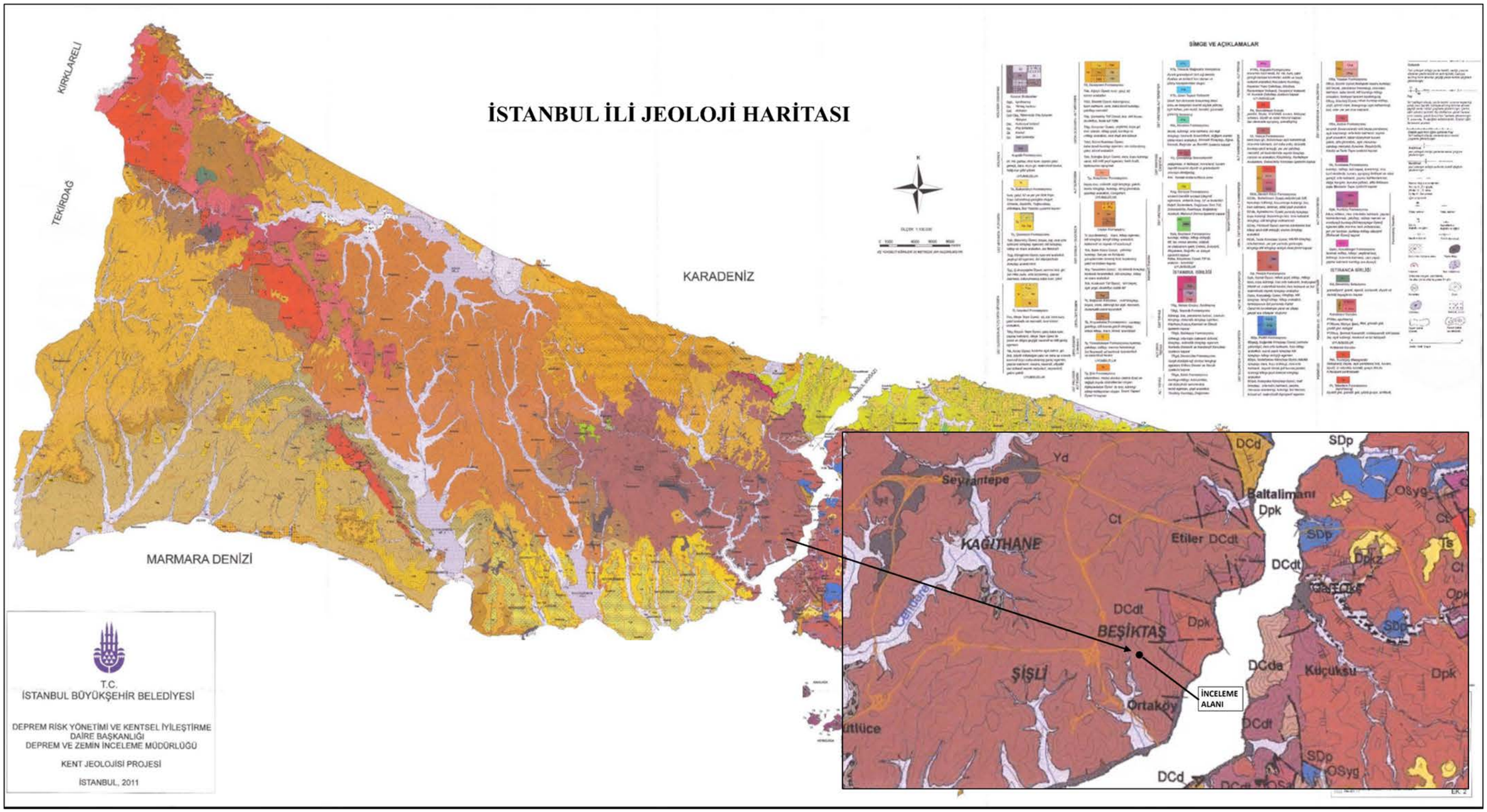
İstanbul içerisinde metamorfizma geçirmiş ve geçirmemiş iki büyük kaya-stratigrafi birimi topluluğu bulunmaktadır. Özgül, yaptığı çalışmada iki zondan metamorfizma geçirenine "Istranca Birliği", geçirmeyenine "İstanbul Birliği" adını vermiştir (Özgül ve diğ., 2011). İnceleme alanı İstanbul İl sınırları içerisinde yer alıp, İstanbul Birliğine dahildir.

Akyüz (2007) "İstanbul'un Jeolojisi ve Depremselliği" isimli çalışmasında; İstanbul ve dolayında, İstanbul Palezoyik kayaları Ordovisiyen'den Karbonifer'e kadar uzanan transgresif bir istiften ve Permiyen yaşlı magmatik kayalardan oluşturduğunu söyler. Bölgenin yüzeye çıkan en yaşlı kaya birimlerini Erken Ordovisiyen yaşta akarsu ve göl ortamlarını temsil eden Kocatöngel ve Kurtköy formasyonları oluştururlar. Erken Ordovisyen'de kara halinde bulunan bölge, Geç Ordovisiyen–Erken Siluriyen'de Kınalıada ve Aydos formasyonlarının feldispatlı kuvars-vake ve kuvars-arenitleriyle temsil edilen bir transgresyonla başlayıp Siluriyen ve Devoniyen'de giderek derinleşen, tektonik bakımdan duraylı bir denizle kaplanır. Bu dönemde yaşlıdan gence doğru mika pullu miltaşı-kumtaşının egemen olduğu Üst Ordovisiyen(?)–Alt Siluriyen yaşlı Yayalar formasyonu, şelf tipi karbonat çökelimini yansıtan Alt Siluriyen–Alt Devoniyen yaşlı Pelitli formasyonu, düşük enerjili açık şelf ortamlarını temsil eden, bol makrofosilli, seyrek kireçtaşı arakatkılı mikalı şeylleri kapsayan Alt–Orta Devoniyen yaşlı Pendik Formasyonu ve açık şelf-yamaç ortamını temsil eden yumrulu (sucuk yapılı), şeyl arakatkılı kireçtaşı killi kireçtaşının yoğun olduğu Üst Devoniyen-Alt Karbonifer yaşlı Denizli Köyü Formasyonu çökelmiştir (Özgül, 2012). Palezoyik istifin son birimini Trakya Formasyonu oluşturmaktadır (Akyüz, 2007). Özgül (2012), Ordovisiyen'den Karbonifer başlangıcına değin havza tektonik duraylılık gösterirken Erken Karbonifer'de filiş türü kumtaşı-şeyl ardışığı (Trakya Formasyonu) ile temsil edilen türbiditik akıntıların etkin olduğu duraysız ortam karakterine bürünür. Karbonifer–Permiyen aralığında etkin olan tektonik hareketlere bağlı olarak, Sancaktepe Graniti (Permiyen) ile temsil edilen magmatik sokulumlar gelişir. Variskiyen hareketlerin etkisiyle havza günümüzdeki yönlere göre kabaca D-B doğrultulu sıkışma sonucu K-G eksen gidişli bakışımsız kıvrım ve D-B yönlü bindirmelere

sahne olur. Bu hareketler sonucu karalaşan bölgede Permiyen-Erken Triyas yaşlı Kapaklı Formasyonu kalın karasal birikintiler geniş alanlar kaplar.

İstanbul İl sınırları içinde Jura-Erken Kretase aralığını temsil eden kaya birimleri rastlanamamıştır. Bundan sebeple Triyas yaşlı kaya birimleri üzerine Üst Kretase yaşlı birimler uyumsuz olarak gelmiştir (Şenol, 2015).

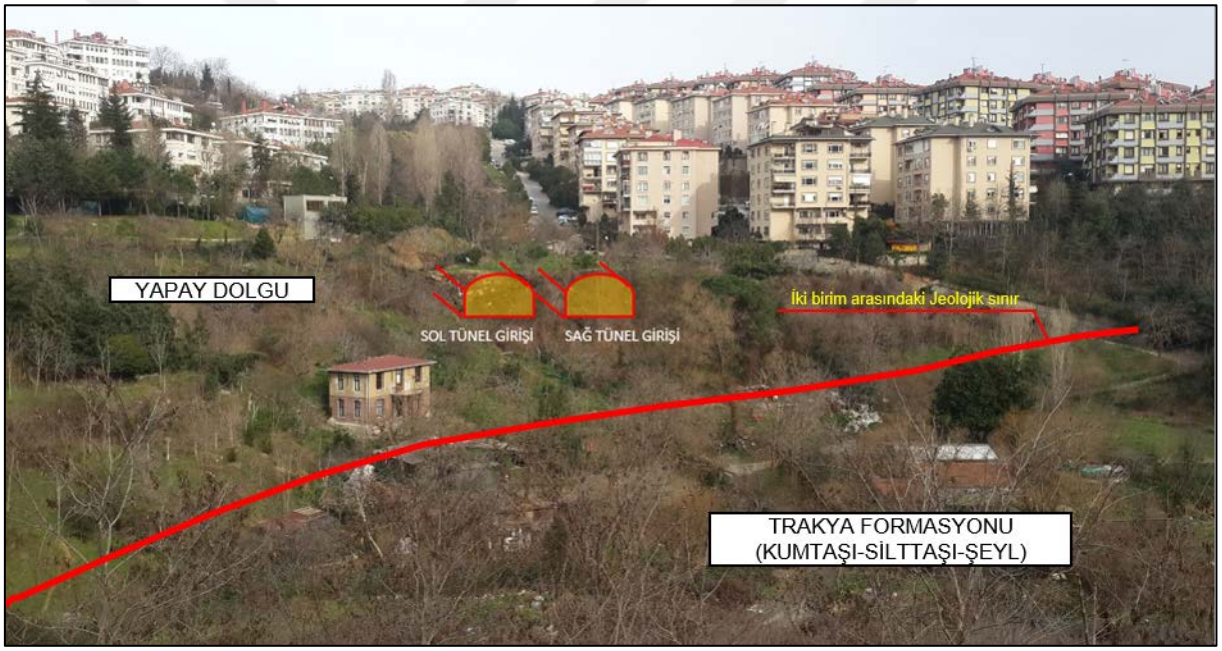
İstanbul bölgesi Erken Paleozoyik (Ordovisiyen)–Kuvaterner aralığını kapsayan jeolojik zaman diliminin önemli bölümünü temsil eden kaya stratigrafi birimlerini içerir ve bu süreçte etkin olmuş önemli tektonik olayların derin izlerini taşır (Özgül, 2012). İstanbul İli yüzey jeolojisini ve inceleme alanının gösteren harita Şekil 2.1'de verilmiştir. İnceleme alanı olan Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalında Alt Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonuna ait birimler ile Yapay Dolgu birimlerine rastlanılmaktadır.



Şekil 2.1: İstanbul Avrupa Yakası Yüzey Jeoloji Haritası (ölçeksiz) ve stratigrafisi (İBB, 2011)

2.2 İNCELEME ALANININ JEOLOJİSİ

Levazım-Armutlu Karayolu Tüneli'nin giriş portalını oluşturan inceleme alanında karşılaşılan birimler ise Alt Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonuna ait kumtaşı-silttaşı-şeyl birimleridir. Bu birimlerin üzerine ise giriş portalında şu anda var olan yerleşim yerlerinin inşaatı esnasında oluşan yapay dolgu sahalarının oluşturduğu ve 6,00 metre ile 21,00 metre arasında değişiklik gösteren dolgu malzemelerine rastlanılmaktadır. Bölgeye ait genelleştirilmiş stratigrafik kesit Şekil 2.3'de verilmiştir. Birimler ile ilgili ayrıntılı açıklama aşağıda yer almaktadır. Tünel Giriş Portalının ve yakın çevresinde gözlenen kumtaşı-silttaşı-şeyl birimi ile yapay dolgu arasındaki jeolojik sınırın görüldüğü arazi fotoğrafı Şekil 2.2'de verilmiştir.

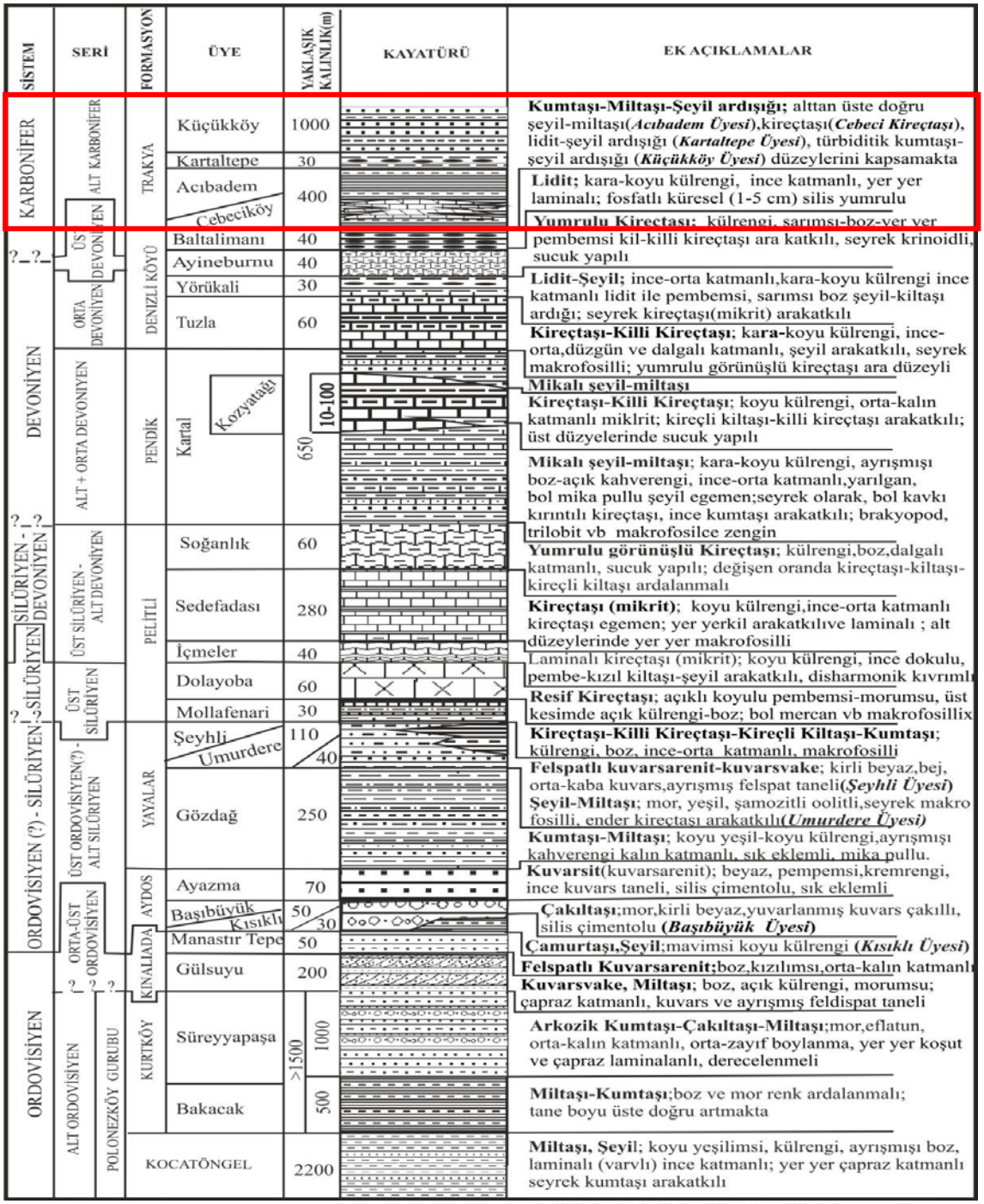


Şekil 2.2: Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı ve yüzeyde görülen jeolojik birim sınırı

2.2.1 Stratigrafi

Paleozoyik (Ordovisiyen)-Kuvaterner aralığını içeren jeolojik zaman aralığının büyük bir bölümünü kapsayan kaya stratigrafi birimlerinden oluşturmakta ve bu zaman diliminde meydana gelmiş ciddi tektonik olayların izlerini taşımaktadır. İnceleme alanı ve çevresinde gözlemlenen Paleozoyik kaya stratigrafi birimlerinden Erken Ordovisiyen yaşlı Kocatöngel ve Kurtköy Formasyonları İstanbul bölgesindeki en yaşlı litostratigrafik birime karşılık gelmekte olup kumtaşı, konglomera ve silttaşlarından oluşmaktadır. Kocatöngel Formasyonu yeşilimsi kahverengi-gri renkli silttaşı, şeyl ve ince daneli kumtaşlarının ardalanmasından oluşur. Kurtköy Formasyonu mor, eflatun, kızılımsı renkli, arkozik kırıntılı kayaçlardan oluşmaktadır. Formasyon açık ve koyu renkli arkozik kumtaşı, konglomera ve silttaşlarından oluşmaktadır. Kurtköy Formasyonu Bakacak ve Süreyyapaşa olmak üzere iki üyeye ayırtlanarak incelenmiştir. Kurtköy Formasyonu üzerine Orta-Üst Ordovisiyen yaşlı Kınalıda Formasyonu çökelmiştir. Kınalıda Formasyonu Kınalıada'nın kuzey, batı ve güneyinde iyi yüzeylemeler gösteren feldispatik kumtaşı ve siltttaşlarından oluşur. Formasyon Gülsuyu ve Manastır Tepe Üyelerinden oluşmaktadır. Birim üzerine Üst Ordovisiyen(?)-Alt Silüriyen yaşlı Aydos Formasyonu gelmiştir. İstanbul'un tepelerinde oluşmuş, Kısıklı, Başıbüyük ve Ayazma üyelerinden oluşan Aydos Formasyonuna ait kuvarsit birimlerinin alt kısımlarında konglomera düzeyleri ve mercekler görülmekte olup yer yer silttaşı-şeyl ara katkılıdır. Birim üzerine çökelen Üst Ordovisiyen(?)-Alt Silüriyen yaşlı Yayalar Formasyonu daha çok mikalı feldispatik kumtaşlarından oluşmaktadır ve kendi içerisinde Gözdağı, Umur Deresi ve Şeyhli Üyeleri olarak 3 üyeye ayırtlanmıştır. Yayalar Formasyonu üzerine gelen Üst Silüriyen-Alt Devoniyen yaşlı Pelitli Formasyonu'nun büyük bir bölümü neritik kireçtaşlarından oluşur. Formasyon alttan üste doğru karbonat bakımından zengin şeyl-kumtaşı, şeyl-kireçtaşı ardalanması, bol miktarda makro fosilli resif kireçtaşı, orta-ince tabakalı, laminalı mikritik kireçtaşları ve daha üst kesimlerinde şeyl ara tabakalı merceksi kireçtaşlarından oluşur. Pelitli Formasyonu; Mollafenari, Dolayoba Kireçtaşı, İçmeler, Sedefadası Kireçtaşı ve Soğanlık Kireçtaşı olmak üzere beş üyeye ayırtlanarak çalışılmıştır. Birimi takip eden Alt-Orta Devoniyen yaşlı, özellikle üst kesimleri kireçtaşı arakatkılı Pendik Formasyonu'nun büyük bir kısmı mikalı ince daneli kırıntılı kayaçlardan oluşmaktadır. Birim üyeleri ise Kartal ve Kozyatağı'dır. Birim üzerine Denizli Köyü Formasyonu gelmiştir. Orta Devoniyen-Alt Karbonifer yaşlı olup daha çok kireçtaşı, killi kireçtaşı, yumrulu kireçtaşı ve liditlerden oluşur ve değişken oranlarda şeyl arakatkılıdır. Ayırtlanan üyeleri ise Tuzla Kireçtaşı Üyesi**,** Yürükali

Üyesi, Ayineburnu Üyesi ve Baltalimanı Üyesidir. Alt Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonu daha çok kumtaşı, silttaşı ve şeyllerden oluşurken alt kesimlerde değişik kalınlıklarda kireçtaşı tabakaları ve orta ve üst kesimlerinde ise konglomera mercekleri yer almaktadır. Acıbadem Üyesi, Cebeciköy Üyesi, Küçükköy Üyesi, Kartaltepe Üyesi olmak üzere dört üye adı altında incelenmiştir (Özgül, 2012). İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti Şekil 2.3'de yer almaktadır.



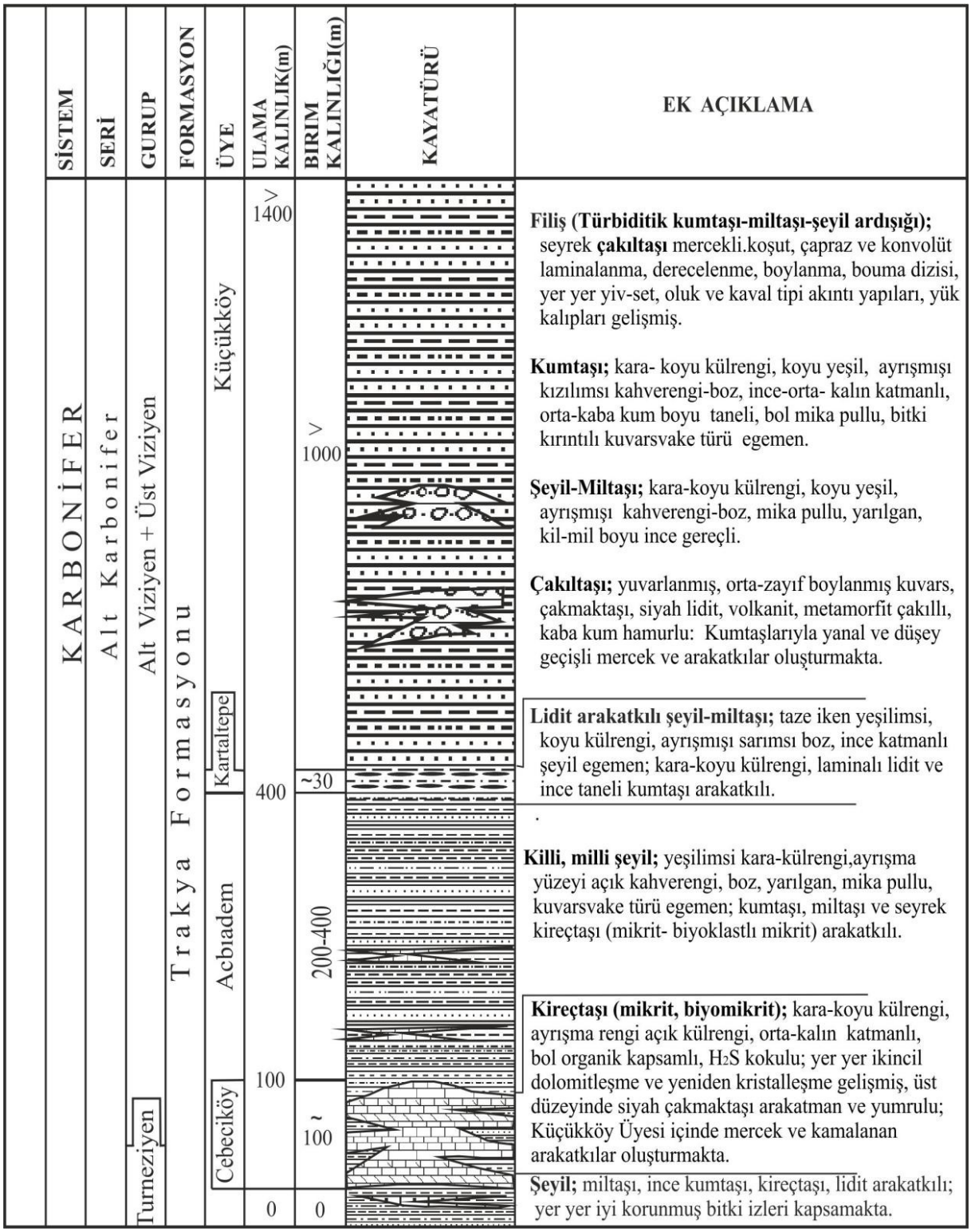
Şekil 2.3: İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Özgül ve diğ., 2011)

2.2.1.1 Trakya Formasyonu

Trakya Formasyonu kil-mil-ince kum boyutu seyrek kireçtaşı arakatkılı kırıntılılarla başlar. Başlıca kumtaşı, miltaşı, şeyl, yer yer çakıltaşı türünden kırıntılı kayaların ardalanmasından oluşur; alt kesimlerinde, değişen kalınlıkta kireçtaşı arakatkı ve mercekleri kapsar (Özgül ve diğ., 2011).

Tchihatcheff (1864) Trakya Formasyonunu ilk olarak İstanbul Boğazının batısında yer alan fosilsiz şeyl ve kumtaşları birimleri olarak tanımlarken, Haas (1968) ise birimi Trakya serisi olarak ayırarak, alttaki mercekli ve kumtaşı istifi radyolaritlerle birlikte Yelkentepe tabakaları olarak adlandırmıştır. Penck (1919), Trakya Formasyonu'nu Boğaz boyunca ve Pendik'te gözlenen fosilli Devoniyen sedimentlerine eş değer karasal bir seri olarak yorumlamıştır. Paeckelman (1938), Penck (1919)'un aksine serinin denizel olduğunu ifade ederek birimin Nierenkalk-Kieselschiefer-Serie ile yaşıt olduğunu belirtirken Okay (1947), Trakya Serisi adıyla incelemiştir. Yalçınlar (1951), Cebeciköy kireçtaşlarında bulduğu fosillere dayanarak Trakya Formasyonu'nun yaşının ilk defa Alt Karbonifer olduğunu belirtmiştir. Birimi Abdüsselamoğlu (1963), Grovak şistleri olarak adlandırırken, Kaya (1973) ve Önalan (1982), Trakya Formasyonu olarak adlamıştır.. Baykal ve Kaya (1963), Trakya Formasyonu'nu ilk defa litostratigrafik çerçevede değerlendirip üyeleri içinde alt bölümlere ayırmıştır ve formasyonun yaşını Vizeen olarak nitelendirmiştir. Haas (1968), Gebze bölgesindeki seriyi düşük karbon içerikli "Ober Thazische Serie" olarak çalışmıştır. Kaya (1971), 2000 metre kalınlığındaki Trakya Formasyonu'nu üç üyeye ayrırarak incelemiştir. Acıbadem Üyesi, Küçükköy Üyesi ve Çamurluhan Üyesi. Hochstetter (1870, in Penck 1919) ve Lebküchner (1974) İstanbul'un kuzeyinde yer alan Belgrad Ormanları içerisinde geniş yayılım gösteren Neojen konglomeraları için serinin adını 'Thrazischen Stufe (Thracian Stage)' olarak vermiştir. Trakya Formasyonu mevcut çalışmalarda dört üyeye ayrılmıştır. Acıbadem Kireçtaşı, Cebeciköy Kireçtaşı, Kartaltepe Üyesi ve Küçükköy Üyesi. (Özgül, 2012)

Ağırlıklı olarak ayrışmış kumtaşı, silttaşı ve şeyl birimlerinden oluşan Trakya Formasyonun alt kısımlarında çeşitli kalınlıklarda kireçtaşlarına rastlanırken, orta ve üst kesimlerde ise yer yer kireçtaşı merceklerine rastlanır. Boğazın Avrupa yakasında geniş bir alan kaplayan Trakya Formasyonu birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Özgül, 2012). Trakya Formasyonu'na ait genelleştirilmiş stratigrafik kesit Şekil 2.4'de verilmiştir.



Şekil 2.4: Trakya Formasyonu'nun genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Özgül ve diğ., 2011)

Cebeciköy Kireçtaşı

Birim Kaya (1971, 1973) tarafından Cebeci Kireçtaşı adıyla adlandırılmıştır ve başlıca şelf tipi neritik kireçtaşından oluşur. Özgül ve diğ. (2005), Trakya formasyonu içinde sınırlı sayıda

mercek ya da arakatkılar halinde yer aldığını, dolayısıyla Trakya formasyonu kapsamında üye aşamasında incelenmesi gerektiğini savunmaktadır. Trakya formasyonu içinde sınırlı sayıda ve değişik boyutlarda mercekler halinde gelişim gösteren kireçtaşlarından oluşur. Egemen kaya türünü oluşturan kireçtaşları taze iken siyah-koyu kül rengi orta-kalın çok kalın katmanlı bol organik kapsamından dolayı H_2S kokuludur (Özgül, 2012). Birimin kalınlığı hakkında kesin bir bilgiye rastlanmazken Cebeciköy taş ocaklarında işletilmekte olan kesimin kalınlığı 50-60 metre civarındadır (Özgül ve diğ., 2005).

Acıbadem Üyesi

Trakya formasyonunun en alt birimini oluşturan üye seyrek olarak silttaşı ve ince daneli kumtaşı arakatmanlı şeyllerden oluşur. Acıbadem Üyesi siyah-yeşilimsi koyu gri renkli ve ince katmanlı, seyrek olarak da, kalınlığı 20-30 cm'yi bulan siyah-koyu gri renkli mikritik kireçtaşı arakatkılıdır (Özgül, 2012).

Kartaltepe Üyesi

Kartaltepe Üyesi lidit ara katkılı şeyllerden oluşur. Bu birim Kaya (1971) tarafından Kartaltepe Üyesi olarak adlandırılmıştır. Liditler siyah-koyu gri renkli, ince katmanlıdır. Şeyller yeşil, siyah, koyu gri ve ince katmanlıdır. Birimin kalınlığı yaklaşık 30 m civarındadır. Kartaltepe Üyesi Gümüşdere Köyü civarında Acıbadem Üyesinin ince daneli kırıntılı kayaları ve Cebeci Ocaklarındaki Cebeci kireçtaşı Üyesinin ince orta tabakalı kireçtaşları üzerine uyumlu olarak çökelmiştir (Özgül, 2012).

Küçükköy Üyesi

Küçükköy Üyesi konglomera mercekleri içeren kumtaşı şeyl birimlerinden oluşur. Kumtaşları yeşilimsi, koyu külrengi renkli, ayrışma yüzeyi kırmızımsı kahverengi-koyu gridir. Acıbadem Üyesinin ince daneli, kırıntılı kayalarından başlıca silttaşı ve şeyl birimleri, mikalı iri daneli kumtaşı ve şeyllerin kalın bir türbiditik ardalanma ile kaplanır. Kumtaşları 5cm-50 cm arasında inceden kalına doğru düzenli tabakalanmış haldedir (Özgül, 2012).

2.2.1.2 Yapay Dolgu

Tarihsel yarımada başta olmak üzere şehrin çeşitli kesimlerinde değişik kalınlıklarda yapay dolgular mevcuttur. Bu tarihi dolgular başlıca inşaat atıkları olan taş, tuğla, ahşap, beton ve plastik malzemelerden oluşur. Eminönü, Sirkeci, Karaköy, haliç kıyıları, Üsküdar-Kadıköy

arası sahil hattında kalınlığı 2-40 metre arasında değişen kalınlıktaki yapay dolgular geniş alan kaplamaktadır.

Çalışma alanında mevcut olan Yapay Dolgular daha önce burada yapılmış olan inşaatlar sırasında çıkan kazı dolgularının inceleme alanı ve çevresine atılması ile oluşmuş kalınlığı 6,00 ile 21,00 metreler arasında değişiklik gösteren Trakya Formasyonu kökenli Kumtaşı birimlerinden oluşmaktadır.

2.3 YAPISAL JEOLOJİ VE TEKTONİZMA

İstanbul jeolojik olarak bir hayli karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu durumun başlıca sebepleri kılavuz düzeylerinin seyrek ve kolay tanınır olmaması, yerleşim bölgelerindeki örtü veya dolgular da yapısal unsurların izlenmesinin güç olması, stratigrafik istifte birbirine benzeyen birimlerin tekrarlanması, interferans kıvrımları, üstlenen orojenik hareketler, çok sayıda faylar ile andezit veya diyabaz dayklarının sokulmasıdır.

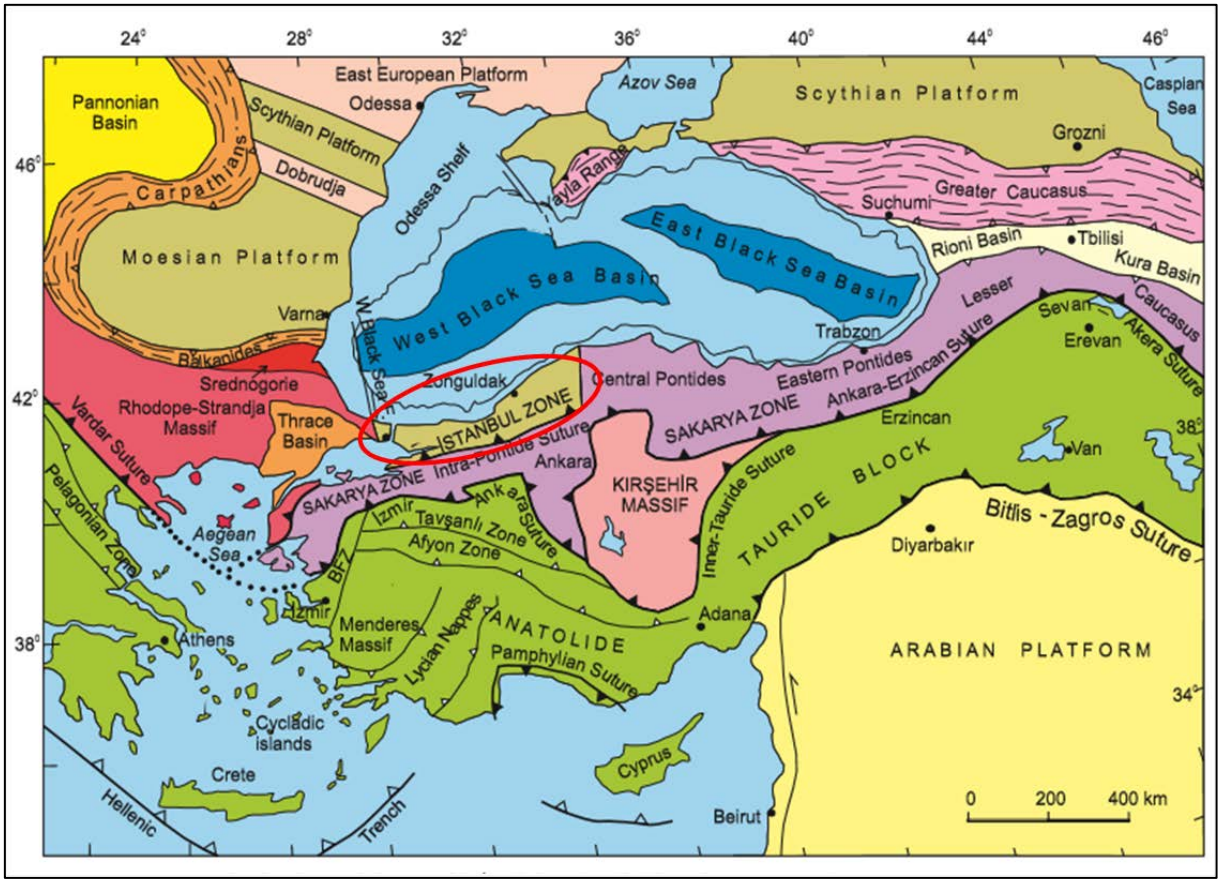
İstanbul Paleozoik istifleri Hersiniyen orojenik hareketiyle sıkışık, kapalı, asimetrik ve konsantrik tipte kıvrımlanmış olup yerel olarak diapirik olanları da vardır. İstanbul Paleozoik çökelleri içerisinde göreceli olarak daha dayanımlı birimlerin bulunduğu yerlerdeki kıvrımlar daha geniş ve konsantrik yapıdadır. Fakat daha az dayanımlı seviyelerde sıkışık kıvrımlar gözlemlenmektedir (Oktay ve Eren, 1991).

İstanbul üzerinde etkili Alpin Orojenezi içerisindeki tüm yaşlı birimler Üst Kretase-Paleosen ve Alt Eosen yaşlı birimlerin üzerine itilmişlerdir. Bu hareketlerin sonucunda Mesozoyik-Alt Tersiyer yaşlı birimler ilk kez, Paleozoyik yaşlı birimler de yeniden kıvrımlanmışlardır. Alt Eosen'den günümüze kadar gelişmiş sedimentler alttaki temelin kırılmaları nedeniyle açık kıvrımlar meydana getirmişlerdir (Oktay ve Eren, 1991).

Paleozoyik birimlerini açısal uyumsuzlukla örten Eosen, Oligosen ve Miyosen sedimanları, sıklıkla az eğik ya da yataya yakındır. Genellikle epirojenik hareketlerin etkili olduğu istifler Soğucak, Ceylan, Karaburun, Gürpınar, Çukurçeşme, Güngören ve Bakırköy Formasyonları olarak ayırtlanmışlardır. Eosen, Oligosen ve Miyosen sedimanları büyük oranda tabandaki Trakya Formasyonu'nun paleojeolojik konumunun etkisi altında kalmışlardır. Pliyosen'den itibaren bölgede gerçekleşen sıyrılma tektoniği nedeniyle gelişmiş Kuzey Asya Fay Zonu'nun

sebep olduğu deformasyonlarla İstanbul Yarımadası güneyindeki Neojen çökellerinde açık kıvrımlanmalar ve faylanmalar oluşmuştur (Oktay ve Eren, 1991).

Bu tezin konusu olan inceleme alanının bulunduğu İstanbul İli, Batı Pontid tektonik kuşağı içerisinde yer alır. Bu tektonik kuşak güneyde İzmir-Ankara-Erzincan sütur zonu ile sınırlanır. Batı Pontid kuşağının temeli, üç farklı kıtasal topluluk ile temsil edilir: 1. Batıda Trakya bölgesinde temeli oluşturan Istranca masifi, 2. Paleozoyik yaşlı bir çökel seri ile temsil edilen İstanbul zonu, 3. Sakarya kıtasıdır (Şenol, 2015) (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: İnceleme alanının bulunduğu yeri gösteren Türkiye ve Yakın Çevresinin Yalınlaştırılmış Tektonik Haritası (Okay ve Tüysüz, 1999)

2.4 DEPREMSELLİK

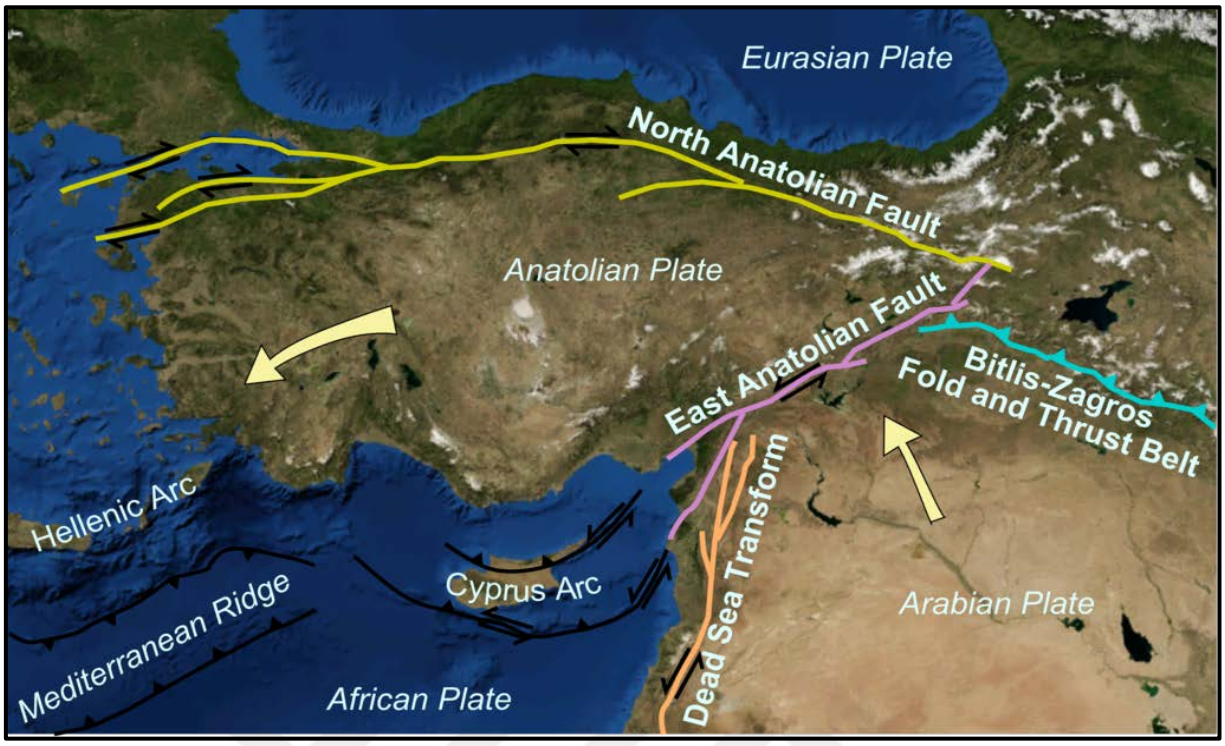
Yerkabuğu üzerinde gözlemlenen tektonik hareketlerin büyüklükleri ve verdikleri zararlar göz önüne alındığında iki büyük deprem kuşağının en fazla risk taşıdığı görülmektedir. Bu iki tehlikeli deprem kuşağı Büyük Okyanusu çevreleyen ve en çok Japonya üzerinde etkili olan Pasifik Deprem Kuşağı ile Cebelitarık ve Endonezya adaları arası gibi büyük bir alanda etkili olan Türkiye'nin de içinde bulunduğu Alp-Himalaya deprem kuşağıdır.[5]

Alp-Himalaya Deprem Kuşağında, dünya üzerindeki depremlerin %17'si gerçekleşir. Bu deprem kuşağı Endonezya'da başlayıp Himalayalar ve Akdeniz'den geçerek Atlas Okyanusu'na uzanır. Türkiye de Alp Himalaya Deprem Kuşağında olması sebebiyle tektonik açıdan aktif bir yerde bulunmaktadır.[6]

Türkiye'nin güneyinde kuzeye doğru hareket ederek Anadolu bloğunu sıkıştıran Afrika ve Arap levhaları vardır. Bu levhalardan Arap levhasının sıkıştırma hızı diğerine göre daha fazladır. Kuzeyde ise Avrasya olarak adlandırılan hareketi son derece düşük Avrupa-Asya levhası bulunmaktadır (Gündoğdu ve diğ., 2012) (Şekil 2.6).

Levhaların mevcut konum ve hareketleri Anadolu Bloğunun batıya doğru hareket etmesine ve ülkemizin neredeyse tamamının önemli deprem riski altında kalmasına neden olmaktadır (Açıkgözoğlu, 2008).

[5]http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/SubSites/DepremSite/Pages/DepremlerinOlusumYerleriveTurkiyeninDurumu.aspx
[6]http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvRGVwcmVtX2t1JUM1JTlGYWtsYXIlQzQlQjE



Şekil 2.6: Türkiye'nin tektonik evrimine sebep olan levha hareketleri [7]

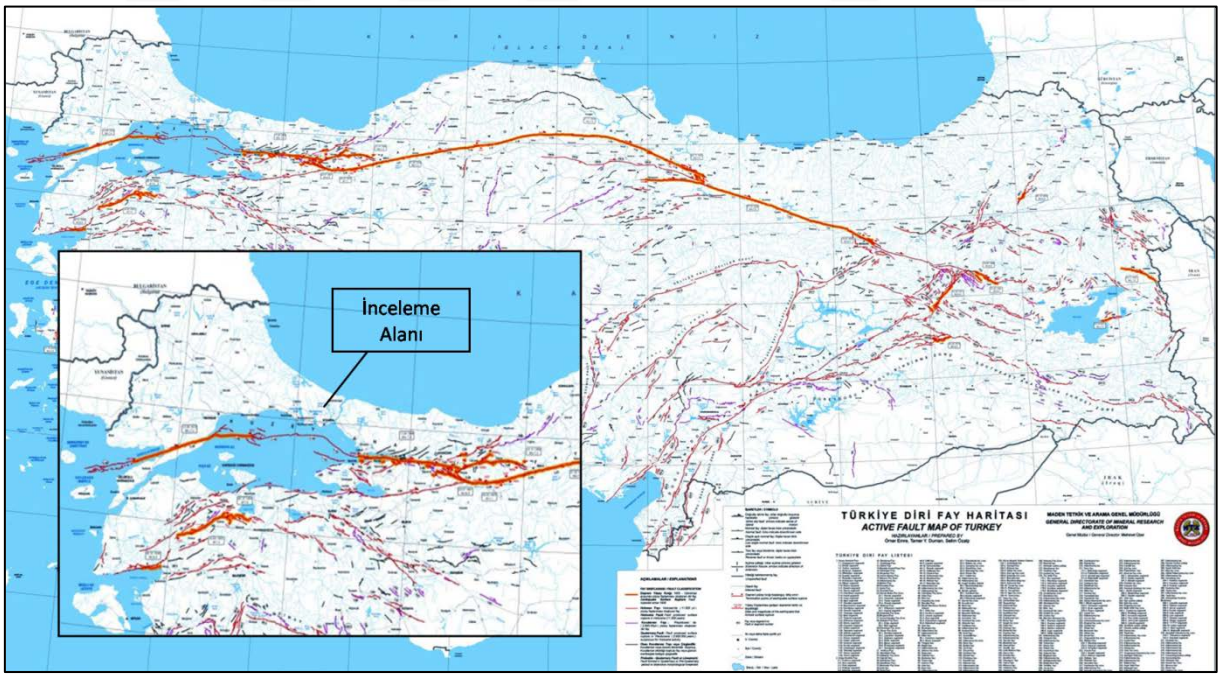
İnceleme alanının etkisinde kaldığı Kuzey Anadolu Fayı batıda çatallanmakta ve üç ana kola ayrılmaktadır. Elde edilmiş sismolojik veriler en kuzeydeki kolun en aktif durumda olduğunu göstermekte, GPS verileri de Kuzey Anadolu fayı üzerindeki yıllık ortalama 2 cm olarak tespit edilmiş hareketin büyük kısmının bu kol üzerinde gerçekleştiğini göstermektedir. Bu kol Marmara denizine İzmit körfezinden girerek deniz içerisinden geçerek Mürefte dolayından yeniden karaya çıkar. 17 Ağustos 1999 depremi sonrasında üretilen uluslararası projelerdeki veriler ışığında bu kolun Marmara denizi içerisinde iki parçalı bir tek fay şeklinde uzandığı ortaya çıkmıştır (Tüysüz, 2003).

[7] https://cografyaabidin.weebly.com/duumlnyadak304-levhalar.html

2.4.1 İstanbul ve Çevresinin Depremselliği

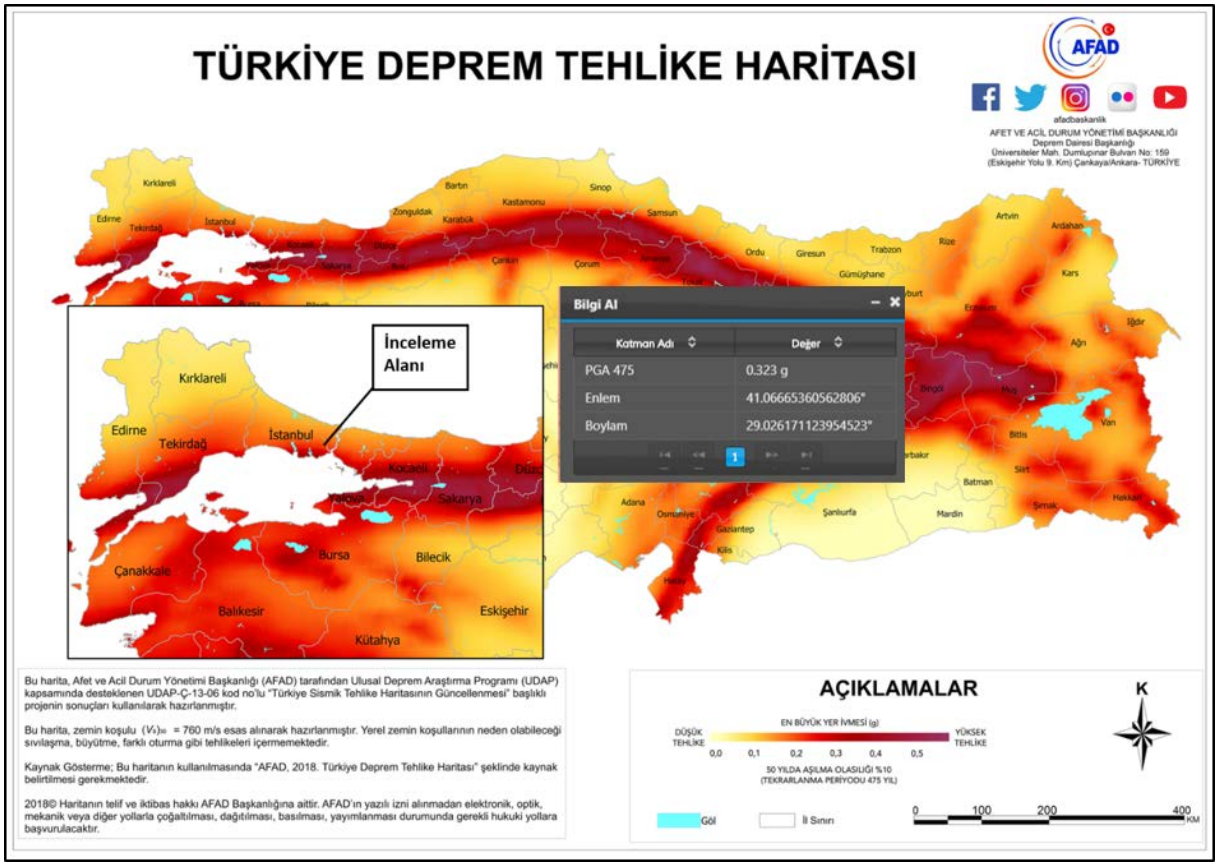
Tarihi kayıtlara göre, İstanbul'da birçok yıkıcı deprem olmuştur. Birçok defa büyük hasar görmesine karşın episantr, merkez olarak deprem oluşturacak nitelikte tektonik bir kırığa sahip değildir. Daima civar depremlerin, Marmara Denizindeki Kuzey Anadolu Deprem alanının devamı olan tektonik hattın ve bu hat üzerindeki deprem merkezlerinin etkisinde kalmıştır (Önalan, 1982).

Marmara Bölgesinde KAFZ'nin 3 koldan Kuzey, Orta ve Güney olarak uzanması yüksek deprem riski yaratmaktadır. Geçmişten günümüze yapılmış sismoloji ve paleosismoloji çalışmaları bu bölgede MS 400 yılından sonra büyüklüğü $M \geq 6.8$ olan 43 depremin meydana geldiğini ve bunlardan bir kısmıyla ilişkili 23 adet tsunami oluştuğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte bu bölgede ciddi sayıda mikro deprem aktivitesi olmaktadır. 20. Yüzyıl içerisinde büyüklüğü $M \geq 5.0$ olan 55 adet deprem meydana gelmiştir (Utkucu ve diğ., 2011). Marmara Bölgesinde KAFZ'nin uzanımını gösteren diri fay haritası Şekil 2.7'de gösterilmiştir. İnceleme alanının yenilenmiş diri fay haritasındaki üzerindeki konumuna bakıldığında en yakın diri faya yaklaşık 20-25 km uzaklıkta bulunmaktadır.



Şekil 2.7: Marmara Bölgesinde KAFZ'nin uzanımını gösteren diri fay haritası (MTA Diri Fay Haritası)

1996 yılında yürürlüğe giren Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından yenilenmiştir ve yeni harita 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Harita üzerinde inceleme alanının yeri Şekil 2.8 de verilmiştir.



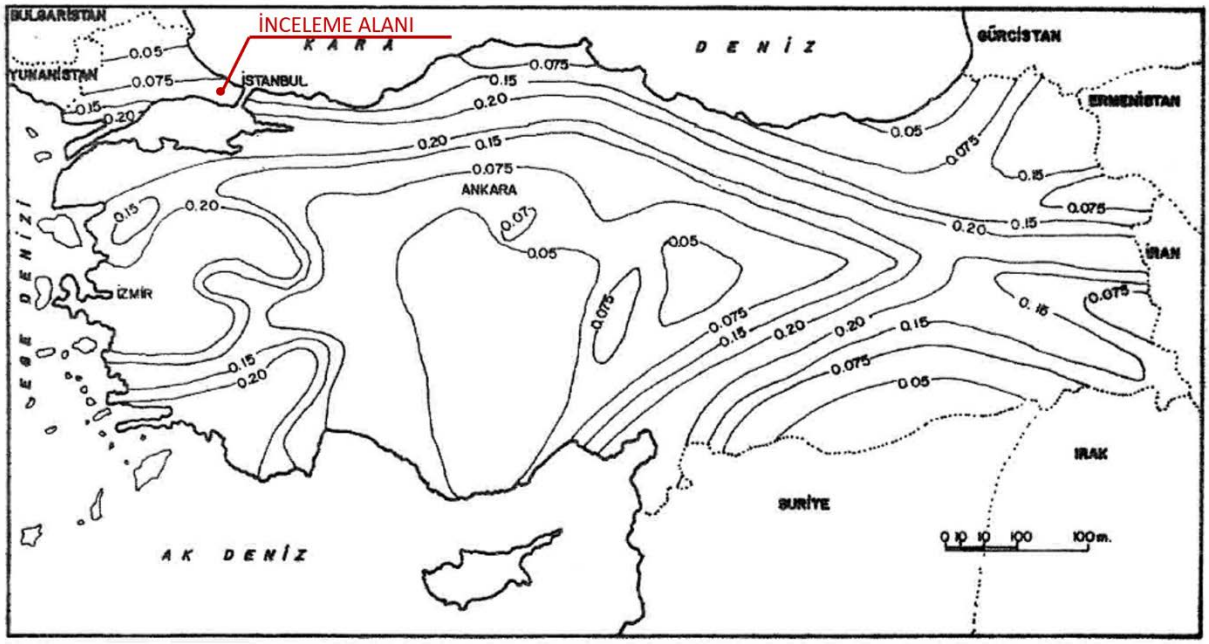
Şekil 2.8: Dolmabahçe-Levazım-Armutlu karayolu Tüneli'nin 2019 yılında yürürlüğe girmiş olan Türkiye Deprem Tehlike Haritası üzerindeki konumu [8]

Şev stabilite analizlerine esas yatay deprem katsayıları haritası ise Şekil 2.9 da yer almaktadır. Tez kapsamında yapılan dinamik durum şev stabilite analizlerinde kullanılan yatay deprem katsayısı, Türkiye Deprem Tehlikesi Haritasından elde edilen katsayının yarısı olarak hesaba alınmıştır. Türkiye Deprem Tehlikesi Haritasında elde edilen katsayısı 0.323 olarak bulunmuş ve hesaplamalarda 0.300 olarak kabul edilmiştir. Yatay deprem katsayısı ise harita üzerinden 0.15'e denk gelmiştir ve Şekil 2.8'de yer alan tehlike haritasından elde edilmiş katsayısının yarısı olup tutarlıdır.

Tez kapsamında; Türkiye Deprem Haritasında yer alan en büyük ivme değeri (PGA=Peak Ground Accelaration) (amax=0.325, ah=0.23/2=0.1615) ve KGM yatay deprem katsayıları

[8]https://www.afad.gov.tr/upload/Node/26539/files/TDTH.jpg

haritaları (ah=0.15) incelenmiştir. Dinamik analizlerde kullanılan yatay deprem ivmesi değeri ah=0.15 her iki harita içinde uygundur.



Şekil 2.9: Şev Stabilite Analizlerine Esas Yatay Deprem Katsayıları (K.G.M., 2005)

3. MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

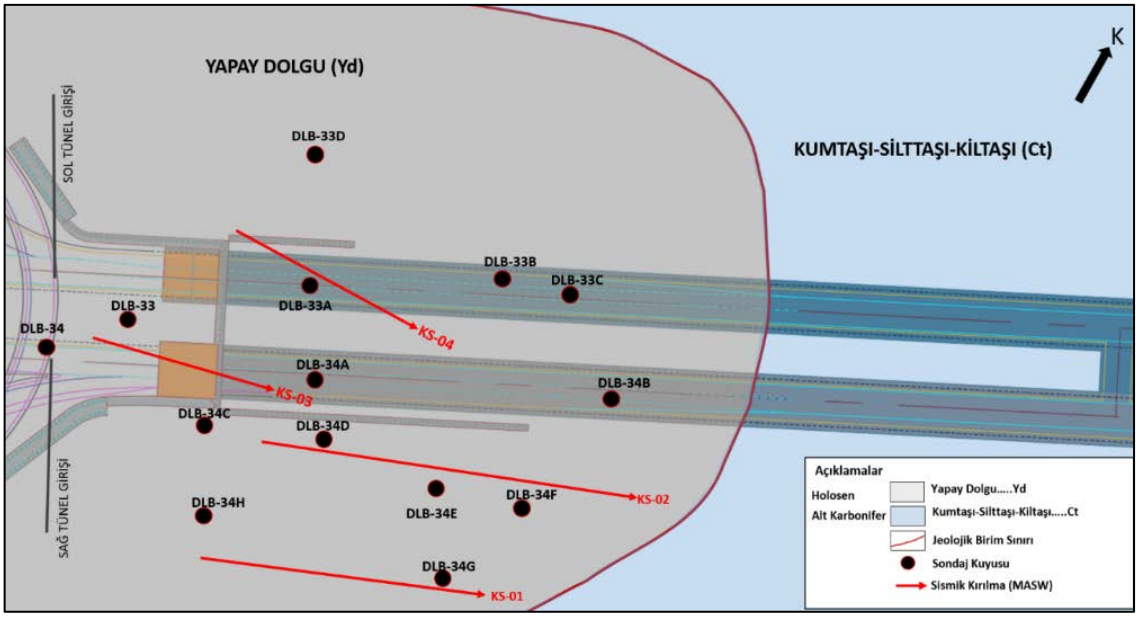
İnceleme alanında gerçekleştirilen mühendislik jeolojisi çalışmalarını arazi çalışmaları, laboratuvar deneyleri ve arazi deneyleri oluşturmaktadır. Arazi çalışmaları yüzey ve yeraltı çalışmaları olarak iki başlıkta incelenecektir.

3.1 ARAZİ ÇALIŞMALARI

İnceleme alanında gerçekleştirilen arazi çalışmaları, jeolojik birimlerin tabaka ve çatlak ölçümleri ile dayanım, ayrışma, süreksizlik gibi mühendislik özelliklerinin ortaya koyulduğu yüzey araştırmaları; sondaj ve jeofizik verilerinin elde edildiği yeraltı çalışmalarından oluşmaktadır.

3.1.1 Yüzey Araştırmaları

İnceleme alanında gözlemlenen jeolojik birimlerin tabaka ve çatlak ölçümleri ile dayanım, ayrışma, süreksizlik gibi mühendislik özellikleri çalışmaları yapılmıştır. Levazım-Armutlu Tüneli (T2) Giriş Portalı'na ait yüzey jeolojisi ve genel yerleşim planı Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1: Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Bölgesine ait yüzey jeolojisi ve genel yerleşim planı

3.1.1.1 Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı (Ct)

Trakya formasyonun Küçükköy Üyesi fliş birimi içerisinde gözlemlenen Şeyl araseviyeli Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı ardalanması birimi, güzergahta yapılan sondaj çalışmalarında birbirleri arasında araseviyeli olarak farklı düzeylerin yer aldığı yer yer kalın kumtaşı seviyelerinin yer yer kalın kiltaşı seviyelerinin kesildiği, bu birimlerin arasında arabantlı olarak çok farklı tane boyutları ile karşılaşıldığı bir formasyon olarak gözlenmiştir. Bu kapsamda karşılaşılan seviyeler jeolojik profilde birbirleriyle ilişkisi ortaya çıkarılmış ve ayrı ayrı birimler olarak çalışılmıştır. Tabaka kalınlıkları kumtaşında 20-60 mm, silttaşlarında ise 20-200 cm arasında değişmektedir. Kalınlıklar yer yer kumtaşlarında 10 cm, silttaşlarında 20 cm'yi geçmektedir. Bol serizit içeren silttaşları çoğunlukla 1 mm'den az çatlak açıklığı ve 20-60 mm arasında değişen çatlak aralık değerleri sunar. Tünel güzergahının geçtiği kesimler yoğun yapılaşma alanıdır. Bu sebeple arazi çalışmalarında mostraya rastlanılmamış ancak giriş kısmına yakın kesimlerde 135/25, çıkış kesimlerine yakın kesimlerde 310/34 olarak ölçülebilmiştir. Ancak Trakya formasyonu birimi geçirdiği yüksek tektonizma sebebiyle fazlasıyla deformasyona uğramış olup tabaka açıları metre bazında değiştiği yerler olduğu da bilinmektedir. Tünel ile tabaka ve süreksizlik açıları ilişkilendirildiğinde ortalama kabul yapılarak değerlendirilmiştir. Birim genel olarak, zayıf-orta zayıf dayanımlı, genellikle gri-koyu gri, sarımsı gri, mavimsi gri renkli, çok sık çatlaklı, az-orta derecede ayrışmış nitelikte olup birimin çatlak sistemi ise genelde açık-kapalı, dalgalı pürüzlü, silt-kil dolguludur. Aşağıda Tablo 3.1'de Kumtaşı-Silttaşı birimine ait kaya kütlesinin tanımlama ölçütleri verilmiştir. Trakya Formasyonuna ait Kumtaşı birimini gösteren görsel Şekil 3.2'de yer almaktadır.

Tablo 3.1: Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı Kaya Kütlesi Tanımlama Ölçütleri

Kaya Kütlesinin Tanımlama Ölçütleri		**Özellikler**
Jeolojik Tanımlama		Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı
Renk		Açık sarımsı kahverengi-açık gri
Tane Boyu		İnce-orta taneli
Doku ve Yapı		Masif
Süreksizlikler	**Süreksizlik Türleri**	Tabaka
	Süreksizlik Durumu	Açık-Kapalı
	Süreksizlik Aralığı	Orta Derecede Yakın-Geniş
	Süreksizlik Açıklığı	Orta Derecede Dar-Dar
	Dolgu Malzemesi	Yumuşak Dolgu (Kil-silt) <5 mm
	Pürüzlülük ve Dalgalılık	Az pürüzlü
	Süreksizlik Yönelimi	Giriş kesiminde 135/25, Çıkış Kesiminde 310/34
	Süreksizlik Devamlılığı	Orta Devamlılık
	Süreksizlik Takım Sayısı	1 Takım+gelişigüzel+tali süreksizlikler
	Su Sızıntıları	Yüzeyi kuru ancak suyun aktığını gösteren belirtiler var
	Blok Boyutu	Küçük-orta boyutlu bloklar
Ayrışma		Az-Orta Derecede Ayrışmış
Dayanım		Zayıf-Orta Zayıf Dayanımlı

Şekil 3.2: Trakya Formasyonuna ait Kumtaşı biriminden bir görünüm

3.1.1.2 Ayrışmış Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı (Ct)

Ayrışmış Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı birimi, birimin yüzeye yakın kesimlerinde atmosferik ve morfolojik şartlar altında ayrışmış kesimin temsil etmektedir. Mühendislik Jeolojisi özellikleri farklı olması sebebiyle Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı biriminden ayrıca incelenmiştir. İnceleme alanında birim, zayıf-çok zayıf dayanımlı, sarımsı gri renkli, çok sık çatlaklı, yer yer parçalı kırıklı, orta-çok ayrışmış nitelikte olup birimin çatlak sistemi ise genelde açık-kapalı, dalgalı pürüzlü, silt-kil dolguludur. Aşağıda Tablo 3.2'de ayrışmış kumtaşı-kiltaşı-silttaşı birimine ait kaya kütlesinin tanımlama ölçütleri verilmiştir. Trakya formasyonuna ait Ayrışmış Kumtaşı birimini gösteren görsel Şekil 3.3'de yer almaktadır.

Tablo 3.2: Ayrışmış Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı Kaya Kütlesi Tanımlama Ölçütleri

Kaya Kütlesinin Tanımlama Ölçütleri		**Özellikler**
Jeolojik Tanımlama		Ayrışmış Kumtaşı-Silttaşı
Renk		Sarımsı gri-sarımsı kahverengi
Tane Boyu		İnce-Orta taneli
Doku ve Yapı		Masif
Süreksizlikler	**Süreksizlik Türleri**	Tabaka
	Süreksizlik Durumu	Açık-kapalı
	Süreksizlik Aralığı	Orta der. Yakın-dar (6-60 mm)
	Süreksizlik Açıklığı	Orta-Geniş
	Dolgu Malzemesi	Yumuşak Dolgu (Kum-kil boyu malzeme) >5 mm
	Pürüzlülük ve Dalgalılık	Düz
	Süreksizlik Yönelimi	Giriş kesiminde 135/25, Çıkış Kesiminde 310/34
	Süreksizlik Devamlılığı	Çok düşük-düşük
	Süreksizlik Takım Sayısı	4 takım+gelişigüzel
	Su Sızıntıları	Süreksizlik yüzeyi kuru, ancak suyun aktığını gösteren bazı belirtiler var
	Blok Boyutu	Küçük bloklar
Ayrışma		Orta-Çok ayrışmış
Dayanım		Zayıf-çok zayıf dayanımlı

Şekil 3.3: Trakya Formasyonu birimine ait Ayrışmış Kumtaşı biriminden bir görünüm

3.1.1.3 Yapay Dolgu

İnceleme alanında karşılaşılan yapay dolgu birimleri inceleme alanı yakınında 1990-1993 yılları arasında yapılan bir alışveriş merkezinin kazılarından elde edilen pasa malzemesi, Levazım vadisine doldurulmuştur. Temel kazılarının Trakya Formasyonuna ait kaya birimlerinde yapılmış olması Trakya Formasyonu kökenli olduğunu göstermektedir. Malzeme daha çok killi çakıl-killi kum ve yer yer kil içeriklidir.

3.1.2 Yeraltı Çalışmaları

Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı kapsamında İBB yetkilileri ile sondaj yerleri ile birlikte SPT, presiyometre arazi deneylerinin lokasyon ve derinlikleri belirlenmiştir. Buna göre Levazım-Armutlu Karayolu (T2) Tüneli Giriş Portalı için 8 adeti yapay dolgu kalınlığını belirlemek amacıyla yapılmış toplam 14 adet sondaj bulunmaktadır. Bununla birlikte 6 kuyuda 31 adet presiyometre çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca jeofizik çalışmalarda yapılmış olup tez kapsamında değerlendirilmiştir.

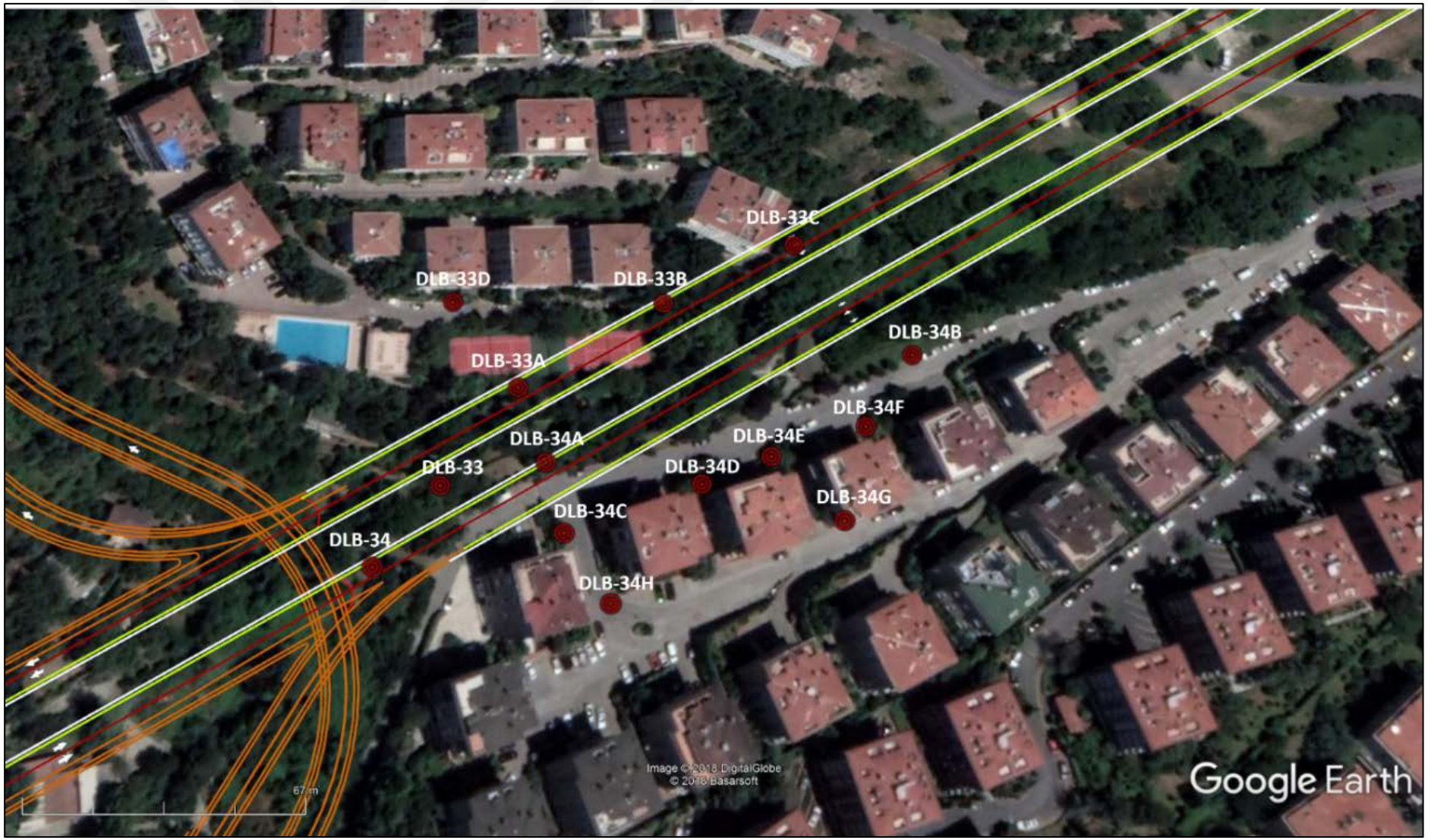
Bu bölümde, proje kapsamında yer alan Levazım-Armutlu Arası Karayolu Tüneli Giriş Portalında karşılaşılan jeolojik birimler yaşlıdan gence doğru Kumtaşı-Silttaşı-Şeyl (Ct), Ayrışmış Kumtaşı-Silttaşı-Şeyl (Ct) ve Yapay dolgu (Yd) birimleridir. Bu birimlerin mühendislik özellikleri, saha çalışmaları ayrı ayrı açıklanmıştır.

3.1.2.1 Sondaj Çalışmaları

Levazım-Armutlu Karayolu (T2) Tüneli'nde rotary-sulu yöntem kullanılarak toplam 301,0 metre derinliğinde 14 adet sondaj çalışması yapılmıştır. İnceleme alanında yapılmış sondajlara ait bilgiler Tablo 3.3'de yer almaktadır. İnceleme alanında yapılmış sondajların yerleri ve tünel giriş portalının konumu, Şekil 3.4'deki Google Earth uydu görüntüsü yer almaktadır.

Tablo 3.3: Sondaj Bilgileri Listesi

Sondaj No	Sondaj Km	Sondaj Amacı	Gerçekleşen Derinlik (m)	Koordinat X	Koordinat Y	Ağız Kotu (m)	YSS (m)
DLB-33	T2 sol tüp 4+150	Tünel Portal	30,00	4 548 433	417 971	69,0	21,00
DLB-33A	T2 sol tüp 4+200	Tünel Portal	31,00	4 548 465	418 005	76,3	13,50
DLB-33B	T2 sol tüp 4+250	Tünel Portal	16,50	4 548 495	418 045	78,6	21,00
DLB-33C	T2 sol tüp 4+268	Tünel Portal	18,00	4 548 502	418 066	-	24,30
DLB-33D	T2 sol tüp 4+170	Tünel Portal	15,40	4 548 481	417 966	-	-
DLB-34	T2 sağ tüp 4+660	Tünel Portal	30,00	4 548 415	417 958	69,0	19,95
DLB-34A	T2 sağ tüp 4+730	Tünel Portal	30,00	4 548 446	418 019	75,4	7,00
DLB-34B	T2 sağ tüp 4+810	Tünel	27,00	4 548 485	418 087	83,8	18,60
DLB-34C	T2 sağ tüp 4+703	Tünel	18,00	4 548 421	418 004	72,0	9,20
DLB-34D	T2 sağ tüp 4+740	Tünel	15,00	4 548 435	418 031	78,0	6,90
DLB-34E	T2 sağ tüp 4+760	Tünel	22,00	4 548 441	418 062	84,0	9,70
DLB-34F	T2 sağ tüp 4+787	Tünel	25,50	4 548 449	418 083	89,0	12,40
DLB-34G	T2 sağ tüp 4+767	Tünel	18,00	4 548 423	418 076	88,0	9,50
DLB-34H	T2 sağ tüp 4+705	Tünel	20,00	4 548 401	418 016	76,0	10,70

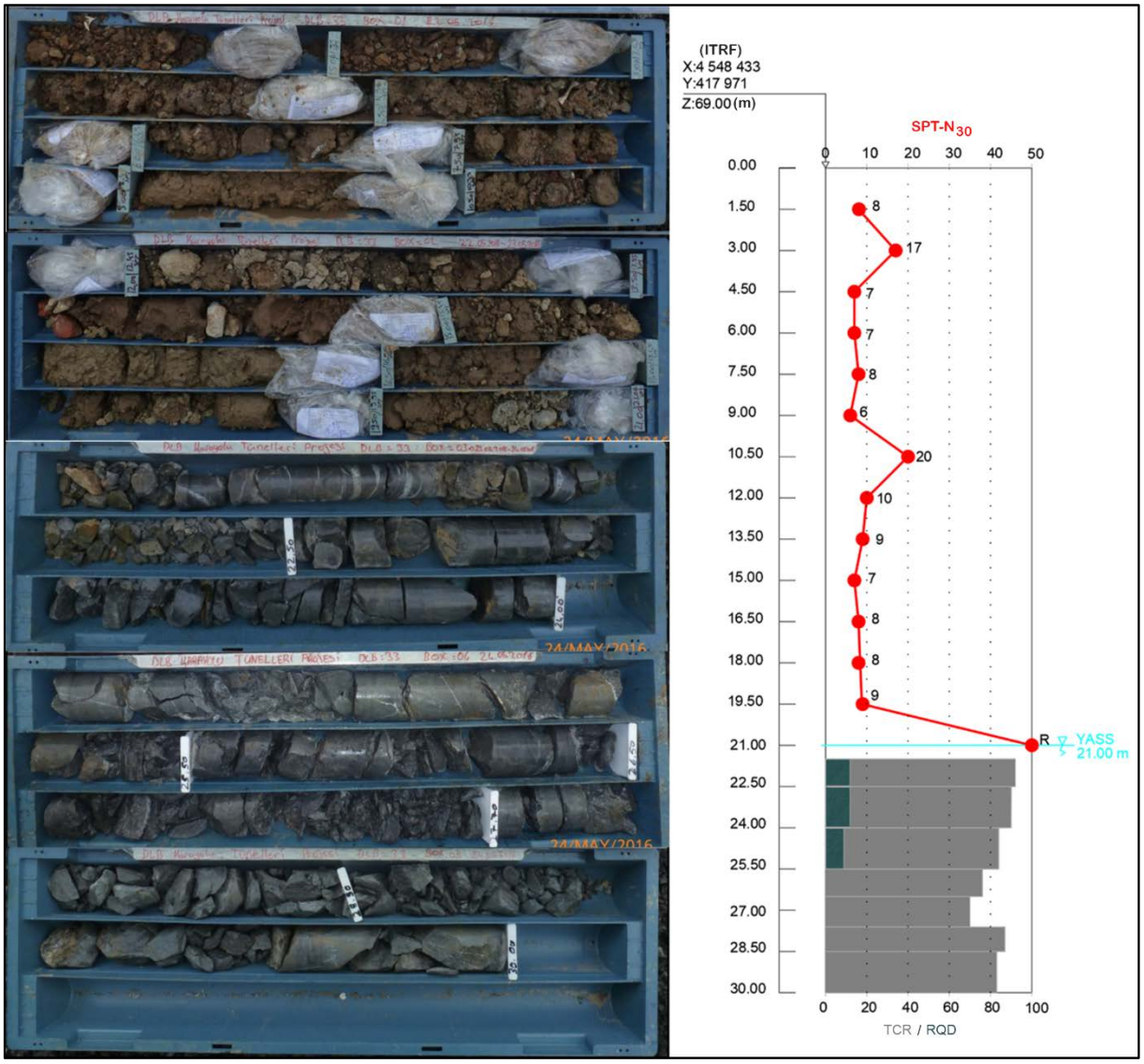


Şekil 3.4: İnceleme alanı sondaj lokasyon planı (Google Earth, 2018)

Sondajlardan elde edilen numuneler incelenerek, zemin ve kaya deneyleri uygulanmıştır. Tünelin geçtiği kaya birimlerinden farklı birimleri temsil eden litolojilerden kayaç örnekleri alınmış, süreksizliklerin konumundan ve yoğunluğundan kaynaklanan TCR, SCR, RQD değerleri ile dolgu kalınlıkları, ayrışma derecesi ve derinlikle değişimi ile zayıf zonlar belirlenmiştir. Alınan kaya karot numunelerinden laboratuvarda nokta yükleme, tek eksenli basınç deneyleri, elastisite ve poisson oranı deneyleri yapılarak kayanın jeomekanik özellikleri belirlenmiştir. Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı için yapılan sondajlardan elde edilen detaylı bilgiler aşağıda açıklanmıştır.

DLB-33 Sondajı

Toplam derinliği 30,00 m olan DLB-33 sondajının ağız kotu 69,00 m olarak ölçülmüştür. Yeraltı suyuna 21,00 metrede rastlanmıştır. DLB-33 numaralı sondajın ilk 21,00 metresinde kahverengi renkli, farklı kökenli, köşeli çakıl, kiremit parçası ve sunta içeren Dolgu birimi bulunmaktadır. Bu birimde ortalama TCR değeri 39 olarak hesaplanmıştır. RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır. 21,00-30,00 metreler arası dayanımlı-orta dayanımlı, gri renkli, sık-çok sık kırıklı, yer yer parçalı kırıklı, kalsit dolgulu, FeO boyalı, orta-az çok ayrışmış Şeyl birimi geçilmiştir. (Dayanım I-II Ayrışma II-III). Bu birimde ortalama TCR değeri 83,1 olarak hesaplanmıştır. RQD değeri 10 cm'den küçüktür. Is50=3,21 MPa,1,17 MPa, 3,32 Mpa ve qu=70,06 MPa. DLB-33 sondajına ait karot sandık fotoğrafları ve SPT-TCR-RQD değişimini gösteren grafik Şekil 3.5'de yer almaktadır.

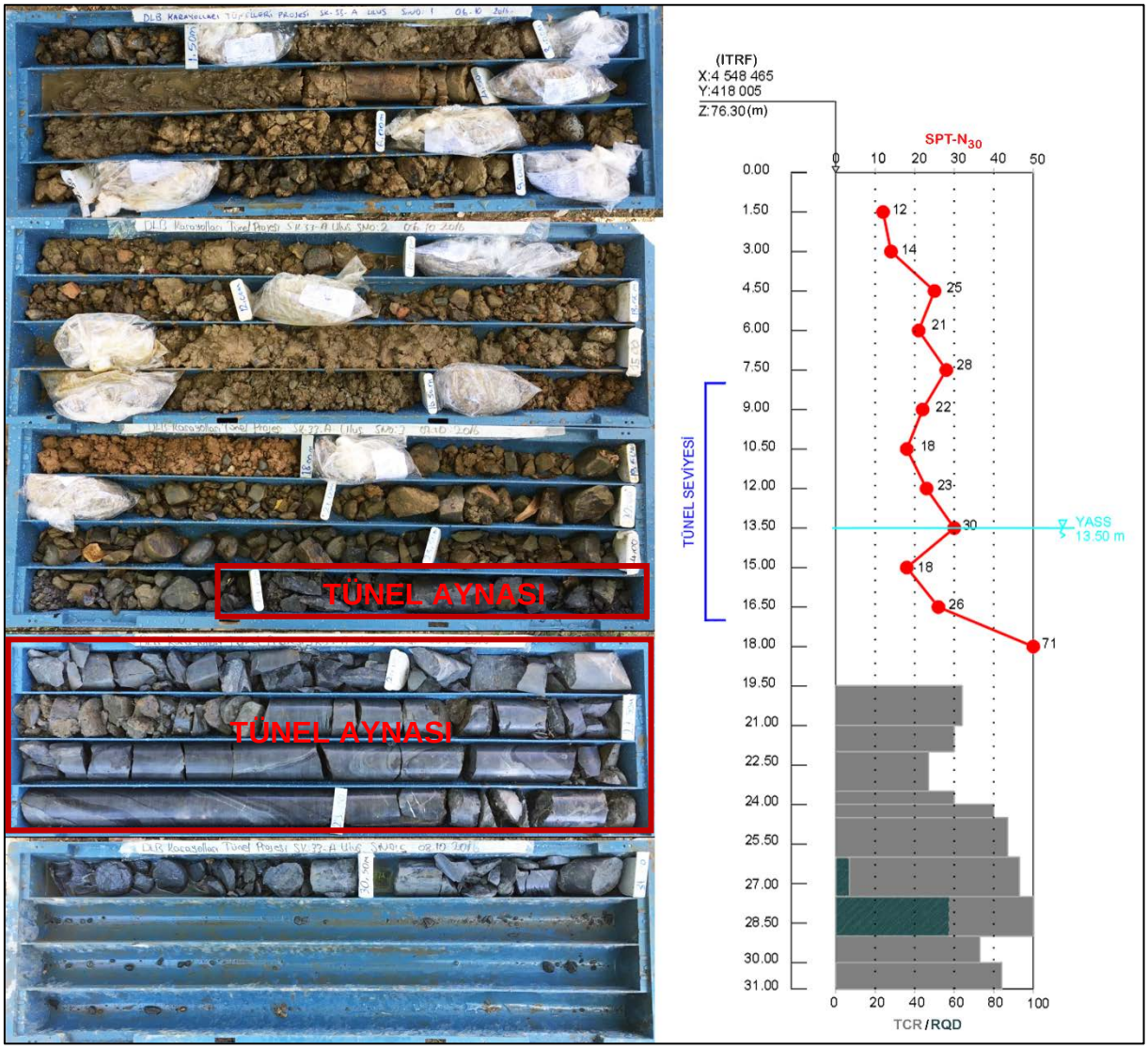


Şekil 3.5: DLB-33 sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi

DLB-33A Sondajı

Toplam derinliği 31,00 m olan DLB-33A sondajının ağız kotu 76,30 m'dir. Yeraltı suyu 13,50 metrede ölçülmüştür. DLB-33A numaralı sondajın ilk 18,00 metresinde kahverengi, kiremit içerikli, orta-iri çakıllı, kumlu, siltli, killi, kontrolsüz Dolgu birimi geçilmiştir. Bu birimde ortalama TCR değeri 55 olarak hesaplanmıştır. RQD değeri çapı 10 cm'den büyük numune olmadığından hesaplanamamıştır. 18,00-24,70 metreleri arasında zayıf dayanımlı, kahverengimsi gri renkli, çok sık kırıklı-parçalı, FeO boyalı, orta derecede ayrışmış, yer yer çok ayrışmış, ince taneli Kumtaşı birimi geçilmiştir (Dayanım IV, Ayrışma III-IV). Bu birimde ortalama TCR değeri 58 olarak bulunmuştur. Bu birimde ortalama RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplama yapılamamıştır. Is_{50}=2,03 Mpa. 24,70-26,50 metreleri arasında zayıf dayanımlı, koyu gri renkli, çok sık kırıklı, FeO boyalı, kalsit

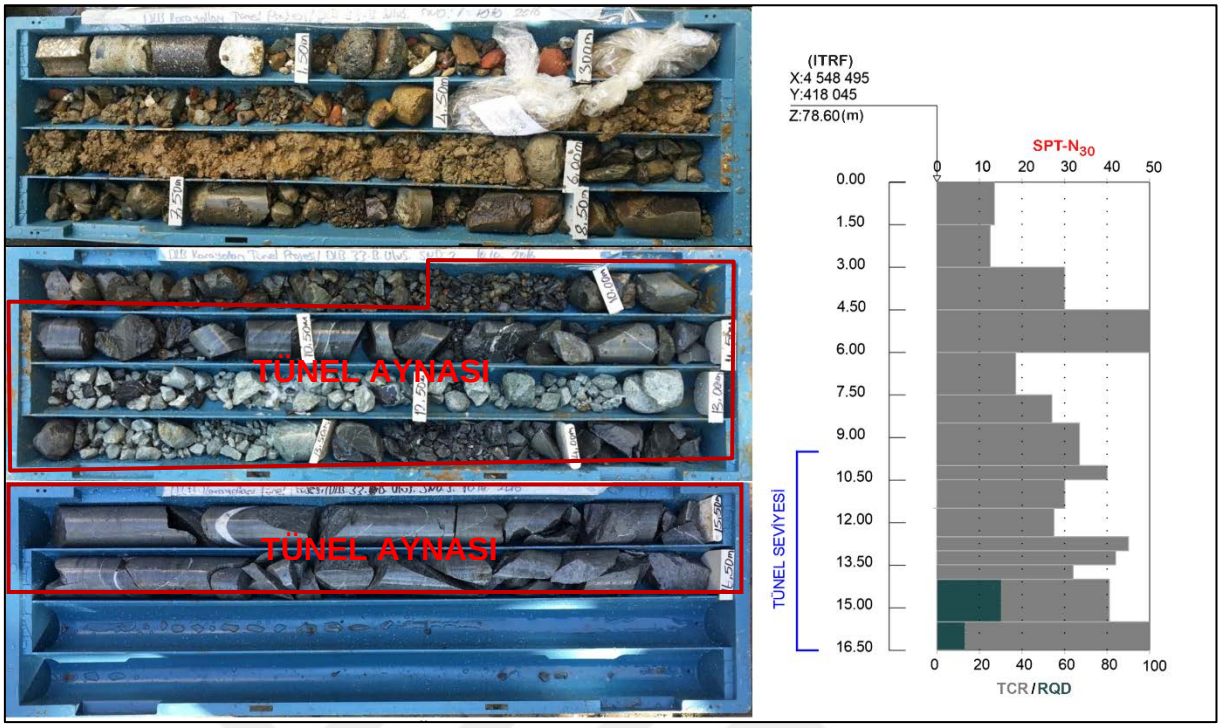
damarlı, orta derecede ayrışmış, yer yer çok ayrışmış Karbonatlı Kumtaşı birimi kesilmiştir (Dayanım IV, Ayrışma III-IV). Bu birimde ortalama TCR değeri 90 olarak hesaplanmıştır. Bu birimde ortalama RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından bulunamamıştır. 26,50-31,00 metreleri arasında ise orta dayanımlı, koyu gri-siyah, sık kırıklı, FeO boyalı, kalsit damarlı, orta derecede ayrışmış, yer yer Kumtaşı Arabantlı Şeyl birimi kesilmiştir (Dayanım III, Ayrışma III). qu=19,78 Mpa, 27,38 Mpa ve Is_{50}=1,49 Mpa. 28,50-29,00 metre arası çok dayanımlı. Bu birimde ortalama TCR değeri 88 olarak hesaplanmıştır, ortalama RQD ise 16 olarak bulunmuştur. DLB-33A sondajına ait karot sandık fotoğrafları ve SPT-TCR-RQD değişimini gösteren grafik Şekil 3.6'da yer almaktadır.



Şekil 3.6: DLB-33A sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi

DLB-33B Sondajı

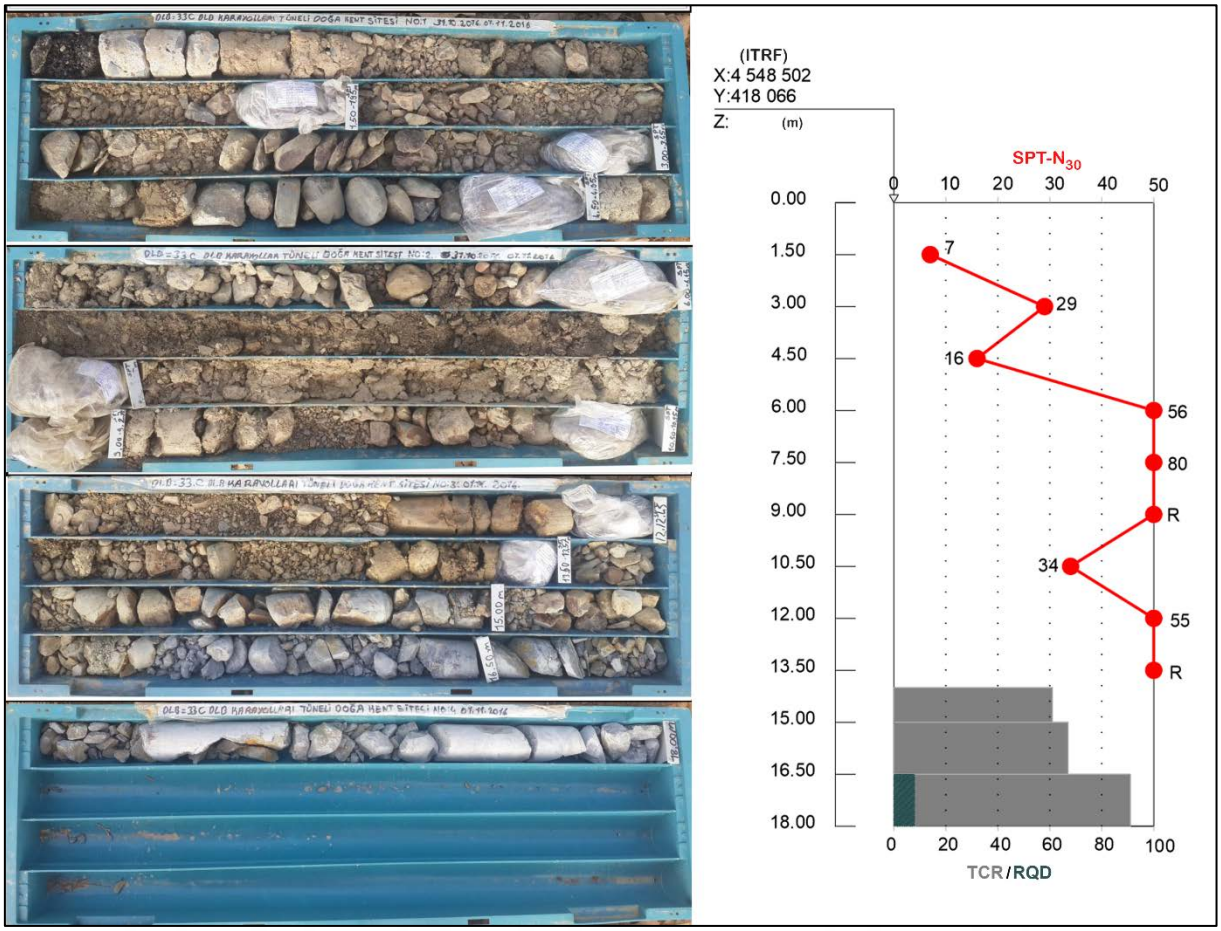
Toplam derinliği 16,50 m olan DLB-33B sondajının ağız kotu 78,60 m olarak ölçülmüştür. Yeraltı suyuna 21,00 metrede rastlanmıştır. DLB-33B numaralı sondajın ilk 3,00 metresinde yapay malzeme bulunmaktadır. 3,00-6,00 metreler arasında kiremit içerikli, küçük-orta çakıllı, kumlu, siltli, kontrolsüz Dolgu geçilmektedir. 6,00-8,25 metreleri arasında zayıf dayanımlı, yer yer dayanımlı, yeşilimsi kahverengi, çok sık kırıklı, yer yer sık kırıklı, FeO-MnO, orta derecede ayrışmış, yer yer çok ayrışmış Kumtaşı birimi kesilmiştir (Dayanım IV, Ayrışma III-IV). Bu birimde ortalama TCR değeri 41 olarak hesaplanmıştır. Bu birimde ortalama RQD değeri çapı 10 cm'den büyük numune olmadığından hesaplanaması yapılmamıştır.8,25-11,50 metreleri arasında orta dayanımlı, koyu gri, nadir piritli, sık kırıklı, FeO boyalı, kalsit dolgulu, orta derecede ayrışmış, yer yer çok ayrışmış, Kumtaşı birimi kesilmiştir (Dayanım III, Ayrışma III-IV). Bu birimde ortalama TCR değeri 69 olarak belirlenmiştir. Bu birimde ortalama RQD değeri 10 cm'den büyük çaplı numune olmadığından hesaplanamamıştır. Is_{50}=4,16 Mpa. 11,50-13,50 metreleri arasında zayıf dayanımlı, çok sık parçalı, yeşilimsi gri, kalsit dolgulu, Dayk kesilmiştir. Bu birimde ortalama TCR değeri 76 iken bu birimde ortalama RQD değeri 10 cm'den büyük numune olmadığından belirlenememiştir. 13,50-16,50 metreleri arasında ise orta dayanımlı, koyu gri, kalsit dolgulu, sık kırıklı, orta derecede ayrışmış, yer yer çok ayrışmış Kumtaşı birimi kesilmiştir (Dayanım III, Ayrışma III-IV). Bu birimde ortalama TCR değeri 82 iken, ortalama RQD değeri ise 14 olarak hesaplanmıştır. DLB-33B tünel sondajı olmayıp dolgu-kaya sınırını belirlemek amacı ile yapılmıştır. DLB-33B sondajına ait karot sandık fotoğrafları ve SPT-TCR-RQD değişimini gösteren grafik Şekil 3.7'de yer almaktadır.



Şekil 3.7: DLB-33B sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi

DB-33C Sondajı

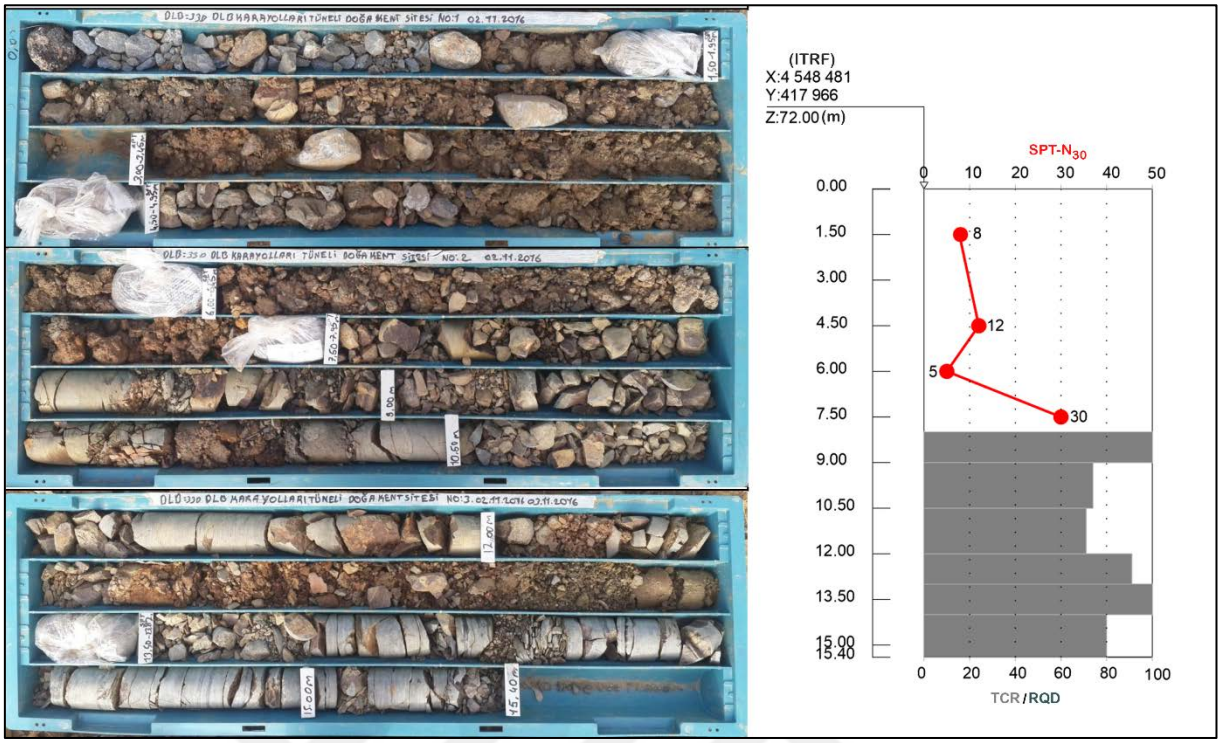
Toplam derinliği 18,00 metre olan DLB-33C sondajında yeraltı suyu seviyesi 24,30 metrede ölçülmüştür. DLB-33C numaralı sondajın ilk 7,50 metresinde killi, kum-çakıl, yer yer bloklu, sarımsı kahverengi renkli, Dolgu birimi kesilmiştir. 7,50-13,6 metreleri arasında sarımsı kahverengi, çok zayıf dayanımlı, tümüyle ayrışmış, parçalı kırıklı, Kumtaşı-Kiltaşı kesilmiştir (Dayanım V, Ayrışma V). Bu birimde ortalama TCR değeri 89 olarak hesaplanmıştır. RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır. 13,60-15,60 metreleri arasında çok zayıf dayanımlı, çok-orta ayrışmış, sık kırıklı-parçalı, sarımsı kahverengi renkli, Kiltaşı-Kumtaşı birimi kesilmiştir (Dayanım V, Ayrışma III-IV). Bu birimde ortalama TCR değeri 64 olarak hesaplanmıştır. RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır. 15,60-18,00 metreleri arasında çok zayıf-zayıf dayanımlı, orta-az ayrışmış, sık kırıklı, gri renkli, Kiltaşı birimi kesilmiştir (Dayanım IV-V, Ayrışma II-III). Bu birimde ortalama TCR değeri 79 olarak hesaplanmıştır. RQD değeri 4 olarak hesaplanmıştır. DLB-33C sondajına ait karot sandık fotoğrafları ve SPT-TCR-RQD değişimini gösteren grafik Şekil 3.8'de yer almaktadır.



Şekil 3.8: DLB-33C sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi

DLB-33D Sondajı

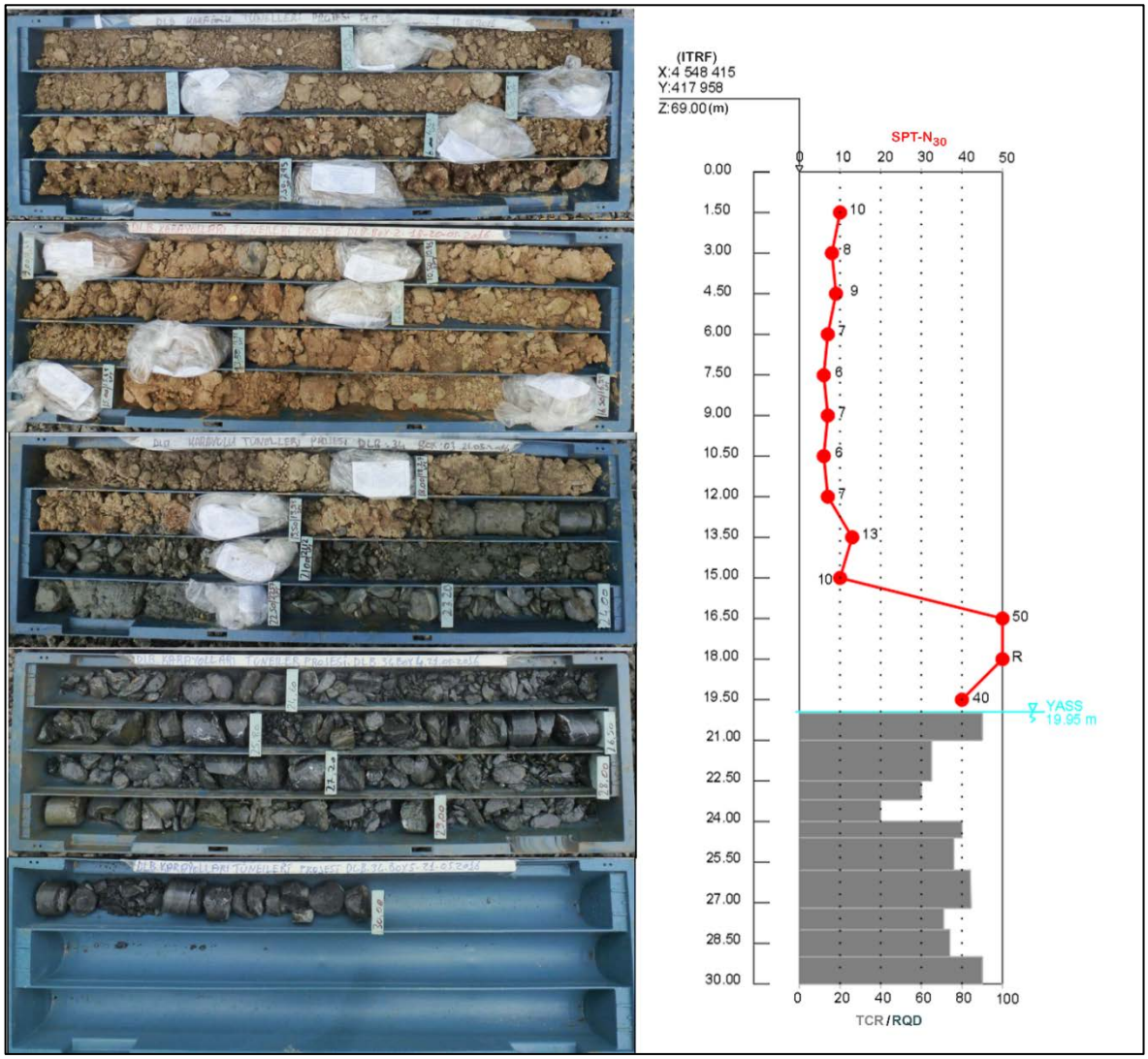
Toplam derinliği 15,40 metre olan DLB-33D sondajında yeraltı suyu seviyesine 9,40 metrede rastlanmaktadır. DLB-33D numaralı sondajın ilk 8,00 metresinde killi, kum-çakıl, yer yer bloklu, sarımsı kahverengi renkli, Dolgu birimi kesilmiştir. 8,00-14,00 metreleri arasında zayıf dayanımlı-çok zayıf dayanımlı, sarımsı kahverengi, orta-çok ayrışmış, sık çatlaklı, Kumtaşı-Kiltaşı birimi geçilmiştir (Dayanım IV-V, Ayrışma III-IV). Bu birimde ortalama TCR değeri 84 olarak hesaplanmıştır. RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır. 14,00-15,40 metreleri arasında zayıf dayanımlı, gri renkli, orta-az ayrışmış, sık kırıklı, Kiltaşı-Kumtaşı birimi kesilmiştir (Dayanım IV, Ayrışma III-IV). Bu birimde ortalama TCR değeri 90 olarak hesaplanmıştır. RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır. DLB-33D sondajına ait karot sandık fotoğrafları ve SPT-TCR-RQD değişimini gösteren grafik Şekil 3.9'da yer almaktadır.



Şekil 3.9: DLB-33D sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi

DLB-34 Sondajı

Toplam derinliği 30,00 m olan DLB-34 sondajının ağız kotu 69,00 m olarak ölçülmüştür. Yeraltı suyuna 19,95 metrede rastlanmıştır. DLB-34 numaralı sondajın ilk 20,00 metresinde kahverengi renkli, farklı kökenli, köşeli çakıl, kiremit-beton parçası içeren sarımsı kahverengi renkli, yer yer çakıllı, az kumlu orta katı, siltli düşük plastisiteli Kil niteliğinde Dolgu bulunmaktadır. 20,00-23,00 metreler arası çok zayıf dayanımlı, gri renkli, parçalı, tümüyle ayrışmış Kumtaşı-Şeyl birimi geçilmiştir. (Dayanım V Ayrışma V). Bu birimde ortalama TCR değeri 72 olarak hesaplanmıştır. Bu birimde ortalama RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır. Is_{50}=0,54 Mpa. 23,00-30,00 metreler arası orta dayanımlı-dayanımlı, gri renkli, sık kırıklı, yer yer parçalı, orta derecede ayrışmış yer yer kumtaşı arabantlı Şeyl birimi kesilmiştir. (Dayanım II-III Ayrışma III). Bu birimde ortalama TCR değeri 72 olarak hesaplanmıştır. Bu birimde ortalama RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır. Is50=0,98 MPa, 0,98 Mpa. DLB-34 sondajına ait karot sandık fotoğrafları ve SPT-TCR-RQD değişimini gösteren grafik Şekil 3.10'da yer almaktadır.

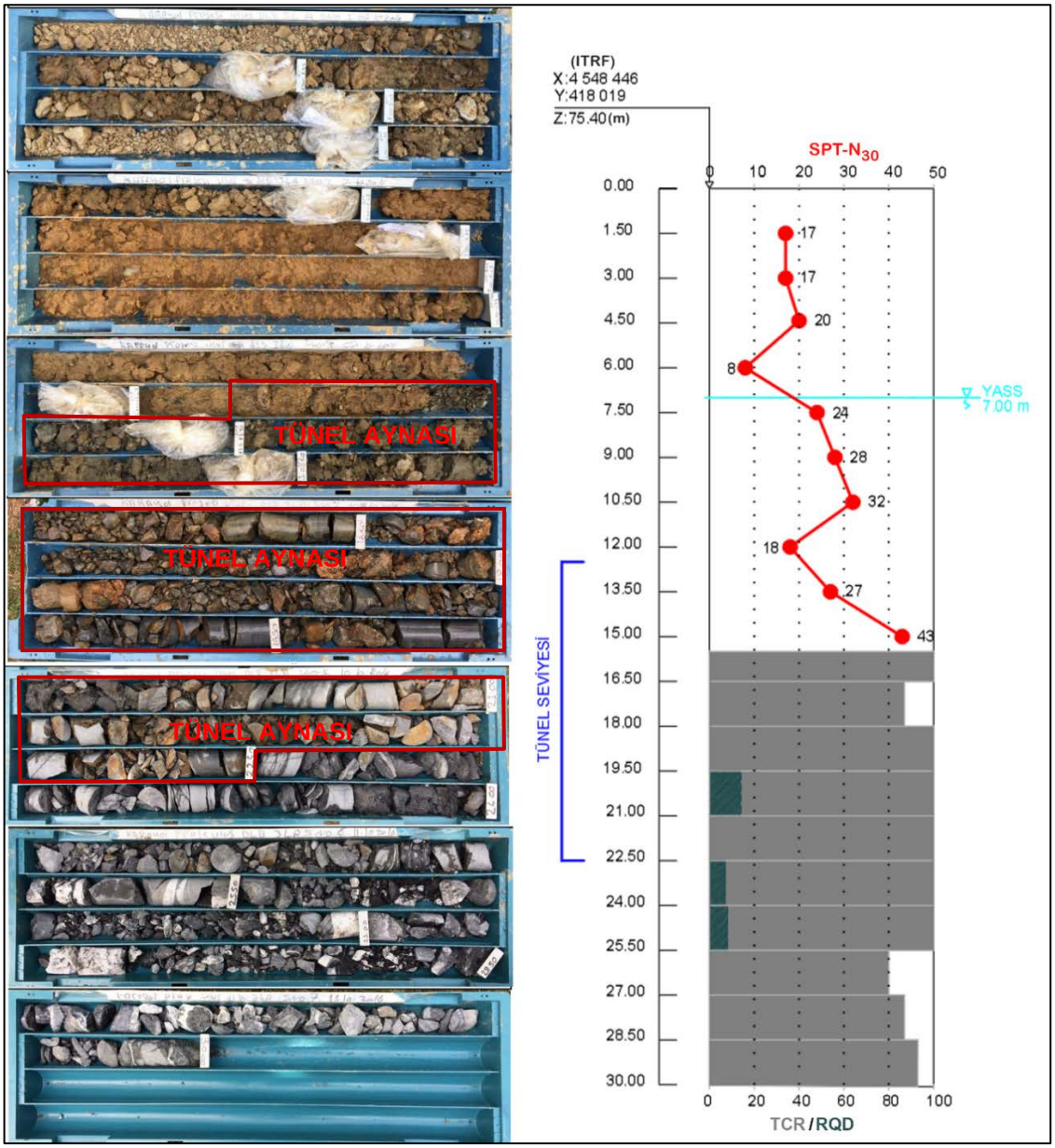


Şekil 3.10: DLB-34 sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi

DLB-34A Sondajı

Toplam derinliği 30,00 m olan DLB-34A sondajının ağız kotu 75,40 m olarak ölçülmüştür. Yeraltı suyu seviyesi 7,00 metre olarak ölçülmüştür. DLB-34A numaralı sondajın ilk 18,60 metresinde kahverengi-gri renkli, küçük-orta çakıllı, kumlu, siltli, killi kontrolsüz dolgu geçilmiştir. 18,60-19,10 metreleri arasında zayıf dayanımlı, yer yer orta dayanımlı, koyu gri, çok sık parçalı kırıklı, FeO boyalı, çok ayrışmış Kumtaşı birimi kesilmiştir (Dayanım III-IV, Ayrışma IV). Bu birimde ortalama TCR değeri 100 olarak hesaplanmıştır. Bu birimde ortalama RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır.19,10-25,00 metreleri arasında orta-zayıf dayanımlı, koyu gri-siyah, sık-çok sık parçalı kırıklı, nadir FeO boyalı, kalsit dolgulu, orta-çok derecede ayrışmış, yer yer tamamen ayrışmış Şeyl birimi kesilmiştir (Dayanım III-IV, Ayrışma III-IV). Bu birimde ortalama TCR değeri 100 olarak

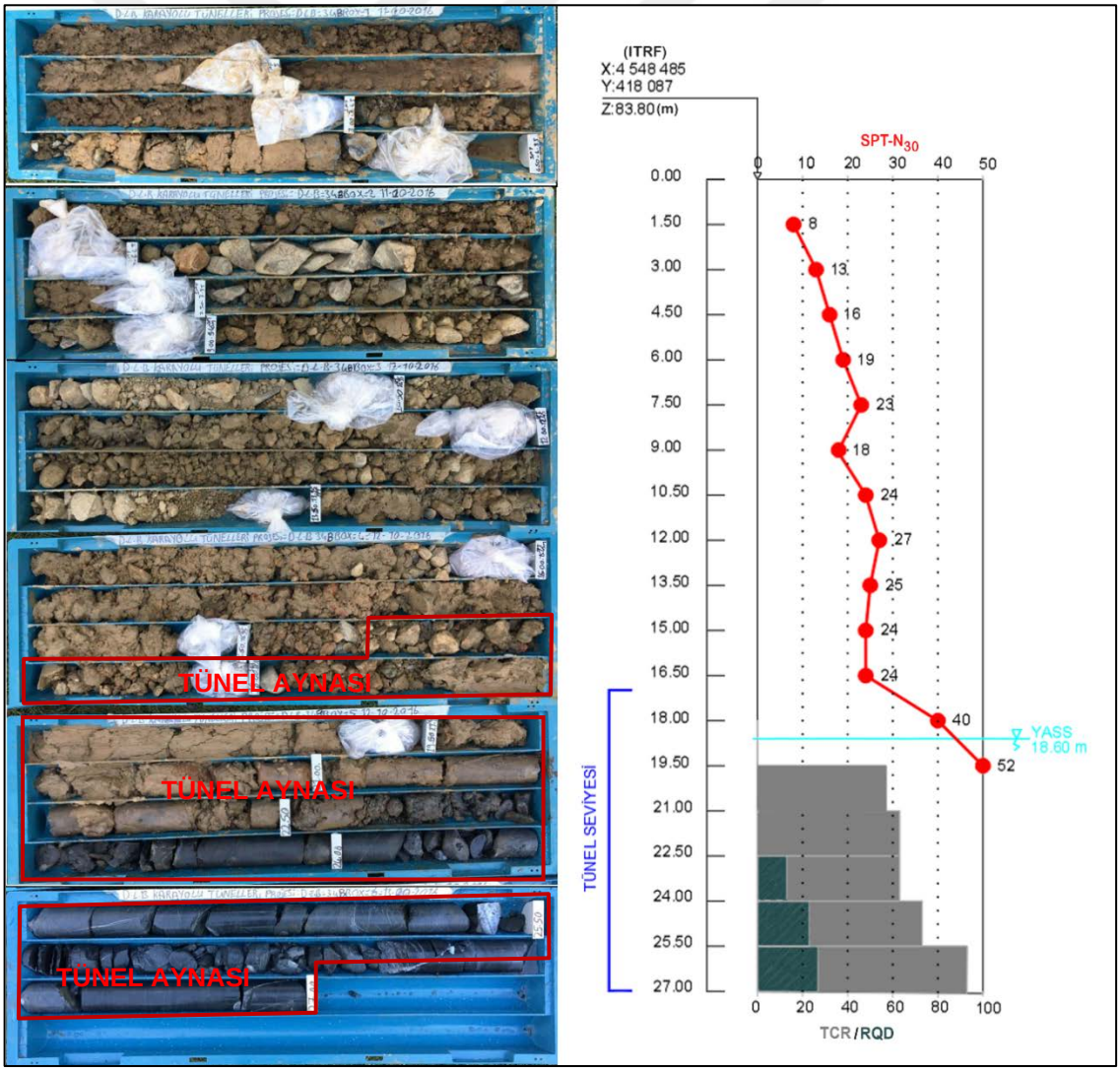
hesaplanmıştır. Bu birimde ortalama RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır. Is50=3,80 Mpa. 25,00-30,00 metreleri arasında ise zayıf dayanımlı, gri renkli, çok sık parçalı kırıklı, yoğun kalsit dolgulu, çok ayrışmış, yer yer tamamen ayrışmış Karbonatlı Şeyl birimi kesilmiştir (Dayanım IV, Ayrışma IV-V). Bu birimde ortalama TCR değeri 87 olarak hesaplanmıştır. Bu birimde ortalama RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır. Is50=3,66 Mpa. DLB-34A tünel sondajı olmayıp dolgu-kaya sınırını belirlemek amacı ile yapılmıştır. DLB-34A sondajına ait karot sandık fotoğrafları ve SPT-TCR-RQD değişimini gösteren grafik Şekil 3.11'de yer almaktadır.



Şekil 3.11: DLB-34A sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi

DLB-34B Sondajı

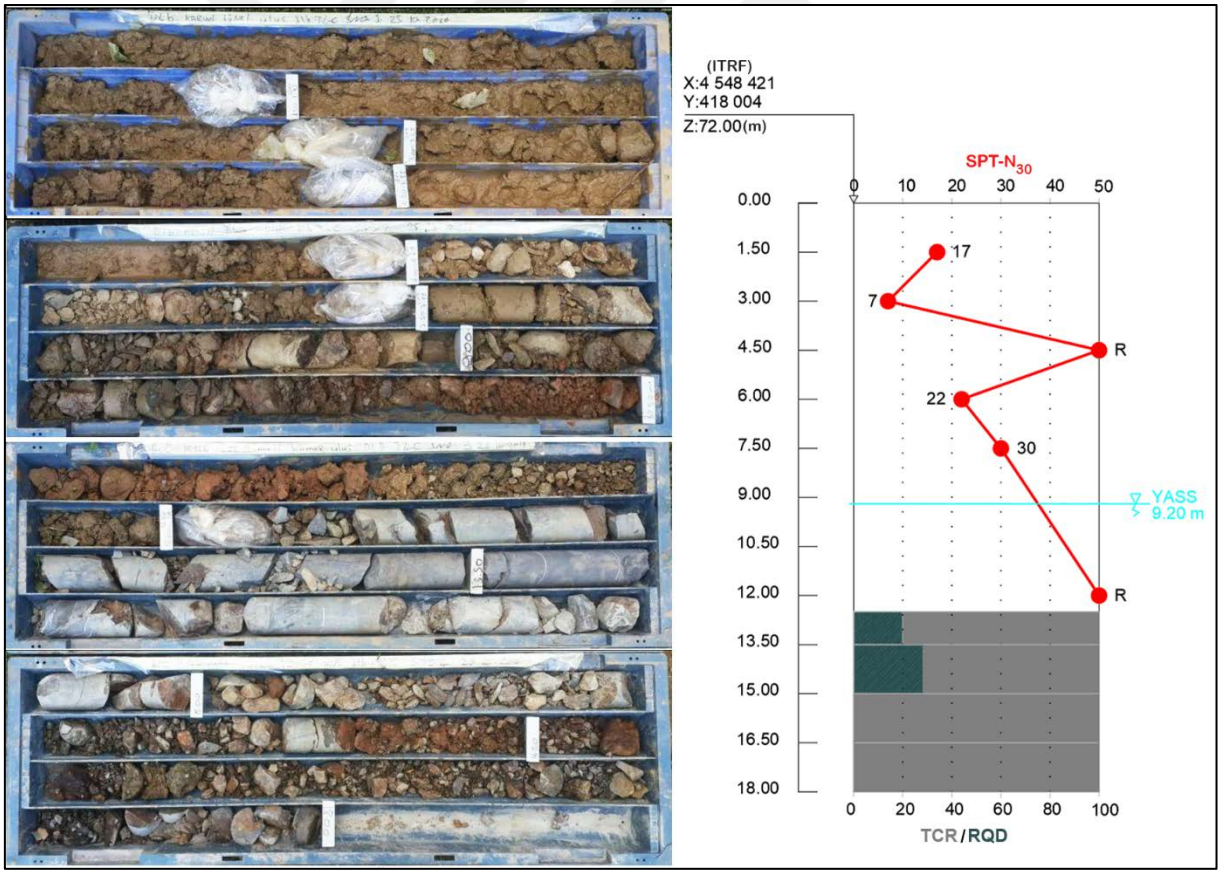
Toplam derinliği 27,00 m olan DLB-34B sondajının ağız kotu 83,80 metredir. Sondajın ilk 1,00 metresinde bitkisel toprak geçilmiştir. 1,00-18,80 metreleri arasında kahverengi, nemli, kiremit parçaları içeren, yer yer kumtaşı bloklu, farklı orjinli, orta-iri çakıllı, killi, siltli, kontrolsüz dolgu geçilmiştir. 18,80-22,80 metreleri arasında kahverengi-koyu kahverengi, nemli, siltli, orta-yüksek plastisiteli, sert Kil birimi kesilmiştir. 22,80-27,00 metreleri arasında orta dayanımlı-dayanımlı, koyu gri, çatlak yüzeyleri kalsit dolgulu, çok zayıf-zayıf kaya kalitesine sahip, az ayrışmış-taze kumtaşı ara seviyeli Kiltaşı birimi kesilmiştir. Bu birimde ortalama TCR değeri 88, ortalama RQD değeri ise 21 olarak hesaplanmıştır. DLB-34B tünel sondajı olmayıp dolgu-kaya sınırını belirlemek amacı ile yapılmıştır. Sondaja ait karot sandık fotoğrafları ve SPT-TCR-RQD değişimini gösteren grafik Şekil 3.12'de yer almaktadır.



Şekil 3.12: DLB-34B sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi

DLB-34C Sondajı

Toplam derinliği 18,00 metre olan DLB-34C sondajının ağız kotu 72,00 m olarak ölçülmüştür. Yeraltı suyu seviyesine 9,20 metrede rastlanmaktadır. DLB-34C numaralı sondajın ilk 7,00 metresinde kahverengi renkli, ince-orta çakıllı, kumlu, kontrolsüz kil dolgu kesilmiştir. 7,00-12,50 metreleri arasında, kahverengi, killi, kumlu, kiremit parçalı, sıkı çakıllı kontrolsüz dolgu birimi kesilmiştir. 12,50-15,00 metreleri arasında orta dayanımlı-dayanımlı, açık gri, az-orta kırıklı, yer yer kalsit dolgulu, taze Kiltaşı birimi kesilmiştir (Dayanım II-III, Ayrışma I). Bu birimde ortalama TCR değeri 100 olarak hesaplanırken, RQD değeri ise 12 olarak hesaplanmıştır. 15,00-18,00 metreleri arasında zayıf dayanımlı, sarımsı kahverengi, yer yer gri renkli, çok sık kırıklı, yer yer parçalı, orta-çok ayrışmış Kiltaşı birimi geçilmiştir (Dayanım IV-V, Ayrışma III-IV). Bu birimde ortalama TCR değeri 100 olarak hesaplanmıştır. RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır. DLB-34C sondajına ait karot sandık fotoğrafları ve SPT-TCR-RQD değişimini gösteren grafik Şekil 3.13'de yer almaktadır.

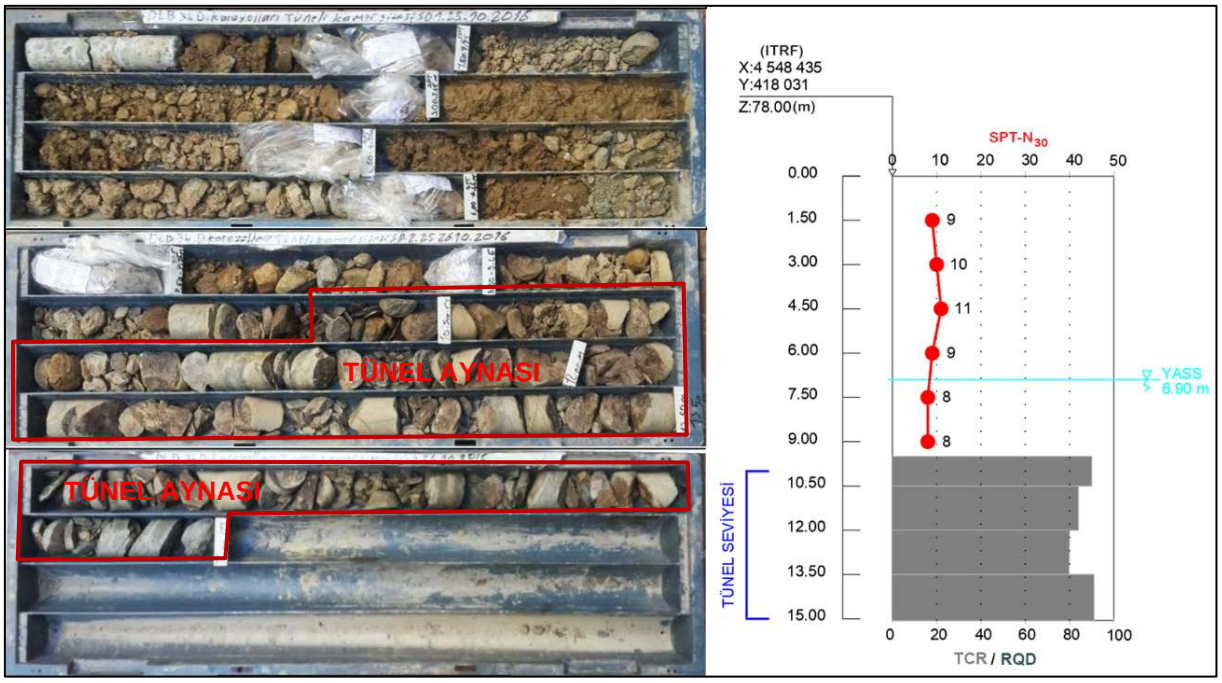


Şekil 3.13: DLB-34C sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi

DLB-34D Sondaj

Toplam derinliği 15,00 metre olan DLB-34D numaralı sondajının ağız kotu 78,00 m olarak ölçülmüştür. Yeraltı suyu seviyesine 6,90 metrede ölçülmüştür. DLB-34D nolu sondajın ilk

9,60 metresinde sarımsı kahverengi renkli, ince-iri çakıllı, kumlu, killi kontrolsüz dolgu birimi kesilmiştir. 9,60-15,00 metreleri arasında zayıf dayanımlı, sarımsı kahve-gri, sık kırıklı, orta-az ayrışmış, Kumtaşı Arabantlı Kiltaşı DLB-34B sondajına ait karot sandık fotoğrafı birimi kesilmiştir (Dayanım IV, Ayrışma II-III). Bu birimde ortalama TCR değeri 86 olarak hesaplanmıştır. RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır. DLB-34D sondajına ait karot sandık fotoğrafları ve SPT-TCR-RQD değişimini gösteren grafik Şekil 3.14'de yer almaktadır.

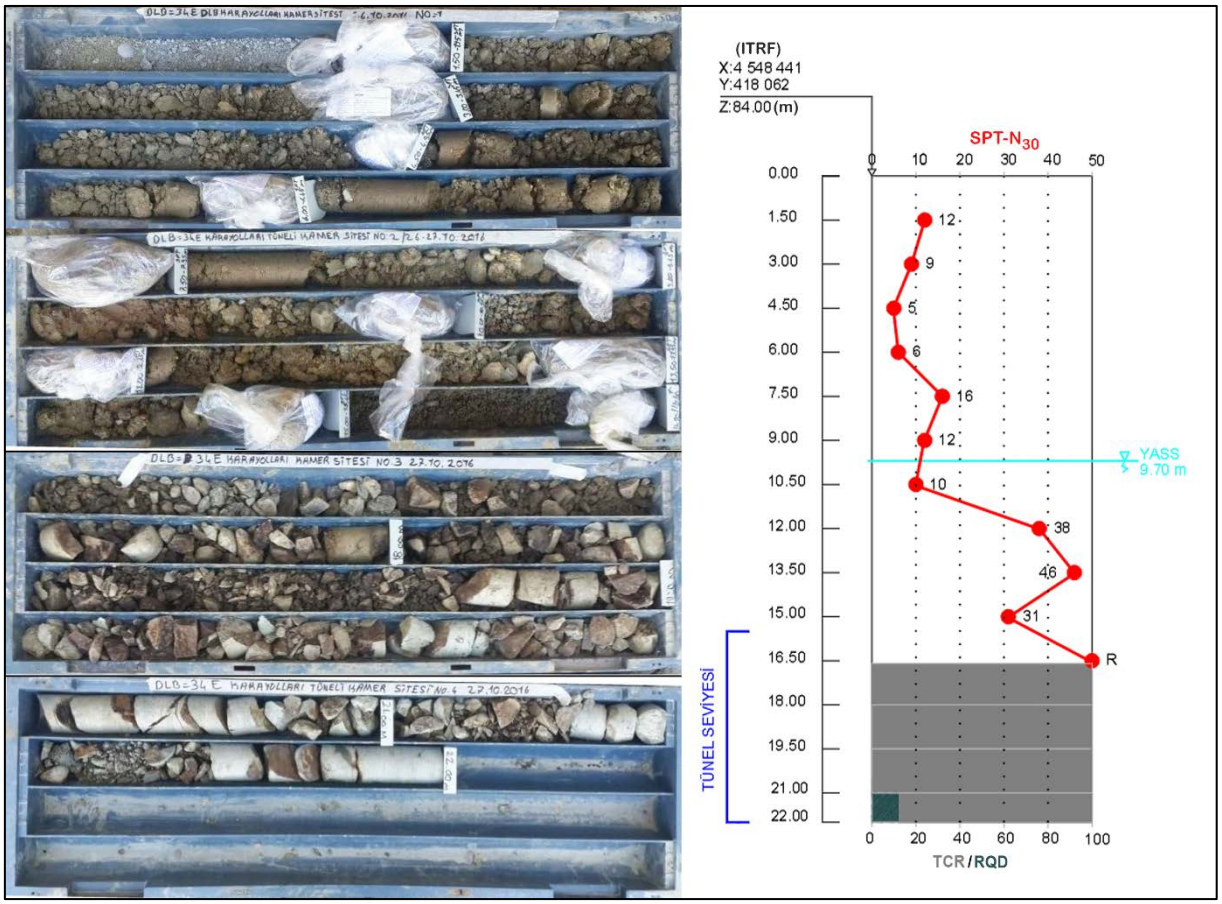


Şekil 3.14: DLB-34D sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi

DLB-34E Sondajı

Toplam derinliği 22,00 metre olan DLB-34E numaralı sondajın sondajının ağız kotu 84,00 m olarak ölçülmüştür. ilk 11,00 metresinde sarımsı kahverengi, kumlu, killi, ince-orta çakıllı, kontrolsüz gevşek dolgu birimi kesilmiştir. 11,00-16,60 metreleri arasında sarımsı kahverengi renkli, az killi, kumlu çakıllı, sıkı, kontrolsüz dolgu birimi kesilmiştir. 16,60-19,20 metreleri arasında çok zayıf-zayıf dayanımlı, sarımsı kahverengi-gri renkli, sık kırıklı, yer yer parçalı, orta-çok ayrışmış, Kiltaşı birimi kesilmiştir (Dayanım IV-V, Ayrışma III-IV). Bu birimde ortalama TCR değeri 100 olarak hesaplanmıştır. RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır. 19,20-22,00 metreleri arasında zayıf-orta dayanımlı, gri renkli, orta-sık kırıklı, orta-az ayrışmış Kumtaşı-Kiltaşı birimi kesilmiştir (Dayanım IV-V, Ayrışma III-IV).Bu birimde ortalama TCR değeri 100 olarak hesaplanmıştır. RQD değeri ise19,50-21,00 metreleri arasında 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından

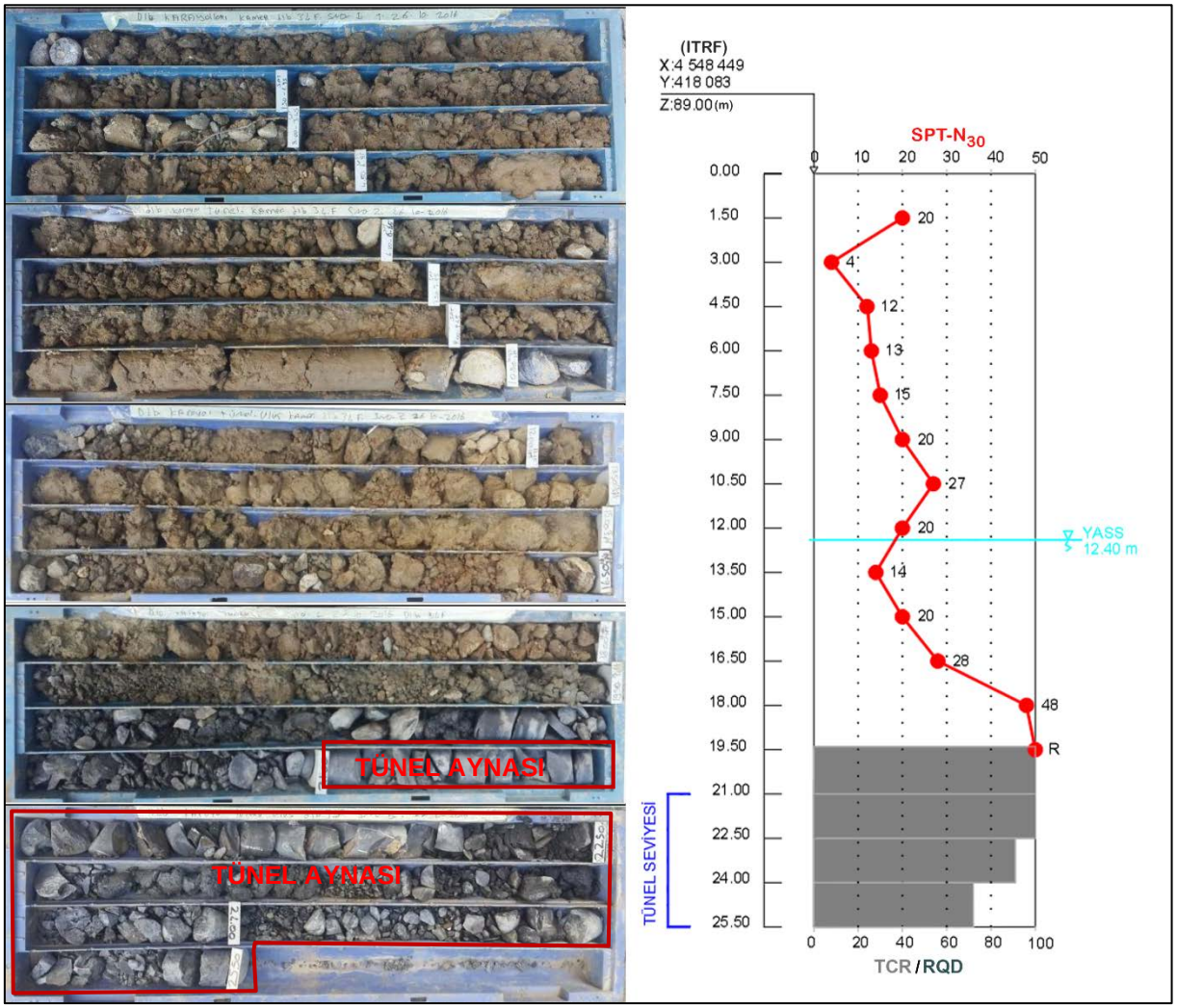
hesaplanamazken 21,00-22,00 metreleri arasında 12 olarak hesaplanmıştır. DLB-34E sondajına ait karot sandık fotoğrafları ve SPT-TCR-RQD değişimini gösteren grafik Şekil 3.15'de yer almaktadır.



Şekil 3.15: DLB-34E sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi

DLB-34F Sondajı

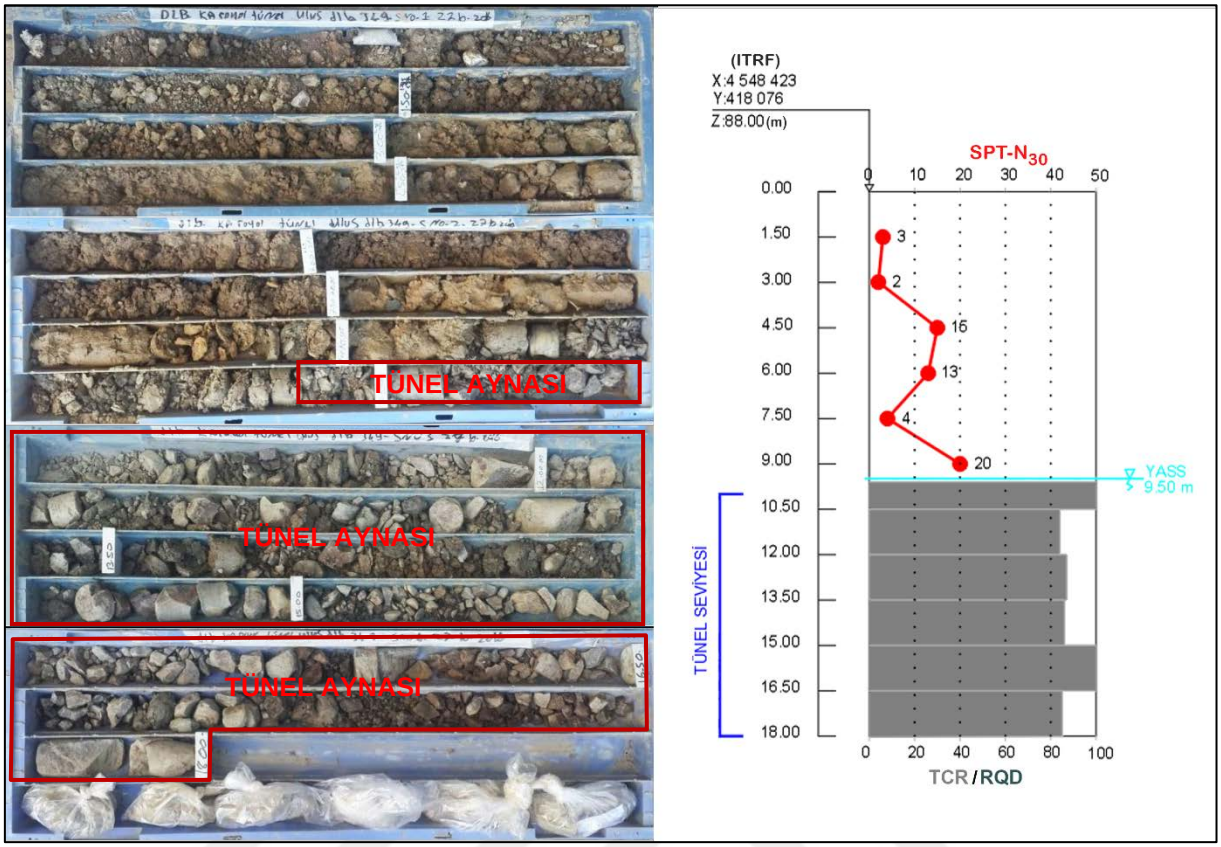
Toplam derinliği 25,50 metre olan DLB-34F numaralı sondajının ağız kotu 89,00 m olarak ölçülmüştür. Yeraltı suyu seviyesi 12,40 metrede ölçülmüştür. DLB-34F nolu sondajın ilk 19,40 metresinde sarımsı kahverengi, orta-iri çakıllı, yer yer kumlu, killi kontrolsüz dolgu birimi kesilmiştir. 19,40-25,50 metreleri arasında zayıf-çok zayıf dayanımlı, gri renkli, sık kırıklı, orta-çok ayrışmış Kiltaşı birimi kesilmiştir (Dayanım IV-V, Ayrışma III-IV). Ayrıca 21,00-22,10 metreleri arasında orta dayanımlı, orta kırıklı, kırıklar, kalsit dolgulu ve 22,10-25,50 metreleri arasında ise yer yer kil bandına rastlanmıştır. Bu birimde ortalama TCR değeri 91 olarak hesaplanmıştır. RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır. DLB-34F sondajına ait karot sandık fotoğrafları ve SPT-TCR-RQD değişimini gösteren grafik Şekil 3.16'da yer almaktadır.



Şekil 3.16: DLB-34F sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi

DLB-34G Sondajı

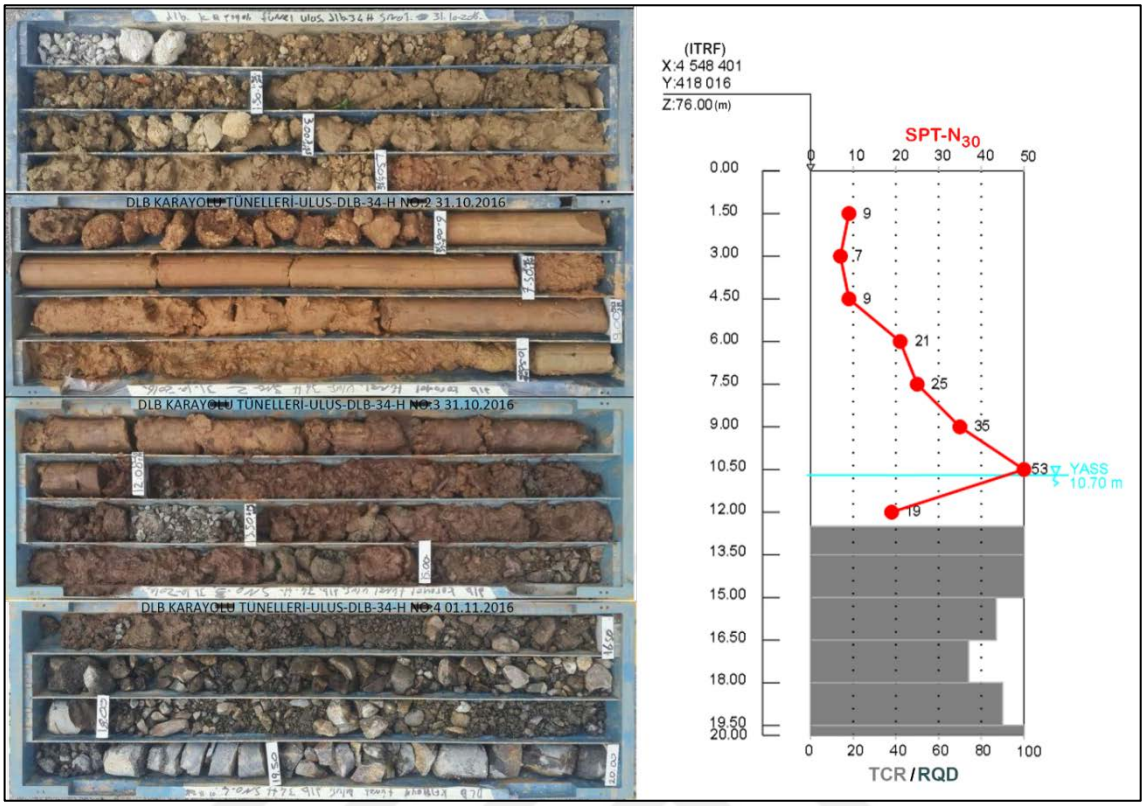
Toplam derinliği 18,00 metre olan DLB-34G numaralı sondajının ağız kotu 88,00 m olarak ölçülmüştür. Yeraltı suyu seviyesine 9,50 metrede rastlanmaktır. DLB-34G nolu sondajın ilk 9,60 metresinde sarımsı kahverengi, yer yer ince çakıllı, kumlu, çok gevşek-orta sıkı, kontrolsüz kil dolgu kesilmiştir. 9,60-18,00 metreleri arasında çok zayıf-zayıf dayanımlı, gri renkli, sık kırıklı, yer yer parçalı, orta-çok ayrışmış Kiltaşı birimi geçilmiştir (Dayanım IV-V, Ayrışma III-IV). Bu birimde ortalama TCR değeri 88 olarak hesaplanmıştır. RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır. DLB-34G sondajına ait karot sandık fotoğrafları ve SPT-TCR-RQD değişimini gösteren grafik Şekil 3.17'de yer almaktadır.



Şekil 3.17: DLB-34G sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi

DLB-34H Sondajı

Toplam derinliği 20,00 metre olan DLB-34H numaralı sondajının ağız kotu 76,00 m olarak ölçülmüştür. Yeraltı suyu seviyesine 10,70 metrede rastlanmaktadır. DLB-34H nolu sondajın ilk 5,00 metresinde sarımsı kahverengi, ince-orta çakıllı, killi, kumlu kontrolsüz dolgu birimi kesilmiştir.5,00-11,50 metreleri arasında kızılımsı-sarımsı kahverengi renkli, az kumlu, az çakıllı, orta katı-katı, kil dolgu birimi geçilmiştir. 11,50-15,70 metreleri arasında sarımsı-koyu kahverengi renkli, yer yer ince-orta çakıllı, kumlu, yumuşak-orta katı kil dolgu birimi kesilmiştir. 15,70-20,00 metreleri arasında zayıf dayanımlı, gri, sık kırıklı, yer yer parçalı, az-orta ayrışmış Kiltaşı birimi kesilmiştir (Dayanım IV, Ayrışma II-III). Bu birimde ortalama TCR değeri 88 olarak hesaplanmıştır. RQD değeri 10 cm'den büyük çapını korumuş numune olmadığından hesaplanamamıştır. DLB-34H sondajına ait karot sandık fotoğrafları ve SPT-TCR-RQD değişimini gösteren grafik Şekil 3.18'de yer almaktadır.



Şekil 3.18: DLB-34H sondajına ait karot sandık fotoğrafı ve SPT-TCR-RQD değişimi

3.1.2.2 Jeofizik Çalışmalar

Mühendislik jeolojisi harita alımında yüzeyde ve sondajlarda sıklıkla kullanılan temel jeofizik yöntemler, rezistivite ve sismik yöntemlerdir. Bu yöntemler iki tür bilgi sağlar (IAEG, 1976).

(a) Kaya ve zeminlerin önemli fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve bunların çalışılan alanın sınırları içinde derinliğe bağlı olarak değişimlerinin saptanması. Bu özellikler, kayaların bozunma derecesi ve süreksizlik sıklığı gibi kütlesel nitelikleriyle de karşılaştırılabilir (Şenol, 2015)

(b) Değişik fiziksel özelliklerdeki kaya ve zeminler arasındaki sınırlar, yeraltı su seviyesi, derinliği ve fayların konumlarının belirlenmesinde kullanılır. Tabakaların fiziksel özellikleri (makaslama modülü, elastisite modülü, sıkışmazlık modülü, sismik büyütmesi, poisson oranı, doğal salınım periyodu vb.) makaslama (S) hızıyla doğrudan ilişkilidir. Bu sebeple, yeraltı tabakalarının S-hızı değişimlerinin bilinmesi jeoteknik mühendislik açısından çok önemlidir. Yüzey dalgalarının çok-kanallı analizi ile S-hızı değişimlerinin saptanması son zamanlarda sismik kırılma yöntemine ek olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Sismik kırılma yönteminin uygulanmasının mümkün olamadığı durumlarda MASW tekniği tek çare

olmaktadır. Sismik kırılma yöntemi ile ölçü alımında kullanılan dizilim geometrisi korunarak MASW kayıtları elde edilebilmekte ve çok daha büyük araştırma derinliklerine ulaşılabilmektedir. Bu yöntemin diğer avantajları ise hızlı veri elde edebilme ve bunları çok daha kolay ve hızlı bir şekilde işleyebilmesidir. (Şenol, 2015).

MASW yöntemi ile V_{s30} değeri güvenli şekilde hesaplanabilmektedir. V_{s30}, UBC ve Eurocode-8 yaygın kullanılan temel uluslararası standart parametrelerin başında gelmektedir. Yüzey dalgası analiz yöntemlerinde, yer altındaki tabakalı yapıların kesme dalgası hızının (V_s) derinliğe göre değişiminin hesaplanması için Rayleigh dalgasının dispersif özelliğinden faydalanılır. Yüzey dalgası yöntemleri aktif ve pasif kaynaklı yöntemler olmak üzere ikiye ayrılır. Pasif kaynaklı yöntemler daha derin nüfuz gücüne sahiptir. Özellikle ana kaya derinliğine ulaşılmak istenen sahalarda etkin olarak kullanılabilmektedir. Arazide kolay uygulanabilir olması yöntemin avantajı olsa da veri toplama sırasında geometriden kaynaklanan problemler ve yüzeye yakın tabakaların tespitinde yanılgı payının olması dezavantajları olarak karşımıza çıkmaktadır (Şenol, 2015).

Buna karşın MASW tekniği daha sınırlı nüfuz derinliğine sahip olmasına rağmen, etkin kaynak olarak kullanılması ile daha başarılı sonuçlar alınabilmektedir. Özellikle V_{s30} çalışmalarında ilk 30 metrenin önemli olması ve ince tabakaların tespitinde oldukça sağlıklı sonuçlar alınması nedeniyle etkin kullanım imkanına sahiptir. Diğer yöntemlere nazaran en önemli faydası kaynağın kontrollü olmasıdır (Şenol, 2015).

V_p sismik dalga hızı, yeraltının yapısal konumlarını, şev duyarlılığını, yarma yüzeyi ve yarma kazılarının sökülebilirlik durumunu tespit etmek amacıyla belirlenmiştir. P dalgası, gevşek zeminlerde düşük hızlarda ilerlerken sert zeminlerde yüksek hızlarda ilerler. Ölçülen P dalga hızları ile zeminlerin sökülebilirliklerinin belirlenmesi Tablo 3.4'de verilen sınıflandırmaya göre gerçekleştirilmiştir (Dursun ve diğ, 2012).

Sismik S dalgası (kayma dalgası) hızları, zeminin mekanik özelliklerini anlayabilmek için oluşturulmuştur. Bu dalgalar malzemenin şekil bozunumuna veya burulmaya karşı direnci olduğu zaman meydana gelir. Ölçülen V_s değerine uygun kaya ve zemin değerlendirmeleri Tablo 3.5'de verilen sınıflandırma yardımı ile yapılmıştır. 2000 m/sn'den küçük S dalga hızları olan kayaçlar buldozer ile sökülebilirken S dalga hızı bu değerden daha büyük olan kayaçlarda patlatıcıların kullanılması gerekmektedir (Şenol, 2015).

Tablo 3.4: Ağır Güçteki Sökücüler İçin P (Öncül Dalga) Dalga Hızı-Sökülebilirlik İlişkisi (Bailey, 1974)

P Dalgasının Hızı (m/sn)	Sökülebilirlik Sınıfları
350-670	Çok Kolay
670-1000	Kolay
1000-1700	Orta
1700-2300	Zor
2300-2700	Çok Zor
2700-3000	Son Derece Zor

Tablo 3.5: Kayma ve Kesme Dalga Hızlarına Göre Kaya Ve Zeminlerin Sınıflandırılması (Kurtuluş ve Bozkurt, 2008)

Kayma Dalgası Hızı (m/sn)	Yerel Birim Türü
<200	Yumuşak Kil, siltli kil
<200	Gevşek Kum
<200	Yeraltısu düzeyinin yüksek olduğu yumuşak-suya doygun kalın alüvyonlu katmanlar
200-300	Katı kil-siltli kil
200-400	Orta Sıkı Kum, çakıl
400-700	Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayaçlar ve çimentolu tortul kayaçlar
300-700	Çok katı kil, siltli kil
400-700	Çok katı kum, çakıl
700-1000	Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayaçlar süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayaçlar
>700	Sert kil siltli kil
>700	Çok sıkı kum, çakıl
>1000	Masif volkanik kayaçlar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayaçlar sert ve çimentolu tortul kayaçlar

Sondajlardan elde edilen veriler ışığında, yapay dolgu, kumtaşı-şeyl seviyelerinin birbirleri arasındaki birim sınırlarını belirlemek amacı ile 4 farklı kesimde MASW çalışmaları yapılmıştır. Tünel giriş portal kesiminde yapılan jeofizik çalışmalara ait bilgiler Tablo 3.6'da verilmiştir.

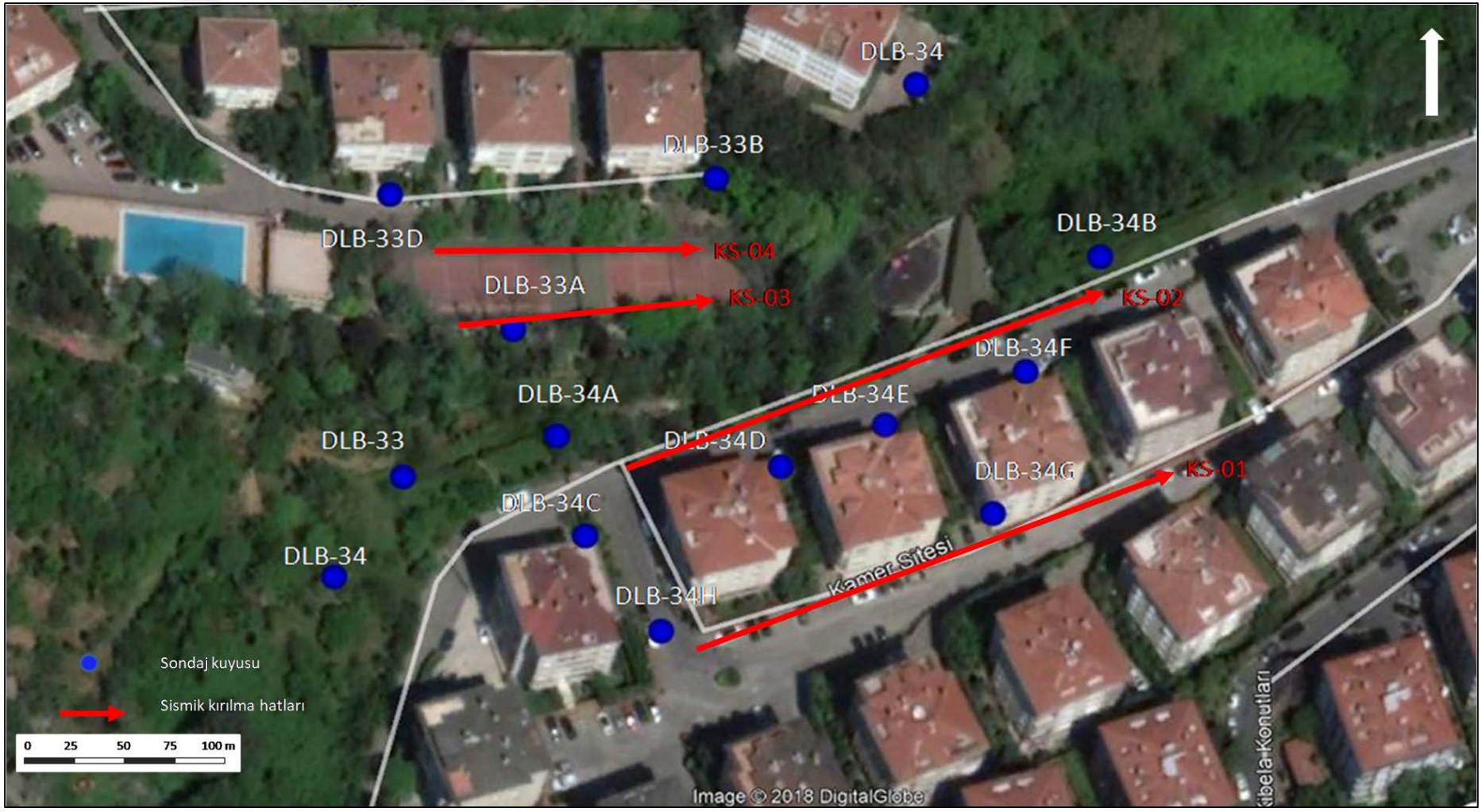
Tablo 3.6: Jeofizik çalışmalar

Hat No	Hat Uzunluğu (m)	Çalışma Yöntemi	Amacı
KS-01	92	MASW	Tünel Portal
KS-02	92	MASW	Tünel Portal
KS-03	46	MASW	Tünel Portal
KS-04	46	MASW	Tünel Portal

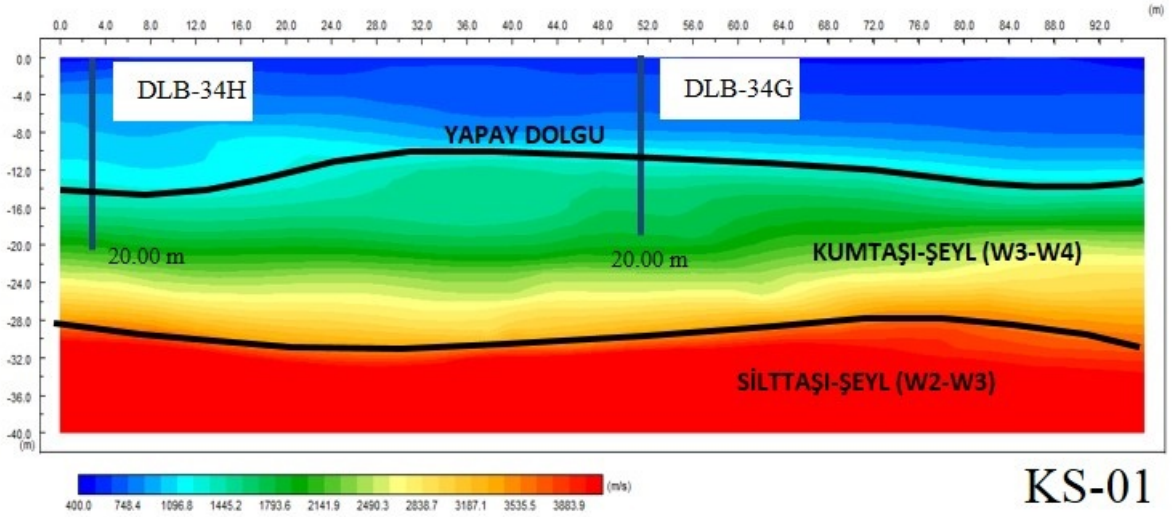
Sismik analiz ile zemin ve kayaların dalga hızlarına bağlı olarak birimlerin türleri hakkında bir sınıflama yapılabilmektedir. Sismik sıkışma dalga hızı V_p, kayma dalgası hızı V_s olarak adlandırılmaktadır. Sismik kesitlerde yer alan siyah çizgiler kaya ortamına girişi, siyah eğriler ise V_s fonksiyonunu simgelemektedir. Bu veriler doğrultusunda sismik analiz sonuçlarında renklendirilen üst kısım yapay dolgu birimlerini, alt kısımlarda ise Trakya Formasyonu'nu temsil eden kumtaşı-şeyl-silttaşı birimlerini göstermektedir. KS hatlarına ait sismik analiz sonuçları ile sondaj logları ve karot sandık fotoğrafları birlikte değerlendirildiğinde, jeolojik istifin birbiri ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. İnceleme alanında yapılan jeofizik çalışmaları, jeofizik hatların yakınında yer alan sondajlar ve sondajlarda kesilen birimler Şekil 3.19 ile Şekil 3.23 arasında verilmiştir.

Ağır güçteki sökücüler için P (Öncül Dalga) Dalga Hızı-Sökülebilirlik İlişkisi (Bailey,1974) Tablo 3.4'de verilmiştir. Tabloda verilen sınıflara bakıldığında Şekil 3.20 ile 3.23'de verilen kesitlerden elde edilen P dalgası hızı sonuçlarına göre Yapay Dolgu için çok kolay-kolay ve orta sökülebilir sınıfa girerken Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) için orta-son derecede zor sökülebilir sınıfına dahil olmaktadır.

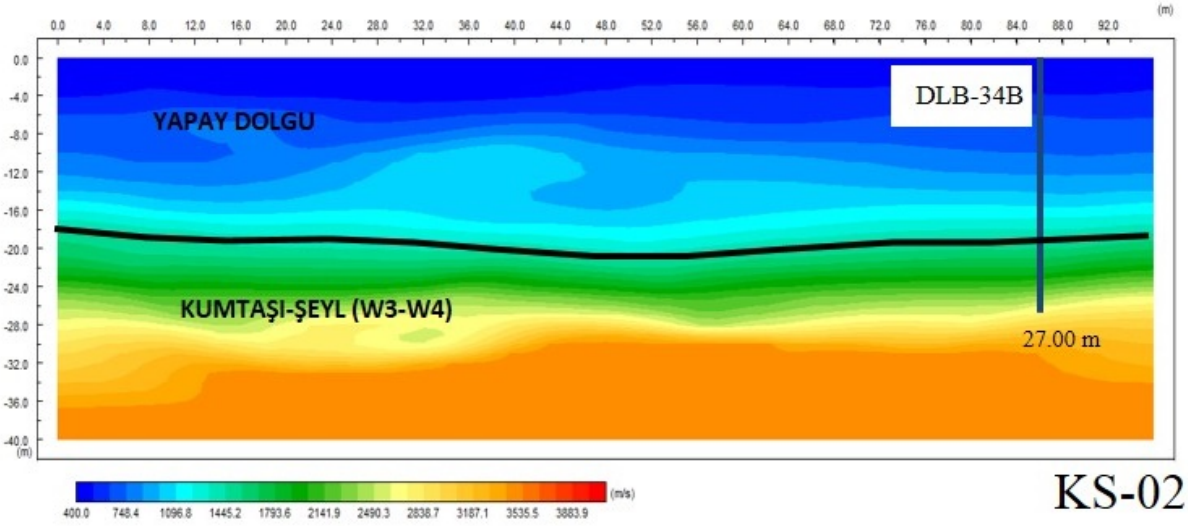
Kayma ve Kesme Dalga Hızlarına Göre Kaya ve Zeminlerin Sınıflandırılması (Kurtuluş ve Bozkurt, 2008) Tablo 3.5'de verilmiştir. S dalga hızlarının derinlikle değişimi gösteren grafikler Şekil 3.24 ile Şekil 3.27 arasında verilmiştir. Zemin sınıfları incelendiğinde genel olarak çok katı kum-çakıl nitelikli olduğu görülmüştür.



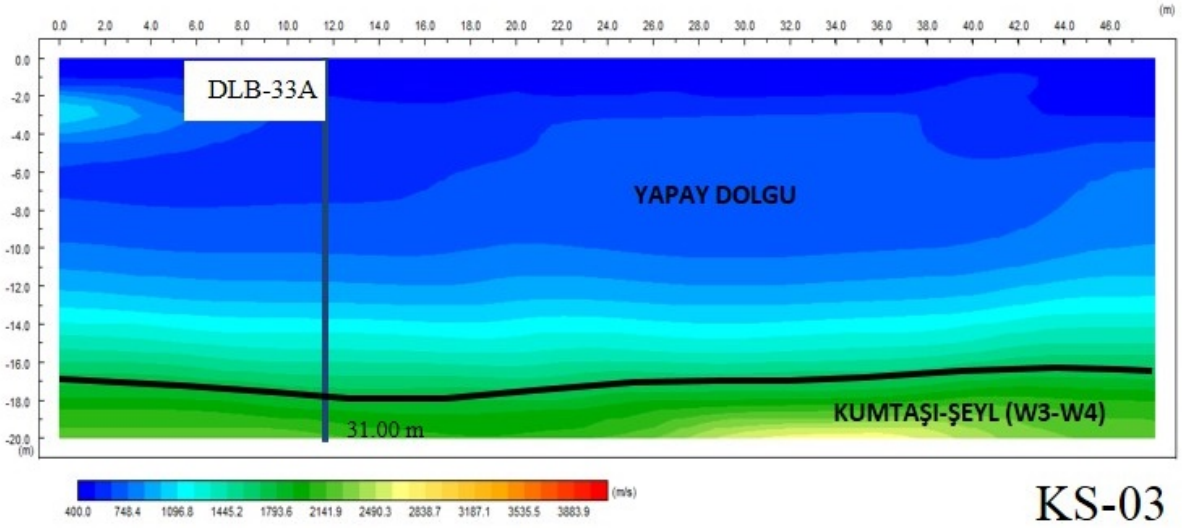
Şekil 3.19: Güzergah üzerinde yapılan sismik çalışmalar ve sondaj noktaları



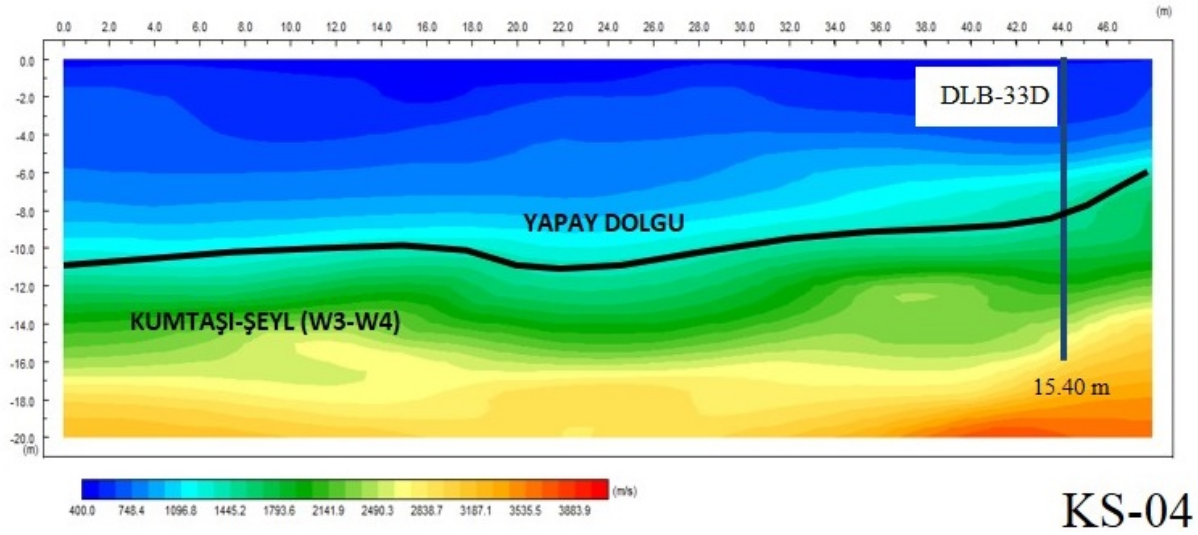
Şekil 3.20: KS-01 hattı MASW analizi sonuçları ve sondaj logu değerlendirilmesi



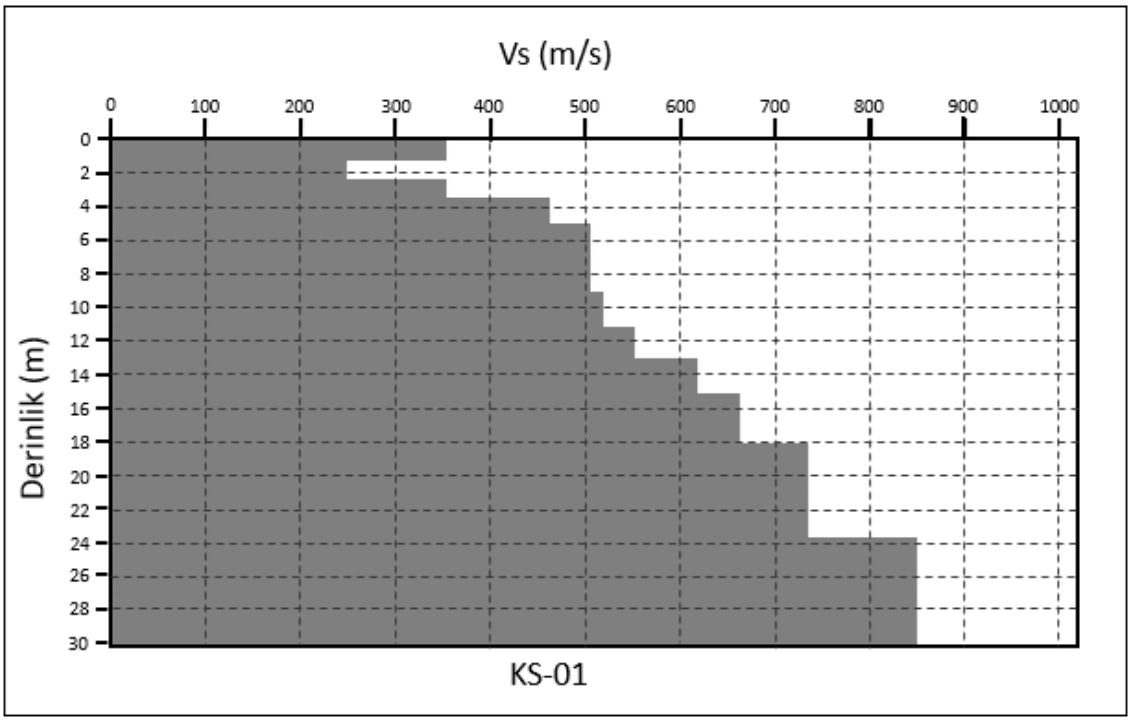
Şekil 3.21: KS-02 hattı MASW analizi sonuçları ve sondaj logu değerlendirilmesi



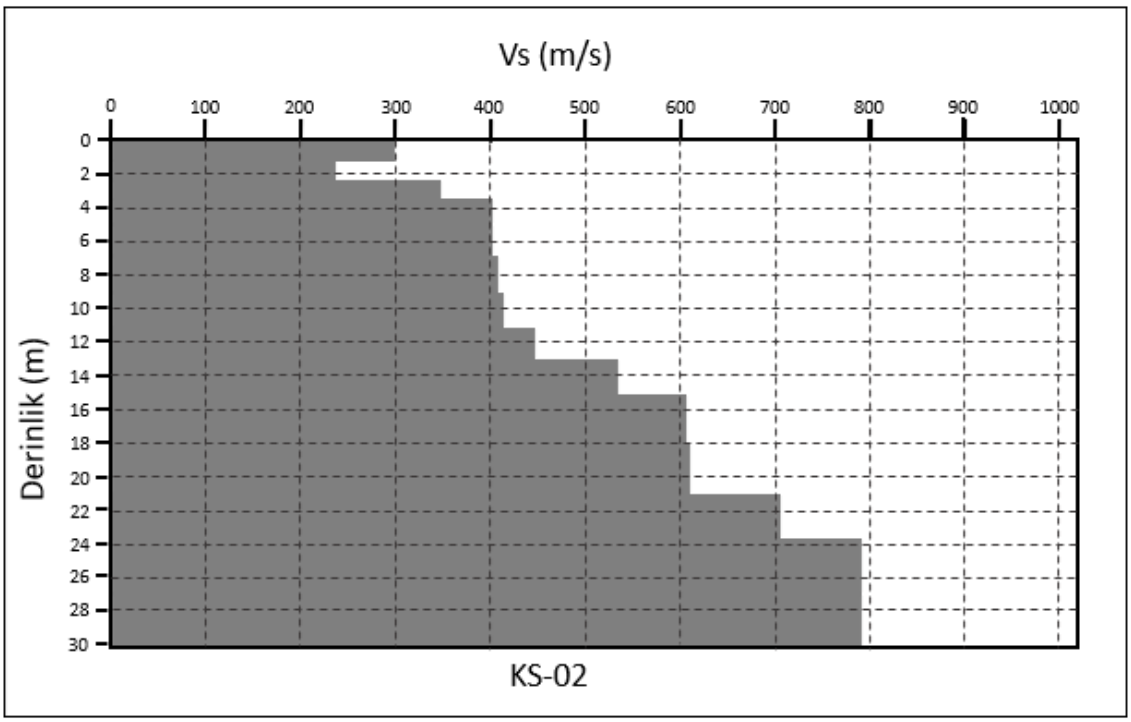
Şekil 3.22: KS-03 hattı MASW analizi sonuçları ve sondaj logu değerlendirilmesi



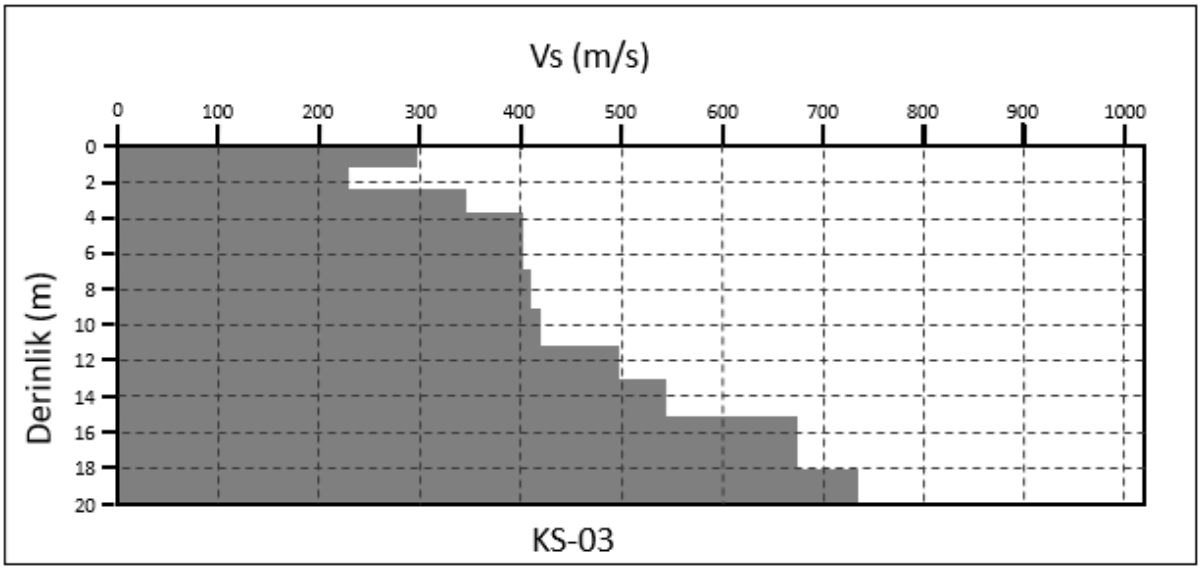
Şekil 3.23: KS-04 hattı MASW analizi sonuçları ve sondaj logu değerlendirilmesi



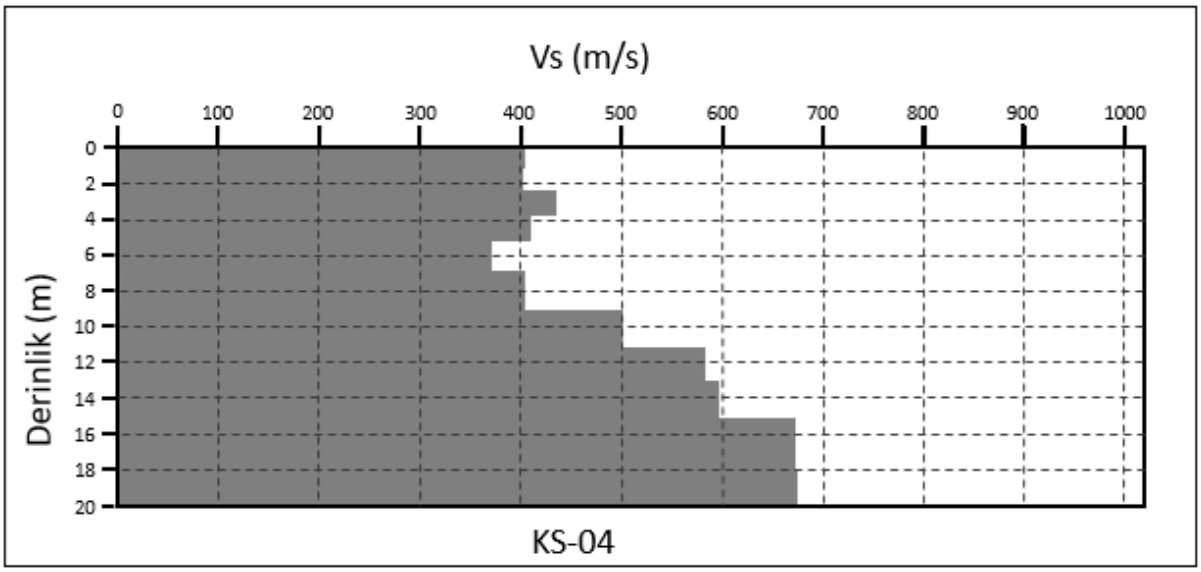
Şekil 3.24: KS-01 hattı için S Dalga Hızlarının derinliğe göre değişimi



Şekil 3.25: KS-02 hattı için S Dalga Hızlarının derinliğe göre değişimi



Şekil 3.26: KS-03 hattı için S Dalga Hızlarının derinliğe göre değişimi



Şekil 3.27: KS-04 hattı için S Dalga Hızlarının derinliğe göre değişimi

3.2 LABORATUVAR DENEYLERİ

İnceleme alanında Levazım-Armutlu (T2) Tünel Giriş Portalı kazısı sırasında oluşacak sorunların belirlenip ve alternatif çözümlerin üretilebilmesi için yapılan saha çalışmalarından elde edilen örneklerle yapılan laboratuvar deneyleri ile çalışma alanındaki malzemenin indeks ve jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan laboratuvar deneyleri aşağıda belirtilmiştir.

- Zemin'den alınan örselenmiş numuneler üzerinde;
  - Kıvam Limitleri (Atterberg) Deneyi
  - Tane Boyu Dağılım Analizi (Elek Analizi Deneyi-Hidrometre Deneyi)
  - Su Muhtevası Deneyi
- Kayalardan elde numuneler üzerinde;
  1. Fiziksel özellikler
     a) Kuru birim hacim ağırlığı
  2. Mekanik özellikler
     a) Nokta Yükleme Deneyleri
     b) Tek Eksenli Basınç Deneyleri
     c) Elastisite ve Poisson Oranı

İnceleme alanında yer alan Yapay Dolgu ve Tümüyle Ayrışmış Trakya formasyonuna ait kesimlerde zemin mekaniği deneyleri yapılarak malzemenin indeks özellikleri ortaya konmuştur. Ayrıca tünel etkilenme zonu kesimlerinden elde edilen kaya karot numunelerinden nokta yükleme, tek eksenli basınç deneyleri ile birlikte elastisite modülü-poisson oranı deneyleri yapılmıştır. Uygulanan sondaj çalışmalarından elde edilen numuneler üzerinde yapılan deneylerden aşağıda bahsedilecektir.

3.2.1 Zemin Mekaniği Deneyleri

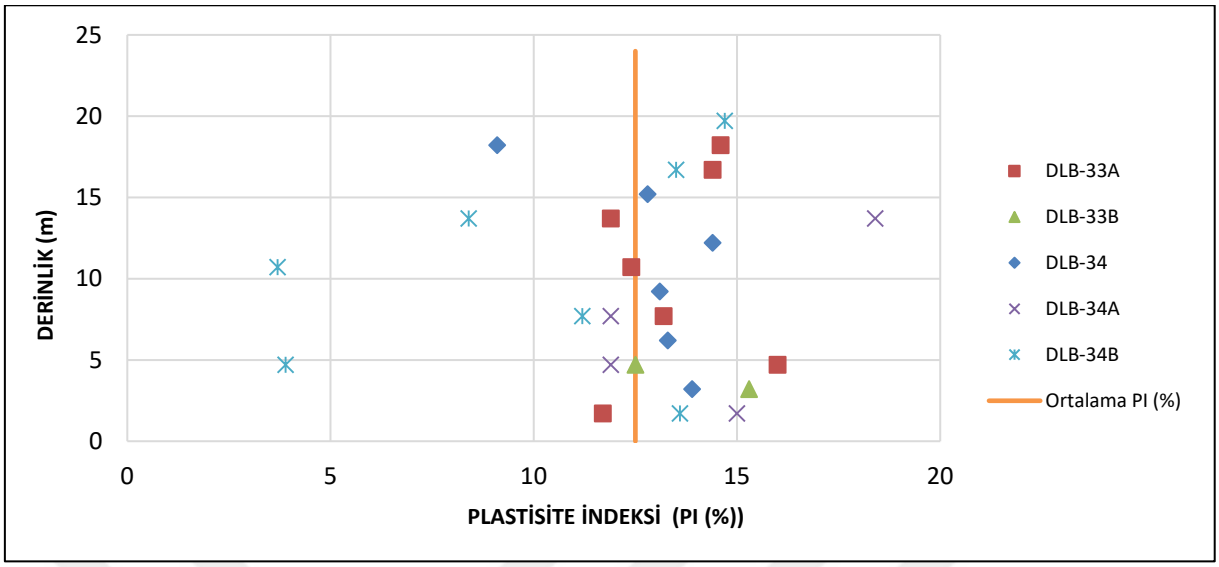
3.2.1.1 Kıvam Limitleri

İnceleme alanında yapılan DLB-33A, DLB-33B, DLB-34, DLB-34A ve DLB-34B sondajlarında kesilen yapay dolgu biriminde yapılan kıvam limiti deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen plastisite indeksi ortalaması 12,49 olarak hesaplanmıştır. Kıvam limitleri sonuçları Tablo 3.7'de verilirken, plasitisite indeksi dağılımlarını gösteren grafik Şekil 3.28'de verilmiştir. Plastisite İndeksi değerlerinin derinlikle değişim grafiği (Şekil 3.28)

incelendiğinde PI değerlerinin 10 ile 15 arasında değişiklik gösterdiği görülmüştür. PI_{ort} değerlerinin ise yaklaşık 12,5 olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.7: Kıvam Limitleri sonuçları

JEOLOJİK BİRİM	SONDAJ NO	DERİNLİK	ATTERBERG LİMİTLERİ			
			LL (%)	PL (%)	PI (%)	ZEMİN SINIFI
Yapay Dolgu	DLB-33A	1,50-1,95	28,7	17,0	11,7	SC
	DLB-33A	4,50-4,95	32,7	16,7	16,0	CL
	DLB-33A	7,50-7,95	27,7	14,5	13,2	SC
	DLB-33A	10,50-10,95	29,5	17,1	12,4	SC
	DLB-33A	13,50-13,95	27,9	16,7	11,9	GC
	DLB-33A	16,50-16,95	28,1	13,7	14,4	GC
	DLB-33A	18,00-18,45	30,0	15,4	14,6	SC
	DLB-33B	3,00-3,45	30,1	14,8	15,3	SC
	DLB-33B	4,50-4,95	28,8	16,3	12,5	GC
	DLB-34	3,00-4,50	27,6	13,7	13,9	SC
	DLB-34	6,00-7,50	28,9	15,6	13,3	GP-GC
	DLB-34	9,00-10,50	29,3	16,2	13,1	GC
	DLB-34	12,00-13,50	28,9	14,5	14,4	GP-GC
	DLB-34	15,00-16,50	28,3	15,5	12,8	GC
	DLB-34	18,00-19,50	23,7	14,6	9,1	SC
	DLB-34A	1,50-1,95	32,6	17,6	15,0	GC
	DLB-34A	4,50-4,95	27,8	15,9	11,9	CL
	DLB-34A	7,50-7,95	28,6	16,7	11,9	GC
	DLB-34A	13,50-13,95	33,5	15,1	18,4	SC
	DLB-34B	1,50-1,95	32,3	18,7	13,6	GP-GC
	DLB-34B	4,50-4,95	24,1	20,2	3,9	GC
	DLB-34B	7,50-7,95	31,5	20,3	11,2	GC
	DLB-34B	10,50-10,95	23,8	20,1	3,7	GC
	DLB-34B	13,50-13,95	26,9	18,5	8,4	SC
	DLB-34B	16,50-16,95	33,5	20,0	13,5	SC
	DLB-34B	19,50-19,95	34,2	19,5	14,7	CL



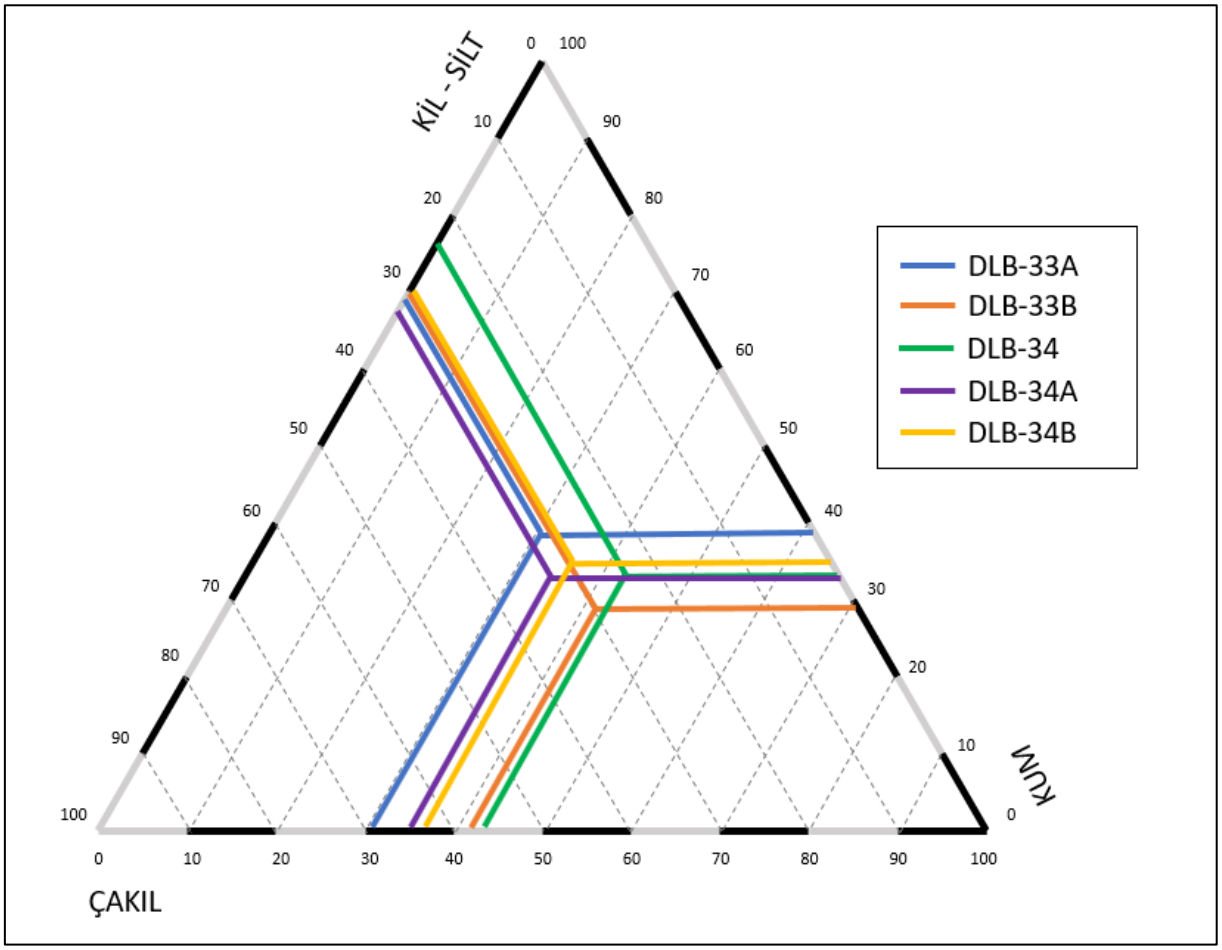
Şekil 3.28: Plasitisite İndeksi dağılımlarını gösteren grafik

3.2.1.2 Tane Boyu Dağılımı Analizi (Elek Analizi-Hidrometre Deneyi)

İnceleme alanında yapılan DLB-33A, DLB-33B, DLB-34, DLB-34A ve DLB-34B sondajlarında kesilen yapay dolgu biriminde yapılan elek analizi ve hidrometre deneyi sonuçları Tablo 3.8'de verilmiştir. Sondajların elde edilen tane boyu aralığı Şekil 3.29'da verilen grafikte gösterilmiştir.

Tablo 3.8: Elek analizi ve Hidrometre Deneyi sonuçları

JEOLOJİK BİRİM	SONDAJ NO	DERİNLİK	ELEK ANALİZİ		HİDROMETRE	
			NO:4 KALAN %	NO:200 GEÇEN %	#200-0,005 %	<0,005 %
Yapay Dolgu	DLB-33A	1,50-1,95	22,34	35,13	-	-
	DLB-33A	4,50-4,95	9,68	54,80	24,21	30,59
	DLB-33A	7,50-7,95	16,71	30,16	-	-
	DLB-33A	10,50-10,95	24,77	22,07	-	-
	DLB-33A	13,50-13,95	52,86	29,96	13,17	16,79
	DLB-33A	16,50-16,95	55,47	16,26	-	-
	DLB-33A	18,00-18,45	31,81	29,76	-	-
	DLB-33B	3,00-3,45	37,96	22,56	-	-
	DLB-33B	4,50-4,95	45,69	38,06	-	-
	DLB-34	3,00-4,50	31,47	22,31	-	-
	DLB-34	6,00-7,50	59,06	13,29	-	-
	DLB-34	9,00-10,50	42,50	21,20	-	-
	DLB-34	12,00-13,50	71,61	12,20	-	-
	DLB-34	15,00-16,50	41,28	28,57	-	-
	DLB-34	18,00-19,50	13,30	45,33	-	-
	DLB-34A	1,50-1,95	41,37	27,00	-	-
	DLB-34A	4,50-4,95	5,06	53,12	23,11	30,01
	DLB-34A	7,50-7,95	55,67	15,30	-	-
	DLB-34A	13,50-13,95	29,24	33,96	12,08	21,88
	DLB-34B	1,50-1,95	55,32	14,48	-	-
	DLB-34B	4,50-4,95	48,01	22,12	-	-
	DLB-34B	7,50-7,95	39,32	22,24	5,64	16,60
	DLB-34B	10,50-10,95	50,14	21,73	-	-
	DLB-34B	13,50-13,95	9,79	42,88	-	-
	DLB-34B	16,50-16,95	33,64	17,37	-	-
	DLB-34B	19,50-19,95	9,24	62,26	-	-

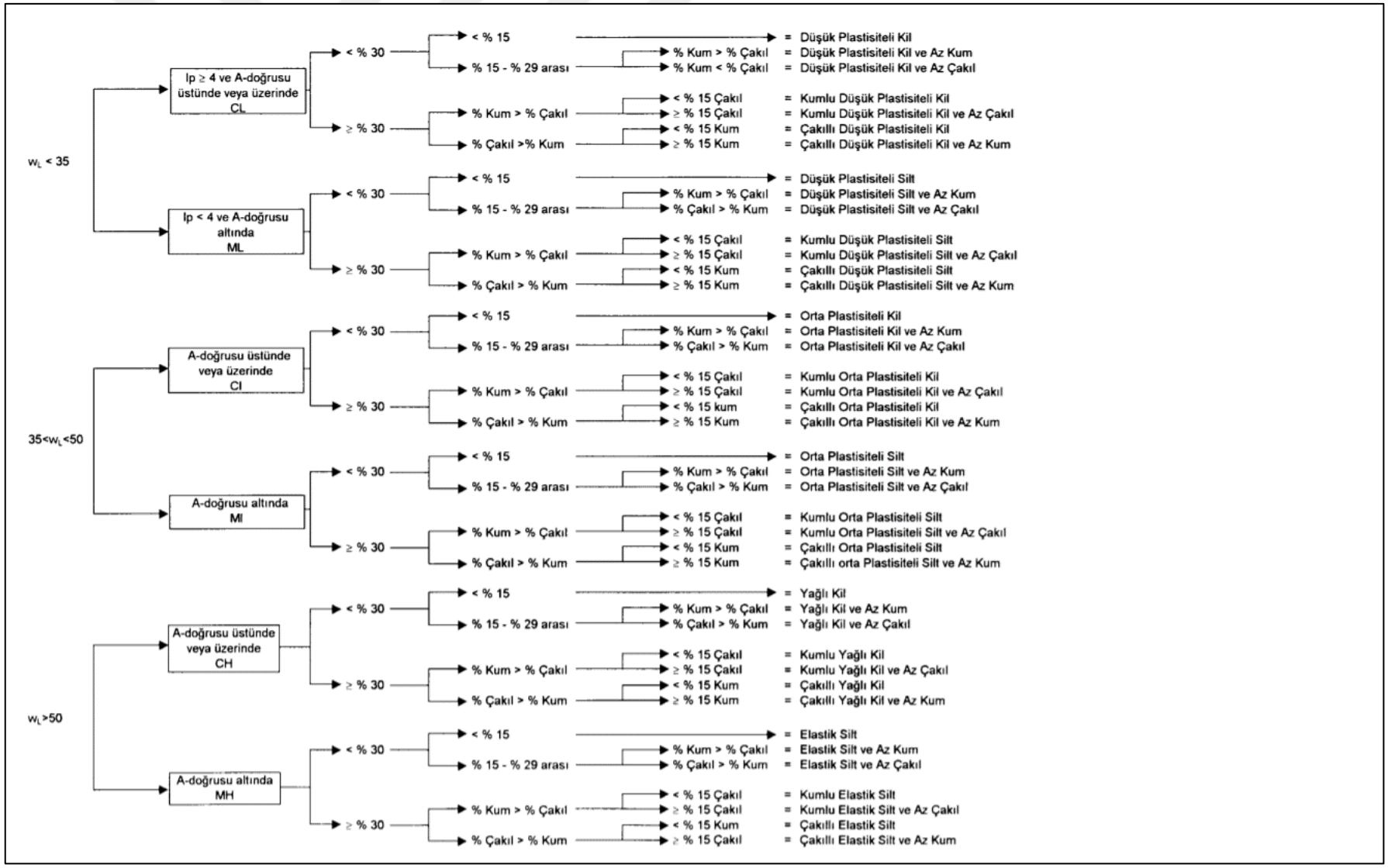


Şekil 3.29: Tane boyu aralığını gösteren grafik

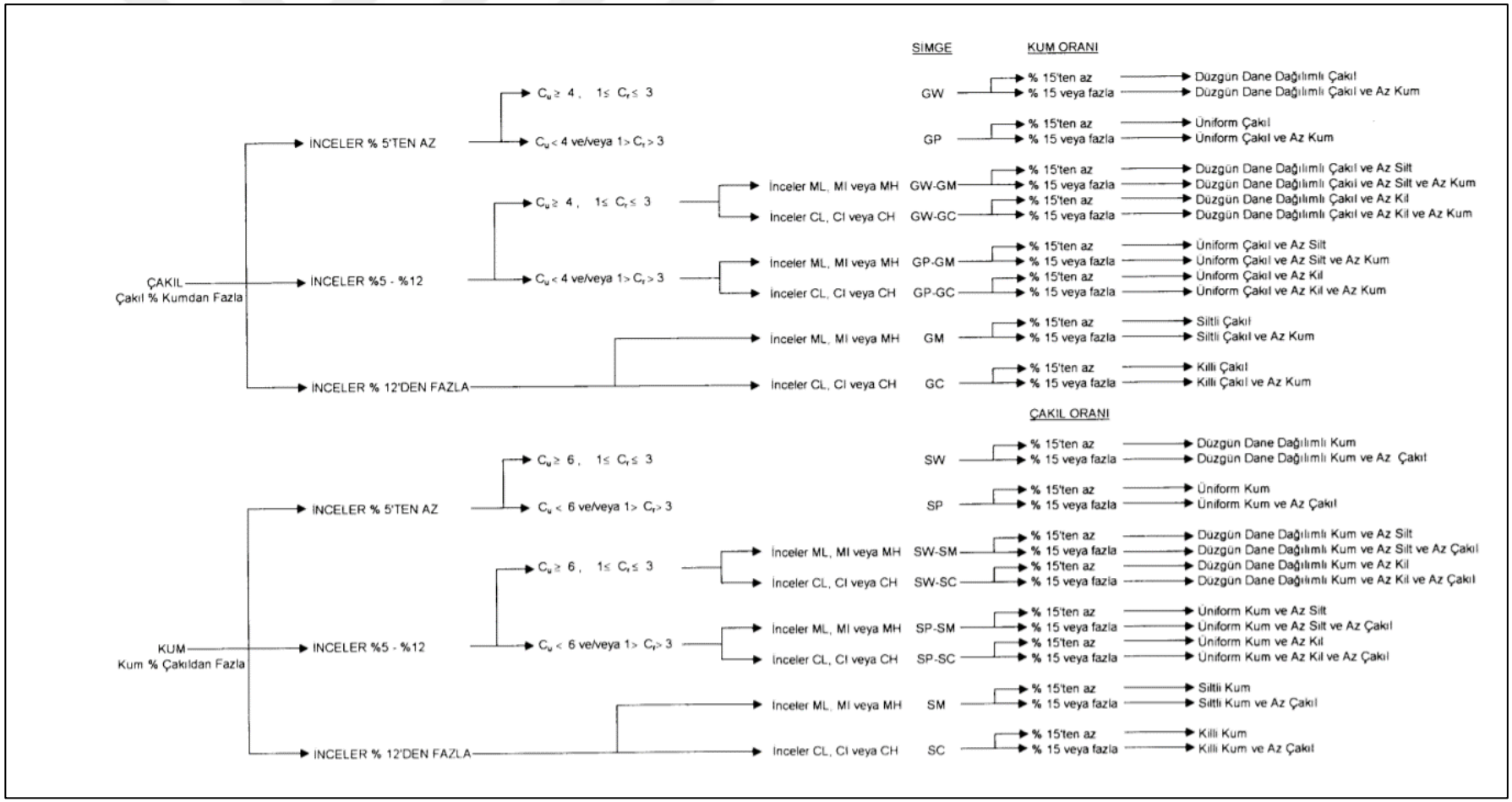
İnceleme alanında yapılan DLB-33A, DLB-33B, DLB-34, DLB-34A ve DLB-34B sondajlarında kesilen yapay dolgu biriminde yapılan kıvam limiti ve elek analiz deneyleri yapıldıktan sonra zemin sınıflandırması yapılmıştır. Sondajlardan elde edilen zemin numuneleri üzerinde deneyler yapılmıştır. Türk Standartları Enstitüsü (2000)'e göre zemin sınıflandırması ince taneli zeminlerin plastisite özelliklerine göre Casagrande kartı yardımı ile yapılmıştır. (Şekil 3.30-Şekil 3.31-Şekil 3.32) Örnekler üzerinde yapılan deneylerle zemin sınıfı SC, GC, CL ve GP-GC olarak bulunmuştur (Tablo 3.9).

Tablo 3.9: Zemin Sınıflarını gösteren tablo

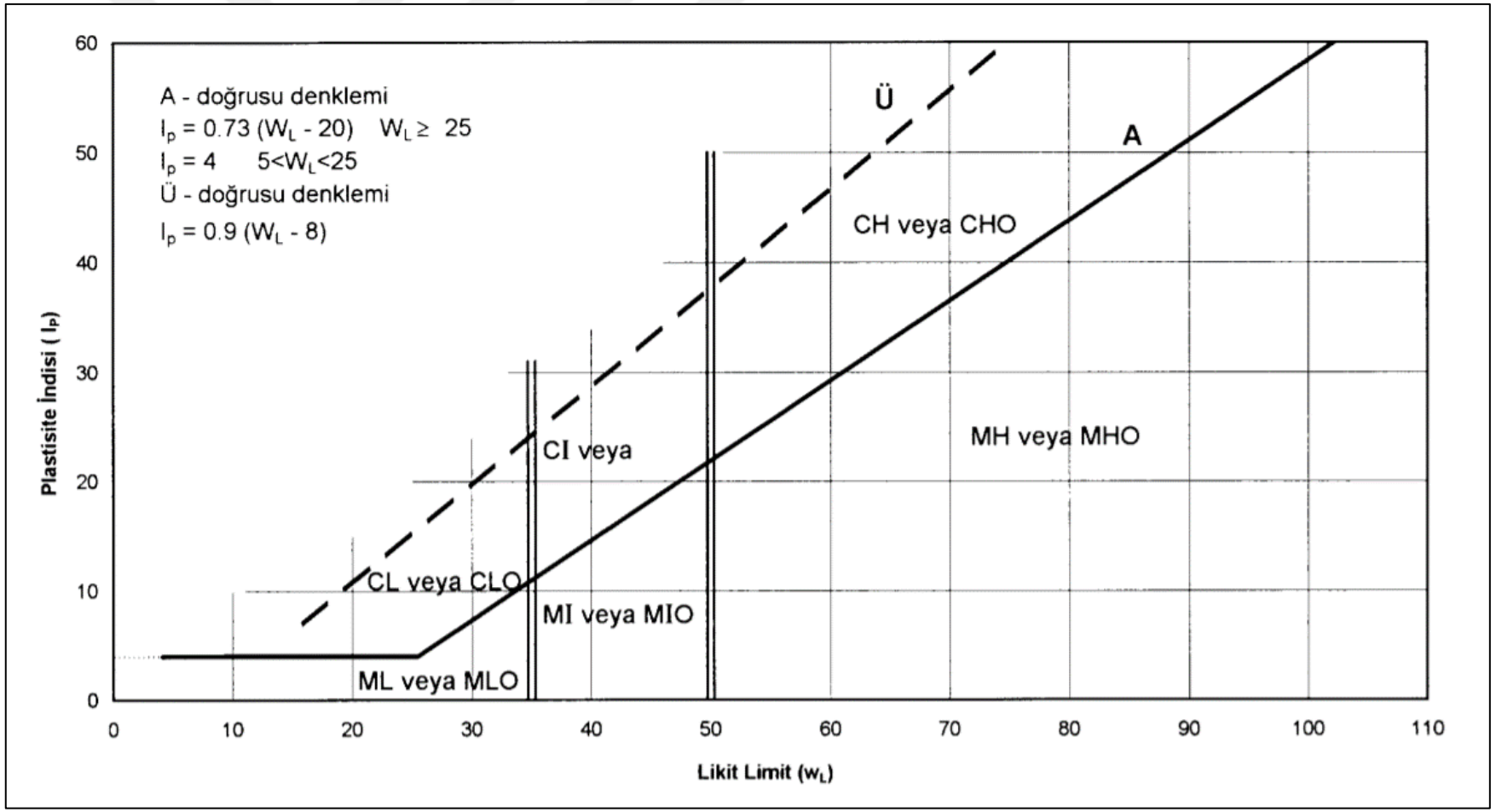
JEOLOJİK BİRİM	SONDAJ NO	DERİNLİK	ZEMİN SINIFI
Yapay Dolgu	DLB-33A	1,50-1,95	SC
	DLB-33A	4,50-4,95	CL
	DLB-33A	7,50-7,95	SC
	DLB-33A	10,50-10,95	SC
	DLB-33A	13,50-13,95	GC
	DLB-33A	16,50-16,95	GC
	DLB-33A	18,00-18,45	SC
	DLB-33B	3,00-3,45	SC
	DLB-33B	4,50-4,95	GC
	DLB-34	3,00-4,50	SC
	DLB-34	6,00-7,50	GP-GC
	DLB-34	9,00-10,50	GC
	DLB-34	12,00-13,50	GP-GC
	DLB-34	15,00-16,50	GC
	DLB-34	18,00-19,50	SC
	DLB-34A	1,50-1,95	GC
	DLB-34A	4,50-4,95	CL
	DLB-34A	7,50-7,95	GC
	DLB-34A	13,50-13,95	SC
	DLB-34B	1,50-1,95	GP-GC
	DLB-34B	4,50-4,95	GC
	DLB-34B	7,50-7,95	GC
	DLB-34B	10,50-10,95	GC
	DLB-34B	13,50-13,95	SC
	DLB-34B	16,50-16,95	SC
	DLB-34B	19,50-19,95	CL



Şekil 3.30: İnce daneli zeminlerin sınıflandırılması için akış diyagramı (%50'den fazlası 75 μm'den küçük) (Türk Standartları Enstitüsü, 2000)



Şekil 3.31: İri daneli zeminlerin sınıflandırılması için akış diyagramı (%50'den fazlası 75 μm'den büyük) (Türk Standartları Enstitüsü, 2000)



Şekil 3.32: Plastisite Kartı (Türk Standartları Enstitüsü, 2000)

3.2.1.3 Su Muhtevası Deneyi

Laboratuvar deneyleri içinde en sık kullanılan su muhtevası deneyi, zemin numunelerinin su içeriklerinin belirlenebilmesi için yapılmıştır. Bir zemin örneğinin içerdiği su ağırlığının, aynı örneğin kuru ağırlığına oranı olarak yüzde biçiminde olarak ifade edilir (Orhan ve diğ., 2004). İnceleme alanında yapılan DLB-33A, DLB-33B, DLB-34, DLB-34A ve DLB-34B sondajlarında kesilen yapay dolgu biriminde su muhtevası değerleri Tablo 3.10'da verilmiştir. Laboratuvar sonuçlarına bakıldığında en düşük değerin 6,4, en yüksek değerin ise 24,0 olduğu görülmüştür. Su muhtevası değerleri ile kıvam limitleri karşılaştırıldığında su muhtevası yükseldikçe likit limit değerlerinin yükseldiği görülmüştür. Su muhtevası değerleri ve elde edilen zemin sınıfları değerlendirildiğinde kil içeriği yüksek derinliklerde malzemenin kıvamının su muhtevasının yükseldiği yerlerde daha likit duruma geçtiğini göstermiştir.

Tablo 3.10: Su Muhtevası Sonuçları

JEOLOJİK BİRİM	SONDAJ NO	DERİNLİK	SU MUHTEVASI W (%)
Yapay Dolgu	DLB-33A	1,50-1,95	8,5
	DLB-33A	4,50-4,95	19,9
	DLB-33A	7,50-7,95	16,1
	DLB-33A	10,50-10,95	12,8
	DLB-33A	13,50-13,95	10,6
	DLB-33A	16,50-16,95	11,6
	DLB-33A	18,00-18,45	14,9
	DLB-33B	3,00-3,45	13,7
	DLB-33B	4,50-4,95	11,1
	DLB-34	3,00-4,50	15,2
	DLB-34	6,00-7,50	12,4
	DLB-34	9,00-10,50	23,6
	DLB-34	12,00-13,50	17,2
	DLB-34	15,00-16,50	16,1
	DLB-34	18,00-19,50	12,4
	DLB-34A	1,50-1,95	8,7
	DLB-34A	4,50-4,95	11,1
	DLB-34A	7,50-7,95	8,0
	DLB-34A	13,50-13,95	13,8
	DLB-34B	1,50-1,95	14,1
	DLB-34B	4,50-4,95	23,0
	DLB-34B	7,50-7,95	10,1
	DLB-34B	10,50-10,95	6,4
	DLB-34B	13,50-13,95	11,3
	DLB-34B	16,50-16,95	24,0
	DLB-34B	19,50-19,95	16,6

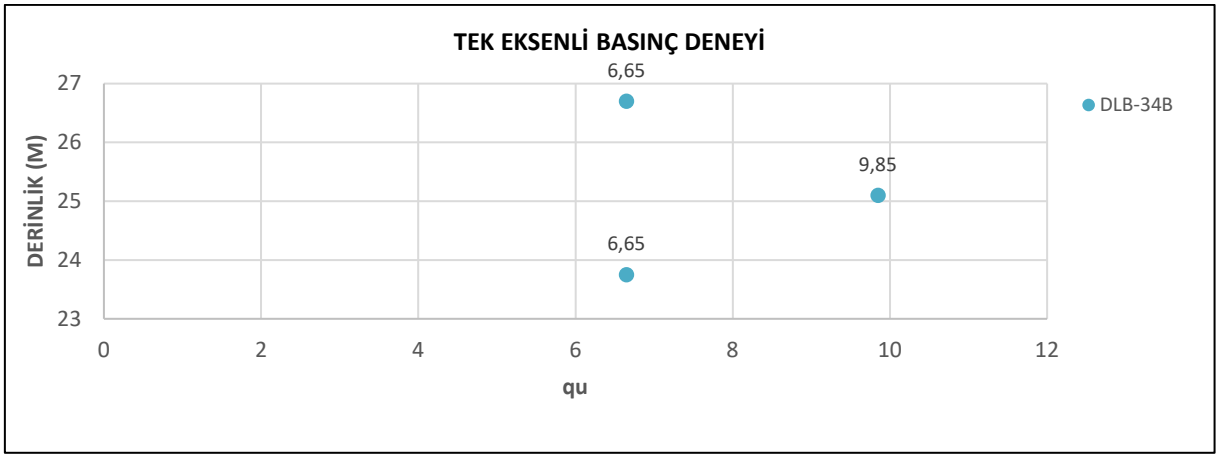
3.2.2 Kaya Mekaniği Deneyleri

3.2.2.1 Nokta Yükleme Deneyi ve Tek Eksenli Basınç Deneyi

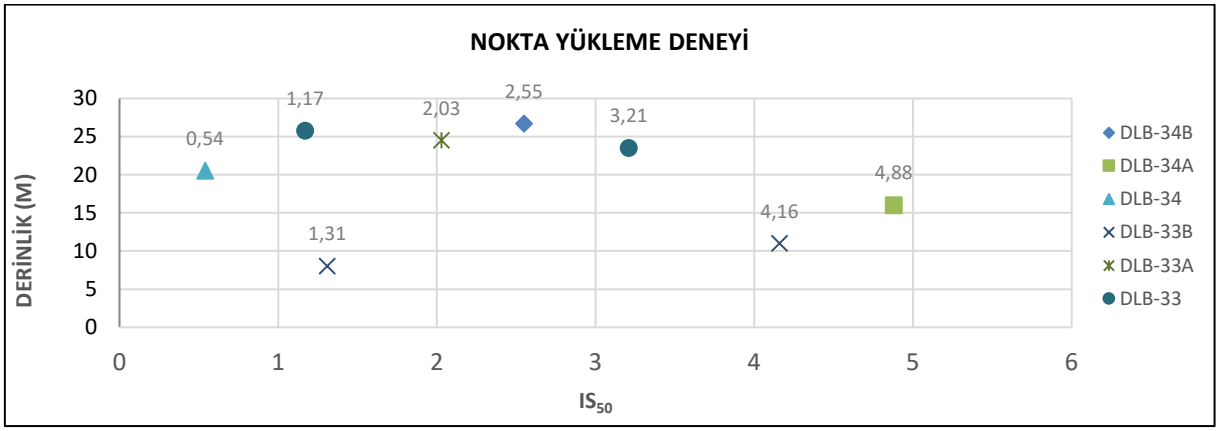
Trakya Formasyonuna ait Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl birimi ve Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl biriminden elde edilen Tek Eksenli Basınç Deneyi ile Nokta Yükleme Deneyi Sonuçlarına ait tablolar sırasıyla Tablo 3.11 ve 3.12'de verilmiştir. Ayrıca nokta yükleme ve tek eksenli basınç deneylerinden elde edilen grafikler Şekil 3.33, Şekil 3.34, Şekil 3.35 ve Şekil 3.36'de yer almaktadır. Sonuçlar incelendiğinde Trakya Formasyonuna ait Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl biriminde yapılan Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları en düşük 6,65 MPa değerini verirken en yüksek değerin ise 9,85 Mpa olduğu görülmüştür. Aynı birimde yapılan Nokta Yükleme Deneyi Sonuçları en düşük 0,54 Mpa değerini verirken en yüksek 4,88 Mpa vermiştir. Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl biriminden elde edilen Tek Eksenli Basınç Deneyi sonuçları en düşük 19,79 MPa değerini verirken en yüksek değerin ise 27,38 Mpa olduğu görülmüştür. Aynı birimde yapılan Nokta Yükleme Deneyi Sonuçları en düşük 0,98 Mpa değerini verirken, en yüksek 3,80 Mpa vermiştir.

Tablo 3.11: Trakya Formasyonu'na ait Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Tek Eksenli Basınç Deneyi ve Nokta Yükleme Deneyi sonuçları

JEOLOJİK BİRİM	SONDAJ NO	DERİNLİK (m)	TEK EKSENLİ BASINÇ DENEYİ		NOKTA YÜKLEME DENEYİ
			F (kN)	qu (MPa)	Is_{50} (MPa)
Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl	DLB-33	23,00-24,00	-	-	3,21
	DLB-33	25,50-26,00	-	-	1,17
	DLB-33A	24,00-25,00	-	-	2,03
	DLB-33B	7,50-8,50	-	-	1,31
	DLB-33B	10,50-11,50	-	-	4,16
	DLB-34	20,00-21,00	-	-	0,54
	DLB-34A	15,50-16,50	-	-	4,88
	DLB-34B	23,60-23,90	23,85	6,65	-
	DLB-34B	25,00-25,20	30,70	9,85	-
	DLB-34B	26,60-26,80	23,85	6,65	2,55



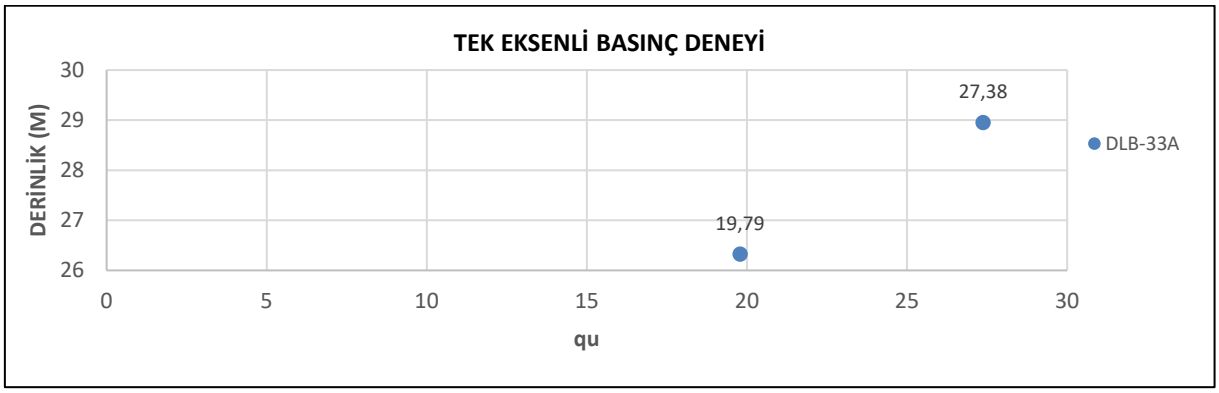
Şekil 3.33: Trakya Formasyonu'na ait Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Tek Eksenli Basınç Deneyi sonuçlarını gösteren grafik



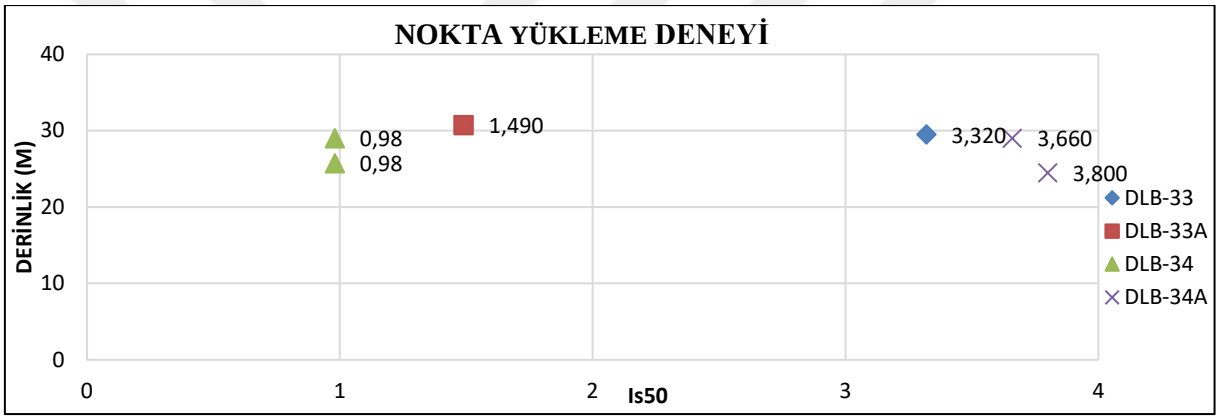
Şekil 3.34: Trakya Formasyonu'na ait Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Nokta Yükleme Deneyi sonuçlarını gösteren grafik

Tablo 3.12: Trakya Formasyonu'na ait Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Tek Eksenli Basınç Deneyi ve Nokta Yükleme Deneyi sonuçları

JEOLOJİK BİRİM	SONDAJ NO	DERİNLİK (m)	TEK EKSENLİ BASINÇ DENEYİ		NOKTA YÜKLEME DENEYİ
			F (kN)	qu (MPa)	Is_{50} (MPa)
Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl	DLB-33	29,00-30,00	-	-	3,32
	DLB-33A	26,10-26,40	61,69	19,79	-
	DLB-33A	28,80-29,00	85,36	27,38	-
	DLB-33A	30,00-31,00	-	-	1,49
	DLB-34	25,00-26,50	-	-	0,98
	DLB-34	29,00-30,00	-	-	0,98
	DLB-34A	24,50-25,50	-	-	3,80
	DLB-34A	29,00-30,00	-	-	3,66



Şekil 3.35: Trakya Formasyonu'na ait Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Tek Eksenli Basınç Deneyi sonuçlarını gösteren grafik



Şekil 3.36: Trakya Formasyonu'na ait Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Nokta Yükleme Deneyi sonuçlarını gösteren grafik

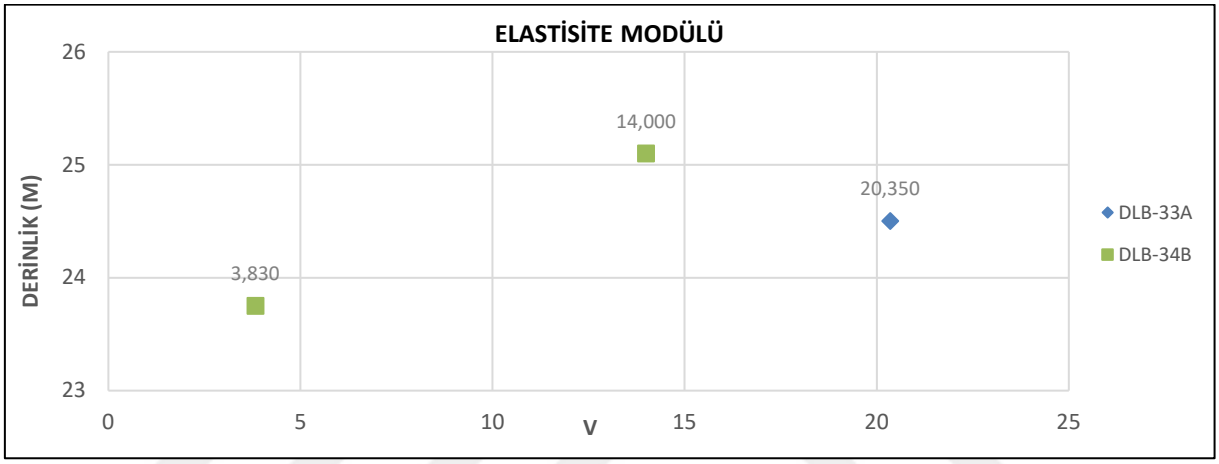
3.2.2.2 Elastisite Modülü (Young Modülü) ve Poisson Oranının Belirlenmesi

Bu deney silindirik şekilli sağlam kayaç karot örneklerinin tek eksenli yükleme koşulunda gerilme-birim deformasyon eğrilerinin çizilmesi ve Young modülü ile Poisson oranının tayini amacıyla yapılır (Ulusay ve diğ., 2005).

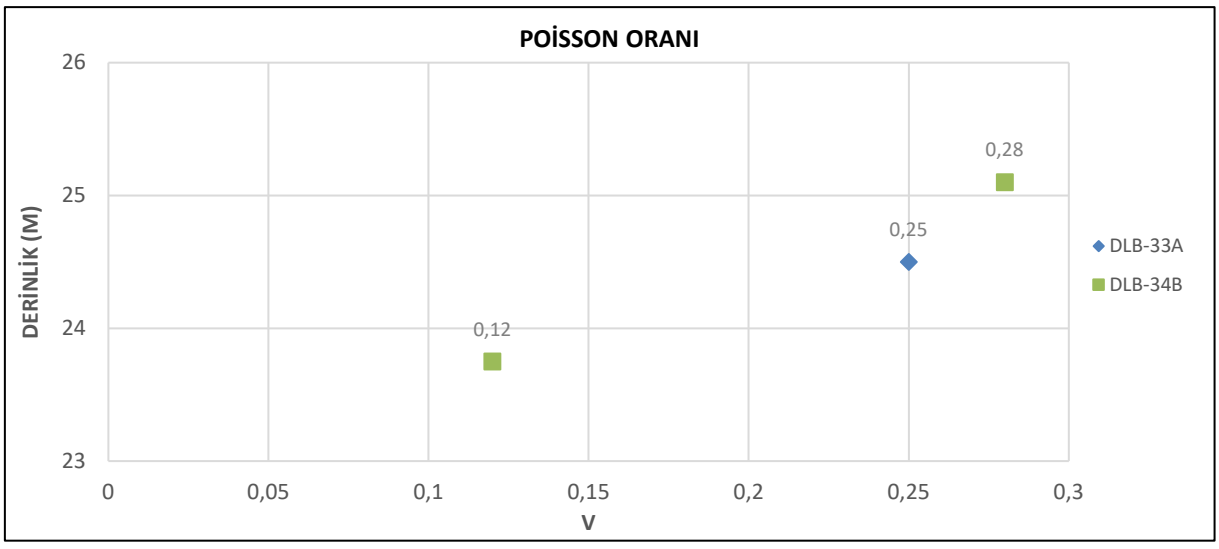
Tablo 3.13: Elastisite Modülü (Young Modülü) ve Poisson Oranının Deneyi sonuçları

JEOLOJİK BİRİM	SONDAJ NO	DERİNLİK	ELASTİSİTE MODULÜ	POİSSON ORANI
			E_s	V
Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl	DLB-33A	24,00-25,00	20,35	0,25
	DLB-34B	23,60-23,90	3,83	0,12
	DLB-34B	25,00-25,20	14,00	0,28

Trakya Formasyonuna ait Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl birimi ve Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl biriminden elde edilen Elastisite Modulü ve Poisson Oranları Tablo 3.13'de verilmiştir. Ayrıca elastisite modulu deneyi ve poisson oranı deneylerinden elde edilen grafikler sırasıyla Şekil 3.37 ve Şekil 3.38'de yer almaktadır. Tablo 3.13'de yer alan sonuçlar incelendiğinde Trakya Formasyonuna ait Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl biriminde yapılan Elastisite Modulü 20,35 GPa olarak elde edilirken, poisson oranı 0,25 olarak elde edilmiştir. Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl biriminden elde edilen Elastisite Modulü değerleri 3,83 GPa-14,00 GPa iken Poisson Oranı değerleri 0,12 GPa-0,28 GPa olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.37: Trakya Formasyonu'na ait Orta- Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Elastisite Modülü Deneyi sonuçlarını gösteren grafik



Şekil 3.38: Trakya Formasyonu'na ait Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl Biriminde Yapılan Poisson Oranı Deneyi sonuçlarını gösteren grafik

3.3 ARAZİ DENEYLERİ

3.3.1 Presiyometre Deneyi

İnceleme alanının içerisinde bulunduğu Levazım-Armutlu arası Karayolu Tüneli Giriş Portal'indeki gevşek zeminlerde yük-deformasyon parametrelerini elde etmek üzere giriş portal kesiminde yapılan sondajlarda uygulanan presiyometre deneyleri ve derinlikleri Tablo 3.14'de verilmiştir. Ayrıca Presiyometre Deney Sonuçları Ek 3'de yer almaktadır.

Tablo 3.14: Sahada uygulanan presiyometre deneyleri

JEOLOJİK BİRİM	Sondaj No	PMT Adet	Presiyometre Derinlik (m)	Sondaj Amacı	Sondaj Derinliği (m)
Yapay Dolgu	DLB-33	1	18,00	Tünel Portal	30
	DLB-33A	6	3,00-18,00	Tünel Portal	31
	DLB-34	11	2,00-24,00	Tünel Portal	30
	DLB-34A	5	3,00-16,00	Tünel Portal	30
	DLB-34C	4	3,00-12,00	Tünel Portal	18
	DLB-34E	4	3,00-12,00	Tünel Portal	22

3.4 HİDROJEOLOJİ

Çalışma alanı genelinde tanımlanan geçirimli-yarı geçirimli ve yarı geçirimsiz ortam özellikleri dikkate alınarak ortam tanımlamaları geçirimli-yarı geçirimli (Gçt-gçt) ve yarı geçirimsiz (gz) şeklindedir.

Geçirimli ortamlar, tabanlarından geçirimsiz ve yarı geçirimsiz bir jeohidrolik ortam ile sınırlandıkları zaman ortaya çıkan konumsal durum nedeniyle topoğrafya yüzeyine açık kesimlerde "serbest" ve derinlerde yeraltında "basınçlı" karakterde olan düşük-yüksek yeraltısuyu depolama kapasiteli su taşırlar (akiferler) türünde hidrojeolojik ortamlar oluşturmaktadır (Emay, 2018).

Üzerlerinde bir geçirimli ya da yarı geçirimli jeohidrolik ortam bulunan yarı geçirimsiz ortamlar geçirimsiz ortamlar gibi düşünülürler. Bu sebeple yeraltı suyu akışını sınırlayan ve konumsal özellikleri nedeniyle geçirimli ve yarı geçirimli ortamlarla ilişkileri çerçevesinde ortamdaki yeraltı suyunun depolanmasına neden olurlar (Emay, 2018).

İstanbul il alanında yüzeylenen Paleozoyik-Kuvatemer aralığında oluşmuş kaya statigrafi birimlerinin genel geçirgenlik özellikleri açısından geçirimsiz (Gz), yarı geçirimsiz (gz), yarı geçirimli (gç) ve geçirimli (Gç) olmak üzere 4 sınıfa ayrılarak incelenmiştir (Özgül ve diğ., 2011).

İnceleme alanında yer alan Yapay dolgu birimi ile Trakya Formasyonuna ait olarak gözlemlenen birimler jeohidrolik açıdan değerlendirildiğinde Yapay dolgu birimi için geçirimli-yarı geçirimli (Gçt-gçt) ortam niteliğinde olup Trakya Formasyonu Küçükköy Üyesi için ise yarı geçirimsiz (gz) ortam koşulları mevcuttur. İnceleme alanında gözlemlenen kaya stratigrafi birimlerinin egemen kaya türlerine göre oluşturulmuş geçirgenlik özellikleri Tablo 3.15'de özet olarak verilmiştir.

Tablo 3.15: Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalını oluşturan jeolojik birimler ve jeohidrolik ortamlar

Formasyon	**Üye**	**Geçirgenlik**	
		Simge	**Tanım**
Güncel Birikintiler	**Yapay Dolgu**	**Gçt-gçt**	**Geçirimli-Yarı Geçirimli**
Trakya Formasyonu	**Küçükköy**	**gz**	**Yarı geçirimsiz**
	Kartaltepe	Gz	Geçirimsiz
	Cebeciköy	gçk	Yarı geçirimli
	Acıbadem	Gz	Geçirimsiz

İnceleme alanında yapılan sondajlardan elde edilen yeraltı suyu seviyeleri Tablo 3.16'da yer almaktadır. Yeraltı suyu seviyeleri 6,90 ile 24,30 metreleri arasında değişiklik göstermektedir.

Tablo 3.16: Sondajlardan elde edilen yeraltı suyu seviyeleri

SONDAJ NO	YERALTI SUYU (m)
DLB-33	21,00
DLB-33A	13,50
DLB-33B	21,00
DLB-33C	24,30
DLB-33D	-
DLB-34	19,95
DLB-34A	7,00
DLB-34B	18,60
DLB-34C	9,20
DLB-34D	6,90
DLB-34E	9,70
DLB-34F	12,40
DLB-34G	9,50
DLB-34H	10,70

4. JEOTEKNİK DEĞERLENDİRME

Bu bölümde Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalına ait zemin ve kaya mukavemet parametresi hesapları; arazi gözlemleri, DLB-33, DLB-33A, DLB-33B DLB-33C, DLB-33D, DLB-34, DLB-34A, DLB-34B, DLB-34C, DLB-34D, DLB-34E, DLB-34F, DLB-34G, DLB-34H sondajları ve laboratuvar araştırmalarına göre çeşitli ampirik düzeltme faktörleri göz önüne alınarak yapılacaktır. Aşağıda jeoteknik parametrelerin belirlenmesinde kullanılan hesap yöntemleri ve hesaplamaları görülmektedir. Parametreler bu kriterler göz önüne alınarak belirlenmiştir.

4.1 JEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ

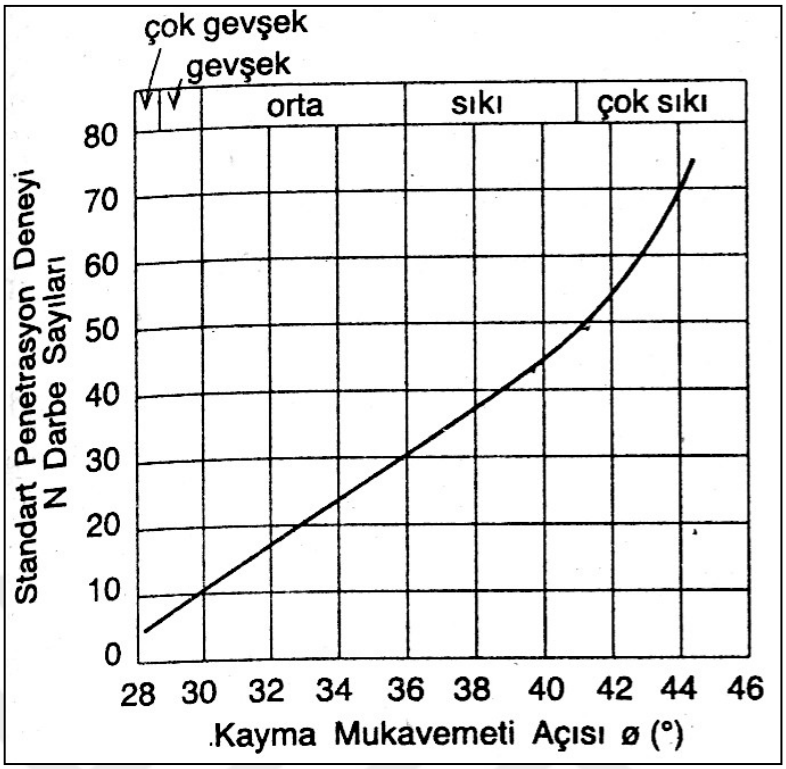
Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı için yapılan çalışmalar bu bölümde birlikte değerlendirilmiş, gözlemlenen kayaçlara göre jeoteknik parametreler ayrı ayrı belirlenmiştir. Buna göre sondaj çalışmalarında ilk 20 metre yapay dolgunun altında Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) ve bu birimin altında yer alan Az-Orta Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) birimleri için ayrı ayrı parametre hesapları yapılmış ve aşağıda açıklanmıştır.

4.1.1 Zemin Parametrelerinin Hesaplanması

4.1.1.1 Yapay Dolgu

Yapay Dolgu, killi kum araseviyeli killi çakıl birimine rastlanmaktadır. Birimi temsilen DLB-33 ve DLB-34 sondajı zemin profili ve deney sonuçları baz alınmıştır. Dolgu tabanının oturacağı seviyede yapılan laboratuvar deneyleri incelendiğinde killi çakıl birimlerin (GC) yer aldığı belirlenmiştir. Bu birimde yapılan DLB-33 sondajında 1,50-21,00 m arası SPT deney sonucu ortalaması 10, DLB-34 sondajında 1,50-19,50 m arası SPT deney sonucu ortalaması 13 olarak hesaplanmıştır.

SPT N_{30} darbe sayılarına göre Şekil 4.1'de bulunan grafik yardımıyla ilk 20,00 metrelik kısım için ortalama 10 darbe sayısı için 28º değeri ampirik olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.1: Kayma mukavemeti açısı ve relatif sıkılık ile SPT darbe sayıları arasındaki bağıntı (Peck ve diğ., 1974)

SPT-N ve ϕ arasındaki ilişki Terzaghi'nin önerdiği amprik ifadeler kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

- 0,00-20,00 m arası SPT (N) = 10 (ortalama değer)

  ϕ=28° c=5

4.1.2 Kaya Parametrelerinin Hesaplanması

4.1.2.1 Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4)

Levazım-Armutlu (T2) Giriş Portalı için yapılan DLB-34 sondajının 22,50-26,50 metreleri, DLB-34B sondajının 17,50-23,50 metreleri arasında orta-çok ayrışmış kumtaşı-şeyl birimi kesilmiştir. Sondajdan elde edilen numuneler üzerinde yapılan laboratuvar ve arazi deney çalışmalarından yararlanılarak analizlerde kullanılmak üzere parametre hesap çalışması yapılmıştır. RocLab yazılımı kullanılarak belirlenen parametre çalışmaları için gerekli olan veri girişleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

a) Kaya Dayanımı (sigci)

Giriş Portal kesiminde yapılan sondajlardan DLB-33B, DLB-34 ve DLB-34B sondajlarında kesilen orta-çok ayrışmış kumtaşı-şeyl numuneleri üzerinde yapılan nokta yükleme deney

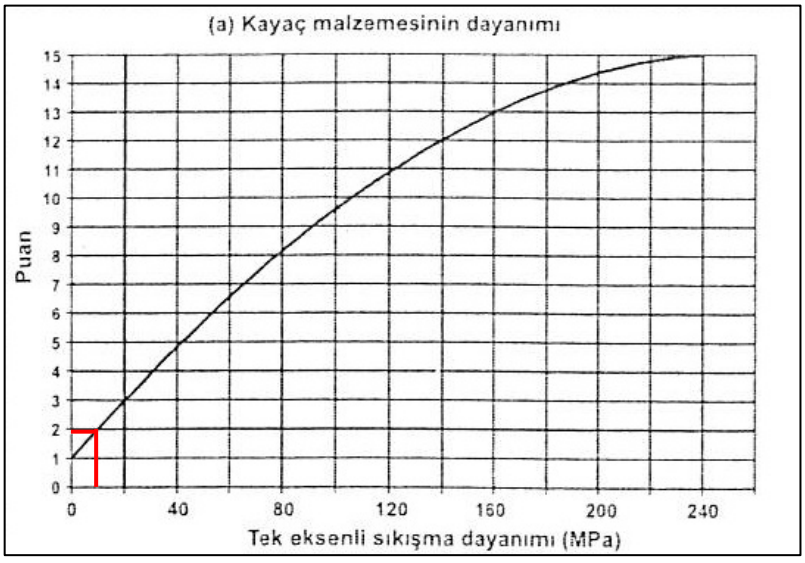
sonucundan 1,31 MPa ve 0,54 MPa değeri elde edilmiştir. I_s (nokta yükü indisi) ile tek eksenli basınç dayanımı arasında $\sigma_c = C \times I_s$ şeklinde ampirik bir ilişki olup, C katsayısı pratik amaçlar için güvenli tarafta kalınarak 13 alınabilir (Ulusay, 2010). DLB-33B ve DLB-34 sondajı nokta yükleme deney sonuçları ortalaması 0,925 MPa olarak alındığında tek eksenli basınç dayanımı, (σ_c = 13 x 0,83) 12,025 MPa olarak bulunur. Ayrıca DLB-34B sondajından orta-çok ayrışmış kumtaşı-şeyl numuneleri üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanımı sırasıyla 6,65 Mpa ve 9,85 Mpa olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda nokta yükleme deney sonucundan ve tek eksenli basınç değeri sonucundan elde edilen tek eksenli basınç değeri olan 10,1375 MPa değeri kullanılacaktır.

b) GSI

Jeolojik dayanım indeksinin elde edilmesi için **$GSI=RMR_{89}-5$** formülünden yararlanılmaktadır. Kaya kalite sınıflama sistemlerinden RMR değerini elde edebilmek için kaya dayanımı, RQD, süreksizlik aralığı, YSS ve süreksizlik özellikleri verileri gerekmekte olup aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

- **Kayaç Malzemesinin Dayanımı**

Sondajdan elde edilen verilerin ortalaması alındığında kumtaşına ait Tek eksenli basınç değeri 10,1375 MPa olarak elde edilmiş ve RMR tek eksenli basınç dayanımı grafiğinden 1,9 Puan olarak seçilmiştir (Şekil 4.2).

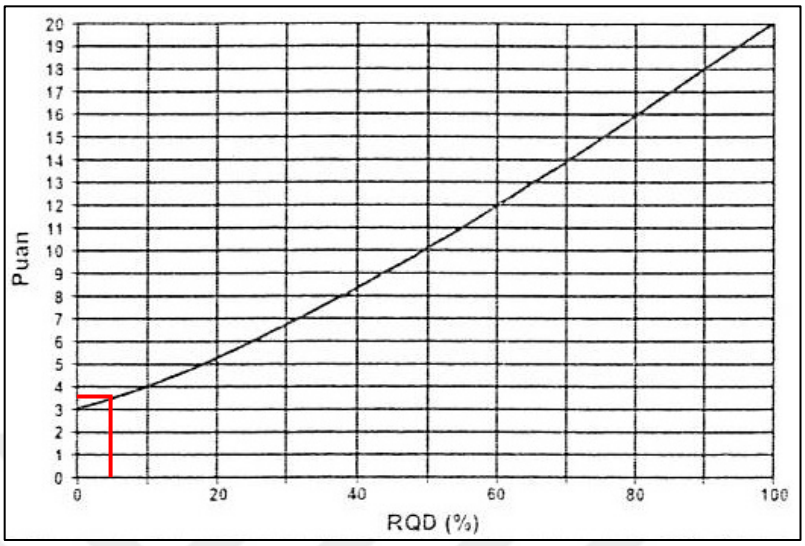


Şekil 4.2: Tek eksenli basınç-RMR Puanı grafiği (Bieniawski, 1989)

- **Kayaç Kalite Göstergesi (RQD)**

Giriş portalında yapılan sondajlardan DLB-33, DLB-33A, DLB-33B DLB-33C, DLB-33D, DLB-34, DLB-34A, DLB-34B, DLB-34C, DLB-34D, DLB-34E, DLB-34F, DLB-34G, DLB-

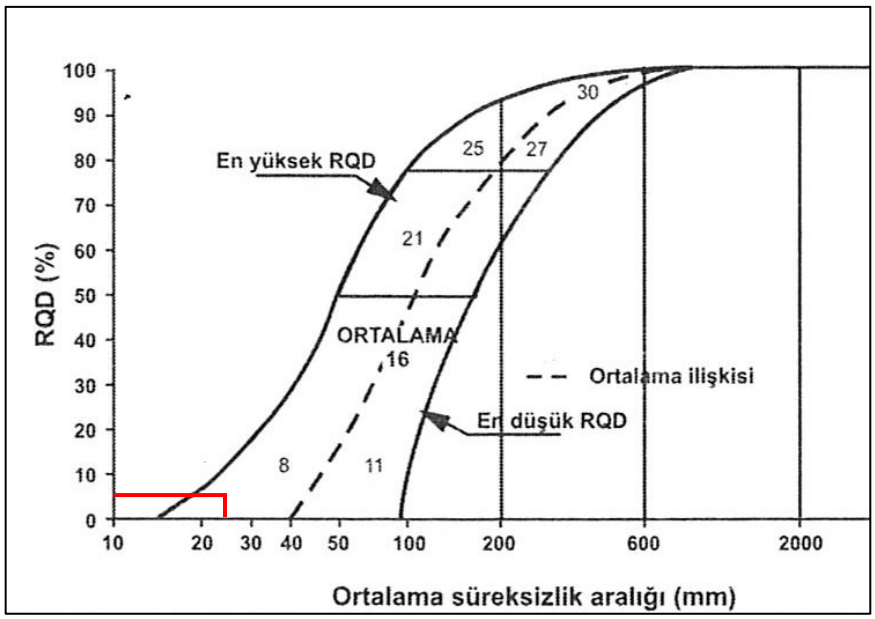
34H sondajlarının orta derecede ayrışmış kumtaşı birimi için RQD değerlerinin ortalaması 5 olarak hesaplanmış ve RMR puanı 3,5 olarak bulunmuştur (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: RQD-RMR Puanı grafiği (Bieniawski, 1989)

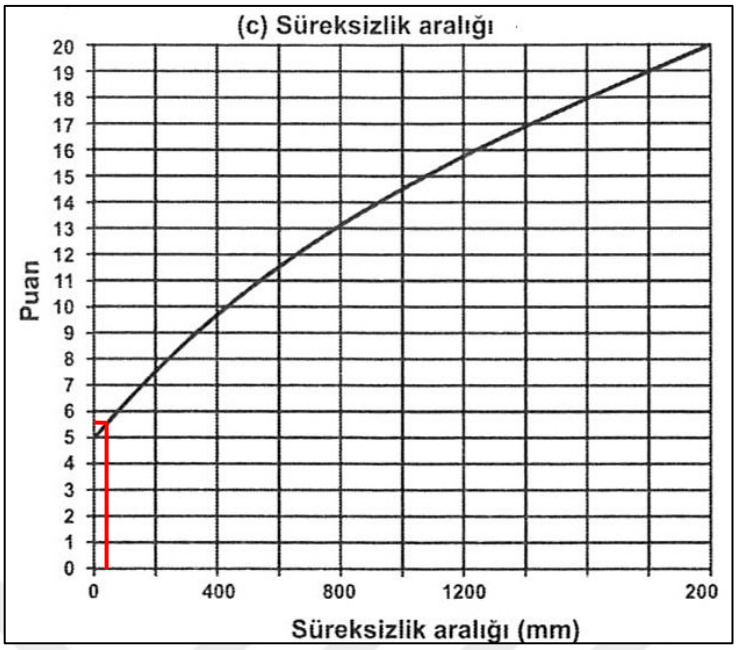
- **Süreksizlik Aralığı**

Sondajdan ve arazi gözlemlerinden elde edilen süreksizlik aralığı değerleri, RQD'ye göre aşağıdaki grafikte RQD-Süreksizlik aralığı grafiğinden belirlenmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: RQD-Süreksizlik Aralığı arasındaki ilişki grafiği (Bieniawski, 1989)

Ortalama 5 olarak hesaplanan RQD değerine göre süreksizlik aralığı 25 mm olarak seçilmiş ve RMR puanı 5,6 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: Süreksizlik Aralığı-RMR Puanı grafiği (Bieniawski, 1989)

- **Süreksizliklerin Durumu**

Saha gözlemlerinden ve sondaj çalışmalarından yararlanılarak kumtaşı birimi için dayanım, ayrışma, süreksizlik özellikleri vb. mühendislik jeolojisi özellikleri belirlenmiştir. Bu çalışmalara göre ***süreksizlik durumu için***; süreksizlik uzunluğu 3-10 m (**2**), süreksizlik açıklığı >5 mm (**0**), düz (**1**), yumuşak dolgu >5 mm (**0**), çok ayrışmış (**1**) değerleri seçildiğinde RMR puanı **4** puan olarak hesaplanmıştır.

- **Yeraltı Suyu**

GSI'ın tayini için RMR_{89}'un kullanılması halinde; yeraltı suyu puanı **15**, süreksizlik yönelimi puanı için ise 0 değerleri esas alınmaktadır. GSI'ın tayini için RMR_{89}'un kullanılması halinde; yeraltı suyu puanı olarak 15, süreksizlik yönelimi için 0 değerleri esas alınmaktadır. Bu değerlere göre en düşük RMR puanı 23 olmaktadır. Bu durum, sistemin 1976 ve 1989 versiyonları arasında 5 puanlık bir fark yaratmaktadır. Söz konusu farklılığın giderilebilmesi amacıyla, $RMR_{89}>23$ olmak koşuluyla GSI'nin $GSI= RMR_{89}-5$ ifadesinin tahmin edilmesi önerilmektedir. $RMR_{89}<23$ koşulunda ise, yine Q sisteminin kullanılması gerekmektedir (Ulusay ve Sönmez, 2006).

Tablo 4.1: Levazım-Armutlu (T2) Giriş Portalı Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl birimi için Hesaplanan RMR Değerleri

Kesim	Litoloji		Kayanın Dayanımı	RQD	Süreksizlik Aralığı	Süreksizlik Durumu	YSS	RMR	GSI
T2 Giriş Portalı	Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl	**Değer**	10,14 MPa	%5	25 mm	Çok sık	Kuru	-	-
		Puanı	1,9	3,5	5,6	4	15	**30,0**	**25,0**

Elde edilen tüm değerler Bieniawski RMR Değerlendirme abağına göre değerlendirilmiş olup Tablo 4.2'da gösterilmiştir. Yukarıda belirlenen RMR puanlarını birlikte değerlendirildiğinde GSI için hesaplanan RMR değeri **30,0** olarak, GSI değeri **25,0** olarak elde edilmiş olup Tablo 4.1'de özet halinde verilmiştir.

Tablo 4.2: Bieniawski RMR Değerlendirmesi Sınıflama Parametreleri ve Puanları (Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl) (Bieniawski, 1989)

SINIFLAMA PARAMETRELERİ ve PUANLAR									
Parametre			Değişim Aralığı						
1	Kayaç malzemesinin dayanımı	Nokta yük dayanımı indeksi	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Düşük aralıklar için tek eksenli dayanım		
		Tek eksenli basınç dayanımı	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Puan		15	12	7	4	2	1	0
2	Kayaç kalite göstergesi RQD(%)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Puan		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik aralığı		>2m	0.6-2m	200-600mm	60-200mm	<60mm		
	Puan		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin durumu		Çok pürüzlü yüzeyler Sürekli değil Ayrılma yok Ayrışmamış eklem yüzeyi	Az pürüzlü yüzeyler Ayrılma <1mm Az ayrışmış eklem yüzeyi	Az pürüzlü yüzeyler Ayrılma <1mm Çok ayrışmış eklem yüzeyi	Sürtünme izli yüzeyler veya fay dolgusu <5mm veya Ayrılma 1-5mm Sürekli eklemler	Yumuşak fay dolgusu >5mm kalınlıkta veya Ayrılma >5mm Sürekli eklemler		
	Puan		30	25	20	10	0		
5	Yeraltısuyu	Tünelin 10mlik kısmından gelen su (l/dk)	Yok	<10	10-25	25-125	>125		
		Eklemdeki su basıncı / En büyük asal gerilim oranı	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel koşullar	Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlama	Su akışı		
	Puan		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİK YÖNELİMİNE GÖRE DÜZELTME									
Süreksizliklerin doğrultu ve eğimi			Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil		
Puanlar	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Temeller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50	-60		
C. KAYA SINIFI ve PUANLARI									
Puan			100-81	80-61	60-41	40-21	<21		
Sınıf No.			I	II	III	IV	V		
Tanımlama			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ BAZI ÖZELLİKLERİ									
Sınıf No.			I	II	III	IV	V		
Ortalama desteksiz kalabilme süresi			15m açıklık için 20 yıl	10m açıklık için 1 yıl	5m açıklık için 1 hafta	2.5 m açıklık için 10 saat	1m açıklık için 30 dakika		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya Kütlesinin içsel sürtünme açısı (°)			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNUN PUANLANDIRILMASI İÇİN ÖNERİLEN REHBER									
Süreksizliğin uzunluğu			<1m 6	1-3m 4	3-10m 2	10-20m 1	>20m 0		
Süreksizlik açıklığı puanı			Yok 6	<0.1mm 5	0.1-1mm 4	1-5mm 1	>5mm 0		
Pürüzlülük puanı			Çok pürüzlü 6	Pürüzlü 5	Az pürüzlü 3	Düz 1	Kaygan 0		
Dolgu puanı			Yok 6	Sert Dolgu <5mm 4	Sert dolgu >5mm 2	Yumuşak dolgu <5mm 2	Yumuşak dolgu >5mm 0		
Ayrışma puanı			Ayrışmamış 0	Az ayrışmış 5	Orta derecede ayrışmış 3	Çok ayrışmış 1	Tümüyle ayrışmış 0		
F. TÜNELDE SÜREKSİZLİK EĞİM VE DOĞRULTUSUNUN ETKİSİ									
Doğrultu tünel eksenine dik					Doğrultu tünel eksenine paralel				
Eğim yönünde ilerleme 45º-90º			Eğim yönünde ilerleme 20º-45º		Eğim 45º-90º		Eğim 20º-45º		
Çok uygun			Uygun		Hiç uygun değil		Orta		
Eğime karşı yönde ilerleme 45º-90º			Eğime karşı yönde ilerleme 20º-45º		Doğrultuya bakılmaksızın eğim 0º-20º arasında				
Orta			Uygun değil		Orta				

c) Kayaç Sabiti (Mi)

RocLab Kaya parametre hesaplarında kullanılan Mi kayaç sabiti değeri için tüm sondaj logunda kesilen orta-çok derecede ayrışmış kumtaşı-şeyl birimlerinin ortalaması olarak Mi değeri 7 olarak belirlenmiş ve hesaplarda kullanılmıştır

d) Örselenme Faktörü (D)

Tünel ve/veya açık kazılarda kazı tipine göre değişen örselenme faktörü değeri T2 giriş portalı için "mekanik kazı" olarak alınmış ve D=0,7 olarak hesaplarda kullanılmıştır.

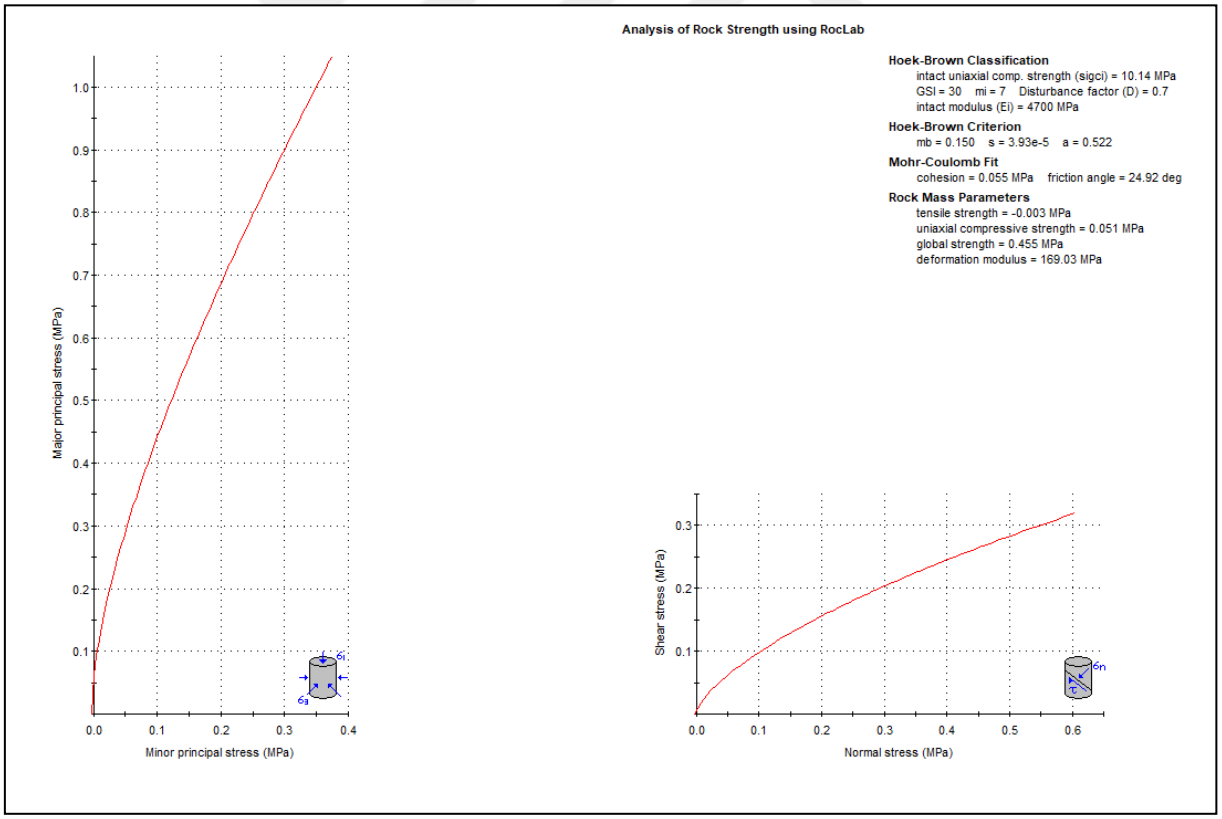
e) Birim Hacim Ağırlık (Unit Weight)

DLB-33, DLB-33A, DLB-33B DLB-34, DLB-34A ve DLB-34B sondajlarından elde edilen numuneler üzerinde yapılan birim hacim ağırlık değerlerinin ortalaması olan 2,40 gr/cm^3 değeri kullanılmıştır.

f) Kazı Yüksekliği

Orta derecede ayrışmış kumtaşı biriminin üst kotu +67 metre, alt kotu +45 metre olup birimin kalınlığı 22 metredir.

Mühendislik parametre hesaplarında kullanılan veriler RocLab programına girilerek hesaplarda kullanılacak olan parametreler elde edilmiş olup Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6: Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl birimlerinin RocLab programı kullanılarak elde edilen kaya dayanım parametreleri

4.1.2.2 Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3)

T2 giriş portalı için yapılan DLB-33, DLB-33A, DLB-33B, DLB-34, DLB-34A ve DLB-34B sondajının 24,00 metresinden sonra az-orta derecede ayrışmış silttaşı-şeyl birimi kesilmiştir. Sondajdan elde edilen numuneler üzerinde yapılan laboratuvar ve arazi deney çalışmalarından yararlanılarak analizlerde kullanılmak üzere parametre hesap çalışması yapılmıştır. RocLab yazılımı kullanılarak belirlenen parametre çalışmaları için gerekli olan veri girişleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

a) Kaya Dayanımı (sigci)

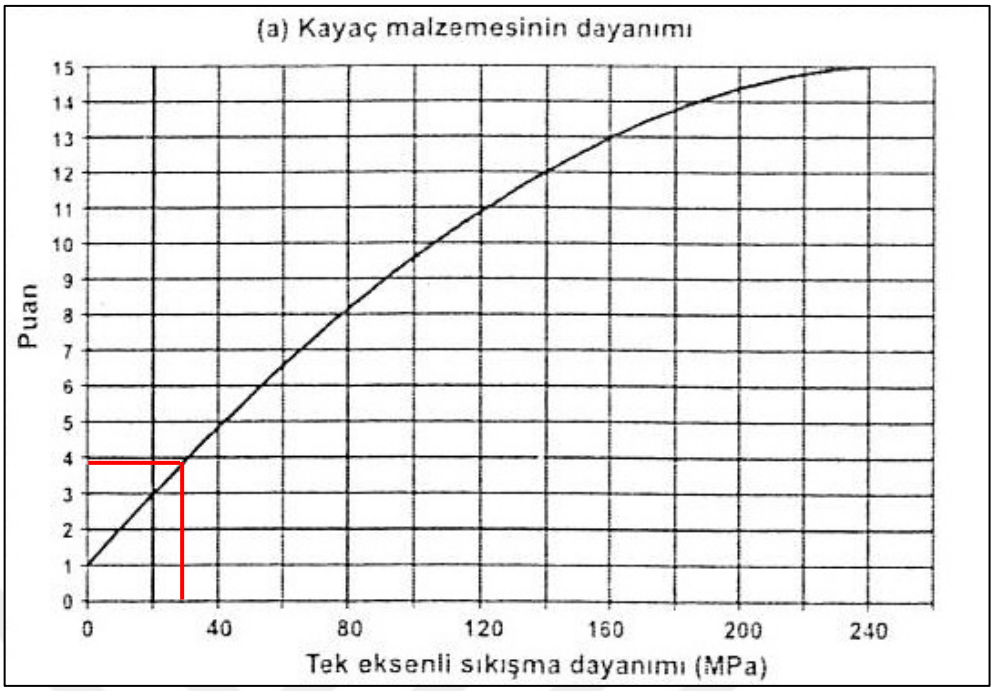
DLB-33, DLB-33A, DLB-34, DLB-34A ve DLB-34B sondajında kesilen az-orta derecede ayrışmış silttaşı-şeyl numuneleri üzerinde yapılan nokta yükleme deney sonucundan 1,49 MPa, 0,98 Mpa, 0,98 Mpa, 3,80 MPave 3,66 MPa değeri elde edilmiştir. Is (nokta yükü indisi) ile tek eksenli basınç dayanımı arasında σc = C x Is şeklinde ampirik bir ilişki olup, C katsayısı pratik amaçlar için güvenli tarafta kalınarak 13 alınabilir (Ulusay, 2010). DLB-33, DLB-33A, DLB-34, DLB-34A ve DLB-34B sondajı nokta yükleme deney sonuçları ortalaması 2,3716 MPa olarak alındığında tek eksenli basınç dayanımı, (σc = 13 x 2,56) 30,8316 MPa olarak bulunur. DLB-33A sondajında kesilen az-orta derecede ayrışmış silttaşı-şeyl numuneleri üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanımı sırasıyla 19,79 Mpa ve 27,38 Mpa olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda nokta yükleme deney sonucundan ve tek eksenli basınç değeri sonucundan elde edilen tek eksenli basınç değeri olan 29,02 MPa değeri kullanılacaktır.

b) GSI

Jeolojik dayanım indeksinin elde edilmesi için **$GSI=RMR_{89}-5$** formülünden yararlanılmaktadır. Kaya kalite sınıflama sistemlerinden RMR değerini elde edebilmek için kaya dayanımı, RQD, süreksizlik aralığı, YSS ve süreksizlik özellikleri verileri gerekmekte olup aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

- **Kayaç Malzemesinin Dayanımı**

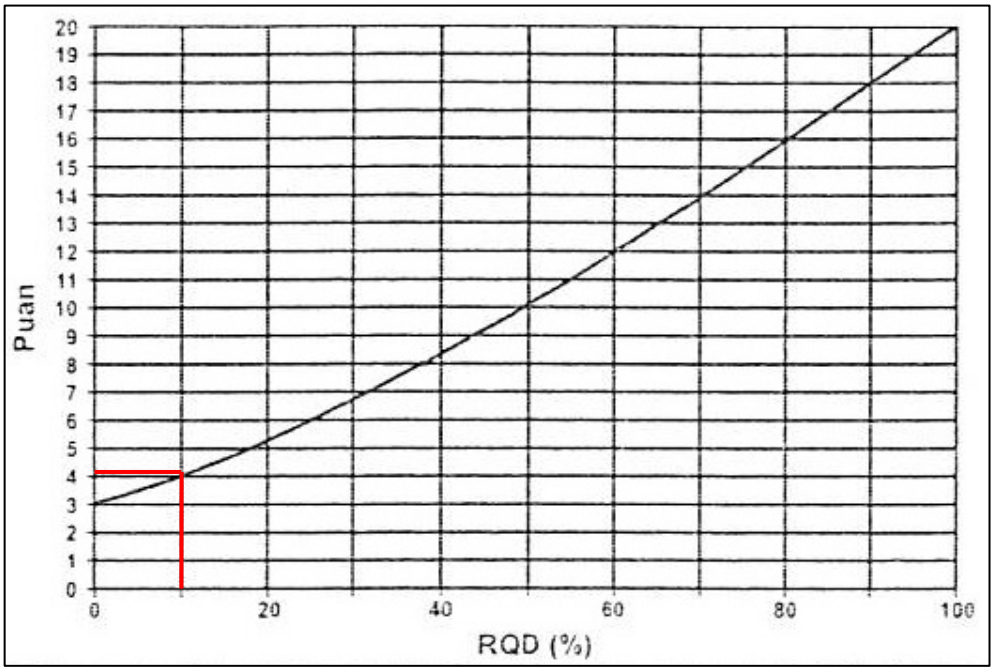
Sondajdan elde edilen verilerin ortalaması alındığında az-orta derecede ayrışmış silttaşı-şeyl birimine ait Tek eksenli basınç değeri 29,00 MPa olarak elde edilmiş ve RMR tek eksenli basınç dayanımı grafiğinden 3,8 Puan olarak seçilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7: Tek Eksenli Basınç Dayanımı-RMR Puanı grafiği (Bieniawski, 1989)

- **Kayaç Kalite Göstergesi (RQD)**

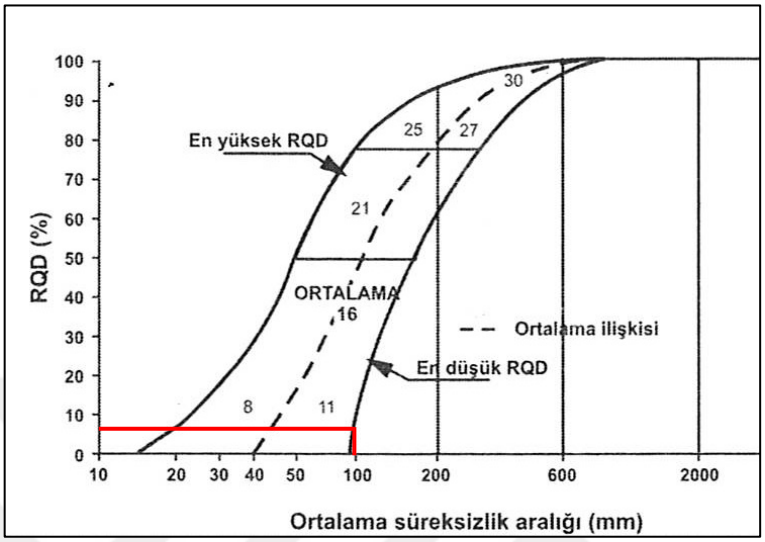
DLB-33, DLB-33A, DLB-33B, DLB-33, DLB-34, DLB-34A, DLB-34B, DLB-34C, DLB-34D, DLB-34E, DLA-34F, DLB-34G, DLB-34H sondajlarının 24,0 metresinden sonra kesilen az-orta derecede ayrışmış silttaşı-şeyl birimi için RQD değerlerinin ortalaması 10 olarak hesaplanmış ve RMR puanı 4,1 olarak bulunmuştur (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: RQD-RMR Puanı grafiği (Bieniawski, 1989)

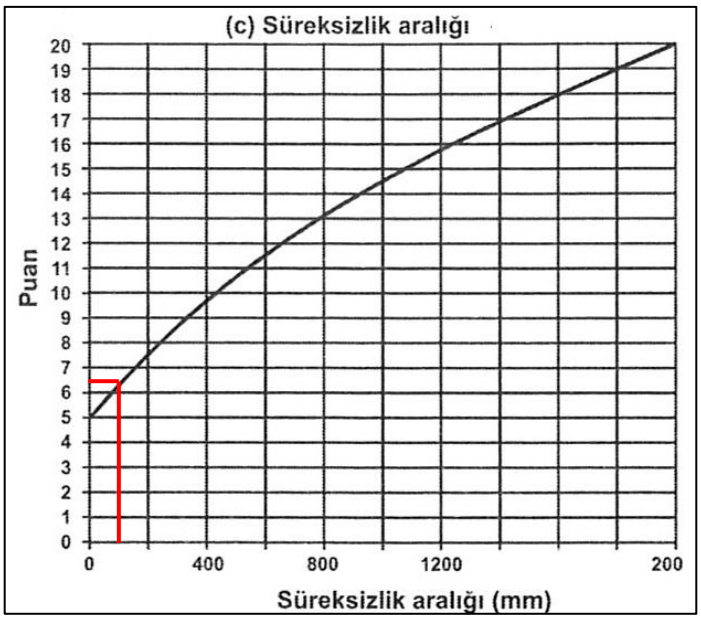
- **Süreksizlik Aralığı**

Sondajdan ve arazi gözlemlerinden elde edilen süreksizlik aralığı değerleri, RQD' ye göre aşağıdaki grafikte RQD-Süreksizlik aralığı grafiğinden belirlenmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9: RQD-Süreksizlik Aralığı arasındaki ilişki grafiği (Bieniawski, 1989)

Ortalama 10 olarak hesaplanan RQD değerine göre süreksizlik aralığı 100 mm olarak seçilmiş ve RMR puanı 6,4 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: Süreksizlik Aralığı-RMR Puanı grafiği (Bieniawski, 1989)

- **Süreksizliklerin Durumu**

Saha gözlemlerinden ve sondaj çalışmalarından yararlanılarak az-orta derecede ayrışmış silttaşı-şeyl birimi için dayanım, ayrışma, süreksizlik özellikleri vb. mühendislik jeolojisi

özellikleri belirlenmiştir. Bu çalışmalara göre ***süreksizlik durumu için***; süreksizlik uzunluğu 3-10 m (**2**), süreksizlik açıklığı 1-1-5 mm (**1**), az pürüzlü (**3**), yumuşak dolgu <5 mm (**2**), orta derecede ayrışmış (**3**) değerleri seçildiğinde RMR puanı **11** puan olarak hesaplanmıştır.

- **Yeraltı Suyu**

GSI'ın tayini için RMR_{89}'un kullanılması halinde; yeraltı suyu puanı **15**, süreksizlik yönelimi puanı için ise 0 değerleri esas alınmaktadır. GSI'ın tayini için RMR_{89}'un kullanılması halinde; yeraltı suyu puanı olarak 15, süreksizlik yönelimi için 0 değerleri esas alınmaktadır. Bu değerlere göre en düşük RMR puanı 23 olmaktadır. Bu durum, sistemin 1976 ve 1989 versiyonları arasında 5 puanlık bir fark yaratmaktadır. Söz konusu farklılığın giderilebilmesi amacıyla, $RMR_{89}>23$ olmak koşuluyla GSI'nin $GSI= RMR_{89}-5$ ifadesinin tahmin edilmesi önerilmektedir. $RMR_{89}<23$ koşulunda ise, yine Q sisteminin kullanılması gerekmektedir (Ulusay ve Sönmez, 2006).

Tablo 4.3: T2 Giriş Portalı Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl Birimi için Hesaplanan RMR Değerleri

Kesim	Litoloji		Kayanın Dayanımı	RQD	Süreksizlik Aralığı	Süreksizlik Durumu	YSS	RMR	GSI
T2 Giriş Portalı	Az-orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl	**Değer**	29,00	%10	100 mm	Orta sık	Kuru	-	-
		Puanı	3,8	4,1	6,4	11	15	**40,3**	**35,3**

Elde edilen tüm değerler Bieniawski RMR Değerlendirme abağına göre değerlendirilmiş olup ve Tablo 4.4'de gösterilmiştir. Yukarıda belirlenen RMR puanlarını birlikte değerlendirildiğinde GSI için hesaplanan RMR değeri **40,3** olarak, GSI değeri **35,3** olarak elde edilmiş olup Tablo 4.3'de özet halinde verilmiştir.

Tablo 4.4: Bieniawski RMR Değerlendirmesi Sınıflama Parametreleri ve Puanları (Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl) (Bieniawski, 1989)

SINIFLAMA PARAMETRELERİ ve PUANLAR									
Parametre			Değişim Aralığı						
1	Kayaç malzemesinin dayanımı	Nokta yük dayanımı indeksi	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Düşük aralıklar için tek eksenli dayanım		
		Tek eksenli basınç dayanımı	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Puan		15	12	7	4	2	1	0
2	Kayaç kalite göstergesi RQD(%)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Puan		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik aralığı		>2m	0.6-2m	200-600mm	60-200mm	<60mm		
	Puan		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin durumu		Çok pürüzlü yüzeyler Sürekli değil Ayrılma yok Ayrışmamış eklem yüzeyi	Az pürüzlü yüzeyler Ayrılma <1mm Az ayrışmış eklem yüzeyi	Az pürüzlü yüzeyler Ayrılma <1mm Çok ayrışmış eklem yüzeyi	Sürtünme izli yüzeyler veya fay dolgusu <5mm veya Ayrılma 1-5mm Sürekli eklemler	Yumuşak fay dolgusu >5mm kalınlıkta veya Ayrılma >5mm Sürekli eklemler		
	Puan		30	25	20	10	0		
5	Yeraltısuyu	Tünelin 10mlik kısmından gelen su (l/dk)	Yok	<10	10-25	25-125	>125		
		Eklemdeki su basıncı / En büyük asal gerilim oranı	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel koşullar	Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlama	Su akışı		
	Puan		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİK YÖNELİMİNE GÖRE DÜZELTME									
Süreksizliklerin doğrultu ve eğimi			Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil		
Puanlar		Tüneller	0	-2	-5	-10	-12		
		Temeller	0	-2	-7	-15	-25		
		Şevler	0	-5	-25	-50	-60		
C. KAYA SINIFI ve PUANLARI									
Puan			100-81	80-61	60-41	40-21	<21		
Sınıf No.			I	II	III	IV	V		
Tanımlama			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ BAZI ÖZELLİKLERİ									
Sınıf No.			I	II	III	IV	V		
Ortalama desteksiz kalabilme süresi			15m açıklık için 20 yıl	10m açıklık için 1 yıl	5m açıklık için 1 hafta	2.5 m açıklık için 10 saat	1m açıklık için 30 dakika		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya Kütlesinin içsel sürtünme açısı (°)			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNUN PUANLANDIRILMASI İÇİN ÖNERİLEN REHBER									
Süreksizliğin uzunluğu			<1m 6	1-3m 4	3-10m 2	10-20m 1	>20m 0		
Süreksizlik açıklığı puanı			Yok 6	<0.1mm 5	0.1-1mm 4	1-5mm 1	>5mm 0		
Pürüzlülük puanı			Çok pürüzlü 6	Pürüzlü 5	Az pürüzlü 3	Düz 1	Kaygan 0		
Dolgu puanı			Yok 6	Sert Dolgu <5mm 4	Sert dolgu >5mm 2	Yumuşak dolgu <5mm 2	Yumuşak dolgu >5mm 0		
Ayrışma puanı			Ayrışmamış 0	Az ayrışmış 5	Orta derecede ayrışmış 3	Çok ayrışmış 1	Tümüyle ayrışmış 0		
F. TÜNELDE SÜREKSİZLİK EĞİM VE DOĞRULTUSUNUN ETKİSİ									
Doğrultu tünel eksenine dik					Doğrultu tünel eksenine paralel				
Eğim yönünde ilerleme 45º-90º			Eğim yönünde ilerleme 20º-45º		Eğim 45º-90º		Eğim 20º-45º		
Çok uygun			Uygun		Hiç uygun değil		Orta		
Eğime karşı yönde ilerleme 45º-90º			Eğime karşı yönde ilerleme 20º-45º		Doğrultuya bakılmaksızın eğim 0º-20º arasında				
Orta			Uygun değil		Orta				

c) Kayaç Sabiti (Mi)

RocLab Kaya parametre hesaplarında kullanılan Mi kayaç sabiti değeri için tüm sondaj logunda kesilen az-orta derecede ayrışmış silttaşı-şeyl birimlerinin ortalaması olarak Mi değeri 9 olarak belirlenmiş ve hesaplarda kullanılmıştır.

d) Örselenme Faktörü (D)

Tünel ve/veya açık kazılarda kazı tipine göre değişen örselenme faktörü değeri T2 giriş portalı için "mekanik kazı" olarak alınmış ve D=0,7 olarak hesaplarda kullanılmıştır.

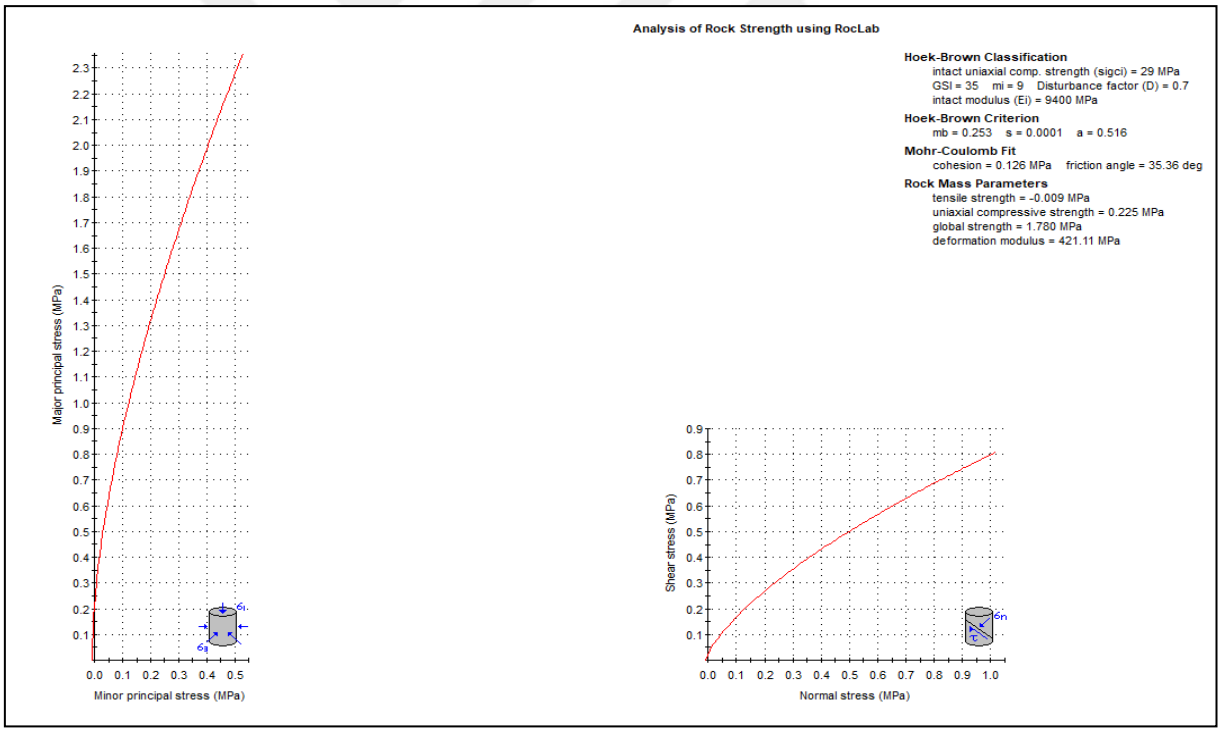
e) Birim Hacim Ağırlık (Unit Weight)

DLB-33 ve DLB-34 sondajından elde edilen numuneler üzerinde yapılan birim hacim ağırlık değerlerinin ortalaması olan 2,70 gr/cm^3 değeri kullanılmıştır.

f) Kazı Yüksekliği

Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl Biriminin üst kotu +67 m, alt kotu +42 metre olup birimin kalınlığı 25 metredir.

Mühendislik parametre hesaplarında kullanılan veriler RocLab programına girilerek hesaplarda kullanılacak olan parametreler elde edilmiş olup Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11: Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl birimlerinin RocLab programı kullanılarak elde edilen kaya dayanım parametreleri

T2 Tüneli giriş portalı için sahada, laboratuvarda ve ofiste yapılan çalışmalar sonucunda şaftın stabilite analizlerinde kullanılmak üzere zemin ve kaya birimlerine ait Jeoteknik parametreler elde edilmiştir. Bu çalışmalar yukarıdaki açıklamaları mühendislik jeolojisi özelliklerine, sondaj, arazi deneyleri ve laboratuvardan elde edilen verilere göre yapılmış olup saha çalışmaları sırasında değişiklik gösterebilir. Bu durumda yapılan hesaplamalar yeniden gözden

geçirilmelidir. T2 Tüneli giriş portalı için yapılacak olan stabilite analizlerinde kullanılacak olan parametreler Tablo 4.5'de yer almaktadır.

Tablo 4.5: T2 Tüneli giriş portalı için kullanılacak jeoteknik parametreler

Kesim	**Litoloji**	**σ_{ci} (MPa)**	**GSI**	**m_i**	**D**	**E_i (MPa)**	**γ (kN/m^3)**	**h (m)**	**c (MPa)**	**ϕ (°)**	**E (MPa)**	**v**
	Yapay Dolgu	-	-	-	-	-	19	-	0,005	28,0	30	0,35
T2 Giriş Portalı	Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4)	10,14	25,0	7	0,7	4700	24	22	0,055	24,92	169,03	0,30
	Az-Orta Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3)	29,00	35,3	9	0,7	9400	27	25	0,126	35,36	421,11	0,24

RMQR-Kaya Kütle Kalitesi Puanlama Sınıflaması

RMQR Sistemi, nicel çağdaş kaya kütlesi sınıflama sistemlerinde kullanılan önemli parametreler de dikkate alınarak ve parametre tekrarından kaçınılarak kaya kütlelerinin fiziksel durumunun daha iyi tanımlayabilmek için geliştirilmiştir. Sistemin kullandığı her parametre ile bunlara atanan puanlar ve RMQR'ın başlıca kaya kütlesi sınıflama sistemleriyle ilişkileri bölümlerini, bozunma derecesi (R_{BD}), süreksizlik takımı sayısı (R_{STS}), süreksizlik aralığı (R_{SA}), süreksizliklerin durumu (R_{SD}), yeraltısuyu sızma (R_{YASD}) ve su emme durumları (R_{SED}) oluşturmaktadır (Aydan ve diğ., 2014).

Bozunma Derecesi (BD)

Kayanın bozunması, mineraller arasındaki bağların zayıflamasına ve bileşimlerini değiştirmelerine neden olur. Bozunma ayrıca, süreksizlik aralığını ve süreksizlik yüzeylerindeki killi dolgu malzemesini de etkileyen bir faktördür. Kaya kütlelerinde hidrotermal çözeltilerin dolaşımı sonucu gerçekleşen alterasyon süreçleri de kaya kütlelerinde pozitif ve negatif değişikliklere neden olmaktadır. Kaya malzemesinin kaya kütlesinin mekanik davranışlarını etkileyen bir bileşeni olması nedeniyle, mevcut diğer bazı sistemlerde süreksizliklerin yüzey özelliği olarak değerlendirilen bozunma ve/veya hidrotermal alterasyonun olumsuz etkisi, kaya malzemesinin bozunma derecesi (BD) adıyla RMQR'ın ana girdi parametrelerinden biri olarak dikkate alınmıştır. Yazarlar, BD'nin belirlenmesinde süreksizlik yüzeyleri için ISRM (2007) tarafından önerilmiş bozunma tanımlamalarını ana kayaya uyarlayarak kullanılmasını tercih etmişlerdir. Yapılan bu uyarlamaya göre RMQR'a esas alınarak BD puanı (RBD) ise, Tablo 4.7'den belirlenmektedir (Aydan ve diğ., 2014).

Süreksizlik Takımı Sayısı (STS)

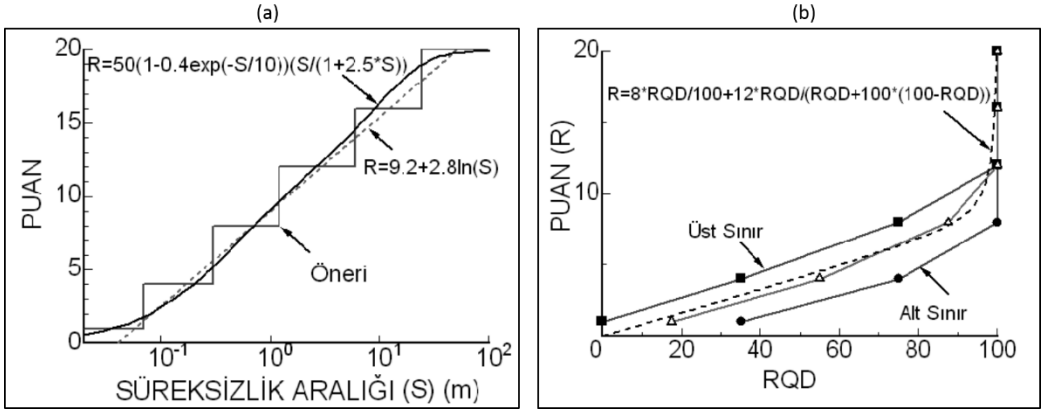
Kaya kütlelerinin mühendislik tanımlamasında en yaygın olarak kullanılan süreksizlik özelliklerinden biri süreksizlik takımı sayısıdır (STS). Kaya kütleleri farklı türlerde süreksizlikler içermektedir. Kaya kütlelerinin süreksiz doğası RMQR Sistemi'nde Tablo 4.7'de verilen sıfatlar esas alınarak tanımlanmaktadır. RMQR'a esas olan STS puanı (R_{STS}) Tablo 4.7'den belirlenmektedir (Aydan ve diğ., 2014).

Süreksizlik Aralığı (SA)

Süreksizlik aralığı (SA), süreksizliklerin geometrik bir özelliğidir. Mevcut kaya kütlesi sınıflama sistemlerinde (örneğin RMR) eğer SA>2-3 m ise, kaya kütlesinin masif olduğu kabul edilmektedir. Bu tanım, yeraltı açıklıklarının çapı ve genişliği küçük olduğunda (<6-8 m)

önemli olmayabilirler. Bununla birlikte, çok geniş yeraltı enerji santrali ve petrol ve gaz depolama boşluklarının (20-28 m genişlikte ve 45-55 m yükseklikte) çevresinde kaya kütlesi çok bloklu bir durum sergileyecektir. Bu nedenle halen kullanılan SA tanımları mevcut durumla uyumlu olmayıp, yeraltı kaya yapılarının güncel boyutları da dikkate alınarak bunların değiştirmesi gerekmektedir. Bu husus göz önüne alınarak RMQR Sistemi'nde SA için Tablo 4.7'de verilen aralıklar ve bunlara ilişkin puanlar (R_{SA}) önerilmiştir. R_{SA}'nın belirlenmesi için Şekil 4.12 (a)'de üstte verilen sürekli fonksiyondan yararlanılabilir. Bu durumda kısmi farklılıklar olması halinde, söz konusu aralıklar önerilen aralıklara esas alınmalıdır (Aydan ve diğ., 2014).

RMR Sistemi'nde süreksizlik aralığının yanı sıra, RQD de kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda RQD'nin tünel aynalarında ölçülmesinin güçlüğü net şekilde ortaya çıkmıştır. Ayrıca SA ve RQD gibi birbirleriyle ilişkili iki girdi parametresinin birlikte kullanılarak puanlamaya ayrı katılmaları tekrarlamaya da neden olmaktadır. Bunun giderilmesi amacıyla ve RQD'nin sondajlarda yaygın şekilde ölçülen bir parametre olması dikkate alınarak, RMQR Sistemi'nde bu iki parametreden sadece birinin kullanılması önerilmekte olup, SA ve RQD için ilgili puanlama (R_{SA}) Tablo 4.7'de, RQD görüleceği gibi, SA>1 m koşulunda RQD, SA'daki değişime karşı duyarlı değildir (Aydan ve diğ., 2014).



Şekil 4.12: (a) Süreksizlik Aralığı ve (b) RQD ile puan arasındaki ilişkiler (Aydan ve diğ., 2014)

Süreksizliklerin Durumu

Kaya kütlelerindeki süreksizliklerin oluşumu değişik, koşullara ve bunların kökenlerine bağlı olup, tektonik süreçlerle oluşmamış süreksizlikler killi dolgu içermedikleri için veya süreksizlik yüzeyleri bozunmadıkları sürece genellikle uygun yüzey özelliklerine sahiptirler. Eğer süreksizliklerin içinde dolaşan su çözünmüş silis, kalsit veya ferro-oksitleri içeriyorsa, bunlar süreksizliklerin içini doldurup süreksizlik yüzeylerinin kaynamasına sağlayabilirler. Bu durum

dikkate alınarak, RMQR sisteminde süreksizliklerin durumu koşulu (SD) için birinci seçenek olarak gözlemi esas olan ve Tablo 4.7'de verilen tanımlar ile puanlar (R_{SD}) önerilmiştir (Aydan ve diğ., 2014).

Baraj, yeraltı enerji santrali, şev ve nükleer santral yeri gibi önemli projelerde ayrıntılı süreksizlik incelemelerinde ise süreksizliklerin durumu için Tablo 4.7'de ilk seçenek olarak verilenden daha ayrıntılı tanımlamaların ve ilgili puanlamanın yapılması tercih edilmelidir. Süreksizlikler açık olabilirler veya yüzeylerinde bozunma veya makaslama sonucu yumuşak dolgu malzemesi bulunabilir ve bu durumlar açıklık ve dolgu gibi alt parametrelerin yanı sıra, süreksizliklerin dayanım ve geçirgenliğini etkileyen pürüzlülüğün de belirlenmesini gerektirir. Bu amaçla RMQR Sistemi'nde ikinci bir seçenek olarak Tablo 4.7'de verilen açıklık (R_{SDA}), dolgu (R_{SDD}) ve pürüzlülük (R_{SDP}) özelliklerinin ortak etkisi gözetilerek SD puanı ($R_{SD} = R_{SA} + R_{SDD} + R_{SDP}$) belirlenmektedir. Bu sistemde pürüzlülük için ISRM (2007) tarafından önerilen pürüzlülük profillerinin kullanılması tercih edilmiş ve toplam 10 adet pürüzlülük profili için 1'den 10'a kadar artan puanlar verilmiştir (Aydan ve diğ., 2014).

Yeraltı Suyu Sızma ve Su Emme Durumları

Kaya kütlelerinin mekanik davranışlarını etkileyen diğer bir faktör de yeraltı suyudur. Bunun yanı sıra, kil içeren zayıf kayalar gibi bazı kaya türlerinin suyu elektriksel veya kimyasal olarak emerek malzeme özelliklerinde ciddi azalmaların ve/veya kazı aşamasında ve su tablası derinliği değişimlerinde değişmelerin olduğu durumların varlığı da bilinmektedir (örneğin, Aydan 2003; Aydan & Ulusay, 2003,2013). Ayrıca sert kayalarda bile bu özelliklerin doygunlukla azaldığı belirtilmektedir (örneğin, Broch,1979; Karakul & Ulusay, 2013). Bu nedenle RMQR Sistemi'nde su koşulunun değerlendirilmesi amacıyla, örneğin RMR gibi diğer bazı sistemlerde kullanılan yeraltı suyu sızma durumunun (YASD) yanı sıra, kayaların su emme durumu (SED) da diğer bir parametre olarak dikkate alınmıştır. YASD'nin tanımlanması amacıyla Tablo 4.6'da verilen 6 su durumunun kullanılması önerilmektedir (Aydan ve diğ., 2014).

Tablo 4.6: Kaya yüzleklerinde gözlenen yeraltı suyu sızma koşulu için tanımlar (ISRM 2007'den yararlanılmıştır.)

Su Koşulu	Tanım
Kuru (su yok)	Düşük gözenekliliğe sahip kaya kütlesi sağlam ve kazı yüzeyi kuru
Nemli	Kaya kütlesinin yüzeyi nemli, ancak su akışı gözlenmiyor
Islak	Kaya kütlesinin yüzeyi ıslak, ancak su akışı gözlenmiyor
Damlama	Kaya kütlesinde süreksizlikler boyunca yer yer su söz konusu, ancak sürekli bir su akışı gözlemlenmiyor
Sürekli Su akışı	Kaya kütlesindeki süreksizliklerden sürekli su akışı ve/veya dolgu malzemesi yıkanımı ve yıkanan kanallardan önemli miktarda su geliri gözleniyor
Su basması	Enjeksiyon teknikleriyle kolaylıkla giderilemeyecek kadar aşırı miktarda suyun kazıyı basması

Tablo 4.7: RMQR Sistemi'nin sınıflama parametreleri ve puanları (Aydan ve diğ., 2014)

Bozunma derecesi (BD)	Taze	Lekeli yüzey	Az bozunmu	Orta derecede bozunmuş	İleri derecede bozunmu	Tamamen bozunmuş
Puan (R_{BD})	15	12	9	6	3	1-0
Süreksizlik takımı sayısı (STS)	Yok (sağlam veya masif)	Tek takım+geli -şigüzel	İki takım+ geli igüzel	3 takım+ gelişigüzel	4 takım+geli i-güzel	Ezik veya paramparça olmuş
Puan (R_{STS})	20	16	12	8	4	1-0
Süreksizlik aralığı (SA)	Yok veya SA ≥ 24 m	24 >SA 6 m	6 m>SA ≥ 1.2 m	1.2 m > SA ≥ 0.3 m	0.3m>SA≥ 0.07m	0.07 m > SA
veya RQD (%)	100			100 > RQD 75	75 > RQD ≥ 35	35 > RQD
Puan (R_{SA})	20	16	12	8	4	1-0
Süreksizliklerin durumu (SD)	Süreksizlik yok	Kaynaklı veya kesikli	Pürüzlü	Göreceli olarak düz ve sıkı	İnce dolgulu veya ayrık kaygan yüzey (t < 5 mm)	Kalın dolgulu veya ayrık yüzey (t > 10 mm)
Puan (R_{SD})	30	26	22	15	7	1

veya alternatif olarak, "Süreksizlik Yok" ve "Kaynaklı veya Kesikli " sınıflarına girmeyen yüzeyler için

Süreksizlik koşulu (SD) $R_{SD} = R_{SDA} + R_{SDD} + R_{SDP}$												
	Açıklık		Kapanık veya çok sıkı < 0.1 mm	0.1-0.25 mm		0.25-0.5 mm		0.5-2.5 mm		2.5-10 mm		> 10 mm
	Puan (R_{SDA})		6	5		4		3		2		1
	Dolgu		Dolgusuz	Sadece yüzey sıva-ması		İnce sıvama < 1 mm		İnce dolgu 1< t < 10 mm		Kalın dolgu 6 > t >10 mm		Çok kalın dolgu veya makas-lama zonu t > 60 mm
	Puan (R_{SDD})		6	5		4		3		2		1-0
	Pürüzlülük	Tanımsal	Çok pürüzlü	Pürüz-lü		Düz-dalgalı		Düz-düzlem-sel		Kaygan		Makasla-ma bandı /zonu
		ISRM (2007)'deki profil no.su	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1-0
	Puan (R_{SDP})		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1-0

Yeraltısuyu sızma durumu (YASD)	Kuru	Nemli	Islak	Damlama	Sürekli su akışı	Su basması
Puan (R_{YASD})	9	7	5	3	1	0
Su emme durumu (SED)	Su emmeyen	Kılcal etkiyle veya elektriksel su emme	Az su emen	Orta derecede su emen	Çok su emen	Aşırı su emip dağılan
Puan (R_{SED})	6	5	4	3	2	1-0

$$(RMQR=R_{BD}+R_{STS}+R_{SA}+R_{SD}+R_{YASD}+R_{SED}) \quad (4.9)$$

Bu durumlardan ilk beşi ISRM (2007) tarafından önerilen tanımlamalardan uyarlanmış, son durum ise yazarlarca eklenmiştir. SED'in tanımlanması için Tablo 4.6'da verilen ölçütlerin kullanılması önerilmekte olup, ilgili puanlama ($R_{YASD,}$ R_{SED}) ise Tablo 4.7'den belirlenmektedir (Aydan ve diğ., 2014).

RMQR Kaya Kütle Kalitesi puanlama sınflaması yapabilmek için 4.9'da verilen eşitlikten yararlanılmıştır. Elde edilen RMQR değeri Tablo 4.8'de verilen kaya kütle kalitesi sınıflarına göre belirlenmiştir.

Tablo 4.8: RMQR değerlerine göre kaya kütle kalitesi sınıfları (Aydan ve diğ., 2014)

Kaya Sınıfı	I	II	III	IV	V	VI
Kaya Kütlesi Tanımı	Sağlam veya kaya malzemesi	Çok iyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok zayıf
RMQR	100≥ RMQR>95	95 ≥RMQR>80	80 ≥RMQR>60	80 ≥ RMQR>40	40 ≥RMQR>20	20≥RMQR

Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4)

T2 giriş portalında elde edilen kaya kütlesi özelliklerinden yararlanarak Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) seviyeleri için RMQR Sistemi'nin sınıflama parametreleri ve puanları Tablo 4.9'da verilmiştir (Aydan ve diğ., 2014).

Tablo 4.9: RMQR Sistemi'nin sınıflama parametreleri ve puanları (Aydan ve diğ., 2014)

Bozunma derecesi (BD)	Taze	Lekeli yüzey	Az bozunmu	Orta derecede bozunmuş	İleri derecede bozunmu	Tamamen bozunmuş
Puan (R_{BD})	15	12	9	6	3	1-0
Süreksizlik takımı sayısı (STS)	Yok (sağlam veya masif)	Tek takım+geli -şigüzel	İki takım+ geli igüzel	3 takım+ gelişigüzel	4 takım+geli i-güzel	Ezik veya paramparça olmuş
Puan (R_{STS})	20	16	12	8	4	1-0
Süreksizlik aralığı (SA)	Yok veya SA ≥ 24 m	24 >SA 6 m	6 m>SA ≥ 1.2 m	1.2 m > SA ≥ 0.3 m	0.3m>SA≥ 0.07m	0.07 m > SA
veya RQD (%)	100			100 > RQD 75	75 > RQD ≥ 35	35 > RQD
Puan (R_{SA})	20	16	12	8	4	1-0
Süreksizliklerin durumu (SD)	Süreksizlik yok	Kaynaklı veya kesikli	Pürüzlü	Göreceli olarak düz ve sıkı	İnce dolgulu veya ayrık kaygan yüzey (t < 5 mm)	Kalın dolgulu veya ayrık yüzey (t > 10 mm)
Puan (R_{SD})	30	26	22	15	7	1

veya alternatif olarak, "Süreksizlik Yok" ve "Kaynaklı veya Kesikli " sınıflarına girmeyen yüzeyler için

Süreksizlik koşulu (SD) $R_{SD} = R_{SDA} + R_{SDD} + R_{SDP}$												
Açıklık		Kapanık veya çok sıkı < 0.1 mm	0.1-0.25 mm	0.25-0.5 mm	0.5-2.5 mm	2.5-10 mm	> 10 mm					
Puan (R_{SDA})		6	5	4	3	2	1					
Dolgu		Dolgusuz	Sadece yüzey sıva-ması	İnce sıvama < 1 mm	İnce dolgu 1< t < 10 mm	Kalın dolgu 6 > t >10 mm	Çok kalın dolgu veya makas-lama zonu t > 60 mm					
Puan (R_{SDD})		6	5	4	3	2	1-0					
Pürüzlülük	Tanımsal	Çok pürüzlü	Pürüz-lü	Düz-dalgalı	Düz-düzlem-sel	Kaygan	Makasla-ma bandı /zonu					
Pürüzlülük	ISRM (2007)'deki profil no.su	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1-0	
Puan (R_{SDP})		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1-0	

Yeraltısuyu sızma durumu (YASD)	Kuru	Nemli	Islak	Damlama	Sürekli su akışı	Su basması
Puan (R_{YASD})	9	7	5	3	1	0
Su emme durumu (SED)	Su emmeyen	Kılcal etkiyle veya elektriksel su emme	Az su emen	Orta derecede su emen	Çok su emen	Aşırı su emip dağılan
Puan (R_{SED})	6	5	4	3	2	1-0

RMQR'a esas olan bozunma derecesi (BD) ileri derecede bozunmuş seçilmiş ve puanı (R_{BD}) ise, Tablo 4.9'dan 3 olarak kaydedilmiştir. Süreksizlik Takımı Sayısı (STS) 4 takım+gelişigüzel seçilerek puanı (R_{STS}) Tablo 4.9'dan 4 olarak belirlenmiştir. Süreksizlik Aralığı (SA), 35>RQD

koşulu için puanı (R_{SA}) 1 olarak hesaba katılmıştır. Süreksizliklerin Durumu (SD), Tablo 4.9'da verilen açıklık (R_{SDA}), dolgu (R_{SDD}) ve pürüzlülük (R_{SDP}) özelliklerinin ortak etkisi gözetilerek SD puanı ($R_{SD} = R_{SA} + R_{SDD} + R_{SDP}$) belirlenmektedir. Açıklık için puan (R_{SA}) 2,5, Dolgu için ince dolgu 1<t<10 mm koşulu için puan (R_{SDD}) 3, Pürüzlülük için pürüzlü koşul için puan (R_{SDP}) 8 olarak alınmıştır. Yeraltısuyu sızma (YASD) ve Su Emme Durumları için sırasıyla alınan puanlar (R_{YASD}) ıslak koşulu için 5 ve orta derecede su emen (R_{SED}) koşulu için 2'tür. Elde edilen parametreleri ve karşılığında aldığı puanları gösteren özet tablosu 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10: Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) birimi RMQR Sistemi'nin sınıflama parametreleri ve puanları özet tablosu

Bozunma Derecesi (BD)		İleri Derecede Bozunmuş
Puan (R_{BD})		3
Süreksizlik Takımı Sayısı (STS)		4 takım+gelişigüzel
Puan (R_{STS})		4
Süreksizlik Aralığı (SA)		35>RQD
Puan (R_{SA})		1
Süreksizlik Durumu (SD)	**Açıklık (SDA)**	2,5-10 mm
	Puan R_{SDA}	2,5
	Dolgu (SDD)	İnce Dolgu 1<t<10 mm
	Puan R_{SDD}	3
	Pürüzlülük (SDP)	Pürüzlü
	Puan R_{SDP}	8
Yeraltı suyu Sızma Durumu (YASD)		Islak
Puan (R_{YASD})		5
Su Emme Durumu (SED)		Çok su emen
Puan (R_{SED})		2

RMQR Kaya Kütle Kalitesi Puanlama Sınıflaması yapabilmek için aşağı verilen eşitlikten yararlanılmıştır. Elde edilen RMQR değeri Tablo 4.11'e göre zayıf kaya kütlesi sınıfına dahil olmaktadır (Aydan ve diğ., 2014).

$$RMQR=R_{BD}+R_{STS}+R_{SA}+R_{SD}+R_{YASD}+R_{SED} \quad (4.10)$$

$$RMQR=3+4+1+13,5+5+2$$

$$RMQR=28,5$$

RMQR Kaya Kütle Kalitesi puanlama sınflaması yapabilmek için 4.10'da verilen eşitlikten yararlanılmıştır. Elde edilen RMQR değeri Tablo 4.11'de verilen kaya kütle kalitesi sınıflarına göre zayıf kaya kütle kalitesinde olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.11: RMQR değerlerine göre kaya kütle kalitesi sınıfları (Aydan ve diğ., 2014)

Kaya Sınıfı	I	II	III	IV	**V**	VI
Kaya Kütlesi Tanımı	Sağlam veya kaya malzemesi	Çok iyi	İyi	Orta	**Zayıf**	Çok zayıf
RMQR	100≥ RMQR>95	95 ≥RMQR>80	80 ≥RMQR>60	80 ≥ RMQR>40	**40 ≥RMQR>20**	20≥RMQR

Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3)

T2 giriş portalında elde edilen kaya kütlesi özelliklerinden yararlanarak Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) seviyeleri için RMQR Sistemi'nin sınıflama parametreleri ve puanları Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12: RMQR Sistemi'nin sınıflama parametreleri ve puanları (Aydan ve diğ., 2014)

Bozunma derecesi (BD)	Taze	Lekeli yüzey	Az bozunmu	Orta derecede bozunmuş	İleri derecede bozunmu	Tamamen bozunmuş
Puan (R_{BD})	15	12	9	6	3	1-0
Süreksizlik takımı sayısı (STS)	Yok (sağlam veya masif)	Tek takım+geli -şigüzel	İki takım+ geli igüzel	3 takım+ gelişigüzel	4 takım+geli i-güzel	Ezik veya paramparça olmuş
Puan (R_{STS})	20	16	12	8	4	1-0
Süreksizlik aralığı (SA)	Yok veya SA ≥ 24 m	24 >SA 6 m	6 m>SA ≥ 1.2 m	1.2 m > SA ≥ 0.3 m	0.3m>SA≥ 0.07m	0.07 m > SA
veya RQD (%)	100			100 > RQD 75	75 > RQD ≥ 35	35 > RQD
Puan (R_{SA})	20	16	12	8	4	1-0
Süreksizliklerin durumu (SD)	Süreksizlik yok	Kaynaklı veya kesikli	Pürüzlü	Göreceli olarak düz ve sıkı	İnce dolgulu veya ayrık kaygan yüzey (t < 5 mm)	Kalın dolgulu veya ayrık yüzey (t > 10 mm)
Puan (R_{SD})	30	26	22	15	7	1
veya alternatif olarak, "Süreksizlik Yok" ve "Kaynaklı veya Kesikli " sınıflarına girmeyen yüzeyler için						

Süreksizlik koşulu (SD) $R_{SD} = R_{SDA} + R_{SDD} + R_{SDP}$											
Açıklık			Kapanık veya çok sıkı < 0.1 mm	0.1-0.25 mm		0.25-0.5 mm		0.5-2.5 mm		2.5-10 mm	> 10 mm
Puan (R_{SDA})			6	5		4		3		2	1
Dolgu			Dolgusuz	Sadece yüzey sıva-ması		İnce sıvama < 1 mm		İnce dolgu 1< t < 10 mm		Kalın dolgu 6 > t >10 mm	Çok kalın dolgu veya makas-lama zonu t > 60 mm
Puan (R_{SDD})			6	5		4		3		2	1-0
Pürüzlülük	Tanımsal		Çok pürüzlü	Pürüz-lü		Düz-dalgalı		Düz-düzlem-sel		Kaygan	Makasla-ma bandı /zonu
	ISRM (2007)'deki profil no.su		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1-0
Puan (R_{SDP})			10	9	8	7	6	5	4	3	2	1-0

Yeraltısuyu sızma durumu (YASD)	Kuru	Nemli	Islak	Damlama	Sürekli su akışı	Su basması
Puan (R_{YASD})	9	7	5	3	1	0
Su emme durumu (SED)	Su emmeyen	Kılcal etkiyle veya elektriksel su emme	Az su emen	Orta derecede su emen	Çok su emen	Aşırı su emip dağılan
Puan (R_{SED})	6	5	4	3	2	1-0

RMQR'a esas olan bozunma derecesi (BD) ileri derecede bozunmuş seçilmiş ve puanı (R_{BD}) ise, Tablo 4.12'den Orta derecede ayrışmış için 6 puan olarak kaydedilmiştir. Süreksizlik Takımı Sayısı (STS) 3 takım+gelişigüzel seçilerek puanı (R_{STS}) Tablo 4.12'den 16 olarak belirlenmiştir. Süreksizlik Aralığı (SA), 75>RQD>35 koşulu için puanı (R_{SA}) 4 olarak hesaba katılmıştır. Süreksizliklerin Durumu (SD), Tablo 4.12'da verilen açıklık (R_{SDA}), dolgu (R_{SDD}) ve pürüzlülük (R_{SDP}) özelliklerinin ortak etkisi gözetilerek SD puanı ($R_{SD} = R_{SA} + R_{SDD} + R_{SDP}$) belirlenmektedir. Açıklık için puan (R_{SA}) 2, Dolgu için ince dolgu 6>t>10 mm koşulu için puan (R_{SDD}) 2, pürüzlü koşul için puan (R_{SDP}) 4 olarak alınmıştır. Yeraltı suyu sızma (YASD) ve Su Emme Durumları için sırasıyla alınan puanlar (R_{YASD}) ıslak koşulu için 5 ve az su emen (R_{SED}) koşulu için 4'türs. Elde edilen parametreleri ve karşılığında aldığı puanları gösteren özet tablosu 4.13'de verilmiştir.

Tablo 4.13: Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) birimi RMQR Sistemi'nin sınıflama parametreleri ve puanları özet tablosu

Bozunma Derecesi (BD)		Orta Derecede Bozunmuş
Puan (R_{BD})		6
Süreksizlik Takımı Sayısı (STS)		1 takım+gelişigüzel
Puan (R_{STS})		16
Süreksizlik Aralığı (SA)		75>RQD>35
Puan (R_{SA})		4
Süreksizlik Durumu (SD)	**Açıklık (SDA)**	2,5-10 mm
	Puan R_{SDA}	2
	Dolgu (SDD)	Kalın Dolgu 6>t>10 mm
	Puan R_{SDD}	2
	Pürüzlülük (SDP)	Düzlemsel
	Puan R_{SDP}	4
Yeraltı suyu Sızma Durumu (YASD)		Islak
Puan (R_{YASD})		5
Su Emme Durumu (SED)		Az su emen
Puan (R_{SED})		4

RMQR Kaya Kütle Kalitesi Puanlama Sınıflaması yapabilmek için aşağı verilen eşitlikten yararlanılmıştır. Elde edilen RMQR değerine göre Tablo 4.21'e göre orta kaya kütlesi sınıfına dahil olmaktadır (Aydan ve diğ., 2014).

$$RMQR=R_{BD}+R_{STS}+R_{SA}+R_{SD}+R_{YASD}+R_{SED} \quad (4.11)$$

$$RMQR=6+16+4+8+5+4$$

$$RMQR=43$$

RMQR Kaya Kütle Kalitesi puanlama sınıflaması yapabilmek için 4.11'de verilen eşitlikten yararlanılmıştır. Elde edilen RMQR değeri Tablo 4.14'de verilen kaya kütle kalitesi sınıflarına göre orta kaya kütle kalitesinde olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.14: RMQR değerlerine göre kaya kütle kalitesi sınıfları (Aydan ve diğ., 2014)

Kaya Sınıfı	I	II	III	**IV**	V	VI
Kaya Kütlesi Tanımı	Sağlam veya kaya malzemesi	Çok iyi	İyi	**Orta**	Zayıf	Çok zayıf
RMQR	100≥ RMQR>95	95 ≥RMQR>80	80 ≥RMQR>60	**80 ≥ RMQR>40**	40 ≥RMQR>20	20≥RMQR

RMQR Sistemi'nde kaya sınıfları ve sistemin RMR sistemiyle karşılaştırılması

Başlıca 6 ana girdi parametresinden oluşan RMQR sisteminde RMQR değerleri 0 ile 100 arasında değişmekte olup, sistem altı kaya sınıfını içermektedir (Tablo 4.8). RMQR; kaya malzemesiyle ilişkili olarak kaya kütlesi durumunu belirlemek amacıyla kullanılan bir indekstir (Aydan ve diğ., 2014).

$$RMR = 100.\frac{\mathrm{RMQR}}{\mathrm{RMQR}+\beta(\mathrm{A}-\mathrm{RMQR})} \quad (4.12)$$

veya

$$RMQR = 100.\frac{\mathrm{RMR}}{\mathrm{RMR}+1.1(100-\mathrm{RMR})} \quad (4.13)$$

β parametresinin değeri 0.8 olup, A parametresi ise 90 ile 100 arasında değişmektedir (Aydan ve diğ., 2014).

5. PORTAL STABİLİTE ANALİZLERİ

5.1 GİRİŞ

Levazım-Armutlu (T2) Tüneli'nin giriş portalında arazide yapılan çalışmalar ve sondaj incelemeleri sonucunda giriş portal bölgesinde gözlenen hâkim birim Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4), Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) ve Yapay Dolgudur. Analizler bu birimler için laboratuvar deney sonuçları ve sondaj logları esas alınarak yapılmıştır. Gözlemlenen birimlerin serbest basınç dayanımı deneyi sonuçları göz önüne alınarak geomekanik parametrelerin hesaplamasında kullanılmıştır.

Levazım-Armutlu (T2) giriş portalini açmak amacıyla kazıklı ve ankrajlı kazı destek sistemi seçilmiştir. Kaya biriminde bulunan kazıklar 120 cm çapında ve yatay doğrultuda 1,40 m arayla yapılacaktır. Kazı yapay dolgu ve Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) birimlerinde açılacağından daha yüksek çaplı ve daha yüksek rijitliğe sahip kazık seçilmiştir. Böylece deplasman ve kazık tesirlerinin yüksek çıkmasının da önüne geçilmiştir. Ayrıca kazık üstü ankraj yapılamayacak yerlerde yüksekliğe bağlı olarak çift sıra konsol kazıklar düşünülmüştür.

Yapılan analizler giriş portalı sağ duvarlar, sağ tüp ayna, sol tüp ayna ve sol duvarlar stabilite analizleri altında irdelenmiştir. Her bir başlık altında stabilite analizleri ve kullanılması gerekli ise destek sistemlerinin hesap detayları açıklanmıştır.

5.2 GİRİŞ PORTALI STABİLİTE ANALİZLERİ – YÖNTEM-1

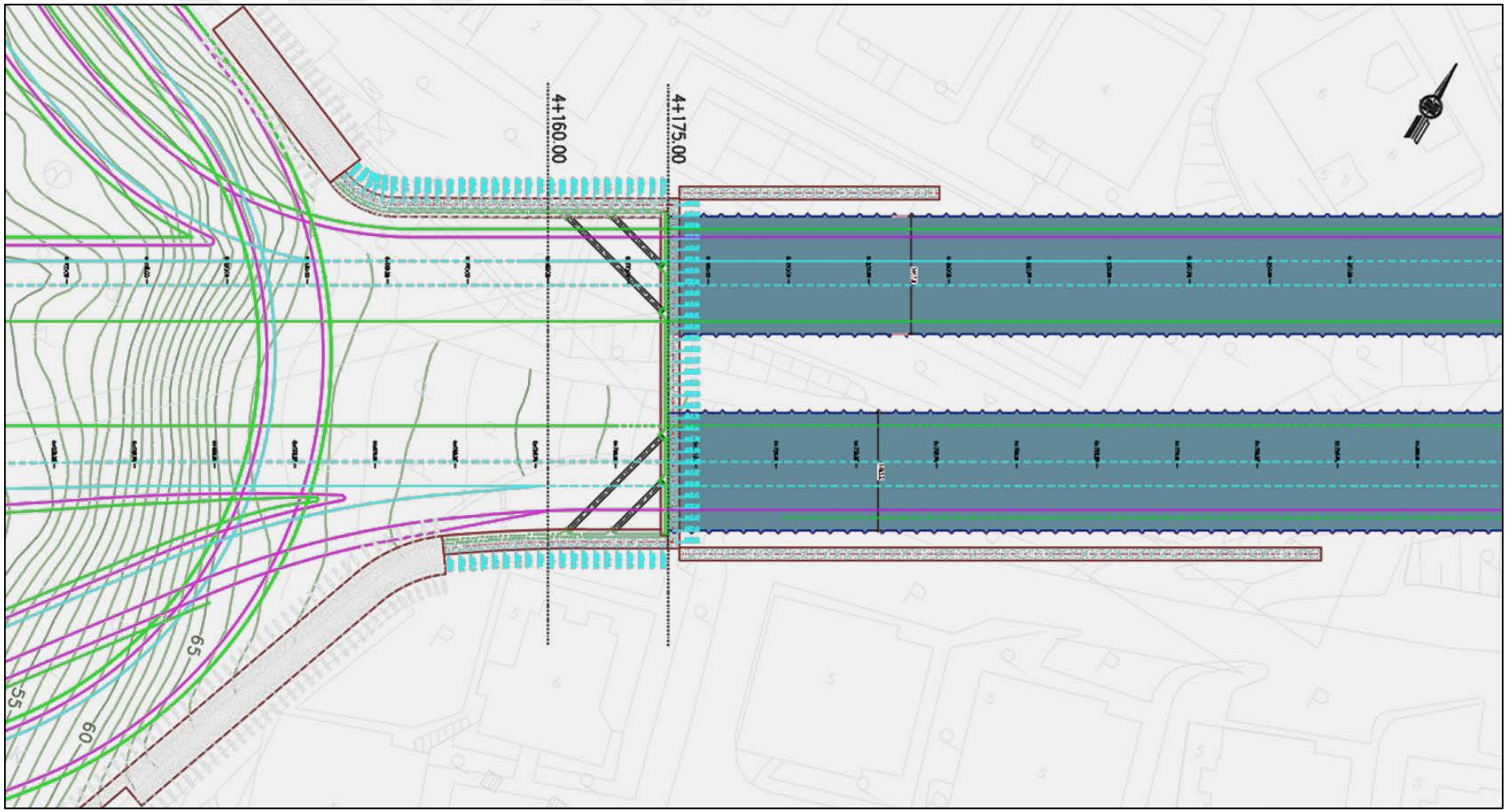
Levazım-Armutlu (T2) Tüneli'nin giriş portalı kesiminde iksa sistemi tasarlanırken kazı derinliği, komşu yapıların iksa sınırına olan mesafesi, etki eden yükler gibi çevresel faktörler göz önünde bulundurularak 6 adet kesit belirlenmiştir. Bu kesitlere ait özellikler ile kesitlerin yerlerini gösterir anahtar plan sırasıyla Tablo 5.1 ve Şekil 5.1'de verilmektedir.

Analizler yapılırken kullanılan geomekanik parametreler; arazi gözlemlerine, bölgede yapılan sondajlar ile bu sondajlarda yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda belirlenen değerlere ve kaya sınıflaması standartlarına uygunluğu gözetilerek seçilmiştir. Parametre seçimi "Jeoteknik

Değerlendirmeler" bölümünde detaylı olarak aktarılmıştır. Kazık ve ankrajlara ait analizlerde kullanılan parametreler her bölümün içerisinde ayrı ayrı tablo halinde verilmiştir.

Tablo 5.1: Belirlenen hesap kesitleri ve özellikleri

Km	Uygulanacak Bölge	Yükler	İksa Tipi
4+160	Giriş Portali Sağ Duvar	60 kPa (6 katlı bina yükü)	• Φ =120'lik Kazık (140 cm aralıklarla) 20 m boyunda • 4 sıra 3x0,6" Ankraj yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, toplam boyu sırasıyla 19 m, 18m, 17 m ve 16 m, kök boyu 10 m olan, 25 ton öngermeli kalıcı ankrajlar
4+175	Giriş Portalı Sağ Duvar	-	• Φ =120'lik Kazık (140 cm aralıklarla) 18 m boyunda • 6 sıra 3x0,6" Ankraj yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, toplam boyu sırasıyla 21 m, 20 m, 19 m, 18 m, 17 m ve 16 m, kök boyu 10 m olan, 25 ton öngermeli kalıcı ankrajlar
Sağ Tüp	Giriş Portalı Sağ Ayna	-	• Φ =120'lik Kazık (140 cm aralıklarla) 20 m boyunda • 6 sıra 3x0,6" Ankraj yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, toplam boyu sırasıyla 21 m, 20 m, 19 m, 18 m, 17 m ve 16 m, kök boyu 10 m olan, 25 ton öngermeli geçici ankrajlar
Sol Tüp	Giriş Portalı Sol Ayna	-	• Φ =120'lik Kazık (140 cm aralıklarla) 22 m boyunda • 7 sıra 3x0,6" Ankraj yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, toplam boyu sırasıyla 22 m, 21 m, 20 m, 19 m, 18 m, 17 m ve 16 m kök boyu 10 m olan, 25 ton öngermeli geçici ankrajlar
4+160	Giriş Portali Sol Duvar	-	• Φ =120'lik Kazık (140 cm aralıklarla) 21 m boyunda • 8 sıra 3x0,6" Ankraj yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, toplam boyu sırasıyla 23 m, 22 m, 21 m, 20 m, 19 m, 18 m, 17 m ve 16 m kök boyu 10 m olan, 25 ton öngermeli kalıcı ankrajlar
4+175	Giriş Portalı Sol Duvar	-	• Φ =120'lik Kazık (140 cm aralıklarla) 22 m boyunda • 8 sıra 3x0,6" Ankraj yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, toplam boyu sırasıyla 23 m, 22 m, 21 m, 20 m, 19 m, 18 m, 17 m ve 16 m kök boyu 10 m olan, 25 ton öngermeli kalıcı ankrajlar



Şekil 5.1: Levazım-Armutlu (T2) Tüneli giriş portalı kritik kesitlerin planda gösterimi

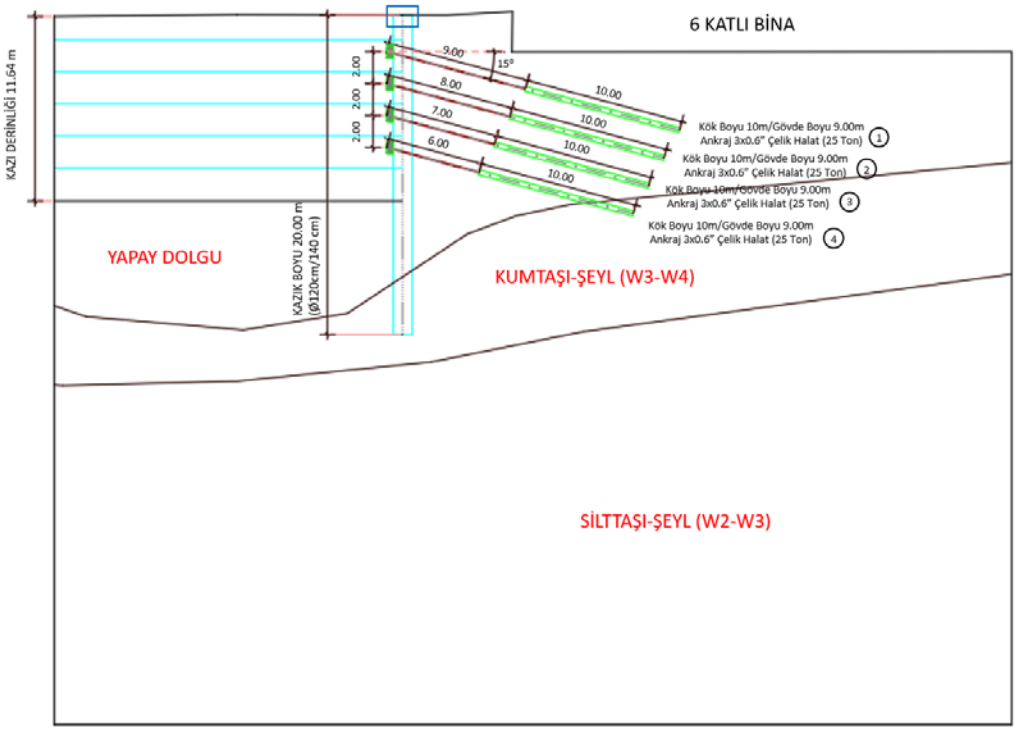
5.2.1 Giriş Portalı Sağ Duvar Stabilite Analizleri

5.2.1.1 Giriş Portalı Km 4+160 Sağ Duvar Stabilite Analizleri

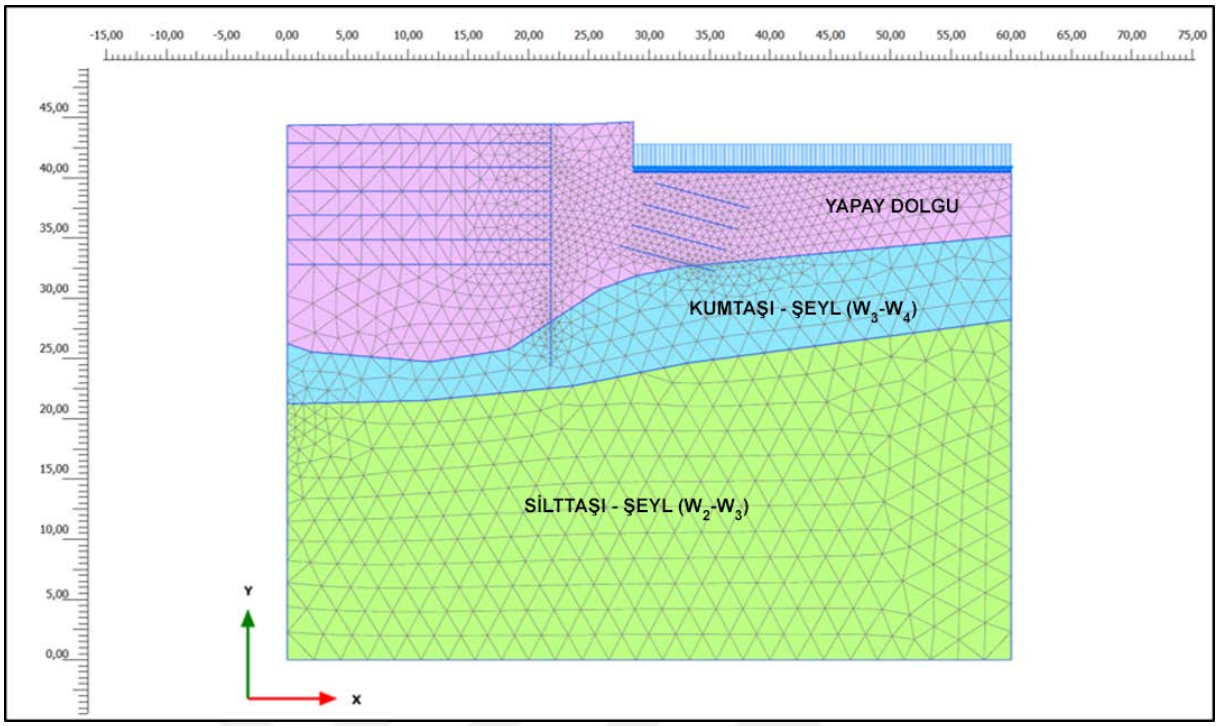
Bu bölümde Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Km 4+160 kesiti sağ duvarı için yapılan stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Kritik iksa kesitleri, çevre yapılar ve sürşarj yükleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu kesitte, kesitin yakınında yer alan 6 katlı bina yükü sürşarj olarak etki ettirilmiştir.

Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Sağ tarafında yer alan, Yapay Dolgu, Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) ve Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) birimlerinde açılacak olan 11,64 m kazı derinliğine sahiptir. İksa sistemi Ø120 cm çapında 140 cm aralıklı fore kazıktan oluşmaktadır. Betonarme fore kazıklar 20 m boyunda olup, 4 sıra 3*0,6''lik yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, 25 ton öngermeli ankrajlar ile desteklenmiştir.

Km 4+160 kesiti sağ duvarı için önerilen sistem Şekil 5.2'de verilirken destekleme elemanı olarak önerilen destekleme sistemi Şekil 5.3'de verilmiştir.



Şekil 5.2: Giriş Portali Km 4+160 Sağ Duvar Kesiti ve iksa tipi özellikleri



Şekil 5.3: Giriş Portali Km 4+160 Sağ Duvar kesitine ait hesap modeli

Tablo 5.2: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri

	Litoloji	**Malzeme Modeli ve Drenaj Durumu**	**E (kPa)**	**c (kPa)**	**ϕ (°)**	**ν**	**γ (kN/m³)**
Jeolojik Birim Parametreleri	Yapay Dolgu	Mohr Coulomb-Drenajlı	30000	5	28,0	0,35	19
	Orta-Çok ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4)	Mohr Coulomb-Drenajlı	169000	55	24,9	0,30	24
	Az-Orta derecede ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3)	Mohr Coulomb-Drenajlı	421000	126	36,3	0,24	27

	Destekleme	**E (kN/m²)**	**γ (kN/m³)**	**Diameter (m)**	**$L_{spacing}$ (m)**
Destekleme Elemanı Parametreleri	Kazık	30250000	25,00	1,20	1,40
	Ankraj Kökü	20000000	25,00	0,14	1,40

Tünel Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 için yapılan stabilite analizlerinde kullanılan jeolojik parametreler ile destekleme elemanı parametreleri Tablo 5.2'de yer almaktadır. Destekleme elemanı parametrelerinden kazıklar için, çapı 120 cm olan kazıkların seçilmesinin sebebi kazının yapılacağı zeminin yapay dolgu ve orta-çok ayrışmış kumtaşı-şeyl (W3-W4) birimi

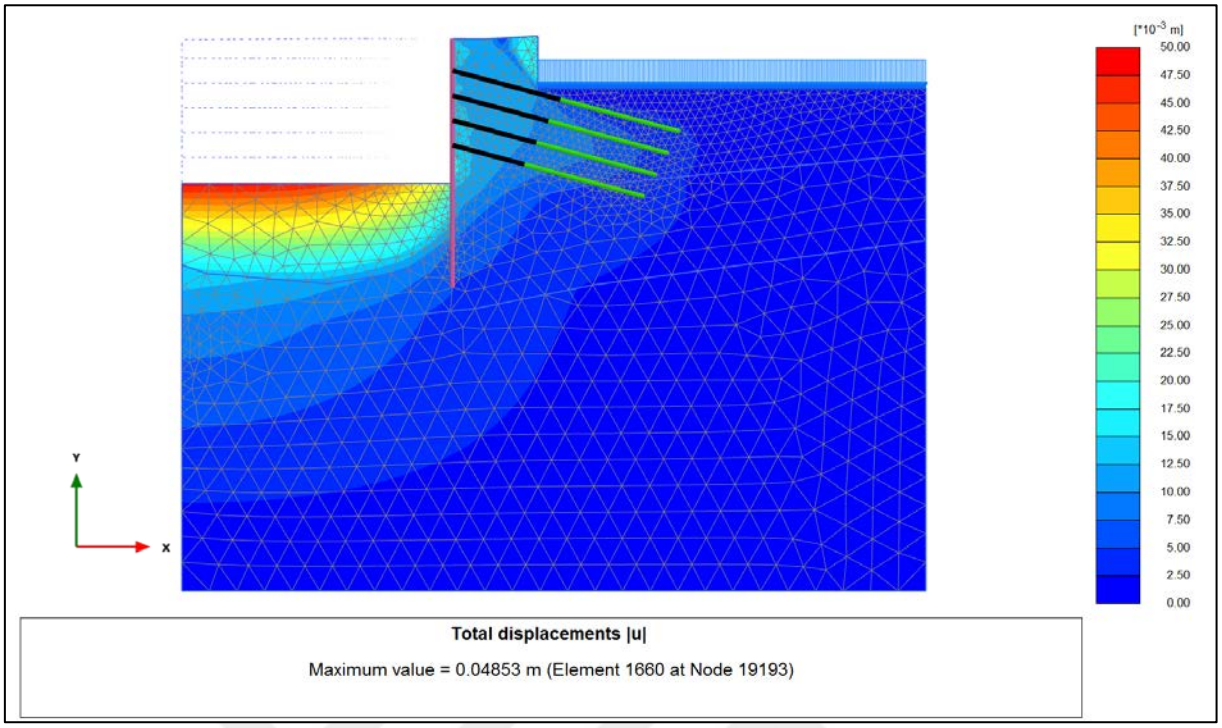
olduğundan daha yüksek çaplı kazık seçilerek deplasman ve kesit tesirlerinin fazla çıkmasına engel olmaktır. Elastisite Modülü için ise C25 beton sınıfı için Türk Standartları Enstitüsü-TS 500/Şubat 2000 (2000)'de C25 Beton sınıfındaki bir betonun basınç dayanımı (fck) 25 olarak verilmiştir. İlgili standartta C25 Beton sınıfındaki bir betonun elastisite modülü E_{cj}=3250x√fckj+14000 bağıntısından yola çıkarak 30250000 Mpa olarak hesaplanmıştır.

Ankraj kökünün Elastisite Modülü için Türk Standartları Enstitüsü-TS 500/Şubat 2000 (2000) syf.23'de tüm donatı çelikler için, E_s=2x10^5 MPa olarak alınmıştır. Statik ve dinamik durumda gerçekleştirilen analizlerden zeminde oluşan maksimum deplasman ve kayma çemberi Şekil 5.4 ve Şekil 5.7 arasında verilmiştir.

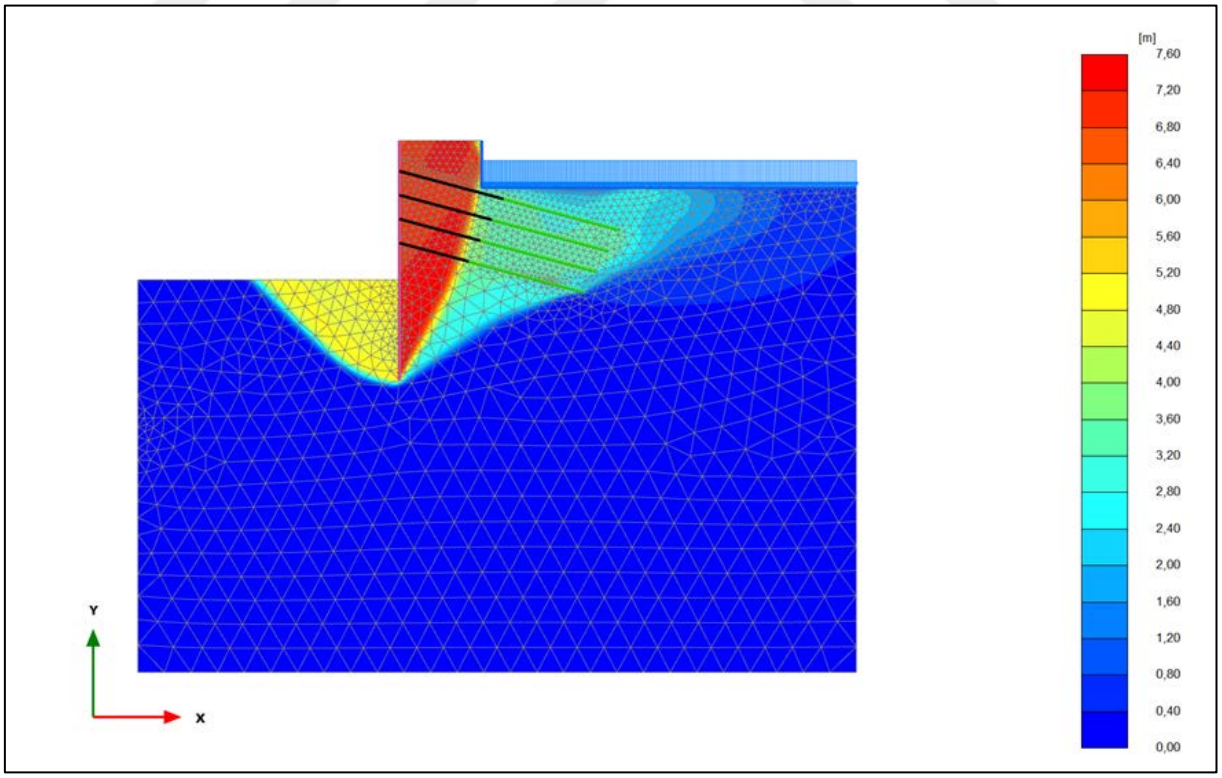
Analiz sonucunda, Şekil 5.8'de görüldüğü üzere önerilen destekleme sisteminin kullanılması durumunda derin kazı-kazıklı sistemin güvenlik sayısı, gerekli olan minimum güvenlik sayısından büyüktür. Sistemin statik ve dinamik durumdaki güvenlik sayıları sırasıyla statik durum için 1,5, dinamik durum için 1,1 olarak önerilmektedir (K.G.M., 2005).

- **Statik Durum**

Km 4+160 Sağ Duvar Stabilite Analizinde Statik Durum için kazının son aşamasından sonra zeminde oluşan maksimum deplasman 4,853 cm olarak belirlenmiştir. Analiz sonucu ortaya çıkan güvenlik sayısı 2,60'dır. KGM (2005)'de Statik durum için önerilen güvenlik sayısı 1,5 olup statik durumda elde edilen güvenlik sayısı daha büyük elde edilmiş ve güvenlik koşullarının sağlandığı belirlenmiştir.



Şekil 5.4: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=4,853 cm) (Statik Durum)

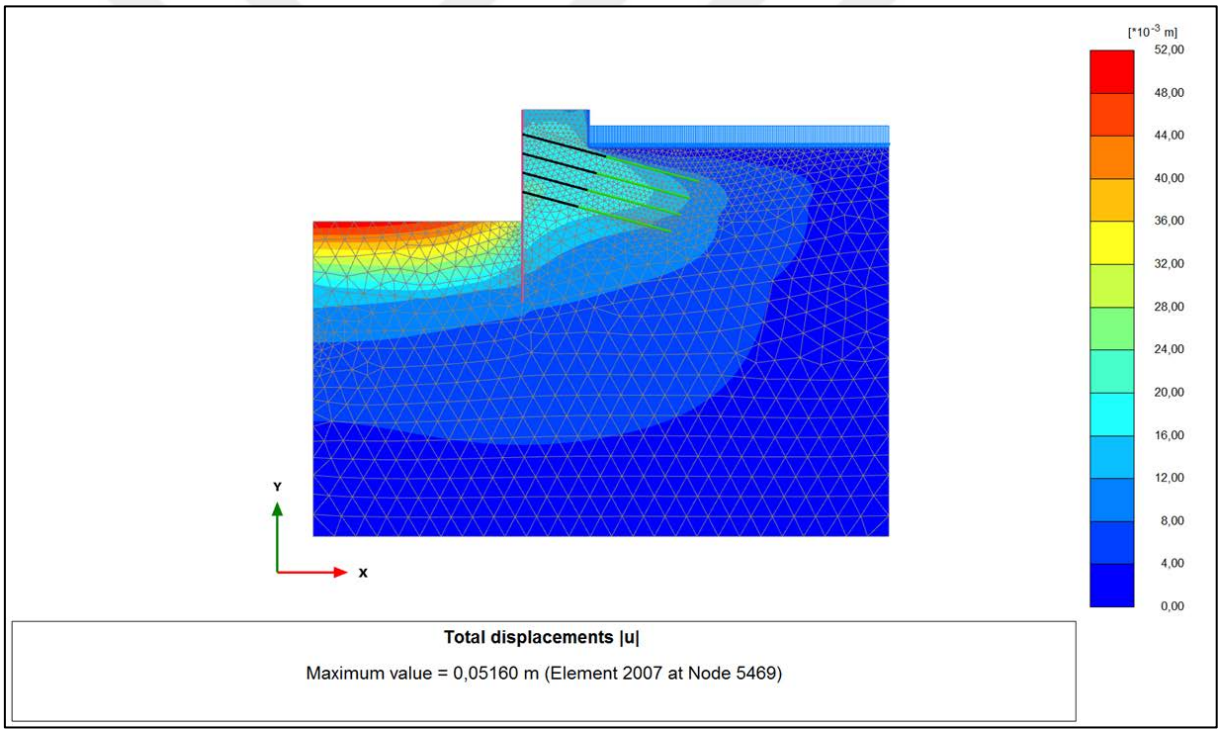


Şekil 5.5: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum)

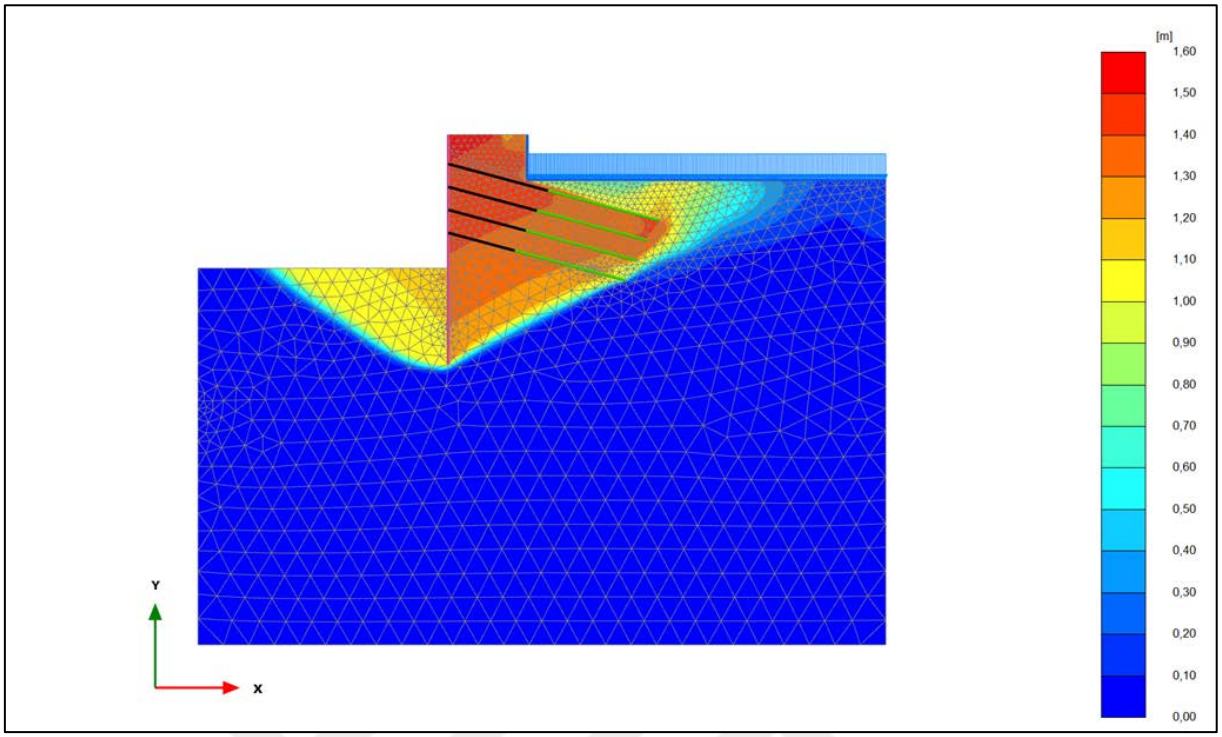
- **Dinamik Durum**

Tez kapsamında dinamik durum için yapılan analizlerde, Ch (yatak eşdeğer deprem katsayısı) değeri "Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi" syf.106'da bulunan şev stabilite analizlerine esas yatay deprem katsayılarını gösteren grafik esas alınarak Ch=0,15 alınmıştır (Şekil 2.9) (K.G.M., 2005).

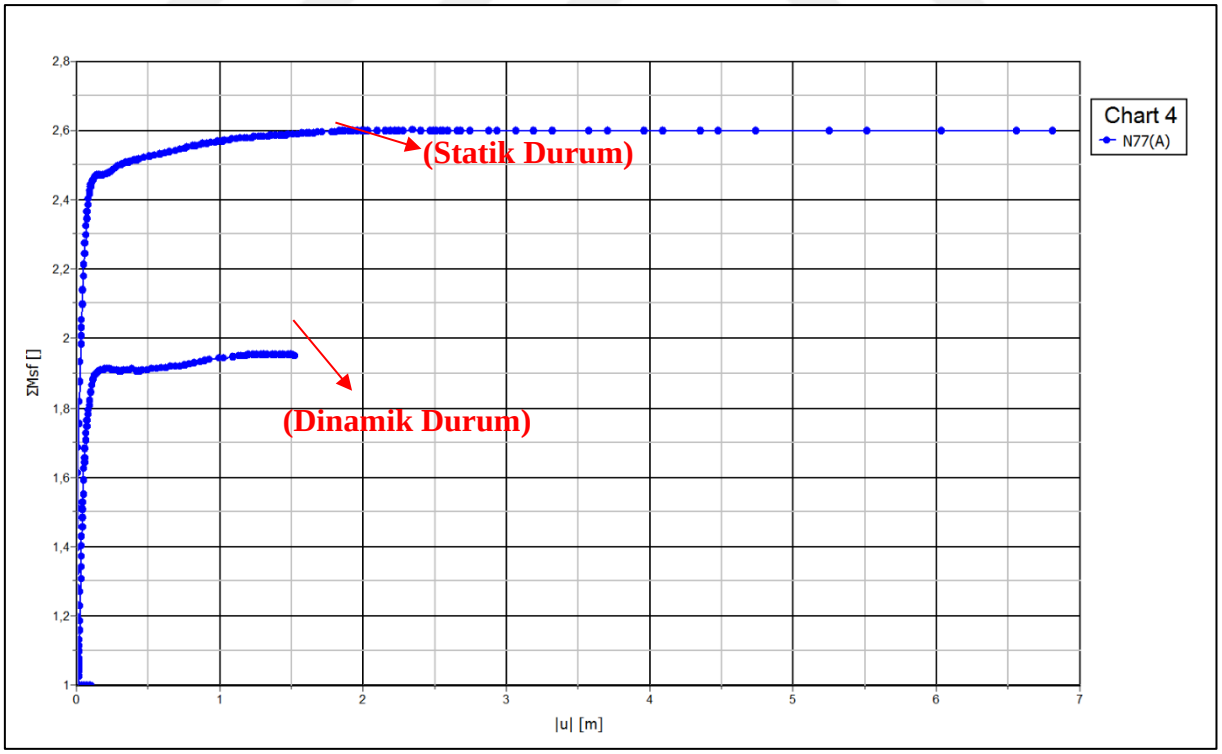
Km 4+160 Sağ Duvar Stabilite Analizinde Dinamik Durum için kazı taban kotuna inilmesi durumunda zeminde oluşan maksimum deplasman 5,160 cm olarak belirlenmiştir. Analiz sonucu ortaya çıkan güvenlik sayısı 1,87'dir. KGM (2005)'de Dinamik durum için önerilen güvenlik sayısı 1,1 olup dinamik durumda elde edilen güvenlik sayısı daha büyük elde edilmiş ve güvenlik koşullarının sağlandığı belirlenmiştir.



Şekil 5.6: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=5,160 cm) (Dinamik Durum)



Şekil 5.7: Bölgede oluşan kayma çemberi (Dinamik Durum)

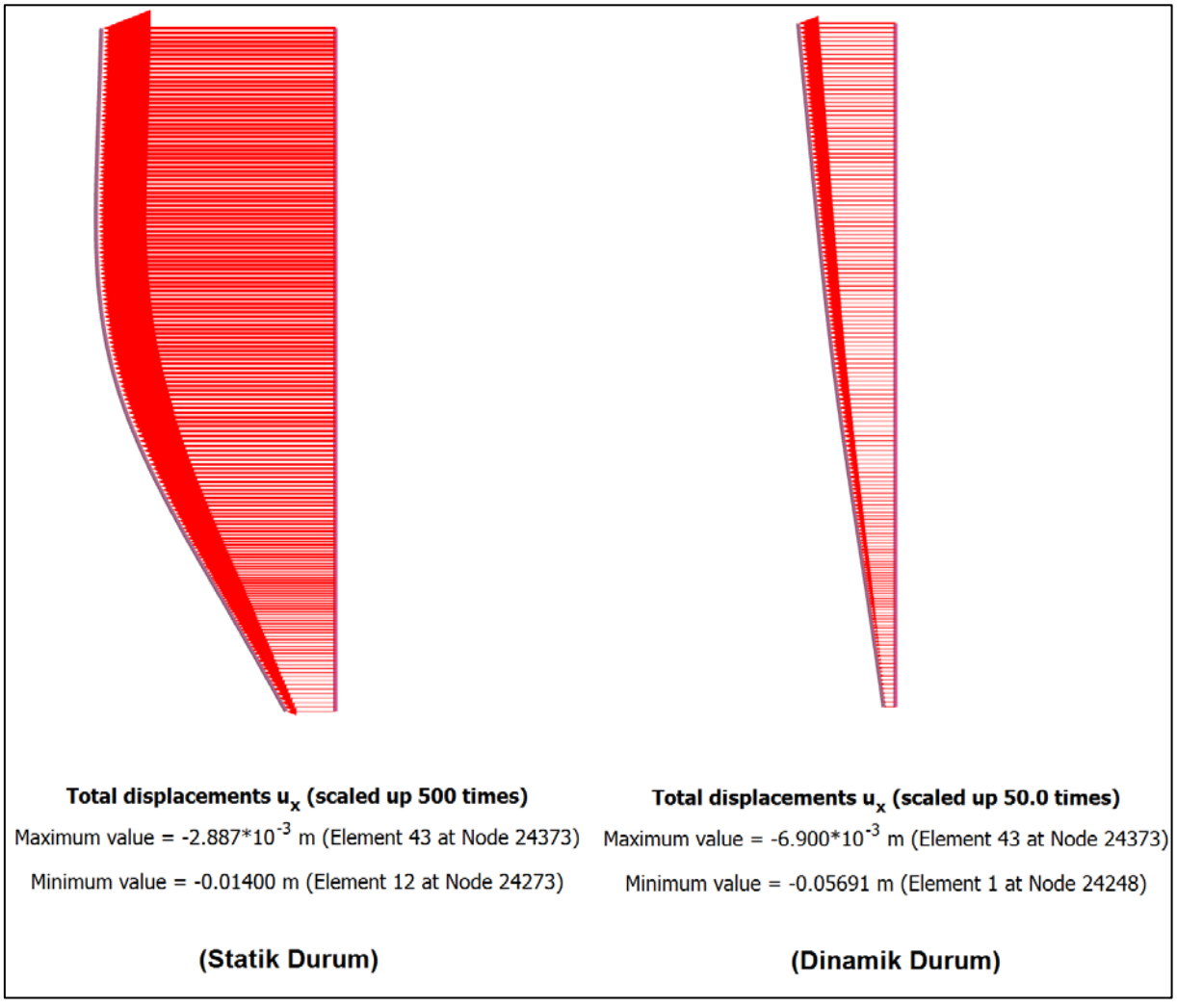


Şekil 5.8: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Dinamik Durum=1,87 ve Statik Durum=2,60

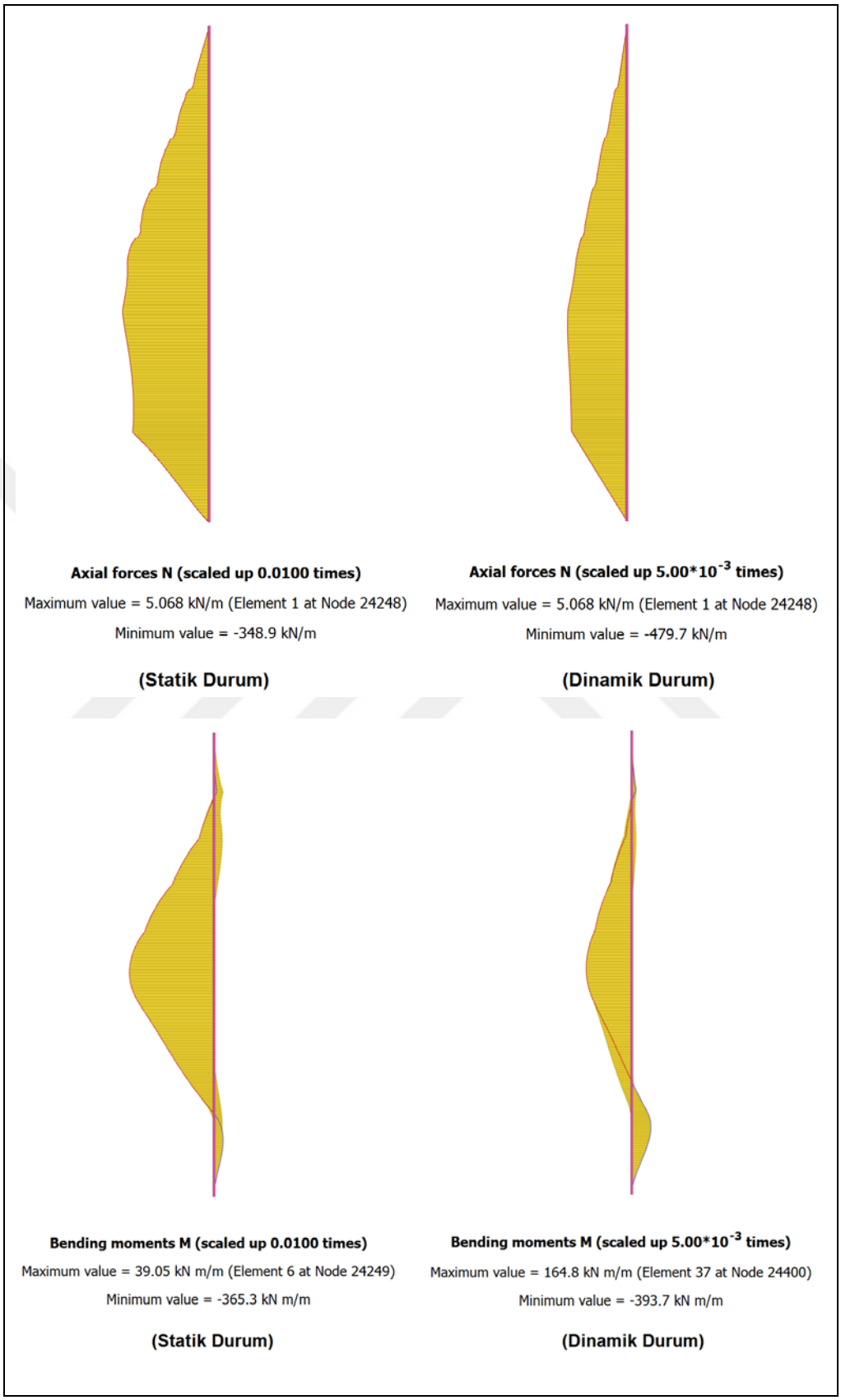
- **Kazıkların Analizleri**

Tablo 5.3: Giriş Portalı Km 4+160 Sağ Duvar Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları

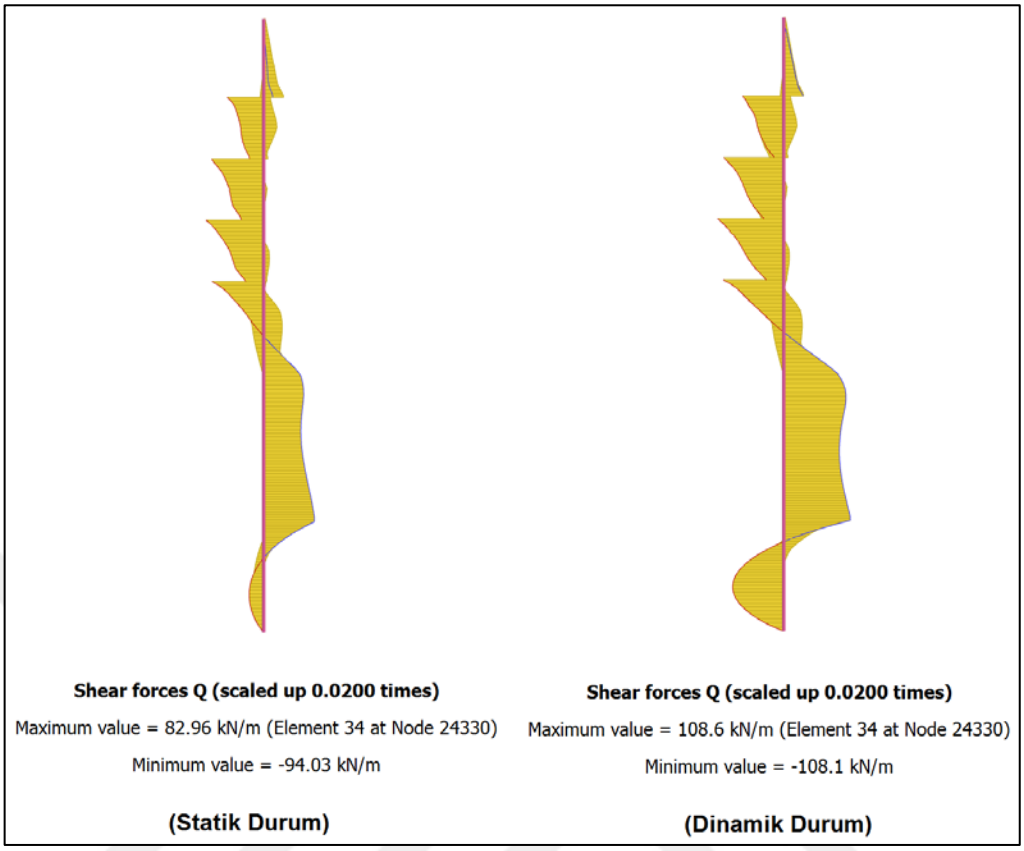
	L=20m (Φ 120)	
	Statik Durum	**Dinamik Durum**
U_x (mm)	14,00	56,91
N (kN/m)	-348,9	-479,7
M (kNm/m)	-365,3	-393,7
Q (kN/m)	-94,0	-108,6



Şekil 5.9: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar



Şekil 5.10: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen eğilme momentleri ve eksenel kuvvetler



Şekil 5.11: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetler

Ankraj Tasarımı

Ankrajlı kazık tasarımı içerisinde yapılan ankraj halatı güvenlik ve stabilite hesapları Plaxis-2D 2016 sonlu elemanlar programı kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamalar FHWA Ground Anchors and Anchored Systems (Sabani ve diğ., 1999) ve (BS-8081, 2015) referans alınarak aşağıdaki adımlarda kontrol edilecektir.

Ankraj Halatı Teknik Özellikleri

Kazı derinliği ve zemin özellikleri dikkate alınarak geçici yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 1,60, kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,0 olarak alınmış (BS-8081, 2015) ve tek bir ankraj halatının kopma anına kadarki taşıma kapasitesi 279 kN olarak kabul edilmiştir.

Tablo 5.4: Ankraj Halatı Özellikleri

Çapı	15,70 mm (0,6”)
Kesit Alanı	150,00 mm^2
Kopma Kuvveti	27,90 ton
Elastisite Modülü	$1,95x10^5$ N/mm^2
Emniyetli Taşıma Kapasitesi	22,32 ton

Ankraj Kökü Taşıma Kapasitesi

Şeyl ve kil tabakalarının emniyetle taşıyabileceği birim gerilme değeri Tablo 5.5’de yer almaktadır.

Tablo 5.5: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri (Sabani ve diğ., 1999)

	Dolgu	**Kumtaşı**
Delik çap (mm)	140 mm	140 mm
Adezyon Kuvveti (sürtünme kuvveti) (τ)	150 kPa	700 kPa
H (kazı toplam derinliği) (m)	11,64 m	

Tablo 5.6: Zemin ve kaya birimleri için ortalama bağ mukavemet değerleri (Sabani ve diğ., 1999)

Rock		Cohesive Soil		Cohesionless Soil	
Rock type	Average ultimate bond stress (MPa)	Anchor type	Average ultimate bond stress (MPa)	Anchor type	Average ultimate bond stress (MPa)
Granite and basalt	1.7 - 3.1	Gravity-grouted anchors (straight shaft)	0.03 - 0.07	Gravity-grouted anchors (straight shaft)	0.07 - 0.14
Dolomitic limestone	1.4 - 2.1	Pressure-grouted anchors (straight shaft)		Pressure-grouted anchors (straight shaft)	
Soft limestone	1.0 - 1.4	• Soft silty clay	0.03 - 0.07	• Fine-med. sand, med. dense – dense	0.08 - 0.38
Slates and hard shales	0.8 - 1.4	• Silty clay	0.03 - 0.07	• Med.–coarse sand (w/gravel), med. dense	0.11 - 0.66
Soft shales	0.2 - 0.8	• Stiff clay, med. to high plasticity	0.03 - 0.10	• Med.–coarse sand (w/gravel), dense - very dense	0.25 - 0.97
Sandstones	0.8 - 1.7	• Very stiff clay, med. to high plasticity	0.07 - 0.17	• Silty sands	0.17 - 0.41
Weathered Sandstones	0.7 - 0.8	• Stiff clay, med. plasticity	0.10 - 0.25	• Dense glacial till	0.30 - 0.52
Chalk	0.2 - 1.1	• Very stiff clay, med. plasticity	0.14 - 0.35	• Sandy gravel, med. dense-dense	0.21 - 1.38
Weathered Marl	0.15 - 0.25	• Very stiff sandy silt, med. plasticity	0.28 - 0.38	• Sandy gravel, dense-very dense	0.28 - 1.38
Concrete	1.4 - 2.8				

Ankraj kökü alanı 0,14xπx1,00 m = 0,44 m^2 (birim kök boyu) (5.1)

Ankraj kökünün emniyetli taşıma kapasitesi (Pk):

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 150 kPa x 1 m= **66.00** kN.m (Dolgu için) (5.2)

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 700 kPa x 1 m= **308.00** kN.m (Kumtaşı için) (5.3)

Ø 120'lik kazıklardan oluşan kesit bölgesindeki kazık sistemi için yapılan ankraj paterni hesapları aşağıda görüldüğü gibidir;

Yatay doğrultuda ankraj aralıkları aşağıda belirtildiği gibidir;

Ankraj yatay aralığı → s = 1,4m seçilmiştir.

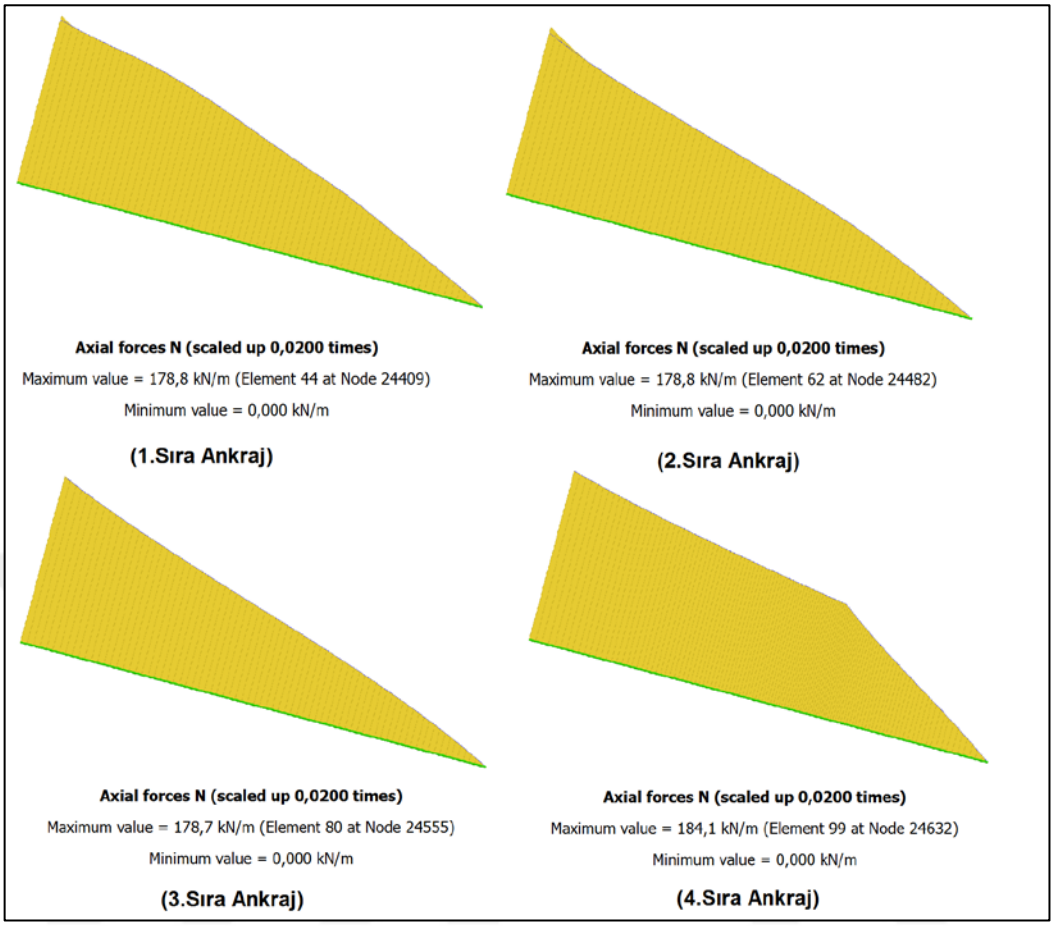
Ankraj kök ve gövde boyu hesapları tablolar halinde aşağıda sırasıyla verilmiştir. Kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,00 olarak alınmıştır (BS-8081, 2015). (Sabani ve diğ., 1999) tarafından hazırlanan FHWA şartnamesi, ankraj groutuyla-zemin arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 2,0 olarak ankraj groutuyla kaya arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 3,0 olarak önerilmektedir. Bu tez kapsamında bağ mukavemeti güvenlik değeri belirtildiği üzere zemin biriminde kalan ankraj kökleri için 2,0 kaya biriminde kalan ankraj kökleri için 3,0 olarak alınmıştır.

Ankrajların Analizleri

Tablo 5.7: Ankrajlara Gelen Yükler

Ankraj Sıra No	Ankraj Yükü (kN/m)	Yatay Mesafesi (m)	Toplam Yük (kN/m)
1	178,80	1,40	250,32
2	178,80	1,40	250,32
3	178,70	1,40	250,18
4	184,10	1,40	257,74

Yüklemeler sonucunda hesapta kullanılan ankrajlara gelen yükler yukarıda ki tabloda yer verilmiştir. Arazide kullanılan ankrajların sıraları ise Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Sırası ile gelen yüklerin detayları da Tablo 5.7'de gösterilmiştir.



Şekil 5.12: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler

Tablo 5.8: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri

No	Plaxıs 2d Ankraj Kuvveti (kN)	Serbest Boy	Kök Boyu
1	178,80	9,0m	10,0m
2	178,80	8,0m	10,0m
3	178,70	7,0m	10,0m
4	184,10	6,0m	10,0m

Tablo 5.9: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu

Kazı Seviyesi	Ankraj Kuvvetleri (kN)	Yanal Mesafe (m)	Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Ön Germe Yükü (kN)	Seçilen Ön Germe Yükü (kN)
1	178,80	1,4	250,32	250	250
2	178,80	1,4	250,32	250	250
3	178,70	1,4	250,18	250	250
4	184,10	1,4	257,74	258	250

Tablo 5.10: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı

Ankraj			Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Güvenlikli Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Kök Boyu	
Çapı (m)	Birim Çevre Alanı (m^2)	Sıra No			Hesap (m)	Seçilen (m)
0,14	0,44	1	250,32	500,64	7,6	10
0,14	0,44	2	250,32	500,64	7,6	10
0,14	0,44	3	250,18	500,36	7,6	10
0,14	0,44	4	257,74	515,48	7,8	10

Tablo 5.11: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı

Ankraj		Kablo Çapı (Inch)	Kablo Mukavemet Kuvveti (kN)	Kablo Sayısı	
Sıra No	Hesap Kuvveti (kN)			Hesap	Seçilen
1	500,64	0,6	279	1,79	3
2	500,64	0,6	279	1,79	3
3	500,36	0,6	279	1,79	3
4	515,48	0,6	279	1,85	3

Tablo 5.12: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri

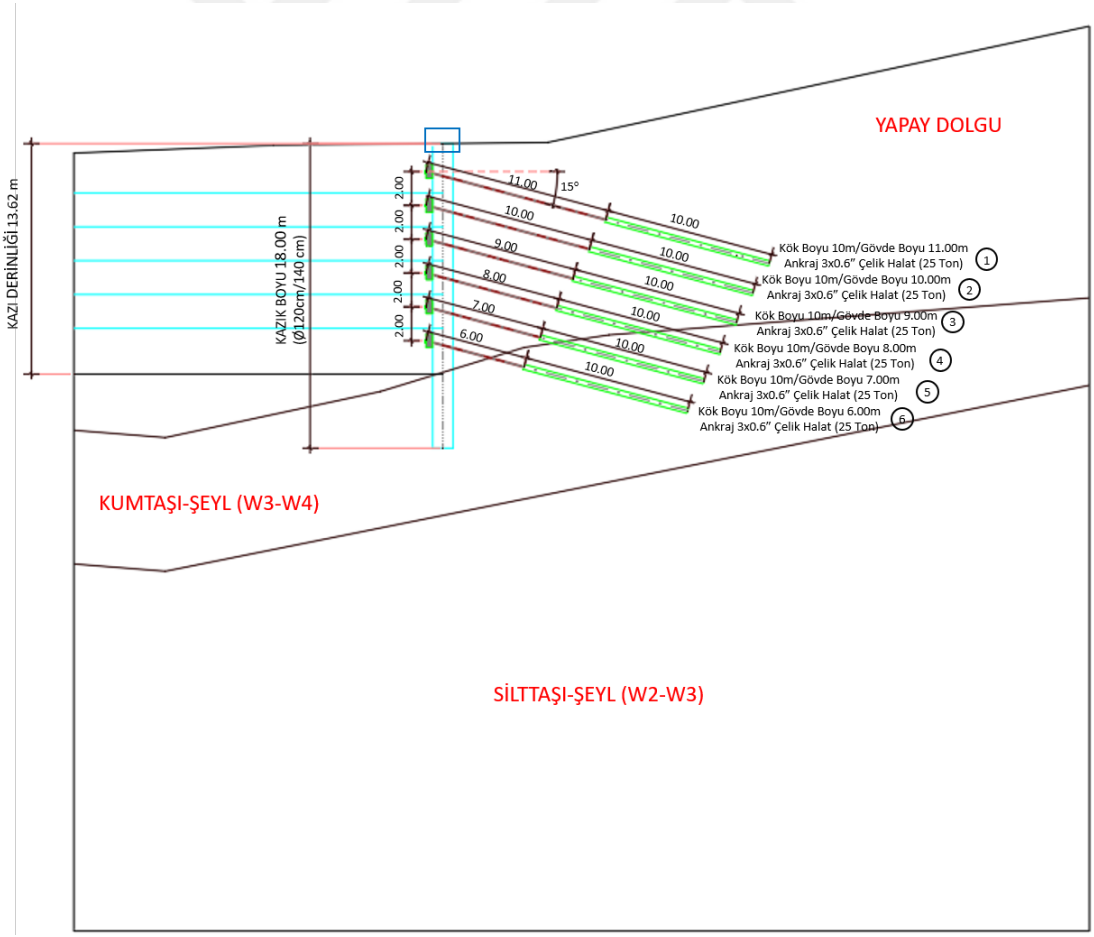
SIYRILMA TAHKİKİ		
Halat Çapı	:	15,24 mm
Halat Kesit Alanı	:	140,00 mm^2
Kopma Kuvveti	:	279,00 kN
Ankraj Yükü	:	250,00 kN
Halat Sayısı	:	3
Kök Boyu	:	10,00 m
Halat Yüzey Alanı	:	0,48 m^2
t_{em}	:	700,00 kPa
P_{em}	:	1.005,44 kN
$_{Pem}$ / Ankraj Yükü	:	**4,02**
4,02 > 2		**OK**
Not: Kalıcı ankraj güvenlik sayısı 2.0 kabul edilmiştir.		

5.2.1.2 Giriş Portalı Km 4+175 Sağ Duvar Stabilite Analizleri

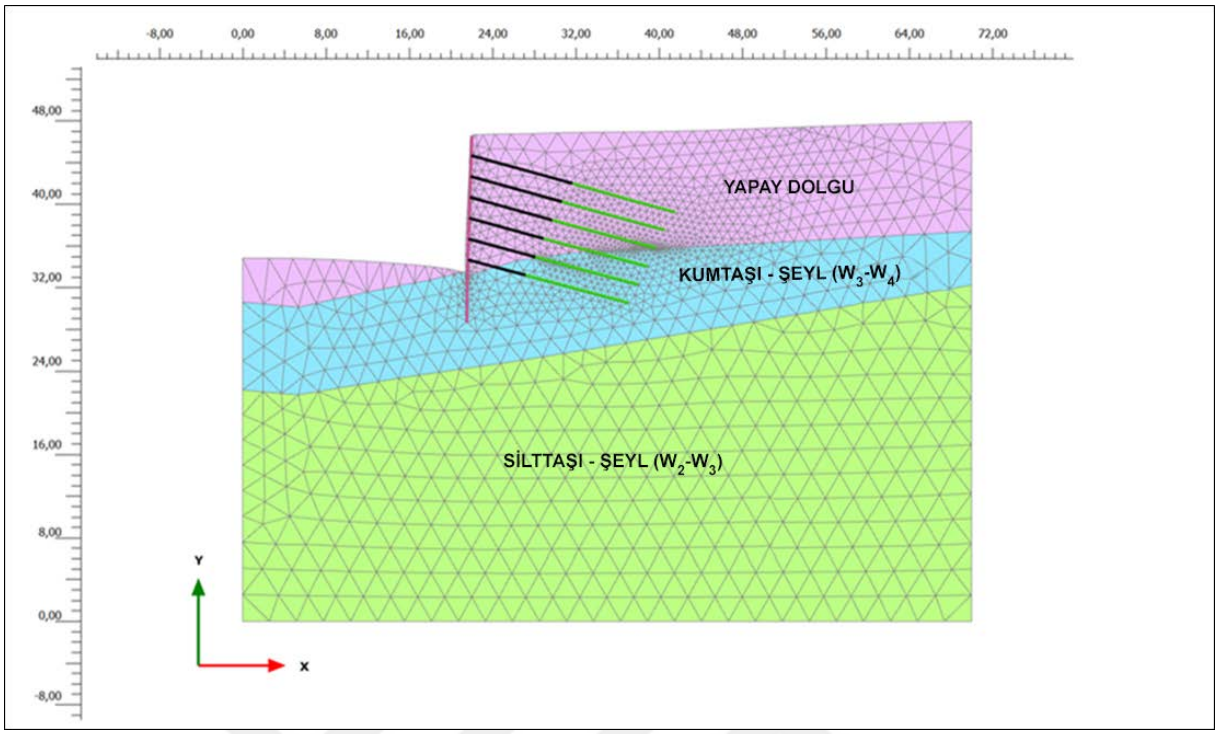
Bu bölümde Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Km 4+175 kesiti sağ duvarı için yapılan stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Kritik iksa kesitleri, çevre yapılar ve sürşarj yükleri dikkate alınarak belirlenmiştir.

Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Sağ tarafında yer alan, Yapay Dolgu, Orta-Çok Ayrışmış (W3-W4) ve Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) birimlerinde açılacak olan 13,62 m kazı derinliğine sahiptir. İksa sistemi Ø120 cm çapında 140 cm aralıklı fore kazıktan oluşmaktadır. Betonarme fore kazıklar 18 m boyunda olup, 6 sıra 3*0,6''lik yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, 25 ton öngermeli ankrajlar ile desteklenmiştir.

Km 4+175 kesiti sağ duvarı için önerilen sistem Şekil 5.13'de verilirken destekleme elemanı olarak önerilen destekleme sistemi Şekil 5.14'de verilmiştir.



Şekil 5.13: Giriş Portali Km 4+175 Sağ Duvar kesiti ve iksa tipi özellikleri



Şekil 5.14: Giriş Portali Km 4+175 Sağ Duvar kesiti kesitine ait hesap modeli

Tablo 5.13: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+175 İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri

	Litoloji	**Malzeme Modeli ve Drenaj Durumu**	**E (kPa)**	**c (kPa)**	**ϕ (°)**	**ν**	**γ (kN/m³)**
Jeolojik Birim Parametreleri	Yapay Dolgu	Mohr Coulomb-Drenajlı	30000	5	28,0	0,35	19
	Orta-Çok ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4)	Mohr Coulomb-Drenajlı	169000	55	24,9	0,30	24
	Az-Orta derecede ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3)	Mohr Coulomb-Drenajlı	421000	126	36,3	0,24	27

	Destekleme	**E (kN/m²)**	**γ (kN/m³)**	**Diameter (m)**	**$L_{spacing}$ (m)**
Destekleme Elemanı Parametreleri	Kazık	30250000	25,00	1,20	1,40
	Ankraj Kökü	20000000	25,00	0,14	1,40

Tünel Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+175 için yapılan stabilite analizlerinde kullanılan jeolojik parametreler ile destekleme elemanı parametreleri Tablo 5.13'de yer almaktadır. Destekleme elemanı parametrelerinden kazıklar için, çapı 120 cm olan kazıkların seçilmesinin sebebi kazının yapılacağı zeminin yapay dolgu ve orta-çok ayrışmış kumtaşı-şeyl (W3-W4) birimi olduğundan daha yüksek çaplı kazık seçilerek deplasman ve kesit tesirlerinin fazla çıkmasına engel olmaktır. Elastisite Modülü için ise C25 beton sınıfı için Türk Standartları Enstitüsü-TS

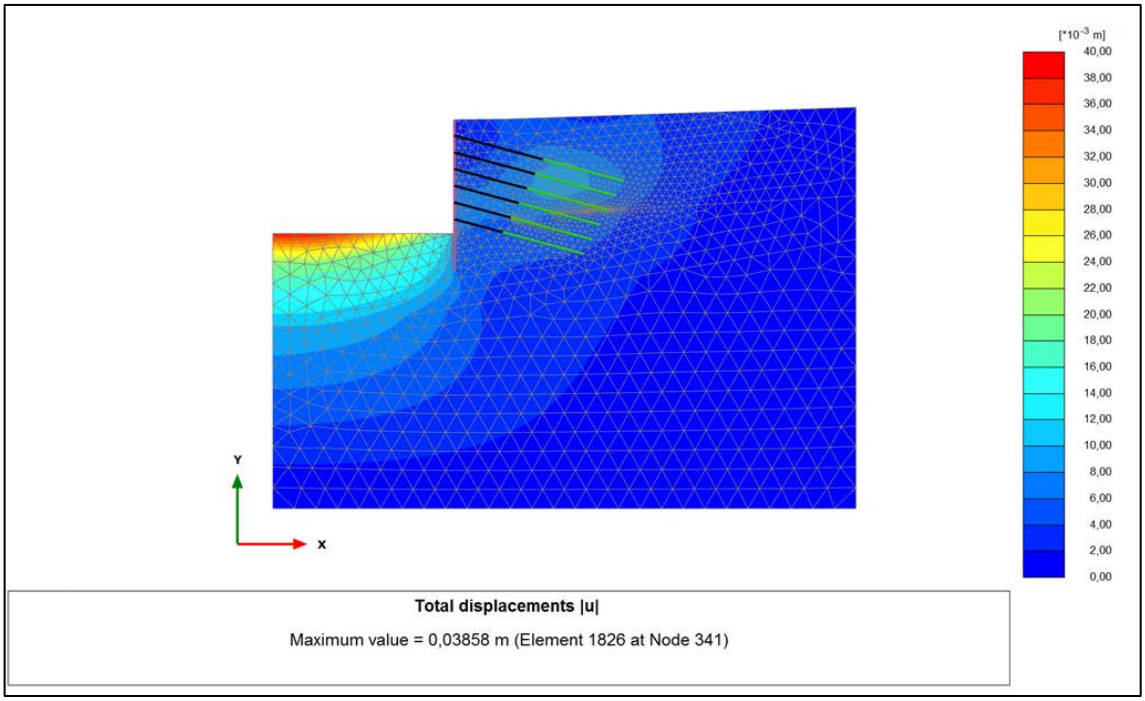
500/Şubat 2000 (2000)'de C25 Beton sınıfındaki bir betonun basınç dayanımı (fck) 25 olarak verilmiştir. İlgili standartta C25 Beton sınıfındaki bir betonun elastisite modülü $E_{cj}=3250x\sqrt{fckj}+14000$ bağıntısından yola çıkarak 30250000 Mpa olarak hesaplanmıştır.

Ankraj kökünün Elastisite Modülü için Türk Standartları Enstitüsü-TS 500/Şubat 2000 (2000) syf.23'de tüm donatı çelikler için, $E_s=2x10^5$ MPa olarak alınmıştır. Statik ve dinamik durumda gerçekleştirilen analizlerden zeminde oluşan maksimum deplasman ve kayma çemberi Şekil 5.15 ve Şekil 5.18 arasında verilmiştir.

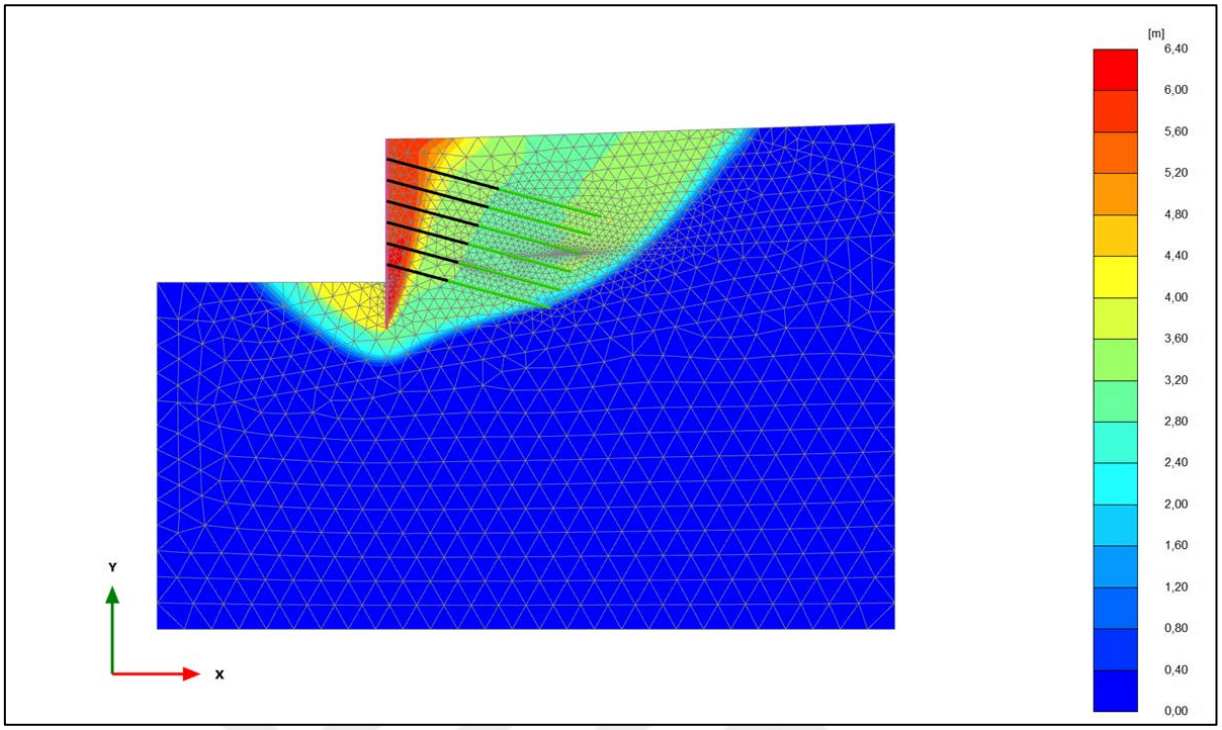
Analiz sonucunda, Şekil 5.19'da görüldüğü üzere önerilen destekleme sisteminin kullanılması durumunda derin kazı-kazıklı sistemin güvenlik sayısı, gerekli olan minimum güvenlik sayısından büyüktür. Sistemin statik ve dinamik durumdaki güvenlik sayıları sırasıyla statik durum için 1,5, dinamik durum için 1,1 olarak önerilmektedir (K.G.M., 2005).

- **Statik Durum**

Km 4+175 Sağ Duvar Stabilite Analizinde Statik Durum için kazı taban kotuna inilmesi durumunda zeminde oluşan maksimum deplasman 3,858 cm olarak belirlenmiştir. Analiz sonucu ortaya çıkan güvenlik sayısı 2,25'dir. KGM (2005)'de Statik durum için önerilen güvenlik sayısı 1,5 olup statik durumda elde edilen güvenlik sayısı daha büyük elde edilmiş ve güvenlik koşullarının sağlandığı belirlenmiştir.



Şekil 5.15: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=3,858 cm) (Statik Durum)

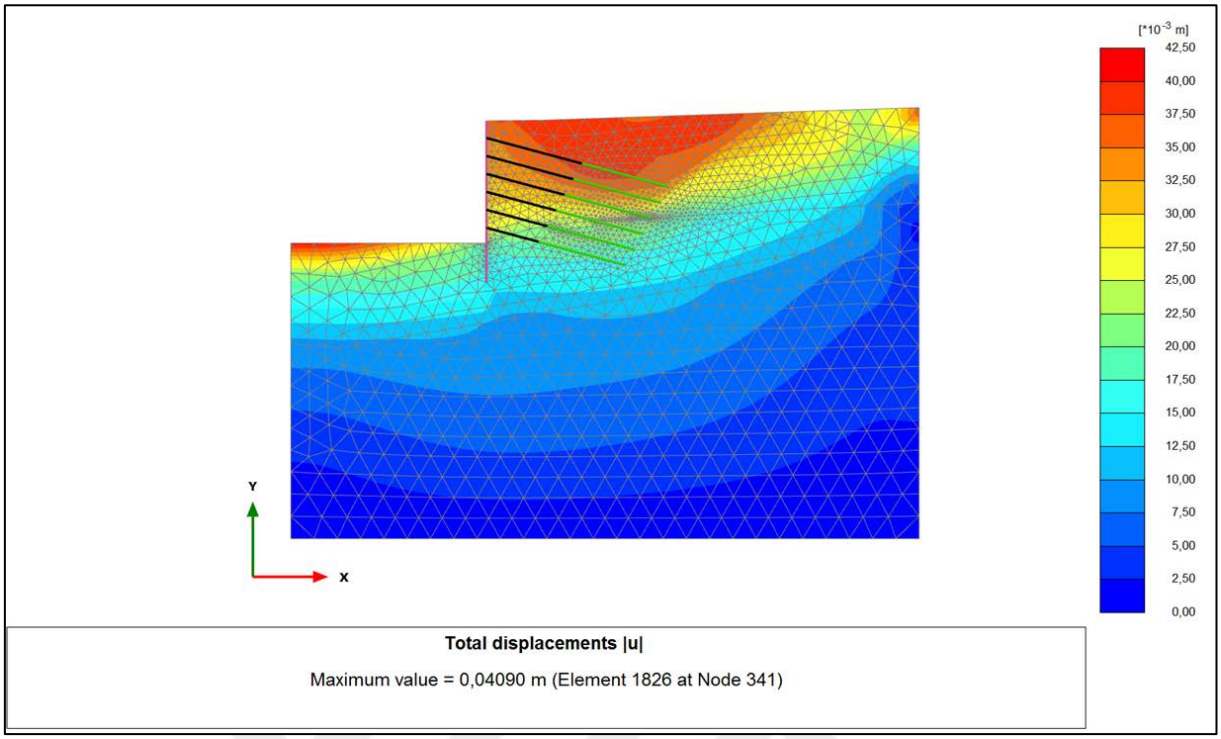


Şekil 5.16: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum)

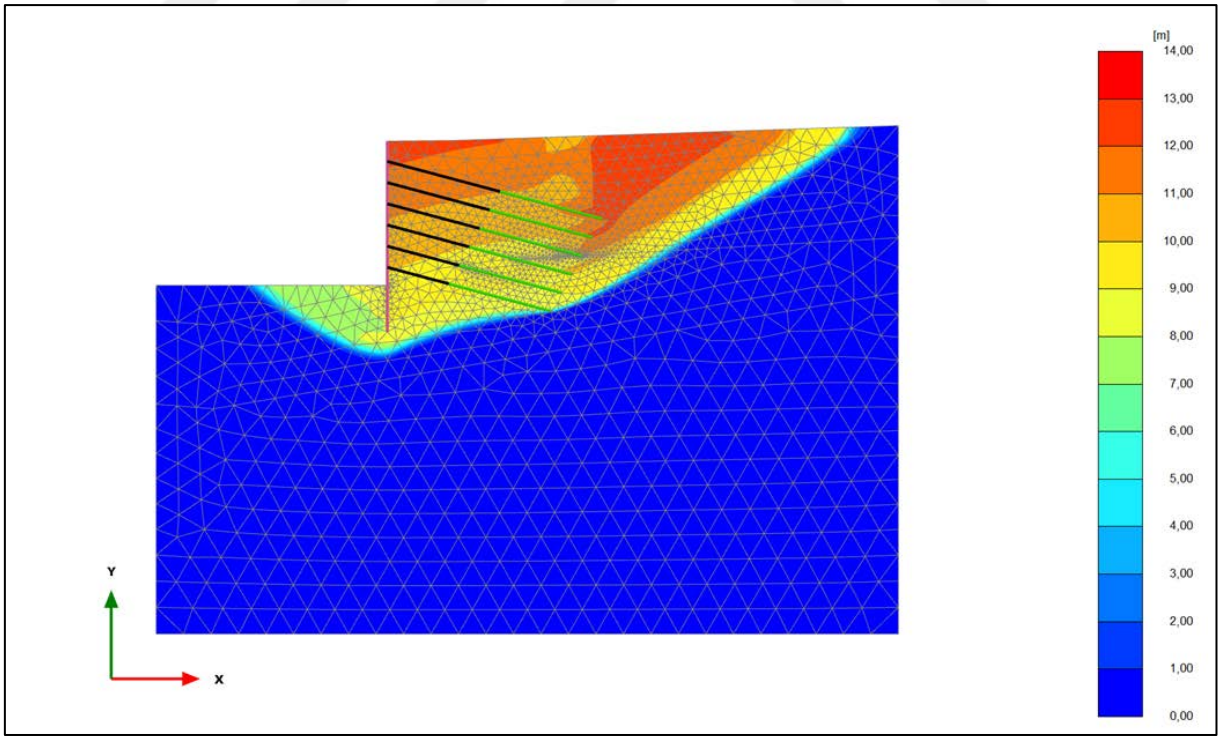
- **Dinamik Durum**

Tez kapsamında dinamik durum için yapılan analizlerde, Ch (yatak eşdeğer deprem katsayısı) değeri "Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi" syf.106'da bulunan şev stabilite analizlerine esas yatay deprem katsayılarını gösteren grafik esas alınarak Ch=0,15 alınmıştır (Şekil 2.9) (K.G.M., 2005).

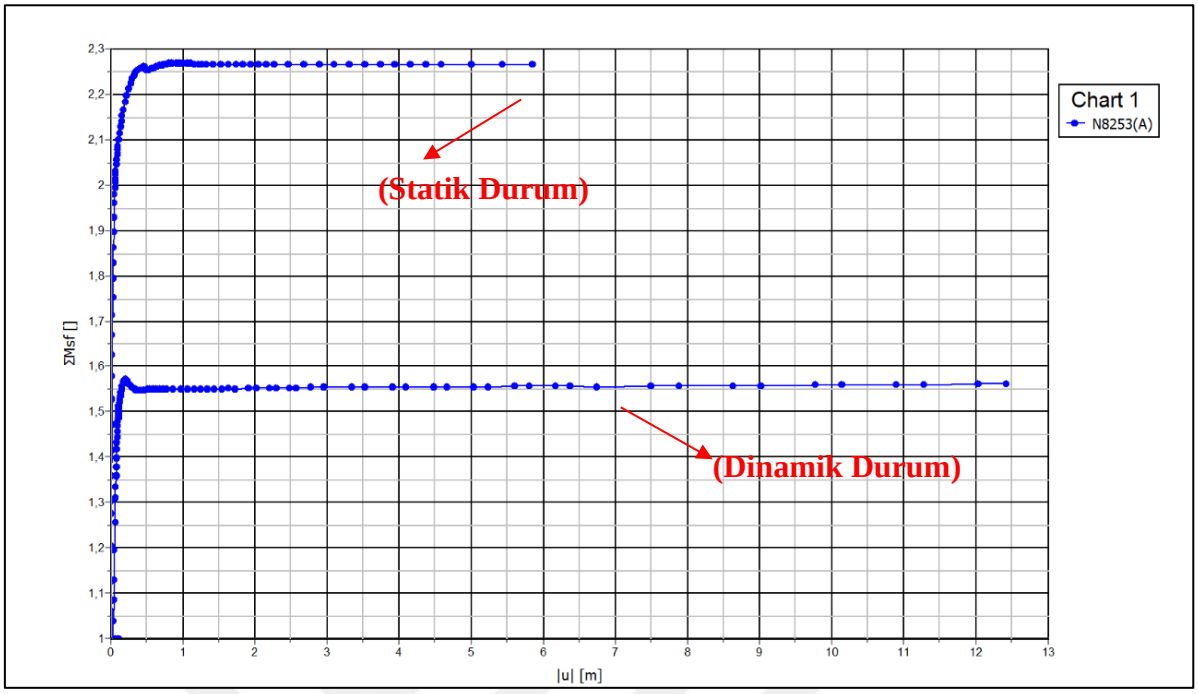
Km 4+175 Sağ Duvar Stabilite Analizinde Dinamik Durum için kazı taban kotuna inilmesi durumunda zeminde oluşan maksimum deplasman 4,090 cm bulunmuştur. Analiz sonucu ortaya çıkan güvenlik sayısı 1,55'dir. KGM (2005)'de Dinamik durum için önerilen güvenlik sayısı 1,1 olup dinamik durumda elde edilen güvenlik sayısı daha büyük elde edilmiş ve güvenlik koşullarının sağlandığı belirlenmiştir.



Şekil 5.17: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=4,090 cm) (Dinamik Durum)



Şekil 5.18: Bölgede oluşan kayma çemberi (Dinamik Durum)

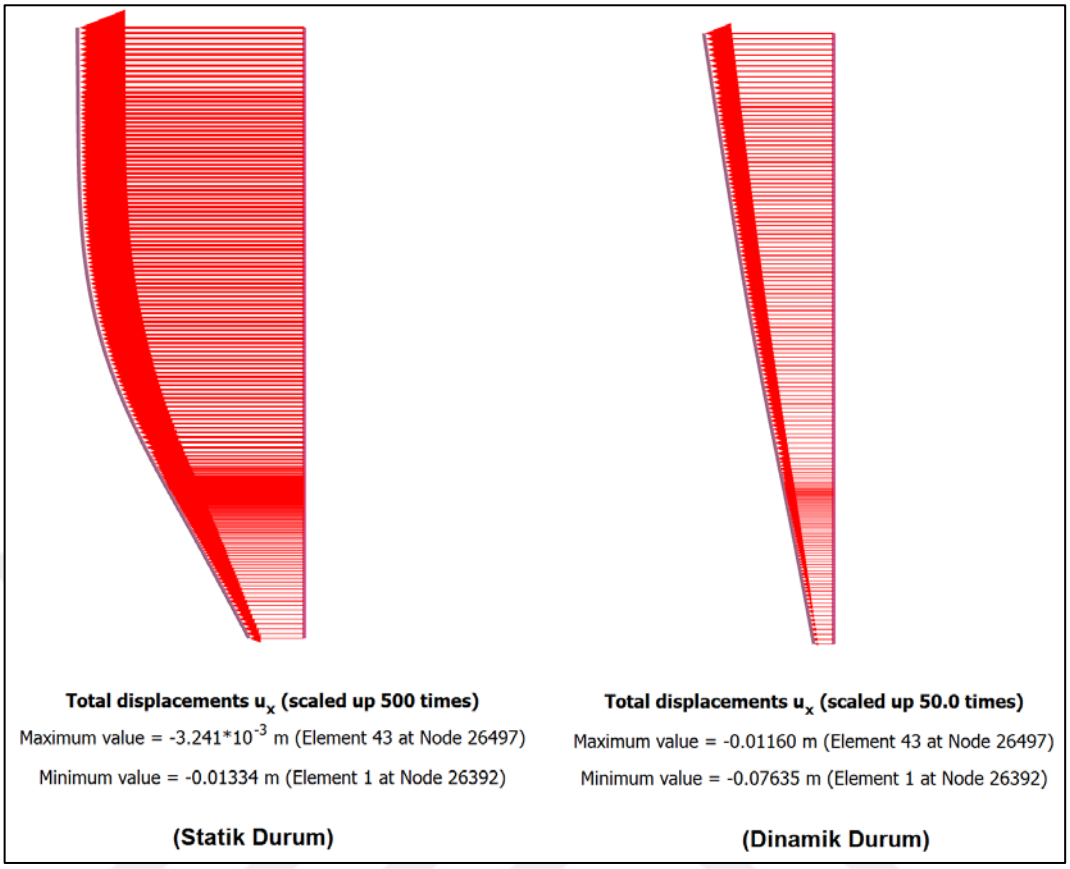


Şekil 5.19: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Dinamik Durum=1,55 ve Statik Durum=2,25

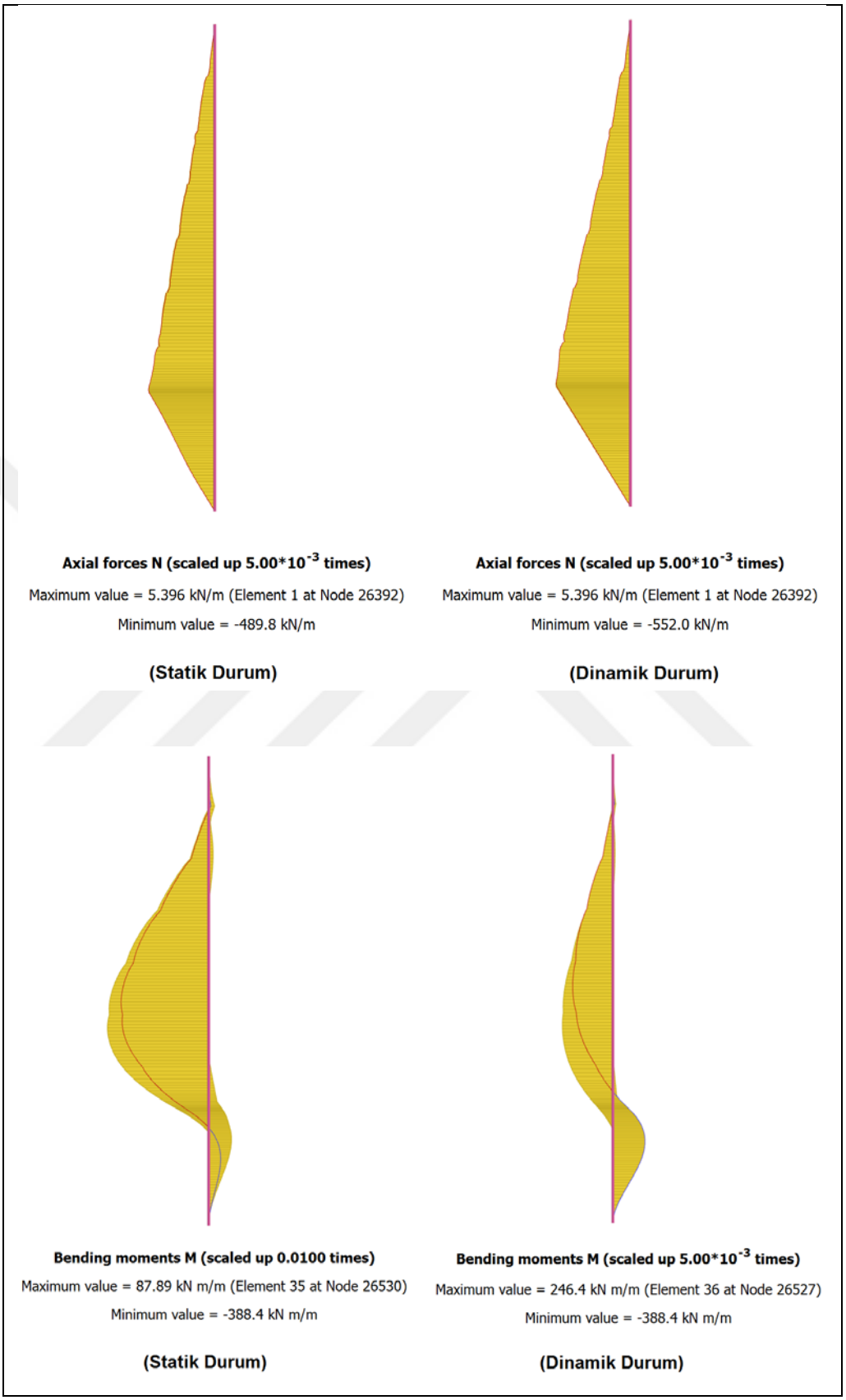
- **Kazıkların Analizleri**

Tablo 5.14: Giriş Portalı Km 4+175 Sağ Duvar Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları

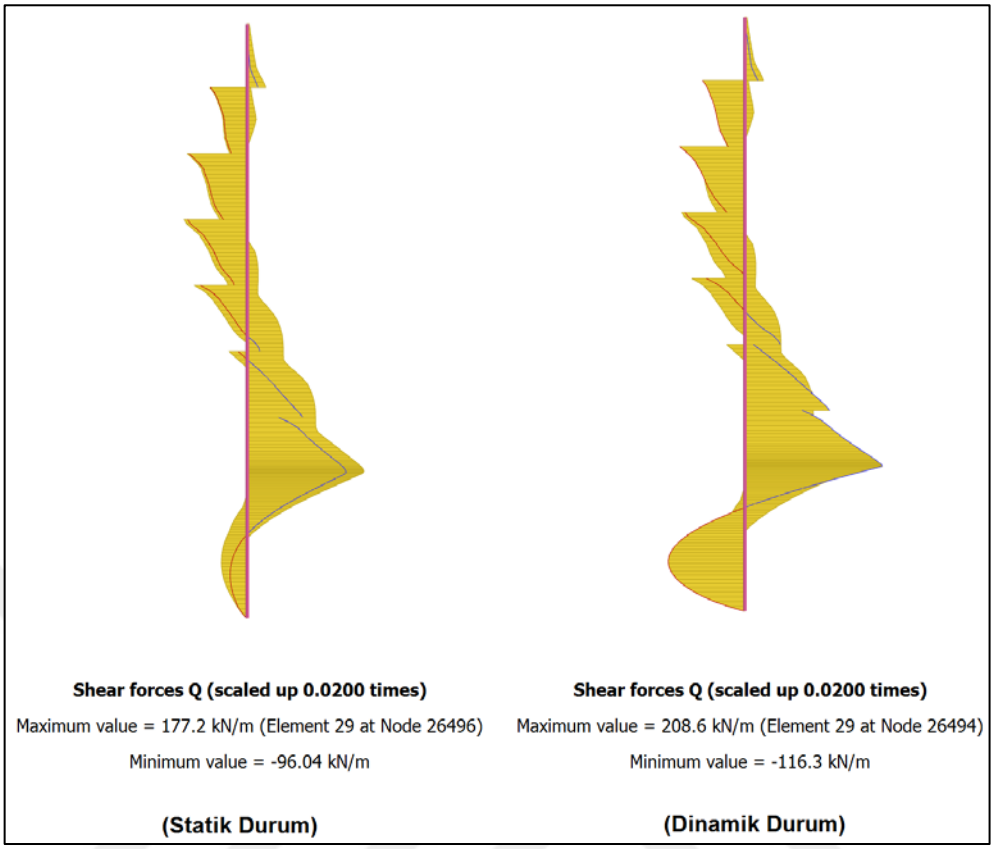
	L=18m (Φ 120)	
	Statik Durum	**Dinamik Durum**
U_x (mm)	13,34	76,35
N (kN/m)	-489,8	-552,0
M (kNm/m)	-388,4	-388,4
Q (kN/m)	177,2	208,6



Şekil 5.20: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+175 kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar



Şekil 5.21: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+175 kesitindeki fore kazığa gelen eğilme momentleri ve eksenel kuvvetler



Şekil 5.22: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+175 kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetler

Ankraj Tasarımı

Ankrajlı kazık tasarımı içerisinde yapılan ankraj halatı güvenlik ve stabilite hesapları Plaxis-2D 2016 sonlu elemanlar programı kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamalar FHWA Ground Anchors and Anchored Systems (Sabani ve diğ., 1999) ve (BS-8081, 2015) referans alınarak aşağıdaki adımlarda kontrol edilecektir.

Ankraj Halatı Teknik Özellikleri

Kazı derinliği ve zemin özellikleri dikkate alınarak geçici yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 1,60, kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,0 olarak alınmış (BS-8081, 2015) ve tek bir ankraj halatının kopma anına kadarki taşıma kapasitesi 279 kN olarak kabul edilmiştir.

Ankraj Kökü Taşıma Kapasitesi

Şeyl ve kil tabakalarının emniyetle taşıyabileceği birim gerilme değeri Tablo 5.15'de yer almaktadır.

Tablo 5.15: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri (Sabani ve diğ., 1999)

	Dolgu	**Kumtaşı**
Delik çap (mm)	140 mm	140 mm
Adezyon Kuvveti (sürtünme kuvveti) (τ)	150 kPa	700 kPa
H (kazı toplam derinliği) (m)	13,62 m	

Tablo 5.16: Zemin ve kaya birimleri için ortalama bağ mukavemet değerleri (Sabani ve diğ., 1999)

Rock		Cohesive Soil		Cohesionless Soil	
Rock type	Average ultimate bond stress (MPa)	Anchor type	Average ultimate bond stress (MPa)	Anchor type	Average ultimate bond stress (MPa)
Granite and basalt	1.7 - 3.1	Gravity-grouted anchors (straight shaft)	0.03 - 0.07	Gravity-grouted anchors (straight shaft)	0.07 - 0.14
Dolomitic limestone	1.4 - 2.1	Pressure-grouted anchors (straight shaft)		Pressure-grouted anchors (straight shaft)	
Soft limestone	1.0 - 1.4	• Soft silty clay	0.03 - 0.07	• Fine-med. sand, med. dense – dense	0.08 - 0.38
Slates and hard shales	0.8 - 1.4	• Silty clay	0.03 - 0.07	• Med.–coarse sand (w/gravel), med. dense	0.11 - 0.66
Soft shales	0.2 - 0.8	• Stiff clay, med. to high plasticity	0.03 - 0.10	• Med.–coarse sand (w/gravel), dense - very dense	0.25 - 0.97
Sandstones	0.8 - 1.7	• Very stiff clay, med. to high plasticity	0.07 - 0.17	• Silty sands	0.17 - 0.41
Weathered Sandstones	0.7 - 0.8	• Stiff clay, med. plasticity	0.10 - 0.25	• Dense glacial till	0.30 - 0.52
Chalk	0.2 - 1.1	• Very stiff clay, med. plasticity	0.14 - 0.35	• Sandy gravel, med. dense-dense	0.21 - 1.38
Weathered Marl	0.15 - 0.25	• Very stiff sandy silt, med. plasticity	0.28 - 0.38	• Sandy gravel, dense-very dense	0.28 - 1.38
Concrete	1.4 - 2.8				

Ankraj kökü alanı 0,14xπx1,00 m = 0,44 m^2 (birim kök boyu) (5.1)

Ankraj kökünün emniyetli taşıma kapasitesi (Pk):

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 150 kPa x 1 m= **66.00** kN.m (Dolgu için) (5.2)

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 700 kPa x 1 m= **308.00** kN.m (Kumtaşı için) (5.3)

Ø 120'lik kazıklardan oluşan kesit bölgesindeki kazık sistemi için yapılan ankraj paterni hesapları aşağıda görüldüğü gibidir;

Yatay doğrultuda ankraj aralıkları aşağıda belirtildiği gibidir;

Ankraj yatay aralığı → s = 1,4m seçilmiştir.

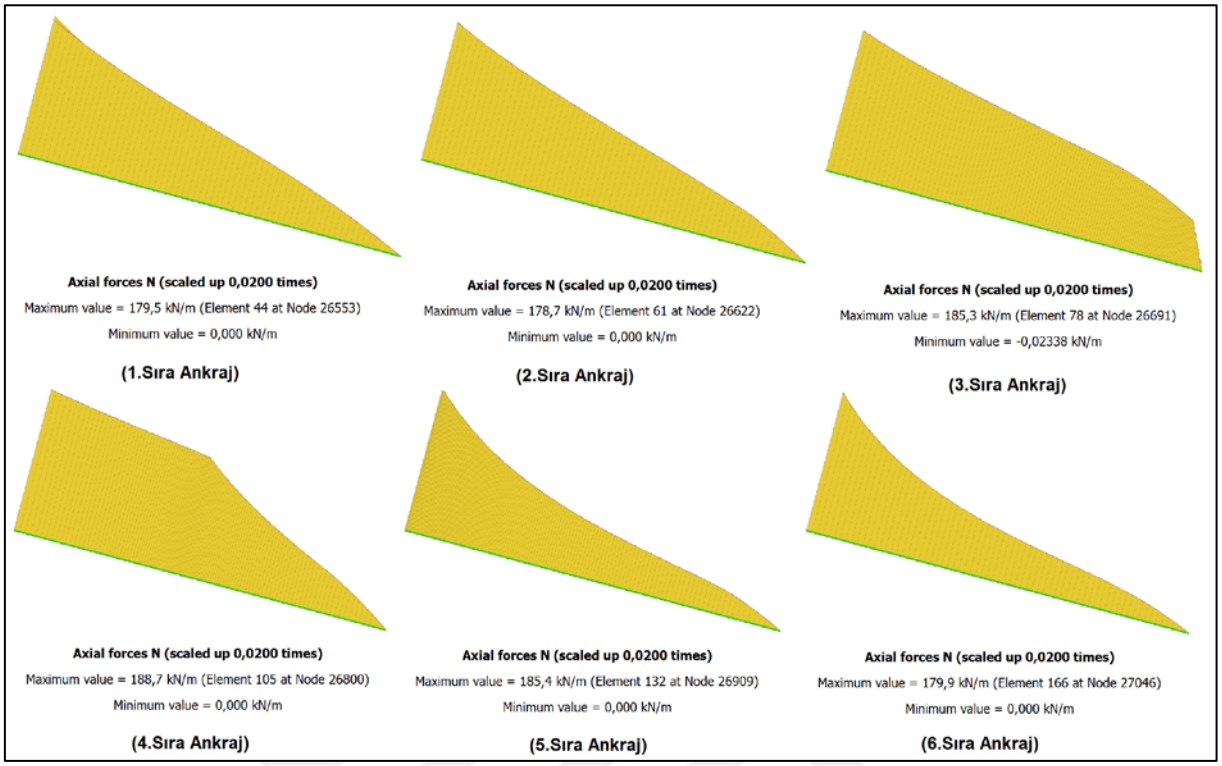
Ankraj kök ve gövde boyu hesapları tablolar halinde aşağıda sırasıyla verilmiştir. Kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,00 olarak alınmıştır (BS-8081, 2015). (Sabani ve diğ., 1999) tarafından hazırlanan FHWA şartnamesi, ankraj groutuyla-zemin arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 2,0 olarak ankraj groutuyla kaya arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 3,0 olarak önerilmektedir. Bu tez kapsamında bağ mukavemeti güvenlik değeri belirtildiği üzere zemin biriminde kalan ankraj kökleri için 2,0 kaya biriminde kalan ankraj kökleri için 3,0 olarak alınmıştır.

Ankrajların Analizleri

Tablo 5.17: Ankrajlara Gelen Yükler

Ankraj Sıra No	Ankraj Yükü (kN/m)	Yatay Mesafesi (m)	Toplam Yük (kN/m)
1	179,50	1,40	251,30
2	178,70	1,40	250,18
3	185,30	1,40	259,42
4	188,70	1,40	264,18
5	185,40	1,40	259,56
6	179,90	1,40	251,86

Yüklemeler sonucunda hesapta kullanılan ankrajlara gelen yükler yukarıda ki tabloda yer verilmiştir. Arazide kullanılan ankrajların sıraları ise Şekil 5.13'de gösterilmiştir. Sırası ile gelen yüklerin detayları da Tablo 5.17'de gösterilmiştir.



Şekil 5.23: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler

Tablo 5.18: Sağ Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri

No	Plaxıs 2d Ankraj Kuvveti (KN)	Serbest Boy (m)	Kök Boyu (m)
1	179,50	11,0	10,0
2	178,70	10,0	10,0
3	185,30	9,0	10,0
4	188,70	8,0	10,0
5	185,40	7,0	10,0
6	179,90	6,0	10,0

Tablo 5.19: Sağ Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu

Kazı Seviyesi	Ankraj Kuvvetleri (kN)	Yanal Mesafe (m)	Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Ön Germe Yükü (kN)	Seçilen Ön Germe Yükü (kN)
1	179,50	1,4	251,30	251	250
2	178,70	1,4	250,18	250	250
3	185,30	1,4	259,42	260	250
4	188,70	1,4	264,18	264	250
5	185,40	1,4	259,56	260	250
6	179,90	1,4	251,86	252	250

Tablo 5.20: Sağ Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı

Ankraj			Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Güvenlikli Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Kök Boyu	
Çapı (m)	Birim Çevre Alanı (m^2)	Sıra No			Hesap (m)	Seçilen (m)
0,14	0,44	1	251,30	502,60	7,6	10
0,14	0,44	2	250,18	500,36	7,6	10
0,14	0,44	3	259,42	518,84	7,9	10
0,14	0,44	4	264,18	528,36	8,0	10
0,14	0,44	5	259,56	519,12	7,9	10
0,14	0,44	6	251,86	503,72	7,6	10

Tablo 5.21: Sağ Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı

Ankraj		Kablo Çapı (inch)	Kablo Mukavemet Kuvveti (kN)	Kablo Sayısı	
Sıra No	Hesap Kuvveti (kN)			Hesap	Seçilen
1	502,60	0,6	279	1,80	3
2	500,36	0,6	279	1,79	3
3	518,84	0,6	279	1,86	3
4	528,36	0,6	279	1,89	3
5	519,12	0,6	279	1,86	3
6	503,72	0,6	279	1,81	3

Tablo 5.22: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri

SIYRILMA TAHKİKİ		
Halat Çapı	:	15,24 mm
Halat Kesit Alanı	:	140,00 mm^2
Kopma Kuvveti	:	279,00 kN
Ankraj Yükü	:	250,00 kN
Halat Sayısı	:	3,00
Kök Boyu	:	10,00 m
Halat Yüzey Alanı	:	0,48 m^2
t_{em}	:	700,00 kPa
P_{em}	:	1.005,44 kN
$_{Pem}$ / Ankraj Yükü	:	**4,02**
4,02 > 2		**OK**
Not: Kalıcı ankraj güvenlik sayısı 2.0 kabul edilmiştir.		

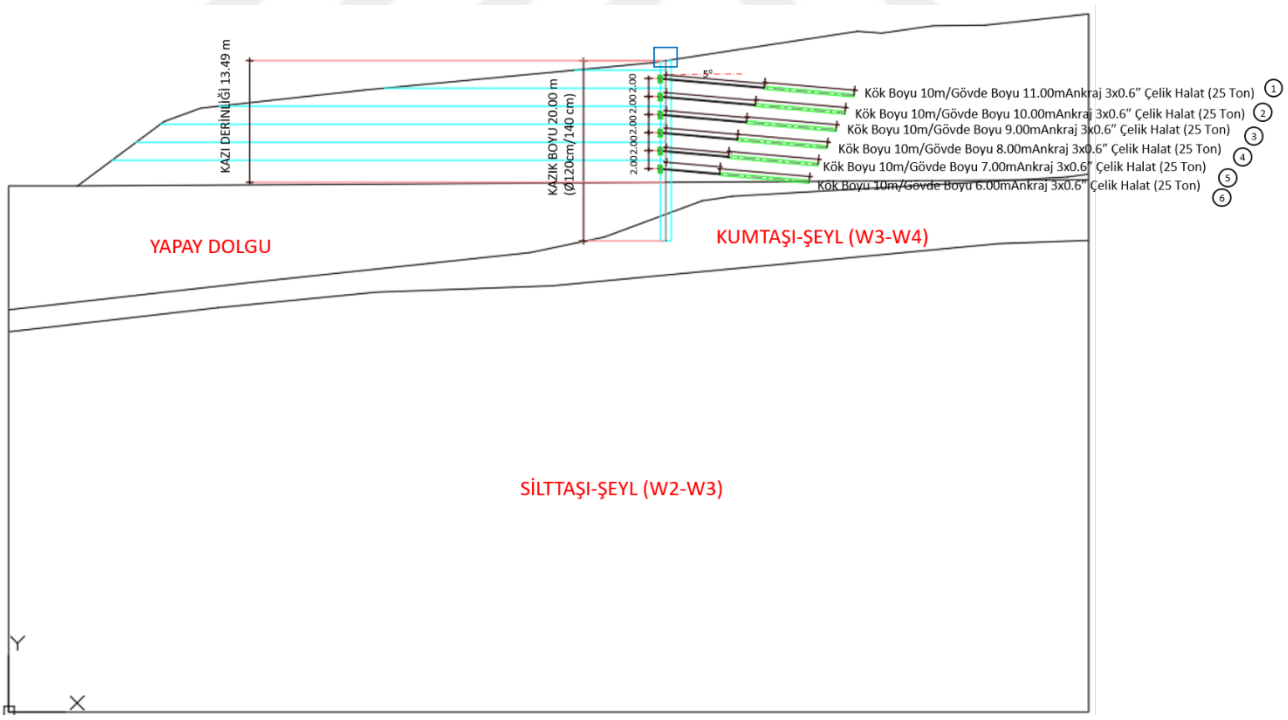
5.2.2 Giriş Portalı Sağ Ayna Stabilite Analizleri

Bu bölümde Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Sağ Ayna için yapılan stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Kritik iksa kesitleri, çevre yapılar ve sürşarj yükleri dikkate alınarak belirlenmiştir.

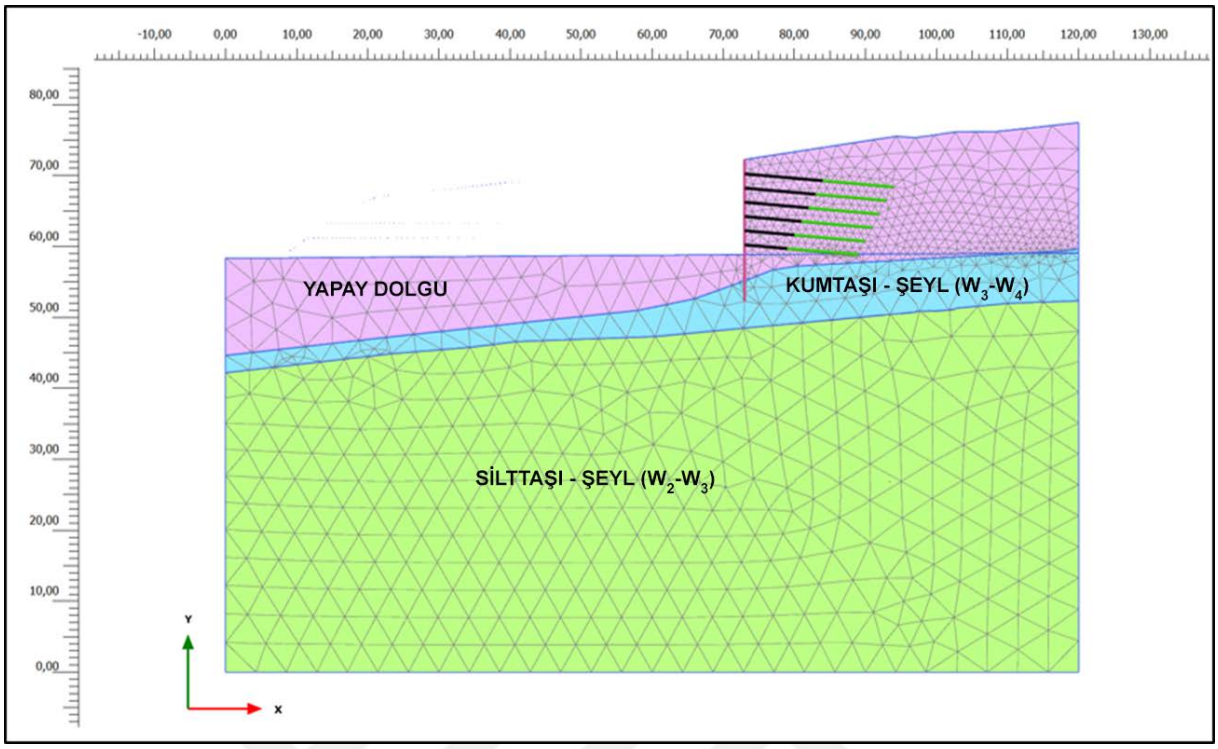
Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Sağ Ayna tarafında yer alan, Yapay Dolgu, Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) ve Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) birimlerinde açılacak olan 13,49 m kazı derinliğine sahiptir.

İksa sistemi Ø120 cm çapında 140 cm aralıklı fore kazıktan oluşmaktadır. Betonarme fore kazıklar 20 m boyunda olup, 6 sıra 3*0,6''lik yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, 25 ton öngermeli ankrajlar ile desteklenmiştir.

Giriş Portalı Sağ Ayna için önerilen sistem Şekil 5.24'de verilirken destekleme elemanı olarak önerilen destekleme sistemi Şekil 5.25'de verilmiştir.



Şekil 5.24: Giriş Portalı Sağ Ayna kesiti ve iksa tipi özellikleri



Şekil 5.25: Giriş Portalı Sağ Ayna kesitine ait hesap modeli

Tablo 5.23: Giriş Portalı Sağ Ayna İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri

	Litoloji	**Malzeme Modeli ve Drenaj Durumu**	**E (kPa)**	**c (kPa)**	**ϕ (°)**	**ν**	**γ (kN/m³)**
Jeolojik Birim Parametreleri	Yapay Dolgu	Mohr Coulomb-Drenajlı	30000	5	28,0	0,35	19
	Orta-Çok ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4)	Mohr Coulomb-Drenajlı	169000	55	24,9	0,30	24
	Az-Orta derecede ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3)	Mohr Coulomb-Drenajlı	421000	126	36,3	0,24	27
Destekleme Elemanı Parametreleri	**Destekleme**		**E (kN/m²)**	**γ (kN/m³)**	**Diameter (m)**		**$L_{spacing}$ (m)**
	Kazık		30250000	25,00	1,20		1,40
	Ankraj Kökü		20000000	25,00	0,14		1,40

Tünel Giriş Portalı Sağ Ayna için yapılan stabilite analizlerinde kullanılan jeolojik parametreler ile destekleme elemanı parametreleri Tablo 5.23'de yer almaktadır. Destekleme elemanı parametrelerinden kazıklar için, çapı 120 cm olan kazıkların seçilmesinin sebebi kazının yapılacağı zeminin yapay dolgu ve orta-çok ayrışmış kumtaşı-şeyl (W3-W4) birimi olduğundan

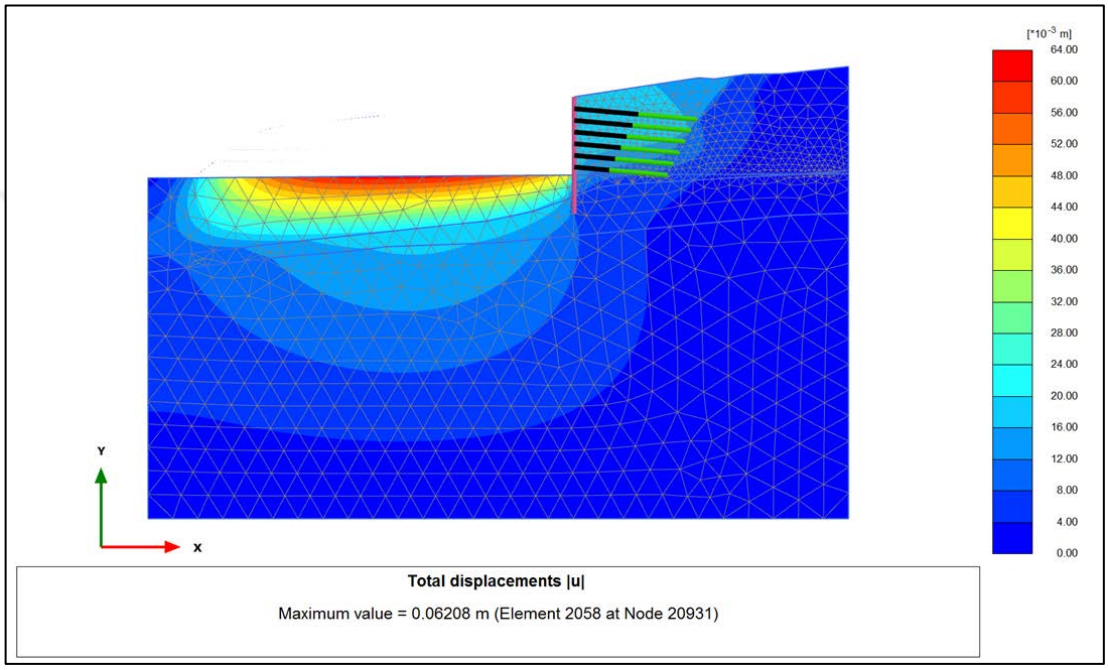
daha yüksek çaplı kazık seçilerek deplasman ve kesit tesirlerinin fazla çıkmasına engel olmaktır. Elastisite Modülü için ise C25 beton sınıfı için Türk Standartları Enstitüsü-TS 500/Şubat 2000 (2000)'de C25 Beton sınıfındaki bir betonun basınç dayanımı (fck) 25 olarak verilmiştir. İlgili standartta C25 Beton sınıfındaki bir betonun elastisite modülü E_{cj}=3250x√fckj+14000 bağıntısından yola çıkarak 30250000 Mpa olarak hesaplanmıştır.

Ankraj kökünün Elastisite Modülü için Türk Standartları Enstitüsü-TS 500/Şubat 2000 (2000) syf.23'de tüm donatı çelikler için, E_s=2x10^5 MPa olarak alınmıştır. Statik ve dinamik durumda gerçekleştirilen analizlerden zeminde oluşan maksimum deplasman ve kayma çemberi Şekil 5.26 ve Şekil 5.27 arasında verilmiştir.

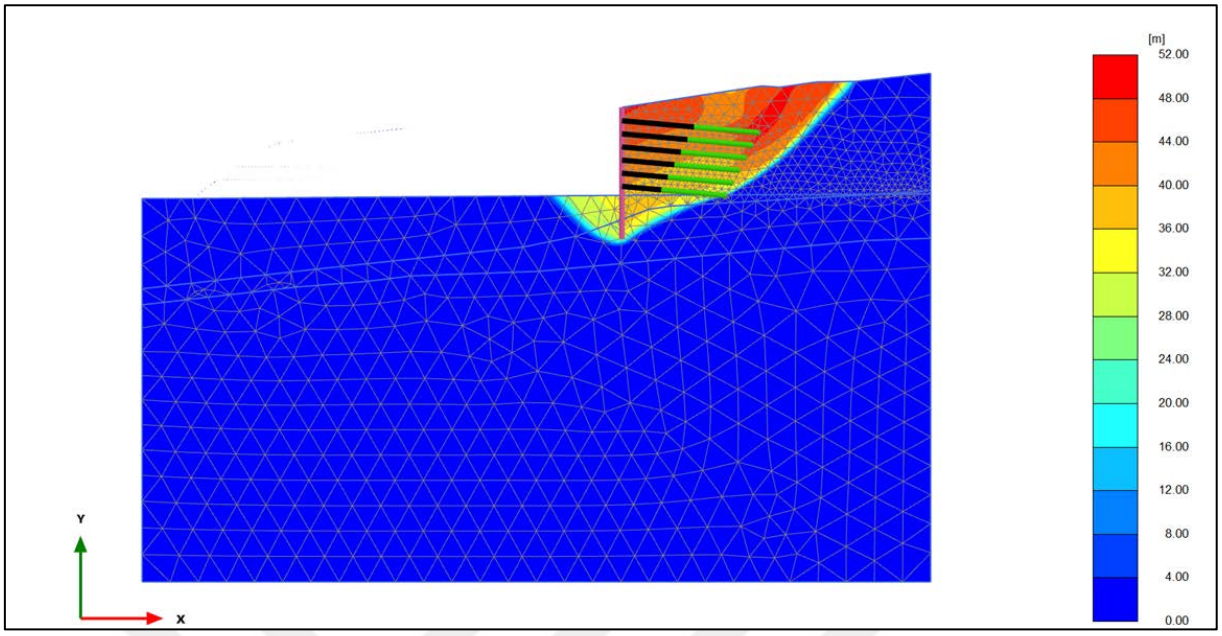
Analiz sonucunda, Şekil 5.28'de görüldüğü üzere önerilen destekleme sisteminin kullanılması durumunda derin kazı-kazıklı sistemin güvenlik sayısı, gerekli olan minimum güvenlik sayısından büyüktür. Sistemin statik durumdaki güvenlik sayısı 1,5 olarak önerilmektedir (K.G.M., 2005). Sağ Ayna'da gerçekleştirilen analizde, geçici yapı olması sebebiyle dinamik durum değerlendirmesi yapılmamıştır.

- **Statik Durum**

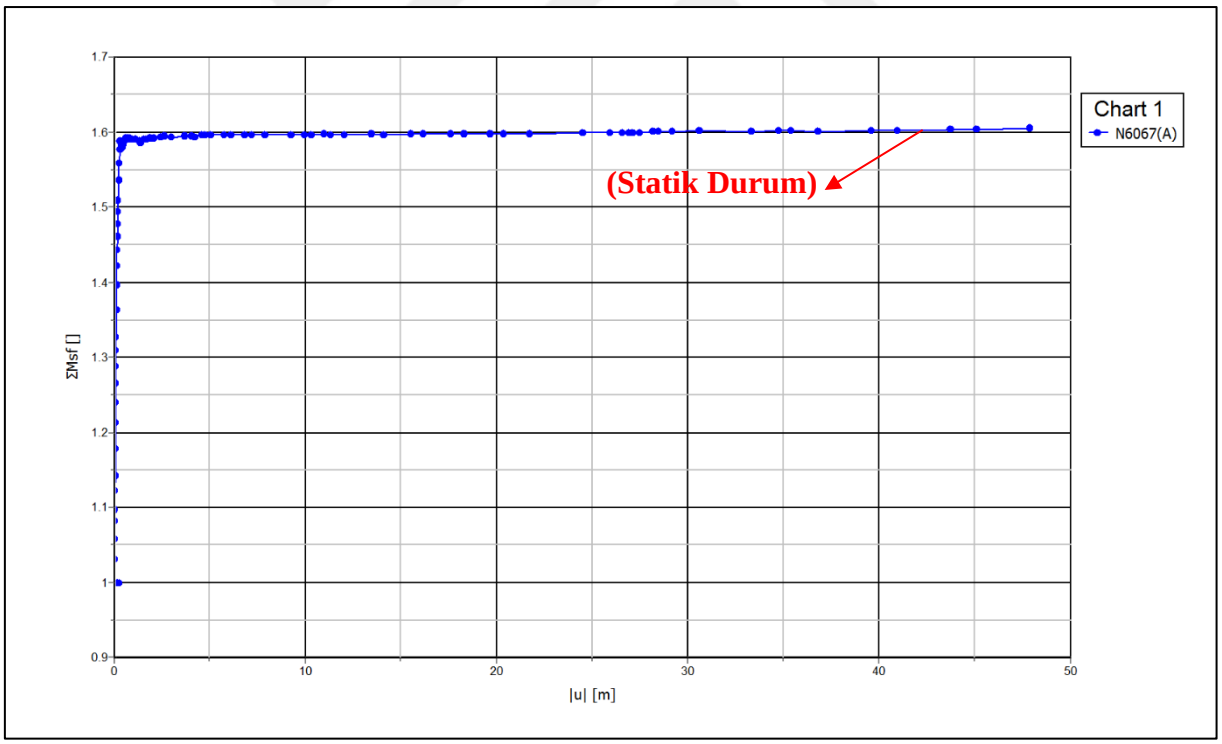
Sağ Ayna Stabilite Analizinde Statik Durum için kazı taban kotuna inilmesi durumunda zeminde oluşan maksimum deplasman 6,208 cm olarak belirlenmiştir. Analiz sonucu ortaya çıkan güvenlik sayısı 1,605'dir. Statik durum için önerilen güvenlik sayısı 1,5 olup statik durumda elde edilen güvenlik sayısı daha büyük elde edilmiş ve güvenlik koşullarının sağlandığı belirlenmiştir.



Şekil 5.26: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=6,208 cm) (Statik Durum)



Şekil 5.27: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum)

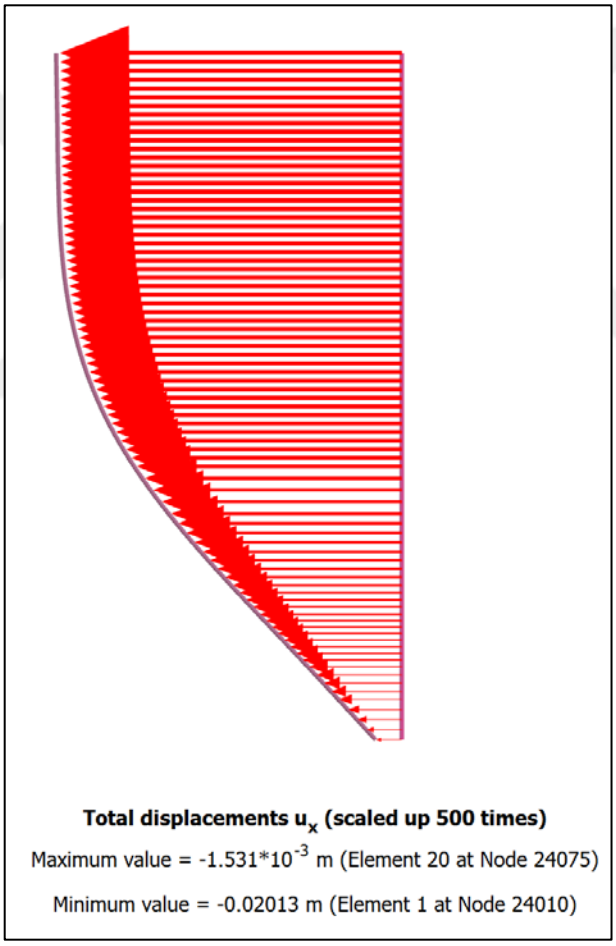


Şekil 5.28: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Statik Durum=1,605

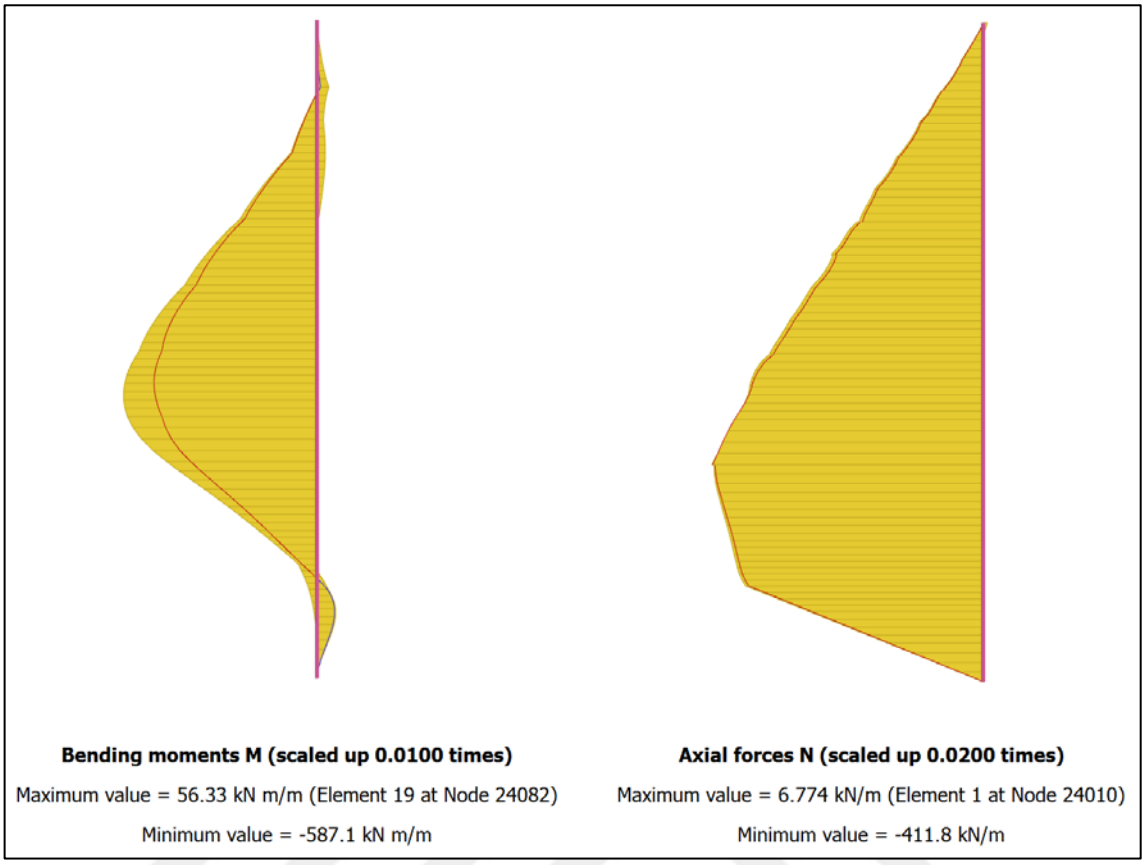
- **Kazıkların Analizleri**

Tablo 5.24: Giriş Portalı Sağ Ayna Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları

	L=20m (Φ 120)
	Statik Durum
U_x (mm)	20,13
N (kN/m)	-411,8
M (kNm/m)	-587,1
Q (kN/m)	139,5



Şekil 5.29: Giriş Portalı Sağ Ayna kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar



Şekil 5.30: Giriş Portalı Sağ Ayna kesitindeki fore kazığa gelen eğilme momentleri ve eksenel kuvvetler

Şekil 5.31: Giriş Portalı Sağ Ayna kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetler

Ankraj Tasarımı

Ankrajlı kazık tasarımı içerisinde yapılan ankraj halatı güvenlik ve stabilite hesapları Plaxis-2D 2016 sonlu elemanlar programı kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamalar FHWA Ground Anchors and Anchored Systems (Sabani ve diğ., 1999) ve (BS-8081, 2015) referans alınarak aşağıdaki adımlarda kontrol edilecektir.

Ankraj Halatı Teknik Özellikleri

Kazı derinliği ve zemin özellikleri dikkate alınarak geçici yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 1,60, kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,0 olarak alınmış (BS-8081, 2015) ve tek bir ankraj halatının kopma anına kadarki taşıma kapasitesi 279 kN olarak kabul edilmiştir.

Ankraj Kökü Taşıma Kapasitesi

Şeyl ve kil tabakalarının emniyetle taşıyabileceği birim gerilme değeri Tablo 5.25'de yer almaktadır.

Tablo 5.25: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri

	Dolgu	**Kumtaşı**
Delik çap (mm)	140 mm	140 mm
Adezyon Kuvveti (sürtünme kuvveti) (τ)	150 kPa	700 kPa
H (kazı toplam derinliği) (m)	13,49 m	

Ankraj kökü alanı 0,14xπx1,00 m = 0,44 m^2 (birim kök boyu) (5.4)

Ankraj kökünün emniyetli taşıma kapasitesi (Pk):

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 150 kPa x 1 m= **66.00** kN.m (Dolgu için) (5.5)

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 700 kPa x 1 m= **308.00** kN.m (Kumtaşı için) (5.6)

Ø 120'lik kazıklardan oluşan kesit bölgesindeki kazık sistemi için yapılan ankraj paterni hesapları aşağıda görüldüğü gibidir;

Yatay doğrultuda ankraj aralıkları aşağıda belirtildiği gibidir;

Ankraj yatay aralığı → s = 1,4 m seçilmiştir.

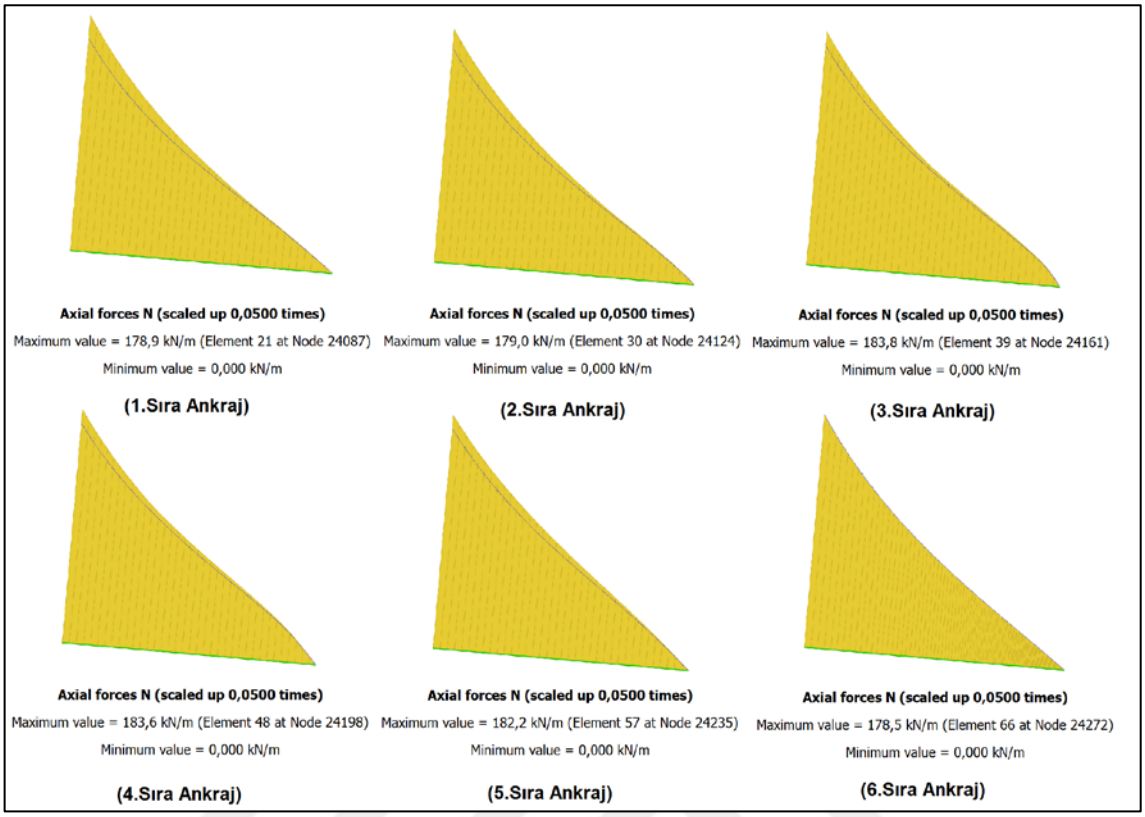
Ankraj kök ve gövde boyu hesapları tablolar halinde aşağıda sırasıyla verilmiştir. Kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,00 olarak alınmıştır (BS-8081, 2015). (Sabani ve diğ., 1999) tarafından hazırlanan FHWA şartnamesinde ankraj groutuyla-zemin arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 2,0 olarak ankraj groutuyla kaya arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 3,0 olarak önerilmektedir. Bu tez kapsamında bağ mukavemeti güvenlik değeri belirtildiği üzere zemin biriminde kalan ankraj kökleri için 2,0 kaya biriminde kalan ankraj kökleri için 3,0 olarak alınmıştır.

Ankrajların Analizleri

Tablo 5.26: Ankrajlara Gelen Yükler

Ankraj Sıra No	Ankraj Yükü (kN/m)	Yatay Mesafesi (m)	Toplam Yük (kN/m)
1	178,50	1,40	250,46
2	179,00	1,40	250,60
3	183,80	1,40	257,32
4	183,60	1,40	257,04
5	182,20	1,40	255,08
6	178,50	1,40	249,90

Yüklemeler sonucunda hesapta kullanılan ankrajlara gelen yükler yukarıda ki tabloda yer verilmiştir. Arazide kullanılan ankrajların sıraları ise Şekil 5.24’de gösterilmiştir. Sırası ile gelen yüklerin detayları da Tablo 5.26’de gösterilmiştir.



Şekil 5.32: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler

Tablo 5.27: Sağ Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri

No	Plaxıs 2d Ankraj Kuvveti (kN)	Serbest Boy	Kök Boyu
1	178,90	11,0m	10,0m
2	179,00	10,0m	10,0m
3	183,80	9,0m	10,0m
4	183,60	8,0m	10,0m
5	182,60	7,0m	10,0m
6	178,50	6,0m	10,0m

Tablo 5.28: Sağ Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu

Kazı Seviyesi	Ankraj Kuvvetleri (kN)	Yanal Mesafe (m)	Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Ön Germe Yükü (kN)	Seçilen Ön Germe Yükü (kN)
1	178,90	1,4	250,46	251	250
2	179,00	1,4	250,60	251	250
3	183,80	1,4	257,32	257	250
4	183,60	1,4	257,04	257	250
5	182,60	1,4	255,64	256	250
6	178,50	1,4	249,90	250	250

Tablo 5.29: Sağ Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı

Ankraj			Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Güvenlikli Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Kök Boyu	
Çapı (m)	Birim Çevre Alanı (m^2)	Sıra No			Hesap (m)	Seçilen (m)
0,14	0,44	1	250,46	500,92	7,6	10
0,14	0,44	2	250,60	501,20	7,6	10
0,14	0,44	3	257,32	514,64	7,8	10
0,14	0,44	4	257,04	514,08	7,8	10
0,14	0,44	5	255,64	511,28	7,7	10
0,14	0,44	6	249,90	499,80	7,6	10

Tablo 5.30: Sağ Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı

Ankraj		Kablo Çapı (inch)	Kablo Mukavemet Kuvveti (kN)	Kablo Sayısı	
Sıra No	Hesap Kuvveti (kN)			Hesap	Seçilen
1	500,92	0,6	279	1,80	3
2	501,20	0,6	279	1,80	3
3	514,64	0,6	279	1,84	3
4	514,08	0,6	279	1,84	3
5	511,28	0,6	279	1,83	3
6	499,80	0,6	279	1,79	3

Tablo 5.31: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri

SIYRILMA TAHKİKİ		
Halat Çapı	:	15,24 mm
Halat Kesit Alanı	:	140,00 mm^2
Kopma Kuvveti	:	279,00 kN
Ankraj Yükü	:	250,00 kN
Halat Sayısı	:	3,00
Kök Boyu	:	10,00 m
Halat Yüzey Alanı	:	0,48 m^2
t_{em}	:	700,00 kPa
P_{em}	:	1.005,44 kN
$_{Pem}$ / Ankraj Yükü	:	**4,02**
4,02 > 1.6		**OK**

Not: Geçici ankraj güvenlik sayısı 1.6 kabul edilmiştir.

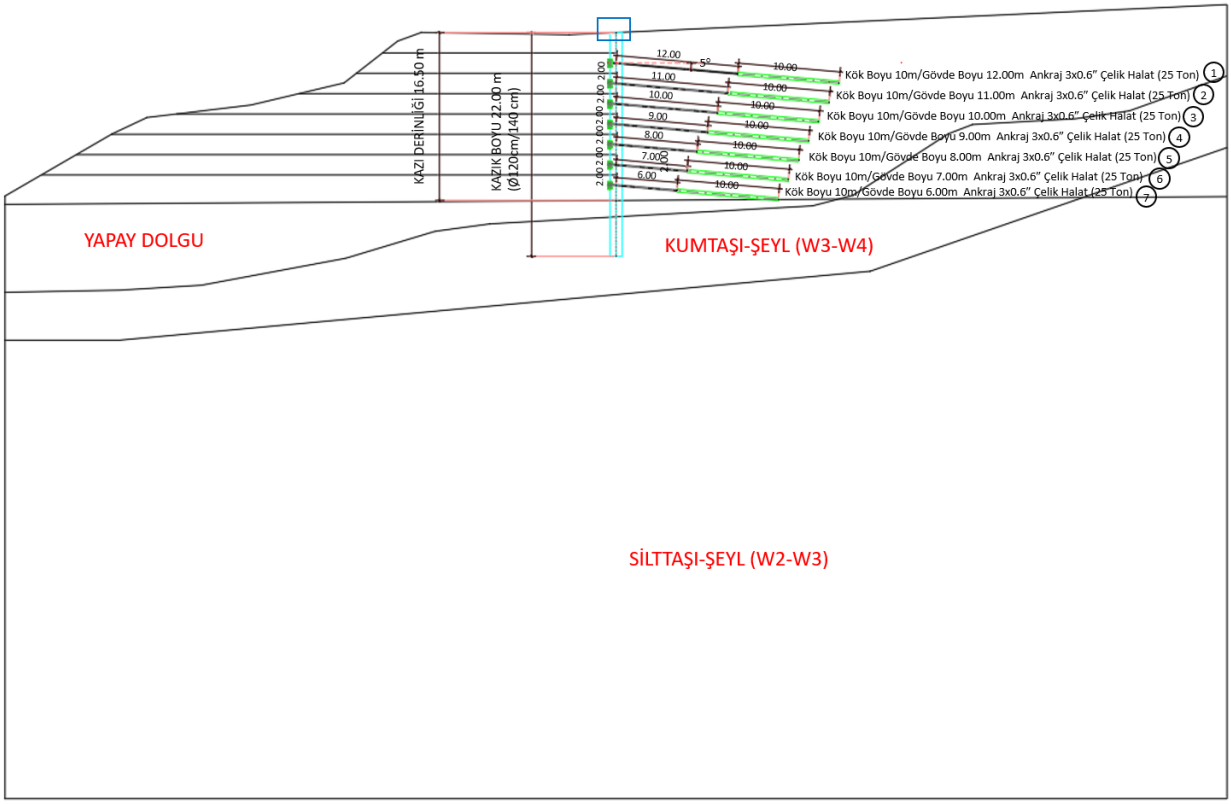
5.2.3 Giriş Portalı Sol Ayna Stabilite Analizleri

Bu bölümde Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Sol Ayna için yapılan stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Kritik iksa kesitleri, çevre yapılar ve sürşarj yükleri dikkate alınarak belirlenmiştir.

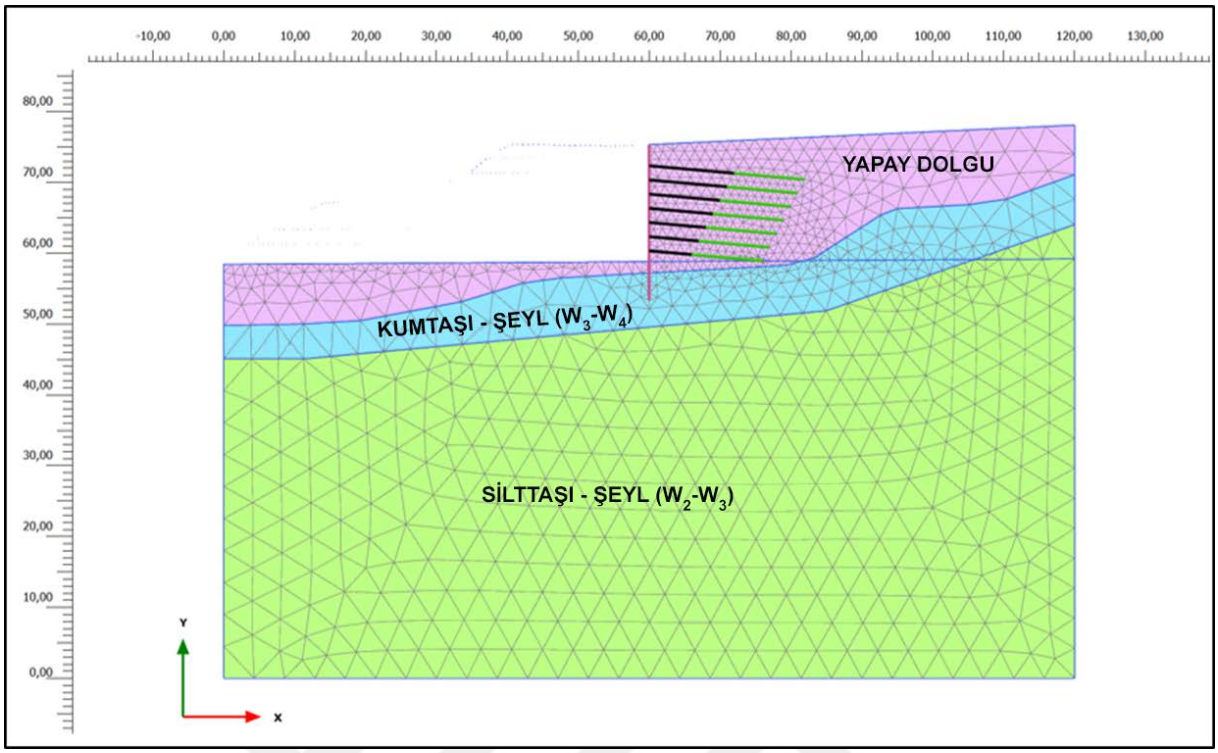
Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Sol Ayna tarafında yer alan, Yapay Dolgu, Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) ve Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) birimlerinde açılacak olan 16,5 m kazı derinliğine sahiptir.

İksa sistemi Ø120 cm çapında 140 cm aralıklı fore kazıktan oluşmaktadır. Betonarme fore kazıklar 22 m boyunda olup, 7 sıra 3*0,6''lik yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, 25 ton öngermeli ankrajlar ile desteklenmiştir.

Sol Ayna için önerilen sistem Şekil 5.33'de verilirken destekleme elemanı olarak önerilen destekleme sistemi Şekil 5.34'de verilmiştir.



Şekil 5.33: Giriş Portalı Sol Ayna kesiti ve iksa tipi özellikleri



Şekil 5.34: Giriş Portalı Sol Ayna kesitine ait hesap modeli

Tablo 5.32: Giriş Portalı Sol Ayna İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri

	Litoloji	Malzeme Modeli ve Drenaj Durumu	E (kPa)	c (kPa)	ϕ (°)	ν	γ (kN/m³)
Jeolojik Birim Parametreleri	Yapay Dolgu	Mohr Coulomb-Drenajlı	30000	5	28,0	0,35	19
	Orta-Çok ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4)	Mohr Coulomb-Drenajlı	169000	55	24,9	0,30	24
	Az-Orta derecede ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3)	Mohr Coulomb-Drenajlı	421000	126	36,3	0,24	27

	Destekleme	E (kN/m²)	γ (kN/m³)	Diameter (m)	$L_{spacing}$ (m)
Destekleme Elemanı Parametreleri	Kazık	30250000	25,00	1,20	1,40
	Ankraj Kökü	20000000	25,00	0,14	1,40

Tünel Giriş Portalı Sol Ayna için yapılan stabilite analizlerinde kullanılan jeolojik parametreler ile destekleme elemanı parametreleri Tablo 5.32'de yer almaktadır. Destekleme elemanı parametrelerinden kazıklar için, çapı 120 cm olan kazıkların seçilmesinin sebebi kazının yapılacağı zeminin yapay dolgu ve orta-çok ayrışmış kumtaşı-şeyl (W3-W4) birimi olduğundan daha yüksek çaplı kazık seçilerek deplasman ve kesit tesirlerinin fazla çıkmasına engel

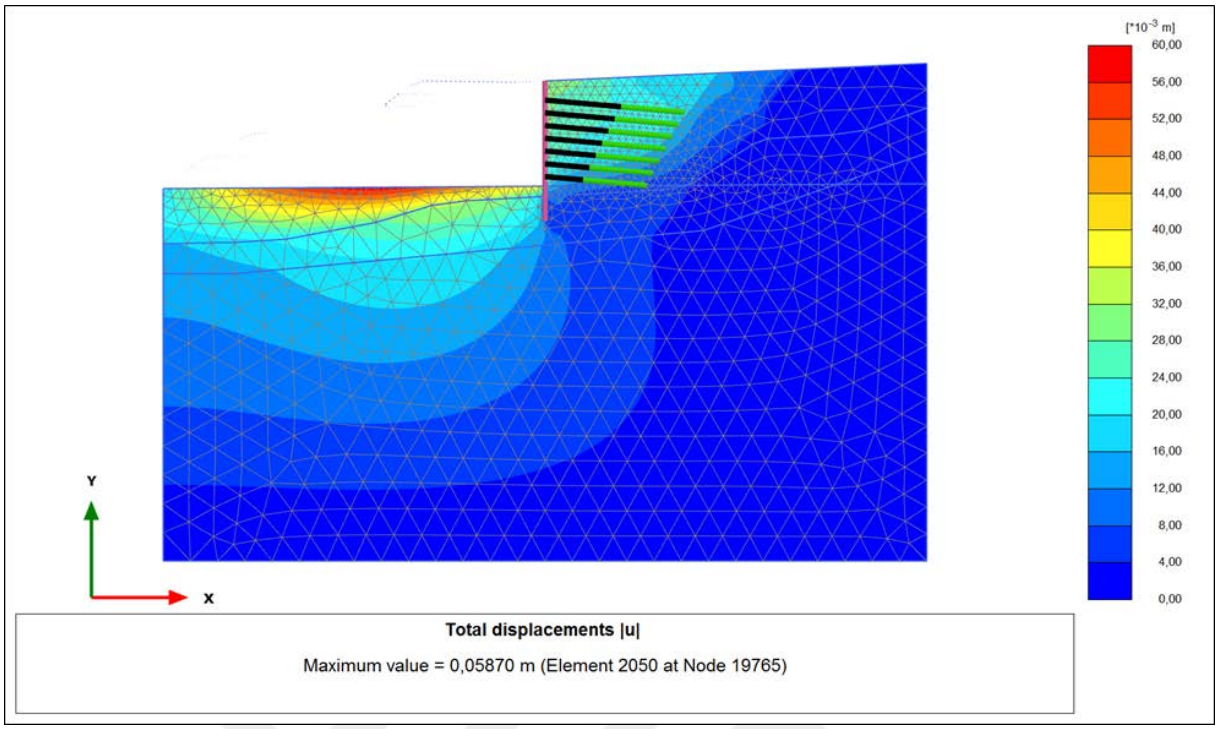
olmaktır. Elastisite Modülü için ise C25 beton sınıfı için Türk Standartları Enstitüsü-TS 500/Şubat 2000 (2000)'de C25 Beton sınıfındaki bir betonun basınç dayanımı (fck) 25 olarak verilmiştir. İlgili standartta C25 Beton sınıfındaki bir betonun elastisite modülü $E_{cj}=3250x\sqrt{fckj}+14000$ bağıntısından yola çıkarak 30250000 Mpa olarak hesaplanmıştır.

Ankraj kökünün Elastisite Modülü için Türk Standartları Enstitüsü-TS 500/Şubat 2000 (2000) syf.23'de tüm donatı çelikler için, $E_s=2x10^5$ MPa olarak alınmıştır. Statik ve dinamik durumda gerçekleştirilen analizlerden zeminde oluşan maksimum deplasman ve kayma çemberi Şekil 5.35 ve Şekil 5.36 arasında verilmiştir.

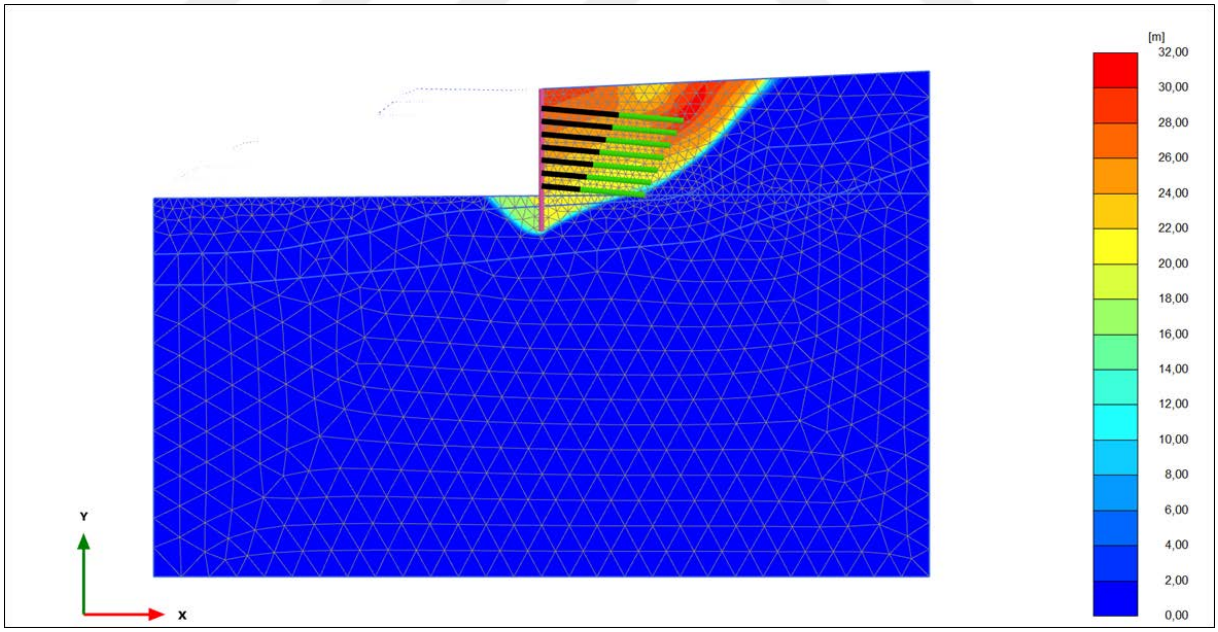
Analiz sonucunda, Şekil 5.37'de görüldüğü üzere önerilen destekleme sisteminin kullanılması durumunda derin kazı-kazıklı sistemin güvenlik sayısı, gerekli olan minimum güvenlik sayısından büyüktür. Sistemin statik durumdaki güvenlik sayısı 1,5 olarak önerilmektedir (K.G.M., 2005). Sol Ayna'da gerçekleştirilen analizde, geçici yapı olması sebebiyle dinamik durum değerlendirmesi yapılmamıştır.

- **Statik Durum**

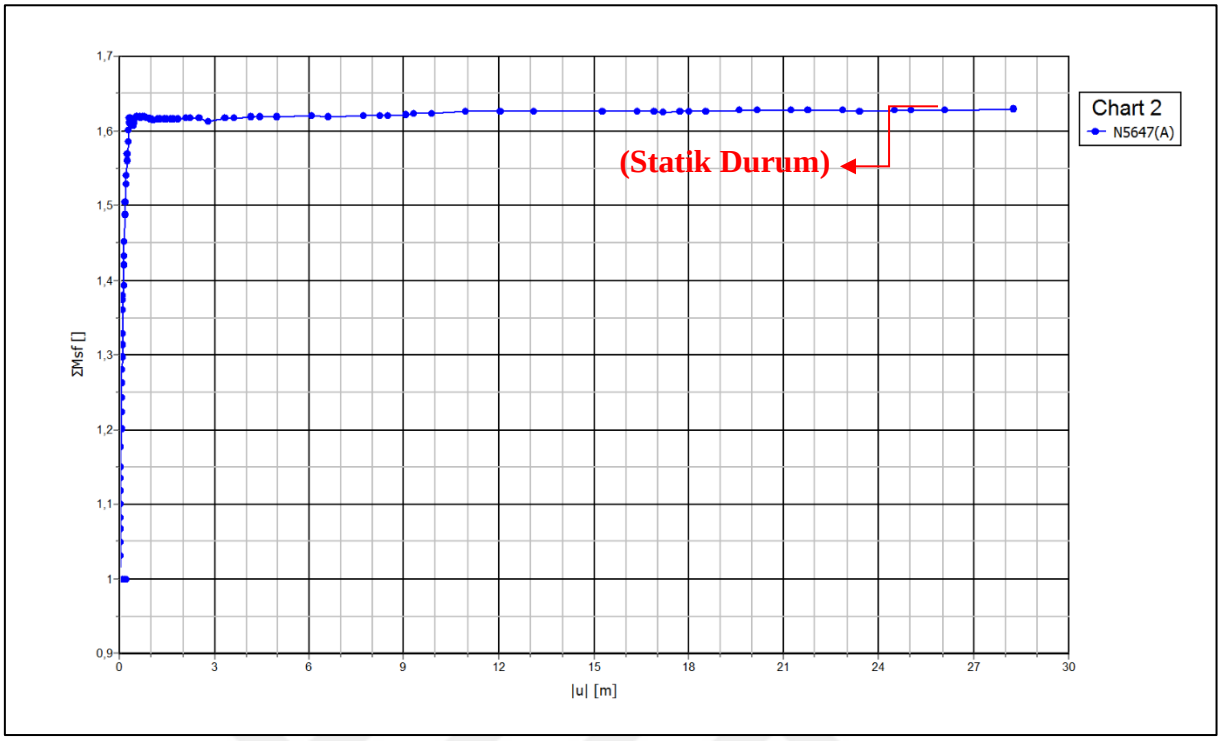
Sol Ayna Stabilite Analizinde Statik Durum için kazı taban kotuna inilmesi durumunda zeminde oluşan maksimum deplasman 5,870 cm olarak belirlenmiştir. Analiz sonucu ortaya çıkan güvenlik sayısı 1,629'dur. Statik durum için önerilen güvenlik sayısı 1,5 olup statik durumda elde edilen güvenlik sayısı daha büyük elde edilmiş ve güvenlik koşullarının sağlandığı belirlenmiştir.



Şekil 5.35: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=5,870 cm) (Statik Durum)



Şekil 5.36: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum)

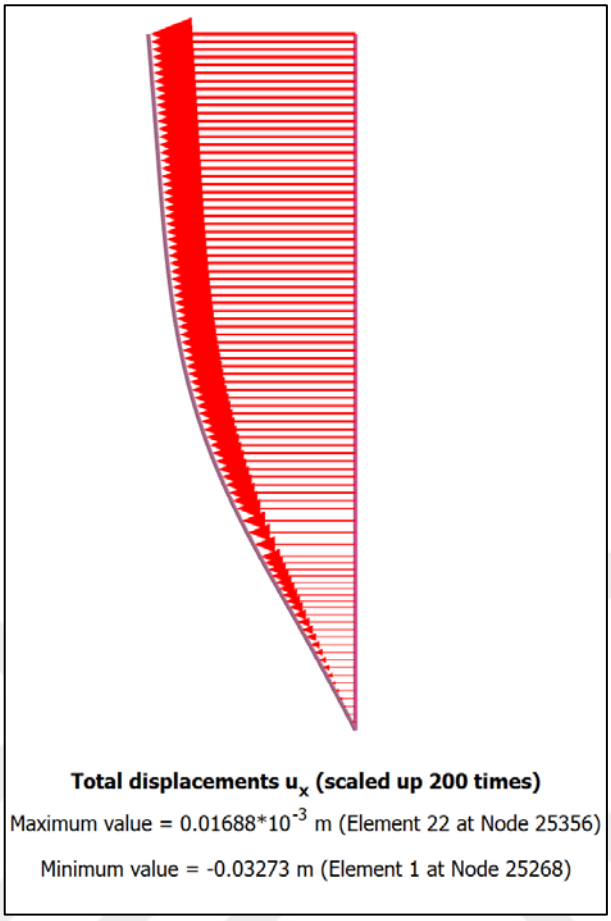


Şekil 5.37: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Statik Durum=1,629

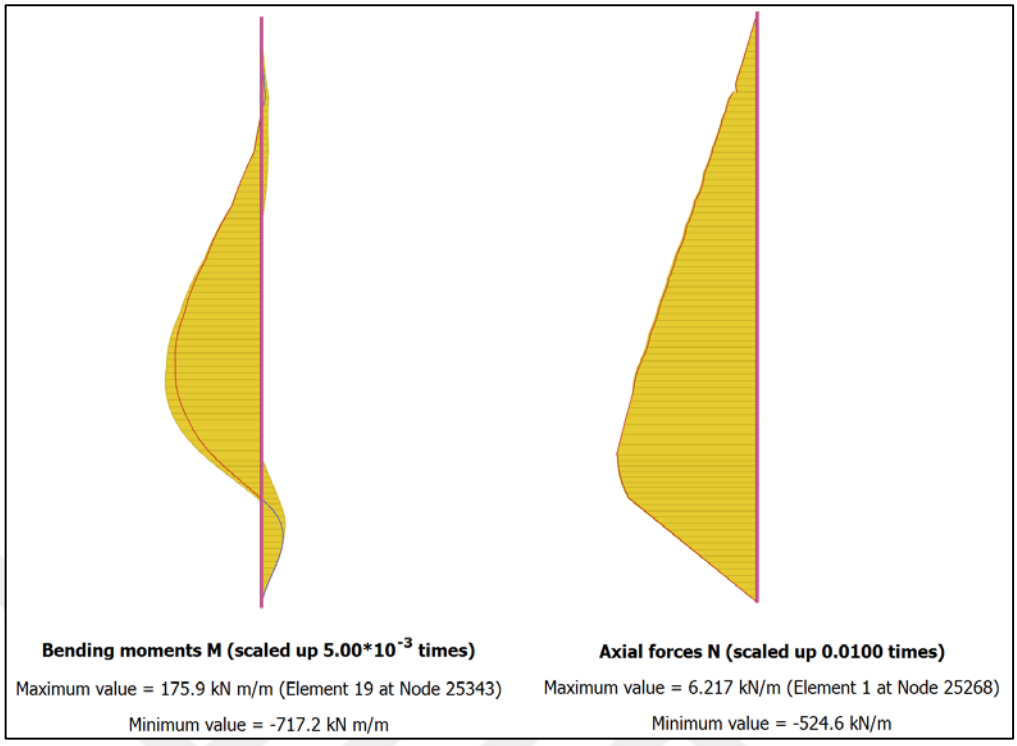
Kazıkların Analizleri

Tablo 5.33: Giriş Portalı Sol Ayna Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları

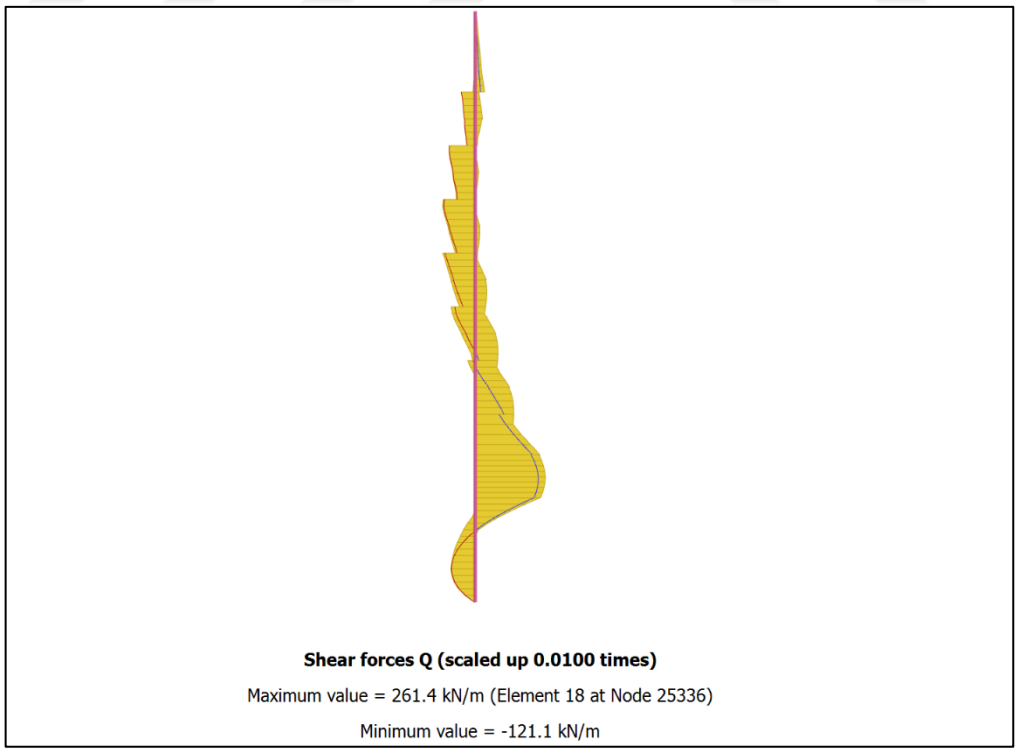
	L=22m (Φ 120)
	Statik Durum
U_x (mm)	32,73
N (kN/m)	-524,60
M (kNm/m)	-717,20
Q (kN/m)	261,40



Şekil 5.38: Giriş Portalı Sol Ayna kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar



Şekil 5.39: Giriş Portalı Sol Ayna kesitindeki fore kazığa gelen eğilme momentleri ve eksenel kuvvetler



Şekil 5.40: Giriş Portalı Sol Ayna kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetler

Ankraj Tasarımı

Ankrajlı kazık tasarımı içerisinde yapılan ankraj halatı güvenlik ve stabilite hesapları Plaxis-2D 2016 sonlu elemanlar programı kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamalar FHWA Ground Anchors and Anchored Systems (Sabani ve diğ., 1999) ve (BS-8081, 2015) referans alınarak aşağıdaki adımlarda kontrol edilecektir.

Ankraj Halatı Teknik Özellikleri

Kazı derinliği ve zemin özellikleri dikkate alınarak geçici yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 1,60, kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,0 olarak alınmış (BS-8081, 2015) ve tek bir ankraj halatının kopma anına kadarki taşıma kapasitesi 279 kN olarak kabul edilmiştir.

Ankraj Kökü Taşıma Kapasitesi

Şeyl ve kil tabakalarının emniyetle taşıyabileceği birim gerilme değeri Tablo 5.34'de yer almaktadır.

Tablo 5.34: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri

	Dolgu	**Kumtaşı**
Delik çap (mm)	140 mm	140 mm
Adezyon Kuvveti (sürtünme kuvveti) (τ)	150 kPa	700 kPa
H (kazı toplam derinliği) (m)	16,50 m	

Ankraj kökü alanı 0,14xπx1,00 m = 0,44 m^2 (birim kök boyu) (5.7)

Ankraj kökünün emniyetli taşıma kapasitesi (Pk):

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 150 kPa x 1 m= **66.00** kN.m (Dolgu için) (5.8)

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 700 kPa x 1 m= **308.00** kN.m (Kumtaşı için) (5.9)

Ø 120'lik kazıklardan oluşan kesit bölgesindeki kazık sistemi için yapılan ankraj paterni hesapları aşağıda görüldüğü gibidir;

Yatay doğrultuda ankraj aralıkları aşağıda belirtildiği gibidir;

Ankraj yatay aralığı → s = 1,4 m seçilmiştir.

Ankraj kök ve gövde boyu hesapları tablolar halinde aşağıda sırasıyla verilmiştir. Kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,00 olarak alınmıştır (BS-8081, 2015). (Sabani ve

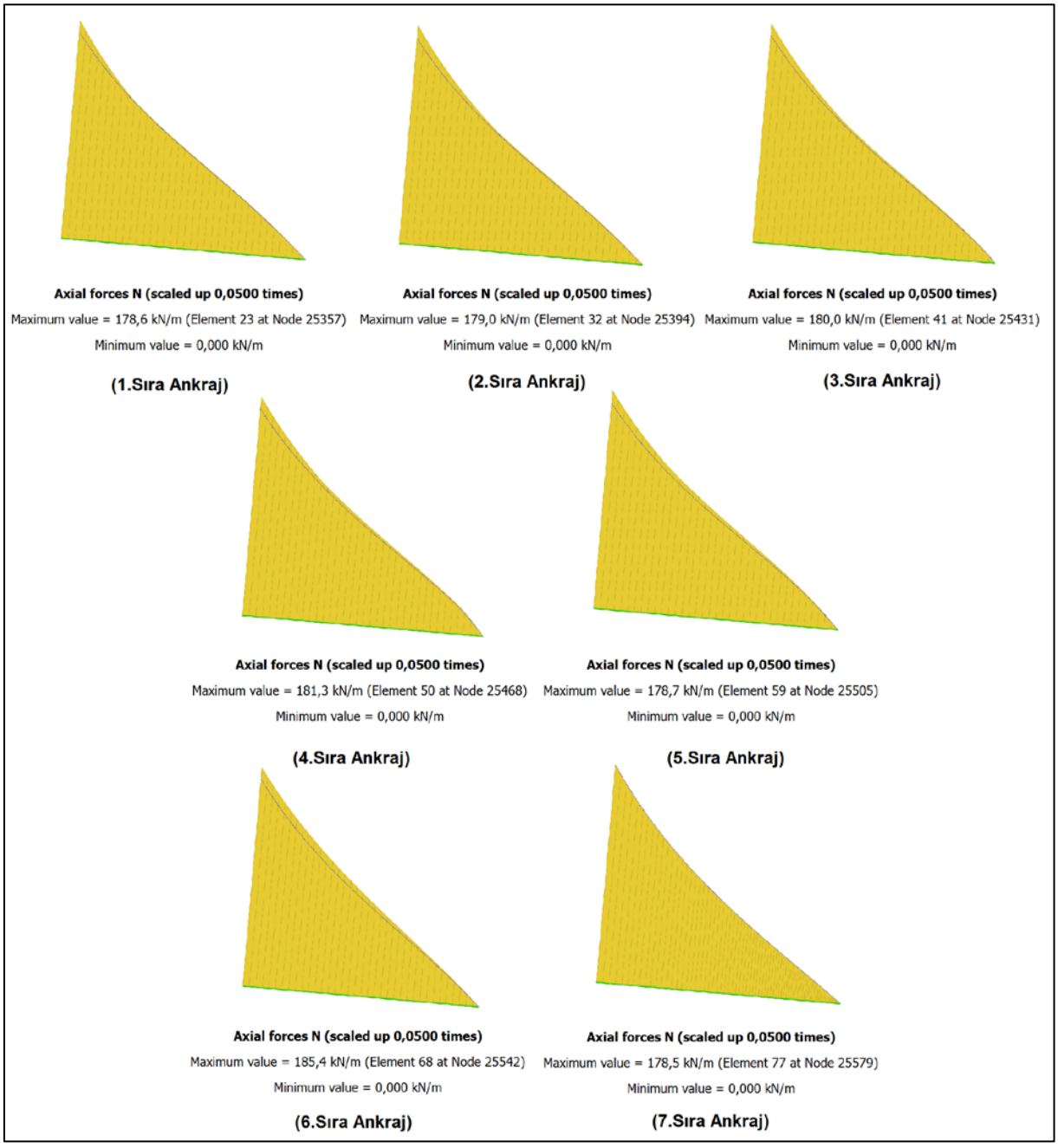
diğ., 1999) tarafından hazırlanan FHWA şartnamesinde ankraj groutuyla-zemin arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 2,0 olarak ankraj groutuyla kaya arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 3,0 olarak önerilmektedir. Bu tez kapsamında bağ mukavemeti güvenlik değeri belirtildiği üzere zemin biriminde kalan ankraj kökleri için 2,0 kaya biriminde kalan ankraj kökleri için 3,0 olarak alınmıştır.

Ankrajların Analizleri

Tablo 5.35: Ankrajlara Gelen Yükler

Ankraj Sıra No	Ankraj Yükü (kN/m)	Yatay Mesafesi (m)	Toplam Yük (kN/m)
1	178,60	1,40	250,04
2	179,00	1,40	250,60
3	180,00	1,40	252,00
4	181,30	1,40	253,82
5	178,70	1,40	250,18
6	185,40	1,40	259,56
7	178,50	1,40	249,90

Yüklemeler sonucunda hesapta kullanılan ankrajlara gelen yükler yukarıda ki tabloda yer verilmiştir. Arazide kullanılan ankrajların sıraları ise Şekil 5.33'de gösterilmiştir. Sırası ile gelen yüklerin detayları da Tablo 5.35'de gösterilmiştir.



Şekil 5.41: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler

Tablo 5.36: Sol Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri

No	Plaxıs 2d Ankraj Kuvveti (kN)	Serbest Boy	Kök Boyu
1	178,60	12,0m	10,0m
2	179,00	11,0m	10,0m
3	180,00	10,0m	10,0m
4	181,30	9,0m	10,0m
5	178,70	8,0m	10,0m
6	185,40	7,0m	10,0m
7	178,50	6,0m	10,0m

Tablo 5.37: Sol Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu

Kazı Seviyesi	Ankraj Kuvvetleri (kN)	Yanal Mesafe (m)	Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Ön Germe Yükü (kN)	Seçilen Ön Germe Yükü (kN)
1	178,60	1,4	250,04	250	250
2	179,00	1,4	250,60	251	250
3	180,00	1,4	252,00	252	250
4	181,30	1,4	253,82	254	250
5	178,70	1,4	250,18	250	250
6	185,40	1,4	259,56	260	250
7	178,50	1,4	249,90	250	250

Tablo 5.38: Sol Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı

Ankraj			Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Güvenlikli Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Kök Boyu	
Çapı (m)	Birim Çevre Alanı (m^2)	Sıra No			Hesap (m)	Seçilen (m)
0,14	0,44	1	250,04	500,08	7,6	10
0,14	0,44	2	250,60	501,20	7,6	10
0,14	0,44	3	252,00	504,00	7,6	10
0,14	0,44	4	253,82	507,64	7,7	10
0,14	0,44	5	250,18	500,36	7,6	10
0,14	0,44	6	259,56	519,12	7,9	10
0,14	0,44	6	249,90	499,80	7,6	10

Tablo 5.39: Sol Ayna Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı

Ankraj		Kablo Çapı (inch)	Kablo Mukavemet Kuvveti (kN)	Kablo Sayısı	
Sıra No	Hesap Kuvveti (kN)			Hesap	Seçilen
1	500,08	0,6	279	1,79	3
2	501,20	0,6	279	1,80	3
3	504,00	0,6	279	1,81	3
4	507,64	0,6	279	1,82	3
5	500,36	0,6	279	1,79	3
6	519,12	0,6	279	1,86	3
7	499,80	0,6	279	1,79	3

Tablo 5.40: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri

SIYRILMA TAHKİKİ		
Halat Çapı	:	15,24 mm
Halat Kesit Alanı	:	140,00 mm^2
Kopma Kuvveti	:	279,00 kN
Ankraj Yükü	:	250,00 kN
Halat Sayısı	:	3,00
Kök Boyu	:	10,00 m
Halat Yüzey Alanı	:	0,48 m^2
t_{em}	:	700,00 kPa
P_{em}	:	1.005,44 kN
$_{Pem}$ / Ankraj Yükü	:	**4,02**
4,02 > 1.6		**OK**

Not: Geçici ankraj güvenlik sayısı 1.6 kabul edilmiştir.

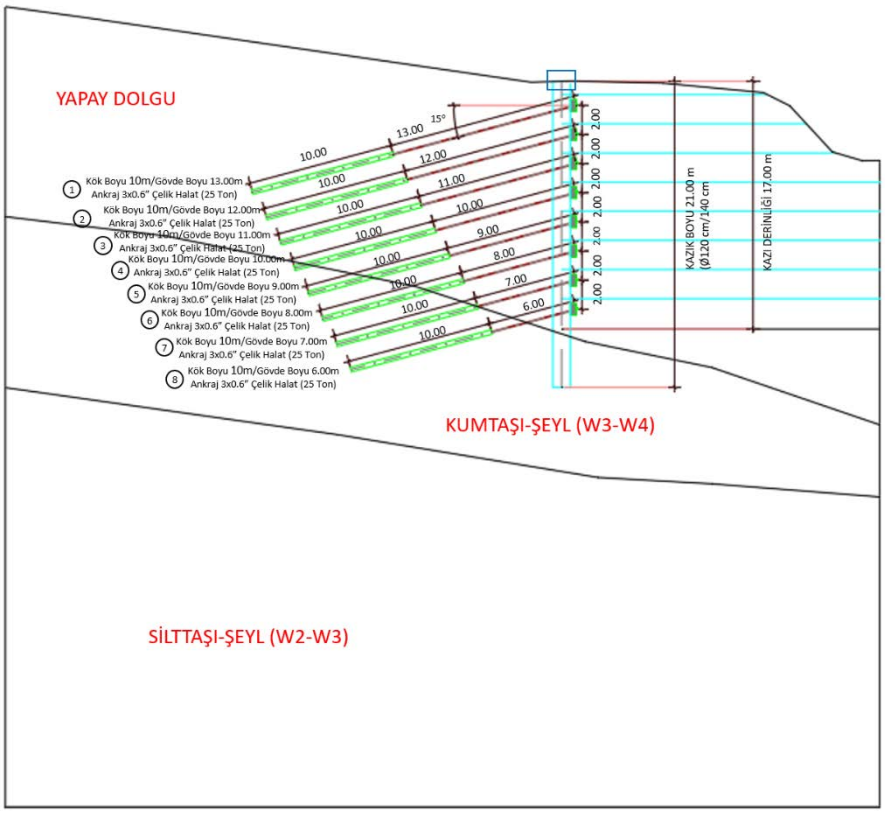
5.2.4 Giriş Portalı Sol Duvar Stabilite Analizleri

5.2.4.1 Giriş Portalı Km 4+160 Sol Duvar Stabilite Analizleri

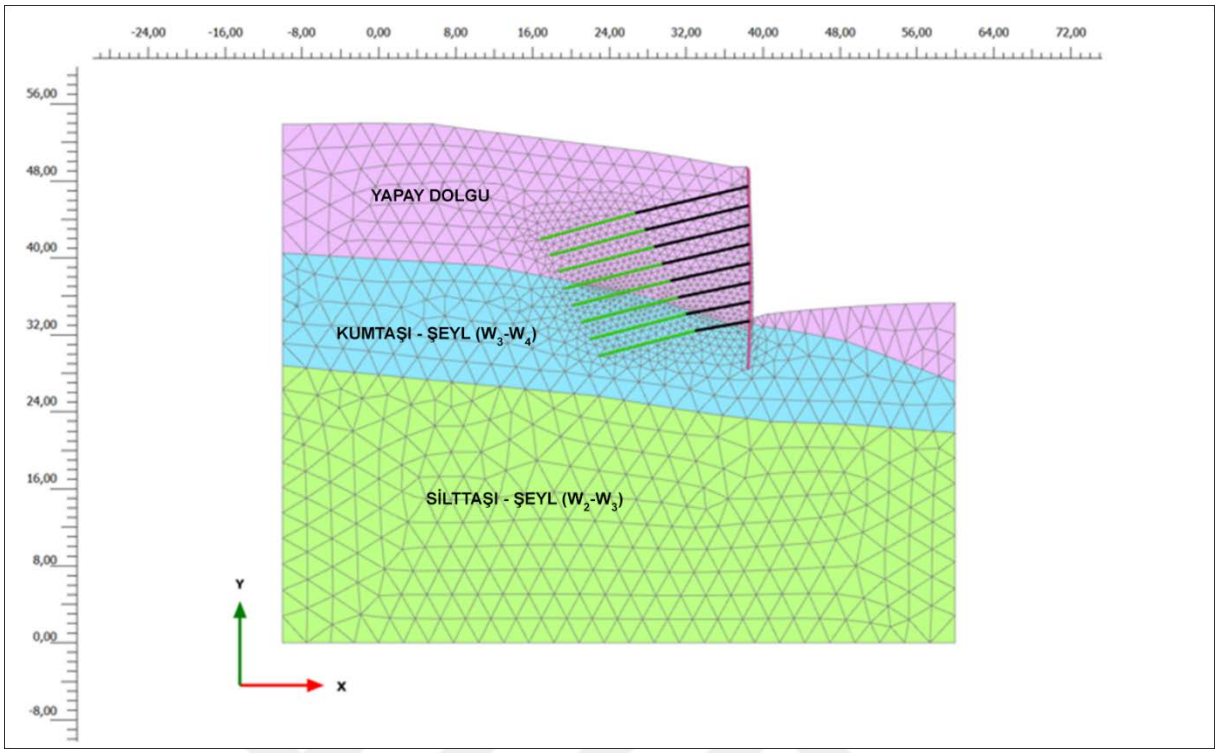
Bu bölümde Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Km 4+160 kesiti sol duvarı için yapılan stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Kritik iksa kesitleri, çevre yapılar ve sürşarj yükleri dikkate alınarak belirlenmiştir.

Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Sol tarafında yer alan, Yapay Dolgu, Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) ve Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) birimlerinde açılacak olan 17,00 m kazı derinliğine sahiptir. İksa sistemi Ø120 cm çapında 140 cm aralıklı fore kazıktan oluşmaktadır. Betonarme fore kazıklar 21 m boyunda olup, 8 sıra 3*0,6''lik yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, 25 ton öngermeli ankrajlar ile desteklenmiştir.

Km 4+160 kesiti sol duvarı için önerilen sistem Şekil 5.42'de verilirken destekleme elemanı olarak önerilen destekleme sistemi Şekil 5.43'de verilmiştir.



Şekil 5.42: Giriş Portalı Km 4+160 Sol Duvar Kesiti ve iksa tipi özellikleri



Şekil 5.43: Giriş Portalı Km 4+160 Sol Duvar kesitine ait hesap modeli

Tablo 5.41: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri

	Litoloji	**Malzeme Modeli ve Drenaj Durumu**	**E (kPa)**	**c (kPa)**	**ϕ (°)**	**ν**	**γ (kN/m³)**
Jeolojik Birim Parametreleri	Yapay Dolgu	Mohr Coulomb-Drenajlı	30000	5	28,0	0,35	19
	Orta-Çok ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4)	Mohr Coulomb-Drenajlı	169000	55	24,9	0,30	24
	Az-Orta derecede ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3)	Mohr Coulomb-Drenajlı	421000	126	36,3	0,24	27

	Destekleme	**E (kN/m²)**	**γ (kN/m³)**	**Diameter (m)**	**$L_{spacing}$ (m)**
Destekleme Elemanı Parametreleri	Kazık	30250000	25,00	1,20	1,40
	Ankraj Kökü	20000000	25,00	0,14	1,40

Tünel Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 için yapılan stabilite analizlerinde kullanılan jeolojik parametreler ile destekleme elemanı parametreleri Tablo 5.41'de yer almaktadır. Destekleme elemanı parametrelerinden kazıklar için, çapı 120 cm olan kazıkların seçilmesinin sebebi kazının yapılacağı zeminin yapay dolgu ve orta-çok ayrışmış kumtaşı-şeyl (W3-W4) birimi olduğundan daha yüksek çaplı kazık seçilerek deplasman ve kesit tesirlerinin fazla çıkmasına

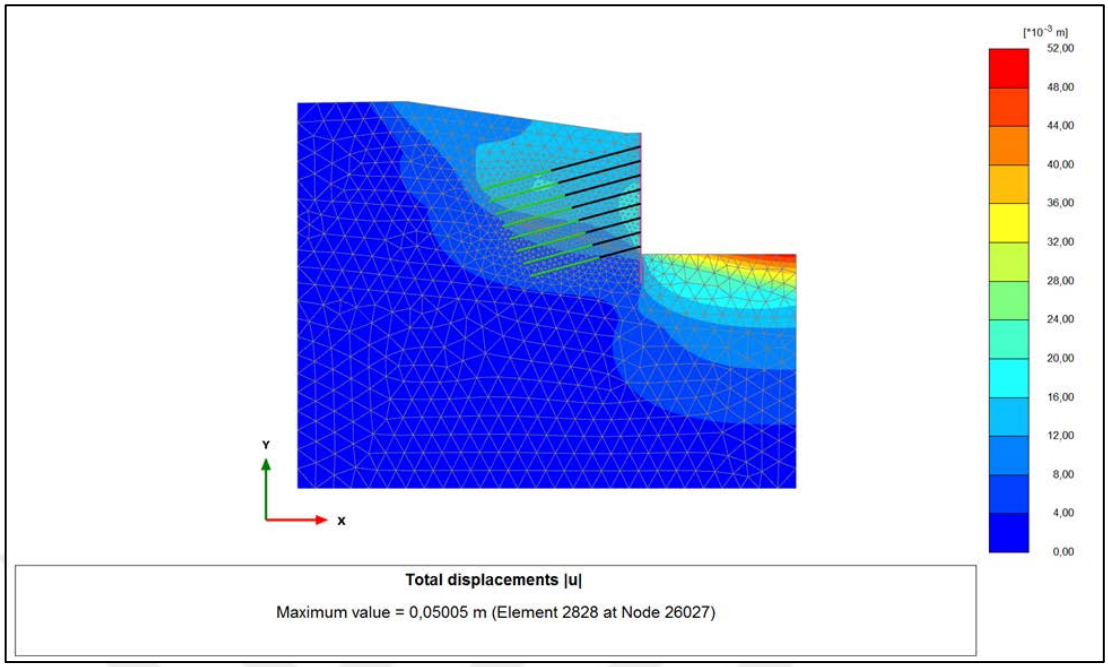
engel olmaktır. Elastisite Modülü için ise C25 beton sınıfı için Türk Standartları Enstitüsü-TS 500/Şubat 2000 (2000)'de C25 Beton sınıfındaki bir betonun basınç dayanımı (fck) 25 olarak verilmiştir. İlgili standartta C25 Beton sınıfındaki bir betonun elastisite modülü $E_{cj}=3250x\sqrt{fckj}+14000$ bağıntısından yola çıkarak 30250000 Mpa olarak hesaplanmıştır.

Ankraj kökünün Elastisite Modülü için Türk Standartları Enstitüsü-TS 500/Şubat 2000 (2000) syf.23'de tüm donatı çelikler için, $E_s=2x10^5$ MPa olarak alınmıştır. Statik ve dinamik durumda gerçekleştirilen analizlerden zeminde oluşan maksimum deplasman ve kayma çemberi Şekil 5.44 ve Şekil 5.47 arasında verilmiştir.

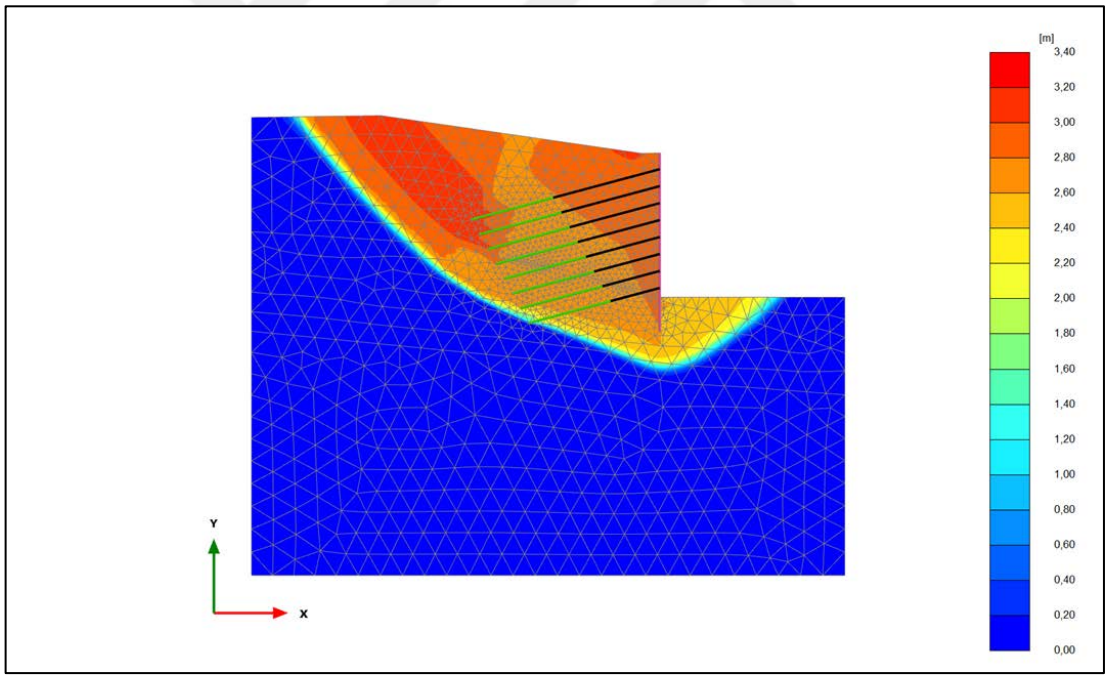
Analiz sonucunda, Şekil 5.48'de görüldüğü üzere önerilen destekleme sisteminin kullanılması durumunda derin kazı-kazıklı sistemin güvenlik sayısı, gerekli olan minimum güvenlik sayısından büyüktür. Sistemin statik ve dinamik durumdaki güvenlik sayıları sırasıyla statik durum için 1,5, dinamik durum için 1,1 olarak önerilmektedir (K.G.M., 2005).

- **Statik Durum**

Km 4+160 Sol Duvar Stabilite Analizinde Statik Durum için kazı taban kotuna inilmesi durumunda zeminde oluşan maksimum deplasman 5,000 cm olarak belirlenmiştir. Analiz sonucu ortaya çıkan güvenlik sayısı 1,788'dir. Statik durum için önerilen güvenlik sayısı 1,5 olup statik durumda elde edilen güvenlik sayısı daha büyük elde edilmiş ve güvenlik koşullarının sağlandığı belirlenmiştir.



Şekil 5.44: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=5,00 cm) (Statik Durum)

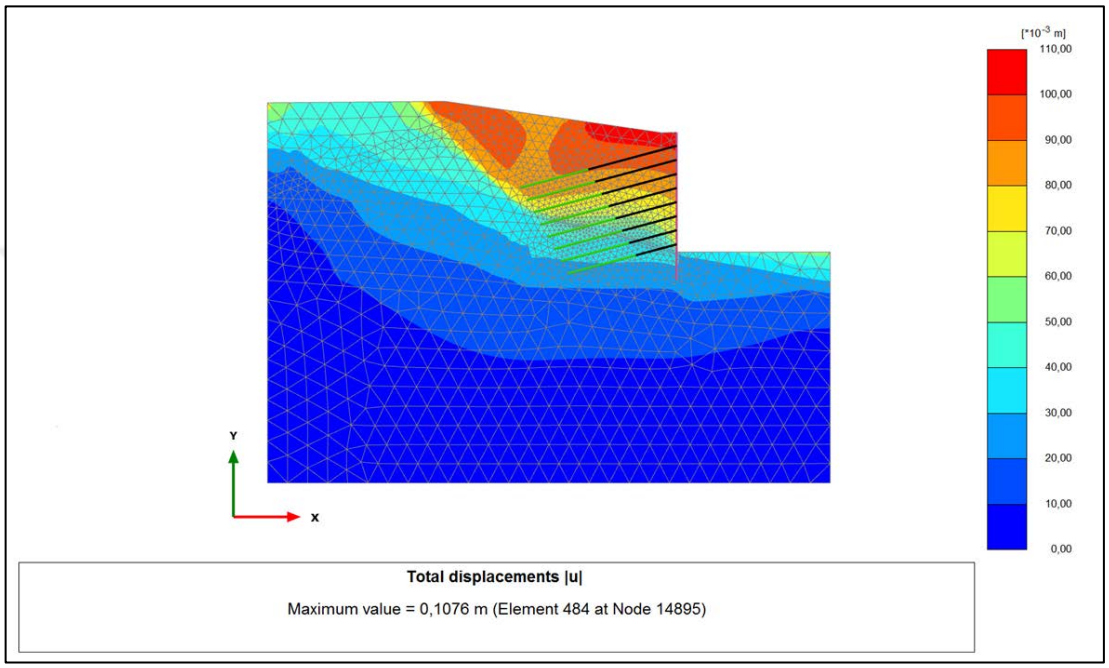


Şekil 5.45: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum)

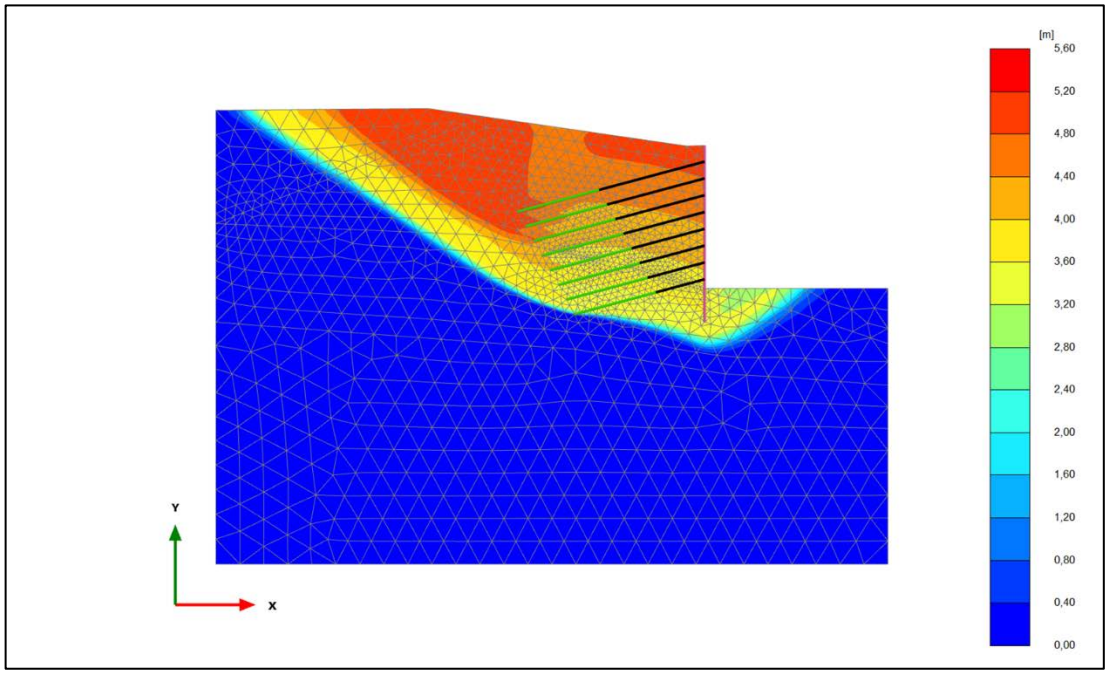
- **Dinamik Durum**

Tez kapsamında dinamik durum için yapılan analizlerde, Ch (yatak eşdeğer deprem katsayısı) değeri "Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi" syf.106'da bulunan şev stabilite analizlerine esas yatay deprem katsayılarını gösteren grafik esas alınarak Ch=0,15 alınmıştır (Şekil 2.9) (K.G.M., 2005).

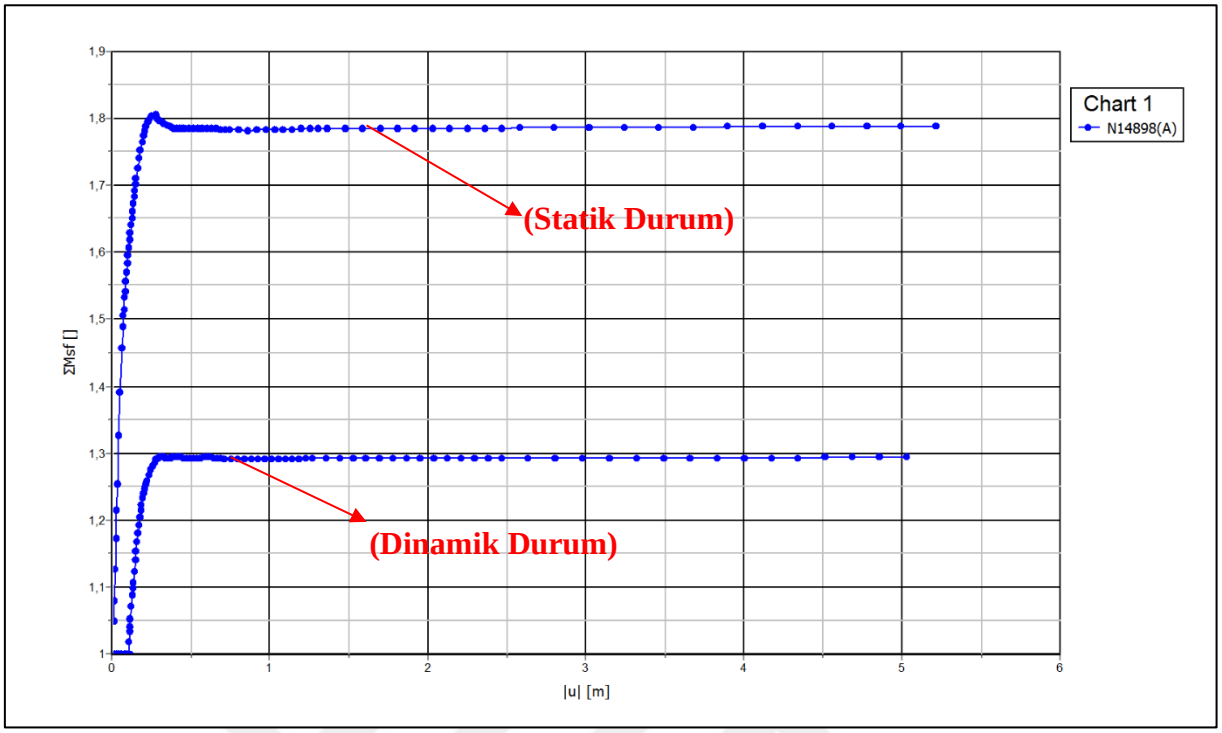
Km 4+160 Sol Duvar Stabilite Analizinde Dinamik Durum için kazı taban kotuna inilmesi durumunda zeminde oluşan maksimum deplasman 10,76 cm olarak belirlenmiştir. Analiz sonucu ortaya çıkan güvenlik sayısı 1,294'dür. KGM (2005)'de Dinamik durum için önerilen güvenlik sayısı 1,1 olup dinamik durumda elde edilen güvenlik sayısı daha büyük elde edilmiş ve güvenlik koşullarının sağlandığı belirlenmiştir.



Şekil 5.46: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=10,76 cm) (Dinamik Durum)



Şekil 5.47: Bölgede oluşan kayma çemberi (Dinamik Durum)

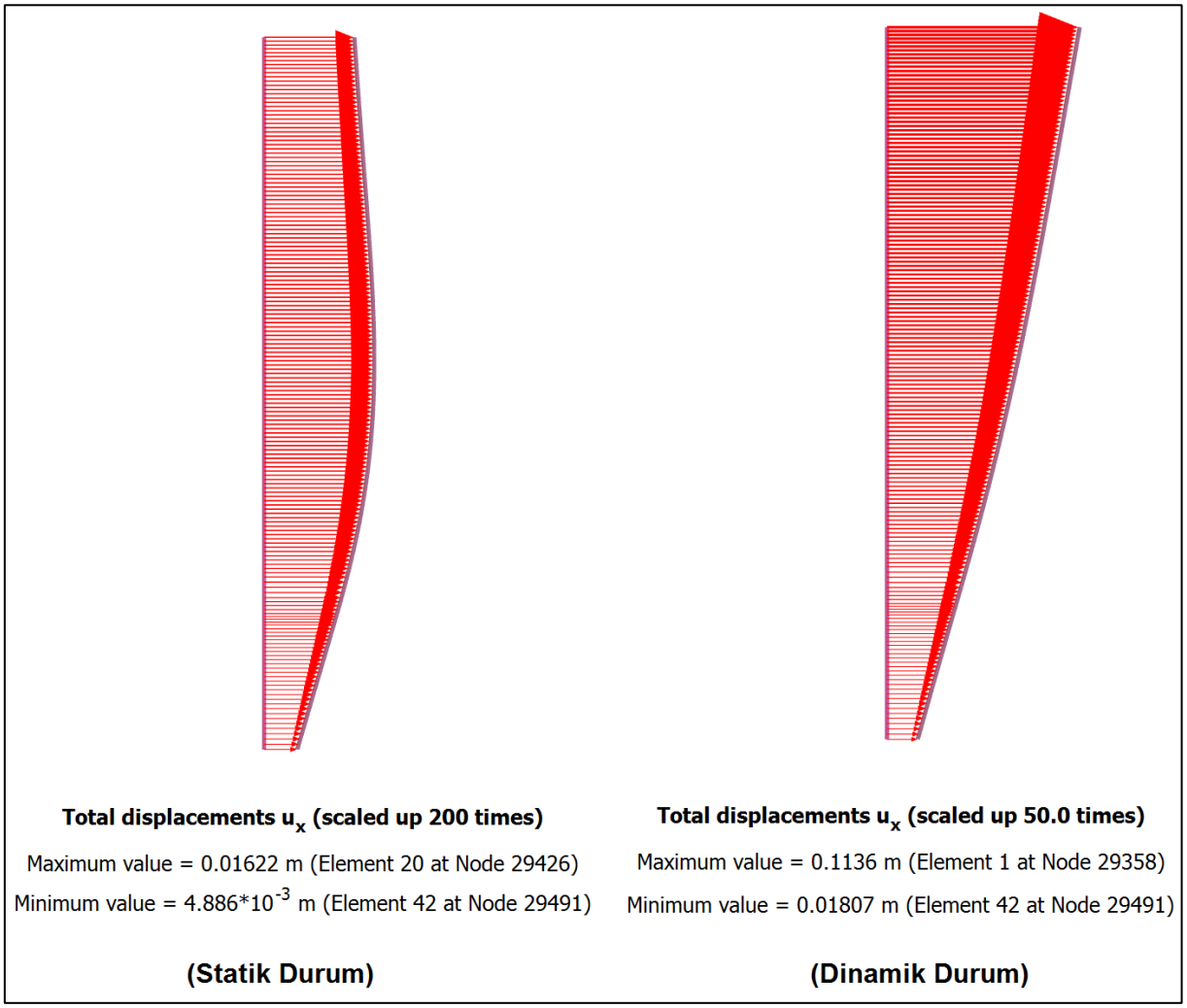


Şekil 5.48: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Dinamik Durum=1,294 ve Statik Durum=1,788

- **Kazıkların Analizleri**

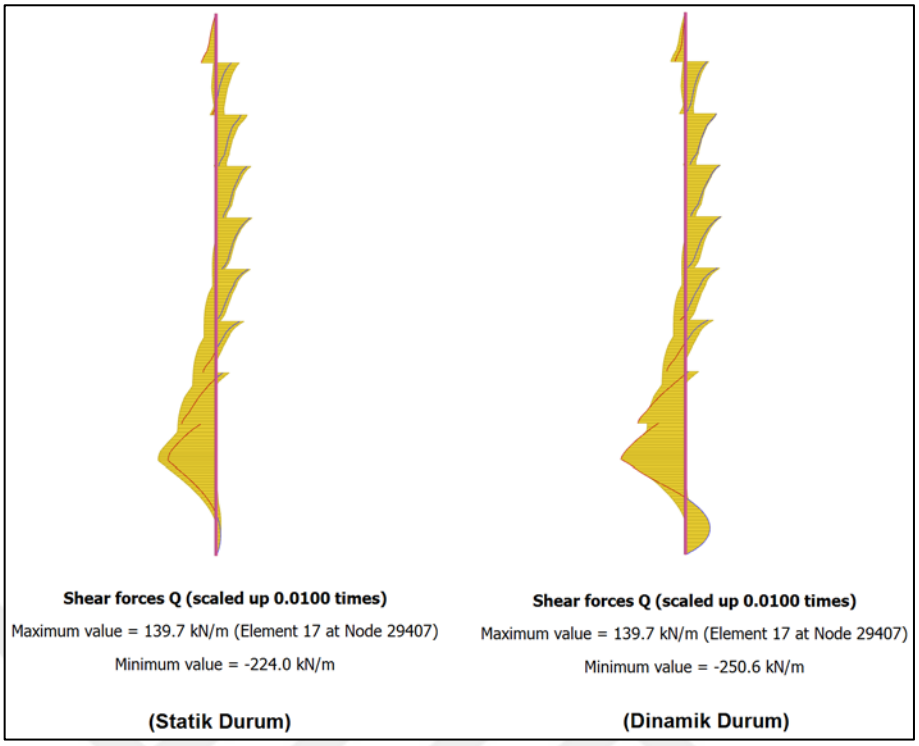
Tablo 5.42: Giriş Portalı Km 4+160 Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları

	L=21m (Φ 120)	
	Statik Durum	**Dinamik Durum**
U_x (mm)	16,22	113,60
N (kN/m)	-516,20	-516,20
M (kNm/m)	562,00	562,00
Q (kN/m)	-224,00	-250,60



Şekil 5.49: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar

Şekil 5.50: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen eğilme momentleri ve eksenel kuvvetler



Şekil 5.51: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetler

Ankraj Tasarımı

Ankrajlı kazık tasarımı içerisinde yapılan ankraj halatı güvenlik ve stabilite hesapları Plaxis-2D 2016 sonlu elemanlar programı kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamalar FHWA Ground Anchors and Anchored Systems (Sabani ve diğ., 1999) ve (BS-8081, 2015) referans alınarak aşağıdaki adımlarda kontrol edilecektir.

Ankraj Halatı Teknik Özellikleri

Kazı derinliği ve zemin özellikleri dikkate alınarak geçici yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 1,60, kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,0 olarak alınmış (BS-8081, 2015) ve tek bir ankraj halatının kopma anına kadarki taşıma kapasitesi 279 kN olarak kabul edilmiştir.

Ankraj Kökü Taşıma Kapasitesi

Şeyl ve kil tabakalarının emniyetle taşıyabileceği birim gerilme değeri Tablo 5.43'de yer almaktadır.

Tablo 5.43: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri

	Dolgu	**Kumtaşı**
Delik çap (mm)	140 mm	140 mm
Adezyon Kuvveti (sürtünme kuvveti) (τ)	150 kPa	700 kPa
H (kazı toplam derinliği) (m)	17,00 m	

Ankraj kökü alanı 0,14xπx1,00 m = 0,44 m^2 (birim kök boyu) (5.10)

Ankraj kökünün emniyetli taşıma kapasitesi (Pk):

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 150 kPa x 1 m= **66.00**kN.m (Dolgu için) (5.11)

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 700 kPa x 1 m= **308.00**kN.m (Kumtaşı için) (5.12)

Ø 120'lik kazıklardan oluşan kesit bölgesindeki kazık sistemi için yapılan ankraj paterni hesapları aşağıda görüldüğü gibidir;

Yatay doğrultuda ankraj aralıkları aşağıda belirtildiği gibidir;

Ankraj yatay aralığı → s = 1,4 m seçilmiştir.

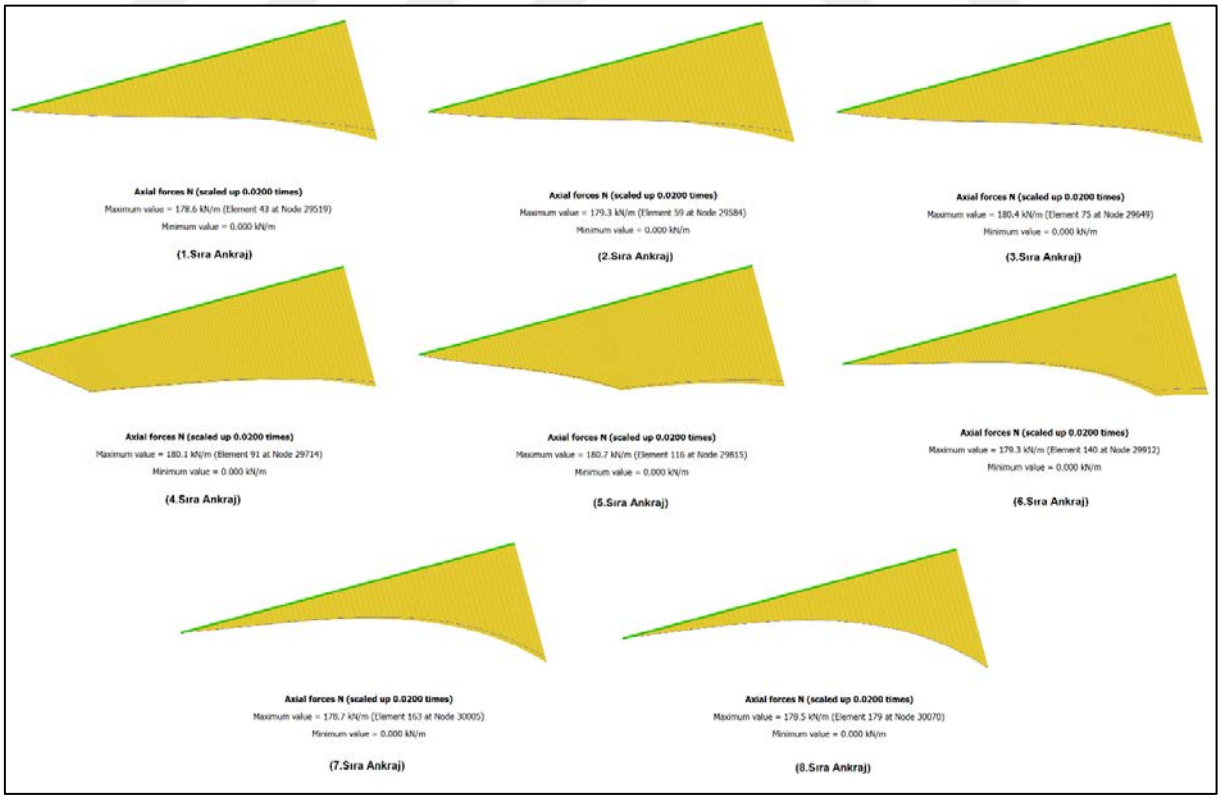
Ankraj kök ve gövde boyu hesapları tablolar halinde aşağıda sırasıyla verilmiştir. Kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,00 olarak alınmıştır (BS-8081, 2015). (Sabani ve diğ., 1999) tarafından hazırlanan FHWA şartnamesinde ankraj groutuyla-zemin arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 2,0 olarak ankraj groutuyla kaya arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 3,0 olarak önerilmektedir. Bu tez kapsamında bağ mukavemeti güvenlik değeri belirtildiği üzere zemin biriminde kalan ankraj kökleri için 2,0 kaya biriminde kalan ankraj kökleri için 3,0 olarak alınmıştır.

Ankrajların Analizleri

Tablo 5.44: Ankrajlara Gelen Yükler

Ankraj Sıra No	Ankraj Yükü (kN/m)	Yatay Mesafesi (m)	Toplam Yük (kN/m)
1	178,60	1,40	250,04
2	179,30	1,40	251,02
3	180,40	1,40	252,56
4	180,10	1,40	252,14
5	180,70	1,40	252,98
6	179,30	1,40	251,02
7	178,70	1,40	250,18
8	178,50	1,40	249,90

Yüklemeler sonucunda hesapta kullanılan ankrajlara gelen yükler yukarıda ki tabloda yer verilmiştir. Arazide kullanılan ankrajların sıraları ise Şekil 5.42'de gösterilmiştir. Sırası ile gelen yüklerin detayları da Tablo 5.44'de gösterilmiştir.



Şekil 5.52: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler

Tablo 5.45: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri

No	Plaxıs 2d Ankraj Kuvveti (kN)	Serbest Boy (m)	Kök Boyu (m)
1	178,60	13,0	10,0
2	179,30	12,0	10,0
3	180,40	11,0	10,0
4	180,10	10,0	10,0
5	180,70	9,0	10,0
6	179,30	8,0	10,0
7	178,70	7,0	10,0
8	178,50	6,0	10,0

Tablo 5.46: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu

Kazı Seviyesi	Ankraj Kuvvetleri (kN)	Yanal Mesafe (m)	Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Ön Germe Yükü (kN)	Seçilen Ön Germe Yükü (kN)
1	178,60	1,4	250,04	250	250
2	179,30	1,4	251,02	251	250
3	180,40	1,4	252,56	253	250
4	180,10	1,4	252,14	252	250
5	180,70	1,4	252,98	253	250
6	179,30	1,4	251,02	251	250
7	178,70	1,4	250,18	250	250
8	178,50	1,4	249,90	250	250

Tablo 5.47: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı

Ankraj			Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Güvenlikli Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Kök Boyu	
Çapı	Birim Çevre Alanı	Sıra No			Hesap (m)	Seçilen (m)
0,14	0,44	1	250,04	500,08	7,6	10
0,14	0,44	2	251,02	502,04	7,6	10
0,14	0,44	3	252,56	505,12	7,7	10
0,14	0,44	4	252,14	504,28	7,6	10
0,14	0,44	5	252,98	505,96	7,7	10
0,14	0,44	6	251,02	502,04	7,6	10
0,14	0,44	7	250,18	500,36	7,6	10
0,14	0,44	8	249,90	499,80	7,6	10

Tablo 5.48: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı

Ankraj		Kablo Çapı (inch)	Kablo Mukavemet Kuvveti (kN)	Kablo Sayısı	
Sıra No	Hesap Kuvveti (kN)			Hesap	Seçilen
1	500,08	0,6	279	1,79	3
2	502,04	0,6	279	1,80	3
3	505,12	0,6	279	1,81	3
4	504,28	0,6	279	1,81	3
5	505,96	0,6	279	1,81	3
6	502,04	0,6	279	1,80	3
7	500,36	0,6	279	1,79	3
8	499,80	0,6	279	1,79	3

Tablo 5.49: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri

SIYRILMA TAHKİKİ		
Halat Çapı	:	15,24 mm
Halat Kesit Alanı	:	140,00 mm^2
Kopma Kuvveti	:	279,00 kN
Ankraj Yükü	:	250,00 kN
Halat Sayısı	:	3
Kök Boyu	:	10,00 m
Halat Yüzey Alanı	:	0,48 m^2
t_{em}	:	700,00 kPa
P_{em}	:	1.005,44 kN
$_{Pem}$ / Ankraj Yükü	:	**4,02**
	4,02 > 2	**OK**

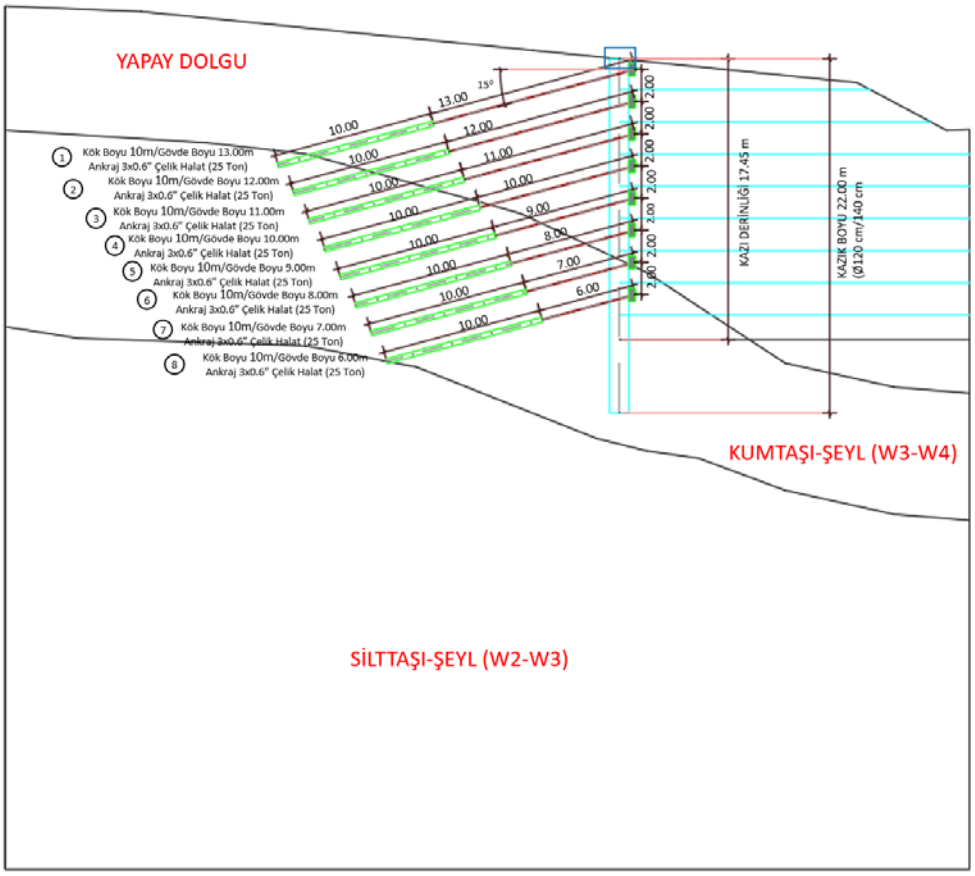
Not: Kalıcı ankraj güvenlik sayısı 2.0 kabul edilmiştir.

5.2.4.2 Giriş Portalı Km 4+175 Sol Duvar Stabilite Analizleri

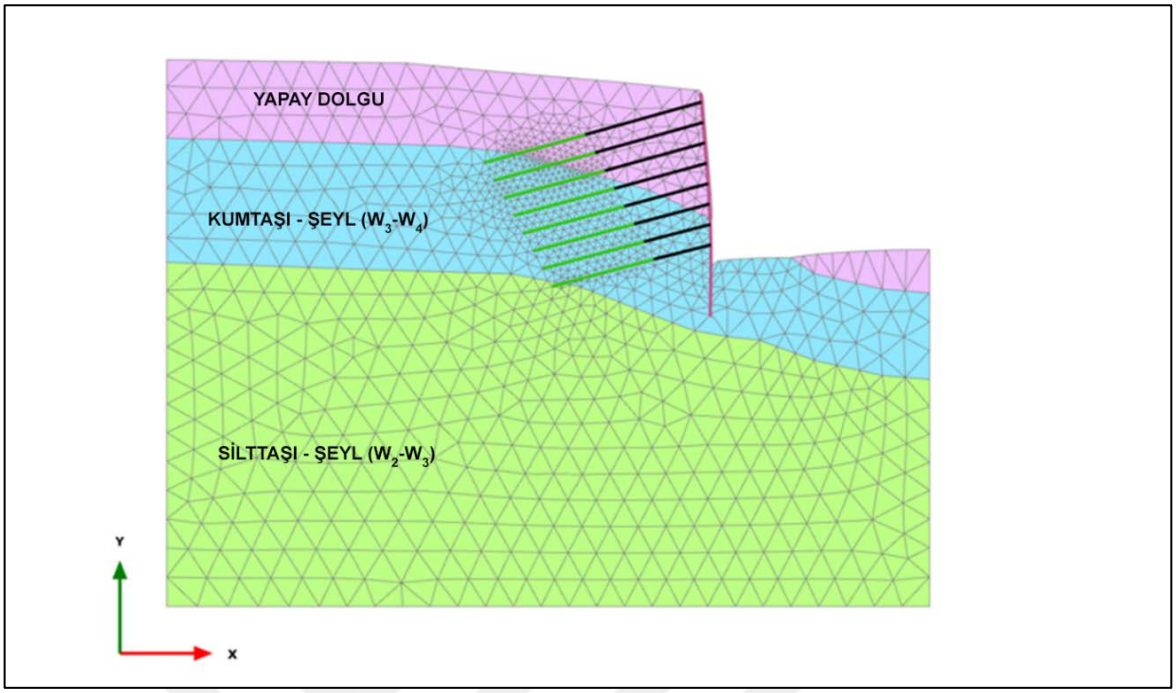
Bu bölümde Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Km 4+175 kesiti sol duvarı için yapılan stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Kritik iksa kesitleri, çevre yapılar ve sürşarj yükleri dikkate alınarak belirlenmiştir.

Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Sol tarafında yer alan, Yapay Dolgu, Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) ve Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) birimlerinde açılacak olan 17,45 m kazı derinliğine sahiptir. İksa sistemi Ø120 cm çapında 140 cm aralıklı fore kazıktan oluşmaktadır. Betonarme fore kazıklar 22 m boyunda olup, 8 sıra 3*0,6''lik yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, 25 ton öngermeli ankrajlar ile desteklenmiştir.

Km 4+175 kesiti sol duvarı için önerilen sistem Şekil 5.53'de verilirken destekleme elemanı olarak önerilen destekleme sistemi Şekil 5.54'de verilmiştir.



Şekil 5.53: Giriş Portalı Km 4+175 Sol Duvar Kesiti ve iksa tipi özellikleri



Şekil 5.54: Giriş Portalı Km 4+175 Sol Duvar kesitine ait hesap modeli

Tablo 5.50: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+175 İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri

	Litoloji	**Malzeme Modeli ve Drenaj Durumu**	**E (kPa)**	**c (kPa)**	**ϕ (°)**	**ν**	**γ (kN/m³)**
Jeolojik Birim Parametreleri	Yapay Dolgu	Mohr Coulomb-Drenajlı	30000	5	28,0	0,35	19
	Orta-Çok ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4)	Mohr Coulomb-Drenajlı	169000	55	24,9	0,30	24
	Az-Orta derecede ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3)	Mohr Coulomb-Drenajlı	421000	126	36,3	0,24	27

	Destekleme	**E (kN/m²)**	**γ (kN/m³)**	**Diameter (m)**	**$L_{spacing}$ (m)**
Destekleme Elemanı Parametreleri	Kazık	30250000	25,00	1,20	1,40
	Ankraj Kökü	20000000	25,00	0,14	1,40

Tünel Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+175 için yapılan stabilite analizlerinde kullanılan jeolojik parametreler ile destekleme elemanı parametreleri Tablo 5.50'de yer almaktadır. Destekleme elemanı parametrelerinden kazıklar için, çapı 120 cm olan kazıkların seçilmesinin sebebi kazının yapılacağı zeminin yapay dolgu ve orta-çok ayrışmış kumtaşı-şeyl birimi olduğundan daha yüksek çaplı kazık seçilerek deplasman ve kesit tesirlerinin fazla çıkmasına engel olmaktır. Elastisite Modülü için ise C25 beton sınıfı için Türk Standartları Enstitüsü-TS

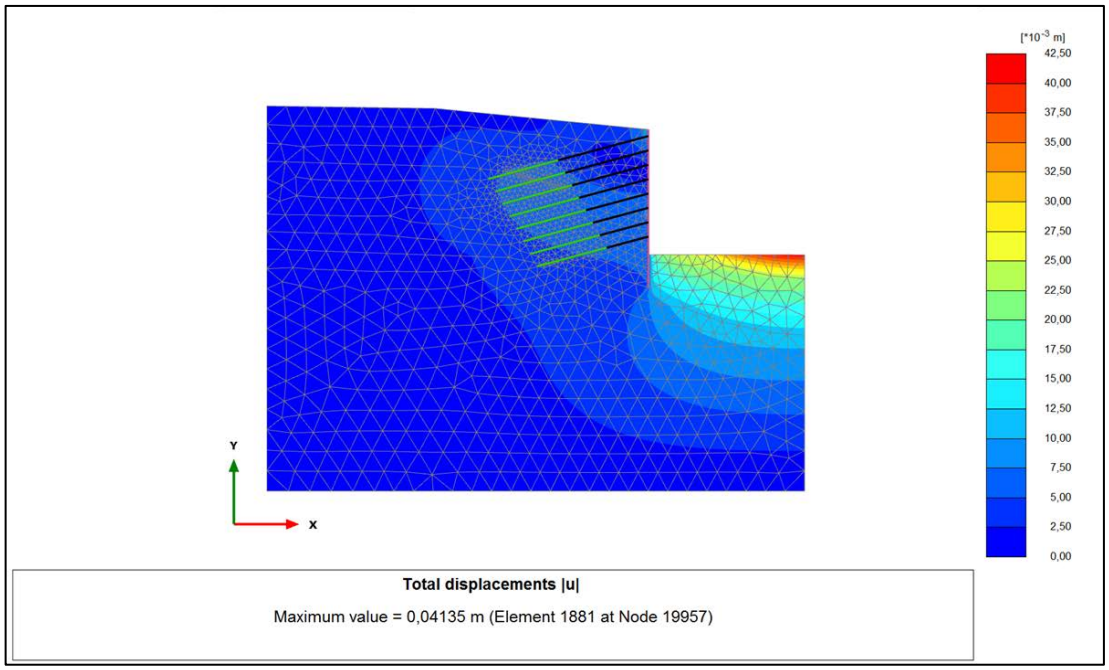
500/Şubat 2000 (2000)'de C25 Beton sınıfındaki bir betonun basınç dayanımı (fck) 25 olarak verilmiştir. İlgili standartta C25 Beton sınıfındaki bir betonun elastisite modülü Ecj=3250x√fckj+14000 bağıntısından yola çıkarak 30250000 Mpa olarak hesaplanmıştır.

Ankraj kökünün Elastisite Modülü için Türk Standartları Enstitüsü (2000) syf.23'de tüm donatı çelikler için, $E_s=2x10^5$ MPa olarak alınmıştır. Statik ve dinamik durumda gerçekleştirilen analizlerden zeminde oluşan maksimum deplasman ve kayma çemberi Şekil 5.55 ve Şekil 5.58 arasında verilmiştir.

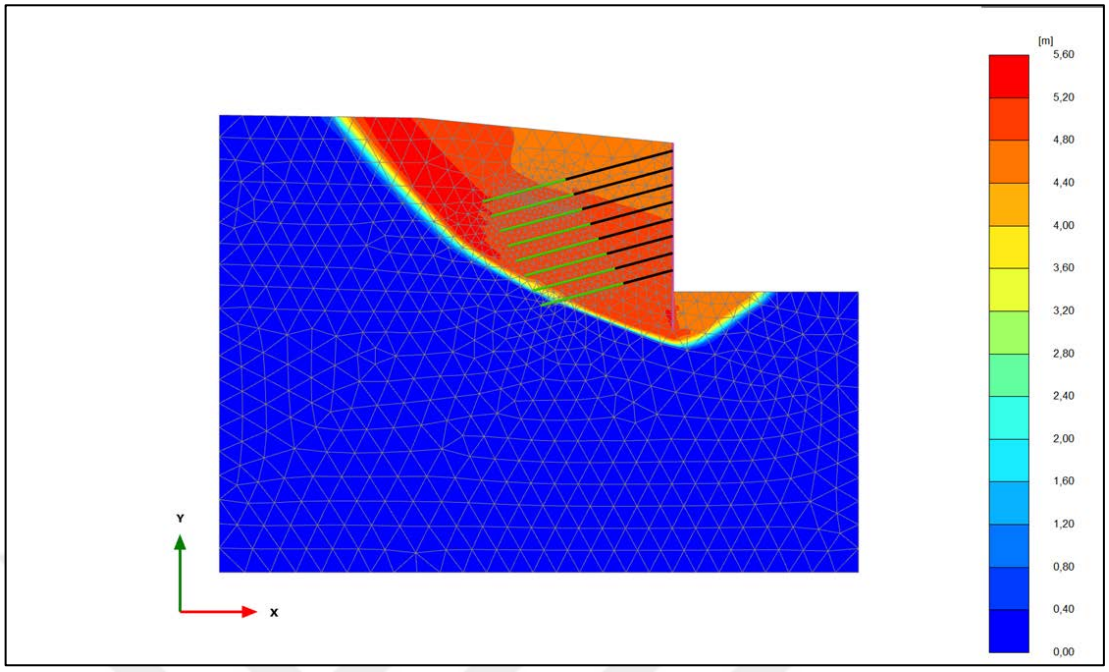
Analiz sonucunda, Şekil 5.59'da görüldüğü üzere önerilen destekleme sisteminin kullanılması durumunda derin kazı-kazıklı sistemin güvenlik sayısı, gerekli olan minimum güvenlik sayısından büyüktür. Sistemin statik ve dinamik durumdaki güvenlik sayıları sırasıyla statik durum için 1,5, dinamik durum için 1,1 olarak önerilmektedir (K.G.M., 2005).

- **Statik Durum**

Km 4+175 Sol Duvar Stabilite Analizinde Statik Durum için kazı taban kotuna inilmesi durumunda oluşan maksimum deplasman 4,135 cm olarak belirlenmiştir. Analiz sonucu ortaya çıkan güvenlik sayısı 1,788'dir. Statik durum için önerilen güvenlik sayısı 1,5 olup statik durumda elde edilen güvenlik sayısı daha büyük elde edilmiş ve güvenlik koşullarının sağlandığı belirlenmiştir.



Şekil 5.55: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=4,135 cm) (Statik Durum)

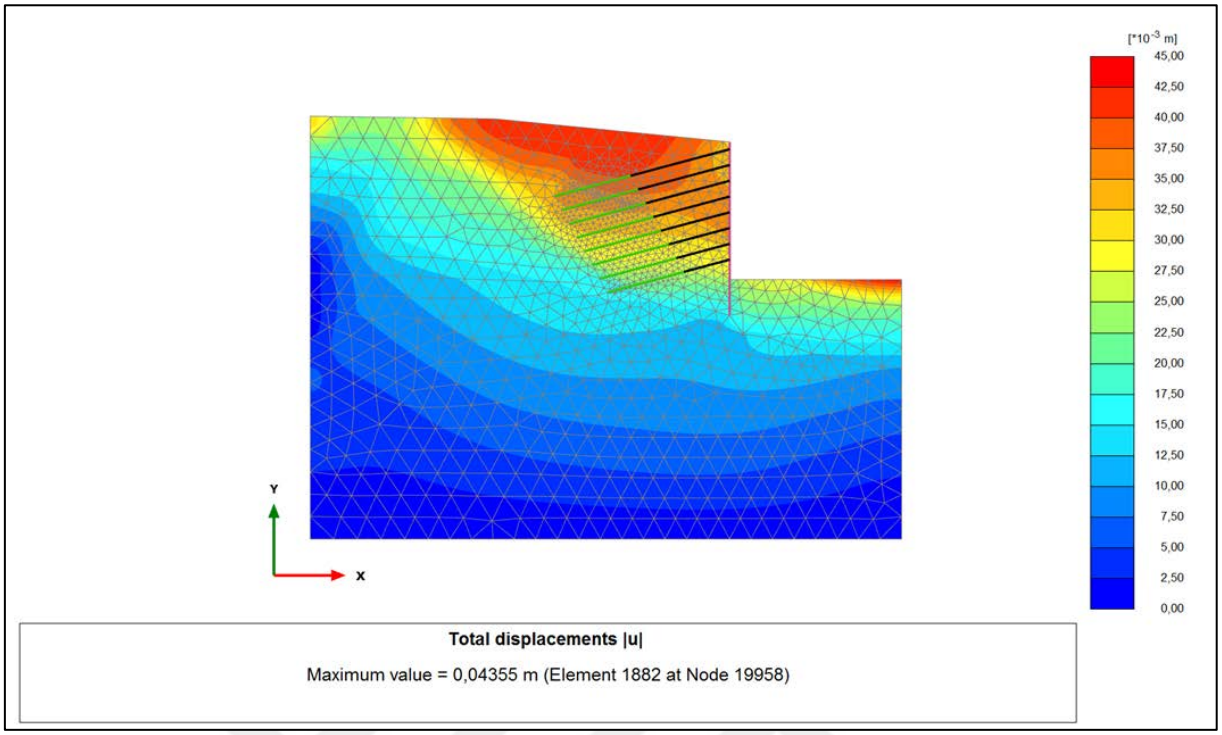


Şekil 5.56: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum)

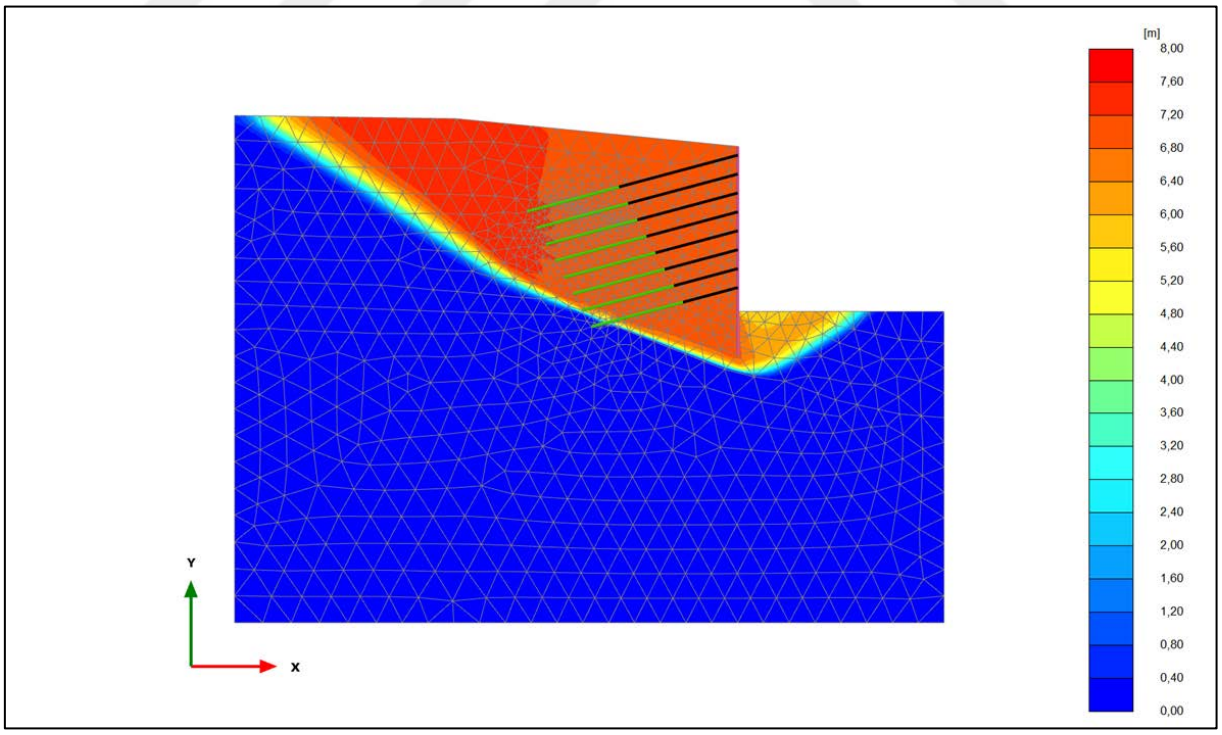
- **Dinamik Durum**

Tez kapsamında dinamik durum için yapılan analizlerde, Ch (yatak eşdeğer deprem katsayısı) değeri "Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi" syf.106'da bulunan şev stabilite analizlerine esas yatay deprem katsayılarını gösteren grafik esas alınarak Ch=0,15 alınmıştır (Şekil 2.9) (K.G.M., 2005).

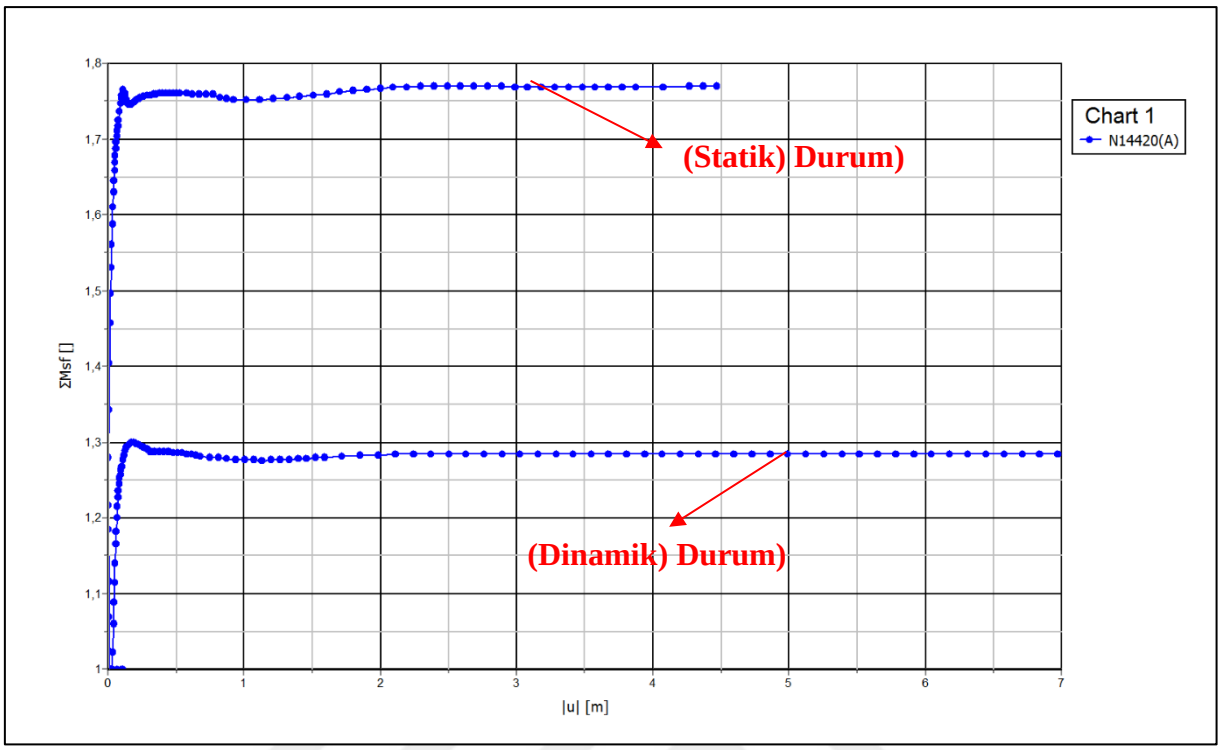
Km 4+175 Sol Duvar Stabilite Analizinde Dinamik Durum için kazı taban kotuna inilmesi durumunda zeminde oluşan maksimum deplasman 4,355 cm olarak belirlenmiştir. Analiz sonucu ortaya çıkan güvenlik sayısı 1,287'dir. KGM (2005)'de Dinamik durum için önerilen güvenlik sayısı 1,1 olup dinamik durumda elde edilen güvenlik sayısı daha büyük elde edilmiş ve güvenlik koşullarının sağlandığı belirlenmiştir.



Şekil 5.57: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=4,355 cm) (Dinamik Durum)



Şekil 5.58: Bölgede oluşan kayma çemberi (Dinamik Durum)

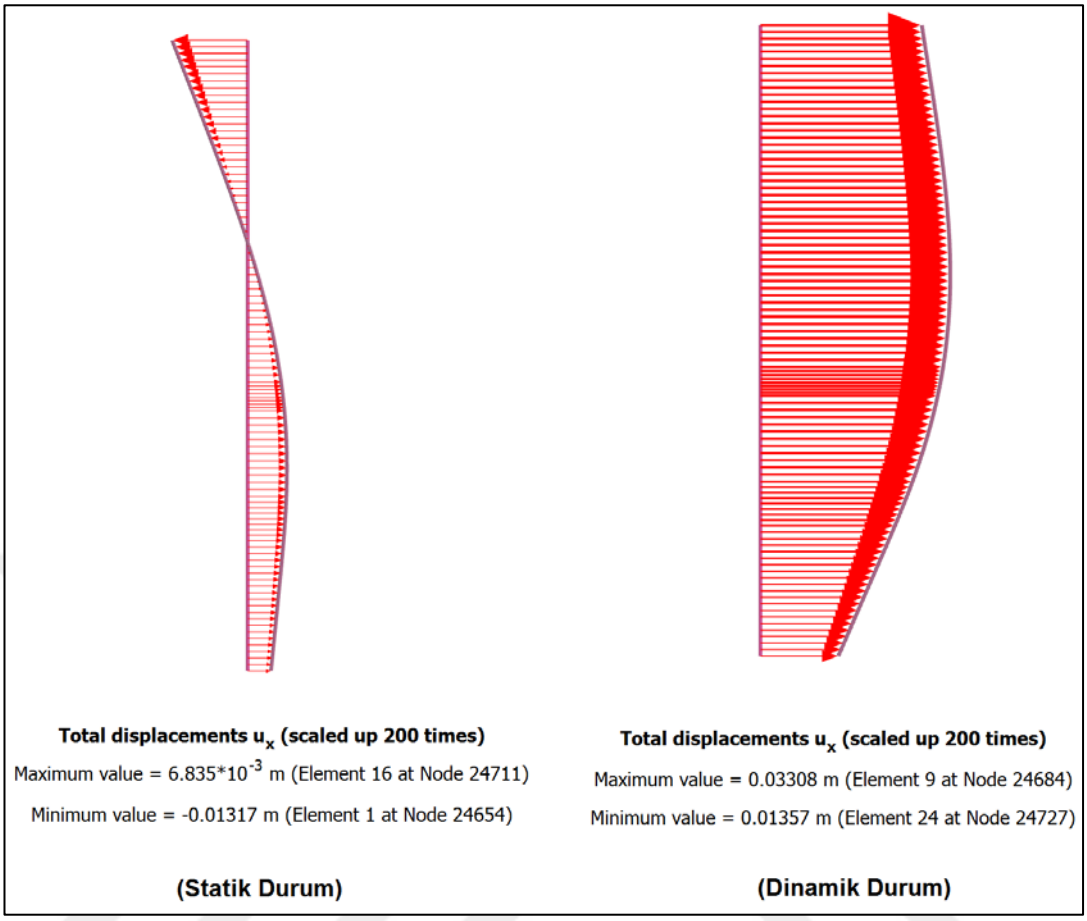


Şekil 5.59: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Dinamik Durum=1,287 ve Statik Durum=1,788

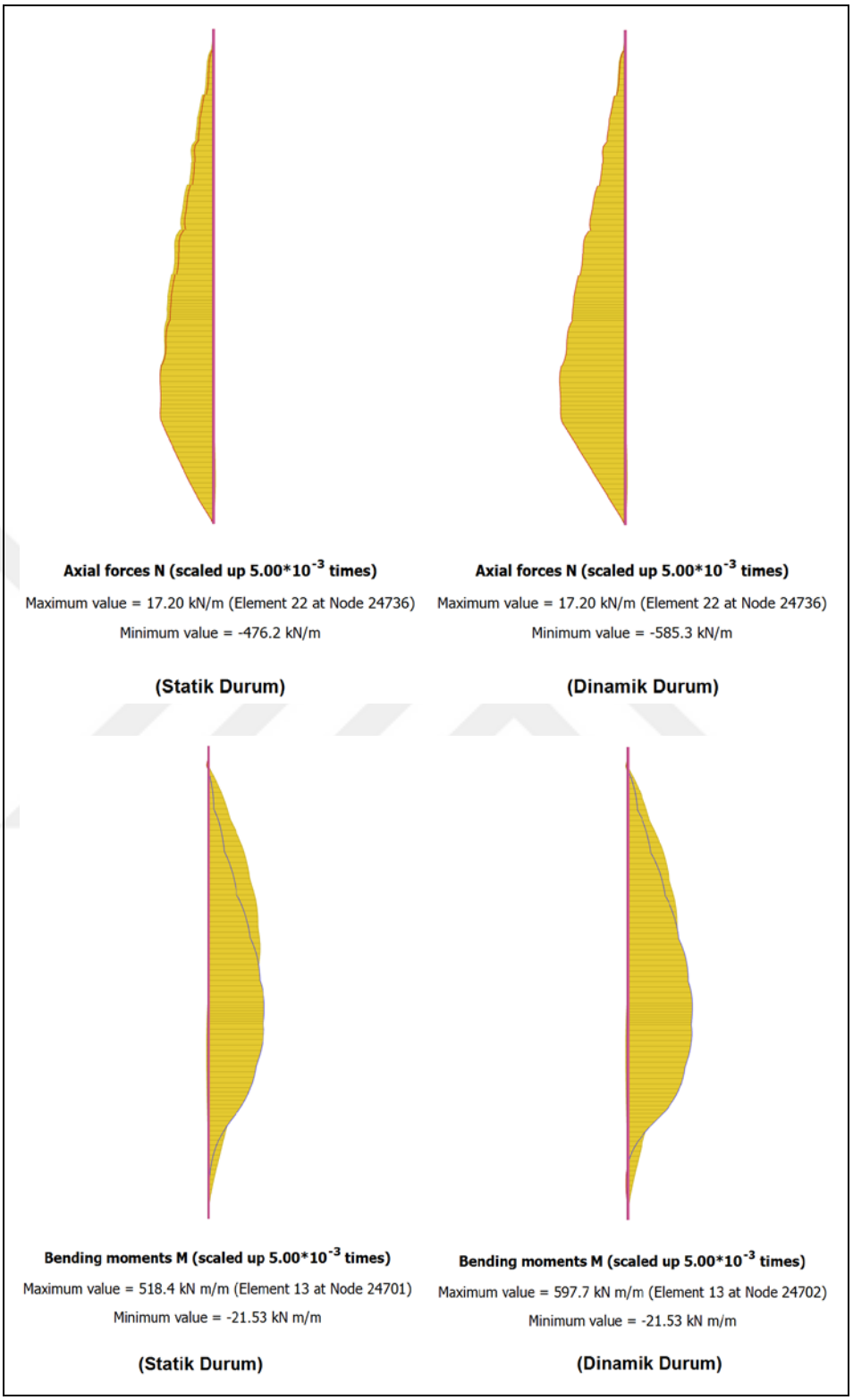
- **Kazıkların Analizleri**

Tablo 5.51: Giriş Portalı Km 4+175 Sol Duvar Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları

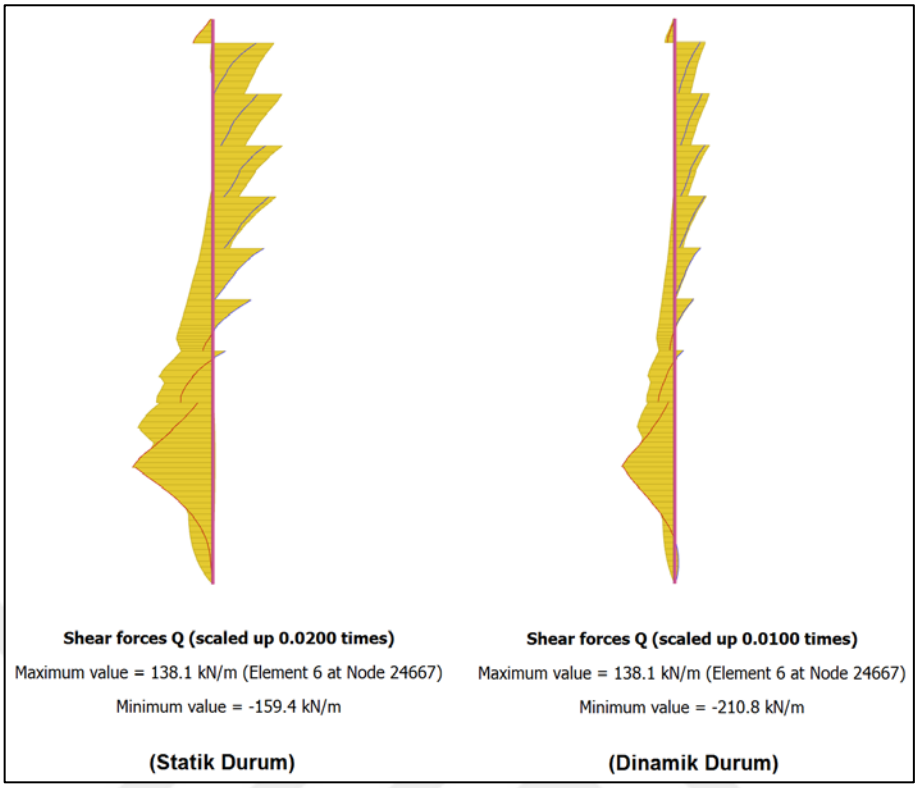
	L=22m (Φ 120)	
	Statik Durum	**Dinamik Durum**
U_x (mm)	13,17	33,08
N (kN/m)	-476,20	-585,30
M (kNm/m)	518,40	597,70
Q (kN/m)	-159,40	-210,80



Şekil 5.60: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+175 kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar



Şekil 5.61: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+175 kesitindeki fore kazığa gelen eğilme momentleri ve eksenel kuvvetler



Şekil 5.62: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+175 kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetler

Ankraj Tasarımı

Ankrajlı kazık tasarımı içerisinde yapılan ankraj halatı güvenlik ve stabilite hesapları Plaxis-2D 2016 sonlu elemanlar programı kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamalar FHWA Ground Anchors and Anchored Systems (Sabani ve diğ., 1999) ve (BS-8081, 2015) referans alınarak aşağıdaki adımlarda kontrol edilecektir.

Ankraj Halatı Teknik Özellikleri

Kazı derinliği ve zemin özellikleri dikkate alınarak geçici yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 1,60, kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,0 olarak alınmış (BS-8081, 2015) ve tek bir ankraj halatının kopma anına kadarki taşıma kapasitesi 279 kN olarak kabul edilmiştir.

Ankraj Kökü Taşıma Kapasitesi

Şeyl ve kil tabakalarının emniyetle taşıyabileceği birim gerilme değeri Tablo 5.52'de yer almaktadır.

Tablo 5.52: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri

	Dolgu	**Kumtaşı**
Delik çap (mm)	140 mm	140 mm
Adezyon Kuvveti (sürtünme kuvveti) (τ)	150 kPa	700 kPa
H (kazı toplam derinliği) (m)	17,45 m	

Ankraj kökü alanı 0,14xπx1,00 m = 0,44 m2 (birim kök boyu) (5.13)

Ankraj kökünün emniyetli taşıma kapasitesi (Pk):

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 150 kPa x 1 m= **66.00** kN.m (Dolgu için) (5.14)

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 700 kPa x 1 m= **308.00** kN.m (Kumtaşı için) (tablo)

Ø 120'lik kazıklardan oluşan kesit bölgesindeki kazık sistemi için yapılan ankraj paterni hesapları aşağıda görüldüğü gibidir;

Yatay doğrultuda ankraj aralıkları aşağıda belirtildiği gibidir;

Ankraj yatay aralığı → s = 1,4 m seçilmiştir.

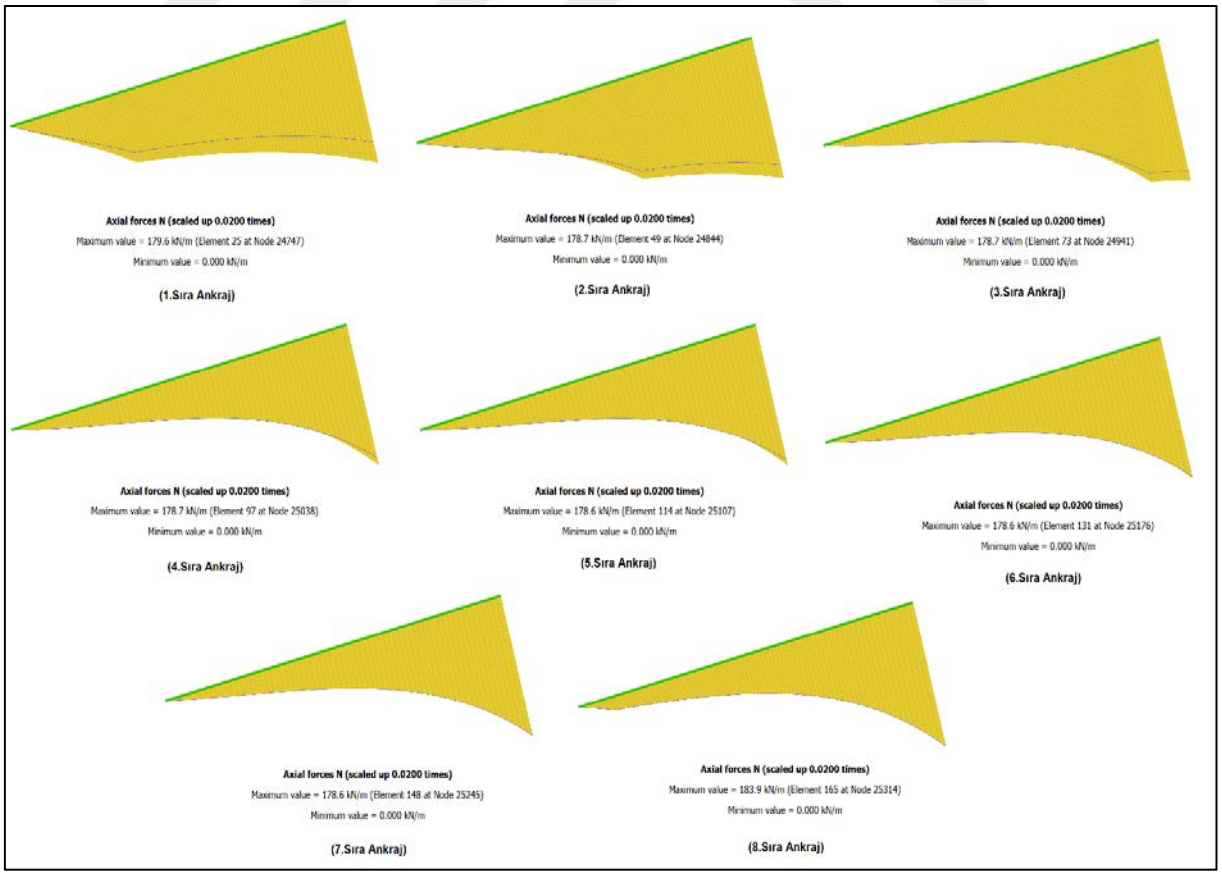
Ankraj kök ve gövde boyu hesapları tablolar halinde aşağıda sırasıyla verilmiştir. Kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,00 olarak alınmıştır (BS-8081, 2015). (Sabani ve diğ., 1999) tarafından hazırlanan FHWA şartnamesinde ankraj groutuyla-zemin arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 2,0 olarak ankraj groutuyla kaya arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 3,0 olarak önerilmektedir. Bu tez kapsamında bağ mukavemeti güvenlik değeri belirtildiği üzere zemin biriminde kalan ankraj kökleri için 2,0 kaya biriminde kalan ankraj kökleri için 3,0 olarak alınmıştır.

Ankrajların Analizleri

Tablo 5.53: Ankrajlara Gelen Yükler

Ankraj Sıra No	Ankraj Yükü (kN/m)	Yatay Mesafesi (m)	Toplam Yük (kN/m)
1	179,60	1,40	251,44
2	178,70	1,40	250,18
3	178,70	1,40	250,18
4	178,70	1,40	250,18
5	178,60	1,40	250,04
6	178,60	1,40	250,04
7	178,60	1,40	250,04
8	183,90	1,40	257,46

Yüklemeler sonucunda hesapta kullanılan ankrajlara gelen yükler yukarıdaki tabloda yer verilmiştir. Arazide kullanılan ankrajların sıraları ise Şekil 5.53'de gösterilmiştir. Sırası ile gelen yüklerin detayları da Tablo 5.53'de gösterilmiştir.



Şekil 5.63: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler

Tablo 5.54: Sol Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri

No	Plaxıs 2d Ankraj Kuvveti (kN)	Serbest Boy (m)	Kök Boyu (m)
1	179,60	13,0	10,0
2	178,70	12,0	10,0
3	178,70	11,0	10,0
4	178,70	10,0	10,0
5	178,60	9,0	10,0
6	178,60	8,0	10,0
7	178,60	7,0	10,0
8	183,90	6,0	10,0

Tablo 5.55: Sol Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu

Kazı Seviyesi	Ankraj Kuvvetleri (kN)	Yanal Mesafe (m)	Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Ön Germe Yükü (kN)	Seçilen Ön Germe Yükü (kN)
1	179,60	1,4	251,44	251	250
2	178,70	1,4	250,18	250	250
3	178,70	1,4	250,18	250	250
4	178,70	1,4	250,18	250	250
5	178,60	1,4	250,04	250	250
6	178,60	1,4	250,04	250	250
7	178,60	1,4	250,04	250	250
8	183,90	1,4	257,46	257	250

Tablo 5.56: Sol Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı

Ankraj			Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Güvenlikli Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Kök Boyu	
Çapı	Birim Çevre Alanı	Sıra No			Hesap (m)	Seçilen (m)
0,14	0,44	1	251,44	502,88	7,6	10
0,14	0,44	2	250,18	500,36	7,6	10
0,14	0,44	3	250,18	500,36	7,6	10
0,14	0,44	4	250,18	500,36	7,6	10
0,14	0,44	5	250,04	500,08	7,6	10
0,14	0,44	6	250,04	500,08	7,6	10
0,14	0,44	7	250,04	500,08	7,6	10
0,14	0,44	8	257,46	514,92	7,8	10

Tablo 5.57: Sol Duvar Km 4+175 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı

Ankraj		Kablo Çapı (inch)	Kablo Mukavemet Kuvveti (kN)	Kablo Sayısı	
Sıra No	Hesap Kuvveti (kN)			Hesap	Seçilen
1	502,88	0,6	279	1,80	3
2	500,36	0,6	279	1,79	3
3	500,36	0,6	279	1,79	3
4	500,36	0,6	279	1,79	3
5	500,08	0,6	279	1,79	3
6	500,08	0,6	279	1,79	3
7	500,08	0,6	279	1,79	3
8	514,92	0,6	279	1,85	3

Tablo 5.58: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri

SIYRILMA TAHKİKİ		
Halat Çapı	:	15,24 mm
Halat Kesit Alanı	:	140,00 mm^2
Kopma Kuvveti	:	279,00 kN
Ankraj Yükü	:	250,00 kN
Halat Sayısı	:	3
Kök Boyu	:	10,00 m
Halat Yüzey Alanı	:	0,48 m^2
t_{em}	:	700,00 kPa
P_{em}	:	1.005,44 kN
$_{Pem}$ / Ankraj Yükü	:	**4,02**
4,02 > 2		**OK**
Not: Kalıcı ankraj güvenlik sayısı 2.0 kabul edilmiştir.		

5.3 GİRİŞ PORTALI STABİLİTE ANALİZLERİ – YÖNTEM-2

Yapılan analizlere ek olarak, jeolojik modeli daha iyi yansıtan farklı iksa tipiyle Km 4+160 sağ ve sol duvarlar tekrar çözülmüş ve ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Belirlenen hesap kesitleri ve özellikleri Tablo 5.59'da ye almaktadır. Ayrıca analizi yapılan kesitler sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Tablo 5.59: Belirlenen hesap kesitleri ve özellikleri

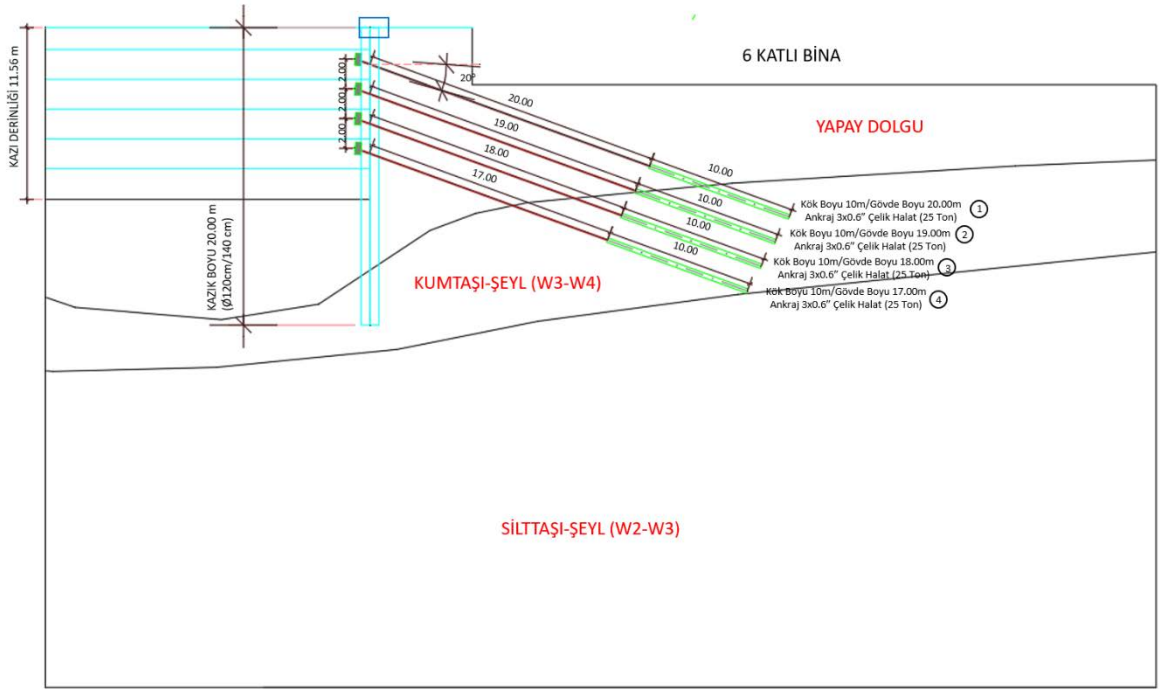
Km	Uygulanacak Bölge	Yükler	İksa Tipi
4+160	Giriş Portali Sağ Duvar	60 kPa (6 katlı bina yükü)	• Φ =120'lik Kazık (140 cm aralıklarla) 20 m boyunda • 4 sıra 3x0,6" Ankraj yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, toplam boyu sırasıyla 30 m, 29 m, 28 m ve 27 m, kök boyu 10 m olan, 25 ton öngermeli kalıcı ankrajlar
4+160	Giriş Portalı Sol Duvar	-	• Φ =120'lik Kazık (140 cm aralıklarla) 25 m boyunda • 8 sıra 3x0,6" Ankraj yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, toplam boyu sırasıyla 35 m, 34 m, 33 m, 32 m, 31 m, 30 m, 29 m ve 28 m kök boyu 10 m olan, 25 ton öngermeli kalıcı ankrajlar

5.3.1 Giriş Portali Km 4+160 Sağ Duvar Stabilite Analizi

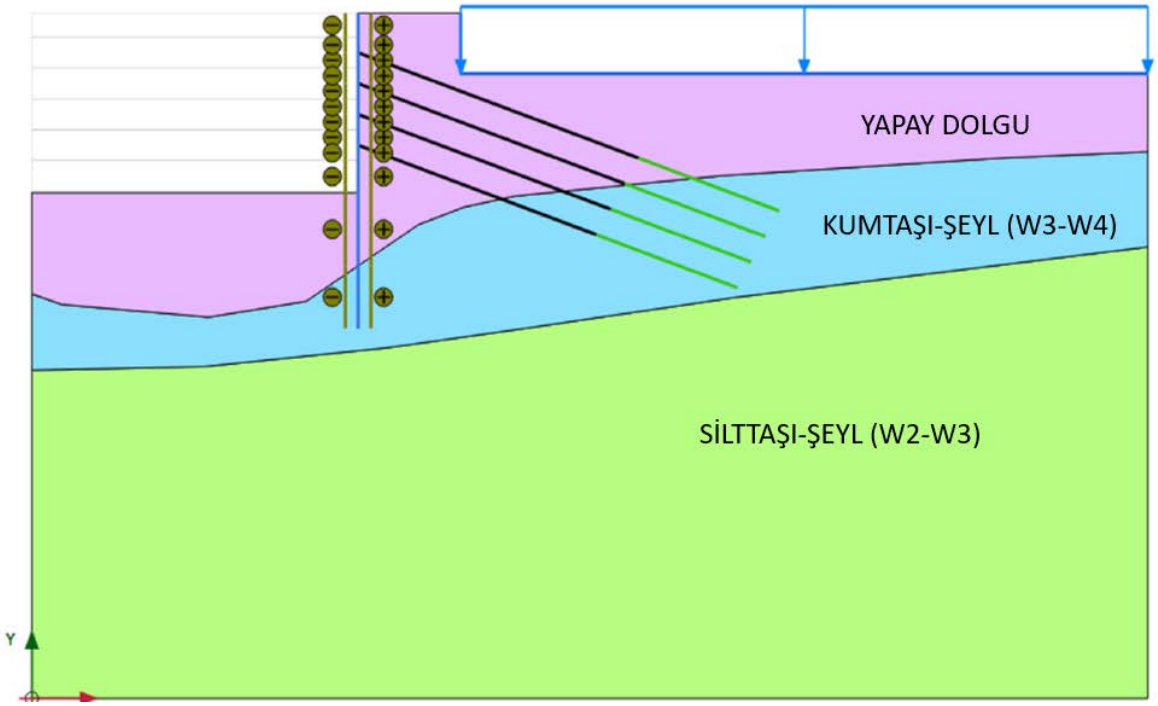
Bu bölümde Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Km 4+160 kesiti sağ duvarı için yapılan stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Kritik iksa kesitleri, çevre yapılar ve sürşarj yükleri dikkate alınarak belirlenmiştir.

Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Sağ tarafında yer alan, Yapay Dolgu, Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) ve Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) birimlerinde açılacak olan 11,56 m kazı derinliğine sahiptir. İksa sistemi Ø120 cm çapında 140 cm aralıklı fore kazıktan oluşmaktadır. Betonarme fore kazıklar 20 m boyunda olup, 4 sıra 3*0,6''lik yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, 25 ton öngermeli ankrajlar ile desteklenmiştir.

Km 4+160 kesiti sağ duvarı için önerilen sistem Şekil 5.64'de verilirken destekleme elemanı olarak önerilen destekleme sistemi Şekil 5.65'de verilmiştir.



Şekil 5.64: Giriş Portali Km 4+160 Sağ Duvar Kesiti ve iksa tipi özellikleri



Şekil 5.65: Giriş Portalı Km 4+160 Sağ Duvar kesitine ait hesap modeli

Tablo 5.60: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri

	Litoloji	Malzeme Modeli ve Drenaj Durumu	E (kPa)	c (kPa)	ϕ (°)	ν	γ (kN/m³)
Jeolojik Birim Parametreleri	Yapay Dolgu	Hardening Soil-Drenajlı	30000	5	28,0	0,35	19
	Orta-Çok ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4)	Mohr Coulomb-Drenajlı	169000	55	24,9	0,30	24
	Az-Orta derecede ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3)	Mohr Coulomb-Drenajlı	421000	126	36,3	0,24	27

	Destekleme	E (kN/m²)	γ (kN/m³)	Diameter (m)	$L_{spacing}$ (m)
Destekleme Elemanı Parametreleri	Kazık	30250000	25,00	1,20	1,40
	Ankraj Kökü	20000000	25,00	0,14	1,40

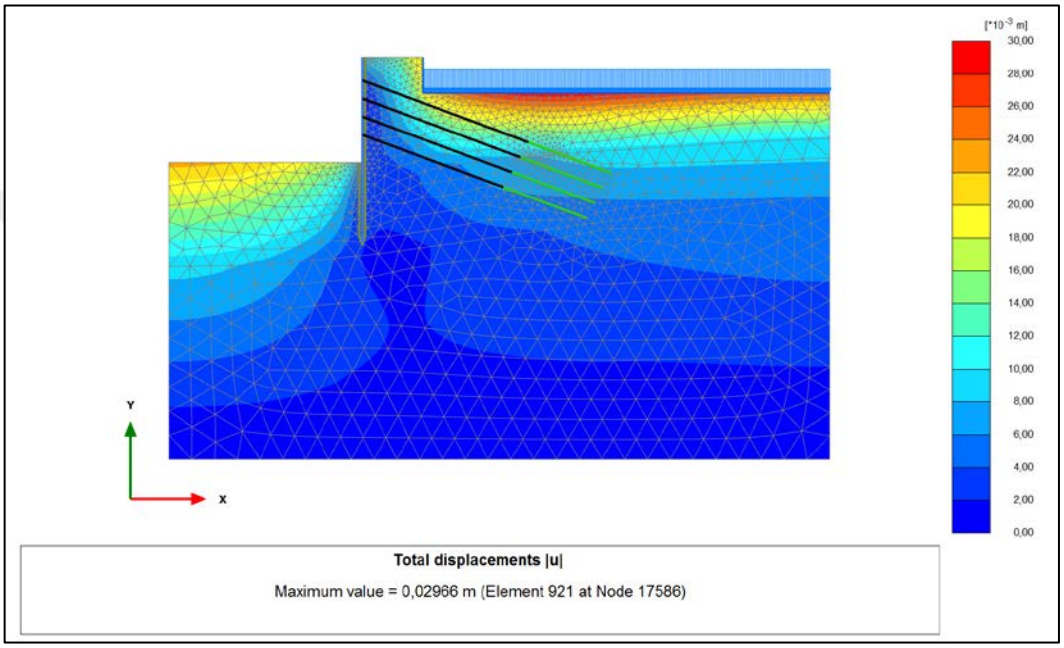
Tünel Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 için yapılan stabilite analizlerinde kullanılan jeolojik parametreler ile destekleme elemanı parametreleri Tablo 5.60'de yer almaktadır. Destekleme elemanı parametrelerinden kazıklar için, çapı 120 cm olan kazıkların seçilmesinin sebebi kazının yapılacağı zeminin yapay dolgu ve orta-çok ayrışmış kumtaşı-şeyl birimi olduğundan daha yüksek çaplı kazık seçilerek deplasman ve kesit tesirlerinin fazla çıkmasına engel olmaktır. Elastisite Modülü için ise C25 beton sınıfı için Türk Standartları Enstitüsü-TS 500/Şubat 2000 (2000)'de C25 Beton sınıfındaki bir betonun basınç dayanımı (fck) 25 olarak verilmiştir. İlgili standartta C25 Beton sınıfındaki bir betonun elastisite modülü Ecj=3250x√fckj+14000 bağıntısından yola çıkarak 30250000 Mpa olarak hesaplanmıştır.

Ankraj kökünün Elastisite Modülü için Türk Standartları Enstitüsü (2000) syf.23'de tüm donatı çelikler için, $E_s=2x10^5$ MPa olarak alınmıştır. Statik ve dinamik durumda gerçekleştirilen analizlerden zeminde oluşan maksimum deplasman ve kayma çemberi Şekil 5.66 ve Şekil 5.69 arasında verilmiştir.

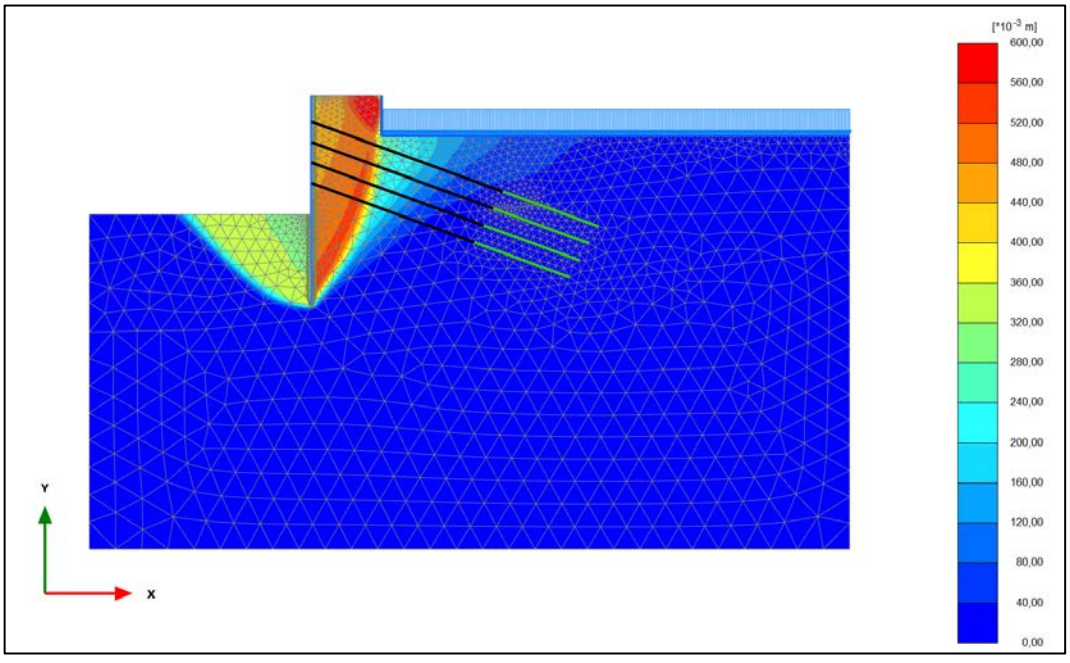
Analiz sonucunda, Şekil 5.70'da görüldüğü üzere önerilen destekleme sisteminin kullanılması durumunda derin kazı-kazıklı sistemin güvenlik sayısı, gerekli olan minimum güvenlik sayısından büyüktür. Sistemin statik ve dinamik durumdaki güvenlik sayıları sırasıyla statik durum için 1,5, dinamik durum için 1,1 olarak önerilmektedir (K.G.M., 2005).

- **Statik Durum**

Km 4+160 Sağ Duvar Stabilite Analizinde Statik Durum için kazı taban kotuna inilmesi durumunda oluşan maksimum deplasman 2,966 cm olarak belirlenmiştir. Analiz sonucu ortaya çıkan güvenlik sayısı 2,732'dir. KGM (2005)'de Statik durum için önerilen güvenlik sayısı 1,5 olup statik durumda elde edilen güvenlik sayısı daha büyük elde edilmiş ve güvenlik koşullarının sağlandığı belirlenmiştir.



Şekil 5.66: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=2,966 cm) (Statik Durum)

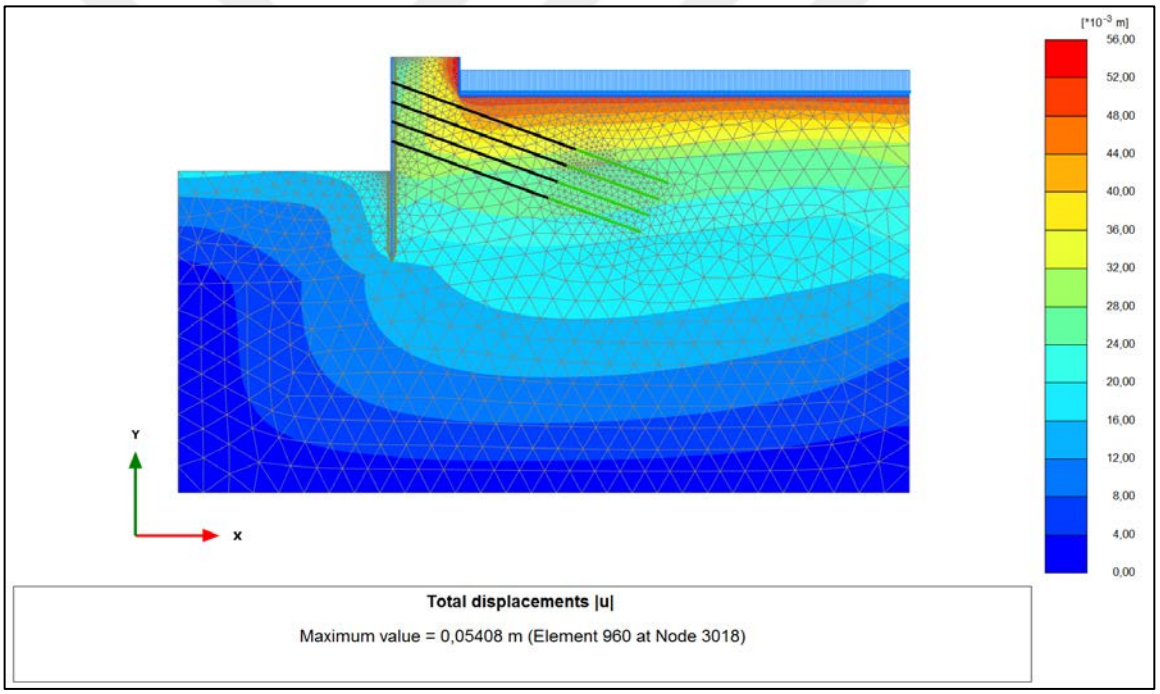


Şekil 5.67: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum)

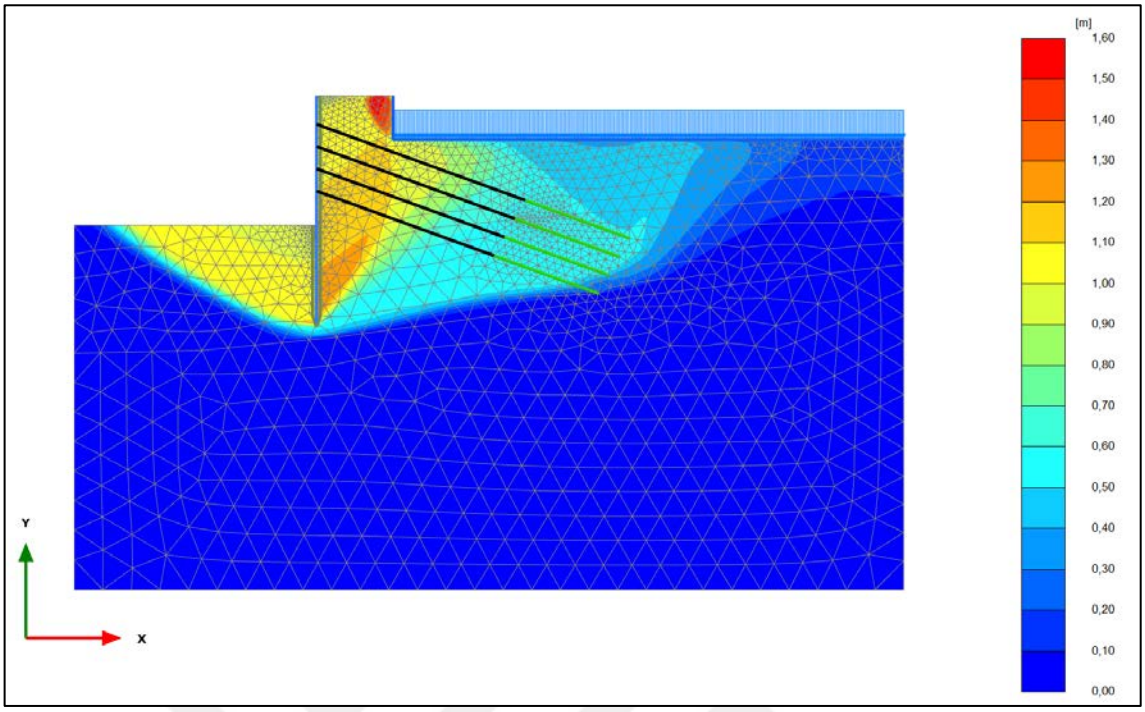
- **Dinamik Durum**

Tez kapsamında dinamik durum için yapılan analizlerde, Ch (yatak eşdeğer deprem katsayısı) değeri "Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi" syf.106'da bulunan şev stabilite analizlerine esas yatay deprem katsayılarını gösteren grafik esas alınarak Ch=0,15 alınmıştır (Şekil 2.9) (K.G.M., 2005).

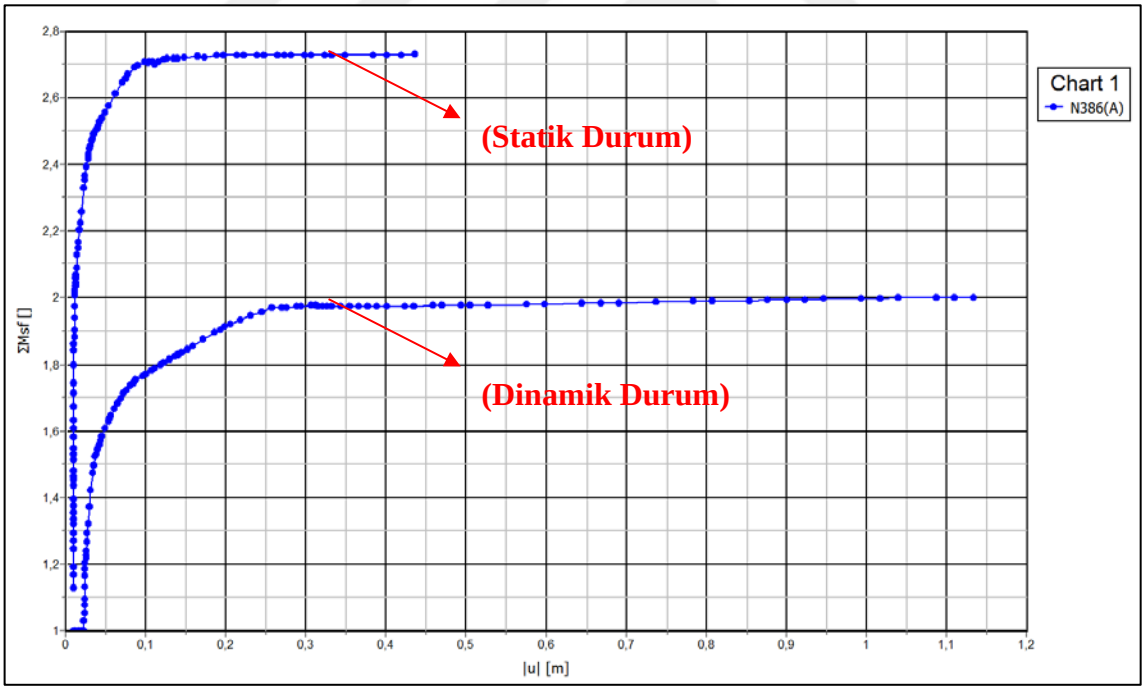
Km 4+160 Sağ Duvar Stabilite Analizinde Dinamik Durum için kazı taban kotuna inilmesi durumunda zeminde oluşan maksimum deplasman 5,408 cm olarak belirlenmiştir. Analiz sonucu ortaya çıkan güvenlik sayısı 1,998'dir. KGM (2005)'de Dinamik durum için önerilen güvenlik sayısı 1,1 olup dinamik durumda elde edilen güvenlik sayısı daha büyük elde edilmiş ve güvenlik koşullarının sağlandığı belirlenmiştir.



Şekil 5.68: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=5,408 cm) (Dinamik Durum)



Şekil 5.69: Bölgede oluşan kayma çemberi (Dinamik Durum)

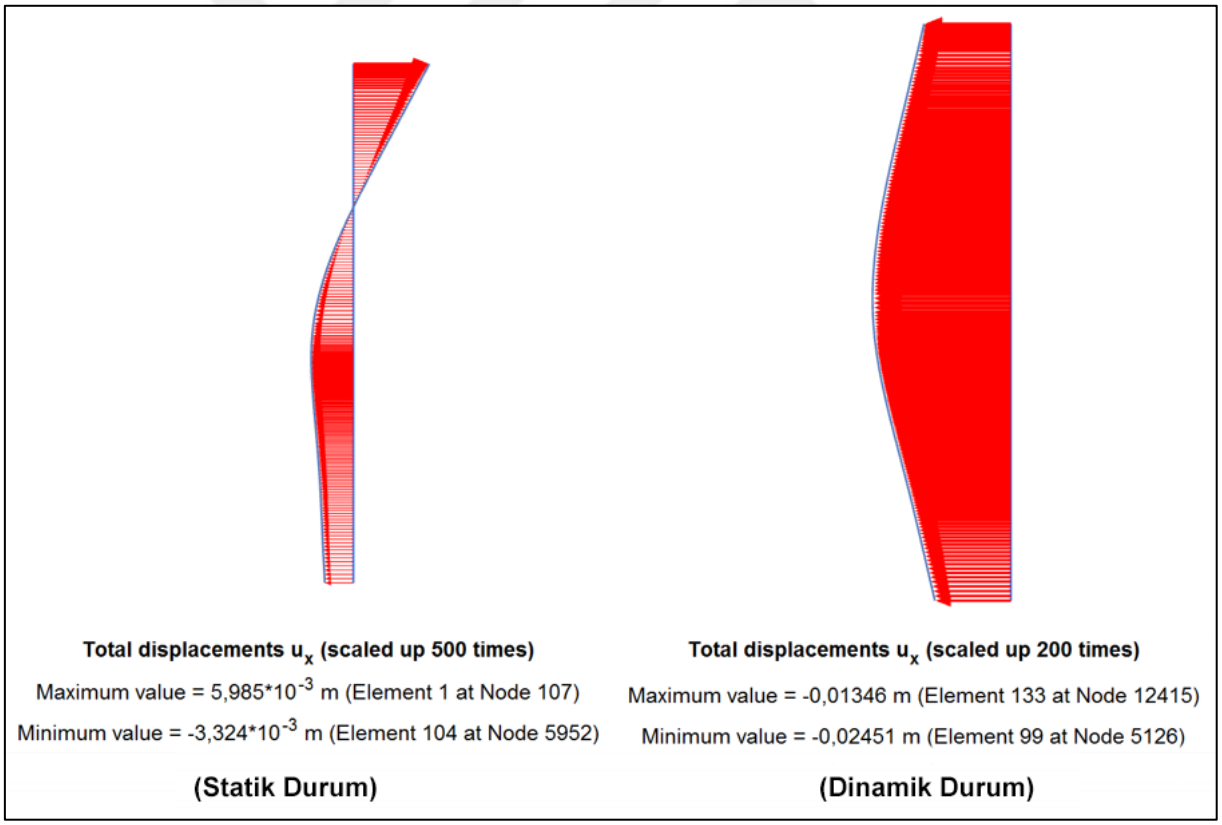


Şekil 5.70: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Dinamik Durum=1,998 ve Statik Durum=2,732

- **Kazıkların Analizleri**

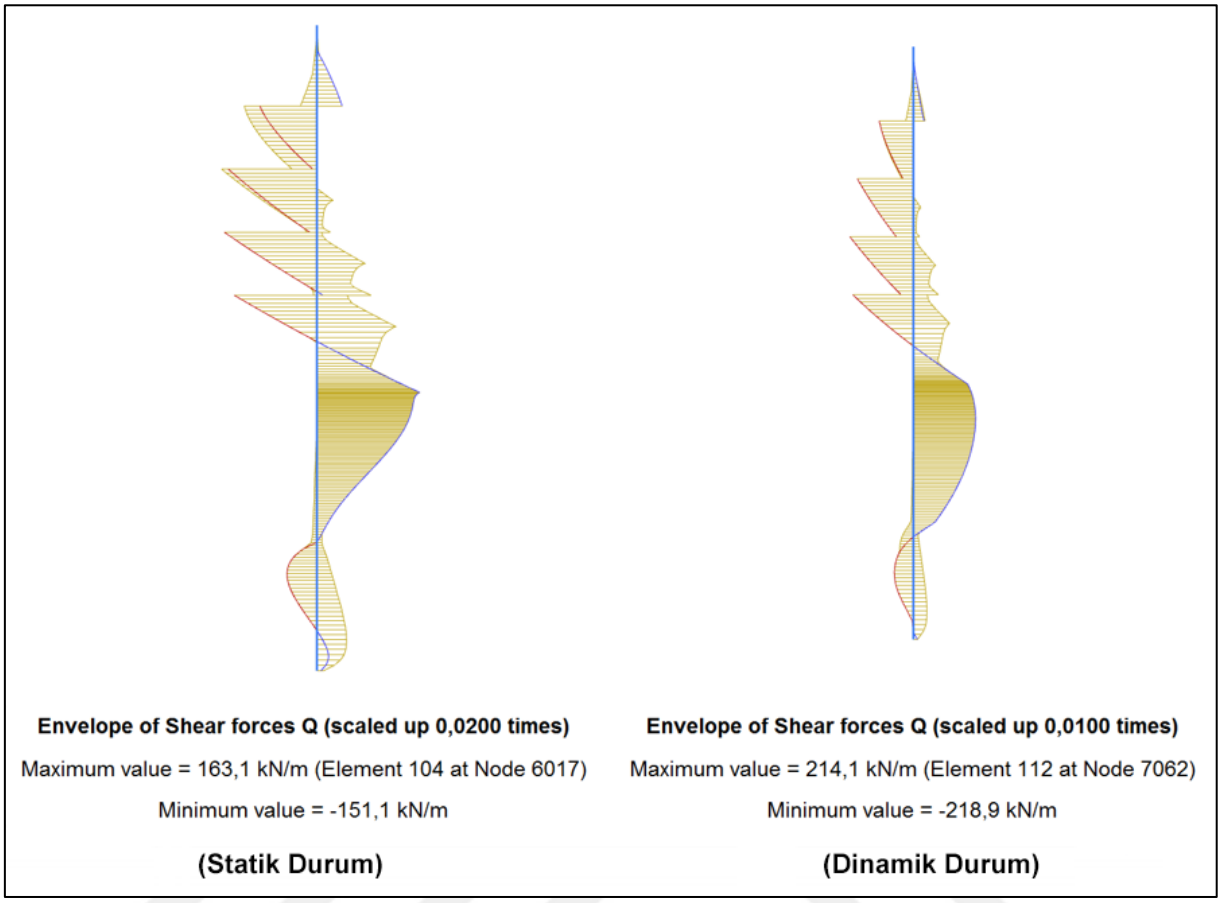
Tablo 5.61: Giriş Portalı Km 4+160 Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları

	L=20m (Φ 120)	
	Statik Durum	**Dinamik Durum**
U_x (mm)	5,985	-24,51
N (kN/m)	-596,30	-881,70
M (kNm/m)	-466,00	466,00
Q (kN/m)	-163,10	-218,90



Şekil 5.71: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar

Şekil 5.72: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen eksenel kuvvetler ve eğilme momentleri



Şekil 5.73: Giriş Portalı Sağ Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetler

Ankraj Tasarımı

Ankrajlı kazık tasarımı içerisinde yapılan ankraj halatı güvenlik ve stabilite hesapları Plaxis-2D 2016 sonlu elemanlar programı kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamalar FHWA Ground Anchors and Anchored Systems (Sabani ve diğ., 1999) ve (BS-8081, 2015) referans alınarak aşağıdaki adımlarda kontrol edilecektir.

Ankraj Halatı Teknik Özellikleri

Kazı derinliği ve zemin özellikleri dikkate alınarak geçici yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 1,60, kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,0 olarak alınmış (BS-8081, 2015) ve tek bir ankraj halatının kopma anına kadarki taşıma kapasitesi 279 kN olarak kabul edilmiştir.

Ankraj Kökü Taşıma Kapasitesi

Şeyl ve kil tabakalarının emniyetle taşıyabileceği birim gerilme değeri Tablo 5.62'de yer almaktadır.

Tablo 5.62: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri

	Dolgu	**Kumtaşı**
Delik çap (mm)	140 mm	140 mm
Adezyon Kuvveti (sürtünme kuvveti) (τ)	150 kPa	700 kPa
H (kazı toplam derinliği) (m)	11,56 m	

Ankraj kökü alanı 0,14xπx1,00 m = 0,44 m2 (birim kök boyu) (5.13)

Ankraj kökünün emniyetli taşıma kapasitesi (Pk):

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 150 kPa x 1 m= **66.00** kN.m (Dolgu için) (5.14)

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 700 kPa x 1 m= **308.00** kN.m (Kumtaşı için) (5.15)

Ø 120'lik kazıklardan oluşan kesit bölgesindeki kazık sistemi için yapılan ankraj paterni hesapları aşağıda görüldüğü gibidir;

Yatay doğrultuda ankraj aralıkları aşağıda belirtildiği gibidir;

Ankraj yatay aralığı → s = 1,4 m seçilmiştir.

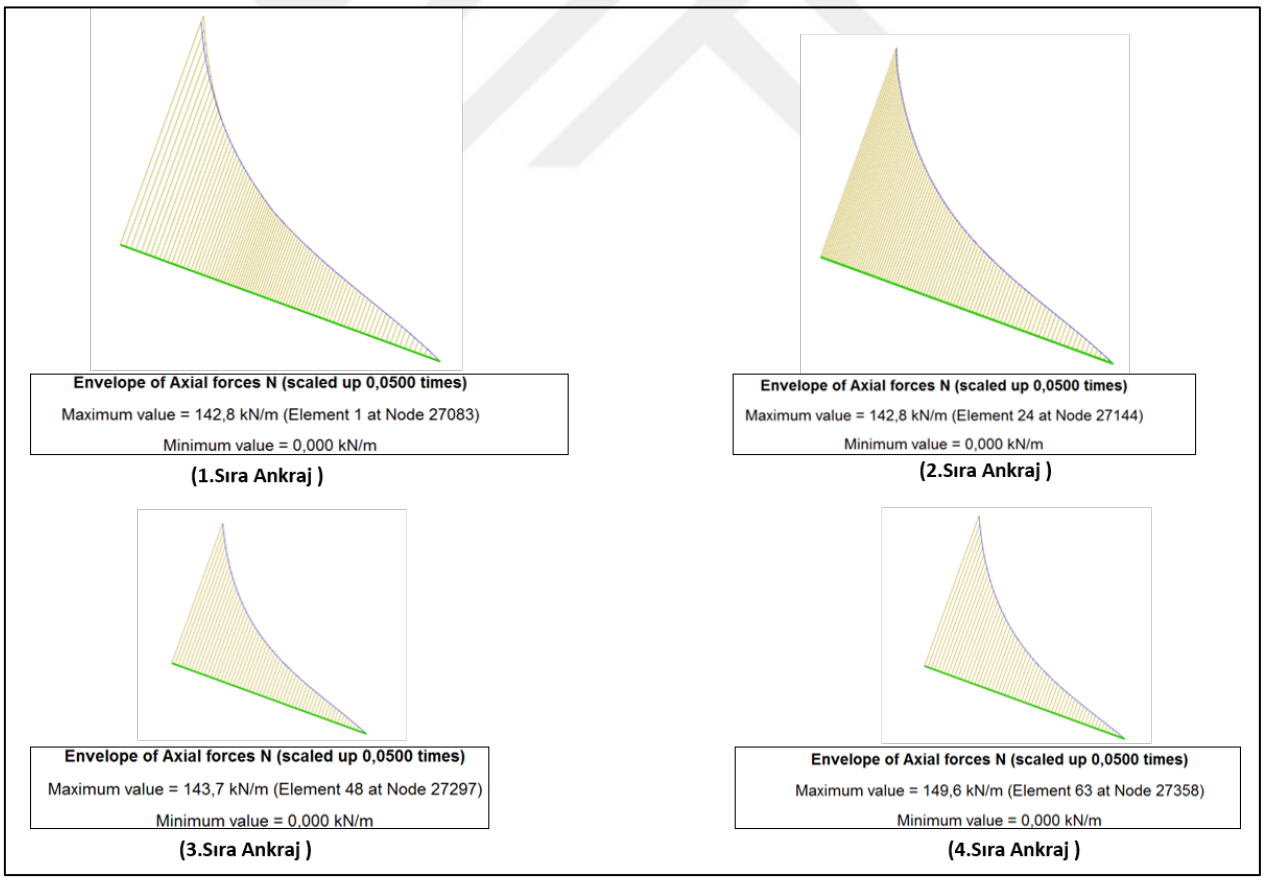
Ankraj kök ve gövde boyu hesapları tablolar halinde aşağıda sırasıyla verilmiştir. Kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,00 olarak alınmıştır (BS-8081, 2015). (Sabani ve diğ., 1999) tarafından hazırlanan FHWA şartnamesinde ankraj groutuyla-zemin arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 2,0 olarak ankraj groutuyla kaya arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 3,0 olarak önerilmektedir. Bu tez kapsamında bağ mukavemeti güvenlik değeri belirtildiği üzere zemin biriminde kalan ankraj kökleri için 2,0 kaya biriminde kalan ankraj kökleri için 3,0 olarak alınmıştır.

Ankrajların Analizleri

Tablo 5.63: Ankrajlara Gelen Yükler

Ankraj Sıra No	Ankraj Yükü (kN/m)	Yatay Mesafesi (m)	Toplam Yük (kN/m)
1	142,80	1,40	199,92
2	142,80	1,40	199,92
3	143,70	1,40	201,18
4	149,60	1,40	209,44

Yüklemeler sonucunda hesapta kullanılan ankrajlara gelen yükler yukarıdaki tabloda yer verilmiştir. Arazide kullanılan ankrajların sıraları ise Şekil 5.64'de gösterilmiştir. Sırası ile gelen yüklerin detayları da Tablo 5.63'de gösterilmiştir.



Şekil 5.74: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler

Tablo 5.64: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri

No	Plaxıs 2d Ankraj Kuvveti (kN)	Serbest Boy (m)	Kök Boyu (m)
1	142,80	20,0	10,0
2	142,80	19,0	10,0
3	143,70	18,0	10,0
4	149,60	17,0	10,0

Tablo 5.65: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu

Kazı Seviyesi	Ankraj Kuvvetleri (kN)	Yanal Mesafe (m)	Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Ön Germe Yükü (kN)	Seçilen Ön Germe Yükü (kN)
1	142,80	1,4	199,92	200	250
2	142,80	1,4	199,92	200	250
3	143,70	1,4	201,18	201	250
4	149,60	1,4	209,44	209	250

Tablo 5.66: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı

Ankraj			Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Güvenlikli Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Kök Boyu	
Çapı	Birim Çevre Alanı	Sıra No			Hesap (m)	Seçilen (m)
0,14	0,44	1	199,92	399,84	7,6	10
0,14	0,44	2	199,92	399,84	7,6	10
0,14	0,44	3	201,18	402,36	7,6	10
0,14	0,44	4	209,44	418,88	7,6	10

Tablo 5.67: Sağ Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı

Ankraj		Kablo Çapı (inch)	Kablo Mukavemet Kuvveti (kN)	Kablo Sayısı	
Sıra No	Hesap Kuvveti (kN)			Hesap	Seçilen
1	399,84	0,6	279	1,43	3
2	399,84	0,6	279	1,43	3
3	402,36	0,6	279	1,44	3
4	418,88	0,6	279	1,50	3

Tablo 5.68: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri

SIYRILMA TAHKİKİ		
Halat Çapı	:	15,24 mm
Halat Kesit Alanı	:	140,00 mm^2
Kopma Kuvveti	:	279,00 kN
Ankraj Yükü	:	250,00 kN
Halat Sayısı	:	3
Kök Boyu	:	10,00 m
Halat Yüzey Alanı	:	0,48 m^2
t_{em}	:	700,00 kPa
P_{em}	:	1.005,44 kN
$_{Pem}$ / Ankraj Yükü	:	**4,02**
	4,02 > 2	**OK**

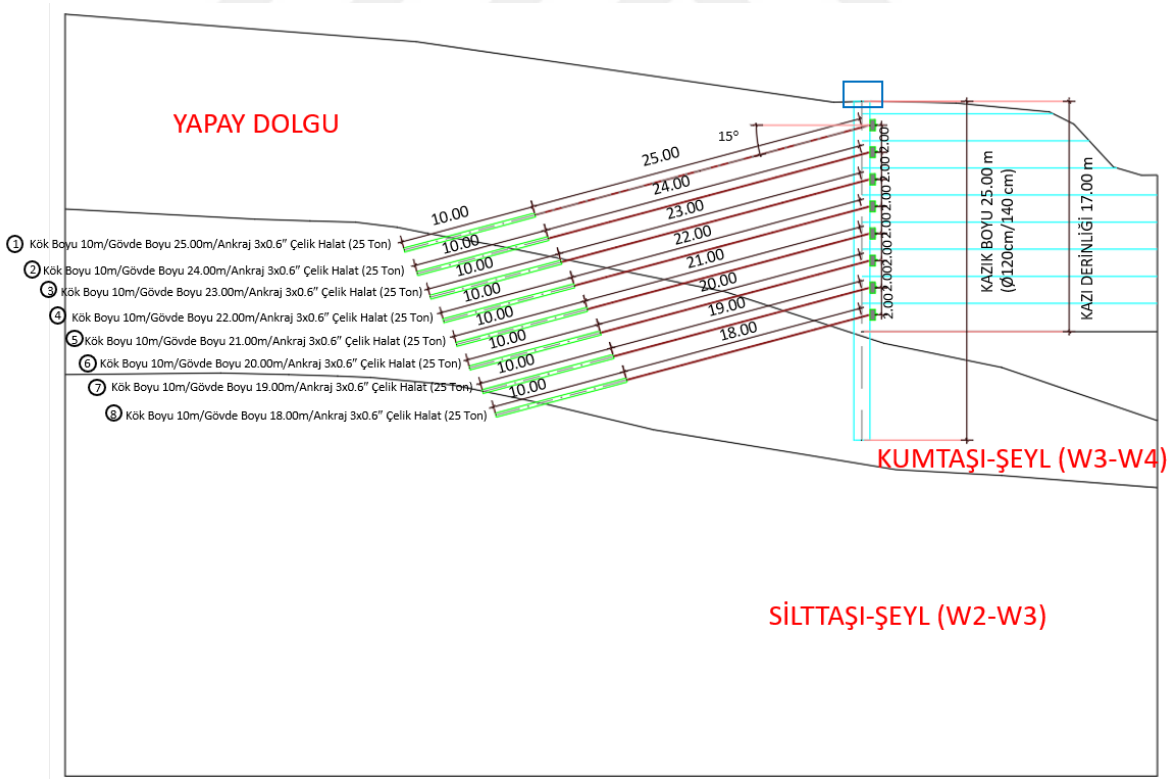
Not: Kalıcı ankraj güvenlik sayısı 2.0 kabul edilmiştir.

5.3.2 Giriş Portali Km 4+160 Sol Duvar Stabilite Analizi

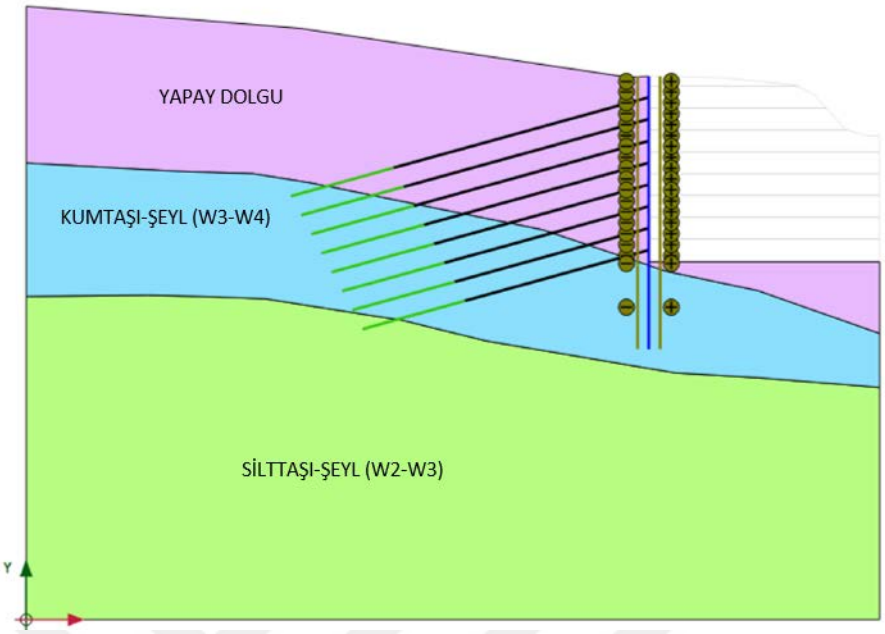
Bu bölümde Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Km 4+160 kesiti sol duvarı için yapılan stabilite analizleri gerçekleştirilmiştir. Kritik iksa kesitleri, çevre yapılar ve sürşarj yükleri dikkate alınarak belirlenmiştir.

Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı Sol tarafında yer alan, Yapay Dolgu, Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) ve Az-Orta Derecede Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) birimlerinde açılacak olan 17,00 m kazı derinliğine sahiptir. İksa sistemi Ø120 cm çapında 140 cm aralıklı fore kazıktan oluşmaktadır. Betonarme fore kazıklar 25 m boyunda olup, 8 sıra 3*0,6''lik yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı, 25 ton öngermeli ankrajlar ile desteklenmiştir.

Km 4+160 kesiti sol duvarı için önerilen sistem Şekil 5.75'de verilirken destekleme elemanı olarak önerilen destekleme sistemi Şekil 5.76'da verilmiştir.



Şekil 5.75: Giriş Portalı Km 4+160 Sol Duvar Kesiti ve iksa tipi özellikleri



Şekil 5.76: Giriş Portalı Km 4+160 Sol Duvar kesitine ait hesap modeli

Tablo 5.69: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 İçin Kullanılan Malzeme Parametreleri

	Litoloji	**Malzeme Modeli ve Drenaj Durumu**	**E (kPa)**	**c (kPa)**	**ϕ (°)**	**ν**	**γ (kN/m³)**
Jeolojik Birim Parametreleri	Yapay Dolgu	Hardening Soil-Drenajlı	30000	5	28,0	0,35	19
	Orta-Çok ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4)	Mohr Coulomb-Drenajlı	169000	55	24,9	0,30	24
	Az-Orta derecede ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3)	Mohr Coulomb-Drenajlı	421000	126	36,3	0,24	27

	Destekleme	**E (kN/m²)**	**γ (kN/m³)**	**Diameter (m)**	**$L_{spacing}$ (m)**
Destekleme Elemanı Parametreleri	Kazık	30250000	25,00	1,20	1,40
	Ankraj Kökü	20000000	25,00	0,14	1,40

Tünel Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 için yapılan stabilite analizlerinde kullanılan jeolojik parametreler ile destekleme elemanı parametreleri Tablo 5.69'da yer almaktadır. Destekleme elemanı parametrelerinden kazıklar için, çapı 120 cm olan kazıkların seçilmesinin sebebi kazının yapılacağı zeminin yapay dolgu ve orta-çok ayrışmış kumtaşı-şeyl birimi olduğundan daha yüksek çaplı kazık seçilerek deplasman ve kesit tesirlerinin fazla çıkmasına engel olmaktır. Elastisite Modülü için ise C25 beton sınıfı için Türk Standartları Enstitüsü-TS

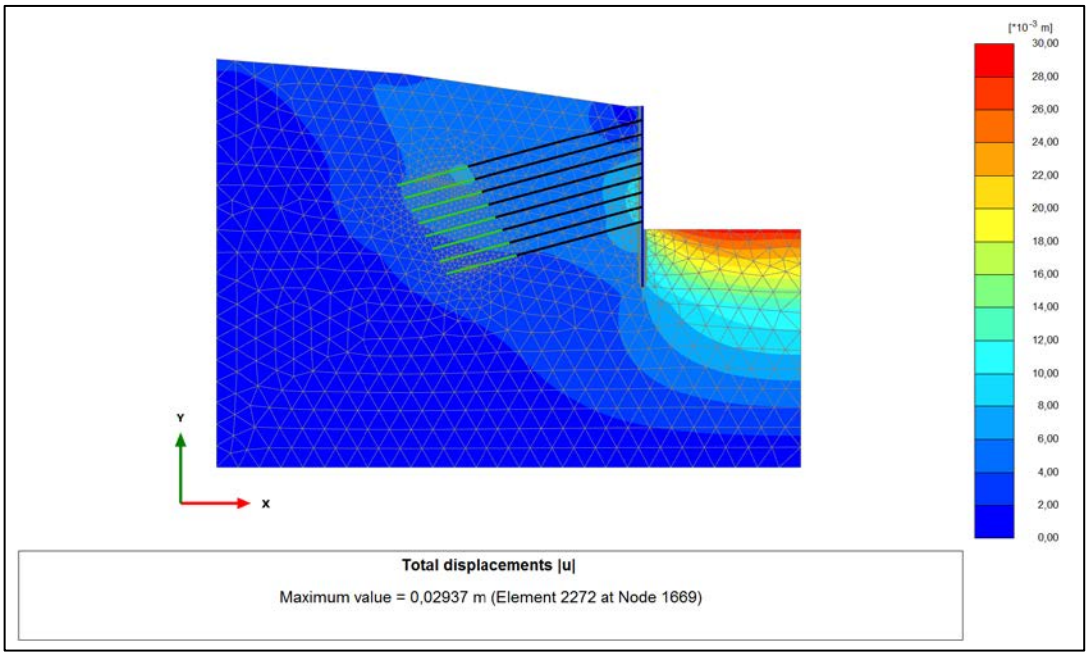
500/Şubat 2000 (2000)'de C25 Beton sınıfındaki bir betonun basınç dayanımı (fck) 25 olarak verilmiştir. İlgili standartta C25 Beton sınıfındaki bir betonun elastisite modülü Ecj=3250x√fckj+14000 bağıntısından yola çıkarak 30250000 Mpa olarak hesaplanmıştır.

Ankraj kökünün Elastisite Modülü için Türk Standartları Enstitüsü (2000) syf.23'de tüm donatı çelikler için, $E_s=2x10^5$ MPa olarak alınmıştır. Statik ve dinamik durumda gerçekleştirilen analizlerden zeminde oluşan maksimum deplasman ve kayma çemberi Şekil 5.77 ve Şekil 5.80 arasında verilmiştir.

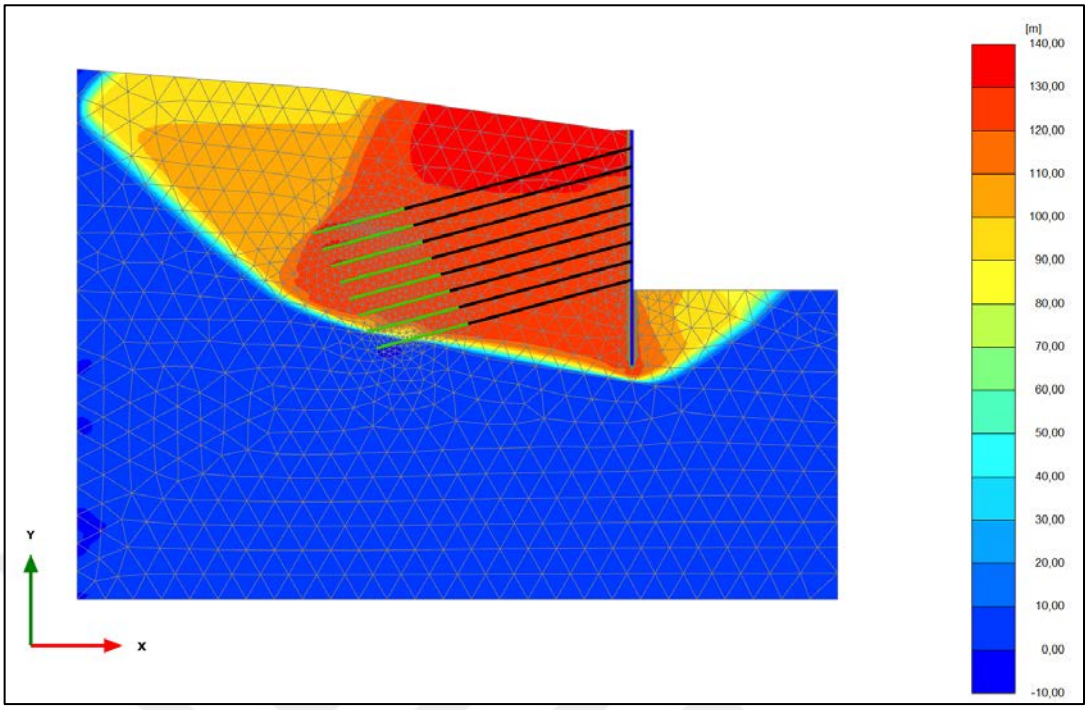
Analiz sonucunda, Şekil 5.81'de görüldüğü üzere önerilen destekleme sisteminin kullanılması durumunda derin kazı-kazıklı sistemin güvenlik sayısı, gerekli olan minimum güvenlik sayısından büyüktür. Sistemin statik ve dinamik durumdaki güvenlik sayıları sırasıyla statik durum için 1,5, dinamik durum için 1,1 olarak önerilmektedir (K.G.M., 2005).

- **Statik Durum**

Km 4+160 Sol Duvar Stabilite Analizinde Statik Durum için kazı taban kotuna inilmesi durumunda oluşan maksimum deplasman 2,937 cm olarak belirlenmiştir. Analiz sonucu ortaya çıkan güvenlik sayısı 2,444'dür. KGM (2005)'de Statik durum için önerilen güvenlik sayısı 1,5 olup statik durumda elde edilen güvenlik sayısı daha büyük elde edilmiş ve güvenlik koşullarının sağlandığı belirlenmiştir.



Şekil 5.77: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=2,937 cm) (Statik Durum)

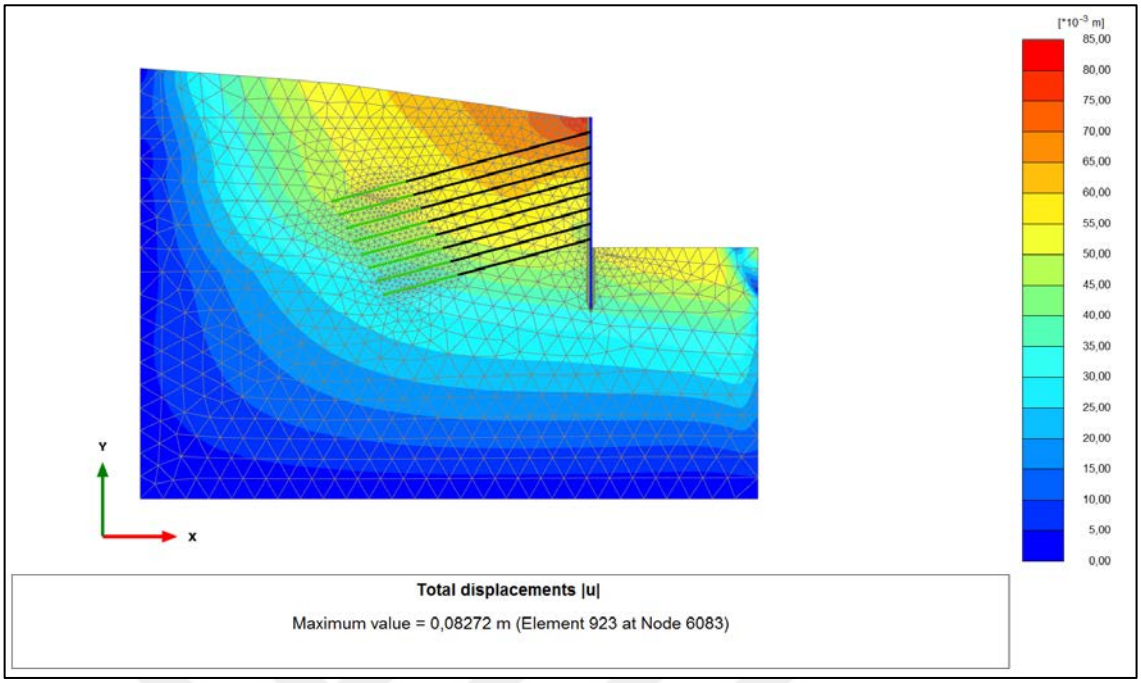


Şekil 5.78: Bölgede oluşan kayma çemberi (Statik Durum)

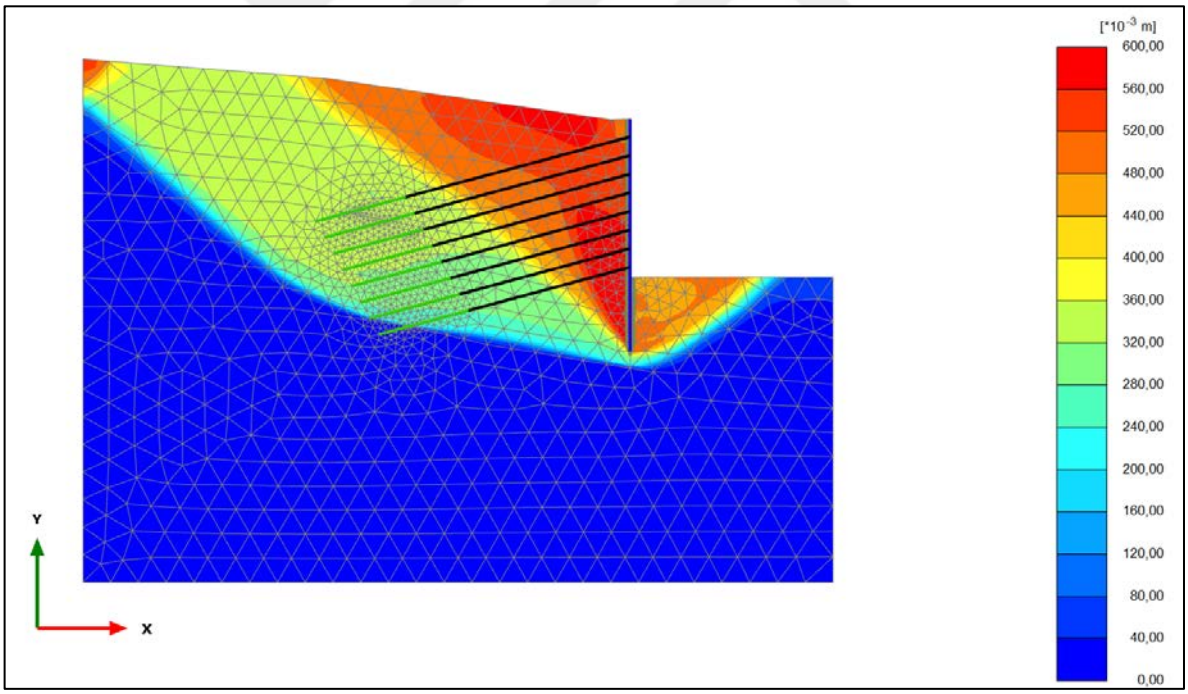
- **Dinamik Durum**

Tez kapsamında dinamik durum için yapılan analizlerde, Ch (yatak eşdeğer deprem katsayısı) değeri "Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi" syf.106'da bulunan şev stabilite analizlerine esas yatay deprem katsayılarını gösteren grafik esas alınarak Ch=0,15 alınmıştır (Şekil 2.9) (K.G.M., 2005).

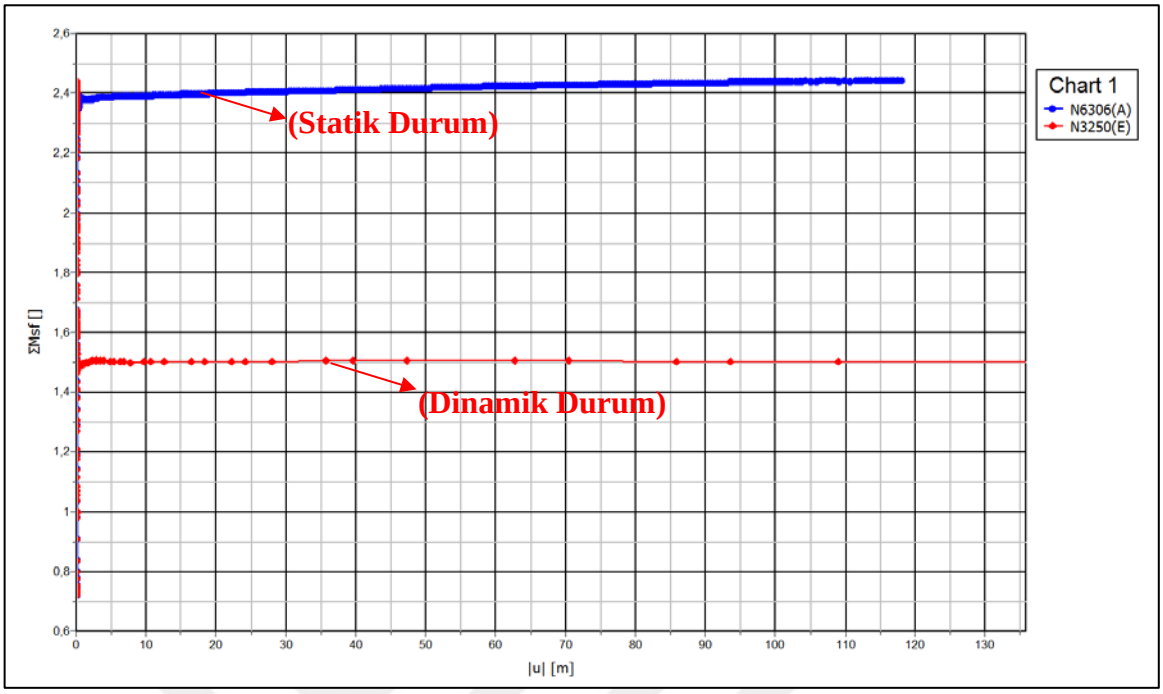
Km 4+160 Sol Duvar Stabilite Analizinde Dinamik Durum için kazı taban kotuna inilmesi durumunda zeminde oluşan maksimum deplasman 8,272 cm olarak belirlenmiştir. Analiz sonucu ortaya çıkan güvenlik sayısı 1,504'dür. KGM (2005)'de Dinamik durum için önerilen güvenlik sayısı 1,1 olup dinamik durumda elde edilen güvenlik sayısı daha büyük elde edilmiş ve güvenlik koşullarının sağlandığı belirlenmiştir.



Şekil 5.79: Zeminde oluşan maksimum deplasman (u=8,272 cm) (Dinamik Durum)



Şekil 5.80: Bölgede oluşan kayma çemberi (Dinamik Durum)

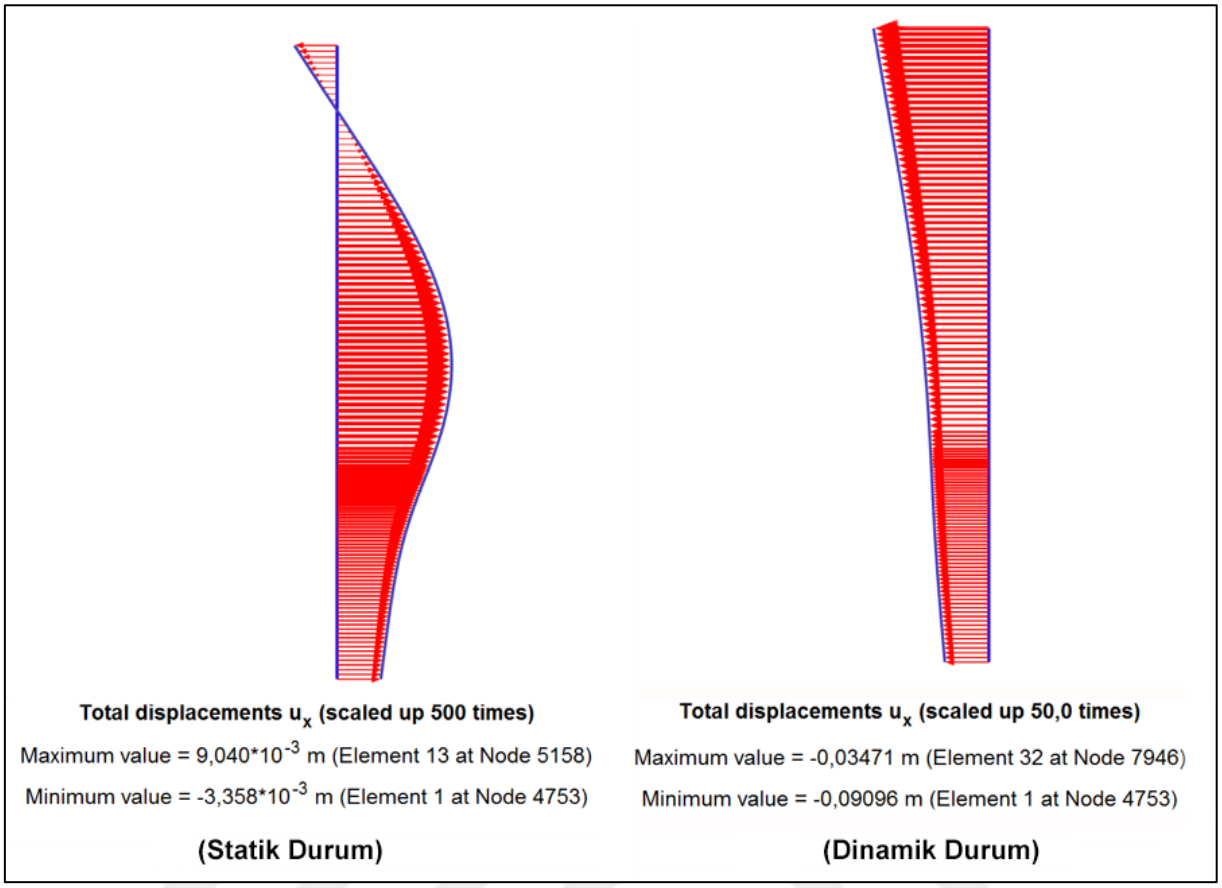


Şekil 5.81: Ortaya çıkan güvenlik sayısı Dinamik Durum=1,504 ve Statik Durum=2,444

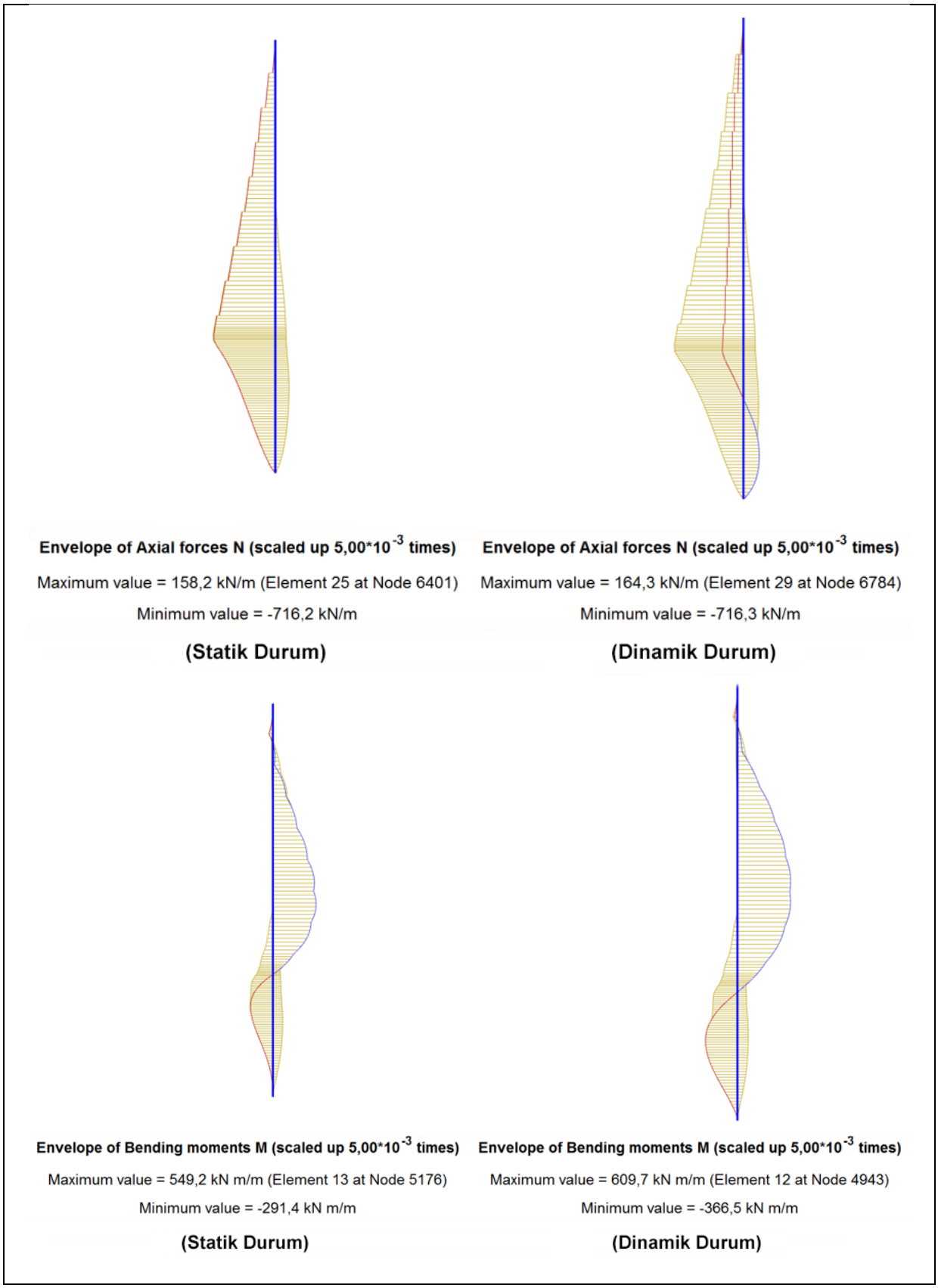
- **Kazıkların Analizleri**

Tablo 5.70: Giriş Portalı Km 4+160 Sol Duvar Kesitindeki Fore Kazık Sonuçları

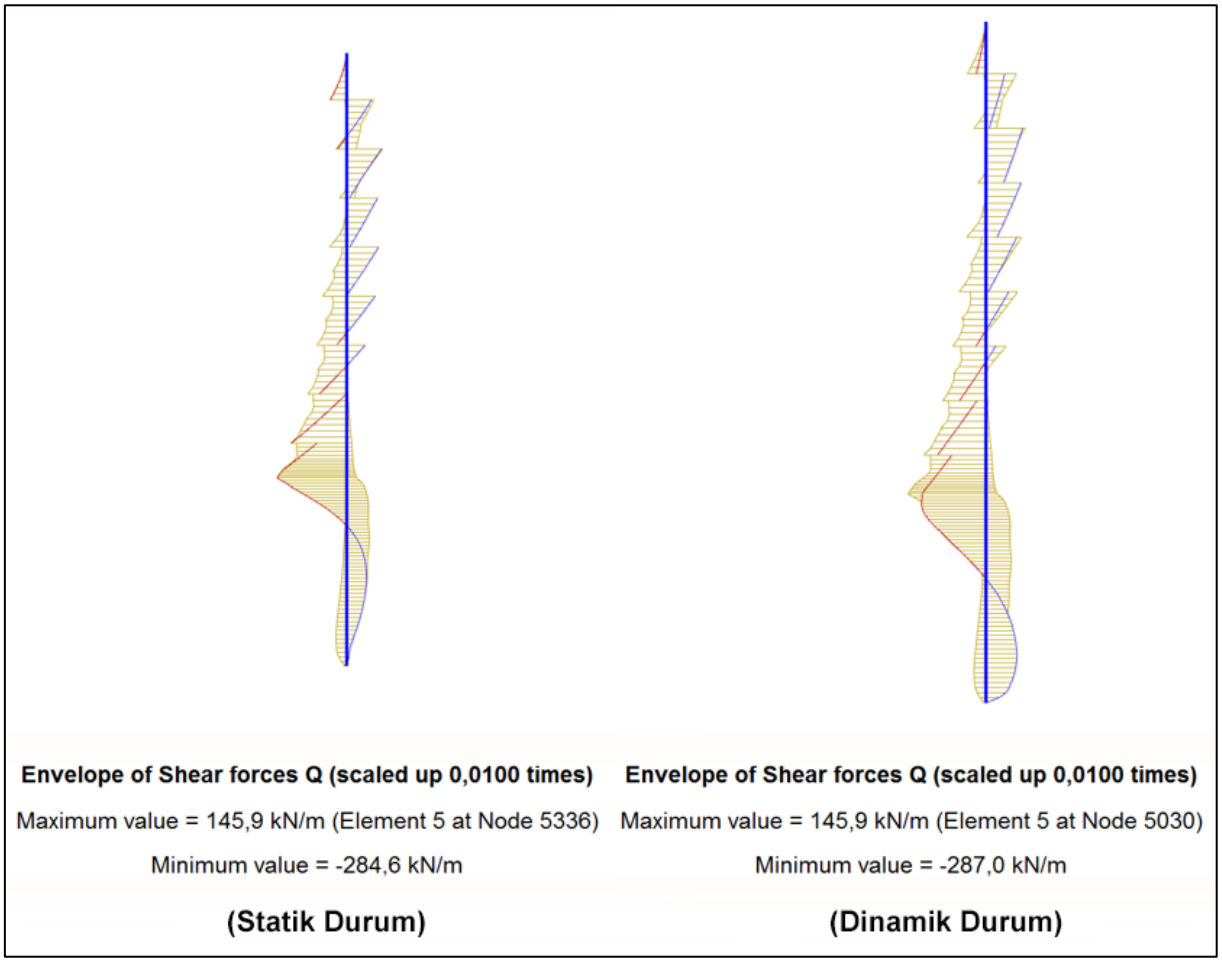
	L=25m (Φ 120)	
	Statik Durum	**Dinamik Durum**
U_x (mm)	9,040	9,096
N (kN/m)	-716,20	-716,30
M (kNm/m)	549,20	609,70
Q (kN/m)	-284,60	-287,00



Şekil 5.82: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen deplasmanlar



Şekil 5.83: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen eksenel kuvvetler ve eğilme momentleri



Şekil 5.84: Giriş Portalı Sol Duvar Km 4+160 kesitindeki fore kazığa gelen kesme kuvvetleri

Ankraj Tasarımı

Ankrajlı kazık tasarımı içerisinde yapılan ankraj halatı güvenlik ve stabilite hesapları Plaxis-2D 2016 sonlu elemanlar programı kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamalar FHWA Ground Anchors and Anchored Systems (Sabani ve diğ., 1999) ve (BS-8081, 2015) referans alınarak aşağıdaki adımlarda kontrol edilecektir.

Ankraj Halatı Teknik Özellikleri

Kazı derinliği ve zemin özellikleri dikkate alınarak geçici yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 1,60, kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,0 olarak alınmış (BS-8081, 2015) ve tek bir ankraj halatının kopma anına kadarki taşıma kapasitesi 279 kN olarak kabul edilmiştir.

Ankraj Kökü Taşıma Kapasitesi

Şeyl ve kil tabakalarının emniyetle taşıyabileceği birim gerilme değeri Tablo 5.71'de yer almaktadır.

Tablo 5.71: Birimler için alınan bağ mukavemet değerleri

	Dolgu	**Kumtaşı**
Delik çap (mm)	140 mm	140 mm
Adezyon Kuvveti (sürtünme kuvveti) (τ)	150 kPa	700 kPa
H (kazı toplam derinliği) (m)	17,00 m	

Ankraj kökü alanı 0,14xπx1,00 m = 0,44 m2 (birim kök boyu) (5.13)

Ankraj kökünün emniyetli taşıma kapasitesi (Pk):

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 150 kPa x 1 m= **66.00** kN.m (Dolgu için) (5.14)

Pk = τxAk = 0,44 m^2x 700 kPa x 1 m= **308.00** kN.m (Kumtaşı için) (5.15)

Ø 120'lik kazıklardan oluşan kesit bölgesindeki kazık sistemi için yapılan ankraj paterni hesapları aşağıda görüldüğü gibidir;

Yatay doğrultuda ankraj aralıkları aşağıda belirtildiği gibidir;

Ankraj yatay aralığı → s = 1,4 m seçilmiştir.

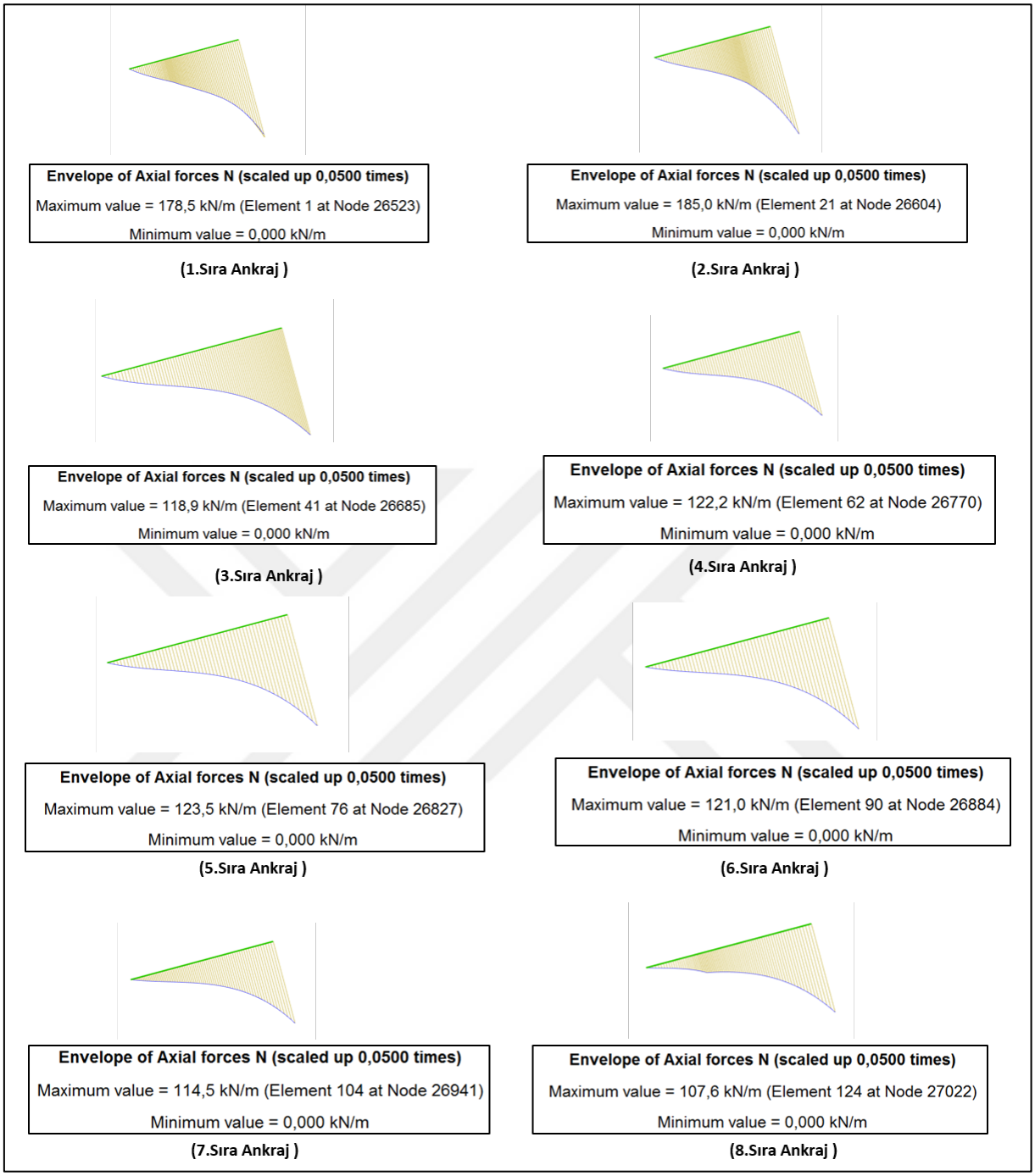
Ankraj kök ve gövde boyu hesapları tablolar halinde aşağıda sırasıyla verilmiştir. Kalıcı yapılar için ankraj halat hesabında güvenlik değeri 2,00 olarak alınmıştır (BS-8081, 2015). (Sabani ve diğ., 1999) tarafından hazırlanan FHWA şartnamesinde ankraj groutuyla-zemin arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 2,0 olarak ankraj groutuyla kaya arasındaki bağ mukavemeti güvenlik değeri için 3,0 olarak önerilmektedir. Bu tez kapsamında bağ mukavemeti güvenlik değeri belirtildiği üzere zemin biriminde kalan ankraj kökleri için 2,0 kaya biriminde kalan ankraj kökleri için 3,0 olarak alınmıştır.

Ankrajların Analizleri

Tablo 5.72: Ankrajlara Gelen Yükler

Ankraj Sıra No	Ankraj Yükü (kN/m)	Yatay Mesafesi (m)	Toplam Yük (kN/m)
1	178,50	1,40	249,90
2	185,00	1,40	259,00
3	118,90	1,40	166,46
4	122,20	1,40	171,08
5	123,50	1,40	172,90
6	121,00	1,40	169,40
7	114,50	1,40	160,30
8	107,60	1,40	150,64

Yüklemeler sonucunda hesapta kullanılan ankrajlara gelen yükler yukarıdaki tabloda yer verilmiştir. Arazide kullanılan ankrajların sıraları ise Şekil 5.75'de gösterilmiştir. Sırası ile gelen yüklerin detayları da Tablo 5.72'de gösterilmiştir.



Şekil 5.85: Sırası ile ankrajlara gelen eksenel kuvvetler

Tablo 5.73: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Geometrik Özellikleri

No	Plaxıs 2d Ankraj Kuvveti (kN)	Serbest Boy (m)	Kök Boyu (m)
1	178,50	25,0	10,0
2	185,00	24,0	10,0
3	118,90	23,0	10,0
4	122,20	22,0	10,0
5	123,50	21,0	10,0
6	121,00	20,0	10,0
7	114,50	19,0	10,0
8	107,60	18,0	10,0

Tablo 5.74: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kuvvetleri Tablosu

Kazı Seviyesi	Ankraj Kuvvetleri (kN)	Yanal Mesafe (m)	Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Ön Germe Yükü (kN)	Seçilen Ön Germe Yükü (kN)
1	178,50	1,4	249,90	250	250
2	185,00	1,4	259,00	259	250
3	118,90	1,4	166,46	166	250
4	122,20	1,4	171,08	171	250
5	123,50	1,4	172,90	173	250
6	121,00	1,4	169,40	169	250
7	114,50	1,4	160,30	160	250
8	107,60	1,4	150,64	151	250

Tablo 5.75: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Ankraj Kök Boyu Hesabı

Ankraj			Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Güvenlikli Hesap Ankraj Kuvveti (kN)	Kök Boyu	
Çapı	Birim Çevre Alanı	Sıra No			Hesap (m)	Seçilen (m)
0,14	0,44	1	249,90	499,80	9,5	10
0,14	0,44	2	259,00	518,00	9,8	10
0,14	0,44	3	166,46	332,92	6,3	10
0,14	0,44	4	171,08	342,16	6,5	10
0,14	0,44	5	172,90	345,80	6,6	10
0,14	0,44	6	169,40	338,80	6,4	10
0,14	0,44	7	160,30	320,60	6,1	10
0,14	0,44	8	150,64	301,28	5,7	10

Tablo 5.76: Sol Duvar Km 4+160 Kesitinde Yer Alan Ankrajların Kablo Hesabı

Ankraj		Kablo Çapı (inch)	Kablo Mukavemet Kuvveti (kN)	Kablo Sayısı	
Sıra No	Hesap Kuvveti (kN)			Hesap	Seçilen
1	499,80	0,6	279	1,79	3
2	518,00	0,6	279	1,86	3
3	332,92	0,6	279	1,19	3
4	342,16	0,6	279	1,23	3
5	345,80	0,6	279	1,24	3
6	338,80	0,6	279	1,21	3
7	320,60	0,6	279	1,15	3
8	301,28	0,6	279	1,08	3

Tablo 5.77: Ankraj Sıyrılma Tahkikleri

SIYRILMA TAHKİKİ		
Halat Çapı	:	15,24 mm
Halat Kesit Alanı	:	140,00 mm^2
Kopma Kuvveti	:	279,00 kN
Ankraj Yükü	:	250,00 kN
Halat Sayısı	:	3
Kök Boyu	:	10,00 m
Halat Yüzey Alanı	:	0,48 m^2
t_{em}	:	700,00 kPa
P_{em}	:	1.005,44 kN
$_{Pem}$ / Ankraj Yükü	:	**4,02**
4,02 > 2		**OK**
Not: Kalıcı ankraj güvenlik sayısı 2.0 kabul edilmiştir.		

Yapılan analizlere ek olarak Km 4+160 Sağ ve Sol Duvar analizleri Yöntem-2 denenerek tekrar çözülmüştür. Her iki duvardaki yapay dolgu birimleri için kullanılan malzeme modeli ve drenaj durumu değiştirilmiştir. Daha önce Mohr-Coulomb-Drenajlı kullanılırken yenilenen analizlerde Hardening Soil-Drenajlı olarak kullanılmıştır. 4+160 Sağ duvar analizi için Yöntem-1'de ankraj eğimi 15° iken Yöntem-2'de eğim arttırılarak 20°'ye çıkarılmıştır. Yöntem-1'de 4 sıra 3*0,6″'lik yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı ve 25 ton öngermeli ankrajların toplam boyları sırasıyla 19 m, 18 m, 17 m ve 16 m iken Yöntem-2'de bu değerler sırasıyla 30 m, 29 m, 28 m ve 27 m olarak uzatılmış ve alttaki daha sağlam olan Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) birime soketlenmiştir. Ankrajların yapay dolguda kaldığı Yöntem-1'de toplam deplasman miktarı statik durum için Sağ Duvar Km 4+160 kesitinde 4,853, dinamik durumda 5,160 değerini verirken, Yöntem-2'de statik durumdaki toplam deplasman miktarı 2,966, dinamik durumda ise 5,408 değerini vermiştir. Ankrajların yapay dolguda kaldığı Yöntem-1'de güvenlik sayısı statik durum için Sağ Duvar Km 4+160 kesitinde 2,60, dinamik durumda 1,87 değerlerini verirken, Yöntem-2'de statik durumdaki güvenlik sayısı 2,732 iken dinamik durumda 1,998 değerlerini vermiştir.

4+160 Sol duvar analizi için Yöntem-1'de 8 sıra 3*0,6″'lik yatayda 1,40 m, düşeyde 2,00 m aralıklı ve 25 ton öngermeli ankrajların toplam boyları sırasıyla 23 m, 22 m, 21 m, 20 m, 19 m, 18 m, 17 m ve 16 m iken Yöntem-2'de bu değerler sırasıyla 35 m, 34 m, 33 m, 32 m, 31 m, 30 m, 29 m ve 28 m olarak uzatılmış ve alttaki daha sağlam olan Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) birime soketlenmiştir. Ankrajların yapay dolguda kaldığı Yöntem-1'de toplam deplasman miktarı statik durum için Sol Duvar Km 4+160 kesitinde 5,000, dinamik durumda 10,76 değerini verirken, Yöntem-2'de statik durumdaki toplam deplasman miktarı 2,937 iken dinamik durumda 8,272 değerini vermiştir. Ankrajların yapay dolguda kaldığı Yöntem-1'de güvenlik sayısı statik durum için Sol Duvar Km 4+160 kesitinde 1,788, dinamik durumda 1,294 değerini verirken, Yöntem-2'de statik durumdaki güvenlik sayısı 2,444 iken dinamik durumda 1,504 değerini vermiştir. Yöntem-1'de 21,00 metre olan kazık boyu, Yöntem-2'de 25,00 metreye çıkarılmıştır. Yöntem-1 ve Yöntem-2 kullanılarak elde edilen değerler Tablo 5.78'de verilmiştir.

Tablo 5.78: Giriş Portali Km 4+160 Sağ Duvar ve Sol Duvar kesitlerinin değerlendirilmesi

	KM 4+160 SAĞ KESİTİ		**KM 4+160 SOL KESİTİ**	
	YÖNTEM-1	**YÖNTEM -2**	**YÖNTEM -1**	**YÖNTEM -2**
MALZEME MODELİ-DRENAJ DURUMU	Yapay Dolgu **Mohr-Coulomb-Drenajlı** Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) Silttaşı-Şeyl (W2-W3) **Mohr-Coulomb-Drenajlı**	Yapay Dolgu **Hardening Soil-Drenajlı** Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) Silttaşı-Şeyl (W2-W3) **Mohr-Coulomb-Drenajlı**	Yapay Dolgu **Mohr-Coulomb-Drenajlı** Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) Silttaşı-Şeyl (W2-W3) **Mohr-Coulomb-Drenajlı**	Yapay Dolgu **Hardening Soil-Drenajlı** Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) Silttaşı-Şeyl (W2-W3) **Mohr-Coulomb-Drenajlı**
STATİK DURUMDAKİ TOPLAM DEPLASMAN (cm)	4,853	2,966	5,000	2,937
DİNAMİK DURUMDAKİ TOPLAM DEPLASMAN (cm)	5,160	5,408	10,76	8,272
STATİK DURUMDAKİ GÜVENLİK SAYISI	2,60	2,732	1,788	2,444
DİNAMİK DURUMDAKİ GÜVENLİK SAYISI	1,87	1,998	1,294	1,504
KAZIK BOYU (m)	20	20	21	25
TOPLAM ANKRAJ BOYU (m)	1.Sıra Ankraj 19 2.Sıra Ankraj 18 3.Sıra Ankraj 17 4.Sıra Ankraj 16	1.Sıra Ankraj 30 2.Sıra Ankraj 29 3.Sıra Ankraj 28 4.Sıra Ankraj 27	1.Sıra Ankraj 23 2.Sıra Ankraj 22 3.Sıra Ankraj 21 4.Sıra Ankraj 20 5.Sıra Ankraj 19 6.Sıra Ankraj 18 7.Sıra Ankraj 17 8.Sıra Ankraj 16	1.Sıra Ankraj 35 2.Sıra Ankraj 34 3.Sıra Ankraj 33 4.Sıra Ankraj 32 5.Sıra Ankraj 31 6.Sıra Ankraj 30 7.Sıra Ankraj 29 8.Sıra Ankraj 28
ANKRAJ EĞİMİ (°)	15	20	15	15

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Dolmabahçe-Levazım-Armutlu Karayolu Tünelleri Projesi, Levazım-Armutlu (T2) Tüneli kesimi, Avrupa yakasında Levazım ve Armutlu mahallelerini birbirine bağlamaktadır. Derin-orta derinlikte tünel niteliğinde olan yapı farklı uzunluklarda olan 2 tüpten oluşmaktadır.

Levazım-Armutlu Tüneli Güney Sağ Tüp Giriş Km: i4+706.56-i4+457.572 aralığında olup toplam tünel uzunluğu 3647,186 metre uzunluğundadır, Kuzey Sol Tüp Çıkış Km: i4+121.120-i4+945.495 aralığında olup toplam tünel uzunluğu 3572,734 metre uzunluğundadır.

Levazım-Armutlu Karayolu Tüneli'nin giriş portalını oluşturan inceleme alanında karşılaşılan birimler ise Alt Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonuna ait orta-çok ayrışmış Kumtaşı-Şeyl birimleri ile az-orta derecede ayrışmış Silttaşı-Şeyl birimlerinden oluşmaktadır. Bu birimlerin üzerine ise giriş portalında şu anda var olan yerleşim yerlerinin inşaatı esnasında oluşan yapay dolgu sahalarının oluşturduğu ve 6,00 metre ile 21,00 metre arasında değişiklik gösteren Trakya Formasyonu kökenli Kumtaşı birimlerinden oluşmaktadır.

Levazım-Armutlu (T2) Tüneli Giriş Portalı için yapılan çalışmalar jeoteknik değerlendirmeler bölümde birlikte değerlendirilmiş, gözlemlenen kayaçlara göre jeoteknik parametreler ayrı ayrı belirlenmiştir. Buna göre sondaj çalışmalarında ilk 20 metre yapay dolgunun altında Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) ve bu birimin altında yer alan Az-Orta Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) birimleri için ayrı ayrı parametre hesapları yapılmıştır. Elde edilen parametrelerden yola çıkarak RMR Bieniawski Kaya Kalite Sınıflaması ve RMQR Kaya Kütle Kalitesi Puanlama Sınıflaması yapılmıştır. RMR Bieniawski Kaya Kalite Sınıflamasına göre Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) biriminde GSI değeri 25,0 olarak hesaplanırken, Az-Orta Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) biriminde 35,3 olarak elde edilmiştir. RMQR Kaya Kütle Kalitesi Puanlama Sınıflamasına göre elde edilen değerler incelendiğinde Orta-Çok Ayrışmış Kumtaşı-Şeyl (W3-W4) birimi zayıf kaya kütle kalitesinde, Az-Orta Ayrışmış Silttaşı-Şeyl (W2-W3) birimi orta kaya kütle kalitesinde hesaplanmıştır.

Levazım-Armutlu T2 Tüneli giriş portalının analizleri tez içerisinde portal stabilite analizleri bölümünde Yöntem-1 ve Yöntem-2 şeklinde detaylarıyla irdelenmiştir. Analizler Plaxis 2D 2017 programı kullanılarak yapılmıştır. Tez çalışmaları esnasında farklı modeller denenerek, deplasman sınır koşulları, kazığa etkiyen kesit tesirleri ve donatı kapasitesi olarak değerlendirildiğinde Nihai durumda, en uygun iksa sistemi olarak 120 cm çapında ve yatay doğrultuda 140 cm aralıklı fore kazıkların yatayda farklı sıra ankrajlarla desteklenen sistem olduğu sonucuna varılmıştır. Giriş portalı için yapılan analizler neticesinde projede belirtilen imalat aşamalarına uyulması halinde yeterli güvenliğin sağlandığı görülmüştür.

Yapılan analizlere göre geçici ve kalıcı olarak tasarlanan portal yapılarında bir kısmı dolgu da kalan ankrajlı Yöntem-1 ve jeolojik model dikkate alınarak ana kayaya soketlenen ankrajlı Yöntem-2'deki toplam deplasman miktarları ve güvenlik sayıları bakımından değerlendirildiğinde ortaya çıkan güvenlik sayıları statik durum için Sağ Duvar Km 4+160 kesitinde 2,60, dinamik durumda 1,87 değerlerini verirken, Yöntem-2'de statik durumdaki güvenlik sayısı 2,73 iken dinamik durumda 1,998 değerlerini vermiştir. Ankrajların yapay dolguda kaldığı Yöntem-1'de toplam deplasman miktarı statik durum için Sol Duvar Km 4+160 kesitinde 5,00 cm dinamik durumda 10,76 cm değerini verirken, Yöntem-2'de statik durumdaki toplam deplasman miktarı 2,93 cm iken dinamik durumda 8,27 cm değerini vermiştir. Yöntem-2' de ortaya çıkan güvenlik sayıları ve deplasman miktarları jeolojik model dikkate alındığında ve ankrajların altta kalan daha sağlam orta-çok ayrışmış kumtaşı-şeyl (W3-W4) birimine soketlendiğinde daha güvenli olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

Abdüsselamoğlu, S., 1963, İstanbul Boğazı Doğusunda Mostraveren Paleozoik Arazide Stratigrafik ve Paleontolojik Yeni Müşahedeler, *MTA Dergisi, No:60*.

Açıkgözoğlu, R., 2008, *Bursa-Uluabat Kuvvet Tüneli'nin Jeoteknik İncelemesi*, İstanbul: Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi.

AFAD, 2018, *Yeni Deprem Tehlike Haritası Yayımlandı*, https://www.afad.gov.tr/tr/29280/Yeni-Deprem-Tehlike-Haritasi-Yayimlandi, [Ziyaret tarihi: 24 Kasım 2018].

Akbal, E., 2003, *Semtimizin Coğrafi Oluşumu*, http://www.bjksokagi.com/bs/semtimiz/cografiolusumuyla.htm, [Ziyaret tarihi: 02 Nisan 2019].

Akyüz, S., 2007, *İstanbul Paleozoik İstifinin Özellikleri*, İstanbul, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Arslan, M. A., 2003, *Anadolu Levhası*, https://cografyaabidin.weebly.com/duumlnyadak304-levhalar.html, [Ziyaret tarihi: 18 Ağustos 2018].

Aydan ve diğ., 2014, Yeni Bir Kaya Kütlesi Sistemi:Kaya Kütle Kalitesi Puanlama (RMQR) Sistemi ve Kaya Kütlelerinin Jeomekanik Özelliklerinin Tahmininde Uygulanması, *KAYAMEK'2014-XI.Kaya Mekaniği Sempozyumu.*

Bailey, A. D., 1974, Rock Types and seismic Velocities Versus Rippability, *25th Highway Geology Symposium, Proc.No:26*, May 23-24, 135-142.

Baykal ve Kaya, 1963, İstanbul Bölgesinde bulunan Karboniferin Genel Stratigrafisi, *MTA Dergisi, Sayı:61.*

Bieniawski, Z. T., 1989, Engineering Rock Mass Classifications: A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil and Petroleum engineering, Newyork: Wiley. Cilt xii, 251.

Birpınar ve diğ., 2011, *İstanbul Çevre Durum Raporu 2010-2011*, İstanbul: İstanbul Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü.

BS-8081, 2015, *Code of Practice for Grouted Anchors,* London: BSI Standards Publication.

Chaput, E., 1936, *Voyages d'etudes geologigues et geomorphogeniques en Turqie,* Paris: E. De Boccaerd.

Chen ve diğ., 2002, Geochronology of the Karadere basement (NW Turkey) and implications for the geological evolution of the Istanbul Zone, *Geochronology of the Int J Earth Sc.*, Cilt 91, 469- 481.

Climate-data.org, 2000, *İklim Beşiktaş*, https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/istanbul/besiktas-25628/, [Ziyaret tarihi: 02 Nisan 2019].

Dursun ve diğ., 2012, Orman Yolu Güzergahlarının Sismik Zemin Etüdü Raporu ile Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*

Eliçalışkan, M., 2014, *İstanbul İklim*, http://www.cografya.gen.tr/tr/istanbul/iklim.html, [Ziyaret tarihi: 18 Ağustos 2018].

Emay, 2018, *Kağıthane-Büyükçekmece Karayolu Tüneli Projesi T02 Tüneli Ön Proje Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporu*, İstanbul: Emay Uluslararası Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş..

Gedik ve diğ., 2005, *Türkiye Jeoloji Haritaları 1: 50 000 ölçekli, İstanbul F22d paftası ve izahnamesi,* Ankara: Maden Tetkik ve Arama Enst. Rapor.

Gündoğdu ve diğ., 2012, Marmara ve Çevresinde Deprem Tehlikesi, *Okmeydanı Tıp Dergisi 28 (Ek sayı 2),* 71-81.

Haas, W., 1968, Das Alt Paleozoikum von Bithynien (Nordwest Türkei), *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie,* 131(2), 60-68.

Hochstetter, F. V., 1870, *Die geologischen Verhalthisse des östlichen Türkei,* Wien: Jb.b.k.geol. Reichsant, 365-461.

IAEG, 1976, *Instruction Manual-I, Geotechnical Data Collection*, UNDP Training Project, Contract No. Com. 97/78,56 p.

ISRM, 2007, *The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006*, Ankara: International Society for Rock Mechanics, Commission on Testing Methods.

İBB, 2017, *Depremlerin Oluşum Yerleri ve Türkiye'nin Durumu*, http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/SubSites/DepremSite/Pages/DepremlerinOlusumYerleriveTurkiyeninDurumu.aspx, [Ziyaret tarihi: 19 Ağustos 2018].

K.G.M., 2005, *Araştırma Mühendislik Hizmetleri Teknik Şartnamesi*, Ankara: T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı,Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı.

Kaya, O., 1971, İstanbul'un Karbonifer Stratigrafisi, *TJK Bülteni*, Cilt 14/2.

Kaya, O., 1973, *Paleozoic of İstanbul*, İzmir: E.Ü. Fen Fak. Kitapları Seri No:40.

Kaya, O., 1978, İstanbul Ordovisiyen ve Silüriyeni, Cilt C 4, 1-2.

Ketin ve Güner, 1989, İstanbul bölgesinde Karbonifer yaşlı Trakya Formasyonu'nun yapısal özelliği, Cilt s 11, 13-18.

Kurtuluş and Bozkurt, 2008, Geological, Geophysical and Geotechnical Characteristics of Expansive Soils in Derince, Turkey, *HAICTA 2008 Conference*, 498.

Lebküchner, R. F., 1974, Orta Trakya Oligoseninin jeolojisi hakkında (About the geology of Oligocene in Central Th race region), *Mineral Research and Exploration Institue (MTA) of Turkey Bulletin 83*, 1–29.

Okay and Tüysüz, 1999, Tethyan sutures of northern Turkey, In "The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen" (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne). *Geological Society*, Cilt Special Publication 156, 475-515.

Okay ve diğ., 1994, Karadeniz'in açılması ve bunun çevre bölgeler üzerinde etkisi, *Jeofizik*, 9,10, 83-87.

Okay, A. C., 1947, *Şile-Riva-Alemdağ-Aydosdağ ve Mudarlı Arasındaki Bölgenin Jeolojisi*, Ankara: MTA.

Oktay ve Eren, 1991, Milten ve Civarı Kömür Ruhsat Sahalarının Jeolojik Etüd Raporu, İstanbul.

Onat, İ., 2012, *İstanbul Kenti Kamusal Yeşil Alan Düzenlemelerinde Mevsimlik Çiçek Ve Soğanlı Bitki Uygulamalarının İrdelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Orhan ve diğ., 2004, *Zemin Deneyleri Mekaniği Laboratuvar Deneyleri Cilt-1 (indeks ve sınıflama deneyleri),* Ankara: Gazi Kitabevi.

Önalan, M., 1982, *Pendik Bölgesi ile Adaların Jeolojisi ve Sedimenter Özellikleri*, Doçentlik tezi yayınlanmamış, İstanbul: İstanbul Üniversitesi.

Özgül ve diğ., 2005, *İstanbul İl Alanının Genel Jeoloji Özellikleri*, İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Planlama ve İmar Daire Başkanlığı.

Özgül ve diğ., 2011, *İstanbul İl Alanının Jeolojisi*, İstanbul: İBB.

Özgül, N., 2012, Stratigraphy and Some Structural Features of the İstanbul Palaeozoic, *Turkish Journal of Earth Sciences*, Issue Vol. 21, 817-866.

Paeckelmann, W., 1938, *Neue Beitrage zur Kenntnis der Geologie, Palâontologie und Petrographie der Umgegend von Konstantinopel*, Berlin: Abh. Preuss. Ged. Lands.

Peck ve diğ., 1974, *Foundation Engineering*, John Wiley and Sons Inc.

Penck, W., 1919, *Grundzüge der Geologie des Bosporus*, Berlin: Veröff. İns. F. Meereskunde.

Roclab, 2007, *Rock Mass Strength Analysis Using the Hoek-Brown Failure Criterion, User's Guide*.orhan ve diğ

Sabani ve diğ., 1999, *Ground Anchors and Anchored Systems*, Washington: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.

Seymen, İ., 1995, *İzmit Körfezi ve çevresinin jeolojisi, İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi*. 1-21.

Şenol, G., 2015, *Kuzey Marmara Otoyolu Garipçe Yarmasının Mühendislik Jeolojisi ve Kazı Şevlerinin Analizi*, İstanbul:Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Tchihatchef, P. D., 1864, *Le Bosphore et Constantinople avec Carte Geologique*, Paris.

Türk Standartları Enstitüsü, 2000, *TS 1500/Aralık 2000, İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması, Classification of so in for civil engineering purposes,* Ankara: Türk Standartları Matbaası.

Türk Standartları Enstitüsü, 2000, *TS 500/Şubat 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları,* Ankara: Türk Standartları Matbaası.

Ulusay ve diğ., 2005, Kaya mekaniği laboratuar deneyleri, *TMMOB jeoloji mühendisleri odası yayınları,* 47-85.

Ulusay ve Sönmez, 2006, *Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri,* Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları.

Ulusay, R., 2010, *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler*, Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları:38.

Ustaömer and Robertson, 1993, A late Palaeozoic-early Mesozoic marginal basin along the active southern continental margin of Eurasia: evidence from Central Pontides (Turkey) and adjacent regions, *Geol.J.,* 219-238.

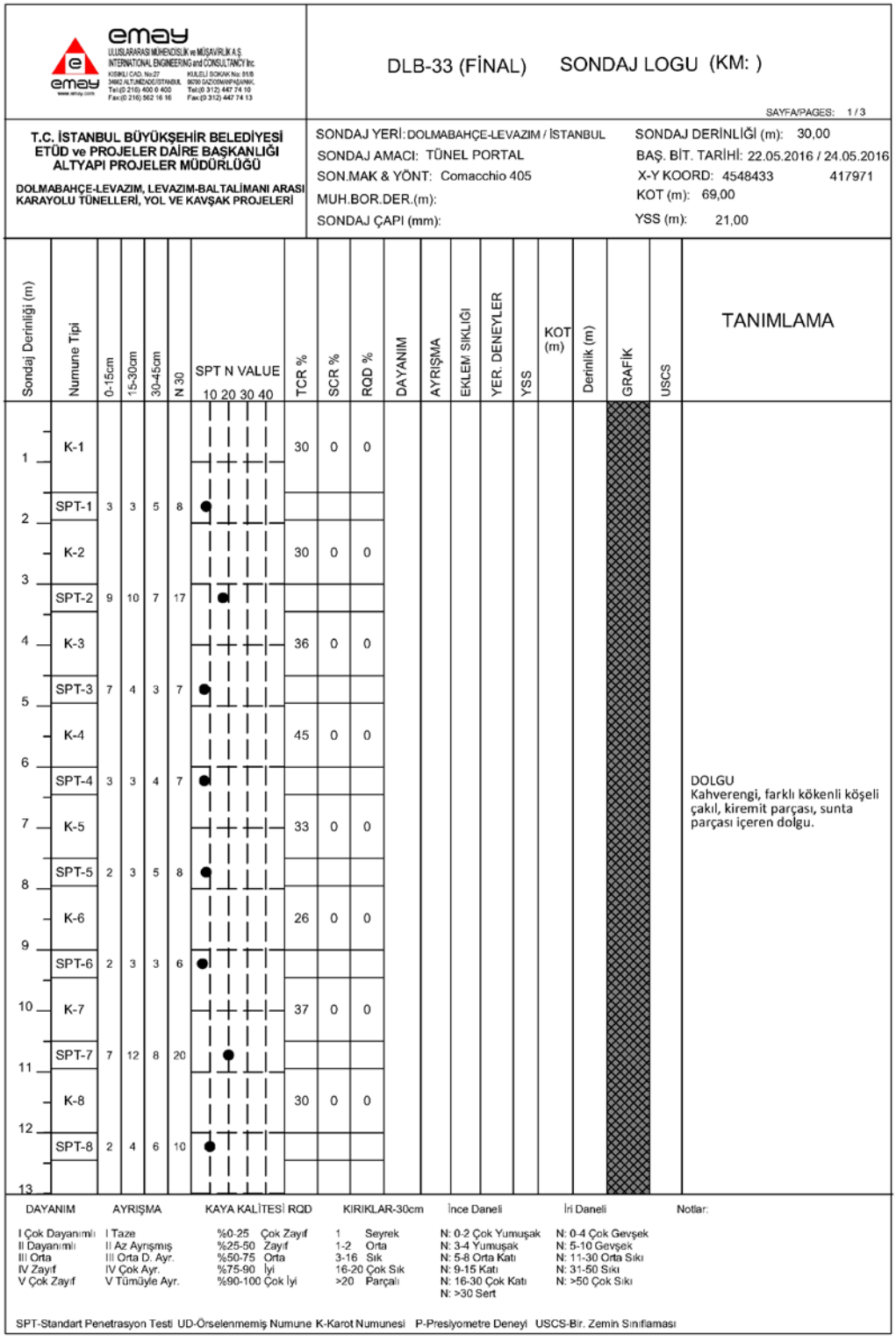
Utkucu ve diğ., 2011, Marmara Bölgesinde (KB Türkiye) Depremsellik ve Deprem, *Yerbilimleri, 32 (3),* 187-212.

Wikizero.biz, 2007, *Deprem Kuşakları*, http://www.wikizero.biz/index.php?q=aHR0cH6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvRGVwcmVtX2t1JUM1JTlGYWtsYXIlQzQlQjE, [Ziyaret tarihi: 18 Ağustos 2018].

Yalçınlar, İ., 1951, İstanbul Civarının Paleozoyik Arazisine Ait Yeni Müşahedeler, *T.J.K. Bülteni, C.3, S.1,* 125-130.

EKLER

EK 1. SONDAJ LOGLARI



emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KISIKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 16 16
KULELİ SOKAK No: 81/B 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-33 (FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 1 / 3

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT: Comacchio 405
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 30,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 22.05.2016 / 24.05.2016
X-Y KOORD: 4548433 417971
KOT (m): 69,00
YSS (m): 21,00

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
1	K-1						30	0	0										DOLGU Kahverengi, farklı kökenli köşeli çakıl, kiremit parçası, sunta parçası içeren dolgu.
2	SPT-1	3	3	5	8														
3	K-2						30	0	0										
	SPT-2	9	10	7	17														
4	K-3						36	0	0										
5	SPT-3	7	4	3	7														
6	K-4						45	0	0										
	SPT-4	3	3	4	7														
7	K-5						33	0	0										
8	SPT-5	2	3	5	8														
9	K-6						26	0	0										
	SPT-6	2	3	3	6														
10	K-7						37	0	0										
11	SPT-7	7	12	8	20														
12	K-8						30	0	0										
	SPT-8	2	4	6	10														
13																			

DAYANIM
I Çok Dayanımlı
II Dayanımlı
III Orta
IV Zayıf
V Çok Zayıf

AYRIŞMA
I Taze
II Az Ayrışmış
III Orta D. Ayr.
IV Çok Ayr.
V Tümüyle Ayr.

KAYA KALİTESİ RQD
%0-25 Çok Zayıf
%25-50 Zayıf
%50-75 Orta
%75-90 İyi
%90-100 Çok İyi

KIRIKLAR-30cm
1 Seyrek
1-2 Orta
3-16 Sık
16-20 Çok Sık
>20 Parçalı

İnce Daneli
N: 0-2 Çok Yumuşak
N: 3-4 Yumuşak
N: 5-8 Orta Katı
N: 9-15 Katı
N: 16-30 Çok Katı
N: >30 Sert

İri Daneli
N: 0-4 Çok Gevşek
N: 5-10 Gevşek
N: 11-30 Orta Sıkı
N: 31-50 Sıkı
N: >50 Çok Sıkı

Notlar:

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KISIKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 652 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/8 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-33 (FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

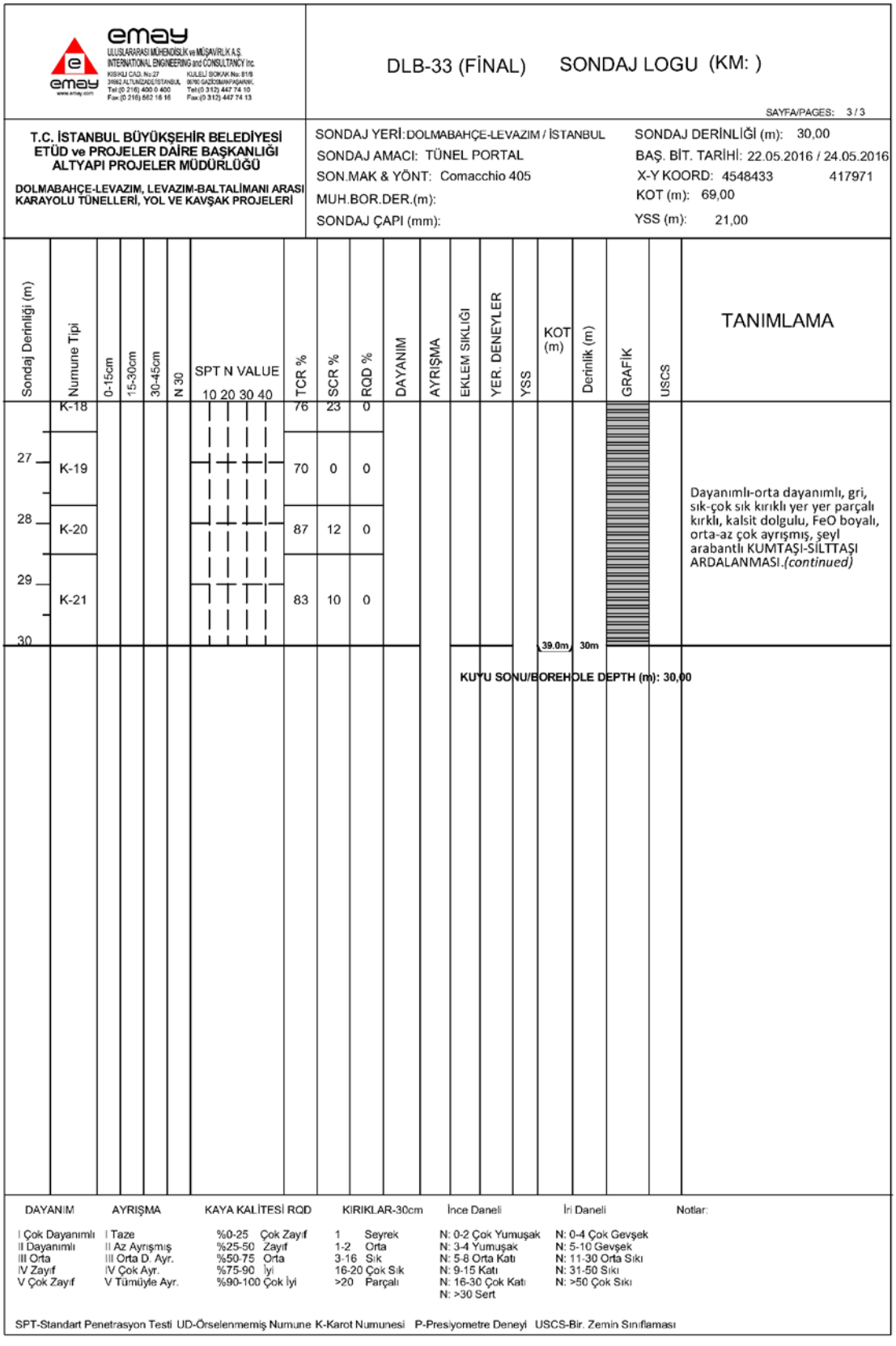
SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT: Comacchio 405
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 30,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 22.05.2016 / 24.05.2016
X-Y KOORD: 4548433 417971
KOT (m): 69,00
YSS (m): 21,00

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
	K-9						70	0	0										
14	SPT-9	3	5	4	9														
	K-10						54	0	0										
15	SPT-10	3	2	5	7														
16	K-11						79	0	0										
	SPT-11	4	3	5	8														DOLGU Kahverengi, farklı kökenli köşeli çakıl, kiremit parçası, sunta parçası içeren dolgu.*(continued)*
17	K-12						33	0	0										
18	SPT-12	2	4	4	8														
19	K-13						41	0	0										
	SPT-13	4	3	6	9														
20	K-14						32	0	0										
21	SPT-14	50/6			R	>>								48.0m	48.0m	21m			
22	K-15						92	29	12										Dayanımlı-orta dayanımlı, gri, sık-çok sık kırıklı yer yer parçalı kırklı, kalsit dolgulu, FeO boyalı, orta-az çok ayrışmış, şeyl arabantlı KUMTAŞI-SİLTTAŞI ARDALANMASI.
23	K-16						90	37	12										
24																			
25	K-17						84	24	9										
26																			

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı II Dayanımlı III Orta IV Zayıf V Çok Zayıf	I Taze II Az Ayrışmış III Orta D. Ayr. IV Çok Ayr. V Tümüyle Ayr.	%0-25 Çok Zayıf %25-50 Zayıf %50-75 Orta %75-90 İyi %90-100 Çok İyi	1 Seyrek 1-2 Orta 3-16 Sık 16-20 Çok Sık >20 Parçalı	N: 0-2 Çok Yumuşak N: 3-4 Yumuşak N: 5-8 Orta Katı N: 9-15 Katı N: 16-30 Çok Katı N: >30 Sert	N: 0-4 Çok Gevşek N: 5-10 Gevşek N: 11-30 Orta Sıkı N: 31-50 Sıkı N: >50 Çok Sıkı	

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması



emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KISIKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 652 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/8 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-33 (FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 3 / 3

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT: Comacchio 405
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 30,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 22.05.2016 / 24.05.2016
X-Y KOORD: 4548433 417971
KOT (m): 69,00
YSS (m): 21,00

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
27	K-18						76	23	0										
	K-19						70	0	0										Dayanımlı-orta dayanımlı, gri, sık-çok sık kırıklı yer yer parçalı kırklı, kalsit dolgulu, FeO boyalı, orta-az çok ayrışmış, şeyl arabantlı KUMTAŞI-SİLTTAŞI ARDALANMASI.*(continued)*
28	K-20						87	12	0										
29	K-21						83	10	0										
30															39.0m	30m			

KUYU SONU/BOREHOLE DEPTH (m): 30,00

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı	
				N: >30 Sert		

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİSİKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06760 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-33-A (FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 31,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 06.10.2016 / 08.10.2016
X-Y KOORD: 4548465 418005
KOT (m): 76,30
YSS (m): 13,50

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
1	K-1						17	0	0										
2	SPT-1	7	6	6	12														
	K-2						38	0	0										
3	SPT-2	2	2	12	14														
4	K-3						67	0	0										
5	SPT-3	3	7	18	25														
	K-4						95	0	0										
6	SPT-4	22	3	18	21														
7	K-5						29	0	0										
8	SPT-5	7	7	21	28														
	K-6						57	0	0										
9	SPT-6	6	10	12	22														
10	K-7						58	0	0										
11	SPT-7	5	10	8	18														
	K-8						60	0	0										
12	SPT-8	7	8	15	23														
13																			Kahverengi, kiremit içerikli, orta-iri çakıllı, kumlu, siltli, killi, kontrolsüz dolgu.

DAYANIM
I Çok Dayanımlı
II Dayanımlı
III Orta
IV Zayıf
V Çok Zayıf

AYRIŞMA
I Taze
II Az Ayrışmış
III Orta D. Ayr.
IV Çok Ayr.
V Tümüyle Ayr.

KAYA KALİTESİ RQD
%0-25 Çok Zayıf
%25-50 Zayıf
%50-75 Orta
%75-90 İyi
%90-100 Çok İyi

KIRIKLAR-30cm
1 Seyrek
1-2 Orta
3-16 Sık
16-20 Çok Sık
>20 Parçalı

İnce Daneli
N: 0-2 Çok Yumuşak
N: 3-4 Yumuşak
N: 5-8 Orta Katı
N: 9-15 Katı
N: 16-30 Çok Katı
N: >30 Sert

İri Daneli
N: 0-4 Çok Gevşek
N: 5-10 Gevşek
N: 11-30 Orta Sıkı
N: 31-50 Sıkı
N: >50 Çok Sıkı

Notlar:

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

(Continued Next Page)

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİSİKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 16 16
KULELİ SOKAK No: 81/8 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-33-A (FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 2 / 3

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 31,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 06.10.2016 / 08.10.2016
X-Y KOORD: 4548465 418005
KOT (m): 76,30
YSS (m): 13,50

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
	K-9						48	0	0										
	SPT-9	8	14	16	30									62.8m					
14	K-10						76	0	0										
15	SPT-10	7	8	10	18														Kahverengi, kiremit içerikli, orta-iri çakıllı, kumlu, siltli, killi, kontrolsüz dolgu.*(continued)*
16	K-11						48	0	0										
	SPT-11	10	12	14	26														
17	K-12						62	0	0										
18	SPT-12	10	32	39	71	>>									58.3m	18m			
19	K-13						38	0	0										
	SPT-13	30	50/10																
20	K-14						64	2	0										
21	K-15						60	0	0										Zayıf dayanımlı, kahverengimsi gri, çok sık kırıklı-parçalı, FeO boyalı, orta derecede ayrışmış, yer yer çok ayrışmış yamaç molozu.
22	K-16						47	0	0										
23	K-17						60	0	0										
24	K-18						80	0	0										
25	K-19						87	0	0						51.6m	24.7m			Zayıf dayanımlı, koyu gri, çok sık kırıklı, FeO boyalı, kalsit damarlı, orta derecede ayrışmış, yer yer çok ayrışmış KİREÇTAŞI.
26																			

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı	
				N: >30 Sert		

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

(Continued Next Page)

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİBRİLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-33-A (FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 31,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 06.10.2016 / 08.10.2016
X-Y KOORD: 4548465 418005
KOT (m): 76,30
YSS (m): 13,50

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
27	K-20						93	16	7						49.8m	26.5m			Orta dayanımlı, koyu gri-siyah, sık kırıklı, FeO boyalı, kalsit damarlı, orta derecede ayrışmış KİREÇTAŞI. *28.50-29.00m arası çok dayanımlı.
28	K-21						100	87	57										
29																			
30	K-22						73	10	0						46.8m	29.5m			Orta dayanımlı, koyu gri, sık kırıklı, orta derecede ayrışmış ŞEYL.
31	K-23						84	24	0						45.3m	31m			

KUYU SONU/BOREHOLE DEPTH (m): 31,00

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı	
				N: >30 Sert		

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KISIKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 16 16
KULELİ SOKAK No: 81/8 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-33-B (FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 1 / 2

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 16,50
BAŞ. BİT. TARİHİ: 10.10.2016 / 10.10.2016
X-Y KOORD: 4548495 418045
KOT (m): 78,60
YSS (m): 21,00

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
1	K-1						27	0	0										Yapay Malzeme (İnşaat)
2	K-2						25	0	0										
3	SPT-1	10	18	20	38										75.6m	3m			Kiremit içerikli, küçük-orta çakıllı, kumlu, siltli, kontrolsüz dolgu.
4	K-3						60	3	0										
5	SPT-2	4	5	4	9														
	K-4						100	2	0										
6															72.6m	6m			Kumtaşı kökenli, yer yer yuvarlak, yer yer köşeli formda, FeO-MnO boyanımlı, çakıllı bloklu yamaç molozu.
7	K-5						27	0	0										
8	K-6						54	10	0										
9	K-7						67	5	0										
10	K-8						80	28	0						68.6m	10m			Orta dayanımlı, koyu gri, sık kırıklı, nadir piritli, FeO boyalı, kalsit damarlı, orta derecede ayrışmış, KUMTAŞI
11	K-9						60	14	0										
12	K-10						55	0	0						67.1m	11.5m			Zayıf dayanımlı, çok sık parçalı, yeşilimsi gri, kalsit damarlı, DAYK.
13	K-11						90	0	0										

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı	
				N: >30 Sert		

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

(Continued Next Page)

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİSİKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-33-B (FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 16,50
BAŞ. BİT. TARİHİ: 10.10.2016 / 10.10.2016
X-Y KOORD: 4548495 418045
KOT (m): 78,60
YSS (m): 21,00

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
	K-12						84	0	0						65.1m	13.5m			
	K-13						64	0	0										
14																			
	K-14						81	41	30										Orta dayanımlı, koyu gri, sık kırıklı, kalsit damarlı, orta derecede ayrışmış, yer yer çok ayrışmış KUMTAŞI.
15																			
	K-15						100	37	13										
16															62.1m	16.5m			

57.0m

KUYU SONU/BOREHOLE DEPTH (m): 16,50

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı	
				N: >30 Sert		

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİBRİLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-33-C(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 18,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 31.10.2016 / 01.11.2016
X-Y KOORD: 4548502 418066
KOT (m):
YSS (m): 24,30

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
1	C-1						90	0	0							0.3m			Asfalt-Beton.
2	SPT-1	4	4	3	7	●													
3	C-2						100	0	0										
4	SPT-2	10	16	13	29	●													
5	C-3						69	0	0										Dolgu Killi, kum-çakıl, yer yer bloklu, sarımsı kahve.
6	SPT-3	6	7	9	16	●													
7	C-4						100	0	0										
8	SPT-4	7	16	40	56	>>●													
9	C-5						100	0	0										
10	SPT-5	21	38	42	80	>>●										7.5m			
11	C-6						100	0	0										
12	SPT-6	23	50/12		R	>>●													
13	C-7						90	0	0										Sarımsı kahverengi, çok zayıf dayanımlı, tümüyle ayrışmış, parçalı kırıklı, KUMTAŞI-KİLTAŞI ARABANTLI.
	SPT-7	7	11	23	34	●													
	C-8						90	0	0										
	SPT-8	15	23	32	55	>>●													

DAYANIM
I Çok Dayanımlı
II Dayanımlı
III Orta
IV Zayıf
V Çok Zayıf

AYRIŞMA
I Taze
II Az Ayrışmış
III Orta D. Ayr.
IV Çok Ayr.
V Tümüyle Ayr.

KAYA KALİTESİ RQD
%0-25 Çok Zayıf
%25-50 Zayıf
%50-75 Orta
%75-90 İyi
%90-100 Çok İyi

KIRIKLAR-30cm
1 Seyrek
1-2 Orta
3-16 Sık
16-20 Çok Sık
>20 Parçalı

İnce Daneli
N: 0-2 Çok Yumuşak
N: 3-4 Yumuşak
N: 5-8 Orta Katı
N: 9-15 Katı
N: 16-30 Çok Katı
N: >30 Sert

İri Daneli
N: 0-4 Çok Gevşek
N: 5-10 Gevşek
N: 11-30 Orta Sıkı
N: 31-50 Sıkı
N: >50 Çok Sıkı

Notlar:

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

(Continued Next Page)

MÜHENDİS: ÜMİT KARAHAN

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİBRİLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-33-C(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 18,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 31.10.2016 / 01.11.2016
X-Y KOORD: 4548502 418066
KOT (m):
YSS (m): 24,30

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
	C-9						75	0	0										
	SPT-9	50/7			R	>>										13.6m			
14	C-10						61	4	0										Çok zayıf dayanımlı, çok-orta ayrışmış, sık kırıklı-parçalı, çok zayıf kaya kaliteli, sarımsı kahverengi, KİLTAŞI-KUMTAŞI.
15																15.6m			
16	C-11						67	6	0										
17	C-12						91	12	8										Çok zayıf-zayıf dayanımlı, orta-az ayrışmış, sık kırıklı, gri, çok zayıf kaya kaliteli, KİLTAŞI.
18																18m			

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı	
				N: >30 Sert		

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

MÜHENDİS: ÜMİT KARAHAN

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİŞİKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/8 06790 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-33-D(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 15,40
BAŞ. BİT. TARİHİ: 02.11.2016 / 03.11.2016
X-Y KOORD: 4548481 417966
KOT (m):
YSS (m): 9,40

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
1	C-1						60									0.1m			Asfalt
2	SPT-1	3	2	6	8	●													
3	C-2						100												
	SPT-2																		
4	C-3						100												Dolgu Killi kumlu çakıl, yer yer bloklu, sarımsı kahverengi.
5	SPT-3	5	5	7	12	●													
6	C-4						100												
	SPT-4	3	3	2	5	●													
7	C-5						100												
8	SPT-5	12	14	16	30	●										8m			
9	C-6						100	9	0										
10	C-7						74	6	0					▼					Çok zayıf-zayıf dayanımlı, çok-orta ayrışmış, sık kırıklı, sarımsı kahve, çok zayıf kaya kaliteli, KUMTAŞI-KİLTAŞI. *12.80-14.00m arası tümüyle ayrışmış.
11	C-8						71	11	0										
12																			
13	C-9						91	0	0										

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı N: >30 Sert	N: >50 Çok Sıkı	

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

(Continued Next Page)

MÜHENDİS: ÜMİT KARAHAN

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİSİKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-33-D(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 2 / 2

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

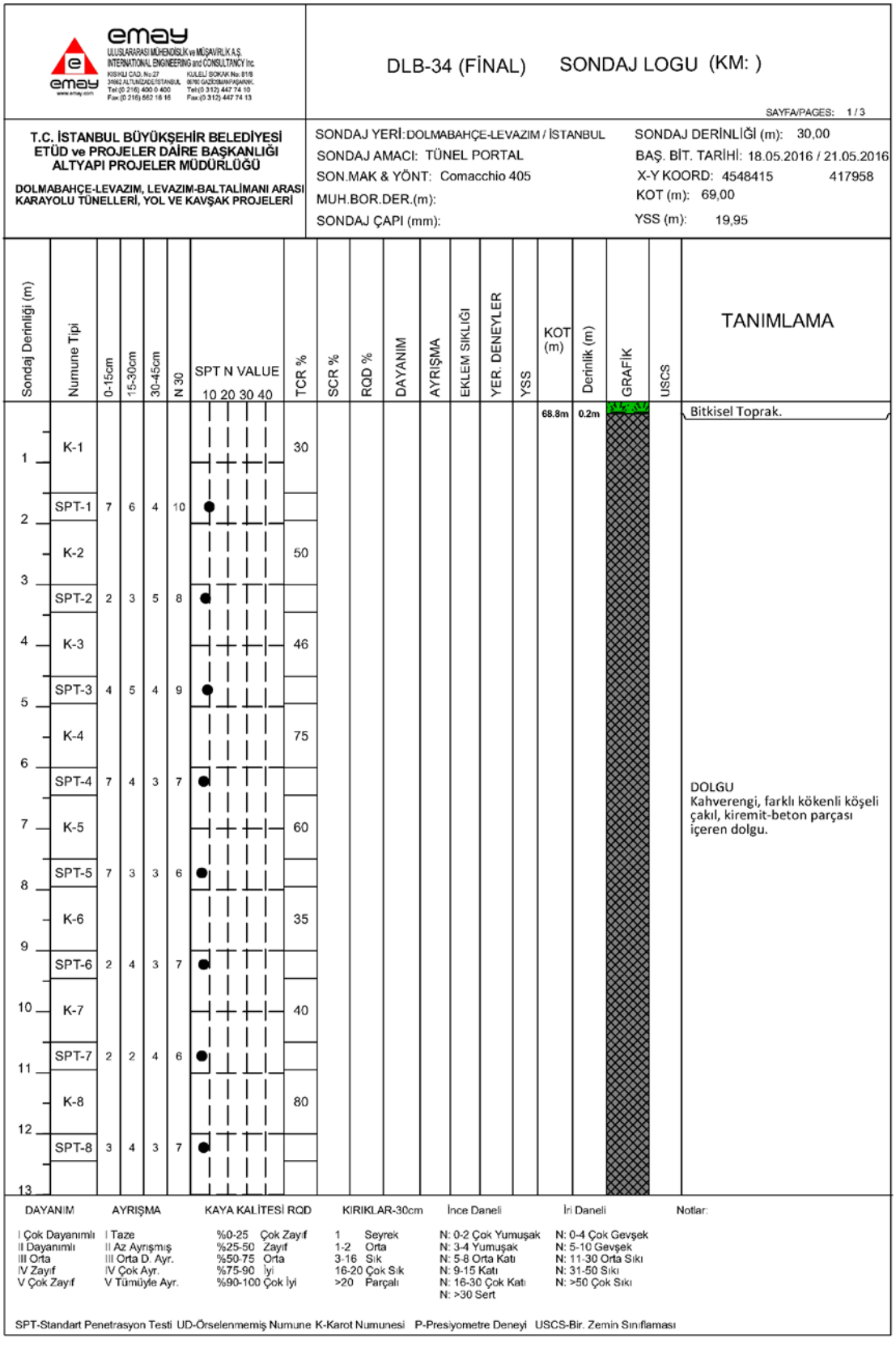
SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 15,40
BAŞ. BİT. TARİHİ: 02.11.2016 / 03.11.2016
X-Y KOORD: 4548481 417966
KOT (m):
YSS (m): 9,40

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
14	SPT-6	19	41	50/2	R	>>										14m			
	C-10						100	15	0										Zayıf dayanımlı, orta-az ayrışmış, sık kırıklı, çok zayıf kaya kaliteli, gri, KİLTAŞI-KUMTAŞI.
15	C-11						80	10	0							15.4m			

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı	
				N: >30 Sert		

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

MÜHENDİS: ÜMİT KARAHAN



emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KISIKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 652 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/8 06760 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34 (FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 1 / 3

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT: Comacchio 405
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 30,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 18.05.2016 / 21.05.2016
X-Y KOORD: 4548415 417958
KOT (m): 69,00
YSS (m): 19,95

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
															68.8m	0.2m			Bitkisel Toprak.
1	K-1						30												
2	SPT-1	7	6	4	10														
3	K-2						50												
4	SPT-2	2	3	5	8														
5	K-3						46												
6	SPT-3	4	5	4	9														
7	K-4						75												DOLGU Kahverengi, farklı kökenli köşeli çakıl, kiremit-beton parçası içeren dolgu.
8	SPT-4	7	4	3	7														
9	K-5						60												
10	SPT-5	7	3	3	6														
11	K-6						35												
12	SPT-6	2	4	3	7														
13	K-7						40												
	SPT-7	2	2	4	6														
	K-8						80												
	SPT-8	3	4	3	7														

DAYANIM
I Çok Dayanımlı
II Dayanımlı
III Orta
IV Zayıf
V Çok Zayıf

AYRIŞMA
I Taze
II Az Ayrışmış
III Orta D. Ayr.
IV Çok Ayr.
V Tümüyle Ayr.

KAYA KALİTESİ RQD
%0-25 Çok Zayıf
%25-50 Zayıf
%50-75 Orta
%75-90 İyi
%90-100 Çok İyi

KIRIKLAR-30cm
1 Seyrek
1-2 Orta
3-16 Sık
16-20 Çok Sık
>20 Parçalı

İnce Daneli
N: 0-2 Çok Yumuşak
N: 3-4 Yumuşak
N: 5-8 Orta Katı
N: 9-15 Katı
N: 16-30 Çok Katı
N: >30 Sert

İri Daneli
N: 0-4 Çok Gevşek
N: 5-10 Gevşek
N: 11-30 Orta Sıkı
N: 31-50 Sıkı
N: >50 Çok Sıkı

Notlar:

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KISIKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 652 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/8 06760 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34 (FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT: Comacchio 405
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 30,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 18.05.2016 / 21.05.2016
X-Y KOORD: 4548415 417958
KOT (m): 69,00
YSS (m): 19,95

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
14	K-9						55												
	SPT-9	4	6	7	13														
	K-10						65												
15	SPT-10	4	4	6	10														
16	K-11						80	0	0										
	SPT-11	20	28	22	50														DOLGU Kahverengi, farklı kökenli köşeli çakıl, kiremit-beton parçası içeren dolgu.*(continued)*
17	K-12						50	0	0										
18	SPT-12	37	50/12		R	>>													
19	K-13						50	0	0										
	SPT-13	15	20	20	40														
20	K-14						90	0	0						49.0m	20m			
21	SPT-14	50/12			R	>>								49.1m					
22	K-15						65	0	0										Çok zayıf dayanımlı, gri renkli, parçalı, tümüyle ayrışmış KUMTAŞI-ŞEYL ARDALANMASI.
23	SPT-15	50/7			R	>>													
	K-16						60	0	0						46.0m	23m			
24	K-17						40	0	0										
	K-18						80	0	0										
25	K-19						76	10	0										Orta dayanımlı-dayanımlı, gri renkli, sık kırıklı, yer yer parçalı, orta derecede ayrışmış, yer yer Kumtaşı arabantlı ŞEYL.
26																			

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı
				N: >30 Sert	

Notlar:

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KISIKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 652 16 16
KULELİ SOKAK No: 81/8 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34 (FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT: Comacchio 405
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 30,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 18.05.2016 / 21.05.2016
X-Y KOORD: 4548415 417958
KOT (m): 69,00
YSS (m): 19,95

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
27	K-20						84	16	0										Orta dayanımlı-dayanımlı, gri renkli, sık kırıklı, yer yer parçalı, orta derecede ayrışmış, yer yer Kumtaşı arabantlı ŞEYL.*(continued)*
28	K-21						71	0	0										
29	K-22						74	6	0										
30	K-23						90	15	0						39.0m	30m			

KUYU SONU/BOREHOLE DEPTH (m): 30,00

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı	
				N: >30 Sert		

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİBRİLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06760 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-A (FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 1 / 3

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 30,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 07.10.2016 / 11.10.2016
X-Y KOORD: 4548446 418019
KOT (m): 75,40
YSS (m): 7,00

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
1	K-1						100	0	0										
2	SPT-1	7	7	10	17														
3	K-2						100	0	0										
4	SPT-2	7	2	15	17														
5	K-3						100	0	0										
6	SPT-3	8	10	10	20														
7	K-4						100	0	0										
8	SPT-4	3	3	5	8														Kahverengi-gri, küçük-orta çakıllı, kumlu, siltli, killi kontrolsüz dolgu.
9	K-5						100	0	0					68,4m					
10	SPT-5	10	11	13	24														
11	K-6						100	0	0										
12	SPT-6(BOŞ)	10	12	16	28														
13	K-7						100	0	0										
	SPT-7(BOŞ)	11	15	17	32														
	K-8						100	0	0										
	SPT-8	7	8	10	18														

DAYANIM
I Çok Dayanımlı
II Dayanımlı
III Orta
IV Zayıf
V Çok Zayıf

AYRIŞMA
I Taze
II Az Ayrışmış
III Orta D. Ayr.
IV Çok Ayr.
V Tümüyle Ayr.

KAYA KALİTESİ RQD
%0-25 Çok Zayıf
%25-50 Zayıf
%50-75 Orta
%75-90 İyi
%90-100 Çok İyi

KIRIKLAR-30cm
1 Seyrek
1-2 Orta
3-16 Sık
16-20 Çok Sık
>20 Parçalı

İnce Daneli
N: 0-2 Çok Yumuşak
N: 3-4 Yumuşak
N: 5-8 Orta Katı
N: 9-15 Katı
N: 16-30 Çok Katı
N: >30 Sert

İri Daneli
N: 0-4 Çok Gevşek
N: 5-10 Gevşek
N: 11-30 Orta Sıkı
N: 31-50 Sıkı
N: >50 Çok Sıkı

Notlar:

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

(Continued Next Page)

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİŞİKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-A (FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 30,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 07.10.2016 / 11.10.2016
X-Y KOORD: 4548446 418019
KOT (m): 75,40
YSS (m): 7,00

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
14	K-9						100	0	0										
	SPT-9	18	13	14	27														Kahverengi-gri, küçük-orta çakıllı, kumlu, siltli, killi kontrolsüz dolgu.*(continued)*
15	K-10						100	0	0										
	SPT-10	20	18	25	43														
16	K-11						100	21	0						59.6m	15.8m			
17	K-12						87	0	0										Çakıllı, bloklu, kumtaşı kökenli, FeO-MnO boyanımlı yamaç molozu.
18																			
19	K-13						100	5	0						56.8m 56.3m	18.6m 19.1m			Zayıf dayanımlı, yer yer orta dayanımlı, koyu gri, çok sık parçalı kırıklı, FeO boyalı, çok ayrışmış KUMTAŞI.
20	K-14						100	25	14										
21																			
22	K-15						100	11	0										Orta-zayıf dayanımlı, koyu gri-siyah, sık-çok sık parçalı kırıklı, nadir FeO boyalı, kalsit dolgulu, orta-çok derecede ayrışmış, yer yer tamamen ayrışmış KİLTAŞI-ŞEYL.
23	K-16						100	17	7										
24																			
25	K-17						100	28	8						50.4m	25m			
26																			

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı II Dayanımlı III Orta IV Zayıf V Çok Zayıf	I Taze II Az Ayrışmış III Orta D. Ayr. IV Çok Ayr. V Tümüyle Ayr.	%0-25 Çok Zayıf %25-50 Zayıf %50-75 Orta %75-90 İyi %90-100 Çok İyi	1 Seyrek 1-2 Orta 3-16 Sık 16-20 Çok Sık >20 Parçalı	N: 0-2 Çok Yumuşak N: 3-4 Yumuşak N: 5-8 Orta Katı N: 9-15 Katı N: 16-30 Çok Katı N: >30 Sert	N: 0-4 Çok Gevşek N: 5-10 Gevşek N: 11-30 Orta Sıkı N: 31-50 Sıkı N: >50 Çok Sıkı	

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

(Continued Next Page)

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİŞİKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-A (FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 30,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 07.10.2016 / 11.10.2016
X-Y KOORD: 4548446 418019
KOT (m): 75,40
YSS (m): 7,00

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
27	K-18						80	4	0										
28	K-19						87	3	0										Zayıf dayanımlı, gri, çok sık parçalı kırıklı, yoğun kalsit dolgulu, çok ayrışmış, yer yer tamamen ayrışmış karbonatlı ŞEYL.*(continued)*
29	K-20						93	9	0										
30															45.4m	30m			

KUYU SONU/EOREHOLE DEPTH (m): 30,00

DAYANIM
I Çok Dayanımlı
II Dayanımlı
III Orta
IV Zayıf
V Çok Zayıf

AYRIŞMA
I Taze
II Az Ayrışmış
III Orta D. Ayr.
IV Çok Ayr.
V Tümüyle Ayr.

KAYA KALİTESİ RQD
%0-25 Çok Zayıf
%25-50 Zayıf
%50-75 Orta
%75-90 İyi
%90-100 Çok İyi

KIRIKLAR-30cm
1 Seyrek
1-2 Orta
3-16 Sık
16-20 Çok Sık
>20 Parçalı

İnce Daneli
N: 0-2 Çok Yumuşak
N: 3-4 Yumuşak
N: 5-8 Orta Katı
N: 9-15 Katı
N: 16-30 Çok Katı
N: >30 Sert

İri Daneli
N: 0-4 Çok Gevşek
N: 5-10 Gevşek
N: 11-30 Orta Sıkı
N: 31-50 Sıkı
N: >50 Çok Sıkı

Notlar:

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KISIKLI CAD. No:27 34662 ALTUNIZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 16 16
KULELİ SOKAK No: 81/8 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-B(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 1 / 3

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 27,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 11.10.2016 / 13.10.2016
X-Y KOORD: 4548485 418087
KOT (m): 83,80
YSS (m): 18,60

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
1	K-1						100	0	0						82.8m	1m			Bitkisel Toprak
2	SPT-1	3	3	5	8														
3	K-2						100	0	0										
4	SPT-2	15	10	3	13														
5	K-3						100	0	0										
6	SPT-3	5	8	8	16														
7	K-4						100	0	0										
8	SPT-4	10	10	9	19														Kahverengi, nemli, kiremit parçaları içeren, yer yer kumtaşı bloklu, farklı orjinli, orta-iri çakıllı, killi, siltli, kontrolsüz dolgu.
9	K-5						100	0	0										
10	SPT-5	3	9	14	23														
11	K-6						100	0	0										
12	SPT-6	6	7	11	18														
13	K-7						100	0	0										
	SPT-7	8	11	13	24														
	K-8						100	0	0										
	SPT-8	7	12	15	27														

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı	
				N: >30 Sert		

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

(Continued Next Page)

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİBRİLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-B(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 2 / 3

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 27,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 11.10.2016 / 13.10.2016
X-Y KOORD: 4548485 418087
KOT (m): 83,80
YSS (m): 18,60

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
	K-9						100	0	0										
14	SPT-9	5	7	18	25	●													
	K-10						100	0	0										
15	SPT-10	15	10	14	24	●													
16	K-11						100	0	0										Kahverengi, nemli, kiremit parçaları içeren, yer yer kumtaşı bloklu, farklı orjinli, orta-iri çakıllı, killi, siltli, kontrolsüz dolgu.*(continued)*
17	SPT-11	8	11	13	24	●													
	K-12						100	0	0										
18	SPT-12	11	19	21	40	●													
														65.0m					
19	K-13						100	0	0						65.0m	18.8m			
20	SPT-13	16	23	29	52	>> ●													
	K-14						57	0	0										Kahverengi-koyu kahverengi, nemli, siltli, orta-yüksek plastisiteli, sert KİL.
21																			
22	K-15						63	0	0										
23	K-16						73	17	13						61.0m	22.8m			
24																			
25	K-17						93	37	23										Orta dayanımlı-dayanımlı, koyu gri, çatlak yüzeyleri kalsit dolgulu, çok zayıf-zayıf kaya kalitesine sahip, az ayrışmış-taze kumtaşı ara seviyeli KİLTAŞI.
26																			

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı	
				N: >30 Sert		

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

(Continued Next Page)

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİSİKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-B(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 3 / 3

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 27,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 11.10.2016 / 13.10.2016
X-Y KOORD: 4548485 418087
KOT (m): 83,80
YSS (m): 18,60

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
27	K-18						100	33	27						56.8m	27m			

KUYU SONU/EOREHOLE DEPTH (m): 27,00

DAYANIM
I Çok Dayanımlı
II Dayanımlı
III Orta
IV Zayıf
V Çok Zayıf

AYRIŞMA
I Taze
II Az Ayrışmış
III Orta D. Ayr.
IV Çok Ayr.
V Tümüyle Ayr.

KAYA KALİTESİ RQD
%0-25 Çok Zayıf
%25-50 Zayıf
%50-75 Orta
%75-90 İyi
%90-100 Çok İyi

KIRIKLAR-30cm
1 Seyrek
1-2 Orta
3-16 Sık
16-20 Çok Sık
>20 Parçalı

İnce Daneli
N: 0-2 Çok Yumuşak
N: 3-4 Yumuşak
N: 5-8 Orta Katı
N: 9-15 Katı
N: 16-30 Çok Katı
N: >30 Sert

İri Daneli
N: 0-4 Çok Gevşek
N: 5-10 Gevşek
N: 11-30 Orta Sıkı
N: 31-50 Sıkı
N: >50 Çok Sıkı

Notlar:

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİBRİLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-C(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 1 / 2

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 18,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 25.10.2016 / 26.10.2016
X-Y KOORD: 4548421 418004
KOT (m): 72,00
YSS (m): 9,20

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
1	C-1						80	0	0										
2	SPT-1	9	9	8	17														
3	C-2						100	0	0										
4	SPT-2	2	2	5	7														
5	C-3						90	0	0										Kahverengi, ince-orta çakıllı, kumlu, kontrolsüz kil dolgu.
	SPT-3	50/10			R	>>													
6	C-4						90	0	0										
7	SPT-4	5	10	12	22														
8	C-5						70	0	0						65.0m	7m			
9	SPT-5	25	15	15	30														
10	C-6						100	10	0										
11	C-7						90	0	0					62.8m					Kahverengi, killi, kumlu, kiremit parçalı, sıkı çakıllı kontrolsüz dolgu.
12	C-8						80	0	0										
13	SPT-6	25	35	50/10	R	>>									59.5m	12.5m			

DAYANIM
I Çok Dayanımlı
II Dayanımlı
III Orta
IV Zayıf
V Çok Zayıf

AYRIŞMA
I Taze
II Az Ayrışmış
III Orta D. Ayr.
IV Çok Ayr.
V Tümüyle Ayr.

KAYA KALİTESİ RQD
%0-25 Çok Zayıf
%25-50 Zayıf
%50-75 Orta
%75-90 İyi
%90-100 Çok İyi

KIRIKLAR-30cm
1 Seyrek
1-2 Orta
3-16 Sık
16-20 Çok Sık
>20 Parçalı

İnce Daneli
N: 0-2 Çok Yumuşak
N: 3-4 Yumuşak
N: 5-8 Orta Katı
N: 9-15 Katı
N: 16-30 Çok Katı
N: >30 Sert

İri Daneli
N: 0-4 Çok Gevşek
N: 5-10 Gevşek
N: 11-30 Orta Sıkı
N: 31-50 Sıkı
N: >50 Çok Sıkı

Notlar:

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

(Continued Next Page)

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİBRİLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-C(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 18,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 25.10.2016 / 26.10.2016
X-Y KOORD: 4548421 418004
KOT (m): 72,00
YSS (m): 9,20

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
14	C-9						100	40	20										Orta dayanımlı-dayanımlı, açık gri, az-orta kırıklı, yer yer kalsit dolgulu, çok zayıf-zayıf kaya kaliteli, taze KİLTAŞI.*(continued)*
15	C-10						100	41	28						57.0m	15m			
16	C-11						100	6	0										Zayıf-çok zayıf dayanımlı, sarımsı kahverengi-yer yer gri, çok sık kırıklı, yer yer parçalı, çok zayıf kaya kaliteli, orta-çok ayrışmış KİLTAŞI.
17	C-12						100	0	0										
18															54.0m	18m			

KUYU SONU/BOREHOLE DEPTH (m): 18,00

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı	
				N: >30 Sert		

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİBRİLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-D(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 15,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 25.10.2016 / 26.10.2016
X-Y KOORD: 4548435 418031
KOT (m): 78,00
YSS (m): 6,90

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	TCR %	SCR %	RQD %	KOT (m)	Derinlik (m)	TANIMLAMA
1	C-1					40	0	0	77.8m	0.25m	Beton.
	SPT-1	7	4	5	9						
2	C-2					90	0	0			
3	SPT-2	4	5	5	10						
4	C-3					87	0	0			
5	SPT-3	3	3	8	11						Sarımsı kahve, ince-iri çakıllı, kumlu, killi kontrolsüz dolgu.
	C-4					100	0	0			
6	SPT-4	4	5	4	9						
7	C-5					50	0	0	71.1m		
	SPT-5	12	3	5	8						
8	C-6					45	0	0			
9	SPT-6(BOŞ)	3	3	5	8						
10									68.4m	9.6m	

SPT N VALUE 10 20 30 40

DAYANIM
I Çok Dayanımlı
II Dayanımlı
III Orta
IV Zayıf
V Çok Zayıf

AYRIŞMA
I Taze
II Az Ayrışmış
III Orta D. Ayr.
IV Çok Ayr.
V Tümüyle Ayr.

KAYA KALİTESİ RQD
%0-25 Çok Zayıf
%25-50 Zayıf
%50-75 Orta
%75-90 İyi
%90-100 Çok İyi

KIRIKLAR-30cm
1 Seyrek
1-2 Orta
3-16 Sık
16-20 Çok Sık
>20 Parçalı

İnce Daneli
N: 0-2 Çok Yumuşak
N: 3-4 Yumuşak
N: 5-8 Orta Katı
N: 9-15 Katı
N: 16-30 Çok Katı
N: >30 Sert

İri Daneli
N: 0-4 Çok Gevşek
N: 5-10 Gevşek
N: 11-30 Orta Sıkı
N: 31-50 Sıkı
N: >50 Çok Sıkı

Notlar:

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

(Continued Next Page)

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİŞİKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-D(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 15,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 25.10.2016 / 26.10.2016
X-Y KOORD: 4548435 418031
KOT (m): 78,00
YSS (m): 6,90

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
11	C-7						90	6	0										
12	C-8						84	10	0										Zayıf dayanımlı, sarımsı kahve-gri, sık kırıklı, çok zayıf kaya kaliteli, orta-az ayrışmış, KUMTAŞI ARABANTLI KİLTAŞI.*(continued)*
13	C-9						80	10	0										
14	C-10						91	9	0										
15															63.0m	15m			

KUYU SONU/BOREHOLE DEPTH (m): 15,00

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı	
				N: >30 Sert		

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİSİKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-E(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 22,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 26.10.2016 / 27.10.2016
X-Y KOORD: 4548441 418062
KOT (m): 84,00
YSS (m): 9,70

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
1	C-1						40	0	0						83.8m	0.2m			Parke taşı-kum.
2	SPT-1	4	4	8	12														
3	C-2						80	0	0										
4	SPT-2	4	3	6	9														
5	C-3						90	0	0										
6	SPT-3	3	2	3	5														
7	C-4						65	0	0										Sarımsı kahverengi, kumlu, killi, ince-orta çakıllı, kontrolsüz gevşek dolgu.
8	SPT-4	3	2	4	6														
9	C-5						75	0	0										
10	SPT-5	5	7	9	16														
11	C-6						60	0	0										
12	SPT-6	5	7	5	12														
13	C-7						55	0	0						74.8m				
	SPT-7	5	4	6	10														
	C-8						39	0	0						73.0m	11m			Sarımsı kahverengi, az killi, kumlu çakıllı, sıkı, kontrolsüz dolgu.
	SPT-8	8	22	16	38														

DAYANIM
I Çok Dayanımlı
II Dayanımlı
III Orta
IV Zayıf
V Çok Zayıf

AYRIŞMA
I Taze
II Az Ayrışmış
III Orta D. Ayr.
IV Çok Ayr.
V Tümüyle Ayr.

KAYA KALİTESİ RQD
%0-25 Çok Zayıf
%25-50 Zayıf
%50-75 Orta
%75-90 İyi
%90-100 Çok İyi

KIRIKLAR-30cm
1 Seyrek
1-2 Orta
3-16 Sık
16-20 Çok Sık
>20 Parçalı

İnce Daneli
N: 0-2 Çok Yumuşak
N: 3-4 Yumuşak
N: 5-8 Orta Katı
N: 9-15 Katı
N: 16-30 Çok Katı
N: >30 Sert

İri Daneli
N: 0-4 Çok Gevşek
N: 5-10 Gevşek
N: 11-30 Orta Sıkı
N: 31-50 Sıkı
N: >50 Çok Sıkı

Notlar:

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

(Continued Next Page)

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİSİKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06760 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-E(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 22,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 26.10.2016 / 27.10.2016
X-Y KOORD: 4548441 418062
KOT (m): 84,00
YSS (m): 9,70

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
	C-9						80	0	0										
14	SPT-9	28	24	22	46														
	C-10						40	0	0										Sarımsı kahverengi, az killi, kumlu çakıllı, sıkı, kontrolsüz dolgu.*(continued)*
15	SPT-10	5	11	20	31														
16	C-11						42	0	0										
	SPT-11	50/10			R	>>									67.4m	16.6m			
17	C-12						100	6	0										Çok zayıf-zayıf dayanımlı, sarımsı kahve-gri, sık kırıklı, yer yer parçalı, çok kötü kaya kaliteli, orta-çok ayrışmış, KİLTAŞI.
18																			
19	C-13						100	4	0										
															64.8m	19.2m			
20	C-14						100	14	0										Zayıf-orta dayanımlı, gri, orta-sık kırıklı, çok kötü kaya kaliteli, orta-az ayrışmış KUMTAŞI-KİLTAŞI.
21	C-15						100	22	12										
22															62.0m	22m			

KUYU SONU/EOREHOLE DEPTH (m): 22,00

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı	
				N: >30 Sert		

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİBRİLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-F(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 1 / 2

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 25,50
BAŞ. BİT. TARİHİ: 26.10.2016 / 27.10.2016
X-Y KOORD: 4548449 418083
KOT (m): 89,00
YSS (m): 12,40

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
1	C-1						100	0	0						88.8m	0.2m			Parke taşı-kum.
2	SPT-1	8	10	10	20	●													
	C-2						100	0	0										
3	SPT-2	3	3	1	4	●													
4	C-3						100	0	0										
5	SPT-3	7	7	5	12	●													
	C-4						100	0	0										
6	SPT-4	2	8	5	13	●													
7	C-5						100	0	0										Sarımsı kahverengi, orta-iri çakıllı, yer yer kumlu, killi kontrolsüz dolgu.
8	SPT-5	8	12	3	15	●													
	C-6						100	0	0										
9	SPT-6	5	3	17	20	●													
10	C-7						100	0	0										
11	SPT-7	9	18	9	27	●													
	C-8						100	0	0										
12	SPT-8	3	8	12	20	●								76.8m					
13	C-9						100	0	0										
14	SPT-9	8	7	7	14	●													

DAYANIM
I Çok Dayanımlı
II Dayanımlı
III Orta
IV Zayıf
V Çok Zayıf

AYRIŞMA
I Taze
II Az Ayrışmış
III Orta D. Ayr.
IV Çok Ayr.
V Tümüyle Ayr.

KAYA KALİTESİ RQD
%0-25 Çok Zayıf
%25-50 Zayıf
%50-75 Orta
%75-90 İyi
%90-100 Çok İyi

KIRIKLAR-30cm
1 Seyrek
1-2 Orta
3-16 Sık
16-20 Çok Sık
>20 Parçalı

İnce Daneli
N: 0-2 Çok Yumuşak
N: 3-4 Yumuşak
N: 5-8 Orta Katı
N: 9-15 Katı
N: 16-30 Çok Katı
N: >30 Sert

İri Daneli
N: 0-4 Çok Gevşek
N: 5-10 Gevşek
N: 11-30 Orta Sıkı
N: 31-50 Sıkı
N: >50 Çok Sıkı

Notlar:

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

(Continued Next Page)

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİSİKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 16 16
KULELİ SOKAK No: 81/8 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-F(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 2 / 2

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 25,50
BAŞ. BİT. TARİHİ: 26.10.2016 / 27.10.2016
X-Y KOORD: 4548449 418083
KOT (m): 89,00
YSS (m): 12,40

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE (10 20 30 40)	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
	C-10						100	0	0										
15	SPT-10	8	8	12	20														Sarımsı kahverengi, orta-iri çakıllı, yer yer kumlu, killi kontrolsüz dolgu.*(continued)*
16	C-11						100	0	0										
	SPT-11	7	8	20	28										72.5m	16.5m			
17	C-12						100	0	0										
18	SPT-12	15	30	38	48														Yamaç Molozu gri, killi kumlu çakıl.
19	C-13						100	0	0										
	C-14	50/12			R	>>									69.6m	19.4m			
20	C-15						100	6	0										
21																			
22	C-16						100	10	0										Zayıf-çok zayıf dayanımlı, gri, sık kırıklı, çok kötü kaya kaliteli, orta-çok ayrışmış KİLTAŞI. *21.00-22.10m arası orta dayanımlı, orta kırıklı, kırıklar kalsit dolgulu. *22.10-25.50m arası yer yer kil bantlı.
23	C-17						91	0	0										
24																			
25	C-18						72	6	0						63.5m	25.5m			

KUYU SONU/BOREHOLE DEPTH (m): 25,50

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı	
				N: >30 Sert		

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİBRİLI CAD. No:27 KULELİ SOKAK No: 81/6
34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL 06700 GAZİOSMANPAŞA/ANK.
Tel:(0 216) 400 0 400 Tel:(0 312) 447 74 10
Fax:(0 216) 562 18 16 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-G(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 1 / 2

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 18,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 27.10.2016 / 27.10.2016
X-Y KOORD: 4548423 418076
KOT (m): 88,00
YSS (m): 9,50

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
1	C-1						100	0	0						87.8m	0.2m			Bitkisel Toprak.
	SPT-1	1	2	1	3	●													
2	C-2						100	0	0										
3	SPT-2	1	1	1	2	●													
4	C-3						100	0	0										
5	SPT-3	7	7	8	15	●													Sarımsı kahverengi, yer yer ince çakıllı, kumlu, çok gevşek-orta sıkı, kontrolsüz kil dolgu.
	C-4						100	0	0										
6	SPT-4	3	4	9	13	●													
7	C-5						100	0	0										
	SPT-5	5	1	3	4	●													
8	C-6						100	0	0										
9	SPT-6	7	10	10	20	●								78.5m	78.4m	9.6m			
10																			

DAYANIM
I Çok Dayanımlı
II Dayanımlı
III Orta
IV Zayıf
V Çok Zayıf

AYRIŞMA
I Taze
II Az Ayrışmış
III Orta D. Ayr.
IV Çok Ayr.
V Tümüyle Ayr.

KAYA KALİTESİ RQD
%0-25 Çok Zayıf
%25-50 Zayıf
%50-75 Orta
%75-90 İyi
%90-100 Çok İyi

KIRIKLAR-30cm
1 Seyrek
1-2 Orta
3-16 Sık
16-20 Çok Sık
>20 Parçalı

İnce Daneli
N: 0-2 Çok Yumuşak
N: 3-4 Yumuşak
N: 5-8 Orta Katı
N: 9-15 Katı
N: 16-30 Çok Katı
N: >30 Sert

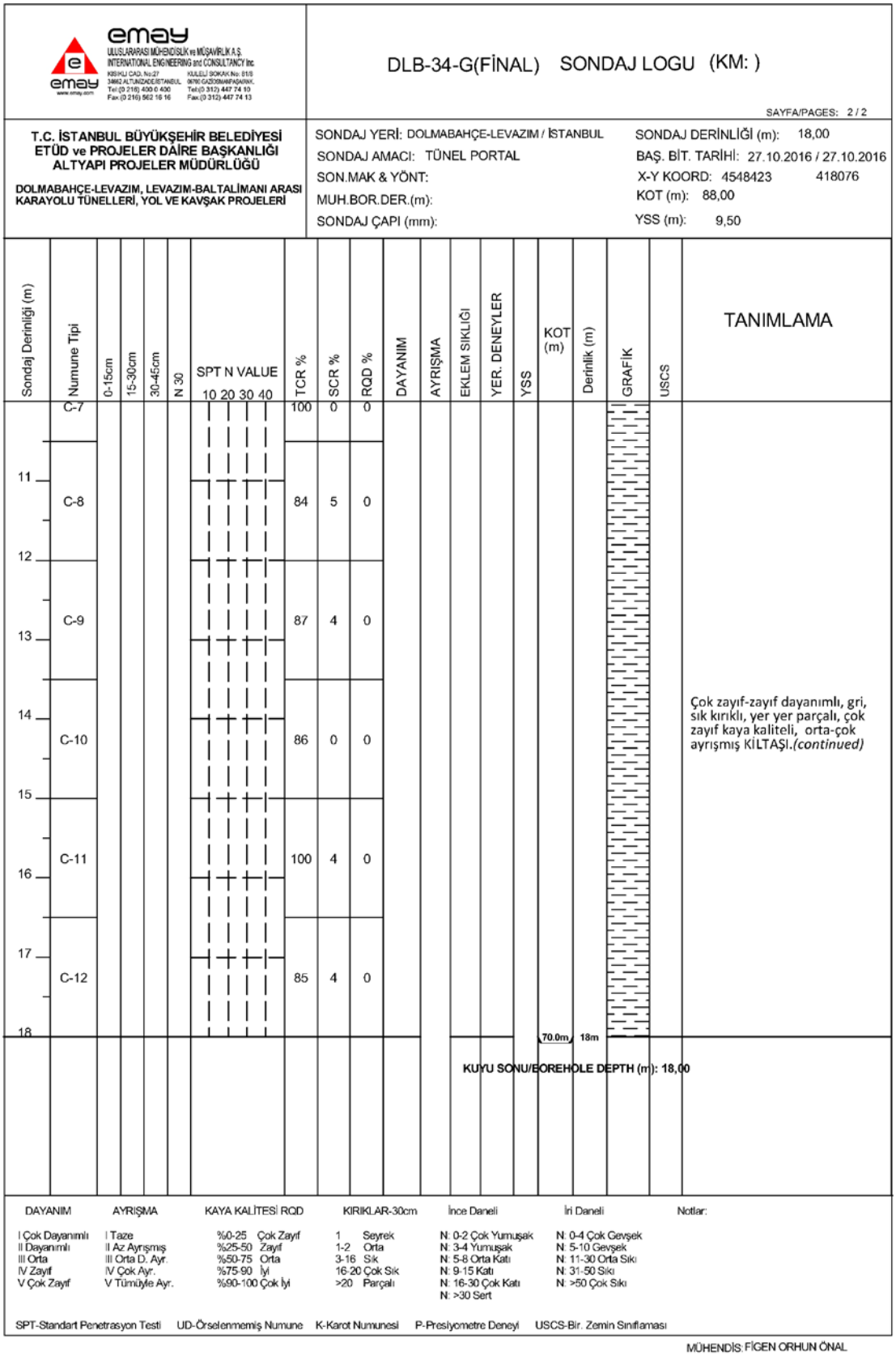
İri Daneli
N: 0-4 Çok Gevşek
N: 5-10 Gevşek
N: 11-30 Orta Sıkı
N: 31-50 Sıkı
N: >50 Çok Sıkı

Notlar:

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

(Continued Next Page)

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL



emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİŞİKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06760 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-G(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 2 / 2

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 18,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 27.10.2016 / 27.10.2016
X-Y KOORD: 4548423 418076
KOT (m): 88,00
YSS (m): 9,50

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
11	C-7						100	0	0										
12	C-8						84	5	0										
13	C-9						87	4	0										
14	C-10						86	0	0										Çok zayıf-zayıf dayanımlı, gri, sık kırıklı, yer yer parçalı, çok zayıf kaya kaliteli, orta-çok ayrışmış KİLTAŞI.*(continued)*
15	C-11						100	4	0										
16	C-12						85	4	0										
17																			
18															70.0m	18m			

KUYU SONU/BOREHOLE DEPTH (m): 18,00

DAYANIM	AYRIŞMA	KAYA KALİTESİ RQD	KIRIKLAR-30cm	İnce Daneli	İri Daneli	Notlar:
I Çok Dayanımlı	I Taze	%0-25 Çok Zayıf	1 Seyrek	N: 0-2 Çok Yumuşak	N: 0-4 Çok Gevşek	
II Dayanımlı	II Az Ayrışmış	%25-50 Zayıf	1-2 Orta	N: 3-4 Yumuşak	N: 5-10 Gevşek	
III Orta	III Orta D. Ayr.	%50-75 Orta	3-16 Sık	N: 5-8 Orta Katı	N: 11-30 Orta Sıkı	
IV Zayıf	IV Çok Ayr.	%75-90 İyi	16-20 Çok Sık	N: 9-15 Katı	N: 31-50 Sıkı	
V Çok Zayıf	V Tümüyle Ayr.	%90-100 Çok İyi	>20 Parçalı	N: 16-30 Çok Katı	N: >50 Çok Sıkı	
				N: >30 Sert		

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİŞİKLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06760 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-H(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 20,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 31.10.2016 / 01.11.2016
X-Y KOORD: 4548401 418016
KOT (m): 76,00
YSS (m): 10,70

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
															75.7m	0.3m			Beton
1	K-1						90	0	0										
	SPT-1	2	2	7	9	●													
2	K-2						100	0	0										Sarımsı kahverengi, ince-orta çakıllı, killi, kumlu kontrolsüz dolgu.
3	SPT-2	3	2	5	7	●													
4	K-3						100	0	0										
	SPT-3	5	2	7	9	●													
5															71.0m	5m			
	K-4						100	0	0										
6	SPT-4	10	9	12	21	●													
7	K-5						100	0	0										
	SPT-5	10	10	15	25	●													
8	K-6						100	0	0										Kızılımsı-sarımsı kahverenkli, az kumlu, az çakıllı, orta katı-katı, kil dolgu.
9	SPT-6	12	15	20	35	●													
10	K-7						100	0	0										
	SPT-7	12	25	28	53	>> ●								65.0m					
11																			

DAYANIM
I Çok Dayanımlı
II Dayanımlı
III Orta
IV Zayıf
V Çok Zayıf

AYRIŞMA
I Taze
II Az Ayrışmış
III Orta D. Ayr.
IV Çok Ayr.
V Tümüyle Ayr.

KAYA KALİTESİ RQD
%0-25 Çok Zayıf
%25-50 Zayıf
%50-75 Orta
%75-90 İyi
%90-100 Çok İyi

KIRIKLAR-30cm
1 Seyrek
1-2 Orta
3-16 Sık
16-20 Çok Sık
>20 Parçalı

İnce Daneli
N: 0-2 Çok Yumuşak
N: 3-4 Yumuşak
N: 5-8 Orta Katı
N: 9-15 Katı
N: 16-30 Çok Katı
N: >30 Sert

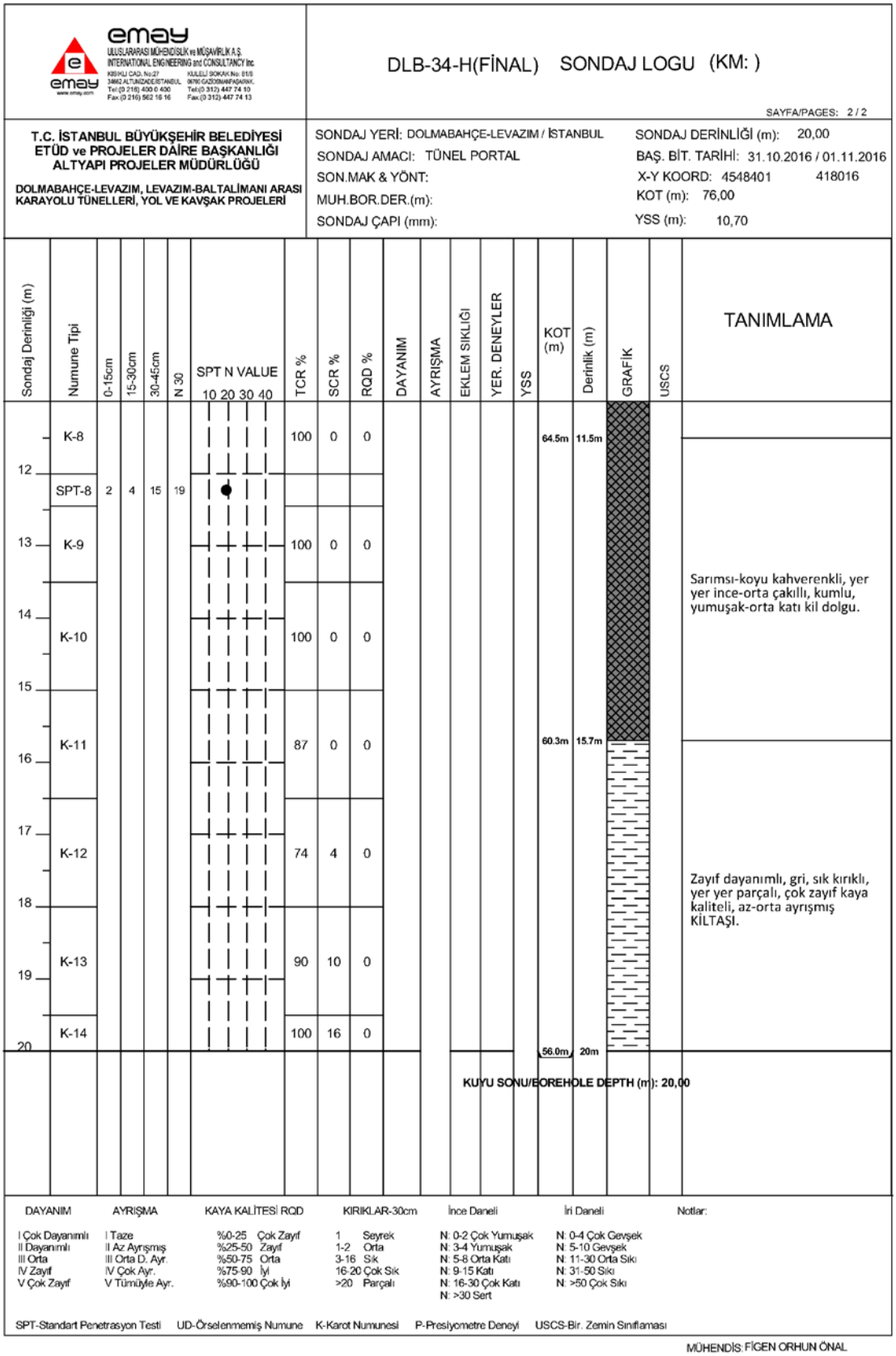
İri Daneli
N: 0-4 Çok Gevşek
N: 5-10 Gevşek
N: 11-30 Orta Sıkı
N: 31-50 Sıkı
N: >50 Çok Sıkı

Notlar:

SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

(Continued Next Page)

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL



emay
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.
INTERNATIONAL ENGINEERING and CONSULTANCY Inc.
KİBRİLI CAD. No:27 34662 ALTUNİZADE/İSTANBUL Tel:(0 216) 400 0 400 Fax:(0 216) 562 18 16
KULELİ SOKAK No: 81/6 06790 GAZİOSMANPAŞA/ANK. Tel:(0 312) 447 74 10 Fax:(0 312) 447 74 13

DLB-34-H(FİNAL) SONDAJ LOGU (KM:)

SAYFA/PAGES: 2 / 2

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜD ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI
ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ, YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

SONDAJ YERİ: DOLMABAHÇE-LEVAZIM / İSTANBUL
SONDAJ AMACI: TÜNEL PORTAL
SON.MAK & YÖNT:
MUH.BOR.DER.(m):
SONDAJ ÇAPI (mm):

SONDAJ DERİNLİĞİ (m): 20,00
BAŞ. BİT. TARİHİ: 31.10.2016 / 01.11.2016
X-Y KOORD: 4548401 418016
KOT (m): 76,00
YSS (m): 10,70

Sondaj Derinliği (m)	Numune Tipi	0-15cm	15-30cm	30-45cm	N 30	SPT N VALUE 10 20 30 40	TCR %	SCR %	RQD %	DAYANIM	AYRIŞMA	EKLEM SIKLIĞI	YER. DENEYLER	YSS	KOT (m)	Derinlik (m)	GRAFİK	USCS	TANIMLAMA
12	K-8						100	0	0						64.5m	11.5m			
	SPT-8	2	4	15	19														
13	K-9						100	0	0										Sarımsı-koyu kahverenkli, yer yer ince-orta çakıllı, kumlu, yumuşak-orta katı kil dolgu.
14	K-10						100	0	0										
15																			
16	K-11						87	0	0						60.3m	15.7m			
17	K-12						74	4	0										Zayıf dayanımlı, gri, sık kırıklı, yer yer parçalı, çok zayıf kaya kaliteli, az-orta ayrışmış KİLTAŞI.
18																			
19	K-13						90	10	0										
20	K-14						100	16	0						56.0m	20m			

KUYU SONU/EOREHOLE DEPTH (m): 20,00

DAYANIM
I Çok Dayanımlı
II Dayanımlı
III Orta
IV Zayıf
V Çok Zayıf

AYRIŞMA
I Taze
II Az Ayrışmış
III Orta D. Ayr.
IV Çok Ayr.
V Tümüyle Ayr.

KAYA KALİTESİ RQD
%0-25 Çok Zayıf
%25-50 Zayıf
%50-75 Orta
%75-90 İyi
%90-100 Çok İyi

KIRIKLAR-30cm
1 Seyrek
1-2 Orta
3-16 Sık
16-20 Çok Sık
>20 Parçalı

İnce Daneli
N: 0-2 Çok Yumuşak
N: 3-4 Yumuşak
N: 5-8 Orta Katı
N: 9-15 Katı
N: 16-30 Çok Katı
N: >30 Sert

İri Daneli
N: 0-4 Çok Gevşek
N: 5-10 Gevşek
N: 11-30 Orta Sıkı
N: 31-50 Sıkı
N: >50 Çok Sıkı

Notlar:

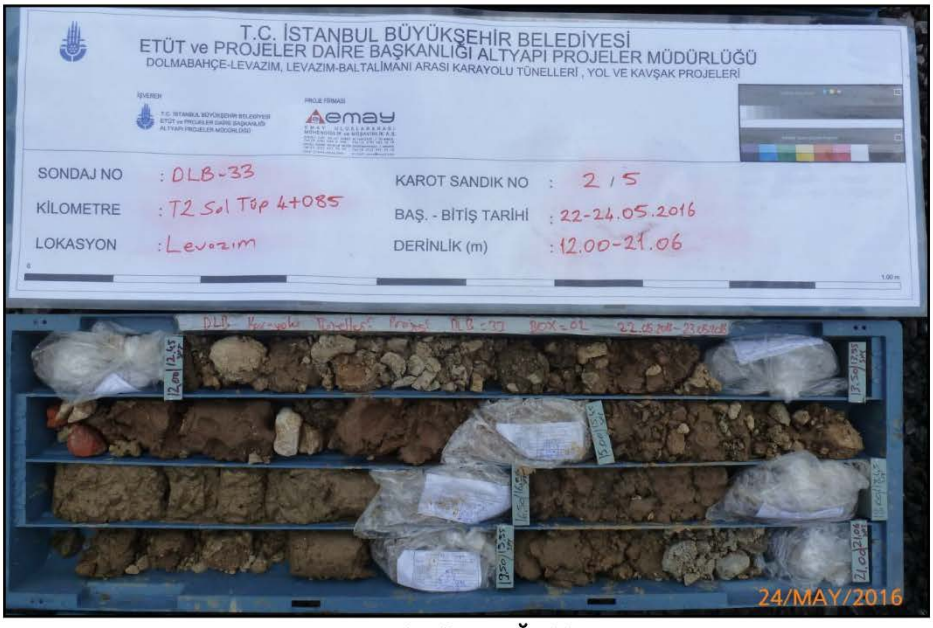
SPT-Standart Penetrasyon Testi UD-Örselenmemiş Numune K-Karot Numunesi P-Presiyometre Deneyi USCS-Bir. Zemin Sınıflaması

MÜHENDİS: FİGEN ORHUN ÖNAL

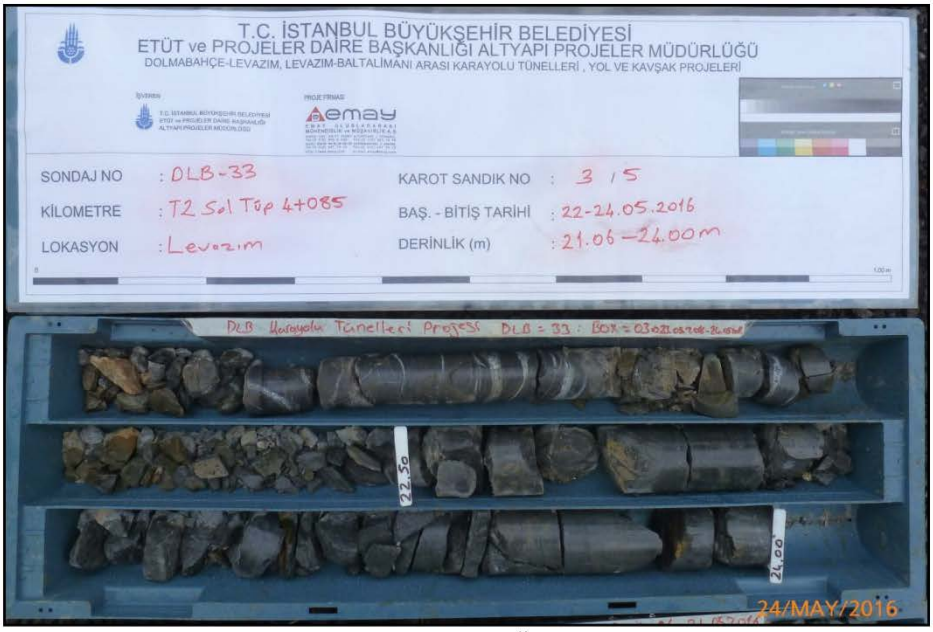
EK 2. KAROT SANDIK FOTOĞRAFLARI

KAROT SANDIĞI FOTOĞRAFLARI

KAROT SANDIĞI-01

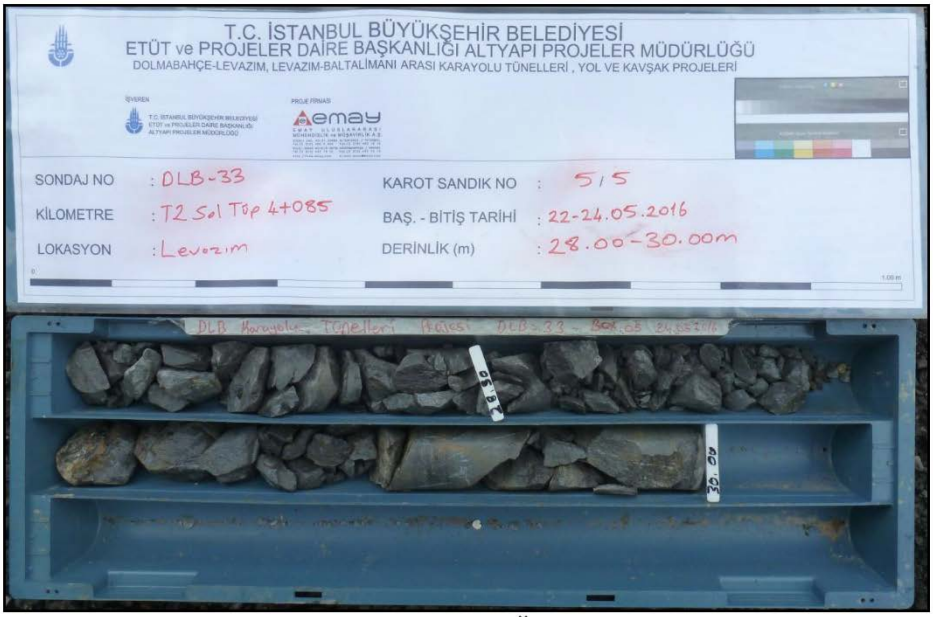


KAROT SANDIĞI-02



KAROT SANDIĞI-03

KAROT SANDIĞI-04



KAROT SANDIĞI-05

KAROT SANDIĞI FOTOĞRAFLARI

KAROT SANDIĞI-01

KAROT SANDIĞI-02

KAROT SANDIĞI-03

KAROT SANDIĞI-04

KAROT SANDIĞI-05

KAROT SANDIĞI FOTOĞRAFLARI

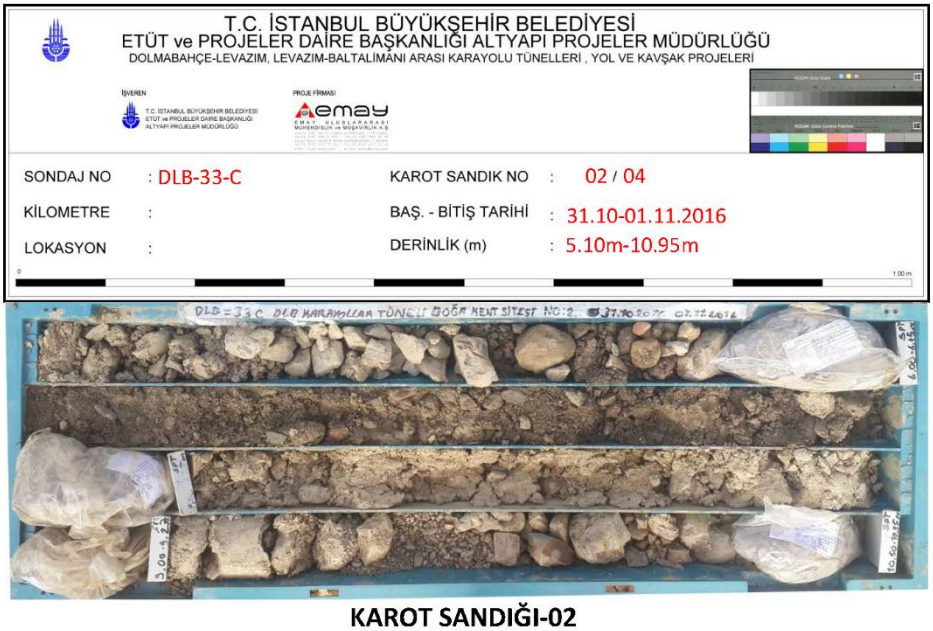
KAROT SANDIĞI-01

KAROT SANDIĞI-02

KAROT SANDIĞI-03

KAROT SANDIĞI FOTOĞRAFLARI

KAROT SANDIĞI-01



KAROT SANDIĞI-02

KAROT SANDIĞI-03

KAROT SANDIĞI-04

KAROT SANDIĞI FOTOĞRAFLARI

KAROT SANDIĞI-01

KAROT SANDIĞI-02

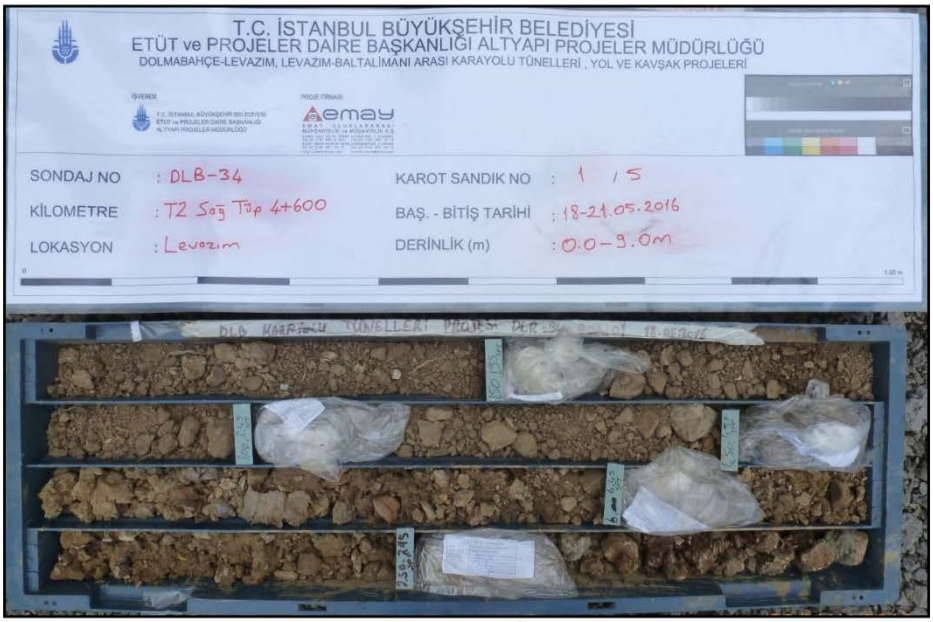
T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜT ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ
DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ , YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

İŞVEREN: T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ETÜT ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ

PROJE FİRMASI: Aemay EMAY ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK ve MÜŞAVİRLİK A.Ş.

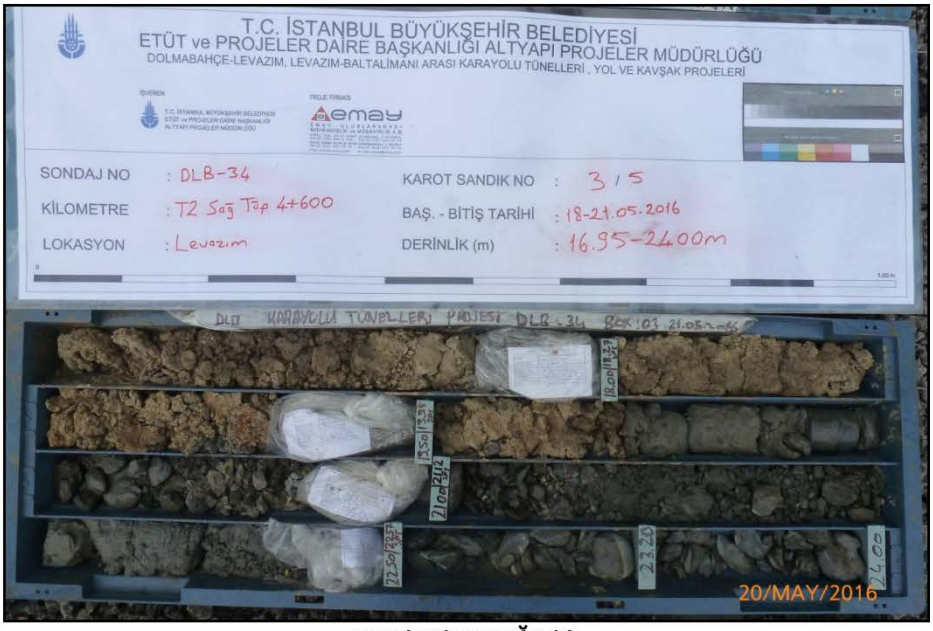
SONDAJ NO	: DLB-33-D	KAROT SANDIK NO	: 03 / 00
KİLOMETRE	:	BAŞ. - BİTİŞ TARİHİ	: 02-03.11.2016
LOKASYON	:	DERİNLİK (m)	: 10.90m-15.40m

KAROT SANDIĞI FOTOĞRAFLARI



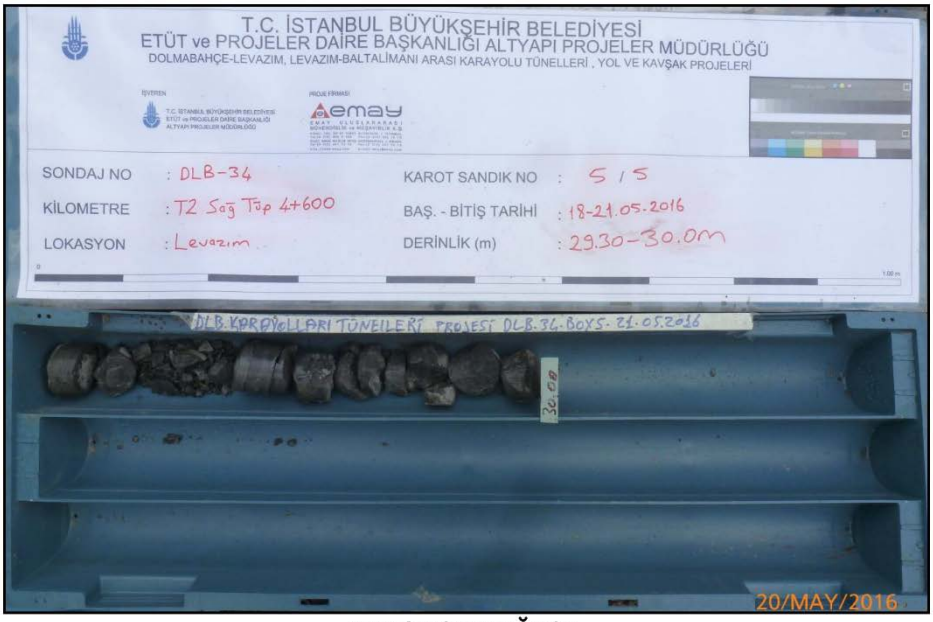
KAROT SANDIĞI-01

KAROT SANDIĞI-02



KAROT SANDIĞI-03

KAROT SANDIĞI-04

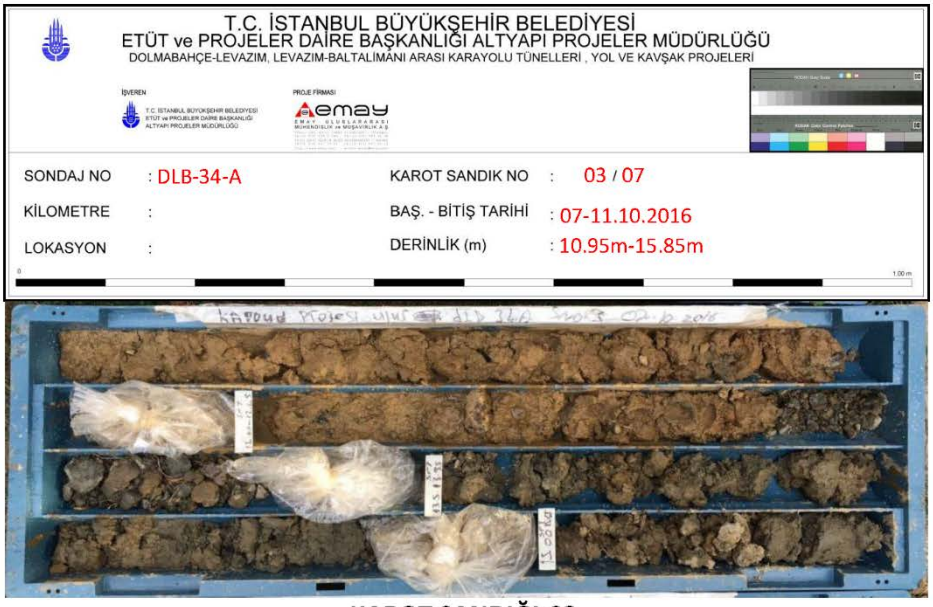


KAROT SANDIĞI-05

KAROT SANDIĞI FOTOĞRAFLARI

KAROT SANDIĞI-01

KAROT SANDIĞI-02



KAROT SANDIĞI-03

KAROT SANDIĞI-04

KAROT SANDIĞI-05

KAROT SANDIĞI-06

KAROT SANDIĞI-07

KAROT SANDIĞI FOTOĞRAFLARI

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜT ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ
DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ , YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

İŞVEREN: T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ETÜT ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ
PROJE FİRMASI: emay

SONDAJ NO	: DLB-34-B	KAROT SANDIK NO	: 01 / 06
KİLOMETRE	:	BAŞ. - BİTİŞ TARİHİ	: 11-13.10.2016
LOKASYON	:	DERİNLİK (m)	: 0.00m-4.95m

KAROT SANDIĞI-01

T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
ETÜT ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ
DOLMABAHÇE-LEVAZIM, LEVAZIM-BALTALİMANI ARASI KARAYOLU TÜNELLERİ , YOL VE KAVŞAK PROJELERİ

İŞVEREN: T.C. İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ETÜT ve PROJELER DAİRE BAŞKANLIĞI ALTYAPI PROJELER MÜDÜRLÜĞÜ
PROJE FİRMASI: emay

SONDAJ NO	: DLB-34-B	KAROT SANDIK NO	: 02 / 06
KİLOMETRE	:	BAŞ. - BİTİŞ TARİHİ	: 11-13.10.2016
LOKASYON	:	DERİNLİK (m)	: 4.95m-10.00m

KAROT SANDIĞI-02

KAROT SANDIĞI-03

KAROT SANDIĞI-04

KAROT SANDIĞI-05

KAROT SANDIĞI-06

KAROT SANDIĞI FOTOĞRAFLARI

KAROT SANDIĞI-01

KAROT SANDIĞI-02

KAROT SANDIĞI-04

KAROT SANDIĞI-03

KAROT SANDIĞI FOTOĞRAFLARI

KAROT SANDIĞI-01

KAROT SANDIĞI-02

KAROT SANDIĞI-03

KAROT SANDIĞI FOTOĞRAFLARI

KAROT SANDIĞI-01

KAROT SANDIĞI-02

KAROT SANDIĞI-03

KAROT SANDIĞI-04

KAROT SANDIĞI FOTOĞRAFLARI

KAROT SANDIĞI-01

KAROT SANDIĞI-02

KAROT SANDIĞI-03

KAROT SANDIĞI-04

KAROT SANDIĞI-05

KAROT SANDIĞI FOTOĞRAFLARI

KAROT SANDIĞI-01

KAROT SANDIĞI-02

KAROT SANDIĞI-03

KAROT SANDIĞI-04

KAROT SANDIĞI FOTOĞRAFLARI

KAROT SANDIĞI-01

KAROT SANDIĞI-02

KAROT SANDIĞI-03

KAROT SANDIĞI-04

EK 3. PRESİYOMETRE SONUÇLARI

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	DLB KYOLU TNL
Country	
Job site identification	BCDEZA
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_33

PROBE

PROBE PARAMETERS				TUBING AND FLUID					PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Code	60-gtm75			Type	Coaxial	X	Liquid	Nature	Correction sheet reference	ET160513.04
Length	Cover				Twin			Unit weight γ/γ_w	Ultimate pressure loss p_{le} (MPa)	0.431
210 mm	X	Rubber		Total length (m)			Gas	Nature	VOLUME LOSS PARAMETERS	
370 mm		Reinforced mesh		50.00				Compressibility λ_s (m^{-1})	Correction sheet reference	CA160513.03
Type		Metallic mesh	X	MEMBRANE PARAMETERS					Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
E		Metallic strips		Supplier type and cote					Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	4.640
G	X	Slotted tube		Pressure loss p_m (MPa)		0.050			Probe volume V_s (cm^3)	824.2

TEST

Test number (or depth)	ES160520.03
Test date and time	20.05.2016 12:27
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.093
Observations (weather, etc.)	

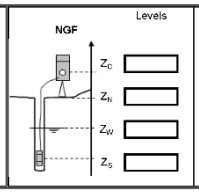
ORIGINAL DATA

Palier	PRESSURE pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	VOLUME V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s
0								
1	0.051	0.049	0.043	0.046	49.4	76.2	88.4	94.8
2	0.090	0.091	0.091	0.089	108.9	115.0	117.5	119.7
3	0.165	0.164	0.162	0.163	136.3	141.7	143.9	146.8
4	0.206	0.203	0.205	0.204	151.1	152.9	154.4	156.3
5	0.293	0.290	0.287	0.286	161.7	163.2	164.4	166.2
6	0.402	0.403	0.403	0.403	171.3	172.6	173.8	175.3
7	0.504	0.504	0.503	0.506	179.6	180.8	181.7	182.6
8	0.688	0.703	0.706	0.706	189.8	191.7	193.2	194.8
9	0.882	0.879	0.877	0.876	201.6	202.8	203.7	204.7
10	1.066	1.072	1.074	1.067	211.2	214.3	215.5	217.1
11	1.302	1.293	1.289	1.289	223.9	229.2	230.9	232.5
12	1.472	1.489	1.485	1.483	240.6	245.0	246.5	248.2
13	1.782	1.762	1.754	1.746	262.6	268.7	271.5	274.2
14	1.985	1.970	1.963	1.960	289.2	293.4	296.0	299.4
15	2.168	2.152	2.144	2.134	312.5	317.9	320.8	325.9
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

DATA CORRECTED from P&V losses

PRESSURE p (MPa)	VOLUME V^{cs} (cm^3)	SLOPE $\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	CREEP $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	MODULE EM (MPa)
0.176	94.5		6.4	
0.189	119.0	1837	2.1	
0.235	145.5	576	3.0	
0.268	154.7	280	1.8	
0.340	164.1	129	1.8	20.218
0.449	172.3	75	1.5	27.106
0.547	178.8	67	0.9	30.435
0.736	189.7	57	1.6	35.472
0.898	198.5	54	0.9	38.299
1.079	209.7	62	1.5	39.487
1.290	223.8	67	1.6	39.865
1.473	238.4	80	1.8	39.064
1.718	263.0	100	2.8	36.768
1.916	287.1	122	3.4	34.593
2.073	312.8	163	5.2	32.131

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	18
	to level (m)	19.5
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

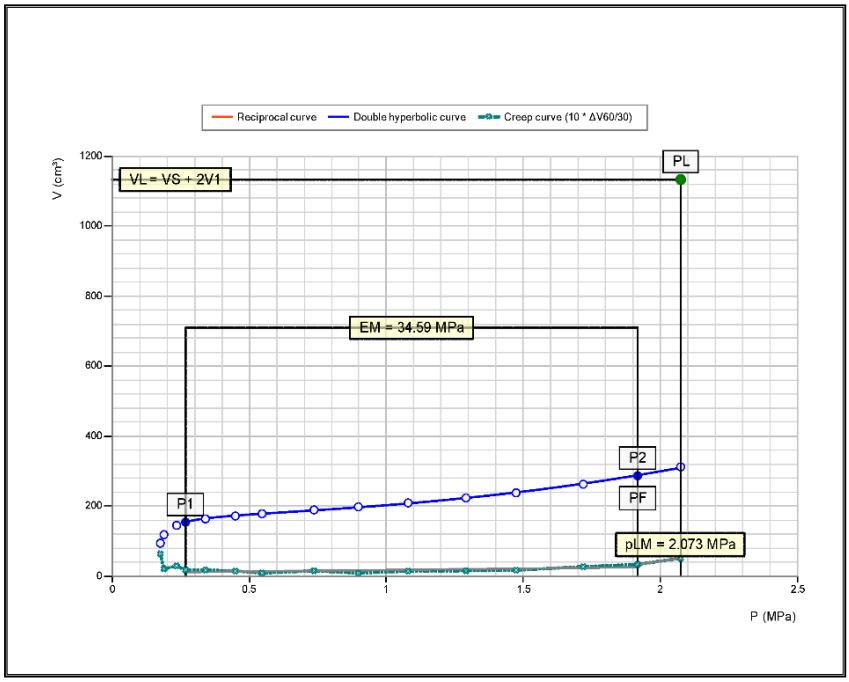
ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	DLB KYOLU TNL
Test reference	ES160520.03
Job site identification	BCDEZA
Borehole	DLB_33
Test depth	18.00



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{ho}	(MPa)	0.162
p_1	(MPa)	0.27
p_2	(MPa)	1.92
p_f	(MPa)	1.92
p_{lm}	(MPa)	2.07
$p_{l\,lin}$	(MPa)	1.91
E_M	(MPa)	34.6
E_M / p_{lin}		16.7
E_M / p_{lm}		18.1

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-1.70E-03
	B	6.72E-03
double hyperbolic	A1	-1.61E+03
	A2	-1.96E+02
	A3	3.37E+00
	A4	1.59E+04
	A5	1.35E-01
	A6	8.92E+00
	Average error(cm3)	1.20E+00

COMMENTS

PLMR = 3.441 MPa
PLMDH = 4.533 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER AUTOMATICALLY RECORDED

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- VOLUME LOSS -

PROBE

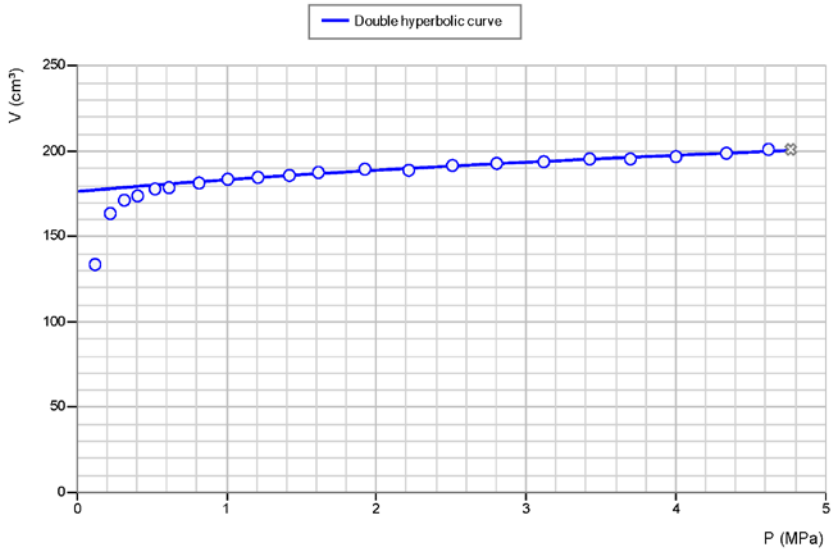
PROBE PARAMETERS			
Cote	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING & FLUIDS PARAMETERS			
Type	Coaxial X	Liquid	Nature
	Twin		Density γ_l/γ_w
Total length (m)		Gas	Nature
50.00			Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS			
Supplier type and cote			
Pressure loss p_m (MPa)		0.050	

TEST

Test number	CA160513.03
Test date and time	13.05.2016 15:06
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure	-0.078
CU to probe elevation	1.00
Observations	

Step	Pressures	Volumes
0	0.000	0.0
1	0.110	133.7
2	0.212	163.6
3	0.306	171.4
4	0.395	173.9
5	0.510	178.0
6	0.604	178.7
7	0.805	181.4
8	0.997	183.6
9	1.199	184.7
10	1.409	185.9
11	1.603	187.6
12	1.913	189.6
13	2.207	188.9
14	2.498	191.7
15	2.794	193.0
16	3.108	193.9
17	3.415	195.5
18	3.687	195.5
19	3.991	196.9
20	4.328	198.9
21	4.609	201.1
22	4.758	201.1
23		
24		



LINEAR EXTRAPOLATION

$V = V_c + a.p$

V_c = **179.2**
a = **4.640**

HYPERBOLIC EXTRAPOLATION

$V = U_1 + U_2.p + \frac{U_3}{U_5 - p}$

U_1 = **2.06E+02**
U_2 = **2.01E+00**
U_3 = **1.48E+02**
U_5 = **-5.00E+00**

COMMENTS

PROBE VOLUME

Calibration tube diameter d_i (mm) = **78.0**

Probe volume V_s (cm^3) = **824.2**

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER
AUTOMATICALLY RECORDED

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- PRESSURE LOSS -

PROBE

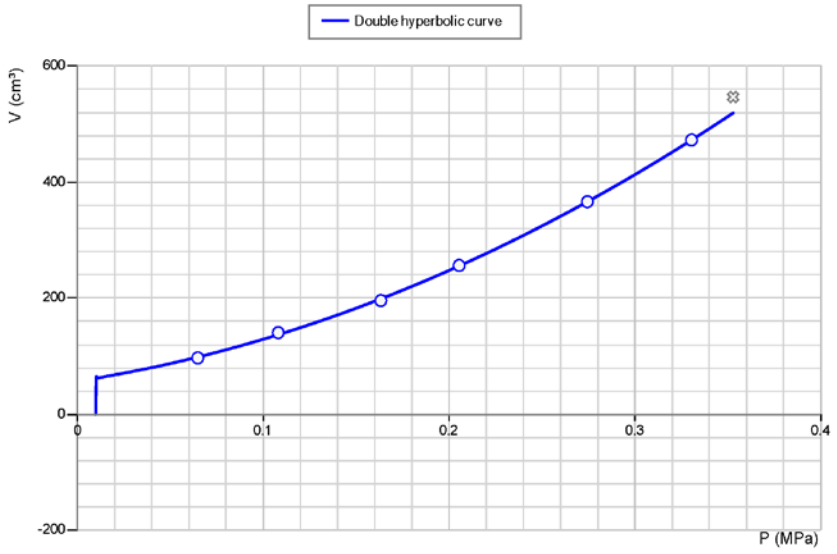
CELL PARAMETERS			
Cote	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING & FLUIDS PARAMETERS				
Type	Coaxial X	Liquid	Nature	Eau
	Twin		Density γ_l/γ_w	1.00
Total length (m)		Gas	Nature	Azote
50.00			Compressibility λ_g (m^{-1})	0.00016
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)		0.050		

TEST

Test number	ET160513.04
Test date and time	13.05.2016 19:05
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure	-0.090
CU to probe elevation	1.00
Observations	

Palier	Pressions	Volumes
0	0.000	0.0
1	0.055	97.3
2	0.098	140.9
3	0.153	196.0
4	0.196	256.5
5	0.264	366.5
6	0.320	472.6
7	0.343	546.7
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		



DOUBLE HYPERBOLIC EXTRAPOLATION

$$V = U_1 + U_2 \cdot p + \frac{U_3}{U_5 - p} + \frac{U_4}{U_6 - p}$$

U_1 =	-1.15E+07	U_4 =	8.10E+08
U_2 =	-1.62E+05	U_5 =	9.99E-03
U_3 =	6.24E-04	U_6 =	7.05E+01

ULTIMATE PRESSURE LOSS

Volume for P_{el} calculation (cm^3) = **700.0**

Ultimate pressure loss P_{el} (MPa) = **0.431**

COMMENTS

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_33A

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

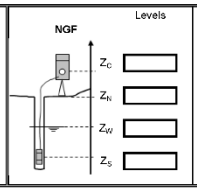
TUBING AND FLUID				
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature
	Twin			Unit weight γ_f/γ_w
Total length (m)	50.00		Gas	Nature
				Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)	0.050			

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160905.03
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.318
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160930.01
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	6.131
Probe volume V_s (cm^3)	784.0

TEST	
Test number (or depth)	ES161006.01
Test date and time	06.10.2016 11:09
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.002
Observations (weather, etc.)	

Palier	ORIGINAL DATA: PRESSURE pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	VOLUME V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	DATA CORRECTED from P&V losses: PRESSURE p (MPa)	VOLUME V^{60} (cm^3)	SLOPE $\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	CREEP $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	MODULE EM (MPa)
0													
1	0.035	0.038	0.038	0.034	51.4	65.3	77.5	89.0	0.020	88.6		11.5	
2	0.078	0.081	0.080	0.079	112.7	122.6	128.7	132.0	0.030	131.0	4166	3.2	
3	0.140	0.137	0.139	0.135	145.3	146.5	147.1	147.7	0.072	146.1	360	0.6	6.809
4	0.188	0.188	0.187	0.185	157.8	159.0	159.3	159.9	0.112	157.8	292	0.6	7.556
5	0.231	0.231	0.230	0.231	166.9	167.1	167.6	167.9	0.151	165.3	189	0.3	8.807
6	0.284	0.283	0.283	0.281	173.3	173.9	174.2	174.5	0.196	171.3	133	0.3	10.308
7	0.340	0.342	0.338	0.342	179.5	179.8	180.1	180.4	0.252	176.5	95	0.3	12.204
8	0.400	0.399	0.402	0.399	184.9	185.2	185.9	186.1	0.305	181.6	96	0.1	13.628
9	0.450	0.448	0.448	0.447	189.6	189.9	190.1	190.5	0.350	185.5	89	0.5	14.715
10	0.501	0.500	0.498	0.498	193.7	194.6	194.4	194.7	0.398	189.2	76	0.3	15.883
11	0.599	0.598	0.597	0.597	202.6	202.5	203.0	203.6	0.491	197.1	85	0.6	17.596
12	0.701	0.697	0.696	0.692	211.1	211.6	212.2	213.1	0.580	205.7	97	0.9	18.650
13	0.793	0.791	0.792	0.790	220.5	221.4	222.3	223.5	0.671	215.2	104	1.2	19.402
14	0.895	0.890	0.891	0.887	232.3	234.8	236.5	238.0	0.759	228.8	155	1.5	19.121
15	0.999	0.995	0.992	0.985	249.3	252.4	255.2	258.3	0.846	248.2	223	3.1	18.042
16	1.188	1.174	1.171	1.160	279.2	287.2	295.9	308.3	0.998	296.7	320	12.4	15.505
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE			
Localization system		X =	
		Y =	
Drilling rig			
Drilling method (table C abbreviations)		C D	
Drilling tool	type		
	diameter (mm)		
Casing foot at (m depth)			
Drilling fluid			
Drilling length before testing	from level (m)	2	
	to level (m)	3.5	
	time completed		

UNITS		
Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

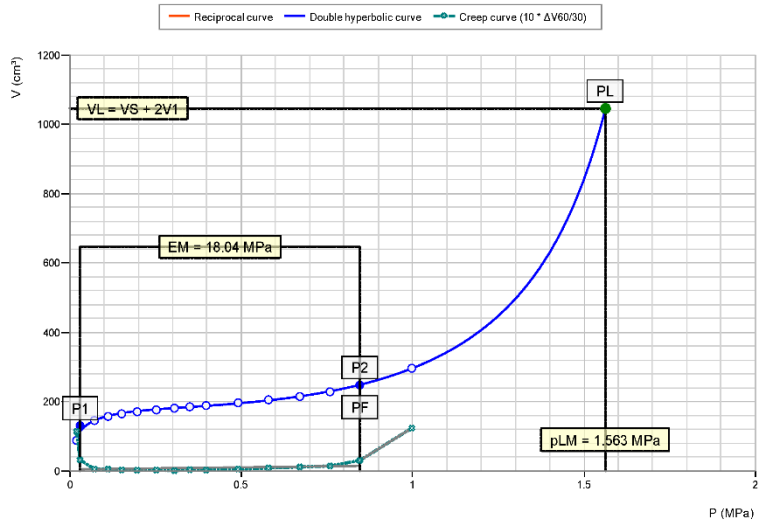
Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161006.01
Job site identification	
Borehole	DLB_33A
Test depth	3.00

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B (Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB_33A_3m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.027
p_1	(MPa)	0.03
p_2	(MPa)	0.85
p_f	(MPa)	0.85
p_{lm}	(MPa)	1.56
p'_{lm}	(MPa)	1.54
E_M	(MPa)	18.0
E_M / p_{lm}		11.5
E_M / p'_{lm}		11.7

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-4.21E-03
	B	7.58E-03
double hyperbolic	A1	-2.02E+01
	A2	-1.56E+02
	A3	6.66E+00
	A4	4.25E+02
	A5	-4.48E-02
	A6	1.89E+00
	Average error(cm3)	2.78E+00

COMMENTS

PLMR = 1.572 MPa
PLMDH = 1.563 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_33A

PROBE

PROBE PARAMETERS					
Code	60-gtm75				
Length		Cover			
210 mm	X	Rubber			
370 mm		Reinforced mesh			
Type		Metallic mesh	X		
E		Metallic strips			
G	X	Slotted tube			

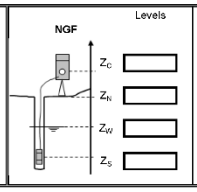
TUBING AND FLUID					
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature	
	Twin			Unit weight γ_f/γ_w	
Total length (m)	50.00		Gas	Nature	
				Compressibility λ_g (m^{-1})	
MEMBRANE PARAMETERS					
Supplier type and cote					
Pressure loss p_m (MPa)	0.050				

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160905.03
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.318
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160930.01
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	6.131
Probe volume V_s (cm^3)	784.0

TEST	
Test number (or depth)	ES161006.02
Test date and time	06.10.2016 12:32
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.000
Observations (weather, etc.)	

Palier	ORIGINAL DATA: PRESSURE pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	VOLUME V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	DATA CORRECTED from P&V losses: PRESSURE p (MPa)	VOLUME V^{60} (cm^3)	SLOPE $\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	CREEP $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	MODULE EM (MPa)
0													
1	0.050	0.048	0.049	0.048	58.5	85.3	111.8	145.3	0.018	144.8		33.5	
2	0.105	0.100	0.098	0.101	169.1	172.8	174.3	175.2	0.046	174.0	1050	0.9	
3	0.148	0.144	0.146	0.146	190.3	192.4	193.3	195.0	0.076	193.3	628	1.7	4.096
4	0.196	0.191	0.191	0.192	209.2	210.0	210.9	212.3	0.110	210.1	502	1.4	4.613
5	0.247	0.249	0.245	0.246	226.8	227.9	228.8	229.9	0.153	227.0	387	1.1	5.328
6	0.293	0.294	0.294	0.294	239.9	241.3	242.0	243.2	0.193	239.8	322	1.2	5.908
7	0.348	0.346	0.348	0.346	251.6	254.3	255.7	256.9	0.238	253.0	292	1.2	6.470
8	0.393	0.391	0.390	0.394	265.3	266.6	267.8	269.9	0.279	265.5	303	2.1	6.825
9	0.442	0.436	0.438	0.433	276.9	278.9	281.5	284.0	0.312	279.2	423	2.5	6.804
10	0.484	0.502	0.509	0.507	293.6	297.9	302.0	305.0	0.376	299.4	316	3.0	7.149
11	0.591	0.584	0.579	0.575	324.6	332.4	338.9	342.5	0.429	336.2	686	3.5	6.528
12	0.684	0.674	0.691	0.694	366.5	377.2	384.0	396.1	0.527	388.7	532	12.1	6.359
13	0.797	0.796	0.803	0.813	421.5	435.7	446.1	464.1	0.624	455.6	691	18.0	6.006
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE			
Localization system		X =	
		Y =	
Drilling rig			
Drilling method (table C abbreviations)		C D	
Drilling tool	type		
	diameter (mm)		
Casing foot at (m depth)			
Drilling fluid			
Drilling length before testing	from level (m)	5	
	to level (m)	6.5	
	time completed		

UNITS		
Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

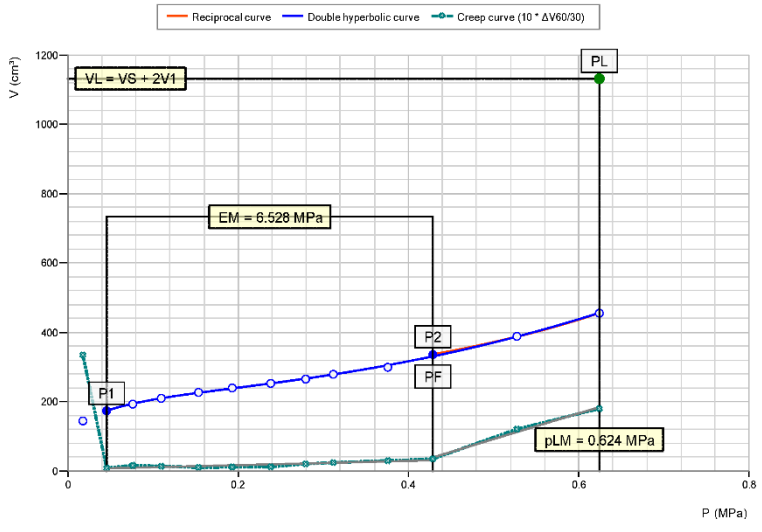
Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161006.02
Job site identification	
Borehole	DLB_33A
Test depth	6.00

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B (Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB_33A_6m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.055
p_1	(MPa)	0.05
p_2	(MPa)	0.43
p_f	(MPa)	0.43
p_{lm}	(MPa)	0.62
p'_{lm}	(MPa)	0.57
E_M	(MPa)	6.5
E_M / p_{lm}		10.5
E_M / p'_{lm}		11.5

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-3.99E-03
	B	4.68E-03
double hyperbolic	A1	-6.03E+06
	A2	-6.66E+04
	A3	1.64E+01
	A4	5.48E+08
	A5	-8.71E-02
	A6	9.08E+01
	Average error(cm3)	1.43E+00

COMMENTS

PLMR = 0.952 MPa
PLMDH = 1.193 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_33A

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING AND FLUID				
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature
	Twin			Unit weight γ/γ_w
Total length (m)	50.00		Gas	Nature
				Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)	0.050			

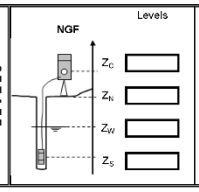
PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160905.03
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.318
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160930.01
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	6.131
Probe volume V_s (cm^3)	784.0

TEST

Test number (or depth)	ES161006.03
Test date and time	06.10.2016 14:42
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.000
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.056	0.053	0.052	0.051	79.2	113.0	135.1	149.1	0.047	148.5		14.0	
2	0.091	0.105	0.105	0.104	162.3	172.6	176.9	179.8	0.075	178.6	1078	2.9	
3	0.136	0.157	0.166	0.166	185.8	192.5	198.9	201.2	0.122	199.3	443	2.3	5.841
4	0.189	0.186	0.184	0.183	205.0	205.6	206.5	207.1	0.135	205.0	429	0.7	5.900
5	0.235	0.252	0.254	0.252	212.9	218.1	220.0	221.1	0.194	218.3	224	1.2	7.855
6	0.293	0.305	0.307	0.305	225.2	228.7	229.0	230.1	0.242	226.6	176	1.0	9.110
7	0.353	0.359	0.359	0.356	234.5	236.4	237.5	238.4	0.288	234.4	166	0.9	10.078
8	0.385	0.386	0.383	0.383	241.1	242.0	241.9	242.8	0.313	238.5	167	0.9	10.493
9	0.508	0.505	0.506	0.506	253.8	256.9	258.0	260.4	0.426	254.8	144	2.4	12.275
10	0.599	0.607	0.620	0.638	267.4	270.2	272.6	276.4	0.550	269.5	118	3.7	14.032
11	0.709	0.724	0.724	0.722	283.7	287.9	289.6	292.2	0.627	284.6	198	2.6	14.064
12	0.798	0.804	0.810	0.825	298.0	301.3	304.5	309.2	0.722	300.6	168	4.7	14.448
13	0.895	0.889	0.890	0.893	317.6	321.2	324.2	328.2	0.782	318.9	307	4.0	13.842
14	0.993	0.992	1.000	1.014	338.3	345.3	351.4	358.0	0.891	347.7	264	6.6	13.440
15	1.095	1.100	1.112	1.128	372.3	378.7	385.1	395.4	0.992	384.2	362	10.3	12.639
16	1.198	1.202	1.213	1.218	408.2	419.4	425.2	436.7	1.068	424.7	530	11.5	11.656
17	1.293	1.296	1.305	1.305	450.2	456.1	466.8	478.8	1.142	466.1	561	12.0	10.923
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	9
	to level (m)	10.5
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

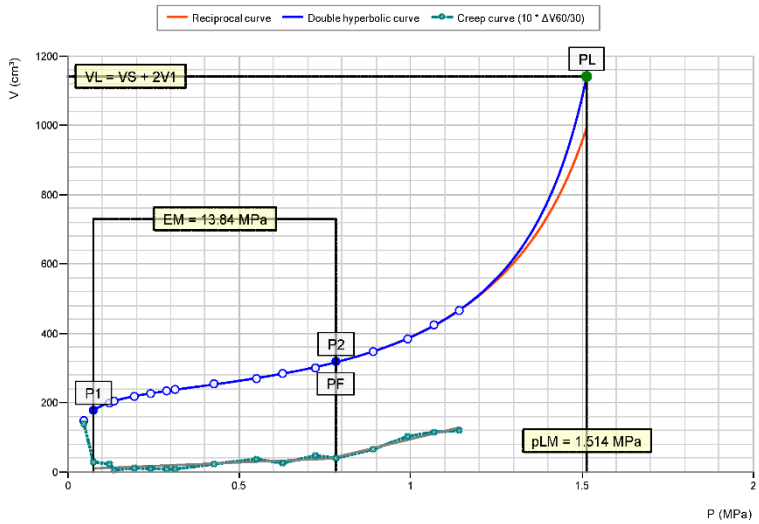
MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161006.03
Job site identification	
Borehole	DLB_33A
Test depth	9.00

(Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB_33A_9m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.097
p_1	(MPa)	0.07
p_2	(MPa)	0.78
p_f	(MPa)	0.78
p_{lm}	(MPa)	1.51
p'_{lm}	(MPa)	1.42
E_M	(MPa)	13.8
E_M / p_{lm}		9.1
E_M / p'_{lm}		9.8

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-3.05E-03
	B	5.62E-03
double hyperbolic	A1	8.11E+01
	A2	-4.69E+01
	A3	5.76E+00
	A4	2.72E+02
	A5	-1.77E-02
	A6	1.75E+00
	Average error(cm3)	1.14E+00

COMMENTS

PLMR = 1.557 MPa
PLMDH = 1.514 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.
Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_33A

PROBE

PROBE PARAMETERS					
Code	60-gtm75				
Length		Cover			
210 mm	X	Rubber			
370 mm		Reinforced mesh			
Type		Metallic mesh	X		
E		Metallic strips			
G	X	Slotted tube			

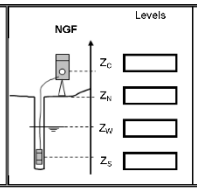
TUBING AND FLUID					
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature	
	Twin			Unit weight γ_f/γ_w	
Total length (m)	50.00		Gas	Nature	
				Compressibility λ_g (m^{-1})	
MEMBRANE PARAMETERS					
Supplier type and cote					
Pressure loss p_m (MPa)	0.050				

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160905.03
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.318
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160930.01
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	6.131
Probe volume V_s (cm^3)	784.0

TEST	
Test number (or depth)	ES161006.04
Test date and time	06.10.2016 16:21
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.002
Observations (weather, etc.)	

Palier	ORIGINAL DATA: PRESSURE pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	VOLUME V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	DATA CORRECTED from P&V losses: PRESSURE p (MPa)	VOLUME V^{60} (cm^3)	SLOPE $\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	CREEP $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	MODULE EM (MPa)
0													
1	0.094	0.091	0.090	0.091	125.1	131.9	133.9	135.3	0.129	134.3		1.5	
2	0.144	0.145	0.144	0.140	142.5	143.0	143.9	145.4	0.169	143.7	237	1.4	10.368
3	0.198	0.198	0.198	0.194	150.9	151.7	152.3	153.4	0.216	151.2	159	1.2	12.673
4	0.246	0.246	0.246	0.246	158.0	158.9	159.5	160.8	0.262	157.9	147	1.3	13.883
5	0.295	0.293	0.292	0.292	164.4	165.2	165.8	167.0	0.303	163.6	139	1.2	14.682
6	0.349	0.346	0.348	0.346	171.3	171.6	172.2	173.3	0.352	169.4	119	1.2	15.747
7	0.392	0.393	0.391	0.389	176.8	177.6	178.2	179.6	0.390	175.3	153	1.4	15.878
8	0.449	0.448	0.446	0.445	184.1	184.8	185.7	186.6	0.441	181.6	124	0.9	16.497
9	0.492	0.490	0.492	0.488	190.6	190.9	191.5	192.5	0.480	187.1	140	1.0	16.687
10	0.582	0.584	0.581	0.580	202.4	203.3	204.4	205.9	0.562	199.6	152	1.5	16.765
11	0.701	0.695	0.691	0.688	219.1	222.5	224.6	227.3	0.657	219.9	214	2.6	15.755
12	0.795	0.785	0.782	0.779	241.9	245.7	248.6	252.1	0.733	243.9	316	3.6	14.255
13	0.906	0.887	0.883	0.874	278.4	288.4	293.3	299.4	0.806	290.3	640	6.1	11.490
14	0.995	1.002	1.008	0.979	324.4	339.7	359.5	378.2	0.879	368.2	1058	18.6	8.830
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	11
	to level (m)	12.5
	time completed	

UNITS			
Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

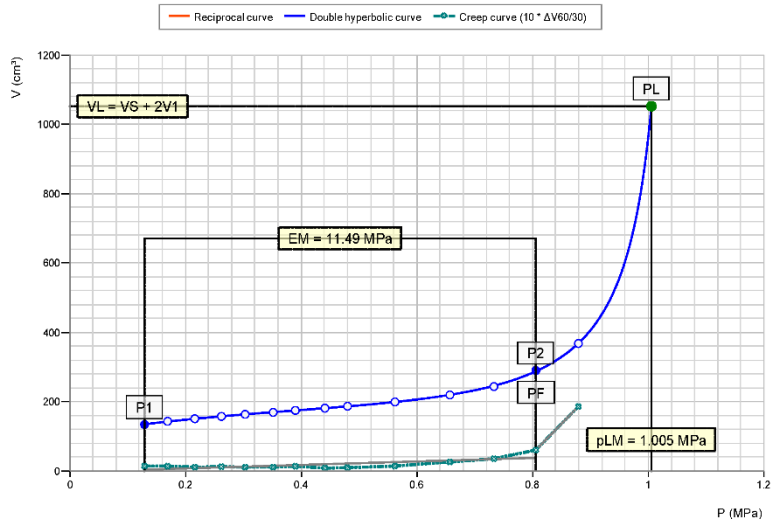
Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161006.04
Job site identification	
Borehole	DLB_33A
Test depth	12.00

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B (Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB_33A_12m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.137
p_1	(MPa)	0.13
p_2	(MPa)	0.81
p_f	(MPa)	0.81
p_{lm}	(MPa)	1.01
p'_{lm}	(MPa)	0.87
E_M	(MPa)	11.5
E_M / p_{lm}		11.4
E_M / p'_{lm}		13.2

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-9.47E-03
	B	1.11E-02
double hyperbolic	A1	4.10E+02
	A2	-2.05E+02
	A3	2.71E+02
	A4	5.54E+01
	A5	-7.51E-01
	A6	1.06E+00
	Average error(cm3)	6.45E-01

COMMENTS

PLMR = 1.067 MPa
PLMDH = 1.005 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_33A

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

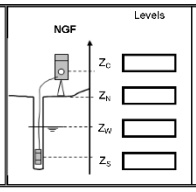
TUBING AND FLUID				
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature
	Twin			Unit weight γ/γ_w
Total length (m)	50.00		Gas	Nature
				Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)	0.050			

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160905.03
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.318
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160930.01
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	6.131
Probe volume V_s (cm^3)	784.0

TEST	
Test number (or depth)	ES161006.05
Test date and time	06.10.2016 21:41
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.027
Observations (weather, etc.)	

Palier	ORIGINAL DATA: PRESSURE pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	VOLUME V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	DATA CORRECTED from P&V losses: PRESSURE p (MPa)	VOLUME V^{60} (cm^3)	SLOPE $\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	CREEP $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	MODULE EM (MPa)
0													
1	0.062	0.068	0.071	0.072	77.6	113.5	127.1	130.5	0.144	129.6		3.4	
2	0.140	0.147	0.146	0.145	137.6	141.4	142.7	144.0	0.205	142.3	208	1.3	
3	0.209	0.210	0.210	0.213	150.8	152.2	152.9	154.5	0.264	152.1	166	1.7	14.946
4	0.302	0.309	0.306	0.306	163.4	165.1	166.1	167.3	0.347	163.8	141	1.2	16.485
5	0.404	0.403	0.403	0.407	174.7	178.8	179.4	180.8	0.437	176.3	138	1.5	17.159
6	0.556	0.599	0.600	0.596	193.0	206.1	210.1	213.5	0.604	207.0	185	3.3	15.702
7	0.733	0.780	0.778	0.771	222.4	241.1	247.7	253.6	0.755	245.4	253	5.9	13.874
8	0.968	0.949	0.943	0.933	278.4	298.7	307.6	315.6	0.887	306.0	459	8.0	11.171
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	15
	to level (m)	16.5
	time completed	

UNITS		
Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

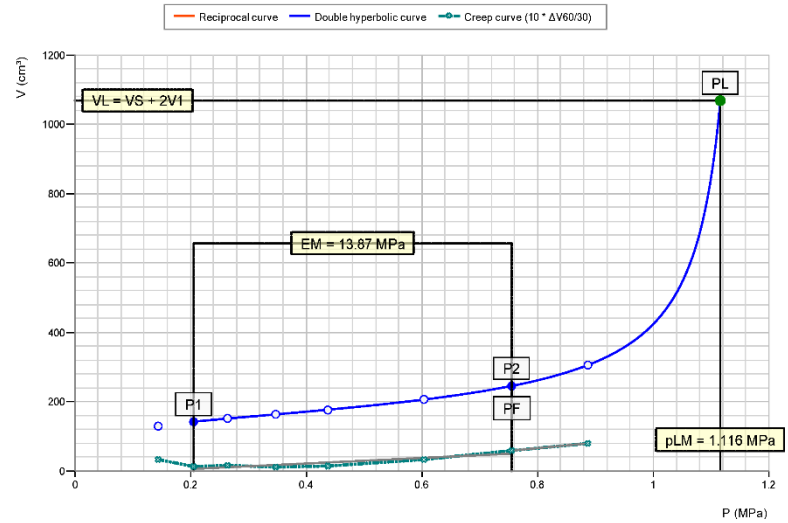
Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161006.05
Job site identification	
Borehole	DLB_33A
Test depth	15.00

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B (Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB_33A_15m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.162
p_1	(MPa)	0.21
p_2	(MPa)	0.76
p_f	(MPa)	0.76
p_{lm}	(MPa)	1.12
p'_{lm}	(MPa)	0.95
E_M	(MPa)	13.9
E_M / p_{lm}		12.4
E_M / p'_{lm}		14.6

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-5.50E-03
	B	8.17E-03
double hyperbolic	A1	9.48E+01
	A2	5.61E+01
	A3	1.99E+00
	A4	4.57E+01
	A5	3.30E-02
	A6	1.17E+00
	Average error(cm3)	2.74E-01

COMMENTS

PLMR = 1.316 MPa
PLMDH = 1.116 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_33A

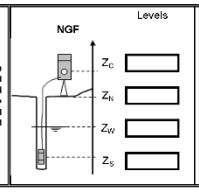
PROBE

PROBE PARAMETERS				TUBING AND FLUID					PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Code	60-gtm75			Type	Coaxial	X	Liquid	Nature	Correction sheet reference	ET160905.03
Length		Cover			Twin			Unit weight γ_f/γ_w	Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.318
210 mm	X	Rubber		Total length (m)			Gas	Nature	VOLUME LOSS PARAMETERS	
370 mm		Reinforced mesh		50.00				Compressibility λ_g (m^{-1})	Correction sheet reference	CA160930.01
Type		Metallic mesh	X	MEMBRANE PARAMETERS					Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
E		Metallic strips		Supplier type and cote					Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	6.131
G	X	Slotted tube		Pressure loss p_m (MPa)		0.050			Probe volume V_s (cm^3)	784.0

TEST	
Test number (or depth)	ES161007.02
Test date and time	07.10.2016 14:31
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.072
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.036	0.028	0.041	0.070	78.5	98.2	109.0	134.5	0.169	133.7		25.5	
2	0.114	0.112	0.113	0.112	152.7	159.8	163.2	166.4	0.183	165.1	2222	3.2	
3	0.159	0.160	0.163	0.162	182.8	189.1	192.1	196.6	0.211	194.7	1085	4.6	2.363
4	0.203	0.204	0.203	0.201	208.9	214.8	217.4	220.2	0.234	217.9	968	2.8	2.518
5	0.268	0.267	0.268	0.268	242.4	246.6	249.7	251.9	0.283	248.8	640	2.1	3.134
6	0.454	0.446	0.444	0.444	282.5	300.5	306.8	311.4	0.430	306.4	391	4.6	4.741
7	0.495	0.495	0.496	0.495	321.7	324.8	325.8	327.8	0.474	322.4	363	2.0	5.056
8	0.606	0.611	0.612	0.608	341.9	349.7	353.6	356.3	0.576	349.7	267	2.6	5.899
9	0.699	0.696	0.693	0.696	365.1	370.3	372.7	375.9	0.656	368.4	235	3.2	6.502
10	0.788	0.779	0.780	0.779	385.0	390.1	391.9	394.7	0.733	386.5	235	2.9	7.003
11	0.892	0.889	0.887	0.885	403.8	411.4	414.0	416.8	0.831	407.7	216	2.9	7.605
12	0.985	0.978	0.978	0.973	426.1	430.3	433.4	436.3	0.914	426.3	226	2.9	8.029
13	1.095	1.078	1.079	1.076	439.6	448.4	451.9	455.5	1.010	444.6	189	3.6	8.570
14	1.203	1.200	1.195	1.196	467.3	472.3	477.6	481.9	1.123	470.1	227	4.4	9.025
15	1.292	1.287	1.285	1.281	489.0	493.3	495.9	499.7	1.202	487.1	214	3.7	9.344
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE			
Localization system		X =	
		Y =	
Drilling rig			
Drilling method (table C abbreviations)		C D	
Drilling tool	type		
	diameter (mm)		
Casing foot at (m depth)			
Drilling fluid			
Drilling length before testing	from level (m)	18	
	to level (m)	19.5	
	time completed		

UNITS		
Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

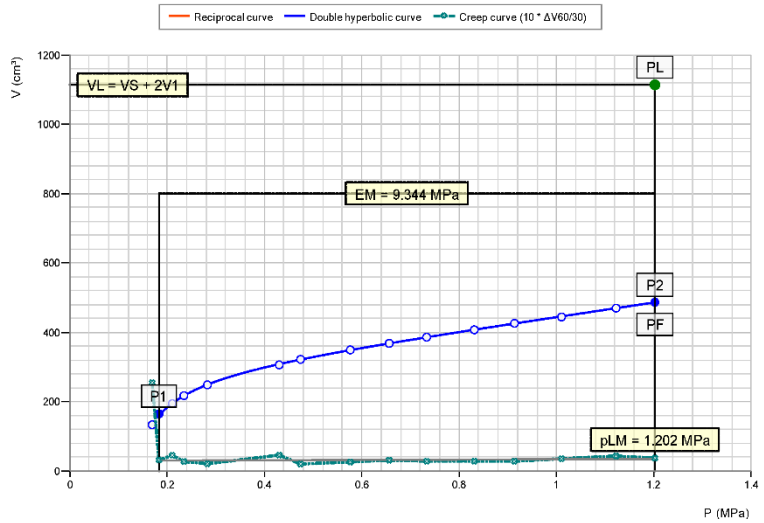
Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161007.02
Job site identification	
Borehole	DLB_33A
Test depth	18.00

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B (Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB_33A_18m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.184
p_1	(MPa)	0.18
p_2	(MPa)	1.20
p_f	(MPa)	1.20
p_{lm}	(MPa)	1.20
p'_{lm}	(MPa)	1.02
E_M	(MPa)	9.3
E_M / p_{lm}		7.8
E_M / p'_{lm}		9.2

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-1.03E-03
	B	3.28E-03
double hyperbolic	A1	-6.14E+04
	A2	-5.92E+02
	A3	1.67E+01
	A4	4.97E+06
	A5	7.20E-02
	A6	8.06E+01
	Average error(cm3)	1.08E+00

COMMENTS
PLMR = 2.325 MPa PLMDH = 3.94 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	DLB KYOLU TNL
Country	
Job site identification	BCDEZA
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING AND FLUID				
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature
	Twin			Unit weight γ/γ_w
Total length (m)	50.00		Gas	Nature
				Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)	0.050			

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160513.04
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.431
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160513.03
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	4.640
Probe volume V_s (cm^3)	824.2

TEST

Test number (or depth)	ES160518.01
Test date and time	18.05.2016 11:15
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure (MPa)	-0.058
Observations (weather, etc.)	

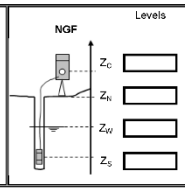
ORIGINAL DATA

Palier	PRESSURE pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	VOLUME V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s
0								
1	0.149	0.167	0.158	0.158	202.8	217.0	222.0	222.8
2	0.185	0.189	0.197	0.188	229.6	234.8	239.3	241.3
3	0.246	0.262	0.256	0.256	254.7	272.1	281.2	284.5
4	0.293	0.300	0.304	0.302	295.9	303.3	309.2	314.1
5	0.352	0.356	0.353	0.347	326.2	335.0	340.1	343.5
6	0.399	0.404	0.396	0.392	354.2	363.4	368.6	371.4
7	0.441	0.450	0.450	0.442	385.7	393.2	397.7	403.1
8	0.494	0.504	0.504	0.495	414.4	423.2	429.4	435.1
9	0.544	0.554	0.548	0.544	447.4	460.4	469.2	478.7
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

DATA CORRECTED from P&V losses

PRESSURE p (MPa)	VOLUME V^{60} (cm^3)	SLOPE $\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	CREEP $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	MODULE EM (MPa)
0.007	221.5		0.8	
0.023	239.8	1125	2.0	
0.061	282.6	1117	3.3	2.585
0.089	311.8	1063	5.0	2.674
0.116	340.9	1054	3.4	2.738
0.145	368.4	968	2.8	2.843
0.178	399.8	953	5.4	2.943
0.214	431.5	875	5.8	3.073
0.240	474.7	1623	9.5	2.911

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	1.5
	to level (m)	3
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

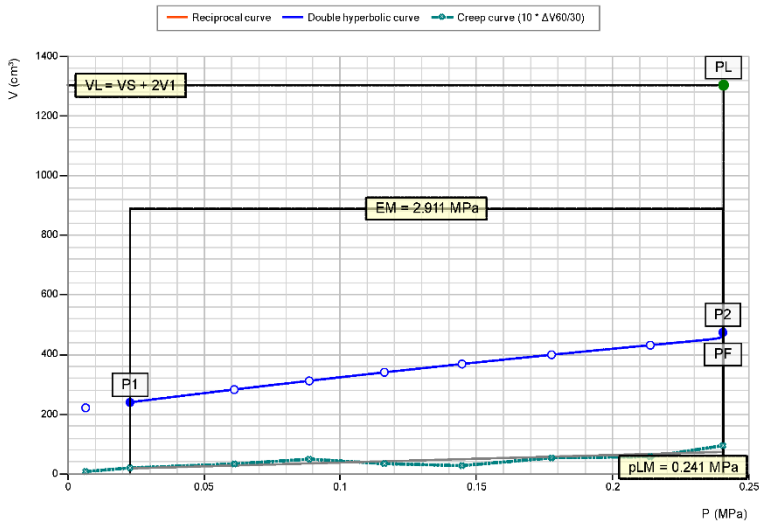
ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	DLB KYOLU TNL
Test reference	ES160518.01
Job site identification	BCDEZA
Borehole	DLB_34
Test depth	2.00



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.018
p_1	(MPa)	0.02
p_2	(MPa)	0.24
p_f	(MPa)	0.24
p_{lm}	(MPa)	0.24
p'_{lm}	(MPa)	0.22
E_M	(MPa)	2.9
E_M / p_{lm}		12.1
E_M / p'_{lm}		13.1

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-6.21E-03
	B	3.62E-03
double hyperbolic	A1	3.03E+05
	A2	-1.39E+04
	A3	6.05E+06
	A4	4.99E-03
	A5	-2.00E+01
	A6	2.41E-01
	Average error(cm3)	2.42E-01

COMMENTS

PLMR = 0.459 MPa
PLMDH = 0.241 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	DLB KYOLU TNL
Country	
Job site identification	BCDEZA
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING AND FLUID				
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature
	Twin			Unit weight γ_l/γ_w
Total length (m)	50.00		Gas	Nature
				Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)	0.050			

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160513.04
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.431
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160513.03
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	4.640
Probe volume V_s (cm^3)	824.2

TEST

Test number (or depth)	ES160518.02
Test date and time	18.05.2016 11:39
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure (MPa)	-0.053
Observations (weather, etc.)	

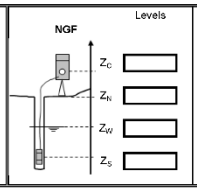
ORIGINAL DATA

Palier	PRESSURE pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	VOLUME V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s
0								
1	0.081	0.080	0.078	0.104	168.0	176.6	179.5	185.0
2	0.152	0.147	0.146	0.145	204.0	205.5	206.4	206.9
3	0.194	0.187	0.187	0.183	218.1	220.8	221.8	222.3
4	0.250	0.245	0.241	0.243	236.9	239.1	240.4	240.9
5	0.289	0.283	0.285	0.282	250.2	252.0	253.1	254.0
6	0.351	0.351	0.355	0.363	265.4	273.6	276.5	286.7
7	0.388	0.386	0.387	0.415	292.8	294.4	295.7	298.9
8	0.501	0.484	0.485	0.481	339.4	346.1	349.7	353.0
9	0.555	0.538	0.540	0.536	372.7	383.8	391.4	399.3
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

DATA CORRECTED from P&V losses

PRESSURE p (MPa)	VOLUME V^{60} (cm^3)	SLOPE $\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	CREEP $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	MODULE EM (MPa)
0.002	184.2		5.5	
0.025	205.8	940	0.5	
0.051	220.9	571	0.5	4.833
0.098	239.0	388	0.5	6.133
0.128	251.9	433	0.9	6.253
0.187	284.0	544	10.2	5.887
0.231	295.8	265	3.2	6.561
0.265	349.4	1615	3.3	4.891
0.294	395.4	1588	7.9	4.240

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	3
	to level (m)	4.5
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

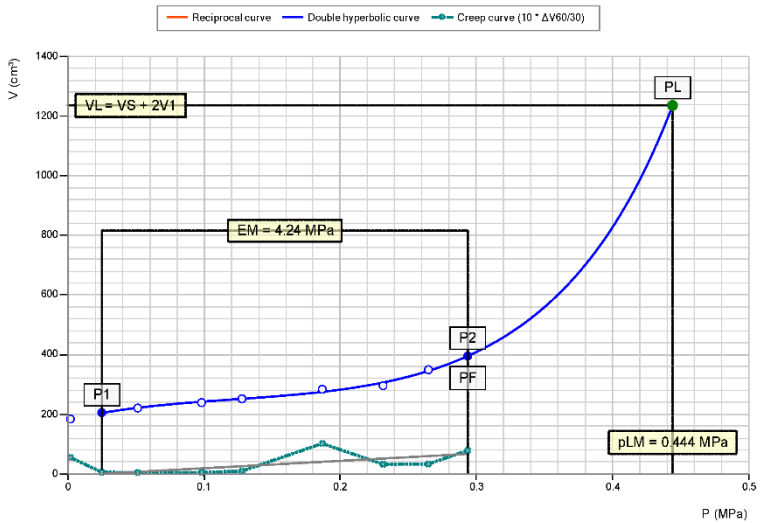
ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	DLB KYOLU TNL
Test reference	ES160518.02
Job site identification	BCDEZA
Borehole	DLB_34
Test depth	4.00



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.036
p_1	(MPa)	0.02
p_2	(MPa)	0.29
p_f	(MPa)	0.29
p_{lm}	(MPa)	0.44
p'_{lm}	(MPa)	0.41
E_M	(MPa)	4.2
E_M / p_{lm}		9.6
E_M / p'_{lm}		10.4

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-1.37E-02
	B	6.54E-03
double hyperbolic	A1	1.64E+03
	A2	-5.06E+03
	A3	1.34E+03
	A4	6.53E+02
	A5	-5.45E-01
	A6	6.48E-01
	Average error(cm3)	3.23E+00

COMMENTS

PLMR = 0.417 MPa
PLMDH = 0.444 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	DLB KYOLU TNL
Country	
Job site identification	BCDEZA
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

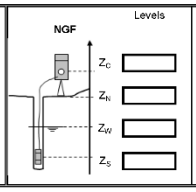
TUBING AND FLUID				
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature
	Twin			Unit weight γ_f/γ_w
Total length (m)	50.00		Gas	Nature
				Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)	0.050			

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160513.04
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.431
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160513.03
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	4.640
Probe volume V_s (cm^3)	824.2

TEST	
Test number (or depth)	ES160518.03
Test date and time	18.05.2016 13:06
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure (MPa)	-0.029
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.096	0.087	0.088	0.090	168.4	173.2	174.4	175.3	0.016	174.6		0.9	
2	0.149	0.146	0.144	0.144	188.3	188.1	188.1	188.8	0.058	187.7	312	0.7	
3	0.190	0.188	0.188	0.185	195.1	195.3	195.4	195.8	0.094	194.3	184	0.4	14.656
4	0.239	0.235	0.238	0.234	203.3	203.7	203.7	204.1	0.137	202.3	189	0.3	14.527
5	0.295	0.288	0.292	0.294	212.1	212.7	213.2	214.0	0.189	211.8	182	0.8	14.745
6	0.406	0.399	0.397	0.395	229.7	235.6	236.8	238.0	0.272	235.0	279	1.2	12.436
7	0.500	0.500	0.500	0.500	253.1	257.5	259.3	266.9	0.357	263.2	332	7.6	11.043
8	0.593	0.593	0.593	0.593	292.4	297.3	301.0	302.5	0.427	298.2	502	1.5	9.462
9	0.677	0.671	0.711	0.686	327.4	337.9	350.4	361.0	0.484	356.0	1005	10.6	7.374
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE			
Localization system		X =	
		Y =	
Drilling rig			
Drilling method (table C abbreviations)		C D	
Drilling tool	type		
	diameter (mm)		
Casing foot at (m depth)			
Drilling fluid			
Drilling length before testing	from level (m)	4.5	
	to level (m)	6	
	time completed		

UNITS		
Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

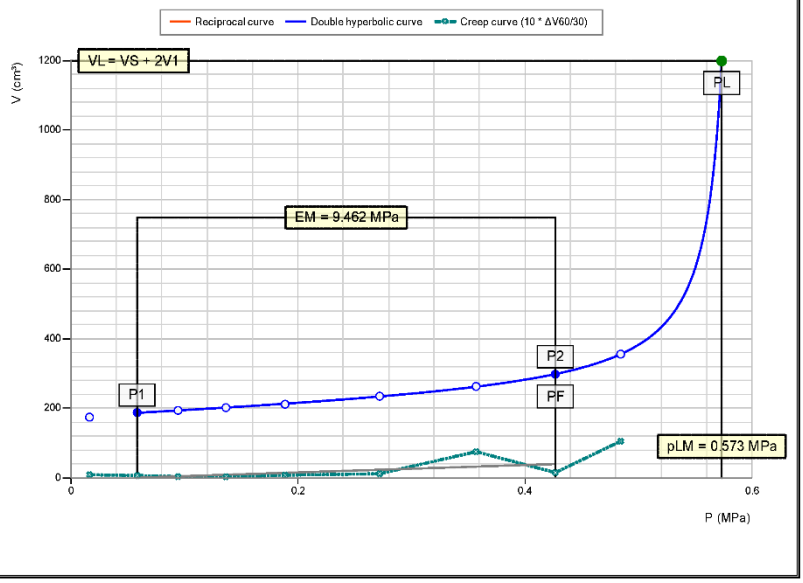
ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	DLB KYOLU TNL
Test reference	ES160518.03
Job site identification	BCDEZA
Borehole	DLB_34
Test depth	6.00



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.054
p_1	(MPa)	0.06
p_2	(MPa)	0.43
p_f	(MPa)	0.43
p_{lm}	(MPa)	0.57
p'_{lm}	(MPa)	0.52
E_M	(MPa)	9.5
E_M / p_{lm}		16.5
E_M / p'_{lm}		18.2

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-7.74E-03
	B	6.59E-03
double hyperbolic	A1	1.52E+02
	A2	1.34E+02
	A3	8.19E-05
	A4	1.44E+01
	A5	1.65E-02
	A6	5.88E-01
	Average error(cm3)	5.40E-01

COMMENTS

PLMR = 0.744 MPa
PLMDH = 0.573 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	DLB KYOLU TNL
Country	
Job site identification	BCDEZA
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34

PROBE

PROBE PARAMETERS					
Code	60-gtm75				
Length		Cover			
210 mm	X	Rubber			
370 mm		Reinforced mesh			
Type		Metallic mesh	X		
E		Metallic strips			
G	X	Slotted tube			

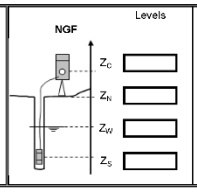
TUBING AND FLUID					
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature	
	Twin			Unit weight γ_l/γ_w	
Total length (m)	50.00		Gas	Nature	
				Compressibility λ_g (m^{-1})	
MEMBRANE PARAMETERS					
Supplier type and cote					
Pressure loss p_m (MPa)	0.050				

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160513.04
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.431
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160513.03
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	4.640
Probe volume V_s (cm^3)	824.2

TEST	
Test number (or depth)	ES160518.04
Test date and time	18.05.2016 15:14
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure (MPa)	-0.002
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.048	0.033	0.044	0.040	98.8	120.7	130.8	135.7	0.023	135.4		4.8	
2	0.159	0.158	0.158	0.158	180.9	183.2	184.5	186.0	0.095	184.8	684	1.5	
3	0.199	0.197	0.197	0.199	196.3	199.3	201.2	204.0	0.121	202.5	681	2.8	3.978
4	0.257	0.250	0.250	0.251	215.4	220.5	222.5	224.8	0.157	222.9	569	2.4	4.442
5	0.307	0.304	0.301	0.302	235.7	241.9	244.6	247.2	0.192	244.9	627	2.8	4.460
6	0.368	0.364	0.361	0.362	259.3	266.6	269.1	272.2	0.235	269.4	575	3.1	4.615
7	0.406	0.403	0.403	0.400	278.4	284.1	285.5	288.0	0.263	285.0	553	2.5	4.718
8	0.454	0.451	0.450	0.449	303.2	306.2	308.9	311.7	0.297	308.3	685	2.8	4.654
9	0.495	0.510	0.500	0.501	317.0	324.5	328.1	331.4	0.337	327.7	491	3.3	4.853
10	0.554	0.564	0.557	0.555	338.5	348.5	352.2	355.6	0.377	351.5	588	3.4	4.911
11	0.598	0.606	0.602	0.602	364.0	370.2	373.5	378.0	0.411	373.6	659	4.5	4.901
12	0.699	0.697	0.690	0.682	400.4	414.6	420.2	425.8	0.465	420.8	871	5.6	4.693
13	0.795	0.809	0.806	0.802	441.5	461.3	481.4	498.9	0.549	493.2	859	17.5	4.553
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE			
Localization system		X =	
		Y =	
Drilling rig			
Drilling method (table C abbreviations)		C D	
Drilling tool	type		
	diameter (mm)		
Casing foot at (m depth)			
Drilling fluid			
Drilling length before testing	from level (m)	7.5	
	to level (m)	9	
	time completed		

UNITS		
Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

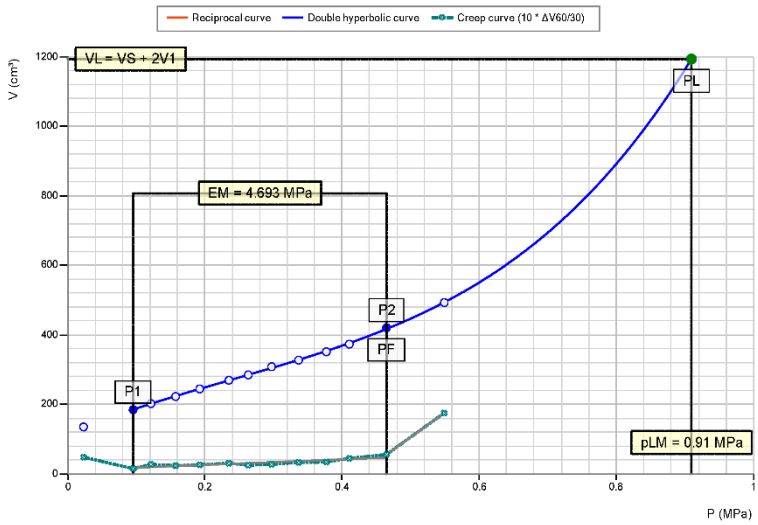
ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	DLB KYOLU TNL
Test reference	ES160518.04
Job site identification	BCDEZA
Borehole	DLB_34
Test depth	8.00



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.072
p_1	(MPa)	0.10
p_2	(MPa)	0.46
p_f	(MPa)	0.46
p_{lm}	(MPa)	0.91
p'_{lm}	(MPa)	0.84
E_M	(MPa)	4.7
E_M / p_{lm}		5.2
E_M / p'_{lm}		5.6

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-4.64E-03
	B	4.56E-03
double hyperbolic	A1	1.33E+06
	A2	-7.45E+04
	A3	2.68E+07
	A4	6.31E+04
	A5	-1.99E+01
	A6	2.92E+00
	Average error(cm3)	1.31E+00

COMMENTS

PLMR = 0.803 MPa
PLMDH = 0.91 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	DLB KYOLU TNL
Country	
Job site identification	BCDEZA
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING AND FLUID				
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature
	Twin			Unit weight γ/γ_w
Total length (m)	50.00		Gas	Nature
				Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)	0.050			

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160513.04
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.431
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160513.03
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	4.640
Probe volume V_s (cm^3)	824.2

TEST

Test number (or depth)	ES160518.05
Test date and time	18.05.2016 16:39
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.005
Observations (weather, etc.)	

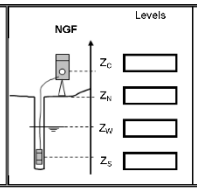
ORIGINAL DATA

Palier	PRESSURE pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	VOLUME V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s
0								
1	0.041	0.031	0.040	0.038	97.1	119.0	127.6	132.9
2	0.094	0.089	0.091	0.089	156.2	162.3	164.1	166.0
3	0.153	0.143	0.144	0.142	188.8	195.5	198.2	201.3
4	0.208	0.200	0.196	0.198	221.4	230.8	234.2	236.5
5	0.256	0.248	0.249	0.243	256.9	264.1	267.5	270.2
6	0.303	0.299	0.296	0.294	285.7	293.7	298.1	300.5
7	0.392	0.376	0.380	0.379	329.6	341.4	348.4	353.5
8	0.484	0.485	0.474	0.488	382.7	400.5	408.8	421.5
9	0.608	0.607	0.594	0.586	457.9	483.6	822.9	503.2
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

DATA CORRECTED from P&V losses

PRESSURE p (MPa)	VOLUME V^{60} (cm^3)	SLOPE $\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	CREEP $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	MODULE EM (MPa)
0.044	132.6		5.4	
0.064	165.3	1682	1.9	
0.087	200.2	1491	3.1	1.797
0.116	234.9	1194	2.2	2.054
0.137	268.4	1587	2.7	1.976
0.168	298.3	964	2.4	2.210
0.222	350.6	985	5.1	2.450
0.293	417.9	938	12.7	2.696
0.351	498.9	1410	-319.7	2.645

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	9
	to level (m)	10.5
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

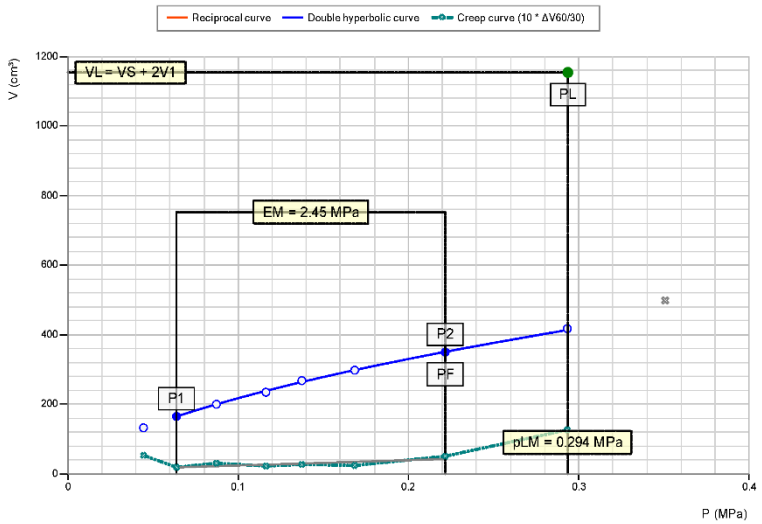
ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	DLB KYOLU TNL
Test reference	ES160518.05
Job site identification	BCDEZA
Borehole	DLB_34
Test depth	10.00



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{ho}	(MPa)	0.090
p_1	(MPa)	0.06
p_2	(MPa)	0.22
p_f	(MPa)	0.22
p_{lm}	(MPa)	0.29
p'_{lm}	(MPa)	0.20
E_M	(MPa)	2.5
E_M / p_{lm}		8.3
E_M / p'_{lm}		12.0

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-7.62E-03
	B	4.60E-03
double hyperbolic	A1	3.76E+02
	A2	5.55E+02
	A3	5.86E+01
	A4	1.26E-03
	A5	-1.74E-01
	A6	2.94E-01
	Average error(cm3)	1.15E+00

COMMENTS

PLMR = 0.49 MPa
PLMDH = 0.294 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	DLB KYOLU TNL
Country	
Job site identification	BCDEZA
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING AND FLUID				
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature
	Twin			Unit weight γ_l/γ_w
Total length (m)	50.00		Gas	Nature
				Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)	0.050			

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160513.04
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.431
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160513.03
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	4.640
Probe volume V_s (cm^3)	824.2

TEST

Test number (or depth)	ES160518.06
Test date and time	18.05.2016 17:38
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.022
Observations (weather, etc.)	

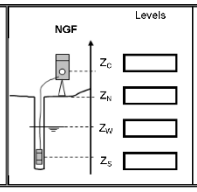
ORIGINAL DATA

Palier	PRESSURE pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	VOLUME V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s
0								
1	0.000	0.000	0.000	0.000	78.6	97.6	108.4	116.5
2	0.043	0.042	0.055	0.054	155.2	168.1	176.4	181.4
3	0.105	0.106	0.105	0.105	196.8	200.8	202.5	203.8
4	0.149	0.151	0.153	0.149	215.5	219.6	221.6	223.6
5	0.195	0.199	0.201	0.200	234.5	239.9	242.5	245.1
6	0.253	0.253	0.253	0.252	258.0	262.6	264.6	267.3
7	0.302	0.299	0.300	0.300	279.7	284.2	285.4	288.7
8	0.393	0.403	0.400	0.398	312.7	323.9	327.9	332.2
9	0.505	0.500	0.495	0.491	343.2	364.0	373.3	380.1
10	0.610	0.610	0.611	0.612	400.2	424.9	436.7	447.3
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

DATA CORRECTED from P&V losses

Palier	PRESSURE p (MPa)	VOLUME V^{60} (cm^3)	SLOPE $\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	CREEP $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	MODULE EM (MPa)
0					
1	0.044	116.5		8.1	
2	0.035	181.0	-7465	5.1	
3	0.068	202.9	678	1.3	
4	0.097	222.4	673	2.0	4.100
5	0.132	243.6	605	2.6	4.384
6	0.169	265.3	581	2.6	4.574
7	0.202	286.4	638	3.2	4.578
8	0.273	329.2	600	4.2	4.724
9	0.338	376.5	727	6.9	4.622
10	0.424	442.8	773	10.5	4.535
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	10.5
	to level (m)	12
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

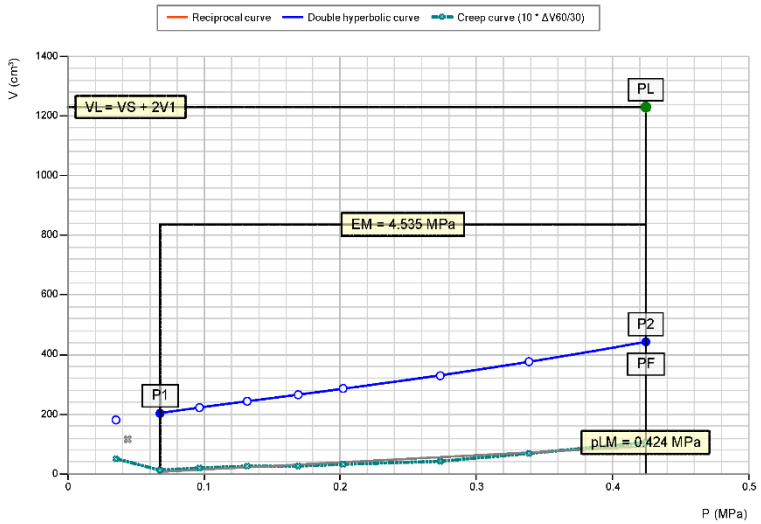
ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	DLB KYOLU TNL
Test reference	ES160518.06
Job site identification	BCDEZA
Borehole	DLB_34
Test depth	12.00



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.108
p_1	(MPa)	0.07
p_2	(MPa)	0.42
p_f	(MPa)	0.42
p_{lm}	(MPa)	0.42
p'_{lm}	(MPa)	0.32
E_M	(MPa)	4.5
E_M / p_{lm}		10.7
E_M / p'_{lm}		14.3

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-5.14E-03
	B	4.43E-03
double hyperbolic	A1	-6.21E+06
	A2	-6.77E+04
	A3	2.33E+01
	A4	5.68E+08
	A5	-1.65E-01
	A6	9.15E+01
	Average error(cm3)	5.17E-01

COMMENTS

PLMR = 0.703 MPa
PLMDH = 1.044 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	DLB KYOLU TNL
Country	
Job site identification	BCDEZA
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34

PROBE

PROBE PARAMETERS				TUBING AND FLUID					PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Code	60-gtm75			Type	Coaxial	X	Liquid	Nature	Correction sheet reference	ET160513.04
Length	Cover				Twin			Unit weight γ_l/γ_w	Ultimate pressure loss p_{le} (MPa)	0.431
210 mm	X	Rubber		Total length (m)			Gas	Nature	VOLUME LOSS PARAMETERS	
370 mm		Reinforced mesh		50.00				Compressibility λ_g (m^{-1})	Correction sheet reference	CA160513.03
Type		Metallic mesh	X	MEMBRANE PARAMETERS					Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
E		Metallic strips		Supplier type and cote					Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	4.640
G	X	Slotted tube		Pressure loss p_{ls} (MPa)		0.050			Probe volume V_s (cm^3)	824.2

TEST

Test number (or depth)	ES160518.07
Test date and time	18.05.2016 18:20
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.050
Observations (weather, etc.)	

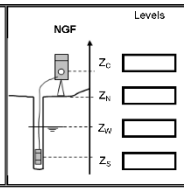
ORIGINAL DATA

Palier	PRESSURE pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	VOLUME V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s
0								
1	0.047	0.045	0.046	0.049	94.7	121.9	137.8	145.0
2	0.095	0.094	0.097	0.096	158.1	160.7	162.0	163.5
3	0.150	0.151	0.152	0.153	177.9	181.2	183.0	184.9
4	0.191	0.191	0.193	0.191	194.9	197.5	198.7	200.0
5	0.250	0.246	0.247	0.247	213.7	217.6	219.6	221.8
6	0.292	0.293	0.291	0.293	232.7	234.2	235.8	237.7
7	0.376	0.373	0.378	0.371	255.1	260.0	262.8	265.7
8	0.496	0.490	0.486	0.486	285.4	296.1	300.7	305.1
9	0.590	0.584	0.580	0.579	325.0	333.4	337.1	341.4
10	0.692	0.691	0.683	0.676	358.0	372.5	379.7	387.0
11	0.795	0.796	0.798	0.799	407.6	421.7	432.3	443.8
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

DATA CORRECTED from P&V losses

PRESSURE p (MPa)	VOLUME V^{60} (cm^3)	SLOPE $\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	CREEP $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	MODULE EM (MPa)
0.083	144.6		7.3	
0.113	162.8	607	1.5	
0.151	183.7	554	1.8	4.790
0.177	198.6	575	1.4	4.753
0.216	219.9	545	2.2	4.861
0.250	235.5	461	1.9	5.114
0.308	262.9	469	2.9	5.374
0.398	301.5	429	4.4	5.775
0.469	337.1	507	4.3	5.823
0.540	382.1	633	7.3	5.671
0.633	438.1	600	11.5	5.647

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	13.5
	to level (m)	15
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

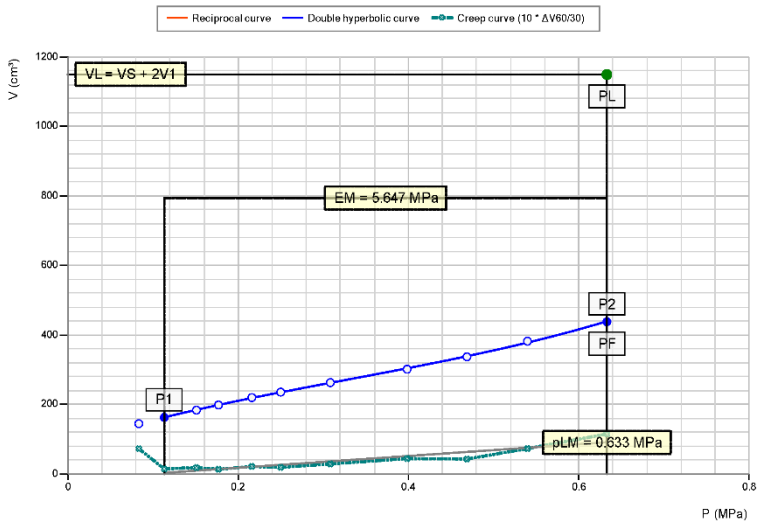
ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	DLB KYOLU TNL
Test reference	ES160518.07
Job site identification	BCDEZA
Borehole	DLB_34
Test depth	14.00



CALCULATED NORMATIVE RESULTS

σ_{hs}	(MPa)	0.136
p_1	(MPa)	0.11
p_2	(MPa)	0.63
p_f	(MPa)	0.63
p_{lm}	(MPa)	0.63
p'_{lm}	(MPa)	0.50
E_M	(MPa)	5.6
E_M / p_{lm}		8.9
E_M / p'_{lm}		11.4

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS

inverse volumes	A	-4.13E-03
	B	4.88E-03
double hyperbolic	A1	-2.94E+07
	A2	-5.66E+05
	A3	6.51E+06
	A4	1.87E+09
	A5	-9.02E+00
	A6	6.19E+01
	Average error(cm3)	1.20E+00

COMMENTS

PLMR = 0.971 MPa
PLMDH = 1.144 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	DLB KYOLU TNL
Country	
Job site identification	BCDEZA
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34

PROBE

PROBE PARAMETERS					
Code	60-gtm75				
Length		Cover			
210 mm	X	Rubber			
370 mm		Reinforced mesh			
Type		Metallic mesh	X		
E		Metallic strips			
G	X	Slotted tube			

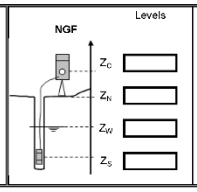
TUBING AND FLUID					
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature	
	Twin			Unit weight γ_l/γ_w	
Total length (m)	50.00		Gas	Nature	
				Compressibility λ_g (m^{-1})	
MEMBRANE PARAMETERS					
Supplier type and cote					
Pressure loss p_m (MPa)	0.050				

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160513.04
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.431
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160513.03
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	4.640
Probe volume V_s (cm^3)	824.2

TEST	
Test number (or depth)	ES160520.01
Test date and time	20.05.2016 09:45
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.065
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.085	0.080	0.082	0.084	93.3	127.3	158.6	174.6	0.111	174.0		16.0	
2	0.144	0.146	0.148	0.148	186.0	187.4	188.4	188.8	0.163	187.6	264	0.3	
3	0.199	0.196	0.198	0.197	194.7	196.3	196.5	197.9	0.205	196.4	210	1.4	
4	0.261	0.266	0.266	0.267	205.1	206.9	207.5	207.7	0.267	205.7	149	0.2	18.262
5	0.282	0.287	0.291	0.293	208.4	210.3	210.5	211.4	0.290	209.1	149	0.8	18.287
6	0.393	0.395	0.395	0.399	221.3	222.8	223.7	224.6	0.386	221.7	131	1.0	19.663
7	0.516	0.516	0.517	0.515	235.4	237.3	238.4	239.4	0.491	235.6	132	1.0	20.202
8	0.613	0.604	0.605	0.605	245.0	247.6	248.8	250.1	0.574	245.6	122	1.2	20.823
9	0.695	0.698	0.697	0.699	257.1	258.7	259.9	260.9	0.660	255.8	118	0.9	21.403
10	0.792	0.795	0.790	0.791	267.4	269.3	270.5	272.9	0.744	267.2	136	2.3	21.386
11	0.899	0.898	0.894	0.894	280.2	282.3	284.0	286.2	0.838	279.9	136	2.2	21.400
12	0.993	0.988	0.988	0.986	293.7	296.2	297.5	299.1	0.922	292.3	146	1.6	21.256
13	1.106	1.097	1.094	1.091	308.0	311.8	314.4	317.0	1.016	309.4	182	2.6	20.561
14	1.193	1.210	1.214	1.213	323.3	328.8	332.5	336.4	1.126	328.1	170	3.9	20.208
15	1.296	1.289	1.284	1.283	341.2	345.6	348.0	351.1	1.187	342.4	235	3.1	19.563
16	1.387	1.380	1.372	1.372	357.8	362.9	364.6	367.8	1.267	358.7	204	3.2	19.175
17	1.504	1.497	1.490	1.486	381.7	388.1	391.5	395.7	1.366	385.9	275	4.2	18.171
18	1.593	1.601	1.611	1.621	404.2	410.2	415.9	424.2	1.485	413.7	233	8.3	17.692
19	1.693	1.697	1.704	1.711	434.8	441.5	447.1	456.2	1.559	445.2	426	9.1	16.574
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	15
	to level (m)	16.5
	time completed	

UNITS		
Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

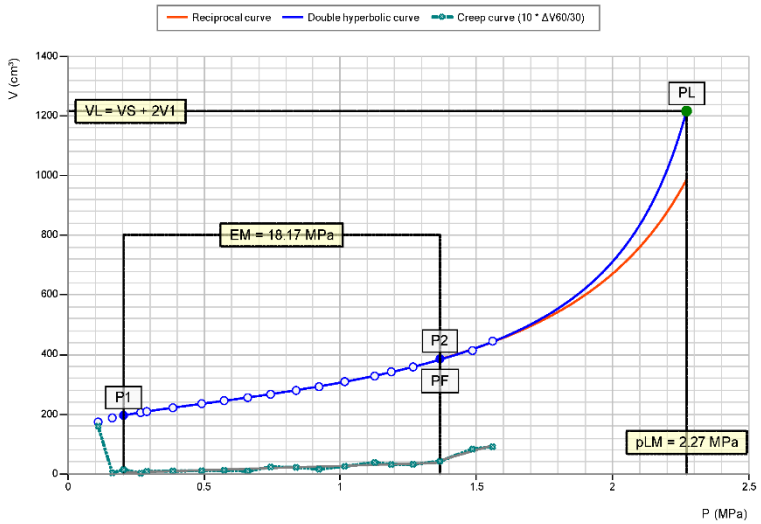
ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	DLB KYOLU TNL
Test reference	ES160520.01
Job site identification	BCDEZA
Borehole	DLB_34
Test depth	16.00



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.149
p_1	(MPa)	0.20
p_2	(MPa)	1.37
p_f	(MPa)	1.37
p_{lm}	(MPa)	2.27
p'_{lm}	(MPa)	2.12
E_M	(MPa)	18.2
E_M / p_{lm}		8.0
E_M / p'_{lm}		8.6

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-1.75E-03
	B	5.00E-03
double hyperbolic	A1	5.87E+01
	A2	2.01E+01
	A3	5.32E+00
	A4	3.73E+02
	A5	-3.41E-02
	A6	2.60E+00
	Average error(cm3)	8.40E-01

COMMENTS

PLMR = 2.379 MPa
PLMDH = 2.27 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	DLB KYOLU TNL
Country	
Job site identification	BCDEZA
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34

PROBE

PROBE PARAMETERS					
Code	60-gtm75				
Length		Cover			
210 mm	X	Rubber			
370 mm		Reinforced mesh			
Type		Metallic mesh	X		
E		Metallic strips			
G	X	Slotted tube			

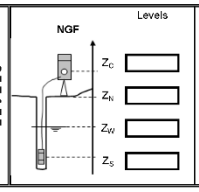
TUBING AND FLUID					
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature	
	Twin			Unit weight γ_f/γ_w	
Total length (m)	50.00		Gas	Nature	
				Compressibility λ_g (m^{-1})	
MEMBRANE PARAMETERS					
Supplier type and cote					
Pressure loss p_m (MPa)	0.050				

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160513.04
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.431
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160513.03
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	4.640
Probe volume V_s (cm^3)	824.2

TEST	
Test number (or depth)	ES160520.05
Test date and time	20.05.2016 15:45
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.084
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.037	0.035	0.038	0.034	79.5	98.4	103.2	105.4	0.170	105.1		2.1	
2	0.102	0.103	0.100	0.099	117.3	119.0	119.7	121.0	0.218	120.3	319	1.3	
3	0.154	0.153	0.150	0.150	124.8	125.6	126.4	127.6	0.261	126.4	142	1.2	
4	0.198	0.196	0.201	0.195	129.4	130.0	130.9	131.8	0.303	130.3	94	0.9	
5	0.298	0.297	0.297	0.295	134.2	134.9	135.5	136.4	0.398	134.2	41	0.9	
6	0.498	0.498	0.498	0.497	140.1	140.6	141.5	142.1	0.594	138.4	22	0.6	118.442
7	0.704	0.699	0.700	0.701	146.8	146.7	147.3	147.9	0.793	142.8	22	0.6	116.762
8	0.894	0.894	0.893	0.893	150.5	151.2	151.5	151.8	0.981	145.5	14	0.3	131.856
9	1.079	1.079	1.077	1.074	153.9	154.5	154.8	155.1	1.159	147.7	12	0.3	144.609
10	1.374	1.368	1.367	1.368	157.8	158.3	158.5	159.4	1.448	150.3	9	0.9	167.523
11	1.682	1.676	1.680	1.677	161.4	161.8	162.1	162.4	1.755	151.6	4	0.3	200.670
12	1.970	1.963	1.961	1.959	164.9	165.1	165.4	166.0	2.034	153.7	8	0.6	215.995
13	2.274	2.283	2.296	2.320	169.3	169.3	169.6	170.3	2.391	156.2	7	0.7	232.966
14	2.592	2.603	2.610	2.605	172.9	173.5	173.8	174.4	2.672	159.1	10	0.6	236.061
15	2.885	2.874	2.870	2.866	177.1	177.8	178.1	178.7	2.930	162.1	12	0.6	234.508
16	3.160	3.152	3.146	3.145	181.8	182.4	183.0	183.5	3.204	165.8	13	0.6	230.083
17	3.416	3.405	3.397	3.394	186.9	187.8	188.4	189.0	3.449	170.2	18	0.6	220.227
18	3.679	3.686	3.701	3.719	192.2	192.9	193.8	195.1	3.769	174.9	15	1.2	215.244
19	3.973	3.970	3.975	3.988	198.4	199.0	199.6	200.9	4.034	179.7	18	1.3	208.286
20	4.357	4.342	4.336	4.355	205.6	207.2	208.0	209.6	4.393	187.0	20	1.6	197.962
21	4.711	4.797	4.791	4.783	213.7	217.4	218.1	220.1	4.814	196.0	21	2.0	187.900
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	19.5
	to level (m)	21
	time completed	

UNITS		
Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

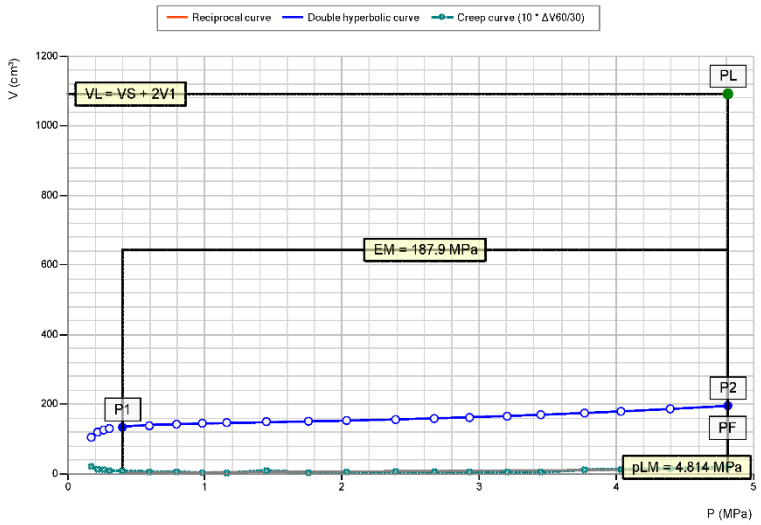
ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	DLB KYOLU TNL
Test reference	ES160520.05
Job site identification	BCDEZA
Borehole	DLB_34
Test depth	20.00



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.180
p_1	(MPa)	0.40
p_2	(MPa)	4.81
p_f	(MPa)	4.81
p_{lm}	(MPa)	4.81
p'_{lm}	(MPa)	4.63
E_M	(MPa)	187.9
E_M / p_{lm}		39.0
E_M / p'_{lm}		40.6

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-5.92E-04
	B	7.95E-03
double hyperbolic	A1	-5.19E+02
	A2	-3.12E+01
	A3	3.71E+00
	A4	1.39E+04
	A5	8.14E-02
	A6	2.08E+01
	Average error(cm3)	6.15E-01

COMMENTS

PLMR = 11.88 MPa
PLMDH = 14.07 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	DLB KYOLU TNL
Country	
Job site identification	BCDEZA
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34

PROBE

PROBE PARAMETERS				TUBING AND FLUID					PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Code	60-gtm75			Type	Coaxial	X	Liquid	Nature	Correction sheet reference	ET160513.04
Length		Cover			Twin			Unit weight γ_l/γ_w	Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.431
210 mm	X	Rubber		Total length (m)			Gas	Nature	VOLUME LOSS PARAMETERS	
370 mm		Reinforced mesh		50.00				Compressibility λ_g (m^{-1})	Correction sheet reference	CA160513.03
Type		Metallic mesh	X	MEMBRANE PARAMETERS					Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
E		Metallic strips		Supplier type and cote					Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	4.640
G	X	Slotted tube		Pressure loss p_m (MPa)		0.050			Probe volume V_s (cm^3)	824.2

TEST	
Test number (or depth)	ES160520.07
Test date and time	20.05.2016 18:21
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.120
Observations (weather, etc.)	

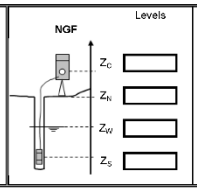
ORIGINAL DATA

Palier	PRESSURE pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	VOLUME V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s
0								
1	0.055	0.045	0.046	0.042	65.2	90.3	97.7	101.4
2	0.086	0.084	0.083	0.082	108.4	111.5	112.5	114.0
3	0.155	0.155	0.155	0.152	121.1	122.4	123.3	124.6
4	0.172	0.204	0.206	0.206	125.8	127.4	128.4	129.6
5	0.296	0.298	0.299	0.293	132.0	133.2	134.1	135.0
6	0.399	0.395	0.396	0.396	137.7	138.6	139.0	139.6
7	0.496	0.493	0.495	0.496	141.6	142.3	142.5	143.1
8	0.691	0.692	0.690	0.689	146.4	147.0	147.6	148.0
9	0.893	0.890	0.891	0.888	151.6	151.8	152.1	152.5
10	1.163	1.155	1.153	1.152	157.2	157.2	157.5	158.1
11	1.446	1.461	1.459	1.458	162.3	163.2	163.6	164.1
12	1.783	1.772	1.770	1.769	169.9	170.4	171.2	171.4
13	2.023	2.069	2.061	2.057	174.9	178.0	178.8	180.2
14	2.471	2.454	2.452	2.443	191.9	193.9	195.2	196.6
15	2.831	2.815	2.828	2.859	210.0	215.0	217.5	222.1
16	3.169	3.162	3.171	3.195	236.2	244.4	248.9	255.4
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

DATA CORRECTED from P&V losses

PRESSURE p (MPa)	VOLUME V^{60} (cm^3)	SLOPE $\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	CREEP $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	MODULE EM (MPa)
0.203	101.0		3.7	
0.229	113.4	478	1.5	
0.287	123.5	175	1.3	
0.336	128.1	94	1.3	
0.417	132.8	58	0.9	
0.516	136.6	39	0.6	
0.612	139.4	29	0.6	87.160
0.800	143.0	19	0.4	113.753
0.995	146.2	17	0.4	127.694
1.254	150.2	16	0.6	138.915
1.554	154.5	14	0.5	149.696
1.859	160.1	19	0.2	147.651
2.139	167.4	26	1.4	136.668
2.512	182.0	39	1.4	115.021
2.908	205.5	60	4.6	91.817
3.220	237.4	102	6.5	72.130

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	21
	to level (m)	22.5
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

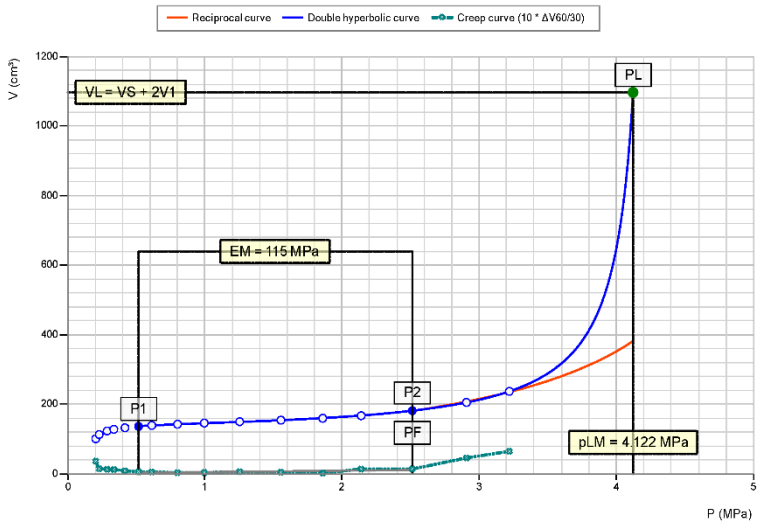
ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	DLB KYOLU TNL
Test reference	ES160520.07
Job site identification	BCDEZA
Borehole	DLB_34
Test depth	22.00



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.198
p_1	(MPa)	0.52
p_2	(MPa)	2.51
p_f	(MPa)	2.51
p_{lm}	(MPa)	4.12
p'_{lm}	(MPa)	3.92
E_M	(MPa)	115.0
E_M / p_{lm}		27.9
E_M / p'_{lm}		29.3

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-1.80E-03
	B	1.01E-02
double hyperbolic	A1	1.07E+02
	A2	-4.26E+00
	A3	3.42E+00
	A4	1.53E+02
	A5	1.22E-01
	A6	4.27E+00
	Average error(cm3)	4.20E-01

COMMENTS

PLMR = 5.068 MPa
PLMDH = 4.122 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	DLB KYOLU TNL
Country	
Job site identification	BCDEZA
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34

PROBE

PROBE PARAMETERS				
Code	60-gtm75			
Length		Cover		
210 mm	X	Rubber		
370 mm		Reinforced mesh		
Type		Metallic mesh	X	
E		Metallic strips		
G	X	Slotted tube		

TUBING AND FLUID					
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature	
	Twin			Unit weight γ/γ_w	
Total length (m)	50.00		Gas	Nature	
				Compressibility λ_g (m^{-1})	
MEMBRANE PARAMETERS					
Supplier type and cote					
Pressure loss p_m (MPa)	0.050				

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160513.04
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.431
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160513.03
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	4.640
Probe volume V_s (cm^3)	824.2

TEST

Test number (or depth)	ES160521.03
Test date and time	21.05.2016 08:58
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.126
Observations (weather, etc.)	

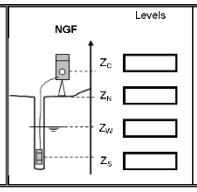
ORIGINAL DATA

Palier	PRESSURE pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	VOLUME V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s
0								
1	0.063	0.064	0.062	0.067	60.6	67.3	69.4	70.7
2	0.104	0.107	0.106	0.105	73.1	74.2	74.8	75.1
3	0.207	0.214	0.212	0.212	78.5	81.9	82.8	83.4
4	0.301	0.305	0.304	0.306	85.2	87.8	88.5	88.8
5	0.501	0.502	0.503	0.502	94.5	97.8	98.6	98.9
6	0.658	0.687	0.685	0.683	102.3	105.4	106.0	106.4
7	0.988	0.990	0.988	0.986	115.4	116.7	117.3	117.9
8	1.288	1.290	1.285	1.285	125.0	126.8	127.3	127.7
9	1.610	1.604	1.603	1.600	135.5	137.5	138.1	139.0
10	1.860	1.884	1.889	1.885	143.6	147.0	148.3	149.7
11	2.109	2.124	2.133	2.135	155.6	156.7	159.9	161.9
12	2.391	2.405	2.419	2.441	171.8	175.1	177.6	181.2
13	2.627	2.637	2.637	2.639	193.0	197.6	200.0	203.8
14	2.964	2.968	2.989	2.968	220.0	229.0	235.1	242.8
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

DATA CORRECTED from P&V losses

PRESSURE p (MPa)	VOLUME V^{60} (cm^3)	SLOPE $\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	CREEP $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	MODULE EM (MPa)
0.292	70.2		1.3	
0.323	74.3	129	0.3	
0.418	81.8	79	0.6	
0.504	86.4	54	0.3	
0.687	95.2	48	0.3	51.082
0.858	101.5	37	0.4	57.540
1.148	111.1	33	0.6	64.265
1.437	119.1	28	0.5	70.452
1.740	128.6	31	0.9	72.594
2.015	137.8	33	1.5	73.223
2.253	148.8	46	2.1	70.301
2.543	166.5	61	3.6	64.359
2.722	188.2	121	3.8	55.718
3.021	225.8	125	7.7	47.111

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	22.5
	to level (m)	24
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

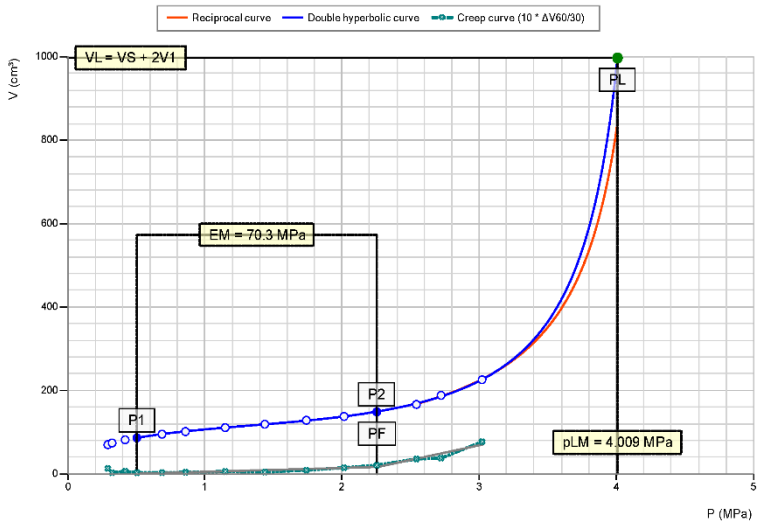
ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	DLB KYOLU TNL
Test reference	ES160521.03
Job site identification	BCDEZA
Borehole	DLB_34
Test depth	24.00



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.226
p_1	(MPa)	0.50
p_2	(MPa)	2.25
p_f	(MPa)	2.25
p_{lm}	(MPa)	4.01
p'_{lm}	(MPa)	3.78
E_M	(MPa)	70.3
E_M / p_{lm}		17.5
E_M / p'_{lm}		18.6

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-3.26E-03
	B	1.42E-02
double hyperbolic	A1	1.07E+02
	A2	-3.94E+01
	A3	1.20E+02
	A4	3.56E+02
	A5	-7.74E-01
	A6	4.34E+00
	Average error(cm3)	7.51E-01

COMMENTS

PLMR = 4.066 MPa
PLMDH = 4.009 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER
AUTOMATICALLY RECORDED

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- VOLUME LOSS -

PROBE

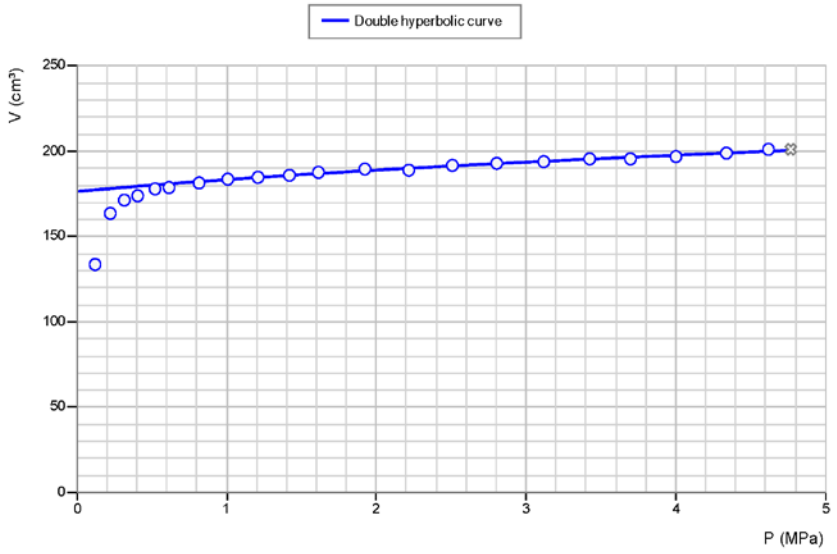
PROBE PARAMETERS			
Cote	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING & FLUIDS PARAMETERS			
Type	Coaxial X	Liquid	Nature
	Twin		Density γ_f/γ_w
Total length (m)		Gas	Nature
50.00			Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS			
Supplier type and cote			
Pressure loss p_m (MPa)		0.050	

TEST

Test number	CA160513.03
Test date and time	13.05.2016 15:06
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure	-0.078
CU to probe elevation	1.00
Observations	

Step	Pressures	Volumes
0	0.000	0.0
1	0.110	133.7
2	0.212	163.6
3	0.306	171.4
4	0.395	173.9
5	0.510	178.0
6	0.604	178.7
7	0.805	181.4
8	0.997	183.6
9	1.199	184.7
10	1.409	185.9
11	1.603	187.6
12	1.913	189.6
13	2.207	188.9
14	2.498	191.7
15	2.794	193.0
16	3.108	193.9
17	3.415	195.5
18	3.687	195.5
19	3.991	196.9
20	4.328	198.9
21	4.609	201.1
22	4.758	201.1
23		
24		



LINEAR EXTRAPOLATION

$V = V_c + a.p$

V_c = **179.2**
a = **4.640**

HYPERBOLIC EXTRAPOLATION

$V = U_1 + U_2.p + \frac{U_3}{U_5 - p}$

U_1 = **2.06E+02**
U_2 = **2.01E+00**
U_3 = **1.48E+02**
U_5 = **-5.00E+00**

COMMENTS

PROBE VOLUME

Calibration tube diameter d_i (mm) = **78.0**

Probe volume V_s (cm^3) = **824.2**

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER AUTOMATICALLY RECORDED

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- PRESSURE LOSS -

PROBE

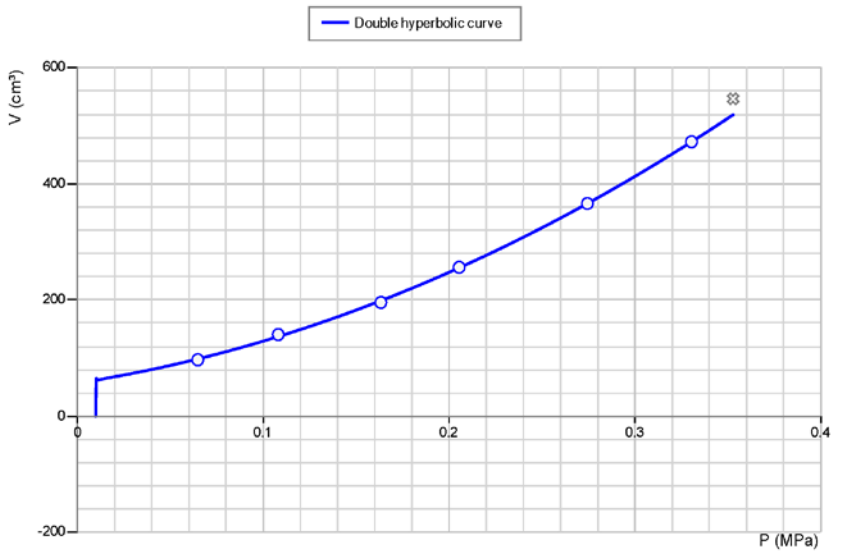
CELL PARAMETERS			
Cote	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING & FLUIDS PARAMETERS				
Type	Coaxial X	Liquid	Nature	Eau
	Twin		Density γ_l/γ_w	1.00
Total length (m)		Gas	Nature	Azote
50.00			Compressibility λ_g (m^{-1})	0.00016
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)			0.050	

TEST

Test number	ET160513.04
Test date and time	13.05.2016 19:05
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT_OZKAN
Differential pressure	-0.090
CU to probe elevation	1.00
Observations	

Palier	Pressions	Volumes
0	0.000	0.0
1	0.055	97.3
2	0.098	140.9
3	0.153	196.0
4	0.196	256.5
5	0.264	366.5
6	0.320	472.6
7	0.343	546.7
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		



DOUBLE HYPERBOLIC EXTRAPOLATION

$$V = U_1 + U_2 \cdot p + \frac{U_3}{U_5 - p} + \frac{U_4}{U_6 - p}$$

U_1 =	-1.15E+07	U_4 =	8.10E+08
U_2 =	-1.62E+05	U_5 =	9.99E-03
U_3 =	6.24E-04	U_6 =	7.05E+01

ULTIMATE PRESSURE LOSS

Volume for P_{el} calculation (cm^3) = **700.0**

Ultimate pressure loss P_{el} (MPa) = **0.431**

COMMENTS

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34A

PROBE

PROBE PARAMETERS				
Code	60-gtm75			
Length		Cover		
210 mm	X	Rubber		
370 mm		Reinforced mesh		
Type		Metallic mesh	X	
E		Metallic strips		
G	X	Slotted tube		

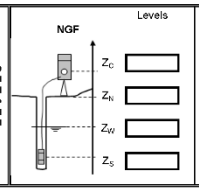
TUBING AND FLUID				
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature
	Twin			Unit weight γ_f/γ_w
Total length (m)	50.00		Gas	Nature
				Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)	0.050			

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160905.03
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.318
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160930.01
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	6.131
Probe volume V_s (cm^3)	784.0

TEST	
Test number (or depth)	ES161007.03
Test date and time	07.10.2016 15:54
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT OZKAN
Differential pressure (MPa)	-0.052
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.025	0.031	0.038	0.042	56.3	79.7	97.1	117.8	0.005	117.3		20.7	
2	0.072	0.071	0.071	0.072	139.5	142.3	142.7	143.3	0.013	142.4	3204	0.6	0.759
3	0.133	0.130	0.129	0.132	151.0	151.0	151.3	151.3	0.066	149.8	140	0.0	4.554
4	0.206	0.197	0.195	0.196	157.3	157.3	157.3	157.6	0.125	155.3	94	0.3	7.686
5	0.297	0.298	0.296	0.295	162.7	163.9	164.2	164.4	0.218	161.1	61	0.3	11.954
6	0.407	0.407	0.403	0.403	169.2	169.8	170.1	170.4	0.321	165.9	47	0.3	15.995
7	0.483	0.476	0.476	0.475	173.7	174.0	174.3	174.6	0.390	169.4	50	0.3	18.237
8	0.682	0.706	0.695	0.690	182.0	184.5	184.8	185.5	0.597	178.1	42	0.7	24.130
9	0.882	0.887	0.885	0.880	191.1	194.3	194.9	195.5	0.780	186.4	45	0.6	27.905
10	1.046	1.090	1.082	1.077	200.9	206.9	208.1	209.3	0.967	198.4	64	1.2	29.721
11	1.315	1.321	1.336	1.311	223.5	229.4	233.4	236.7	1.184	223.9	118	3.2	28.085
12	1.485	1.483	1.487	1.485	251.1	259.8	265.6	273.4	1.338	259.2	229	7.7	24.294
13	1.679	1.676	1.692	1.673	300.1	321.1	336.7	357.4	1.490	341.9	545	20.7	17.829
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	3
	to level (m)	4.5
	time completed	

UNITS		
Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

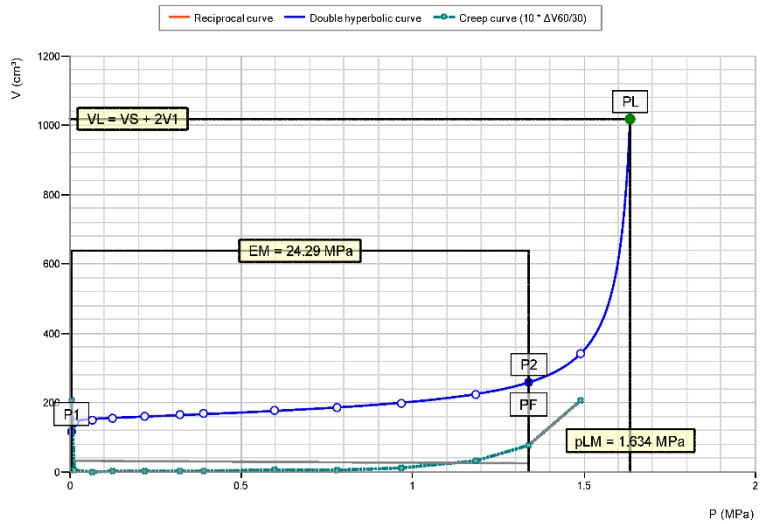
MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161007.03
Job site identification	
Borehole	DLB_34A
Test depth	3.00

(Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB_34A_3m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.027
p_1	(MPa)	0.01
p_2	(MPa)	1.34
p_f	(MPa)	1.34
p_{lm}	(MPa)	1.63
p'_{lm}	(MPa)	1.61
E_M	(MPa)	24.3
E_M / p_{lm}		14.9
E_M / p'_{lm}		15.1

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-5.03E-03
	B	1.05E-02
double hyperbolic	A1	1.34E+02
	A2	2.16E+01
	A3	1.38E-01
	A4	3.19E+01
	A5	1.39E-03
	A6	1.67E+00
	Average error(cm3)	1.18E+00

COMMENTS

PLMR = 1.888 MPa
PLMDH = 1.634 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.
Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34A

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING AND FLUID				
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature
	Twin			Unit weight γ_f/γ_w
Total length (m)	50.00		Gas	Nature
				Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)	0.050			

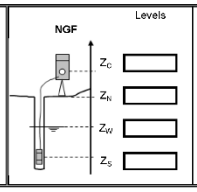
PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160905.03
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.318
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160930.01
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	6.131
Probe volume V_s (cm^3)	784.0

TEST

Test number (or depth)	ES161007.04
Test date and time	07.10.2016 16:47
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.000
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.025	0.009	0.022	0.035	57.5	81.9	97.9	144.9	0.005	144.4		46.9	
2	0.073	0.071	0.070	0.069	169.3	174.9	177.1	178.8	0.011	178.0	5394	1.7	
3	0.135	0.147	0.158	0.166	200.2	207.0	216.2	218.4	0.080	216.5	554	2.2	4.710
4	0.257	0.281	0.300	0.292	254.6	276.4	293.9	294.6	0.166	291.3	873	0.7	3.710
5	0.315	0.348	0.365	0.388	314.8	318.1	322.5	323.8	0.249	319.4	340	1.3	4.620
6	0.405	0.412	0.435	0.456	356.9	365.4	370.0	371.2	0.298	366.1	944	1.2	4.291
7	0.518	0.534	0.568	0.587	400.2	411.2	425.1	426.6	0.410	420.2	483	1.5	4.749
8	0.644	0.669	0.681	0.702	454.1	460.3	468.6	470.5	0.512	463.0	422	1.9	5.161
9	0.745	0.761	0.783	0.796	492.3	497.8	505.4	516.3	0.592	507.9	556	10.9	5.284
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	6
	to level (m)	7.5
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

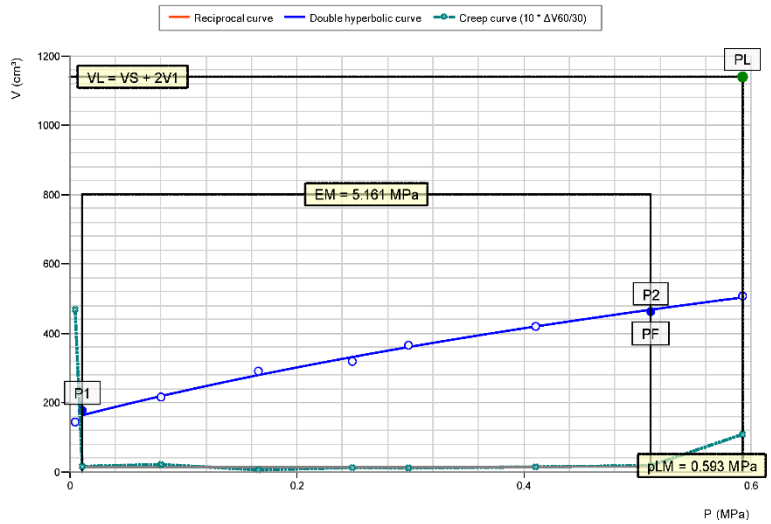
MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161007.04
Job site identification	
Borehole	DLB_34A
Test depth	6.00

(Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB_34A_6m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.054
p_1	(MPa)	0.01
p_2	(MPa)	0.51
p_f	(MPa)	0.51
p_{lm}	(MPa)	0.59
p'_{lm}	(MPa)	0.54
E_M	(MPa)	5.2
E_M / p_{lm}		8.7
E_M / p'_{lm}		9.6

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-2.25E-03
	B	3.31E-03
double hyperbolic	A1	8.24E+02
	A2	1.57E+02
	A3	6.40E+02
	A4	0.00E+00
	A5	-9.56E-01
	A6	2.00E+01
	Average error(cm3)	7.78E+00

COMMENTS

PLMR = 1.079 MPa
PLMDH = - MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.
Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34A

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING AND FLUID					
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature	
	Twin			Unit weight γ/γ_w	
Total length (m)	50.00		Gas	Nature	
				Compressibility λ_g (m^{-1})	
MEMBRANE PARAMETERS					
Supplier type and cote					
Pressure loss p_m (MPa)	0.050				

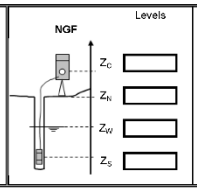
PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160905.03
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.318
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160930.01
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	6.131
Probe volume V_s (cm^3)	784.0

TEST

Test number (or depth)	ES161008.01
Test date and time	08.10.2016 10:15
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT OZKAN
Differential pressure (MPa)	-0.003
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.041	0.050	0.051	0.047	45.7	86.0	125.0	167.3	0.028	166.8		42.4	
2	0.084	0.087	0.088	0.086	175.9	178.0	178.8	179.7	0.057	178.7	408	0.9	
3	0.141	0.141	0.143	0.144	186.5	190.2	191.1	191.9	0.106	190.2	234	0.8	11.007
4	0.189	0.190	0.191	0.191	198.9	200.1	200.8	201.6	0.146	199.3	232	0.7	11.106
5	0.250	0.250	0.247	0.249	208.8	210.6	211.2	212.0	0.197	209.1	191	0.8	11.959
6	0.293	0.291	0.295	0.290	216.6	217.9	218.7	219.4	0.233	216.1	192	0.7	12.303
7	0.351	0.351	0.349	0.349	225.3	227.4	228.1	229.2	0.287	225.3	173	1.1	12.916
8	0.403	0.404	0.405	0.406	234.1	236.2	237.1	237.9	0.338	233.4	158	0.9	13.516
9	0.490	0.487	0.486	0.487	247.1	250.2	251.3	252.8	0.411	247.4	192	1.5	13.655
10	0.579	0.590	0.587	0.586	259.6	265.5	267.6	269.6	0.501	263.2	175	1.9	14.044
11	0.674	0.687	0.683	0.683	278.0	283.3	286.0	288.3	0.590	281.0	201	2.3	14.035
12	0.783	0.789	0.786	0.782	296.8	303.4	306.4	309.4	0.679	301.1	224	3.0	13.843
13	0.850	0.885	0.896	0.902	313.6	322.2	328.7	337.4	0.787	328.1	249	8.7	13.491
14	0.978	1.006	1.013	1.014	341.2	353.7	361.6	370.9	0.887	360.5	327	9.2	12.785
15	1.085	1.091	1.092	1.103	380.6	388.7	395.2	405.5	0.963	394.4	445	10.3	11.956
16	1.182	1.189	1.196	1.207	416.5	427.7	437.3	451.2	1.053	439.2	498	13.9	11.111
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	9
	to level (m)	10.5
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

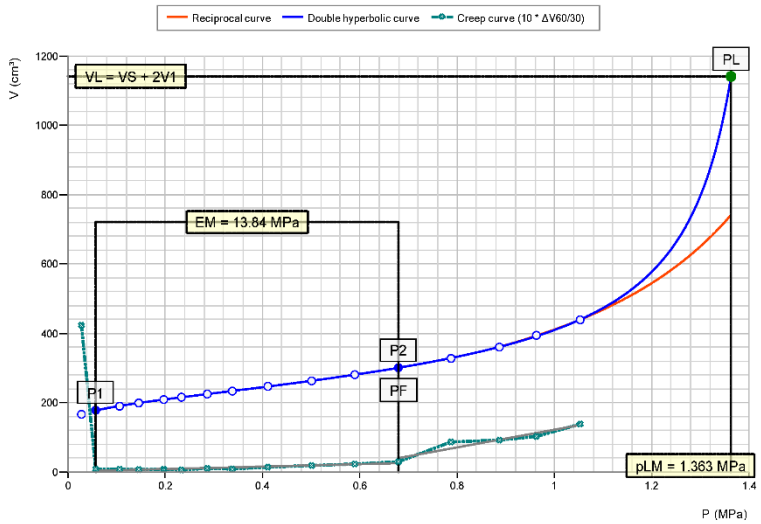
MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161008.01
Job site identification	
Borehole	DLB_34A
Test depth	9.00

(Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB_34A_9m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.091
p_1	(MPa)	0.06
p_2	(MPa)	0.68
p_f	(MPa)	0.68
p_{lm}	(MPa)	1.36
p'_{lm}	(MPa)	1.27
E_M	(MPa)	13.8
E_M / p_{lm}		10.2
E_M / p'_{lm}		10.9

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-2.99E-03
	B	5.42E-03
double hyperbolic	A1	1.32E+02
	A2	7.78E+01
	A3	3.78E+00
	A4	9.50E+01
	A5	-8.48E-02
	A6	1.47E+00
	Average error(cm3)	5.72E-01

COMMENTS

PLMR = 1.521 MPa
PLMDH = 1.363 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.
Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34A

PROBE

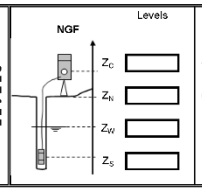
PROBE PARAMETERS				TUBING AND FLUID					PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Code	60-gtm75			Type	Coaxial	X	Liquid	Nature	Correction sheet reference	ET160905.03
Length	Cover				Twin			Unit weight γ_l/γ_w	Ultimate pressure loss p_{le} (MPa)	0.318
210 mm	X	Rubber		Total length (m)			Gas	Nature	VOLUME LOSS PARAMETERS	
370 mm		Reinforced mesh		50.00				Compressibility λ_g (m^{-1})	Correction sheet reference	CA160930.01
Type		Metallic mesh	X	MEMBRANE PARAMETERS					Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
E		Metallic strips		Supplier type and cote					Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	6.131
G	X	Slotted tube		Pressure loss p_{rs} (MPa)		0.050			Probe volume V_s (cm^3)	784.0

TEST

Test number (or depth)	ES161008.02
Test date and time	08.10.2016 12:51
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.007
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.031	0.029	0.030	0.034	99.8	127.6	138.4	142.5	0.065	142.1		4.1	
2	0.105	0.108	0.113	0.114	156.9	162.5	164.4	166.1	0.126	164.8	376	1.8	
3	0.152	0.163	0.161	0.160	171.8	176.1	177.7	179.3	0.161	177.4	358	1.6	7.096
4	0.197	0.207	0.206	0.207	184.7	187.8	189.3	190.8	0.200	188.4	283	1.5	8.008
5	0.257	0.260	0.262	0.264	197.6	200.9	202.5	204.1	0.247	201.1	266	1.6	8.625
6	0.301	0.302	0.303	0.302	208.5	210.9	212.1	213.8	0.279	210.4	292	1.6	8.701
7	0.348	0.352	0.352	0.349	217.8	220.9	222.5	224.3	0.320	220.4	246	1.8	9.072
8	0.407	0.414	0.411	0.412	230.0	233.8	235.6	237.9	0.374	233.3	238	2.3	9.481
9	0.454	0.455	0.455	0.455	241.7	244.7	246.3	248.4	0.411	243.4	272	2.2	9.546
10	0.502	0.515	0.523	0.524	253.1	257.7	261.1	265.3	0.471	259.6	270	4.3	9.659
11	0.567	0.566	0.562	0.563	270.8	273.9	276.2	278.9	0.504	272.8	400	2.7	9.350
12	0.610	0.610	0.608	0.606	284.2	287.8	290.2	293.5	0.540	286.9	390	3.3	9.124
13	0.659	0.655	0.653	0.652	298.5	303.2	306.4	310.3	0.578	303.3	435	3.9	8.846
14	0.694	0.692	0.692	0.687	315.8	320.1	323.0	327.0	0.606	319.6	581	4.0	8.472
15	0.747	0.746	0.742	0.738	333.0	339.9	344.4	350.6	0.648	342.8	559	6.1	8.095
16	0.800	0.804	0.812	0.824	358.3	366.6	380.4	386.8	0.720	378.2	487	6.4	7.824
17	0.860	0.860	0.859	0.862	396.0	406.5	412.2	426.9	0.745	417.9	1631	14.8	6.995
18	0.897	0.903	0.903	0.910	436.3	822.9	453.8	469.8	0.780	460.4	1222	16.0	6.452
19	0.953	0.967	0.954	0.945	484.6	500.9	513.2	533.4	0.797	523.6	3694	20.2	5.611
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	12
	to level (m)	13.5
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

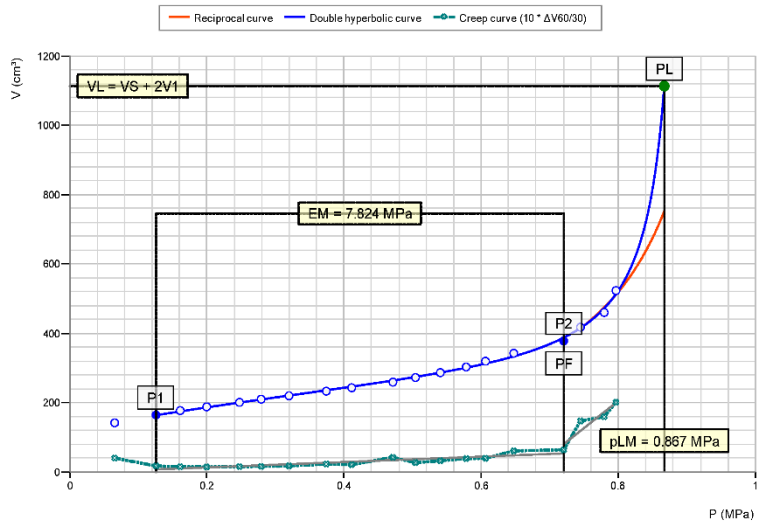
MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161008.02
Job site identification	
Borehole	DLB_34A
Test depth	12.00

(Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB_34A_12m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.133
p_1	(MPa)	0.13
p_2	(MPa)	0.72
p_f	(MPa)	0.72
p_{lm}	(MPa)	0.87
p'_{lm}	(MPa)	0.73
E_M	(MPa)	7.8
E_M / p_{lm}		9.0
E_M / p'_{lm}		10.7

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-8.88E-03
	B	9.03E-03
double hyperbolic	A1	9.73E+02
	A2	-1.64E+02
	A3	1.59E+03
	A4	2.95E+01
	A5	-1.79E+00
	A6	9.01E-01
	Average error(cm3)	3.86E+00

COMMENTS

PLMR = 0.916 MPa
PLMDH = 0.867 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.
Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34A

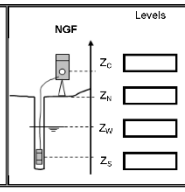
PROBE

PROBE PARAMETERS				TUBING AND FLUID					PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Code	60-gtm75			Type	Coaxial	X	Liquid	Nature	Correction sheet reference	ET160905.03
Length	Cover				Twin			Unit weight γ_l/γ_w	Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.318
210 mm	X	Rubber		Total length (m)			Gas	Nature	VOLUME LOSS PARAMETERS	
370 mm		Reinforced mesh		50.00				Compressibility λ_g (m^{-1})	Correction sheet reference	CA160930.01
Type		Metallic mesh	X	MEMBRANE PARAMETERS					Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
E		Metallic strips		Supplier type and cote					Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	6.131
G	X	Slotted tube		Pressure loss p_m (MPa)		0.050			Probe volume V_s (cm^3)	784.0

TEST	
Test number (or depth)	ES161008.03
Test date and time	08.10.2016 14:45
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.062
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.000	0.000	0.000	0.086	82.3	107.6	120.3	157.3	0.145	156.3		37.0	
2	0.148	0.149	0.150	0.149	167.3	171.9	174.1	176.2	0.192	174.4	382	2.1	
3	0.215	0.229	0.227	0.228	181.2	184.0	185.3	187.0	0.263	184.3	139	1.6	18.414
4	0.264	0.268	0.268	0.270	189.1	190.0	190.6	191.5	0.302	188.4	104	0.9	20.246
5	0.324	0.327	0.328	0.330	193.9	194.8	195.3	196.2	0.359	192.5	72	0.9	23.792
6	0.406	0.409	0.412	0.410	198.3	199.8	200.6	201.5	0.436	196.9	58	0.9	27.884
7	0.508	0.512	0.509	0.513	205.4	205.7	206.2	207.0	0.535	201.4	45	0.8	32.838
8	0.606	0.630	0.634	0.633	209.2	210.4	211.3	212.4	0.651	205.6	36	1.2	38.138
9	0.710	0.712	0.715	0.714	213.9	214.7	215.2	216.0	0.730	208.4	35	0.7	41.148
10	0.796	0.800	0.801	0.801	217.4	218.0	218.6	219.2	0.814	210.8	29	0.6	44.458
11	0.903	0.901	0.905	0.905	220.7	221.6	222.2	222.8	0.917	213.4	25	0.6	48.390
12	0.994	0.997	1.002	1.000	224.2	225.1	225.7	226.3	1.009	216.1	29	0.6	51.083
13	1.204	1.205	1.205	1.203	230.4	231.9	232.8	233.7	1.208	221.7	28	0.9	56.121
14	1.389	1.387	1.388	1.385	236.2	238.4	239.3	240.4	1.386	227.1	30	1.2	59.424
15	1.605	1.637	1.668	1.695	243.7	247.4	249.7	252.6	1.689	236.9	33	3.0	63.077
16	1.901	1.925	1.947	1.975	258.8	262.6	265.4	269.2	1.961	251.5	54	3.8	60.892
17	2.105	2.116	2.132	2.150	273.1	277.0	279.9	284.0	2.129	265.2	82	4.2	56.987
18	2.308	2.326	2.317	2.305	288.2	295.2	299.1	303.4	2.274	283.5	126	4.3	51.428
19	2.448	2.489	2.483	2.473	306.1	313.5	318.6	324.7	2.433	303.9	128	6.1	47.127
20	2.626	2.651	2.661	2.682	329.0	337.8	344.9	355.8	2.630	333.7	151	10.9	42.280
21	2.864	2.883	2.885	2.904	365.4	378.6	392.4	413.9	2.831	390.6	283	21.5	34.638
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	16
	to level (m)	17.5
	time completed	

UNITS			
Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

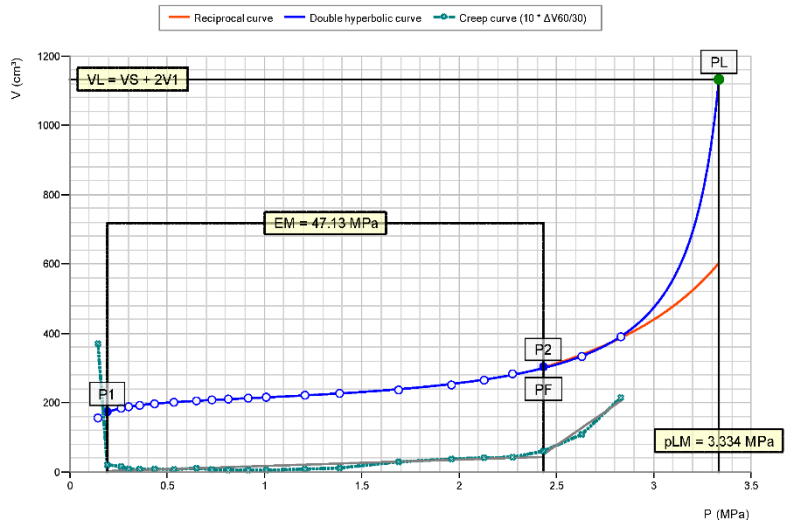
Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161008.03
Job site identification	
Borehole	DLB_34A
Test depth	16.00

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B (Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB_34A_16m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.189
p_1	(MPa)	0.19
p_2	(MPa)	2.43
p_f	(MPa)	2.43
p_{lm}	(MPa)	3.33
p'_{lm}	(MPa)	3.15
E_M	(MPa)	47.1
E_M / p_{lm}		14.1
E_M / p'_{lm}		15.0

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-1.84E-03
	B	7.78E-03
double hyperbolic	A1	1.62E+02
	A2	-7.19E+00
	A3	6.95E+00
	A4	1.70E+02
	A5	1.53E-02
	A6	3.51E+00
	Average error(cm3)	1.05E+00

COMMENTS

PLMR = 3.757 MPa
PLMDH = 3.334 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB-34C

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING AND FLUID				
Type	Coaxial		Liquid	Nature
	Twin	X		Unit weight γ_l/γ_w
Total length (m)	50.00		Gas	Nature
				Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)	0.050			

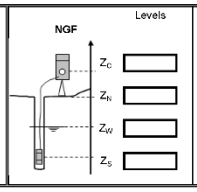
PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160806.04
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.286
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160814.01
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	9.211
Probe volume V_s (cm^3)	800.5

TEST

Test number (or depth)	ES161025.01
Test date and time	16.10.2016 11:23
Control unit number	
Data logger number	
Operator's name	
Differential pressure (MPa)	0.007
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.050	0.050	0.050	0.050	50.6	50.6	60.3	68.2	0.038	67.5		7.9	
2	0.090	0.090	0.090	0.090	99.5	99.5	103.6	107.2	0.052	105.9	2709	3.6	
3	0.140	0.140	0.140	0.140	130.5	130.5	133.1	135.2	0.083	133.2	886	2.1	2.761
4	0.190	0.190	0.190	0.190	155.2	155.2	157.6	160.2	0.116	157.5	744	2.6	3.049
5	0.240	0.240	0.240	0.240	180.8	180.8	181.5	182.7	0.150	179.3	632	1.2	3.347
6	0.290	0.290	0.290	0.290	194.6	194.6	194.9	195.8	0.192	191.7	302	0.9	4.091
7	0.340	0.340	0.340	0.340	204.5	204.5	205.1	205.7	0.235	201.0	213	0.6	4.871
8	0.390	0.390	0.390	0.390	214.8	214.8	215.6	216.6	0.278	211.2	239	1.0	5.461
9	0.450	0.450	0.450	0.450	224.4	224.4	224.7	225.2	0.332	219.0	143	0.5	6.340
10	0.490	0.490	0.490	0.490	233.1	233.1	233.7	234.3	0.367	227.6	250	0.6	6.645
11	0.600	0.600	0.600	0.600	250.7	250.7	251.8	253.0	0.466	244.9	175	1.2	7.718
12	0.690	0.690	0.690	0.690	267.2	267.2	270.1	272.2	0.545	263.0	228	2.1	8.218
13	0.790	0.790	0.790	0.790	286.9	286.9	287.6	290.8	0.636	280.3	192	3.2	8.837
14	0.890	0.890	0.890	0.890	308.6	308.6	310.2	312.0	0.726	300.3	222	1.8	9.246
15	1.010	1.010	1.010	1.010	331.7	331.7	336.2	340.4	0.834	327.3	249	4.2	9.552
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)		
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	2
	to level (m)	3.5
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

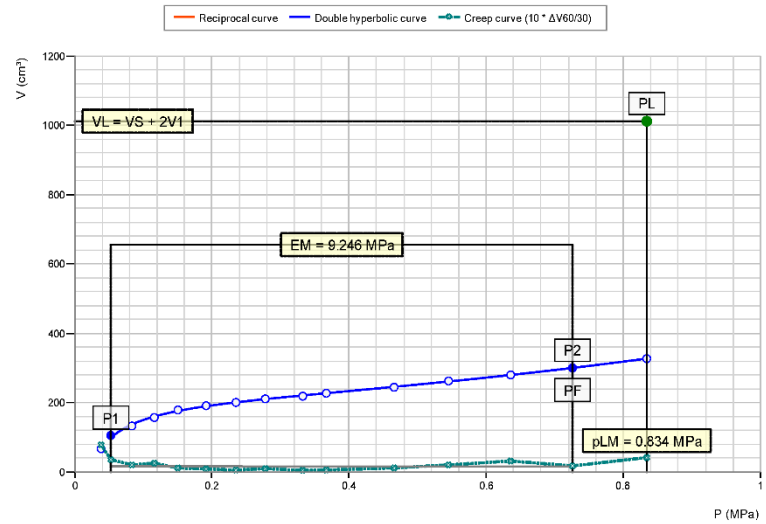
MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161025.01
Job site identification	
Borehole	DLB-34C
Test depth	3.00

(Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB-34C_3m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{ho}	(MPa)	0.032
p_1	(MPa)	0.05
p_2	(MPa)	0.73
p_f	(MPa)	0.73
p_{lm}	(MPa)	0.83
p'_{lm}	(MPa)	0.80
E_M	(MPa)	9.2
E_M / p_{lm}		11.1
E_M / p'_{lm}		11.5

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-2.58E-03
	B	5.20E-03
double hyperbolic	A1	-1.28E+06
	A2	-1.32E+04
	A3	1.03E+01
	A4	1.25E+08
	A5	-2.62E-02
	A6	9.72E+01
	Average error(cm3)	1.82E+00

COMMENTS

PLMR = 1.636 MPa
PLMDH = 2.313 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB-34C

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING AND FLUID					
Type	Coaxial		Liquid	Nature	
	Twin	X		Unit weight γ_f/γ_w	
Total length (m)	50.00		Gas	Nature	
				Compressibility λ_g (m^{-1})	
MEMBRANE PARAMETERS					
Supplier type and cote					
Pressure loss p_m (MPa)	0.050				

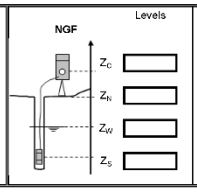
PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160806.04
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.286
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160814.01
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	9.211
Probe volume V_s (cm^3)	800.5

TEST

Test number (or depth)	ES161025.02
Test date and time	16.10.2016 12:41
Control unit number	
Data logger number	
Operator's name	
Differential pressure (MPa)	-0.041
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.040	0.040	0.040	0.040	90.4	90.4	104.7	107.9	0.032	107.3		3.2	
2	0.090	0.090	0.090	0.090	117.9	117.9	118.1	118.8	0.075	117.5	239	0.7	
3	0.160	0.160	0.160	0.160	129.8	129.8	130.4	132.4	0.135	130.1	208	2.0	11.819
4	0.200	0.200	0.200	0.200	138.4	138.4	139.0	139.8	0.170	137.0	196	0.8	12.113
5	0.250	0.250	0.250	0.250	145.9	145.9	146.4	147.6	0.215	144.1	160	1.2	13.061
6	0.290	0.290	0.290	0.290	152.9	152.9	153.3	153.9	0.250	149.8	162	0.6	13.506
7	0.350	0.350	0.350	0.350	158.4	158.4	158.9	159.8	0.306	154.9	91	0.9	15.421
8	0.390	0.390	0.390	0.390	164.0	164.0	165.1	165.5	0.342	160.1	143	0.4	15.702
9	0.440	0.440	0.440	0.440	169.1	169.1	169.8	170.3	0.389	164.2	89	0.5	16.842
10	0.500	0.500	0.500	0.500	174.1	174.1	174.4	175.0	0.446	168.2	69	0.6	18.382
11	0.600	0.600	0.600	0.600	182.2	182.2	182.8	183.3	0.540	175.2	74	0.5	20.321
12	0.700	0.700	0.700	0.700	190.7	190.7	191.3	192.5	0.634	183.1	85	1.2	21.546
13	0.810	0.810	0.810	0.810	198.8	198.8	199.4	200.3	0.739	189.6	62	0.9	23.371
14	0.900	0.900	0.900	0.900	207.2	207.2	207.8	208.6	0.823	196.8	85	0.8	24.037
15	0.990	0.990	0.990	0.990	216.7	216.7	217.3	218.4	0.907	205.6	105	1.1	24.181
16	1.190	1.190	1.190	1.190	242.2	242.2	245.1	247.3	1.089	232.2	146	2.2	22.950
17	1.400	1.400	1.400	1.400	283.2	283.2	291.6	301.5	1.271	284.1	286	9.9	19.125
18	1.590	1.590	1.590	1.590	362.6	362.6	384.9	419.6	1.419	400.1	782	34.7	13.404
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



Levels	Relative levels
	+ 1.00
	0 (borehole top)
	- 2.20
	- 6.00

BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)		
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	5
	to level (m)	6.5
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

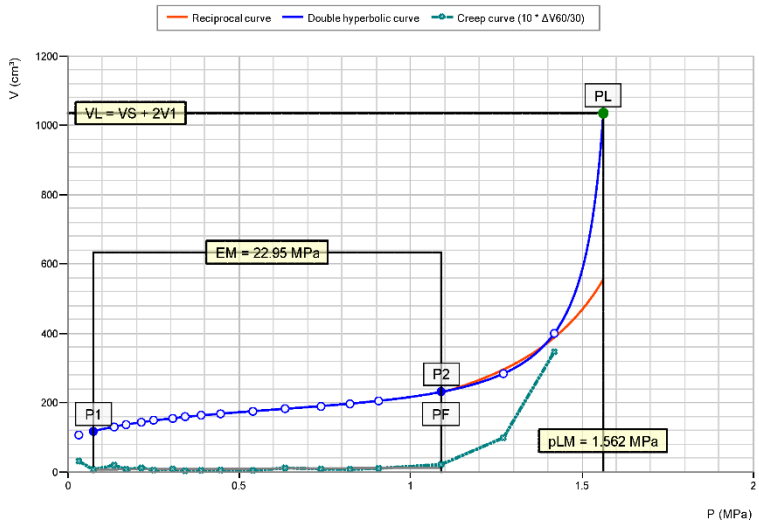
MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161025.02
Job site identification	
Borehole	DLB-34C
Test depth	6.00

(Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB-34C_6m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.073
p_1	(MPa)	0.07
p_2	(MPa)	1.09
p_f	(MPa)	1.09
p_{lm}	(MPa)	1.56
p'_{lm}	(MPa)	1.49
E_M	(MPa)	22.9
E_M / p_{lm}		14.7
E_M / p'_{lm}		15.4

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-5.43E-03
	B	1.03E-02
double hyperbolic	A1	2.12E+02
	A2	-4.52E+01
	A3	6.37E+01
	A4	5.96E+01
	A5	-4.21E-01
	A6	1.63E+00
	Average error(cm3)	5.21E-01

COMMENTS

PLMR = 1.715 MPa
PLMDH = 1.562 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.
Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB-34C

PROBE

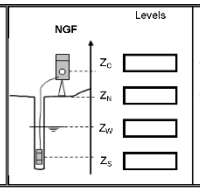
PROBE PARAMETERS				TUBING AND FLUID				PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Code	60-gtm75			Type	Coaxial	Liquid	Nature	Correction sheet reference	ET160806.04
Length		Cover			Twin X		Unit weight γ_f/γ_w	Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.286
210 mm	X	Rubber		Total length (m)		Gas	Nature	VOLUME LOSS PARAMETERS	
370 mm		Reinforced mesh		50.00			Compressibility λ_g (m^{-1})	Correction sheet reference	CA160814.01
Type		Metallic mesh	X	MEMBRANE PARAMETERS				Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
E		Metallic strips		Supplier type and cote				Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	9.211
G	X	Slotted tube		Pressure loss p_m (MPa)	0.050			Probe volume V_s (cm^3)	800.5

TEST

Test number (or depth)	ES161025.03
Test date and time	16.10.2016 14:04
Control unit number	
Data logger number	
Operator's name	
Differential pressure (MPa)	-0.020
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.070	0.070	0.070	0.070	81.4	81.4	102.1	110.3	0.090	109.3		8.2	
2	0.100	0.100	0.100	0.100	126.7	126.7	127.9	129.4	0.107	128.0	1104	1.5	
3	0.140	0.140	0.140	0.140	140.1	140.1	141.0	141.9	0.139	139.9	381	0.9	6.528
4	0.220	0.220	0.220	0.220	155.6	155.6	156.5	157.3	0.208	154.2	206	0.8	9.612
5	0.260	0.260	0.260	0.260	164.5	164.5	165.1	165.7	0.242	162.0	230	0.6	9.950
6	0.290	0.290	0.290	0.290	172.3	172.3	172.9	174.3	0.266	170.2	341	1.4	9.494
7	0.350	0.350	0.350	0.350	180.6	180.6	180.9	181.5	0.321	176.6	116	0.6	11.142
8	0.390	0.390	0.390	0.390	187.8	187.8	188.1	188.9	0.356	183.5	196	0.8	11.400
9	0.450	0.450	0.450	0.450	194.9	194.9	195.2	195.8	0.412	189.6	110	0.6	12.593
10	0.500	0.500	0.500	0.500	201.1	201.1	201.5	202.0	0.457	195.2	121	0.5	13.333
11	0.590	0.590	0.590	0.590	213.1	213.1	214.5	215.2	0.539	207.2	148	0.7	14.020
12	0.700	0.700	0.700	0.700	226.2	226.2	226.8	228.2	0.641	218.8	114	1.4	15.200
13	0.790	0.790	0.790	0.790	236.3	236.3	237.8	239.3	0.724	228.8	120	1.5	15.912
14	0.910	0.910	0.910	0.910	251.9	251.9	253.6	254.8	0.835	242.9	127	1.2	16.597
15	1.010	1.010	1.010	1.010	266.1	266.1	267.3	268.7	0.927	255.6	138	1.4	16.947
16	1.200	1.200	1.200	1.200	289.9	289.9	292.1	293.9	1.104	278.7	130	1.8	17.663
17	1.390	1.390	1.390	1.390	315.9	315.9	318.6	321.9	1.282	304.6	146	3.3	17.984
18	1.610	1.610	1.610	1.610	347.7	347.7	351.1	354.0	1.489	334.3	143	2.9	18.376
19	1.800	1.800	1.800	1.800	378.3	378.3	383.2	388.1	1.668	366.5	180	4.9	18.236
20	2.010	2.010	2.010	2.010	410.6	410.6	416.2	422.2	1.868	398.5	160	6.0	18.421
21	2.200	2.200	2.200	2.200	450.5	450.5	457.5	461.2	2.049	435.6	206	3.7	18.170
22	2.420	2.420	2.420	2.420	497.3	497.3	506.6	515.8	2.258	488.2	251	9.2	17.611
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)		
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	8
	to level (m)	9.5
	time completed	

UNITS

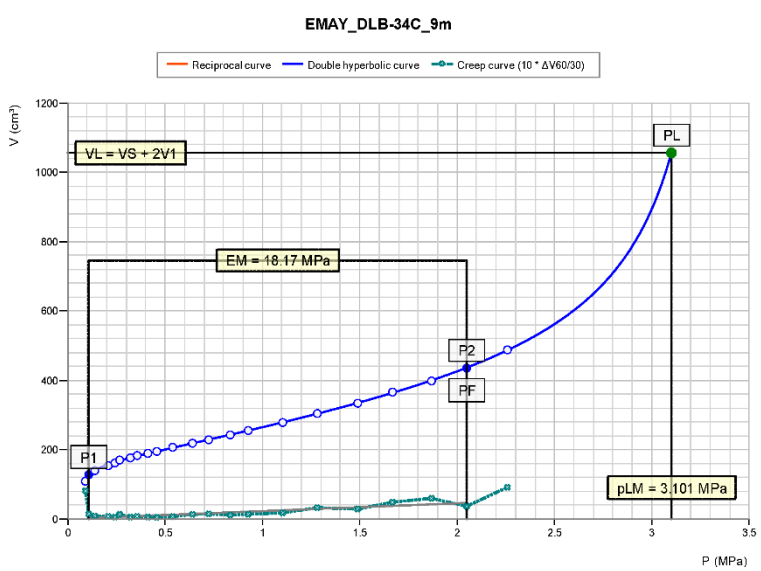
Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161025.03
Job site identification	
Borehole	DLB-34C
Test depth	9.00



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.107
p_1	(MPa)	0.11
p_2	(MPa)	2.05
p_f	(MPa)	2.05
p_{lm}	(MPa)	3.10
p'_{lm}	(MPa)	2.99
E_M	(MPa)	18.2
E_M / p_{lm}		5.9
E_M / p'_{lm}		6.1

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-1.18E-03
	B	4.72E-03
double hyperbolic	A1	7.40E+01
	A2	8.79E+01
	A3	2.36E+00
	A4	2.61E+02
	A5	4.19E-02
	A6	3.47E+00
	Average error(cm3)	1.17E+00

COMMENTS

PLMR = 3.191 MPa
PLMDH = 3.101 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.
Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB-34C

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING AND FLUID					
Type	Coaxial		Liquid	Nature	
	Twin	X		Unit weight γ_l/γ_w	
Total length (m)	50.00		Gas	Nature	
				Compressibility λ_g (m^{-1})	
MEMBRANE PARAMETERS					
Supplier type and cote					
Pressure loss p_m (MPa)	0.050				

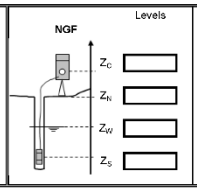
PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160806.04
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.286
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160814.01
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	9.211
Probe volume V_s (cm^3)	800.5

TEST

Test number (or depth)	ES161025.04
Test date and time	16.10.2016 16:36
Control unit number	
Data logger number	
Operator's name	
Differential pressure (MPa)	0.013
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.090	0.090	0.090	0.090	125.0	125.0	158.0	167.4	0.101	166.1		9.4	
2	0.150	0.150	0.150	0.150	187.0	187.0	188.6	190.2	0.145	188.1	495	1.6	
3	0.200	0.200	0.200	0.200	203.0	203.0	204.5	206.1	0.185	203.3	386	1.6	6.864
4	0.250	0.250	0.250	0.250	221.3	221.3	223.1	224.1	0.223	220.6	451	1.0	6.394
5	0.300	0.300	0.300	0.300	241.9	241.9	243.5	245.9	0.260	241.7	575	2.4	5.767
6	0.360	0.360	0.360	0.360	264.7	264.7	267.5	270.1	0.306	265.1	504	2.6	5.708
7	0.410	0.410	0.410	0.410	292.7	292.7	295.6	298.7	0.342	293.0	783	3.1	5.187
8	0.450	0.450	0.450	0.450	313.4	313.4	316.2	319.9	0.373	313.7	677	3.7	5.057
9	0.500	0.500	0.500	0.500	343.0	343.0	346.3	348.2	0.411	341.4	712	1.9	4.917
10	0.600	0.600	0.600	0.600	392.9	392.9	400.7	406.6	0.493	398.5	703	5.9	4.802
11	0.700	0.700	0.700	0.700	466.7	466.7	476.0	478.9	0.575	469.5	858	2.9	4.590
12	0.810	0.810	0.810	0.810	539.0	539.0	556.8	568.5	0.670	557.8	933	11.7	4.429
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)		
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	11
	to level (m)	12.5
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

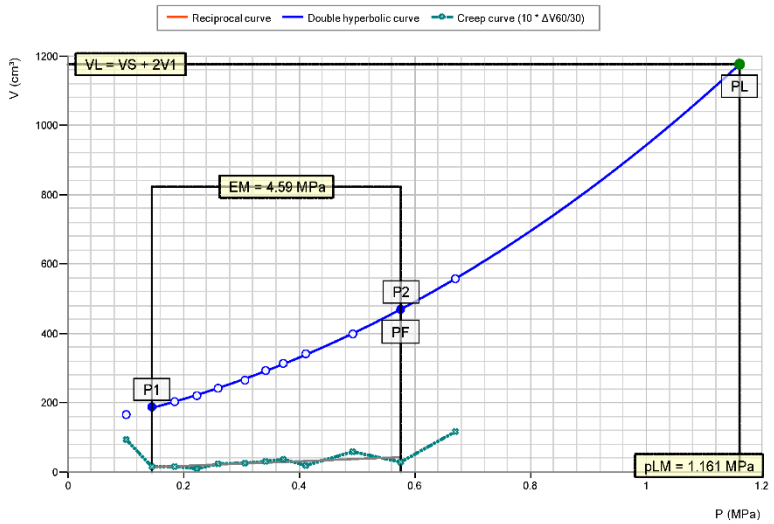
MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161025.04
Job site identification	
Borehole	DLB-34C
Test depth	12.00

(Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB-34C_12m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.122
p_1	(MPa)	0.15
p_2	(MPa)	0.58
p_f	(MPa)	0.58
p_{lm}	(MPa)	1.16
p'_{lm}	(MPa)	1.04
E_M	(MPa)	4.6
E_M / p_{lm}		4.0
E_M / p_{lm}		4.4

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-4.03E-03
	B	4.48E-03
double hyperbolic	A1	-1.95E+05
	A2	-9.45E+03
	A3	0.00E+00
	A4	3.90E+06
	A5	-2.00E+01
	A6	2.00E+01
	Average error(cm3)	1.54E+00

COMMENTS

PLMR = 0.901 MPa
PLMDH = 1.161 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34E

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING AND FLUID				
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature
	Twin			Unit weight γ/γ_w
Total length (m)	50.00		Gas	Nature
				Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)	0.050			

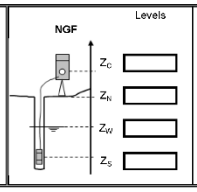
PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160905.03
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.318
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160930.01
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	6.131
Probe volume V_s (cm^3)	784.0

TEST

Test number (or depth)	ES161026.01
Test date and time	26.10.2016 01:59
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT OZKAN
Differential pressure (MPa)	-0.048
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.082	0.046	0.045	0.041	57.8	74.4	79.3	81.3	0.032	80.9		2.0	
2	0.114	0.108	0.109	0.109	93.5	93.8	93.8	94.1	0.091	92.8	203	0.3	
3	0.145	0.141	0.143	0.139	96.8	96.5	96.6	97.5	0.119	95.9	110	0.9	21.241
4	0.179	0.208	0.206	0.206	99.2	100.4	101.4	102.4	0.181	100.0	66	1.0	29.333
5	0.242	0.249	0.245	0.240	102.0	102.6	102.8	103.3	0.215	100.5	15	0.5	37.595
6	0.301	0.294	0.290	0.286	105.7	106.0	107.0	107.1	0.258	103.8	76	0.1	35.658
7	0.344	0.344	0.346	0.350	109.1	110.0	109.7	111.4	0.318	107.4	60	1.7	36.577
8	0.404	0.401	0.395	0.392	113.5	113.1	114.3	114.9	0.357	110.5	80	0.6	35.403
9	0.447	0.444	0.443	0.446	117.4	116.2	117.5	118.1	0.409	113.2	52	0.6	36.781
10	0.487	0.500	0.492	0.493	118.8	119.3	120.7	121.0	0.453	115.6	55	0.3	37.523
11	0.597	0.591	0.587	0.589	125.2	125.5	125.3	125.9	0.546	119.5	42	0.6	40.390
12	0.698	0.691	0.689	0.680	131.3	131.4	132.9	133.7	0.630	126.4	83	0.8	38.076
13	0.741	0.783	0.784	0.781	134.0	136.4	137.3	137.9	0.727	129.7	34	0.6	41.013
14	0.882	0.884	0.891	0.897	141.8	142.8	143.4	144.6	0.837	135.3	51	1.2	41.923
15	0.984	0.997	0.984	0.994	149.3	150.0	150.5	151.2	0.928	141.1	63	0.8	41.569
16	1.091	1.083	1.102	1.095	157.2	157.8	158.9	159.7	1.022	148.7	81	0.8	40.097
17	1.203	1.188	1.203	1.209	164.8	166.4	166.8	167.6	1.129	155.7	65	0.8	39.899
18	1.293	1.301	1.296	1.301	173.2	173.9	175.6	176.8	1.214	164.1	99	1.2	38.259
19	1.401	1.402	1.397	1.403	182.4	185.5	185.3	187.3	1.309	173.7	102	2.0	36.712
20	1.507	1.507	1.497	1.495	193.7	196.5	198.3	200.3	1.391	186.1	149	2.0	34.253
21	1.606	1.600	1.606	1.602	208.2	211.6	213.4	217.3	1.487	202.3	170	3.9	31.594
22	1.701	1.708	1.704	1.703	228.5	232.9	236.7	240.9	1.574	225.1	262	4.2	28.113
23	1.805	1.806	1.801	1.803	255.4	261.7	267.9	275.5	1.656	259.0	416	7.6	24.035
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	2
	to level (m)	3.5
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

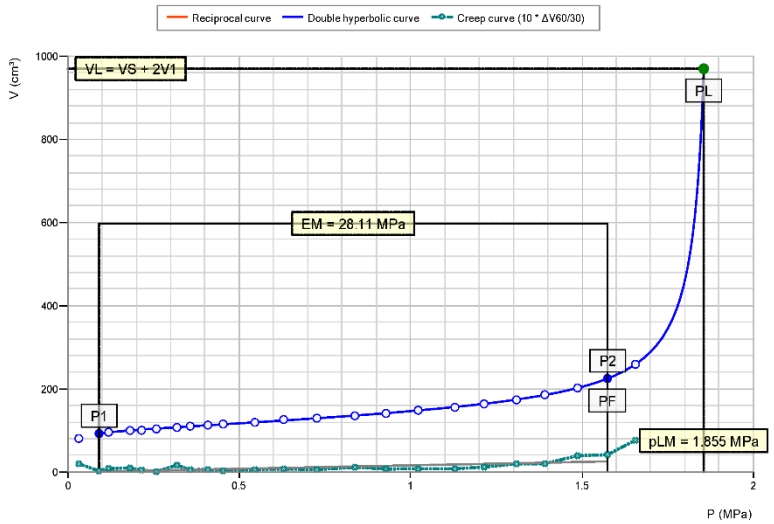
MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161026.01
Job site identification	
Borehole	DLB_34E
Test depth	3.00

(Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB_34E_3m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.036
p_1	(MPa)	0.09
p_2	(MPa)	1.57
p_f	(MPa)	1.57
p_{lm}	(MPa)	1.86
p'_{lm}	(MPa)	1.82
E_M	(MPa)	28.1
E_M / p_{lm}		15.2
E_M / p'_{lm}		15.5

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-6.41E-03
	B	1.45E-02
double hyperbolic	A1	8.14E+01
	A2	3.40E+01
	A3	8.25E-01
	A4	2.85E+01
	A5	-1.64E-02
	A6	1.89E+00
	Average error(cm3)	5.62E-01

COMMENTS

PLMR = 2.1 MPa
PLMDH = 1.855 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34E

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

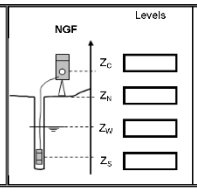
TUBING AND FLUID				
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature
	Twin			Unit weight γ_f/γ_w
Total length (m)	50.00		Gas	Nature
				Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)	0.050			

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160905.03
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.318
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160930.01
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	6.131
Probe volume V_s (cm^3)	784.0

TEST	
Test number (or depth)	ES161026.02
Test date and time	26.10.2016 03:42
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT OZKAN
Differential pressure (MPa)	-0.031
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.000	0.000	0.000	0.000	29.7	42.0	51.1	62.1	0.033	62.1		11.1	
2	0.110	0.089	0.084	0.111	109.2	135.9	140.6	145.0	0.080	143.7	1716	4.5	
3	0.201	0.199	0.197	0.194	158.2	159.9	160.1	160.3	0.150	158.1	205	0.2	12.123
4	0.337	0.309	0.306	0.302	174.9	179.9	180.4	182.0	0.241	178.6	224	1.6	11.635
5	0.401	0.419	0.403	0.393	192.1	199.8	202.8	204.5	0.317	200.1	286	1.7	10.670
6	0.452	0.449	0.444	0.451	211.2	214.5	216.3	216.4	0.367	211.4	225	0.1	10.837
7	0.487	0.493	0.495	0.487	226.5	228.3	231.6	233.6	0.392	228.2	658	2.0	9.538
8	0.591	0.600	0.610	0.592	252.6	266.9	278.8	291.4	0.467	284.9	757	12.6	7.282
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE		
Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	5
	to level (m)	6.5
	time completed	

UNITS		
Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

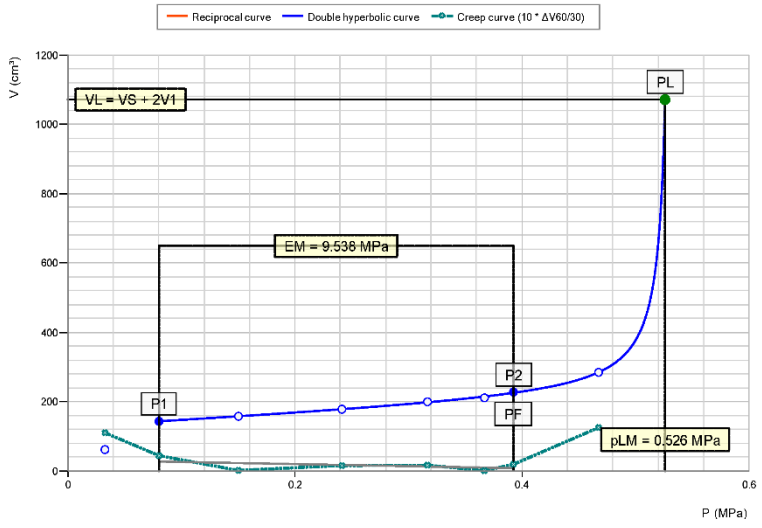
Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161026.02
Job site identification	
Borehole	DLB_34E
Test depth	6.00

Borehole expansion test conforming to EN ISO 22476-4 procedure B (Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB_34E_6m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.054
p_1	(MPa)	0.08
p_2	(MPa)	0.39
p_f	(MPa)	0.39
p_{lm}	(MPa)	0.53
p'_{lm}	(MPa)	0.47
E_M	(MPa)	9.5
E_M / p_{lm}		18.1
E_M / p_{lm}		20.2

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-1.20E-02
	B	9.13E-03
double hyperbolic	A1	1.17E+02
	A2	1.74E+02
	A3	2.36E-03
	A4	5.61E+00
	A5	3.27E-02
	A6	5.32E-01
	Average error(cm3)	1.01E+00

COMMENTS

PLMR = 0.681 MPa
PLMDH = 0.526 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34E

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

TUBING AND FLUID				
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature
	Twin			Unit weight γ/γ_w
Total length (m)	50.00		Gas	Nature
				Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)	0.050			

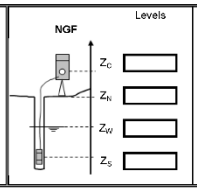
PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160905.03
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.318
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160930.01
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	6.131
Probe volume V_s (cm^3)	784.0

TEST

Test number (or depth)	ES161026.03
Test date and time	26.10.2016 04:26
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT OZKAN
Differential pressure (MPa)	-0.006
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{60} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.000	0.000	0.000	0.000	42.3	62.2	87.9	89.4	0.045	89.4		1.5	
2	0.055	0.052	0.053	0.050	116.6	117.8	117.2	117.8	0.073	117.2	994	0.6	2.375
3	0.100	0.103	0.093	0.088	123.2	124.1	124.7	125.1	0.105	124.1	220	0.4	4.044
4	0.149	0.141	0.138	0.139	135.5	137.0	137.8	138.4	0.144	136.8	319	0.6	4.986
5	0.203	0.206	0.202	0.200	153.9	159.2	161.2	162.2	0.185	159.9	567	1.0	4.793
6	0.241	0.242	0.242	0.252	175.7	178.3	181.4	185.2	0.219	182.3	671	3.8	4.561
7	0.282	0.298	0.296	0.289	200.4	204.3	209.1	211.8	0.237	208.5	1419	2.6	3.994
8	0.332	0.344	0.336	0.344	227.6	233.3	238.0	241.9	0.274	238.1	798	3.9	3.878
9	0.401	0.416	0.404	0.394	262.2	274.5	283.0	287.7	0.301	283.3	1675	4.7	3.404
10	0.449	0.459	0.463	0.449	306.1	316.1	326.2	333.4	0.336	328.4	1282	7.2	3.214
11	0.505	0.484	0.490	0.497	352.4	359.4	366.6	377.9	0.367	372.5	1443	11.3	3.066
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	8
	to level (m)	9.5
	time completed	

UNITS

Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

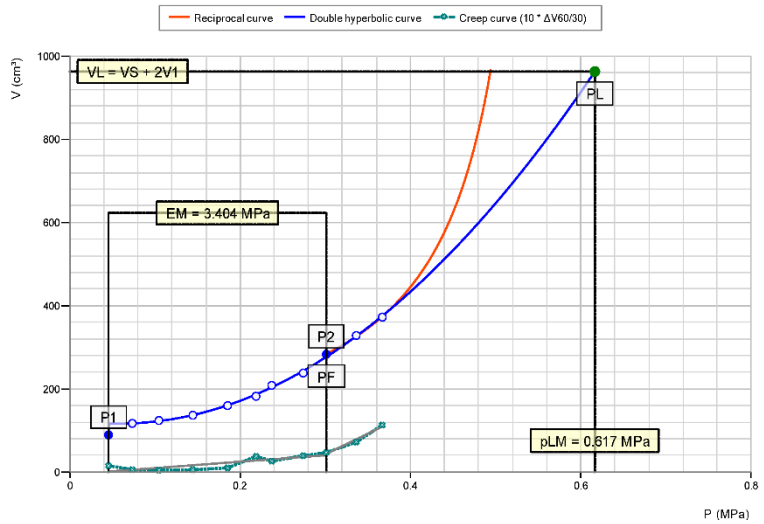
MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161026.03
Job site identification	
Borehole	DLB_34E
Test depth	9.00

(Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB_34E_9m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.096
p_1	(MPa)	0.05
p_2	(MPa)	0.30
p_f	(MPa)	0.30
p_{lm}	(MPa)	0.62
p'_{lm}	(MPa)	0.52
E_M	(MPa)	3.4
E_M / p_{lm}		5.5
E_M / p'_{lm}		6.5

EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-1.29E-02
	B	7.40E-03
double hyperbolic	A1	-2.39E+07
	A2	-2.54E+05
	A3	1.26E-03
	A4	2.25E+09
	A5	4.54E-02
	A6	9.43E+01
	Average error(cm3)	2.55E+00

COMMENTS

PLMR = 0.494 MPa
PLMDH = 0.617 MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.
Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

MENARD PRESSUREMETER TEST DATA

- DATA -

SITE	
File	EMAY
Country	
Job site identification	
Location plan ref.	
Borehole number	DLB_34E

PROBE

PROBE PARAMETERS			
Code	60-gtm75		
Length		Cover	
210 mm	X	Rubber	
370 mm		Reinforced mesh	
Type		Metallic mesh	X
E		Metallic strips	
G	X	Slotted tube	

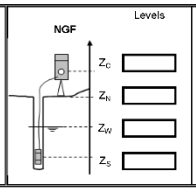
TUBING AND FLUID				
Type	Coaxial	X	Liquid	Nature
	Twin			Unit weight γ_l/γ_w
Total length (m)	50.00		Gas	Nature
				Compressibility λ_g (m^{-1})
MEMBRANE PARAMETERS				
Supplier type and cote				
Pressure loss p_m (MPa)	0.050			

PRESSURE LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	ET160905.03
Ultimate pressure loss p_e (MPa)	0.318
VOLUME LOSS PARAMETERS	
Correction sheet reference	CA160930.01
Calibration cylinder diameter d_i (mm)	78.0
Calibration coefficient a (cm^3/MPa)	6.131
Probe volume V_s (cm^3)	784.0

TEST	
Test number (or depth)	ES161026.04
Test date and time	26.10.2016 12:17
Control unit number	
Data logger number	EMAY
Operator's name	MERT OZKAN
Differential pressure (MPa)	0.011
Observations (weather, etc.)	

ORIGINAL DATA									DATA CORRECTED from P&V losses				
Palier	PRESSURE pr (MPa)				VOLUME V(t) (cm^3)				PRESSURE	VOLUME	SLOPE	CREEP	MODULE
	1 s	15 s	30 s	60 s	1 s	15 s	30 s	60 s	p (MPa)	V^{e0} (cm^3)	$\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	$\Delta V^{60/30}$ (cm^3)	EM (MPa)
0													
1	0.000	0.000	0.000	0.000	45.6	55.5	61.5	67.3	0.090	67.3		5.8	
2	0.065	0.065	0.065	0.067	101.9	109.9	113.5	116.0	0.122	115.2	1493	2.4	
3	0.100	0.105	0.103	0.104	123.9	126.3	127.0	128.9	0.148	127.7	485	1.9	4.967
4	0.159	0.160	0.162	0.159	140.2	143.8	145.3	146.8	0.187	145.0	434	1.5	5.352
5	0.202	0.199	0.202	0.203	157.6	160.0	161.9	163.8	0.216	161.4	570	1.8	5.010
6	0.258	0.258	0.254	0.253	178.9	181.5	184.1	186.5	0.249	183.6	674	2.4	4.622
7	0.302	0.299	0.301	0.301	196.7	201.2	203.4	206.2	0.283	202.8	570	2.8	4.610
8	0.355	0.351	0.350	0.349	221.4	224.6	226.5	229.2	0.316	225.3	669	2.7	4.488
9	0.415	0.410	0.409	0.408	245.8	251.0	253.9	256.9	0.360	252.3	616	3.0	4.478
10	0.445	0.458	0.464	0.462	267.1	270.5	277.9	283.3	0.401	278.2	644	5.4	4.461
11	0.503	0.496	0.494	0.493	291.9	296.6	299.2	302.9	0.423	297.4	861	3.6	4.352
12	0.607	0.600	0.610	0.606	333.7	347.4	356.4	365.9	0.511	359.3	705	9.5	4.327
13	0.705	0.697	0.695	0.687	396.7	410.4	418.7	428.5	0.570	421.2	1051	9.9	4.095
14	0.801	0.795	0.793	0.793	460.9	480.0	491.6	505.2	0.653	496.8	909	13.5	4.033
15	0.907	0.897	0.897	0.897	533.6	549.8	549.8	563.8	0.741	554.5	654	14.0	4.194
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													

LEVELS



BOREHOLE

Localization system	X =	
	Y =	
Drilling rig		
Drilling method (table C abbreviations)	C D	
Drilling tool	type	
	diameter (mm)	
Casing foot at (m depth)		
Drilling fluid		
Drilling length before testing	from level (m)	11
	to level (m)	12.5
	time completed	

UNITS		
Elevations	metre	m
Time	second	s
Volumes	cubic centimetre	cm^3
Pressures	Megapascal	MPa

ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.

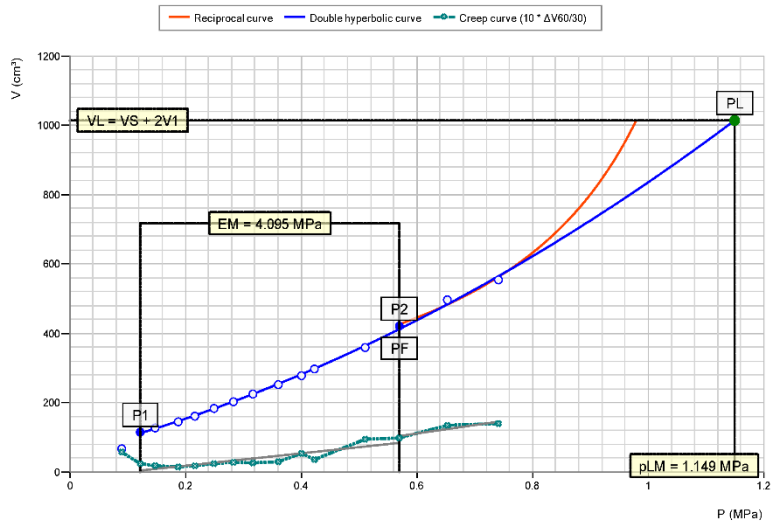
MENARD PRESSUREMETER REPORT AND INTERPRETATION

- RESULTS -

File	EMAY
Test reference	ES161026.04
Job site identification	
Borehole	DLB_34E
Test depth	12.00

(Apageo - GeoVision 4)

EMAY_DLB_34E_12m



CALCULATED NORMATIVE RESULTS		
σ_{hs}	(MPa)	0.119
p_1	(MPa)	0.12
p_2	(MPa)	0.57
p_f	(MPa)	0.57
p_{lm}	(MPa)	1.15
p'_{lm}	(MPa)	1.03
E_M	(MPa)	4.1
E_M / p_{lm}		3.6
E_M / p'_{lm}		4.0

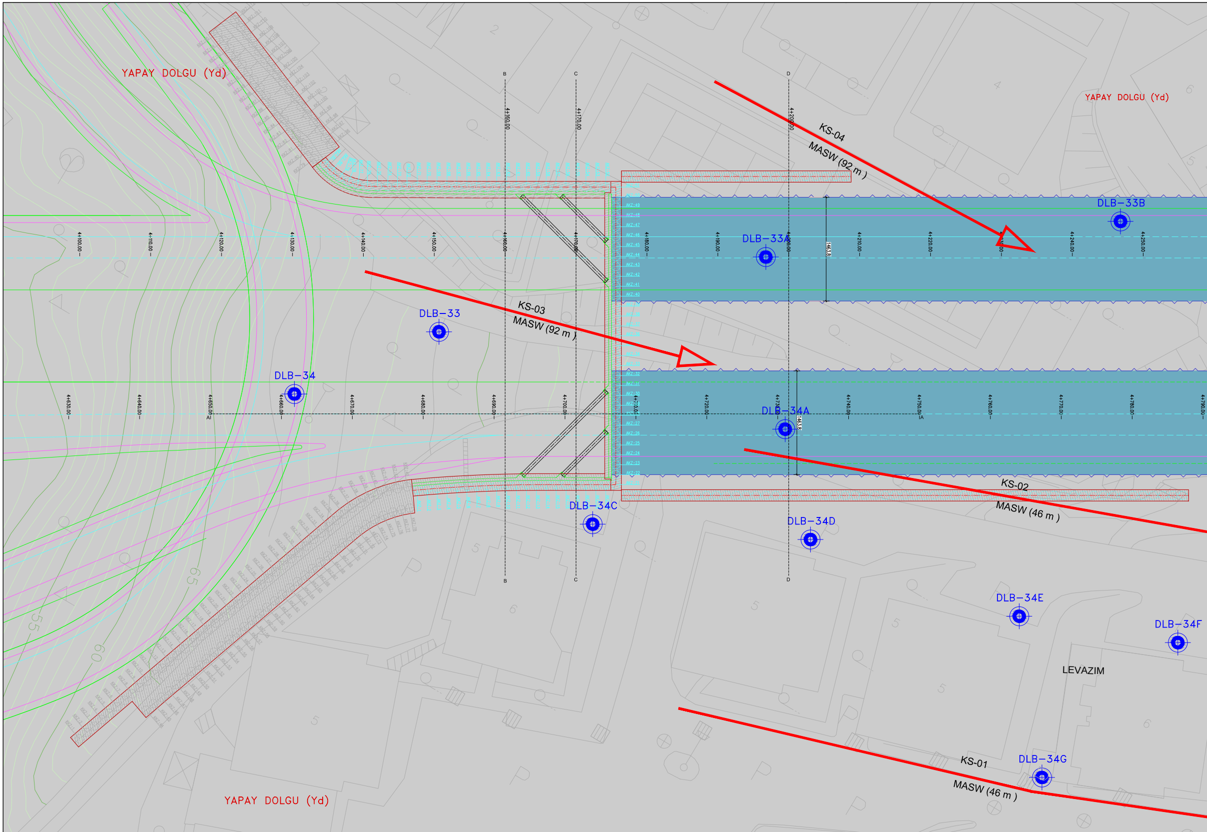
EXTRAPOLATION METHODS PARAMETERS		
inverse volumes	A	-3.32E-03
	B	4.24E-03
double hyperbolic	A1	-3.44E+06
	A2	-3.43E+04
	A3	2.57E-03
	A4	3.41E+08
	A5	8.97E-02
	A6	9.90E+01
	Average error(cm3)	3.74E+00

COMMENTS

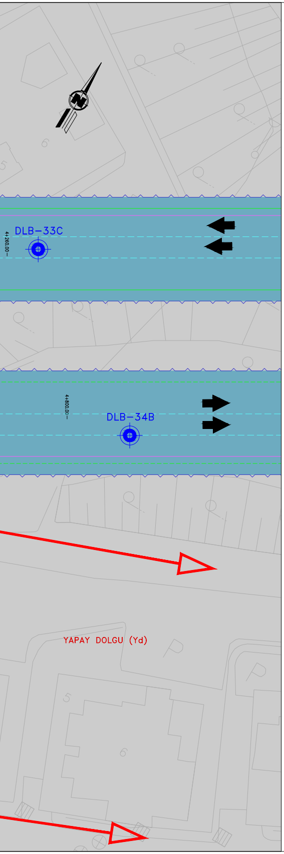
PLMR = 0.979 MPa
PLMDH = 1.149 MPa

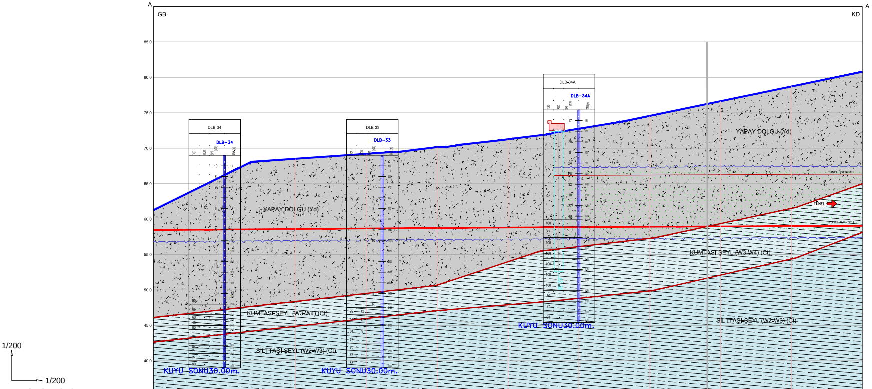
ZEMİN ETÜD ve TASARIM A.Ş.
Apageo - GeoVision® 4.1.2.4

EK 4. JEOLOJİK PLAN-BOYKESİT-ENKESİT PAFTASI


YAPAY DOLGU (Yd)
YAPAY DOLGU (Yd)
YAPAY DOLGU (Yd)
KS-04
MASW (92 m)
KS-03
MASW (92 m)
KS-02
MASW (46 m)
KS-01
MASW (46 m)
DLB-33
DLB-33A
DLB-33B
DLB-34
DLB-34A
DLB-34C
DLB-34D
DLB-34E
DLB-34F
DLB-34G
LEVAZIM
B
C
D
4+160.00
4+170.00
4+200.00
4+100.00
4+110.00
4+120.00
4+130.00
4+140.00
4+150.00
4+180.00
4+190.00
4+210.00
4+220.00
4+240.00
4+250.00
4+630.00
4+640.00
4+650.00
4+660.00
4+670.00
4+680.00
4+690.00
4+700.00
4+720.00
4+740.00
4+750.00
4+760.00
4+770.00
4+780.00
4+790.00
55
60
65

T2 LEVAZIM-ARMUTLU TÜNELİ GİRİŞ PORTALİ YÜZEY JEOLOJİSİ PLANI VE JEOLOJİ BOYKESİT - ENİNE KESİTLERİ 1/200


DLB-33C
4+260.00
DLB-34B
4+800.00
YAPAY DOLGU (Yd)

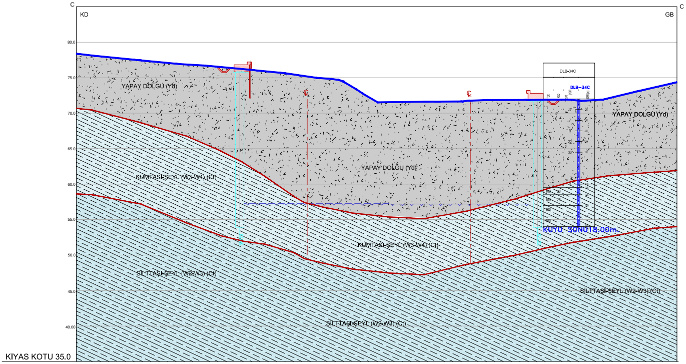

A
A
GB
KD
85.0
80.0
75.0
70.0
65.0
60.0
55.0
50.0
45.0
40.0
DLB-34
DLB-33
DLB-34A
YAPAY DOLGU (Yd)
YAPAY DOLGU (Yd)
KUMTAŞI-ŞEYL (W3-W4) (Ct)
KUMTAŞI-ŞEYL (W3-W4) (Ct)
SİLTTAŞI-ŞEYL (W2-W3) (Ct)
SİLTTAŞI-ŞEYL (W2-W3) (Ct)
TÜNEL
TÜNEL ÜST KOTU
TÜNEL ALT KOTU
KUYU SONU30.00m.
KUYU SONU30.00m.
KUYU SONU30.00m.
1/200
1/200

KIYAS KOTU 35.0

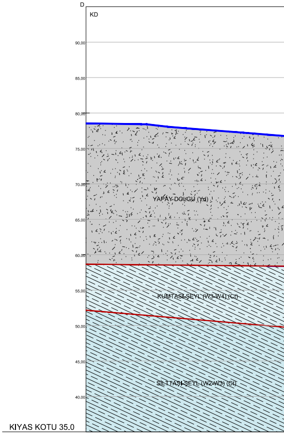
KIRMIZI KOT	58.444	58.526	58.604	58.676	58.744	58.806	58.864	58.916	58.964	59.006	59.044
SİYAH KOT	61.272	66.204	68.513	69.208	70.155	71.262	72.751	74.565	76.638	78.711	80.785
KİLOMETRE	4+650.00	4+660.00	4+670.00	4+680.00	4+690.00	4+700.00	4+710.00	4+720.00	4+730.00	4+740.00	4+750.00

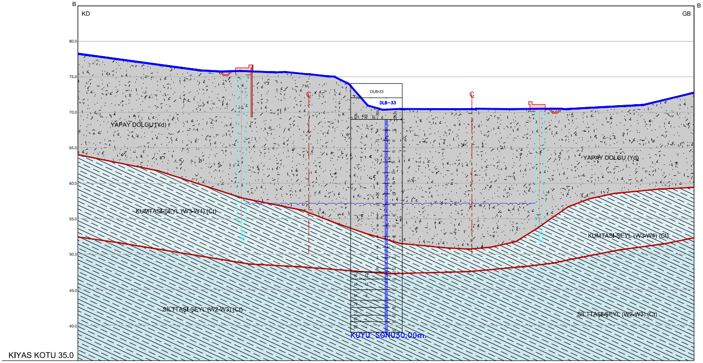
MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ ÖZELLİKLERİ		LİTOLOJİ	Yapay Dolgu (Yd)	Ct
		DOKU/TANE BOYU		Masif / İnce-orta taneli
	SÜREKSİZLİK	ARALIĞI		Orta derecede yakın (20-60 mm)
		TÜRÜ		Tabaka
		DURUMU		Açık-kapalı
		AÇIKLIĞI		Orta derecede dar (20-60 mm)
		DOLGU MAL.		Kil-silt boyu malzeme
		PÜRÜZLÜLÜK		Dalgalı-pürüzlü
		YÖNELİMİ		270/27
		TAKIM SAYISI		1
		DEVAMLILIĞI		Düşük
		AYRIŞMA DURUMU		Orta-çok ayrışmış
		DAYANIM		Zayıf dayanımlı
MUHTEMEL RİSKLER		HETEROJEN AYNA KOŞULLARI		
		KAYA BLOĞU DURAYSIZLIKLARI		
		AKICI ZEMİN		
		MUHTEMEL ARTEZYEN DURUMU		
JEOTEKNİK PARAMETRELER		γ (kN/m)		24
		σ_{lab} (MPa)		10.14
		c(MPa)	5	D=0.7 0.055
		Ø	28	D=0.7 24.92
		E(MPa)		D=0.7 169.03
		ν		0.30
		RQD/RMR/RMQR		5 / 30

SAĞ TÜP (A-A) JEOLOJİK PROFİLİ 1/200

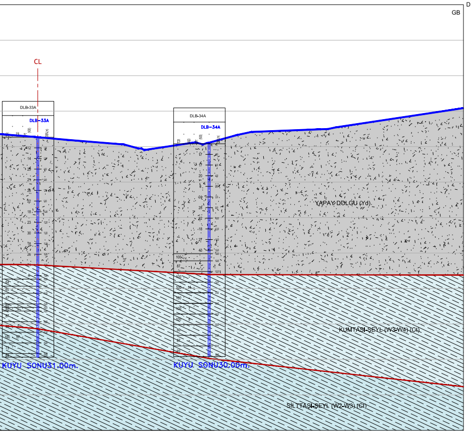

C
KD
GB
C
80.0
75.0
70.0
65.0
60.0
55.0
50.0
45.0
40.00
YAPAY DOLGU (Yd)
KUMTAŞI-ŞEYL (W3-W4) (Ct)
SİLTTAŞI-ŞEYL (W2-W3) (Ct)
YAPAY DOLGU (Yd)
KUMTAŞI-ŞEYL (W3-W4) (Ct)
SİLTTAŞI-ŞEYL (W2-W3) (Ct)
DLB-34C
DLB-34C
YAPAY DOLGU (Yd)
KUYU SONU18.00m.
SİLTTAŞI-ŞEYL (W2-W3) (Ct)
KIYAS KOTU 35.0

Km 4+170.00 (C-C) JEOLOJİK ENKESİTİ (1/200)


D
KD
90.00
85.00
80.00
75.00
70.00
65.00
60.00
55.00
50.00
45.00
40.00
YAPAY DOLGU (Yd)
KUMTAŞI-ŞEYL (W3-W4) (Ct)
SİLTTAŞI-ŞEYL (W2-W3) (Ct)
KIYAS KOTU 35.0


B
KD
GB
B
80.0
75.0
70.0
65.0
60.0
55.0
50.0
45.0
40.0
DLB-33
DLB-33
YAPAY DOLGU (Yd)
YAPAY DOLGU (Yd)
KUMTAŞI-ŞEYL (W3-W4) (Ct)
KUMTAŞI-ŞEYL (W3-W4) (Ct)
SİLTTAŞI-ŞEYL (W2-W3) (Ct)
SİLTTAŞI-ŞEYL (W2-W3) (Ct)
KUYU SONU30.00m.
KIYAS KOTU 35.0

Km 4+160 (B-B) JEOLOJİK ENKESİTİ (1/200)


D
GB
CL
DLB-33A
DLB-33A
DLB-34A
DLB-34A
YAPAY DOLGU (Yd)
KUMTAŞI-ŞEYL (W3-W4) (Ct)
KUYU SONU31.00m.
KUYU SONU30.00m.
SİLTTAŞI-ŞEYL (W2-W3) (Ct)

Km 4+200.00 (D-D) JEOLOJİK ENKESİTİ (1/200)

AÇIKLAMALAR

JEOLOJİK BİRİMLER

SENOZOYİK
Kuvaterner
▨ Yapay Dolgu (Yd)

PALEOZOYİK
Alt Karbonifer
TRAKYA FORMASYONU (Ct)
Kara-koyu külrengi, bozunmuşu açık kahverengi, ince-orta katmanlı, bol mika pullu, türbiditik kumtaşı-şeyl ardışığı, yer yer çakıltaşı mercekli, alt kesimlerinde seyrek kireçtaşı arakatkılı
▨ Kumtaşı-Şeyl (W3-W4)
▨ Silttaşı-Şeyl (W2-W3)

SEMBOLLER

— Jeolojik Birim Sınırı
DLB- DLB- Levazım-Baltalimanı T2 Tüneli Sondajları
→ Sismik Kırılma (MASW)

MUHTEMEL RİSKLER

— Olasılığı Yüksek Durum
- - Olasılığı Muhtemel Durum

LEVAZIM-ARMUTLU TÜNELİ GİRİŞ PORTALİ
YÜZEY JEOLOJİSİ PLANI VE JEOLOJİ BOYKESİT-ENKESİTLERİ
MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ VE JEOTEKNİK BİLGİ ÇİZELGESİ

YAPAN	SİTEM ALDOĞAN
ÖLÇEK	1/200
TARİH	10.06.2019

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Sitem ALDOĞAN
Doğum Yeri	Sivas
Doğum Tarihi	15.08.1983
Uyruğu	☑T.C.❒ Diğer:
Telefon	0536 354 34 08
E-Posta Adresi	sitemaldogan@gmail.com
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Cumhuriyet Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Jeoloji Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	27.06.2005

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Jeoloji Mühendisliği Programı