T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAZIKLARIN TAŞIMA GÜCÜ VE OTURMA PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ, TAŞIMA GÜCÜ İÇİN YENİ BİR METOT ÖNERİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halil KABACA

Enstitü Anabilim Dalı	**:**	**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**
Enstitü Bilim Dalı	**:**	**GEOTEKNİK**
Tez Danışmanı	**:**	**Dr. Öğr. Üyesi İsa VURAL**

Ağustos 2018

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAZIKLARIN TAŞIMA GÜCÜ VE OTURMA PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ, TAŞIMA GÜCÜ İÇİN YENİ BİR METOT ÖNERİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halil KABACA

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : GEOTEKNİK

Bu tez 06.08.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / ~~oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi İsa VURAL Jüri Başkanı	Dr. Öğr. Üyesi Emine AYDIN Üye	Prof. Dr. Ercan ÖZGAN Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Halil KABACA

06.08.2018

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren ve her durumda anlayışla karşılayan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi İsa VURAL'a;

Yüksek lisans eğitimim ile bilim yolunda bir adım daha atmamı sağlayan, danışman hocam dahil tüm Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümlerinin Geoteknik Bilim Dalı öğretim üyelerine;

Bilgi, tecrübe ve imkanlarını benimle paylaşan Geoproje Mühendislik Danışmanlık İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti. yetkilileri Emre ERBEK ve Ozan BİLAL'e;

Beni hayatım boyunca destekleyen annem Mualla KABACA'ya ve babam Mehmet Hulusi KABACA'ya;

Hep yanımda olan eşim Jinda İBRAHİM KABACA'ya;

Teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR..... i
İÇİNDEKİLER..... ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ..... vii
ŞEKİLLER LİSTESİ..... x
TABLOLAR LİSTESİ..... xiv
ÖZET..... xvi
SUMMARY..... xvii

BÖLÜM 1.
GİRİŞ..... 1

BÖLÜM 2.
KAZIKLAR..... 2
2.1. Genel Bilgiler..... 2
2.2. Kazık Çeşitleri..... 2
2.2.1. Çalışma şekline göre kazıklar..... 2
2.2.2. İmal ediliş şekline göre kazıklar..... 3
2.3. Kazıkların Düşey Taşıma Gücü..... 6
2.3.1. Kohezyonlu zeminlerde taşıma gücü..... 7
2.3.1.1. Kohezyonlu zeminlerde uç taşıma gücü..... 7
2.3.1.2. Kohezyonlu zeminlerde çevre taşıma gücü..... 9
2.3.2. Kohezyonsuz zeminlerde taşıma gücü..... 14
2.3.2.1. Kohezyonsuz zeminlerde uç taşıma gücü..... 14
2.3.2.2. Kohezyonsuz zeminlerde çevre taşıma gücü..... 17
2.3.3. Kayada taşıma gücü..... 19

2.3.4. Arazi deneyleri ile kazık taşıma gücünün bulunması..... 22
2.3.4.1. Standart penetrasyon deneyi ile kazık taşıma gücünün bulunması..... 22
2.3.4.2. Koni penetrasyon deneyi ilekazık taşıma gücünün bulunması..... 23
2.4. Kazıkların Düşey Oturmaları..... 25
2.4.1. Doğrusal elastik ortam kabulü..... 26
2.4.1.1. Poulus ve Davis doğrusal elastik ortam yaklaşımı..... 27
2.4.2. Yaylar sistemi kabulü..... 35
2.4.2.1. Scott yaylar sistemi yaklaşımı..... 37
2.4.3. Tomlinson yaklaşımı..... 37
2.4.4. Das yaklaşımı..... 38

BÖLÜM 3.
KAZIK YÜKLEME DENEYLERİ..... 41
3.1. Giriş..... 41
3.2. Statik Yükleme Deneyleri..... 41
3.2.1. Eksenel basma deneyi..... 42
3.2.2. Eksenel çekme deneyi..... 43
3.3. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi..... 43
3.3.1. Matematiksel modele dayalı yöntemler..... 45
3.3.1.1. Chin-Kondner yöntemi..... 45
3.3.1.2. Decourt yöntemi..... 47
3.3.1.3. Brinch Hansen %80 yöntemi..... 49
3.3.1.4. Özkan - Alku yöntemi..... 51
3.3.2. Grafik yöntemler..... 54
3.3.2.1. Mazurkiewicz yöntemi..... 54
3.3.2.2. Teğet yöntemi..... 55
3.3.2.3. Corps Of Engineers yöntemi..... 56

BÖLÜM 4.
SONLU ELEMANLAR METODU 57
4.1. Giriş 57
4.2. Plaxis 2D 2017 Bilgisayar Yazılımı 58
4.2.1. Grafik model 58
4.2.2. Elemanlar 59
4.2.3. Malzeme modelleri 60
4.2.3.1. Lineer elastik model 60
4.2.3.2. Mohr - Coulomb modeli 61
4.2.3.3. Pekleşen zemin (hardening soil) modeli 67

BÖLÜM 5.
MATERYAL VE YÖNTEM 70
5.1. Materyal 70
5.2. Yöntem 71
5.2.1. Standart penetrasyon deneyi ile ilgili düzeltmeler 71
5.2.2. Zemin ve kaya parametrelerinin belirlenmesi 72
5.2.2.1. İnce daneli zeminlerin parametrelerinin belirlenmesi 72
5.2.2.2. İri daneli zeminlerin parametrelerinin belirlenmesi 74
5.2.2.3. Kaya parametrelerinin belirlenmesi 75
5.2.2.4. Kazık parametrelerinin belirlenmesi 80
5.2.2.5. Sonlu eleman yazılımı parametrelerinin belirlenmesi 80
5.2.3. Nihai taşıma gücü hesaplarında yapılan kabuller 81
5.2.4. Teorik oturma hesaplarında yapılan kabuller 82
5.3. Hesap Modelleri 84
5.3.1. 1 No.'lu deney kazığı 84
5.3.2. 2 No.'lu deney kazığı 85
5.3.3. 3 No.'lu deney kazığı 86
5.3.4. 4 No.'lu deney kazığı 87
5.3.5. 5 No.'lu deney kazığı 88
5.3.6. 6 No.'lu deney kazığı 89

5.3.7. 7 No.'lu deney kazığı..... 90
5.3.8. 8 No.'lu deney kazığı..... 91

BÖLÜM 6.
ARAŞTIRMA BULGULARI..... 92
6.1. Nihai Taşıma Gücü (Göçme Yükü) Değerlendirmesi..... 92
6.1.1. 1 No.'lu deney kazığı..... 92
6.1.2. 2 No.'lu deney kazığı..... 94
6.1.3. 3 No.'lu deney kazığı..... 95
6.1.4. 4 No.'lu deney kazığı..... 97
6.1.5. 5 No.'lu deney kazığı..... 98
6.1.6. 6 No.'lu deney kazığı..... 99
6.1.7. 7 No.'lu deney kazığı..... 101
6.1.8. 8 No.'lu deney kazığı..... 102
6.2. Oturmaların Değerlendirilmesi..... 104

BÖLÜM 7.
ÖNERİLEN YÖNTEM..... 106
7.1. Matematiksel Modele Dayalı Kazık Yükleme Deneyi Değerlendirme Yöntemlerinin İrdelenmesi ve Önerilen Yöntemin Geliştirilmesi..... 106
7.2. Önerilen Yöntemin Uygulanışı..... 108
7.3. Önerilen Yöntem İçin Örnek Uygulama..... 110
7.4. Önerilen Yöntemin Diğer Kazık Yükleme Deneyi Değerlendirme Yöntemleri, Teorik Yöntemler ve Sonlu Eleman Yöntemi İle Kıyaslanması..... 113

BÖLÜM 8. VERİLERİN ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRILMASI..... 123
8.1. Verilerin Tanımlayıcı İstatistikleri..... 123
8.2. Verilerin Korelasyon Analizi..... 124
8.3. Verilerin Çoklu Karşılaştırma Testleri..... 126

BÖLÜM 9.
TARTIŞMA VE SONUÇ..... 128
9.1. Nihai Taşıma Gücü İle İlgili Tartışmalar ve Sonuçlar..... 128
9.2. Oturma İle İlgili Tartışmalar ve Sonuçlar..... 130

KAYNAKLAR..... 131
EKLER..... 136
ÖZGEÇMİŞ..... 253

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A : Kaya birimlerdeki taşıma gücü için ampirik katsayı.

A_p : Kazık en kesit alanı.

A_s : Kazık çevre alanı.

α : Alfa metoduna esas adezyon faktörü.

α_u : Çakma kazıklar için adezyon faktörü.

B : Kaya birimlerdeki taşıma gücü için ampirik katsayı.

β : Sürtünme katsayısı.

β_0 : Toplam yük uç yükü oranı düzeltmesi.

β_c : Düzeltilmiş toplam yük uç yükü oranı katsayısı.

c : Kazık uç bölgesindeki zeminin kohezyonu.

c_u : Drenajsız kayma direnci (drenajsız kohezyon).

C_b : Kazık yanı - kazık ucu zeminlerinin sıkışabilirlik farkı düzeltmesi.

C_B : SPT için kuyu çapı düzeltmesi.

C_k : Uç basıncı için uç sıkışabilirliği düzeltmesi.

C_N : SPT için örtü yükü düzeltme katsayısı.

C_R : SPT için tij uzunluğu düzeltmesi.

C_S : SPT için numune alma faktörü.

C_v : Uç basıncı için Poisson Oranı düzeltmesi.

D : Kazık çapı.

D_f : Gömme derinliği.

δ : Kazık - zemin arası sürtünme açısı.

Δ : Oturma.

Δ_0 : Kazık zemin yüzeyindeki oturma.

Δ_b : Kazık ucu oturması.

Δ_i : Her yükleme aşamasına ait oturma değeri.

Δ_{teorik} : Teorik yaklaşımlarla nihai göçme yüküne göre hesaplanan nihai

oturma değeri.

Δ'_{teorik} : Değerlendirmeye alınan teorik kazık oturması.

E : Elastisite modülü.

E_{50} : Sekant modülü.

E_{oed} : Ödometrik modül.

E_{ur} : Boşaltma - tekrar yükleme esnasındaki elastisite modülü.

ε : Toplam deformasyon.

ε_e : Elastik deformasyon.

ε_p : Plastik deformasyon.

f_{ckj} : Betonun MPa birimiyle 28 günlük basınç dayanımı.

f_{cone} : Koni penetrasyon deneyinde ölçülen çevre sürtünme direnci.

$f_{s,ult}$: Birim alan düşen nihai çevre taşıma direnci.

ϕ' : Zeminlerin efektif kayma direnci açısı.

G : Kayma modülü.

GSI : Jeolojik Dayanım İndeksi (Geological Strenght Index).

γ' : Kazık ucundan kazık başlangıç yüzeyine kadar olan zeminin birim hacim ağırlığı.

γ'' : Kazık ucu altındaki zeminin birim hacim ağırlığı.

I : Düzeltilmiş oturma tesir katsayısı.

I_0 : Oturma tesir katsayısı.

I_s : Çevre (sürtünme) yükü etki faktörü.

k_0 : Zemini temsil eden yay (yatak) katsayısı.

K_0 : Sükunetteki yanal zemin basıncı katsayısı.

K_s : Yanal toprak basıncı katsayısı.

$K_{0,(OCR)}$: Aşırı konsolide killerdeki yanal zemin basıncı katsayısı.

K_1 : Terzaghi tarafından önerilen temel geometrisine bağlı bir katsayı.

K_2 : Kazık kesit geometrisine bağlı bir katsayı.

L_p : Kazık uzunluğudur.

λ : Lamda metoduna esas adezyon katsayısı.

m_b : Azaltılmış Hoek-Brown sabiti.

m_i : Hoek-Brown sabiti.

N_{60} : %60 enerji oranına göre düzeltilmiş SPT değeri.

N_a : Arazide ölçülen SPT değeri.

N_c , N_q , N_γ : Kayma direnci açısına bağlı taşıma gücü faktörleri.

ν : Poisson oranı.

OCR : Aşırı konsolidasyon oranı.

Q_{ult} : Nihai kazık taşıma kapasitesi.

$q_{b,ult}$: Birim alana düşen nihai uç taşıma direnci.

q_c : Kayada tek eksenli serbest basınç dayanımı.

q_{cone} : Koni penetrasyon testinde ölçülen uç direnci.

Q_b : Kazık uç taşıma gücü.

$Q_{b,ult}$: Nihai kazık uç taşıma kapasitesi.

Q_i : Her yükleme aşamasına ait yük değeri.

$Q_{s,ult}$: Nihai kazık çevre taşıma kapasitesi.

Q_{ult} : Nihai kazık taşıma kapasitesi.

p_a : Atmosfer basıncı.

ψ : Dilatans açısı.

R_k : Oturmada sıkışabilirlik düzeltmesi.

R_h : Oturmada derinlik düzeltmesi.

R_v : Oturmada Poisson Oranı düzeltmesi.

R_0 : Taşıyıcı tabakanın rijitliği için düzeltme.

ρ : Doğal birim hacim kütlesi.

σ'_0 : Düşey efektif gerilme.

ξ : Çevre (sürtünme) kuvveti katsayısı.

W_p : Kazık ağırlığı.

V_p : Sıkışma (boyuna) dalga hızı.

V_s : Kayma (enine) dalga hızı.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Çalışma şekline göre kazıklar [1]..... 3
Şekil 2.2. Çakma kazık imalat niçimi [1]..... 4
Şekil 2.3. Fore kazık imalat biçimi (a) zemin sondajı; (b) beton dökümü; (c) donatı yerleştirilmesi; (d) tamamlanmış delme (fore) kazık [4]..... 5
Şekil 2.4. Kohezyonlu zeminlerdeki çakma kazıklar için tabakalı zeminlerde adhezyon faktörü (α) önerisi [11]..... 11
Şekil 2.5. λ metodu'nda adezyon katsayısının kazık boyuna göre değişimi [15] 14
Şekil 2.6. Kazık göçme mekanizması [3]..... 15
Şekil 2.7. Kensagpi, Brinch-Hansen ve Meyerhof tarafından önerilen çakma kazıklar için N_q faktörü [17]..... 16
Şekil 2.8. Kumlarda yanal sürtünme direncinin derinlikle değişimi [4]..... 18
Şekil 2.9. Killerde koni penetrasyon deneyinde ölçülen sürtünme direncinin atmosfer basıncına olan oranının α' ampirik katsayısı ile ilişkisi.... 24
Şekil 2.10. Sürtünme kazıklarında doğrusal elastik ortam kabulünde oluşan yük -oturma eğrisi [29]..... 26
Şekil 2.11. I_0 oturma tesir katsayısı [30]..... 29
Şekil 2.12. R_k oturma için sıkışabilirlik düzeltmesi [30]..... 29
Şekil 2.13. R_v oturma için Poisson oranı düzeltmesi [30]..... 30
Şekil 2.14. Oturma için taban modülü düzeltme katsayısı [30]..... 30
Şekil 2.15. β_0 uç yükü oranı katsayısı [30]..... 31
Şekil 2.16. C_k, uç yükü için sıkışabilirlik düzeltme faktörü [30]..... 31
Şekil 2.17. C_v, uç yükü için Poisson Oranı faktörü [30]..... 32
Şekil 2.18. C_b, uç yükü için taban modülü düzeltme faktörü [30]..... 33
Şekil 2.19. Kazık ve kazığın etkileşim içerisinde olduğu zemini temsil eden disk..... 35

Şekil 3.1. Eksenel basınç kazık yükleme deneyi düzeneği [1]..... 42
Şekil 3.2. Eksenel çekme kazık yükleme deneyi düzeneği [34]..... 43
Şekil 3.3. Kazık yükleme deneylrine ait başlıca tipik yük - oturma eğrileri [36] 44
Şekil 3.4. Chin-Kondner [37] Yöntemi [36]..... 45
Şekil 3.5. Decourt Yöntemi [39]..... 47
Şekil 3.6. Brinch Hansen %80 Yöntemi [39]..... 49
Şekil 3.7. Brinch Hansen %80 Yöntemi İçin Analitik Çözüm Metodu [39]..... 50
Şekil 3.8. Özkan - Alku yöntemi başlangıç grafiği [39]..... 52
Şekil 3.9. Özkan - Alku yöntemi sonlanma grafiği [39]..... 53
Şekil 3.10. Mazurkiewicz Yöntemi [36]..... 55
Şekil 3.11. Teğet (Mansur ve Kaufman)Yöntemi [36]..... 55
Şekil 3.12. Corps of Engineers Yöntemi [39]..... 56
Şekil 4.1. Gerçek problem ve sonlu elemanlar modeli [44]..... 57
Şekil 4.2. Düzlem deformasyon modeli (solda) ve eksenel simetri modeli (sağda) [45]..... 58
Şekil 4.3. Sonlu elemanlardaki düğüm ve stres noktalarının pozisyonları [45].. 60
Şekil 4.4. Lineer elastik malzemenin gerilme-şekil değiştirme grafiği..... 61
Şekil 4.5. Elastik - tam plastik malzeme modelinin gerilme etkisiyle şekil değişimi [46]..... 62
Şekil 4.6. Tipik bir zemin numunesinin üç eksenli deney sırasındaki gerilme-şekil değiştirme eğrisi [46]..... 64
Şekil 4.7. Mohr-Coulomb malzeme modelinde drenajlı (solda) durumda ve drenajsız (sağda) durumdaki zeminlerin mekanik özellikeri [45]... 65
Şekil 4.8. Standart drenajlı üç eksenli deneyde hiperbolik gerilme-şekil değiştirme ilişkisi ve rijitlik modüllerini belirleme [46]..... 67
Şekil 5.1. Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) kartı [56]..... 77
Şekil 5.2. Sonlu eleman metoduyla taklit edilen çevrimli kazık yükleme deneyinde tipik yük-oturma eğrisi ve kabul edilen göçme yükü..... 82
Şekil 5.3. 1 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara esas teşkil eden idealize zemin profili..... 84
Şekil 5.4. 2 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara

esas teşkil eden idealize zemin profili..... 85
Şekil 5.5. 3 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara esas teşkil eden idealize zemin profili..... 86
Şekil 5.6. 4 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara esas teşkil eden idealize zemin profili..... 87
Şekil 5.7. 5 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara esas teşkil eden idealize zemin profili..... 88
Şekil 5.8. 6 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara esas teşkil eden idealize zemin profili..... 89
Şekil 5.9. 7 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara esas teşkil eden idealize zemin profili..... 90
Şekil 5.10. 8 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara esas teşkil eden idealize zemin profili..... 91
Şekil 6.1. 1 no.'lu deney kazığı için hesaplnan nihai taşıma gücü değerleri..... 93
Şekil 6.2. 2 no.'lu deney kazığı için bulunan nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerlerinin karşılaştırılması..... 94
Şekil 6.3. 3 no.'lu deney kazığı için bulunan nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerlerinin karşılaştırılması..... 96
Şekil 6.4. 4 no.'lu deney kazığı için bulunan nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerlerinin karşılaştırılması..... 97
Şekil 6.5. 5 no.'lu deney kazığı için bulunan nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerlerinin karşılaştırılması..... 98
Şekil 6.6. 6 no.'lu deney kazığı için bulunan nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerlerinin karşılaştırılması..... 100
Şekil 6.7. 7 no.'lu deney kazığı için bulunan nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerlerinin karşılaştırılması..... 101
Şekil 6.8. 8 no.'lu deney kazığı için bulunan nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerlerinin karşılaştırılması..... 103
Şekil 6.9. Oturma analizi sonuçları..... 105
Şekil 7.1. Tipik göçmeye varan kazık yükleme deneyi yük-oturma eğrisi ve bölge tanımlamaları..... 107

Şekil 7.2. Önerilen yöntemin göçmeye varan kazıklar için tipik dağılım grafiği..... 109
Şekil 7.3. Örnek uygulamanın yük-oturma grafiği..... 110
Şekil 7.4. Örnek uygulamanın önerilen yöntem üzerindeki çözüm grafiği..... 113
Şekil 7.5. 1. no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplanan nihai taşıma gücü değerleri..... 114
Şekil 7.6. 2. no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplanan nihai taşıma gücü değerleri..... 115
Şekil 7.7. 3. no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplnan nihai taşıma gücü değerleri..... 116
Şekil 7.8. 4 no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplnan nihai taşıma gücü değerleri..... 117
Şekil 7.9. 5 no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplnan nihai taşıma gücü değerleri..... 118
Şekil 7.10. 6 no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplnan nihai taşıma gücü değerleri..... 119
Şekil 7.11. 7 no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplnan nihai taşıma gücü değerleri..... 120
Şekil 7.12. 8 no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplnan nihai taşıma gücü değerleri..... 121

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Kohezyonlu zeminlerde N_c faktörü önerileri..... 8
Tablo 2.3. Kohezyonsuz (iri daneli) zeminlerde N_q faktörü önerileri..... 16
Tablo 2.4. Kohezyonsuz (iri daneli) zeminlerde K_s/K_0 önerileri [10]..... 18
Tablo 2.5. Kohezyonsuz (iri daneli) zeminlerde kayma direnci açısının kazık - zemin sürtünme açısına oranı için kazık tipine bağlı öneriler [18]... 19
Tablo 2.6. Kayada uç taşıma kapasitesi önerileri [19]..... 20
Tablo 2.7. Kayada çevre taşıma kapasitesi önerileri [19]..... 20
Tablo 2.8. SPT deneyi ile kazık taşıma gücü önerileri..... 22
Tablo 2.9. İnce daneli ve iri daneli zeminlerde CPT sonuçları ile kazık taşıma gücü arasındaki bağıntı [28]..... 25
Tablo 2.10. Doğrusal elastik yaklaşımda kullanılan parametreler ve açıklamaları [29]..... 27
Tablo 5.1. Araştırma kapsamında kullanılan kazık yükleme deneylerine ait genel bilgiler..... 70
Tablo 5.2. İnce daneli zeminler için drenajsız kayma direnci ve elastisite modülü arasındaki korelasyonlar..... 73
Tablo 5.3. İri daneli zeminlerde %60 enerji düzeltmesi yapılmış SPT-N direnci ve elastisite modülü ilişkisi [52]..... 75
Tablo 5.4. Kaya cinsleri için m_i sabiti değerleri..... 78
Tablo 7.1. Örnek uygulamanın yük-oturma tablosu..... 111
Tablo 7.2. Önerilen yöntemin örnek uygulama üzerindeki işlem adımları..... 111
Tablo 8.1. Taşıma gücü hesap metotları ile önerilen metot için tanımlayıcı istatistiksel değerler..... 123
Tablo 8.2. İncelenen taşıma gücü yöntemleri ve önerilen taşıma gücü yöntemi arasındaki korelasyon katsayıları..... 125

Tablo 8.3. Tüm taşıma gücü yöntemleri ile hesaplanmış olan taşıma gücü değerleri için varyans analizi sonucu..... 127
Tablo 8.4. Önerilen yöntemle ve diğer yöntemlerle hesaplanan taşıma gücü değerleri için varyans analizi detayı..... 127

ÖZET

Anahtar kelimeler: Kazık yükleme deneyi, kazık taşıma gücü, kazık oturması

Bu çalışmada, öncelikle, kazıkların taşıma gücü, kazıkların oturması, kazık yükleme deneyleri ve kazık yükleme deneylerini değerlendirme yöntemleri hakkında literatür taraması yapılmıştır. Yapılan literatür taraması sonucunda kazık taşıma gücünü belirlemek için bir çok araştırmacı tarafından zemin/kaya ortamının mekanik özelliklerini kullanan ve arazi deneyleri sonuçlarından direkt olarak taşıma gücüne geçilen teorik/ampirik yöntemler geliştirildiği görülmüştür. Kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemlerinde ise matematiksel yöntemler ve grafik yöntemler incelenmiştir.

Literatür taraması sonucunda tespit edilen kazık taşıma gücü ve kazık oturmalarını belirlemek için kullanılan teorik/ampirik yöntemler ve kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemlerine sonlu eleman yöntemi de ilave edilmiş, tüm bu yöntemlerle bu çalışma kapsamında kullanılan sekiz adet kazık yükleme deneyinin kazık taşıma gücü ve oturma değerleri tahlil edilmiştir.

Yapılan çözümlemeler sonucunda kazık oturmaları ve kazık nihai taşıma güçleri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Matematiksel modele dayalı kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemleri irdelenmiş, mevcut yöntemlerin aşırı taşıma gücü verebileceği sonucuna varılmış ve yeni bir matematiksel modele dayalı kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemi önerilmiştir.

Önerilen matematiksel modele dayalı kazık yükleme deneyi değerlendirme yönteminin, literatürde kabul gören diğer yöntemlerle karşılaştırmalı istatistiksel çözümlemeleri yapılmış ve kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır. Literatürde kabul gören matematiksel yöntemlerden; Decourt yöntemi önerilen yöntemin 1,59 katı, Chin-Kondner yöntemi önerilen yöntemin 1,57 katı, Özkan-Alku yöntemi ise önerilen yöntemin 1,17 katı göçme yükü değerleri vermiştir.

ANALYSIS OF PILE BEARING CAPACITY AND SETTLEMENT PARAMETERS, SUGGESTION OF A NEW METHOD FOR BEARING CAPACITY

SUMMARY

Keywords: Pile load test, pile bearing capacity, pile settlement

In this study, firstly literature review was done about the bearing capacity of piles, pile settlement, pile loading tests and methods for evaluating pile loading tests. As a result of the literature search, it has been seen that many researchers have developed theoretical/empirical methods that use the mechanical properties of the soil/rock environment and extract the bearing capacity directly from the results of the field experiments. Mathematical methods and graphical methods are investigated as pile loading test evaluation methods.

The finite element method have been added to the results of the literature review both pile loading test evaluation methods and the theoretical/empirical methods which are used to determine the pile bearing capacity and pile settlements. The bearing capacity and settlement of eight pile loading tests were analyzed with all these methods.

As a result of the analysis, pile settlements and pile bearing capacities are presented comparatively. The pile load test evaluation methods based on mathematical models were examined and it was concluded that existing methods could give excessive bearing capacity value. Therefore new pile loading test evaluating method based on mathematical model was recommended.

The recommended pile loading test evaluating method based on mathematical model were Compared with other methods accepted in the literature by statistical analysis and proved to be usable. Comparing the results of the recommended method to some of the mathematical methods accepted in the literature; the Decourt method is 1,59, the Chin-Kondner method is 1,57 and the Özkan-Alku method is 1,17 times bigger than the recommended method.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünya üzerinde artan nüfus yoğunluğuna bağlı olarak insanoğlu, ihtiyaçlarını karşılayabilmek için kentleşmektedir. Fiziksel kentleşmenin sonucunda yapılaşma artmaktadır. Bu yapılaşmanın getirdiği geoteknik problemlerinden biri inşa edilmek istenen yapı için görece elverişsiz zemin ortamıdır. Böyle bir durumda yapının oturduğu zemin ortamını daha verimli bir biçimde kullanmak gerekir. Bu verimliliği sağlama yöntemlerinden biri de derin temel çeşidi olan kazıklardır.

Kazıklar; ahşap, çelik ve betonarme olarak imal edilebilirler. Kadim yapı malzemesi olan ahşabın, kazık halinde insanlar tarafından kullanılmaya başlanması M.Ö. 12. yy'a kadar dayanmaktadır. Günümüzde ise ahşap, çelik ve betonarme olarak kazık imalatı yapılmaktadır.

Yapının emniyetli olarak inşa edilebilmesi ve aynı emniyet şartlarında servis ömrünü tamamlayabilmesi için taşıma gücü zayıf ve/veya oturma durumu açısından elverişsiz zeminlerde inşa edilecek olan kazıkların taşıma gücünü ve oturmasını belirleyebilmek önemlidir. Bu amaca yönelik temel olarak iki yaklaşım vardır. Bunlardan biri kazığın çevresindeki zeminin laboratuvarda veya arazide belirlenen mekanik özelliklerine bağlı olarak kazığın taşıma gücünü ve oturmasını belirleme, diğeri ise kazığın kendisinin yükleme deneyine tabi tutularak taşıma gücünü ve oturmasını belirlemektir. Bunlara ilave olarak son yıllarda popülerliği artan sonlu eleman yazılımlarıyla da tahkikler yapılabilmektedir.

Bu çalışmada, teorik olarak hesaplanan kazık nihai taşıma gücü ve nihai oturmaların kazık yükleme deneyleri ve sonlu eleman yazılımlarından elde edilen bulgular ile karşılaştırılacaktır. Buna bağlı olarak literatürdeki yaklaşımların hangi zemin türü için daha uygun oldukları tespit edilmeye çalışılacak, yeni bir yaklaşım önerilecektir.

BÖLÜM 2. KAZIKLAR

2.1. Genel Bilgiler

Derin temel çeşidi olarak kazıklar, yapı yüklerini yapı temelinin oturduğu zemin yüzeyinden daha derin tabakalarına aktarmak amacıyla kullanılan temel sistemleridir. Günümüzde tasarlanan yapıların yüksek ve büyük kütleli olması nedeniyle zeminin taşıma gücü ve oturma koşulları nedeniyle yetersiz kaldığı durumlarda sığ temeller yerine kazıklı temellere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda kazıklı temel, yapı yükünü sert/sıkı zemin veya kaya tabakasına aktaracak biçimde veya içinde bulunduğu görece zayıf olan zemine sürtünme ve uç direnci aracılığıyla taşıtmak amacı ile projelendirilir.

2.2. Kazık Çeşitleri

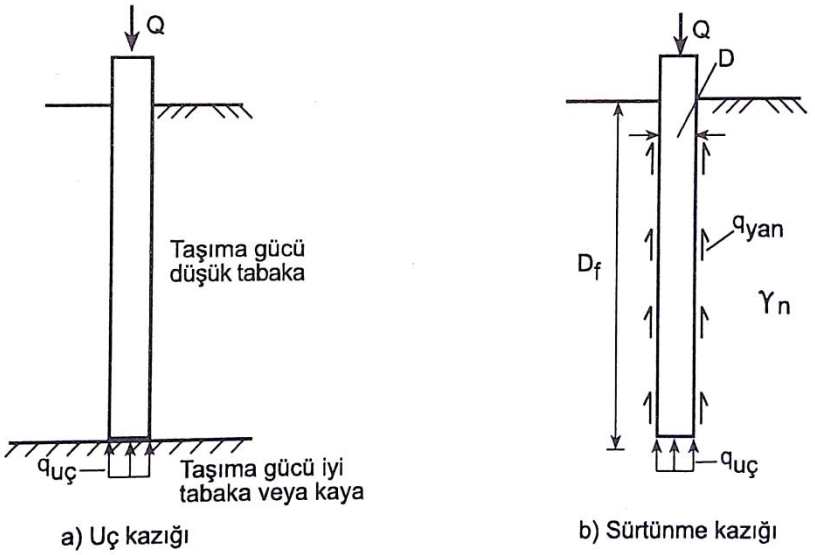
Kazıklar mekanik anlamda çalışma şekline göre ve imal ediliş şekline göre sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırmalar alt başlıklarda açıklanmıştır.

2.2.1. Çalışma şekline göre kazıklar

Çalışma şekline göre kazıklar uç kazığı ve sürtünme kazığı olmak üzere başlıca iki ana sınıfta incelenirler.

Uç kazığı, yapının oturduğu görece düşük dayanımlı zemini geçerek yapı yükünü doğrudan sert/sıkı zemine veya kayaya aktarır. Uç kazıkları sert/sıkı zemine veya kayaya bir miktar girerek soketlenip ankastre yapılabileceği gibi, soketlenmeden direkt olarak sert/sıkı zemine veya kayaya yüzeysel olarak temas edecek şekilde de imal edilebilir.

Sürtünme kazığı, kazık dış yüzeyinin içinde bulunduğu zeminle olan yanal sürtünmesi ile üzerine gelen yükü zemine iletir. Bunun yanında kazık ucundan da direnç alan sürtünme kazıklarının bu uç direnci, zayıf zeminde, sürtünme direncine oranla oldukça düşük kaldığı için bazı durumlarda güvenli tarafta kalmak amacıyla ihmal edilebilir. Uç kazığı ve sürtünme kazığı Şekil 2.1.'de kurgulanmıştır.



Şekil 2.1. Çalışma şekline göre kazıklar [1]

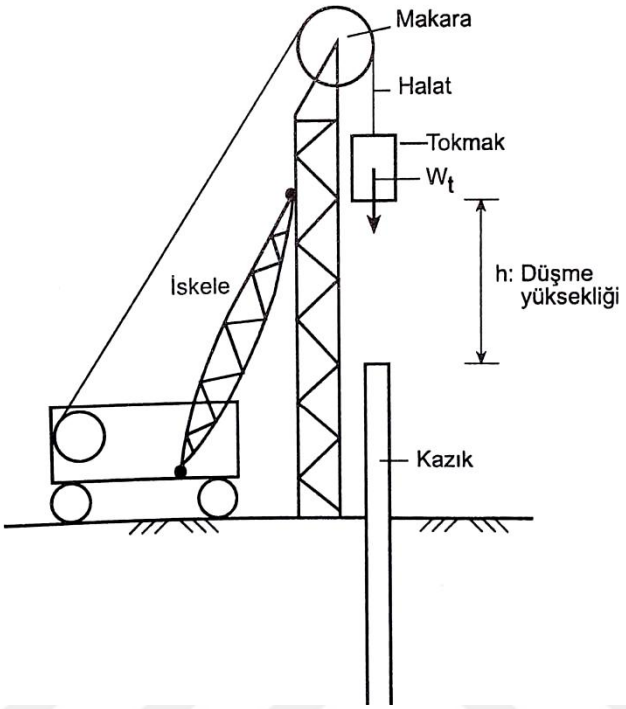
2.2.2. İmal ediliş şekline göre kazıklar

Kazıklar, imal ediliş biçimine göre çakma kazıklar ve delme (fore) kazıklar olmak üzere iki ana sınıfta incelenir.

Çakma kazıklar, zemin içerisine çakılarak teşkil edilen kazıklardır. Bu kazıklar çakma sırasında kendi hacmi kadar zemini yana iten -deplase eden- kazıklardır. Bu nedenle bu tür kazıklara deplasman kazığı da denmektedir. Çakma kazıklar içerisine çakıldığı zemini yanlara itip sıkıştırması nedeniyle bu zeminin sıkılığını/sertliğini artırarak zemini görece iyileştirme gibi bir faydaları da bulunmaktadır.

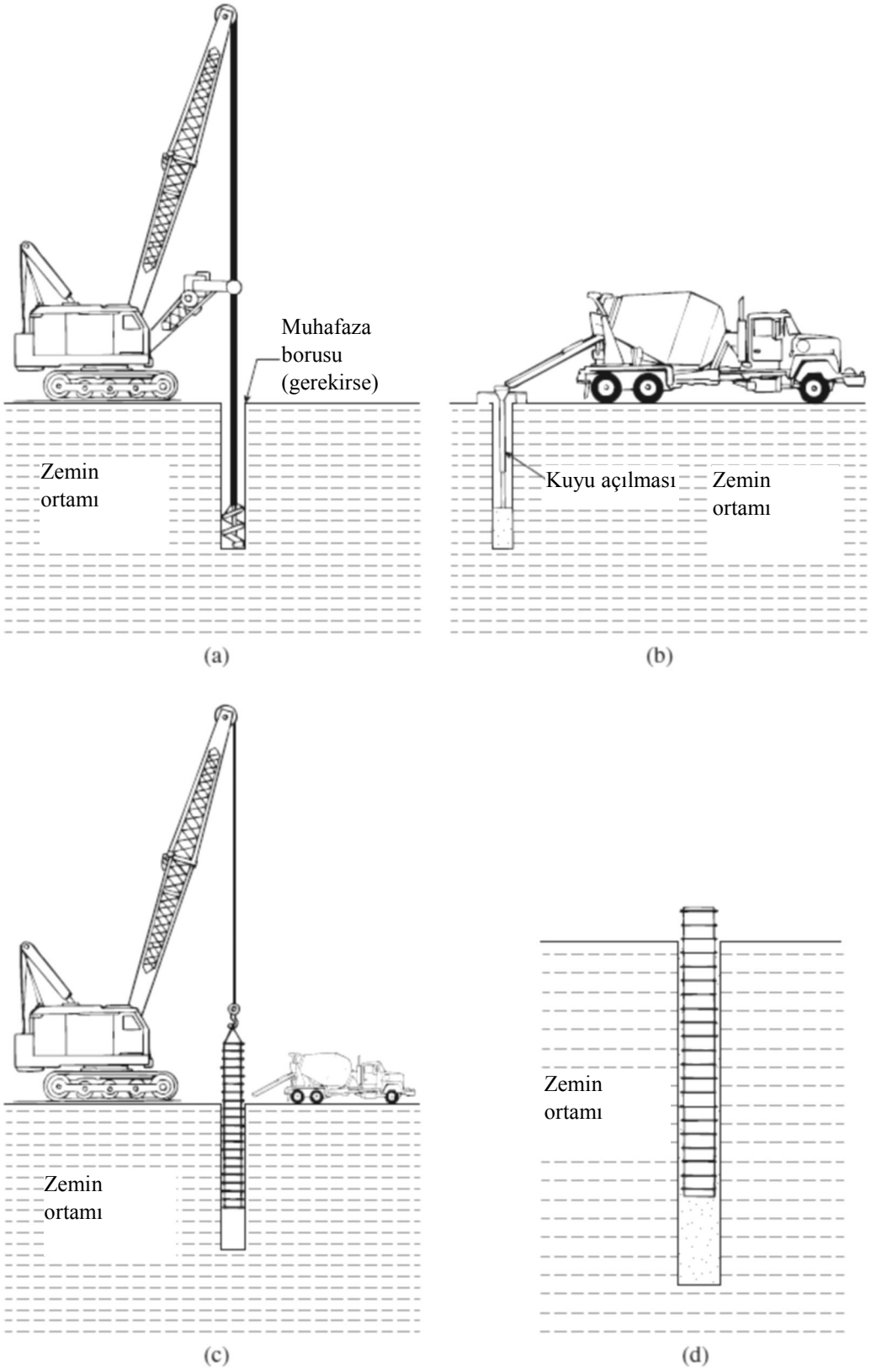
Kazıkların çakılmasında, kazığı çakılma işlemine hazır hale getiren vinç ve kazığı çakan tokmaktan oluşan düzenekler kullanılır. En basiti, tokmağın belli bir yükseklikten kendi ağırlığı ile serbest düşüş yapması prensibine dayanan serbest

düşmeli şahmerdanlardır. Büyük projelerde süre sorunu nedeniyle daha hızlı çalışmak amacıyla buharlı şahmerdanlar ve dizel şahmerdanlar kullanılabilir [2]. Çakma kazıkların imalat biçimi Şekil 2.2.'de kurgulanmıştır.



Şekil 2.2. Çakma kazık imalat niçimi [1]

Delme (fore) kazıklar, kazık hacmi kadar zeminin boşaltılmasından sonra bu boşluğa kazığın teşkil edilmesi ile imal edilirler. Fore kazıklar zemini yana doğru ötelemez ve sıkıştırmazlar. Hatta bazı durumlarda içeri doğru ötelenme olup zeminin gevşemesi mümkündür [3]. Kazık şaftının göçmemesi için (özellikle granüler zeminlerde) muhafaza borusu yardımıyla foraja devam edilebilir. Delme kazıkların imalat biçimi Şekil 2.3.'te kurgulanmıştır.



Şekil 2.3. Fore kazık imalat biçimi (a) zemin sondajı; (b) beton dökümü; (c) donatı yerleştirilmesi; (d) tamamlanmış delme (fore) kazık [4]

2.3. Kazıkların Düşey Taşıma Gücü

Tekil kazığın düşey taşıma gücü, içinde bulunduğu zeminin arazi deneyleri ile test edilmesi ya da laboratuvar deneyleri ile mekanik özelliklerinin belirlenmesi yoluyla saptanabilir. Bunların haricinde daha güvenilir bir yöntem olan yerinde tam ölçekli olarak imal edilen kazıklar üzerinde yapılan yükleme deneylerinden elde edilen sonuçlar ile de kazık taşıma gücü belirlenebilir. İlk bölümde belirtildiği üzere son yıllarda gerçeğe yakın çözümler sunması ile kullanım alanı ve güvenilirliği artan sonlu eleman yazılımları ile de çözümlemeler yapılabilmektedir.

Kazıklar, temel olarak Şekil 2.1.'de de belirtildiği gibi yanal sürtünme direnci ve uç direnci gösterirler. Bu dirençleri belirlemek amacıyla literatürde, kazığın imal ediliş şekline, kazığın içerisinde bulunduğu zemin/kaya cinsine ve mekanik özelliklerine, sahada yapılmış olan arazi deneylerine (SPT, CPT, vs.) bağlı olarak taşıma gücü bağıntıları geliştirilmiştir.

Genel olarak kazık düşey yük taşıma kapasitesi en basit haliyle; aşağıdaki Eşitlik (2.1) ile ifade edilir.

$$Q_{ult} = Q_{s,ult} + Q_{b,ult} \tag{2.1}$$

Burada;

Q_{ult} : Nihai kazık taşıma kapasitesi,

$Q_{s,ult}$: Nihai kazık çevre taşıma kapasitesi,

$Q_{b,ult}$: Nihai kazık uç taşıma kapasitesidir.

2.3.1. Kohezyonlu zeminlerde taşıma gücü

2.3.1.1. Kohezyonlu zeminlerde uç taşıma gücü

Kohezyonlu zeminlerde uç taşıma gücü aynı yüzeysel temellerdeki gibi D_f gömme derinliği kazık boyuna eşdeğer olan bir temel şeklinde hesaplanır. Terzaghi [5] taşıma gücü bağıntısı ile uç taşıma gücü Eşitlik (2.2.)'de ifade edilmiştir.

$$q_{b,ult} = K_1 \cdot c \cdot N_c + \gamma' \cdot D_f \cdot N_q + K_2 \cdot \gamma'' \cdot D \cdot N_\gamma \tag{2.2}$$

Burada;

$q_{b,ult}$: Birim alana düşen uç taşıma gücü (kN/m^2),

c : Kazık uç bölgesindeki zeminin kohezyonu (kN/m^2),

N_c , N_q , N_γ : Kayma direnci açısına bağlı taşıma gücü faktörleri (birimsiz),

γ' : Kazık ucundan kazık başlangıç yüzeyine kadar olan zeminin birim hacim ağırlığı (kN/m^3),

D_f : Gömme derinliği (genel olarak kazık boyudur), (m),

γ" : Kazık ucu altındaki zeminin birim hacim ağırlığı (kN/m^3),

D : Kazık çapı (m),

K_1 : Terzaghi tarafından önerilen temel (kazık kesit) geometrisine bağlı bir katsayıdır. Kare ve dairesel kesitli kazıklar için bu değer 1.3 alınmalıdır. (birimsiz)

K_2 : Kazık kesit geometrisine bağlı bir katsayıdır. Kare kesitli kazıklar için 0.4 olan bu değer, dairesel kesitli kazıklar için 0.3 olarak alınmalıdır. (birimsiz)

Suya doygun kohezyonlu zeminlerin kayma açısının ϕ=0 olması nedeniyle Nγ taşıma gücü faktörü sıfır (Nγ=0), N_q taşıma gücü faktörü (N_q=1) olur ve bağıntı;

$$q_{b,ult} = K_1 \cdot N_c \cdot c_u + \gamma' \cdot L_p \tag{2.3}$$

halini alır. Burada;

$q_{b,ult}$: Birim alana düşen uç taşıma gücü (kN/m^2),

N_c : Kayma direnci açısına bağlı taşıma gücü faktörü (birimsiz),

c_u : Drenajsız kayma direnci (kN/m^2),

L_p : Kazık uzunluğudur (m).

K_1 : Terzaghi tarafından önerilen temel geometrisine bağlı bir katsayıdır. Kare ve dairesel kesitli kazıklar için bu değer 1,3 alınmalıdır.

Birim alana düşen bu gerilme değeri kazık kesit alanı ile çarpılarak nihai uç taşıma kapasitesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Q_{b,ult} = q_{b,ult} \cdot A_p \tag{2.4}$$

Burada;

$Q_{b,ult}$: Nihai uç taşıma kapasitesi (kN),

$q_{b,ult}$: Birim alana düşen uç taşıma direnci (kN/m^2),

A_p : Kazık en kesit alanı (m^2),

Gerektiği takdirde $Q_{b,ult}$ değeri bir güvenlik sayısına bölünerek emniyetli uç taşıma kapasitesi bulunabilir.

Bazı araştırmacılar suya doygun kohezyonlu zeminlerde kazık ve zemin özelliklerine bağlı olarak bazı N_c faktörleri önermişlerdir. Literatürde oldukça kabul gören bağıntılar Tablo 2.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Kohezyonlu zeminlerde N_c faktörü önerileri

Araştırmacı(lar)	N_c Taşıma Gücü Faktörü Önerisi
AASHTO [6]	$q_{b,ult} \leq 3830$ kPa şartı ile: $6{,}0 \cdot \left(1 + 0.2 \cdot \frac{L}{D}\right) \leq 9$
Canadian Foundaiton Engineering Manual [7]	D<0.5m için N_c=9 D<0.5m-1.0m için N_c=7 D>1.0m için N_c=6

Tablo 2.2. (Devamı)

Araştırmacı(lar)	N_c Taşıma Gücü Faktörü Önerisi	
Skempton [8]	Çakma Kazıklar	L/D ≥ 3 için N_c=9
	Delme (Fore) Kazıklar	$N_c = 6{,}44 \cdot \ln(c_u) - 0{,}63 \cdot [\ln(c_u)]^2 - 7{,}55$ Burada kullanılan cu değeri kazık tabanının en az iki çap kadar altındaki zemin tabakasının ortalama drenajsız kayma mukavemetidir. 25 kPa ≤ c_u ≤ 190 kPa ve fs ≤ 4,0 Mpa olarak sınırlandırılmıştır.

2.3.1.2. Kohezyonlu zeminlerde çevre taşıma gücü

Kohezyonlu zeminlerde çevre taşıma gücü genel haliyle Eşitlik (2.5)'te ifade edilmiştir.

$$Q_{s,ult} = A_s \cdot f_{s,ult} \tag{2.5}$$

biçiminde ifade edilir. Burada;

$Q_{s,ult}$: Nihai çevre taşıma kapasitesi (kN),

A_s : Kazık toplam çevre alanı (m^2),

$f_{s,ult}$: Birim alan düşen nihai çevre taşıma direncidir (kN/m^2).

Birim alana düşen çevre sürtünme direnci olan $f_{s,ult}$ değerini hesaplayabilmek için çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen metotlar aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır. Bu metotlardan elde edilen değerlerin nihai taşıma gücü değerleridir. İstenildiği takdirde bir emniyet katsayısına bölünerek emniyetli taşıma gücü bulunabilir.

α Metodu:

Toplam gerilmeleri esas alan α (Alfa) metoduna göre kohezyonlu zeminlerde çevre taşıma gücü, kazığın kohezyonlu zemine yapışması (adezyon) sonucu oluşur. Birim alana gelen sürtünme direnci denklemi;

$$f_{s,ult} = \alpha \cdot c_u \tag{2.6}$$

biçimindedir. Burada:

$f_{s,ult}$: Birim alan düşen nihai çevre taşıma direnci (kN/m^2),

c_u : Drenajsız kayma direnci (kN/m^2),

α : Adezyon faktörüdür (birimsiz).

"α" adezyon faktörü; zeminin örselenmesi, kazığın imalat cinsi ve kohezyonlu zeminin sertliğine bağlıdır. Genel olarak, zemin görece iyi oldukça, çakma kazıklarda çakma sırasında zeminin örselenmesi ile adezyon faktörü azalır.

Çakma kazıklarda American Petroleum Institute [9] tarafından aşağıdaki şartlara bağlı adhezyon faktörleri önerilmiştir.

$$c_u \le 25\,\text{kPa} \;;\; \alpha_u = 1{,}00 \tag{2.7.a}$$

$$25\,\text{kPa} \le c_u \le 75\,\text{kPa} \;;\; \alpha_u = 1 - \left(\frac{c_u - 25}{90} \right) \tag{2.7.b}$$

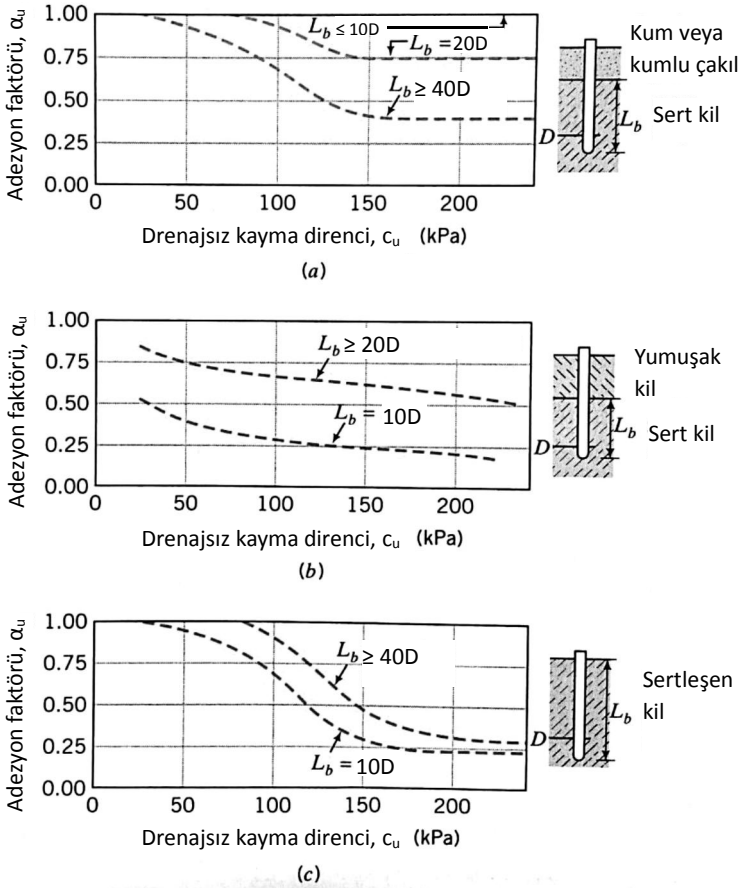
$$c_u \ge 75\,\text{kPa} \;;\; \alpha_u = 0{,}50 \tag{2.7.c}$$

Burada;

c_u : Drenajsız kayma direnci (kN/m^2),

α_u : Adezyon faktörüdür (birimsiz).

Tomlinson [10] ise tabakalı zeminlerdeki çakma kazıklarda adezyon faktörü için Şekil 2.5.'teki değerleri önermektedir.



Şekil 2.4. Kohezyonlu zeminlerdeki çakma kazıklar için tabakalı zeminlerde adhezyon faktörü (α) önerisi [11]

Delme (fore) kazıklar için ise "α_u" adezyon faktörü, O'Neill ve Reese [12] tarafından aşağıdaki şekilde önerilmiştir;

$$\frac{c_u}{p_a} \leq 1{,}5 \; ; \; \alpha_u = 0{,}55 \tag{2.8.a}$$

$$1{,}5 \leq \frac{c_u}{p_a} \leq 2{,}5 \; ; \; \alpha_u = 0{,}55 - 0.1 \cdot \left(\frac{c_u}{p_a} - 1{,}5 \right) \tag{2.8.b}$$

şeklinde verilmiştir. Burada;

c_u : Drenajsız kayma direnci (kN/m^2),

p_a : Atmosfer basıncı (101.3 kN/m^2) olarak hesaba katılır.

α_u : Adezyon faktörüdür (Birimsiz).

Delme (fore) kazıklar için "α" adezyon faktörü önerilerinden bir diğeri ise Kulhawy ve Jackson [4] tarafından 106 kazık üzerinde yapılan deneyler ile belirlenmiş olan aşağıdaki Eşitlik (2.9)'dur.

$$\alpha = 0{,}21 + 0{,}25 \cdot \left(\frac{p_a}{c_u} \right) \leq 1{,}00 \tag{2.9}$$

halindedir. Burada;

α : Adezyon faktörü (Birimsiz),

c_u : Drenajsız kayma mukavemetidir (kN/m^2).

p_a : Atmosfer basıncı; (101.3 kN/m^2) olarak hesaba katılır.

β Metodu:

Burland [13] tarafından önerilen bir yaklaşım olan β (Beta) metodunda ise efektif gerilmelere göre (drenajlı durum için) hesap yapılır. İnce daneli zeminlerde bu yaklaşım uzun süreli davranışı belirler. Drenajlı (efektif) durumda killerin de tıpkı daneli zeminler gibi davranacağı kabul edilir ve sürtünme direnci;

$$f_{s,ult} = \beta \cdot \sigma'_0 \tag{2.10}$$

olur. Burada;

$f_{s,ult}$: Birim alan düşen nihai çevre taşıma direnci (kN/m^2),

β : Sürtünme katsayısı (Birimsiz),

σ'_0 : Hesap yapılan derinlikteki efektif gerilmedir (kN/m^2).

Sürtünme katsayısı (β) ifadesi;

$$\beta = K_0 \cdot \tan\delta \tag{2.11}$$

biçimindedir. Burada;

β : Sürtünme katsayısı (Birimsiz),

K_0 : Sükunetteki yanal zemin basıncı katsayısı (Birimsiz),

δ : Kazık - zemin arası sürtünme açısıdır (° Derece).

"δ" açısı zemin kayma direnci açısına eşit ($\delta=\phi'$) alınabilir. K_0 sükunetteki yanal zemin basıncı katsayısı ise bilindiği üzere;

$$K_0 = 1 - \sin\phi' \tag{2.12}$$

bağıntısı ile bulunabilir.

Burada;

K_0 : Killerdeki yanal zemin basıncı katsayısı (Birimsiz),

ϕ' : Zeminin efektif kayma direnci açısı (° Derece),

Bu denklem normal konsolide killerde geçerli olup aşırı konsolide killer için Meyerhof [14] tarafından geliştirilmiş ve aşağıdaki bağıntı önerilmiştir;

$$K_{0,(OCR)} = (1 - \sin\phi') \cdot \sqrt{OCR} \tag{2.13}$$

Burada;

$K_{0,(OCR)}$: Aşırı konsolide killerdeki yanal zemin basıncı katsayısı (Birimsiz),

ϕ' : Zeminin efektif kayma direnci açısı (° Derece),

OCR : Aşırı konsolidasyon oranıdır (Birimsiz).

λ Metodu:

Çakma kazıkların aşırı konsolide killer içerisinde imalatı sırasında zeminde meydana gelen deplasmanın zeminde pasif itkiyi harekete geçireceği kabulüne göre hesap yapan λ (Lambda) metodu, Vijayvergiya ve Fotch [15] tarafından önerilmiştir. Buna göre yanal sürtünme direnci;

$$f_{s,ult} = \lambda \cdot (\sigma'_0 + 2 \cdot c_u) \quad (2.14)$$

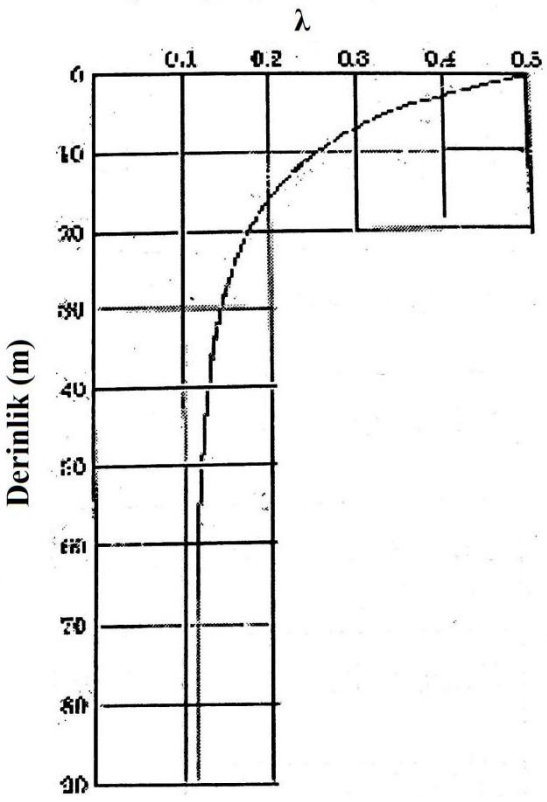
şeklinde ifade edilir. Burada;

λ : Adezyon katsayısı (Birimsiz),

σ'_0 : Kazık boyunca ortalama efektif gerilme (kN/m^2),

c_u : Kazık boyunca ortalama drenajsız kayma mukavemetidir (kN/m^2).

Adhezyon katsayısı (λ) 'nın kazık boyu ile değişimi Şekil 2.5.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. λ metodu'nda adezyon katsayısının kazık boyuna göre değişimi [15]

2.3.2. Kohezyonsuz zeminlerde taşıma gücü

2.3.2.1. Kohezyonsuz zeminlerde uç taşıma gücü

İri daneli (kohezyonsuz) zeminlerde de uç taşıma gücü, yüzeysel temellerdeki "D_f" gömme derinliği kazık boyuna eşdeğer bir temel olarak hesaplanır. Eşitlik 2.2'deki birinci terim kohezyon (c=0) sıfır olduğu için elenir. Kazık çapının görece küçük

olması nedeniyle üçüncü terimi de ihmal etmek ciddi bir hata ortaya çıkarmayacaktır. Bunun sonucunda bağıntı;

$$q_{b,ult} = \gamma' \cdot D_f \cdot N_q \tag{2.15}$$

halini alır. Burada;

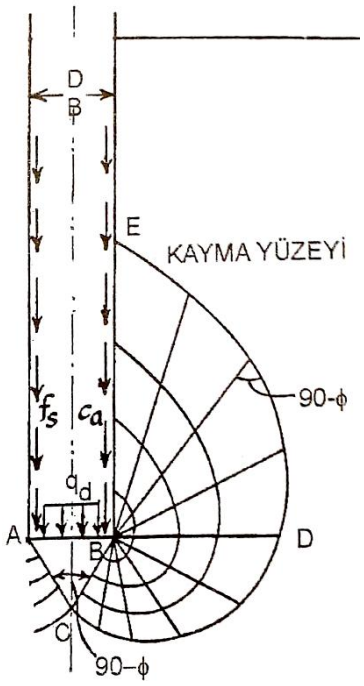
$q_{b,ult}$: Birim alana düşen uç taşıma direnci (kN/m^2),

γ' : Kazık ucundan kazık başlangıç yüzeyine kadar olan zeminin birim hacim ağırlığı (kN/m^3),

D_f : Gömme derinliği (genel olarak kazık boyudur) (m),

N_q : Kayma direnci açısına bağlı taşıma gücü faktörleri (Birimsiz),

Burada kullanılacak N_q değeri ise Meyerhof [14]'a göre iri daneli (kohezyonsuz) zeminlerdeki kazıkların göçme mekanizmasının yüzeysel temellerden farklı olması nedeniyle yüzeysel temeller için kullanılan N_q değerinden farklıdır. Kazıklar için Meyerhof [14] tarafından önerilen göçme mekanizması Şekil 2.6.'da gösterilmiştir.



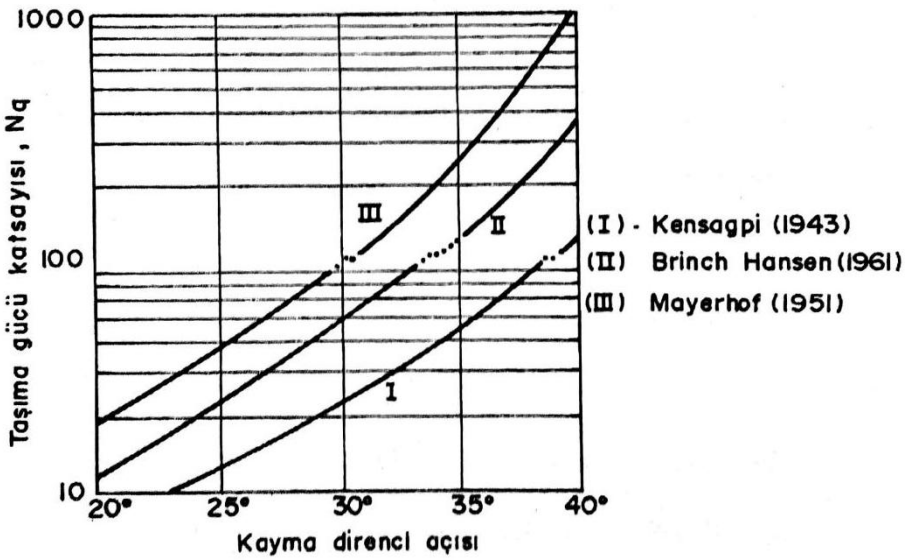
Şekil 2.6. Kazık göçme mekanizması [3]

Kazıkların imal ediliş biçimine göre kullanılması gereken N_q taşıma gücü faktörü için Prakash ve Sharma [16]'nın önerileri Tablo 2.3.'te gösterilmektedir.

Tablo 2.3. Kohezyonsuz (iri daneli) zeminlerde N_q faktörü önerileri

ϕ (Kayma Açısı)	20	25	28	30	32	34	36	38	40	42	45
N_q (Çakma Kazık)	8	12	20	25	35	45	60	80	120	160	230
N_q (Fore Kazık)	4	5	8	12	17	22	30	40	60	80	115

Kensagpi, Brinch-Hansen ve Meyerhof tarafından çakma kazıklar için önerilen N_q taşıma gücü faktörleri ise Şekil 2.7.'de karşılaştırmalı olarak Ordemir [17] tarafından verilmiştir.



Şekil 2.7. Kensagpi, Brinch-Hansen ve Meyerhof tarafından önerilen çakma kazıklar için N_q faktörü [17]

Birim alana düşen gerilme değeri kazık kesit alanı ile çarpılarak toplam uç taşıma kapasitesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Q_{b,ult} = q_{b,ult} \cdot A_p \tag{2.16}$$

Burada;

$Q_{b,ult}$: Nihai uç taşıma kapasitesi (kN),

$q_{b,ult}$: Birim alana düşen uç taşıma direnci (kN/m^2),

A_p : Kazık en kesit alanı (m^2),

Gerektiği takdirde $Q_{b,ult}$ değeri bir güvenlik sayısına bölünerek emniyetli uç taşıma kapasitesi bulunabilir.

2.3.2.2. Kohezyonsuz zeminlerde çevre taşıma gücü

İri daneli (kohezyonsuz) zeminlerde çevre sürtünmesi direnci, düşey efektif gerilmeye bağlı yanal toprak basıncı hesabına benzer olarak, aşağıda bulunan Eşitlik (2.17) ile hesaplanır.

$$f_{s,ult} = \sigma'_0 \cdot K_s \cdot \tan\delta \tag{2.17}$$

şeklinde hesaplanır. Burada;

$f_{s,ult}$: Birim alan düşen nihai çevre taşıma direnci (kN/m^2),

σ'_0 : Hesaplanan tabakaya ait ortalama düşey efektif gerilme (kN/m^2),

K_s : Yanal toprak basıncı katsayısı (Birimsiz),

δ : Zemin-kazık arası sürtünme açısıdır (° Derece)

K_s yanal toprak basıncını belirleyebilmek için öncelikle K_0 sükunetteki toprak basıncı katsayısını belirlemek gerekir. Bilindiği üzere K_0 sükunetteki toprak basıncı katsayısı;

$$K_0 = 1 - \sin\phi \tag{2.18}$$

ifadesi ile hesaplanır. Burada;

K_s : Sükunetteki yanal toprak basıncı katsayısı (Birimsiz),

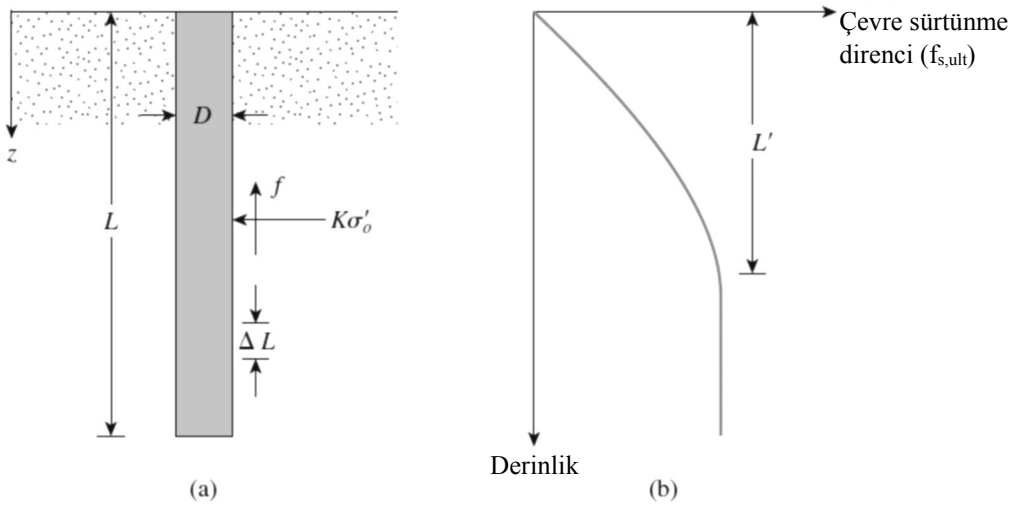
ϕ : Zeminin kayma direnci açısı (° Derece),

K_s yanal toprak basıncı katsayısının K_0 sükunetteki toprak basıncı katsayısına olan oranı ise kazık imal biçimine bağlı olarak Tomlinson [10] tarafından sunulmuş öneriler, aşağıda bulunan Tablo 2.4.'te belirtilmiştir.

Tablo 2.4. Kohezyonsuz (iri daneli) zeminlerde K_s/K_0 önerileri [10]

Kazık İmal Şekli	K_s / K_0
Çakma kazıklar (Büyük sıkıştırma etkili)	1 ~ 2
Çakma kazıklar (Küçük sıkıştırma etkili)	0.75 ~ 1.25
Betonarme fore (delme) kazıklar	0.75 ~ 1.00
Su jeti kullanılarak imal edilmiş kazıklar	0.50 ~ 0.70

İri daneli (kohezyonsuz) zeminler içerisinde bulunan kazıklarda yanal sürtünme direncinin kritik bir değerden sonra artmadığı ve azami değerine 10D ile 20D (D; kazık çapı) arasında ulaşıldığı kabul edilir. Bunun için gevşek kumlardan sıkı kuma doğru gidildikçe doğru orantılı olarak 10D ile 20D arasında bir değer seçilmelidir [14].



Şekil 2.8. Kumlarda yanal sürtünme direncinin derinlikle değişimi [4]

Kazık - zemin arası sürtünme açısının "δ", zemin kayma direnci açısına oranı ise Kulhawy [18] tarafından yapılan çalışma ile ortaya konulmuş ve Tablo 2.5.'te gösterilmiştir.

Tablo 2.5. Kohezyonsuz (iri daneli) zeminlerde kayma direnci açısının kazık - zemin sürtünme açısına oranı için kazık tipine bağlı öneriler [18]

Kazık Tipi	Kazık - Zemin Sürtünme Açısı (δ)
Pürüzsüz (veya kaplanmış) çelik kazık	$0.5\phi \sim 0.7\phi$
Pürüzlü (veya nervürlü) çelik kazık	$0.7\phi \sim 0.9\phi$
Betonarme çakma kazık	$0.8\phi \sim 1.0\phi$
Betonarme fore (delme) kazık	1.0ϕ
Ahşap kazık	$0.8\phi \sim 0.9\phi$

Birim alana düşen gerilme değeri hesaplandıktan sonra bu değer aşağıdaki gibi kazık kesit alanıyla çarpılarak (Eşitlik 2.19) toplam kazık sürtünme kapasitesi elde edilir.

$$Q_{s,ult} = A_s \cdot f_{s,ult} \tag{2.19}$$

Burada;

$Q_{s,ult}$: Nihai çevre taşıma kapasitesi (kN),

A_s : Kazık toplam çevre alanı (m^2),

$f_{s,ult}$: Birim alan düşen nihai çevre taşıma direncidir (kN/m^2).

Gerektiği takdirde $Q_{s,ult}$ değeri güvenlik sayısına bölünerek emniyetli taşıma gücü bulunabilir.

2.3.3. Kayada taşıma gücü

Kaya içerisindeki kazıkların uç ve çevre taşıma dirençleri birçok araştırmacı tarafından kazık yükleme deneylerinin geri çözümlemesi ile denkleme dönüştürülebilmiştir. Kayadaki dirençleri hesaplamada temel alınan parametre, kaya üzerinde yapılan serbest basınç deneyi sonucunda elde edilen serbest basma dayanımı değeridir. Genel olarak kaya dirençleri Eşitlik 2.20'deki gibidir [20].

$$q_{b,ult}, f_{s,ult} = A \cdot (q_c)^B \tag{2.20}$$

Burada;

$q_{b,ult}$: Birim alana düşen uç taşıma direnci (MPa)

$f_{s,ult}$: Birim alana düşen çevre sürtünme direnci (MPa)

A ve B : Ampirik katsayılar (Birimsiz),

q_c : Kayada tek eksenli serbest basınç dayanımıdır (MPa).

olarak ifade edilmektedir. Bu ampirik katsayılar için bir çok araştırmacının kaya türlerine ve araştırma bölgesine bağlı olarak önerdiği bazı değerler Tablo 2.6. ve Tablo 2.7.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.6. Kayada uç taşıma kapasitesi önerileri [19]

Araştırmacı(lar)	A	B
Coates (1967)	3	1
Rowe ve Armitage (1987)	2,7	1
Argema (1992)	4,5	1
Nam (2004)	2,14	0,66
Vipulanandan vd. (2007)	4,66	0,56
Zhang (2008)	4,93	0,5

Tablo 2.7. Kayada çevre taşıma kapasitesi önerileri [19]

Araştırmacı(lar)	A	B
Rosenberg ve Journeaux (1976)	0,375	0,515
Rowe ve Armitage (1987)	0,45-0,6	0,5
Horvath ve ark. (1983)	0,2-0,3	1
Meigh ve Wolshi (1979)	0,22	0,6
Gupton ve Logan (1984)	0,2	1
Reynolds ve Kaderabek (1980)	0,3	1
Toh ve ark. (1989)	0,25	1
Carter ve Kulhawy (1988)	0,2	0,5
Zhang ve Einstein (1998)	0.4-0.8	0.5

Ayrışmış kayalarda ise laboratuvar deneylerinden elde edilen değerlerle, kazık taşıma kapasitesini belirlemek oldukça zordur. Bu nedenle ayrışmış kaya içerisinde imal edilen kazıkların taşıma kapasitelerinin kazık yükleme deneyleri ile belirlenmesi daha doğru olur. Ayrışmış kayalar hakkında Broms ve ark. [21], şaft sürtünme direncinin yükleme deneyi ile belirlenmediği durumlarda azami olarak 120 kPa alınabileceğini önermişlerdir.

Toplam uç taşıma kapasitesi;

$$Q_{b,ult} = A_p \cdot q_{b,ult} \tag{2.21}$$

biçiminde ifade edilir. Burada;

$Q_{b,ult}$: Nihai uç taşıma kapasitesi (kN),

$q_{b,ult}$: Birim alana düşen uç taşıma gücü (kN/m^2),

A_p : Kazık en kesit alanı (m^2),

Toplam çevre taşıma kapasitesi ise;

$$Q_{s,ult} = A_s \cdot f_{s,ult} \tag{2.22}$$

biçiminde ifade edilir. Burada;

$Q_{s,ult}$: Nihai çevre taşıma kapasitesi (kN),

A_s : Kazık çevre alanı (m^2),

$f_{s,ult}$: Birim alan düşen nihai çevre taşıma direncidir (kN/m^2).

Bulunan bu nihai uç taşıma kapasitesi ve nihai çevre sürtünme kapasitesi değerleri güvenlik sayısına bölünerek kazığın emniyetli taşıma kapasitesi bulunabilir.

2.3.4. Arazi deneyleri ile kazık taşıma gücünün bulunması

2.3.4.1. Standart penetrasyon deneyi ile kazık taşıma gücünün bulunması

Dünya'da ve Türkiye'de oldukça yaygın olarak kkullanılmakta olan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT), zemin sıkılığını ve kıvamını belirleyen bir deney olmasıyla kazık taşıma gücü hesabına da yardımcı olmaktadır. SPT deney sonularını, kazık taşıma gücünün hesaplanması konusunda Tablo 2.8.'deki bağıntılar önerilmiştir.

Tablo 2.8. SPT deneyi ile kazık taşıma gücü önerileri

Araştırmacı	Uç Direnci (q_b) ve Çevre Direnci (q_s)	Açıklamalar
Meyerhof [14]	$m \cdot N_b \leq \left(\frac{L}{D}\right)$ şartı ile; q_b (MPa) = k·N_b q_s (kPa) = n_s·N_s	N_b: Kazık tabanından 10D kadar üstteki ve 5D kadar alttaki SPT vuruş değerlerinin ortalaması N_s: Hesap edilecek ilgili katman boyunca yapılan SPT vuruş değerlerinin ortalaması Delme (fore) kazıklar: n_s=1, k=0.012, m=0.12 Çakma kazıklar: n_s=2, k=0.04, m=0.4 Sadece iri daneli zeminler için geçerlidir.
Bazaara ve Kurkur [22]	q_b (MPa) = n_b·N_b q_s (kPa) = n_s·N_s	N_b: $N_b \leq 50$ şartı ile kazık tabanından 1D kadar üstteki ve 3.75D kadar alttaki SPT-N değerlerinin ortalaması N_s: Hesap edilecek ilgili katman boyunca yapılan SPT vuruş değerlerinin ortalaması nb: 0.06 ~ 0.2 ns: 2 ~ 4 Delme (fore) kazıklar ve ince daneli zeminler için geçerlidir.
Decourt [23]	q_b (MPa) = k_b·N_b q_s (kPa) = α·(2.8·N_s+10)	İnce daneli zeminlerde: α = 1.0 İri daneli zeminlerde: α = 0.5-0.6 İri daneli zeminlerde: k_b = 0.325 İnce daneli zeminlerde çakma kazık: k_b = 0.10 İnce daneli zeminlerde fore kazık: k_b = 0.08 N_b: Kazık tabanı çevresindeki SPT vuruş değerlerinin ortalaması N_s: Hesap edilecek ilgili katman boyunca yapılan SPT vuruş değerlerinin ortalaması

Tablo 2.7 (Devamı)

Shariatmadar i vd. [24]	q_b (MPa) = 0.385·N_{gb} q_s (kPa) = 3.65·N_{gs}	N_{gb}: Kazık tabanından 8D kadar üstteki ve 4D kadar alttaki SPT vuruş değerlerinin geometrik ortalaması. (granüler zemin - çakma kazık) Ngs: Hesap edilecek ilgili katman boyunca yapılan SPT vuruş değerlerinin geometrik ortalaması. İri daneli zemin ve çakma kazıklar için geçerlidir.
Aoki ve De'Alencar [25]	q_b (MPa) = (k/1.75)·N_b q_s (kPa) = (a·k/3.5)·N_s	N_b: Kazık tabanının altındaki ilk üç SPT vuruş değerlerinin ortalaması N_s: Hesap edilecek ilgili katman boyunca yapılan SPT vuruş değerlerinin ortalaması Granüler zeminler için a=14 , k=1 İnce daneli zeminler için a=60 , k=0.2 Çakma kazıklar için geçerlidir.

2.3.4.2. Koni penetrasyon deneyi ilekazık taşıma gücünün bulunması

Koni Penetrasyon Deneyi (CPT) yapım şekli itibariyle konik uçlu bir borunun (mini kazık gibi) zemin içerisine sabit hızla batırılması şeklinde olması nedeniyle tam ölçekli kazıklar kadar olmasa da onlara benzer bir davranış sergileyeceği aşikardır. Bu nedenle CPT deneyi kazık boyutlandırma ve tasarımında oldukça güvenilir bir arazi deneyidir.

İri daneli (kohezyonsuz) zeminler için Canadian Geotechnical Society [7] tarafından CPT ile kazık taşıma kapasitesi belirlemek amacıyla aşağıdaki bağıntı önerilmiştir.

$$Q_{ult} = q_{cone} \cdot A_p + f_c \cdot A_s \tag{2.23}$$

Bu bağıntıda;

Q_{ult} : Nihai taşıma gücü (kN),

q_{cone} : Koni penetrasyon testinde ölçülen uç direnci (kN/m^2),

A_p : Kazık enkesit alanı (m^2),

f_c : Koni penetrasyon deneyinde ölçülen çevre sürtünme direnci (kN/m^2),

A_s : Çevre yüzey alanıdır (m^2).

Bulunan değer nihai taşıma kapasitesi olup emniyetli taşıma kapasitesi için 2-3 gibi bir güvenlik sayısına bölünebilir.

İnce daneli (kohezyonlu) zeminler için Nottingham ve Schmertmann [26] ve Schmertmann [27] koni penetrasyon deneyinden elde edilen sürtünme direnci ile kazık sürtünme direnci arasında korelasyon kurarak bir bağıntı önermişlerdir. Buna göre bağıntı;

$$f_{s,ult} = \alpha' \cdot f_{cone} \tag{2.24}$$

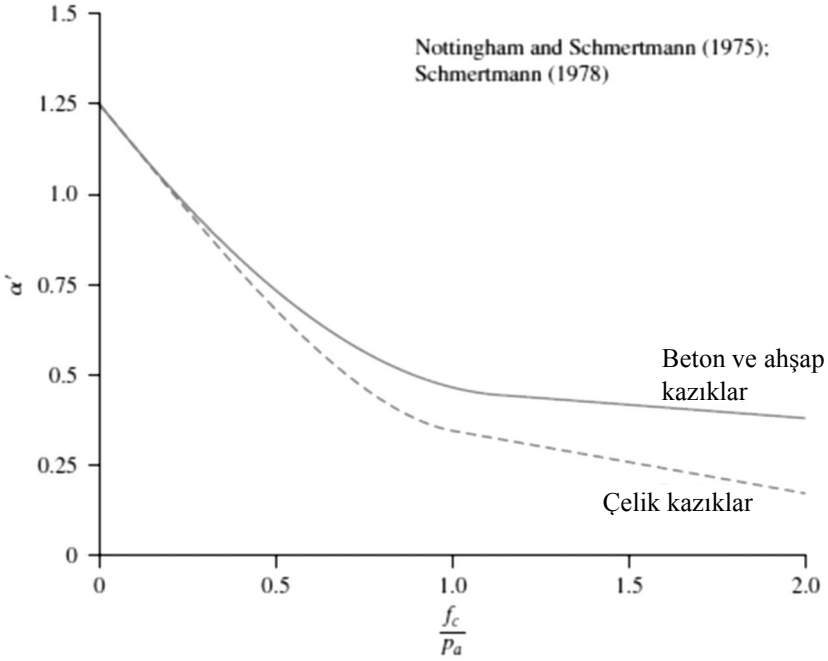
biçimindedir. Burada;

$f_{s,ult}$: Biri alana düşen nihai çevre direnci (kN/m^2),

α' : Amprik katsayı (Birimsiz),

f_{cone} : CPT deneyinde ölçülen çevre sürtünme direncidir (kN/m^2)

Nottingham ve Schmertmann [26] ve Schmertmann [27] α' amprik katsayısını belirlemek amacıyla ise beton, ahşap ve çelik kazıklar için ayrı ayrı olmak üzere Şekil 2.9.'daki eğriyi önermişlerdir.



Şekil 2.9. Killerde koni penetrasyon deneyinde ölçülen sürtünme direncinin atmosfer basıncına olan oranının α' ampirik katsayısı ile ilişkisi [4]

Hem ince daneli (kohezyonlu) hem de iri daneli (kohezyonsuz) zeminler için Clisby ve ark. [28] tarafından Tablo 2.9.'da verilen ampirik bağıntılar önerilmiştir.

Tablo 2.9. İnce daneli ve iri daneli zeminlerde CPT sonuçları ile kazık taşıma gücü arasındaki bağıntı [28]

Araştırmacı	Uç Direnci (q_b) ve Çevre Direnci (q_s)	Açıklamalar
Clisby ve ark. [28]	$q_{b,ult}$ (MPa) = $n_b \cdot q_{ca}$ $f_{s,ult}$ (MPa) = $f_c \cdot (1{,}5+14{,}47 \cdot f_c)$	q_{ca}: Kazık tabanından 4D kadar üstteki ve 2D kadar alttaki CPT uç direncinin ortalaması. f_c: Hesap edilecek ilgili katman boyunca yapılan CPT deneyinden elde edilen sürtünme direncinin ortalaması n_b (killer için): 0,25 n_b (kumlar için): 0,125

Tablo 2.9.'da;

$q_{b,ult}$: Birim alana düşen nihai kazık uç direnci (kN/m^2),

n_b : Uç direnç için alınan ampirik katsayı (Birimsiz),

$f_{s,ult}$: Birim alana düşen nihai kazık çevre sürtünme direncidir (kN/m^2).

2.4. Kazıkların Düşey Oturmaları

Kazıkların yapı temelleri altındaki imalat amacı sadece taşıma gücü olmayabilir. Üst yapının konforlu bir kullanım sunması açısından oturma büyük önem taşımaktadır. Oturmaya karşı hassas olarak tasarlanan yapılarda oturma miktarının yapı konforuna etki etmeyecek sınırlar içerisinde kalması gerekmektedir. Böyle durumlarda kazık oturmaları başlıca tasarım esası olmalıdır.

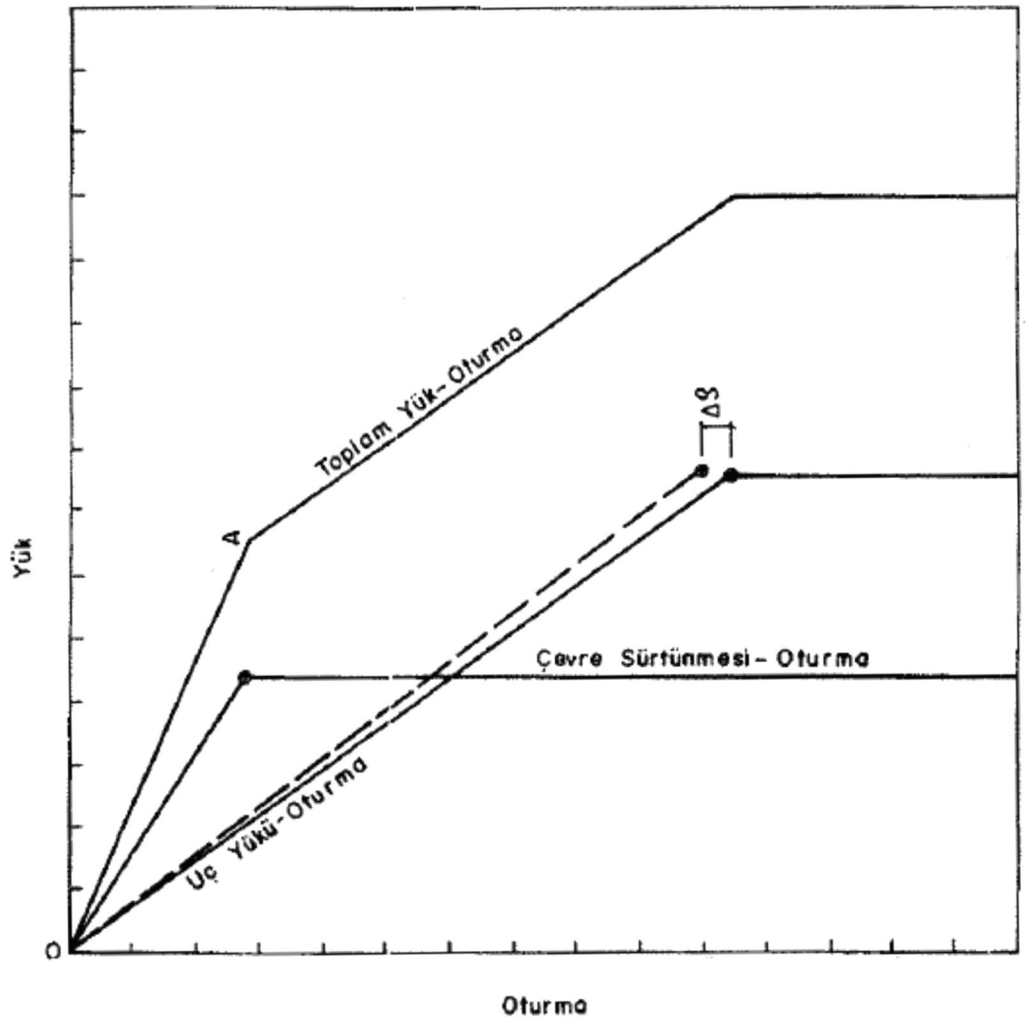
Literatürde kazık oturmalarını matematiksel olarak modelleyen birçok araştırmacı bulunmaktadır. Kazık ile kazığın içerisinde bulunduğu zeminin davranışını modellemek için aşağıdaki kabuller yapılmaktadır [29]:

1. Doğrusal elastik ortam yaklaşımı
2. Zemini temsil eden; "yaylar sistemi"
3. Ortamın birim deformasyon enerjisi.

Bu kabullere göre literatürde önerilen oturma hesapları sonraki bölümlerde irdelenecektir.

2.4.1. Doğrusal elastik ortam kabulü

Zemin içerisinde bulunan bir kazığa gelen kuvvet sonucunda, bu kuvvete karşı uç ve çevre tepki kuvvetlerinin doğması (mobilize olması) kazığın yer değiştirmesine/oturmasına bağlıdır. Bu olgudan hareketle sürtünme kazığı olarak anılan kazık tiplernin yük - oturma davranışı Şekil 2.10.'daki gibi olması beklenmektedir.



Şekil 2.10. Sürtünme kazıklarında doğrusal elastik ortam kabulünde oluşan yük -oturma eğrisi [29]

2.4.1.1. Poulus ve Davis doğrusal elastik ortam yaklaşımı

Aşamalı olarak geliştirilen bu yaklaşıma, Poulus ve Davis [30] son halini vermişlerdir. Bu yöntem araştırmacılar tarafından sonlu eleman metodu kullanılarak pek çok değişkenin dikkate alınmasıyla elde edilen sonuçlara dayanmaktadır. Bu yöntem kazıklardaki elastik oturma miktarını vermektedir. Killerde zamanla oluşan konsolidasyon oturmaları ise bu yöntemin konusu değildir.

Doğrusal elastik yaklaşım çerçevesinde kazık oturması için kullanılacak olan düzeltme katsayıları ve diğer parametreler Tablo 2.10.'da açıklamalarıyla beraber belirtilmiştir.

Tablo 2.10. Doğrusal elastik yaklaşımda kullanılan parametreler ve açıklamaları [29]

Parametre	Açıklama
β_0	Toplam yük uç yükü oranı düzeltmesi
C_k	Uç basıncı için uç sıkışabilirliği düzeltmesi
C_b	Kazık yanı - kazık ucu zeminlerinin sıkışabilirlik farkı düzeltmesi
C_v	Uç basıncı için Poisson Oranı düzeltmesi
I_0	Oturma tesir katsayısı
R_k	Oturmada sıkışabilirlik düzeltmesi
R_b	Oturmada derinlik düzeltmesi
R_v	Oturmada Poisson Oranı düzeltmesi
R_0	Taşıyıcı tabakanın rijitliği için düzeltme

Doğrusal elastik yaklaşımda kazık oturması; kazığın uç zeminindeki oturması, çevre oturması ve uç zemininden doğan tepki kuvvetine istinaden kazıkta oluşan elastik boy kısalmasından oluşmaktadır. Bunlardan, kazığın uç zeminindeki oturma;

$$\Delta_b = \frac{Q_b \cdot I_c}{E_s \cdot D \cdot \beta_c} \tag{2.25}$$

bağıntısı ile ifade edilir. Burada;

Δ_b : Kazık ucu oturması (m),

Q_b : Uç taşıma gücü (kN),

I_c : Düzeltilmiş oturma tesir katsayısı (Birimsiz),

E_s : Kazık çevresindeki zeminin elastisite modülü (kN/m^2),

D : Kazık çapı (m),

β_c : Düzeltilmiş toplam yük uç yükü oranı katsayısıdır (Birimsiz).

Buradaki düzeltilmiş oturma tesir katsayısı ise oturma düzeltmeleri ile çarpılarak Eşitlik (2.26) ile hesaplanabilir.

$$I_c = I_0 \cdot R_k \cdot R_b \cdot R_v \tag{2.26}$$

bağıntısı ile bulunur. Burada;

I_c : Düzeltilmiş oturma tesir katsayısı,

I_0 : Oturma tesir katsayısı,

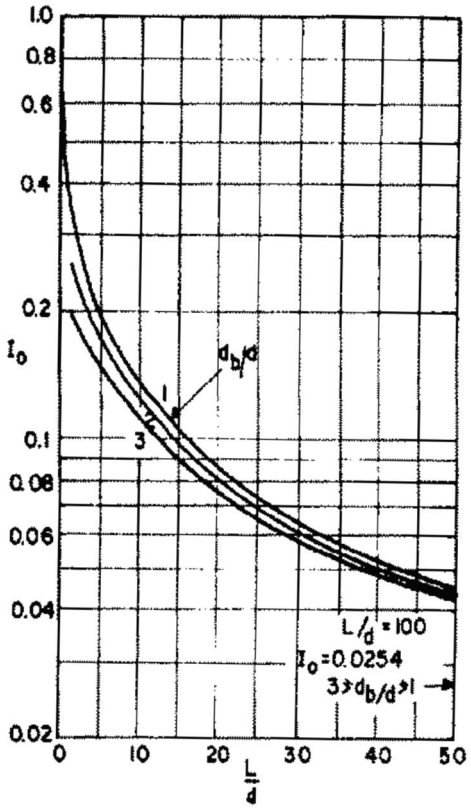
R_k : Oturmada sıkışabilirlik düzeltmesi,

R_b : Oturmada derinlik düzeltmesi,

R_v : Oturmada Poisson Oranı düzeltmesi,

R_0 : Taşıyıcı tabakanın rijitliği için düzeltme.

Bu denklemdeki katsayı ve parametreler boyutsuz olup, aşağıdaki şekillerde kazık boyu ve/veya çapına bağlı olarak belirtilmiştir.



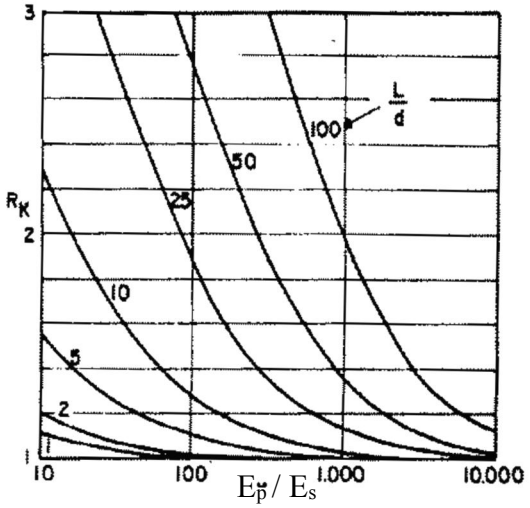
d_b : Kazık uç çapı (m),

d : Kazık çapı (m),

L : Kazık boyu (m)

I_0 : Oturma tesir katsayısı (Birimsiz)

Şekil 2.11. I_0 oturma tesir katsayısı [30]



E_p : Kazığın elastisite modülü (kN/m^2),

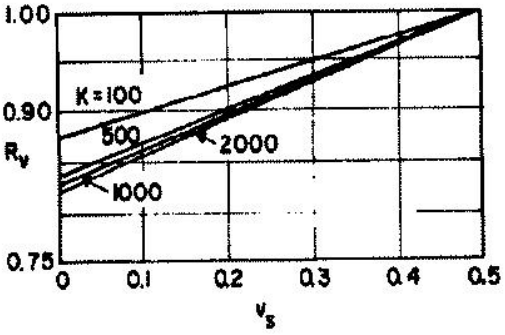
E_s : Çevre zemini elastisite modülü (kN/m^2)

d : Kazık çapı (m),

L : Kazık boyu (m),

R_K : Oturmada sıkışabilirlik düzeltmesi (Birimsiz)

Şekil 2.12. R_k oturma için sıkışabilirlik düzeltmesi [30]

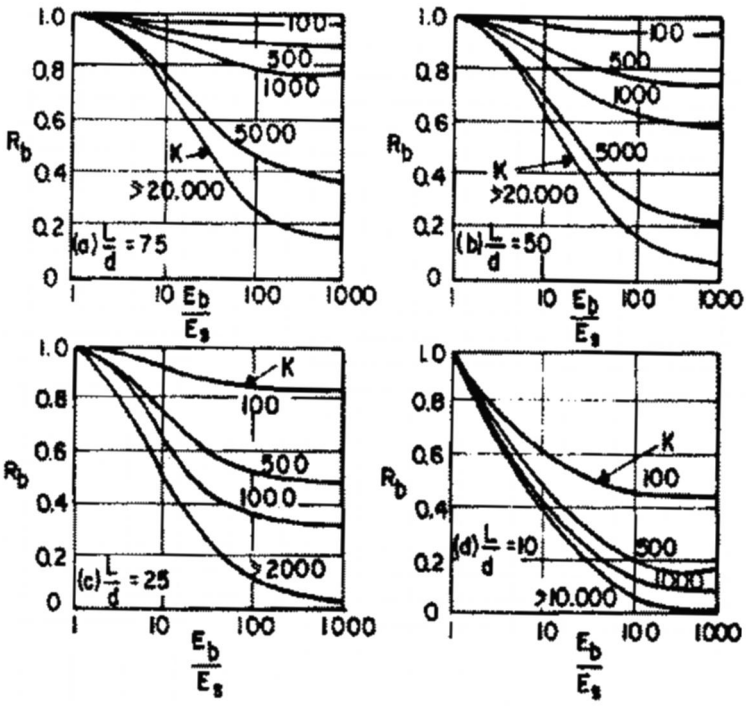


K : E_p/E_s; kazığın elastisite modülünün çevre zemini elastisite modülüne oranı (Birimsiz),

ν_s : Çevre zeminin Poisson Oranı (Birimsiz),

R_v : Oturmada sıkışabilirlik düzeltmesi (Birimsiz).

Şekil 2.13. R_v oturma için Poisson oranı düzeltmesi [30]



K : E_p/E_s; kazığın elastisite modülünün çevre zemini elastisite modülüne oranı (Birimsiz),

E_s : Kazık çevresindeki zeminin elastisite modülü (kN/m^2),

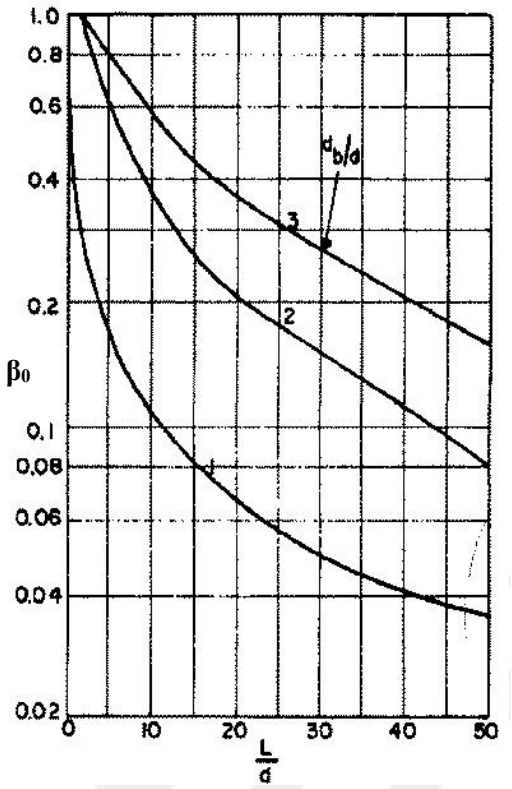
E_b : Kazık ucundaki zeminin elastisite modülü (kN/m^2),

R_b : Oturmada taban modülü düzeltmesi (Birimsiz)

Şekil 2.14. Oturma için taban modülü düzeltme katsayısı [30]

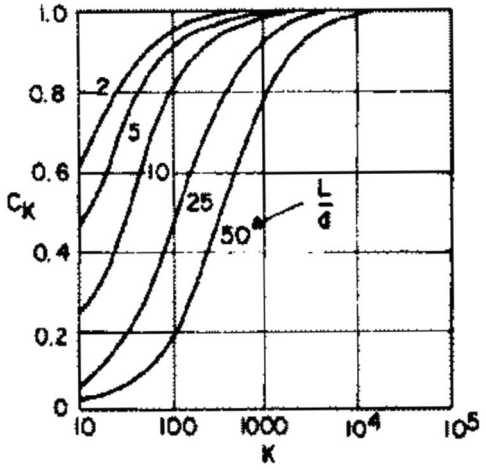
Eşitlik (2.25)'te bulunan düzeltilmiş toplam yük / uç yük oranı katsayısı (β_c) ise toplam yük uç yük oranı parametresinin (β_0) aşağıdaki tablolarda belirtilen düzeltme faktörleri ile çarpılarak Eşitlik (2.27)'daki gibi bulunur.

$$\beta_c = \beta_0 \cdot C_k \cdot C_b \cdot C_v \tag{2.27}$$



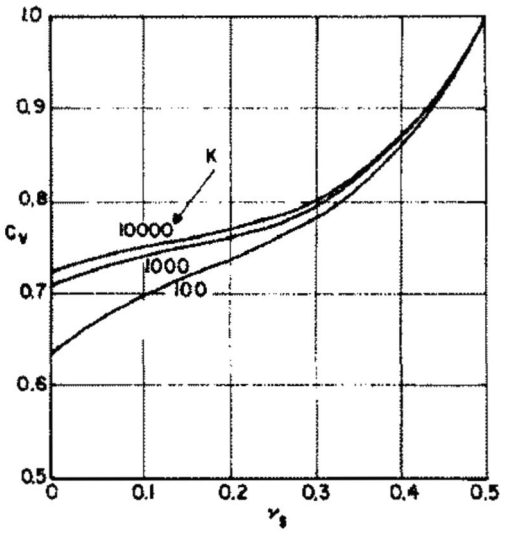
d_b : Kazık uç çapı (m),
d : Kazık çapı (m),
L : Kazık boyu (m),
β_0 : Oturma tesir katsayısı (Birimsiz).

Şekil 2.15. β_0 uç yükü oranı katsayısı [30]



K : Ep/Es; kazığın elastisite modülünün çevre zemini elastisite modülüne oranı (Birimsiz),
d : Kazık çapı (m),
L : Kazık boyu (m),
C_K : Uç yükü için sıkışabilirlik düzeltme faktörü (Birimsiz).

Şekil 2.16. C_k, uç yükü için sıkışabilirlik düzeltme faktörü [30]

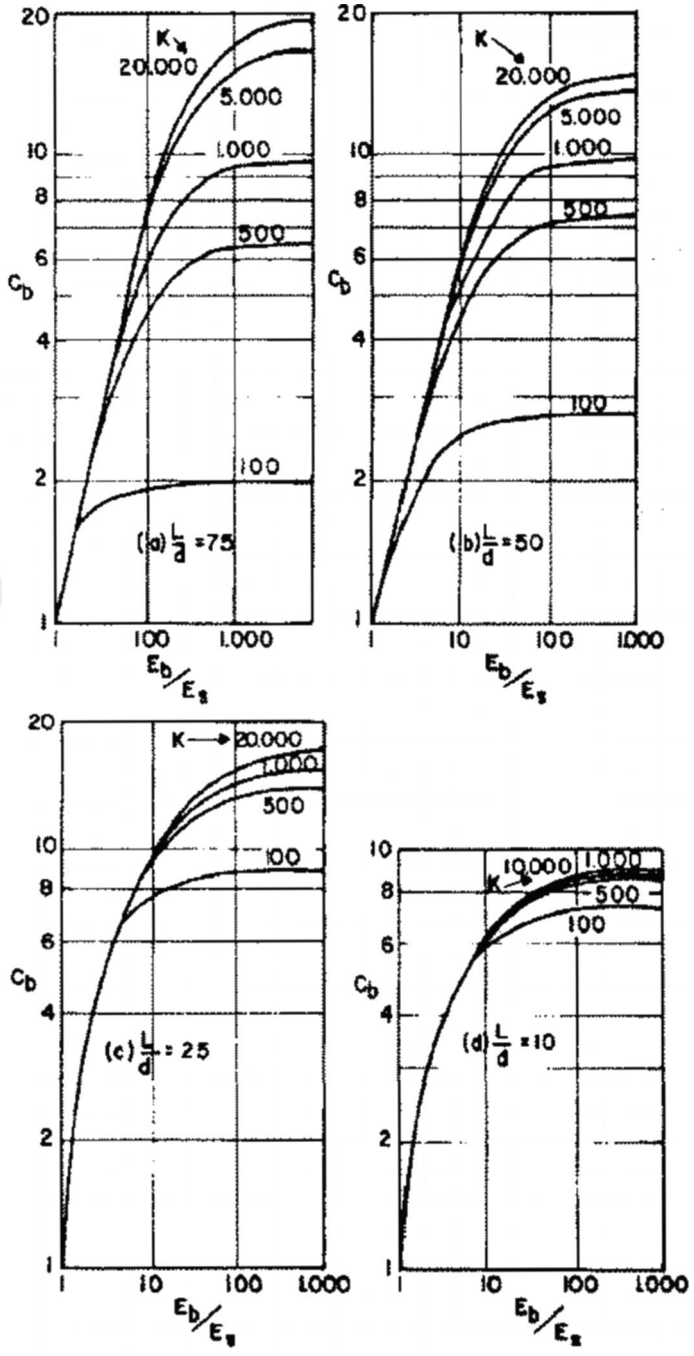


K : Ep/Es; kazığın elastisite modülünün çevre zemini elastisite modülüne oranı (Birimsiz),

ν_s : Çevre zemininin Poisson Oranı (Birimsiz),

C_v : Uç yükü için Poisson Oranı düzeltme faktörü (Birimsiz).

Şekil 2.17. C_v, uç yükü için Poisson Oranı faktörü [30]



K : Ep/Es; kazığın elastisite modülünün çevre zemini elastisite modülüne oranı (Birimsiz),

d : Kazık çapı (m),

L : Kazık boyu (m),

E_s : Kazık çevresindeki zeminin elastisite modülü (kN/m^2),

E_b : Kazık ucundaki zeminin elastisite modülü (kN/m^2),

C_b : Uç yükü için taban modülü düzeltme faktörü (Birimsiz).

Şekil 2.18. C_b, uç yükü için taban modülü düzeltme faktörü [30]

Kazık çevre oturması ise;

$$\Delta_s = \frac{Q_s}{E_s \cdot d \cdot (1-\beta_c)} \tag{2.28}$$

bağıntısıyla hesaplanır. Burada;

Δ_s : Kazık çevresi oturması (m),

Q_s : Çevre taşıma gücü (kN),

E_s : Kazık çevresindeki zeminin elastisite modülü (kN/m^2),

β_c : Düzeltilmiş toplam yük uç yükü oranı katsayısıdır (Birimsiz).

Uç yükünün tepkisinden dolayı tekil kazığın kendi içerisindeki elastik boy kısalması ise;

$$\Delta_p = \left[Q_b - \frac{Q_s \cdot \beta_c}{1-\beta_c} \right] \cdot \frac{1}{A_p \cdot E_p} \tag{2.29}$$

bağıntısı ile ifade edilir. Burada;

Δ_p : Kazığın elastik boy kısalması (m),

Q_b : Uç taşıma gücü (kN),

Q_s : Çevre taşıma gücü (kN),

A_p : Kazık en kesit alanı (m^2),

E_p : Kazık elastisite modülüdür (kN/m^2).

(2.25), (2.28) ve (2.29) numaralı eşitlikler ile hesaplanan oturmalar toplanarak, toplam kazık oturması aşağıdaki şekilde bulunur.

$$\Delta_t = \Delta_b + \Delta_s + \Delta_p \tag{2.30}$$

Burada;

Δ_t : Kazığın toplam oturması (m),

Δ_b : Kazığın uç oturması (m),

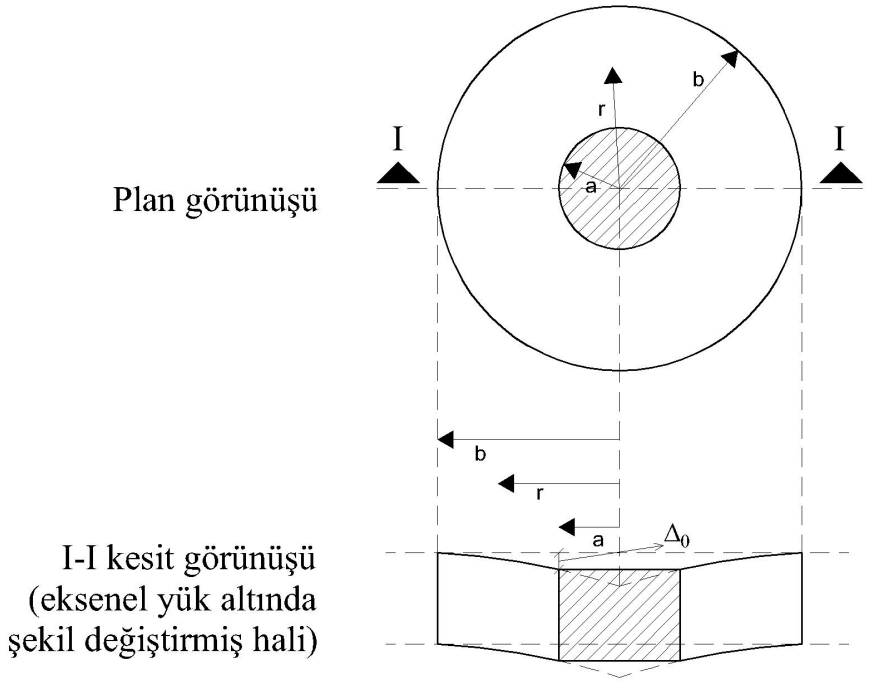
Δ_s : Kazığın çevre oturması (m),

Δ_p : Kazığın elastik boy kısalmasıdır (m).

2.4.2. Yaylar sistemi kabulü

Winkler metodu olarak da anılan bu yöntemin temel prensibi, kazığın etkileşim içerisinde olduğu zeminin mekanik davranışını elastik ya da elastoplastik yaylar ile modellemektir.

Söz konusu yay modelinde kazığın rijit davrandığı kabul edilir ve kazık ucu kuvvetleri ihmal edilir. Bu nedenle kazık şaftı boyunca kazık-zemin arasındaki kayma gerilmesi (sürtünme direnci) dikkate alınarak oturma hesabı yapılır. [29]



Şekil 2.19. Kazık ve kazığın etkileşim içerisinde olduğu zemini temsil eden disk

Şekil 2.19.'da a yarıçaplı taralı olan kazık (rijit) diski, b ise kazığın (rijit diskin) etki edebileceği azami uzaklığı temsil eder. r ise merkezden herhangi bir uzaklıktır. Merkezde r kadar uzaklıktaki düşey ötelenme;

$$\frac{\partial^2 \Delta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \Delta}{\partial r} \tag{2.31}$$

diferansiyel denklemi yardımıyla bulunabilir. Burada;

Δ : Oturma (m),
r : Merkezden herhangi bir uzaklıktır (m).

Eksenel yük altında, merkezden b kadar uzaklıkta oturma sıfır iken, merkez noktasında ve merkezden a kadar uzaklıkta ise azami olacaktır. Bu durumda (2.31) eşitliği;

$$\Delta = \Delta_0 \cdot \left(1 - \frac{\ln r/a}{\ln b/a} \right) \tag{2.32}$$

halini alır. Burada;
Δ : Oturma (m),
Δ_0 : Kazık-zemin yüzeyindeki oturma (m),
r : Merkezden herhangi bir uzaklık (m),
a : Rijit disk (kazık) yarı çapı (m),
b : Rijit diskin (kazığın) etki edebileceği azami uzaklıktır (m).

Winkler hipotezinden bilindiği üzere yatak katsayısı, gerilmenin deplasmana olan oranı ile ifade edilir. Bu tanımı, probleme uyguladığımızda;

$$k_0 = \frac{\tau_0}{\Delta_0} \tag{2.33}$$

denklemini elde ederiz. Burada;
k_0 : Zemini temsil eden yay (yatak) katsayısı (kN/m^3),
τ_0 : Kazık zemin yüzeyindeki kayma gerilmesi (kN/m^2),
Δ_0 : Kazık zemin yüzeyindeki oturmadır (m).

2.4.2.1. Scott yaylar sistemi yaklaşımı

Scott [31], yaptığı çalışmalar sonucunda yay (yatak) katsayısını;

$$k_0 = \frac{G}{4a} = \frac{G}{2 \cdot D} \tag{2.34}$$

olarak belirlemiştir. Burada;

k : Zemini temsil eden yay (yatak) katsayısı (kN/m^3),

a : Rijit disk (kazık) yarı çapı (m),

D : Rijit disk (kazık) çapı (m),

G : Zemin kayma modülüdür (kN/m^2).

Eşitlik (2.33)'e dayanarak oturma, Scott [31] yay modelinde oturma aşağıdaki denklem ile ifade edilebilir.

$$\Delta_0 = \frac{\tau_0}{k_0} = \frac{2 \cdot Q_s}{\pi \cdot G \cdot L_p} \tag{2.35}$$

Burada;

Δ_0 : Kazık zemin yüzeyindeki oturmadır (m).

Q_s : Kazığın taşıdığı çevre (sürtünme) yükü (kN),

G : Kazığı çevreleyen zeminin kayma modülü (kN/m^2),

L_p : Kazığın zemin içerisindeki uzunluğudur (m).

2.4.3. Tomlinson yaklaşımı

Tomlinson [10], kazığın uçta ve çevrede taşıdığı yükün biliniyor olması durumunda kazık oturmasının güvenle hesaplanabileceğini ileri sürmüştür. Kazığın elastik kısalması, şaftın elastik kısalması ve kazık tabanındaki zeminin sıkışması toplamı;

$$\Delta = \frac{(Q_s + 2 \cdot Q_b) \cdot L}{2 \cdot A_s \cdot E_p} + \frac{\pi}{4} \cdot \frac{Q_b}{A_b} \cdot \frac{D \cdot (1 - \nu_p^2) \cdot I_p}{E_b} \quad (2.36)$$

bağıntısı ile verilmiştir. Burada;

Δ : Oturma (m),

Q_s : Toplam çevre sürtünme kuvveti (kN),

Q_b : Toplam uç kuvveti (kN),

L : Kazık uzunluğu (m),

A_s : Toplam çevre sürtünme alanı (m^2),

E_p : Kazık elastisite modülü (kN/m^2),

A_p : Kazık kesit alanı (m^2),

D : Kazık çapı (m),

ν_p : Kazığın Poisson oranı (Birimsiz),

I_p : Poisson oranının 0,00~0,25 arasında olması ve L/D>5 olması durumunda 0,50 alınır (Birimsiz).

E_b : Kazık tabanındaki zeminin elastisite modülüdür (kN/m^2).

2.4.4. Das yaklaşımı

Vesic (1977) yaklaşımını temel alan bu yöntemde düşey yük altındaki toplam oturma Das [4] tarafından üç ayrı bileşende incelenmiştir ve aşağıdaki bağıntı verilmiştir.

$$\Delta = \Delta_p + \Delta_b + \Delta_s \quad (2.37)$$

Burada;

Δ : Toplam oturma (m),

Δ_p : Kazığın elastik boy kısalması (m),

Δ_b : Uç yükünden dolayı oluşan oturma (m),

Δ_s : Çevre (şaft) sürtünmesinden dolayı oluşan oturmadır (m).

Kazık malzemesinin elastik olduğu kabul edildiğinde, kazığın elastik boy kısalması;

$$\Delta_p = \frac{(Q_b + \xi \cdot Q_s) \cdot L}{A_p \cdot E_p} \tag{2.38}$$

Burada;

Δ_p : Kazığın elastik boy kısalması (m),

Q_b : Kazığın uç bölgesinde taşıdığı yük (kN),

ξ : Çevre (sürtünme) kuvveti katsayısı (Birimsiz),

Q_s : Kazığın çevre (sürtünme) direnci ile taşıdığı yük (kN),

L : Kazık uzunluğu (m),

A_p : Kazığın kesit alanı (m^2),

E_p : Kazığın elastisite modülüdür (kN/m^2).

Eşitlik (2.38)'deki "ξ" çevresel sürtünme katsayısı, sürtünme yükü dağılımının şekline göre 0.50 ile 0.67 arasında değişkenlik göstermektedir. Fakat Sharma ve Joshi [32] sürtünme yükü dağılım biçiminin "ξ" katsayısına duyarlı olmadığını ve sunulan iki değerden birinin kullanılabileceğini belirtmiştlerdir.

Bu yaklaşımda uç yükü nedeniyle meydana gelen Δ_b oturma değeri ise;

$$\Delta_b = \frac{Q_b \cdot D}{A_p \cdot E_b} \cdot (1 - \nu_b{}^2) \cdot I_b \tag{2.39}$$

şeklinde verilmiştir. Burada;

Δ_b : Kazığın uç yükü nedeniyle oturması (m),

Q_b : Kazığın uç bölgesinde taşıdığı yük (kN),

D : Kazık çapı (m),

A_p : Kazığın kesit alanı (m^2),

E_b : Kazık uç bölgesindeki zeminin elastisite modülü (kN/m^2),

ν_b : Kazığın uç bölgesindeki zeminin Poisson oranı (Birimsiz),

I_b : Uç yükü etki faktörüdür. 0.85 alınabilir (Birimsiz).

Sürtünme (çevre) yükü nedeniyle meydana gelen oturma Denklem (2.39)'a benzer şekilde verilmiştir:

$$\Delta_s = \frac{Q_s \cdot D}{A_s \cdot E_s} \cdot \left(1 - \nu_s^{\,2}\right) \cdot I_S \tag{2.40}$$

Burada;

Δ_s : Kazığın çevresel sürtünme yükü nedeniyle oturması (m),

Q_b : Kazığın çevre (sürtünme) bölgesinde taşıdığı yük (kN),

D : Kazık çapı (m),

A_s : Kazığın çevre (sürtünme) alanı (m^2),

E_s : Kazık çevresindeki zeminin elastisite modülü (kN/m^2),

ν_s : Kazığın çevresindeki zeminin Poisson oranı (Birimsiz),

I_s : Çevresel sürtünme yükü etki faktörüdür.

I_s etki faktörü için Vesic [33] tarafından,

$$I_s = 2 + 0.35 \cdot \sqrt{\frac{L_p}{D}} \tag{2.41}$$

bağıntısı önerilmiştir. Burada,

I_s : Çevresel sürtünme yükü etki faktörü (Birimsiz),

L_p : Kazık uzunluğu (m),

D : Kazık çapıdır (m).

Eşitlik (2.36)'da da belirtildiği gibi (2.38), (2.39) ve (2.40) eşitliklerinden çıkan sonuçlar toplanarak, toplam kazık oturması bulunur.

BÖLÜM 3. KAZIK YÜKLEME DENEYLERİ

3.1. Giriş

Bir derin temel çeşidi olan kazıkların içinde bulundukları zeminin deterministik olarak ideal biçimde olmaması nedeniyle kazığın teorik yaklaşımlarla taşıma kapasitesini belirlemek her zaman gerçeği yansıtmamaktadır. Hal böyle iken büyük çaplı ve/veya hassas yapı imalatı (sınırlı oturma istenmesi vs.) gerektiren projelerde kazığın taşyabileceği nihai yük ve gerçekleştireceği nihai oturmayı en güvenli biçimde belirlemek amacıyla kazık yükleme deneylerine başvurulması büyük önem taşımaktadır.

Kazık yükleme deneyinin yapılacağı alanda sondaja dayalı zemin incelemesinin yapılması, sondaj sırasında alınan zemin numunelerinin laboratuvarda fiziksel/indeks ve mekanik deneylerinin gerçekleştirilmesi ve SPT, CPT, Pressiyometre Deneyi ya da Kanatlı Kesici (Vane) Deneyi'nden en az birinin yapılması gerekmektedir.

3.2. Statik Yükleme Deneyleri

Statik kazık yükleme deneyleri kazığın üzerine ölü yük uygulayarak veya deney kazığının çevresine gereken reaksiyon sistemi yapılarak bir düzenek yardımıyla gerçekleştirilebilir. Kazık üzerine uygulanan yükler belirli zaman aralıklarında artırılarak ya da artırılıp azaltılarak (çevrimsel) yük - oturma ilişkisine dayalı olarak deney yorumlanır. Statik kazık yükleme deneyi ile ilgili Dünya'da en yaygın kullanılan şartnameler; basma deneyinde ASTM D1143 [34], çekme deneyinde ise ASTM D3689 [35] olmuştur.

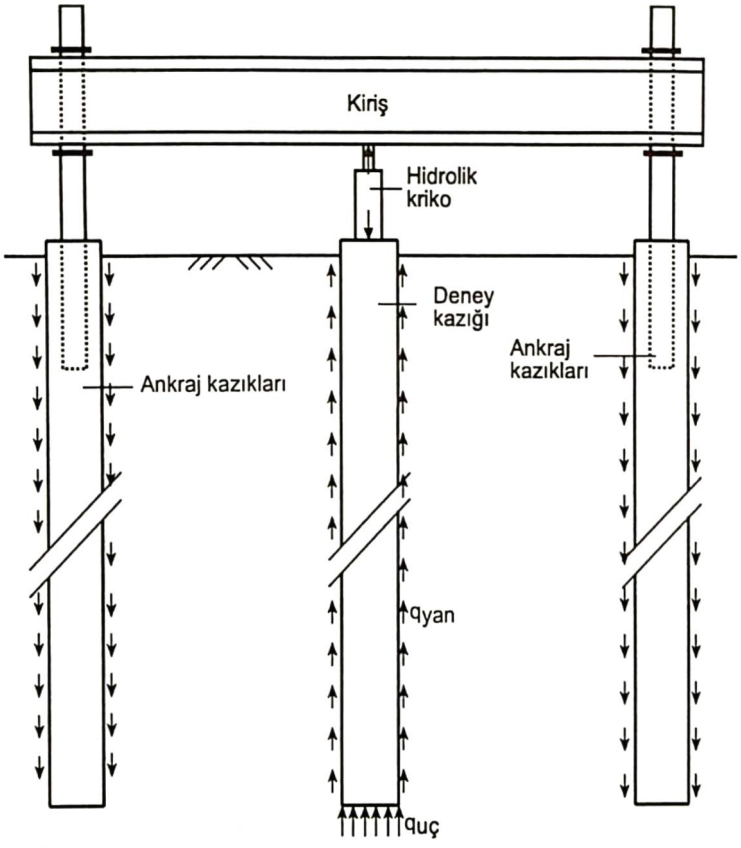
Statik yükleme deneyi genelde iki amaca hizmet eder. Bunlardan biri kazığın göçme yükünü belirlemektir. Göçme yükü, deney kazığına görece az yük verilmesine

karşılık görece fazla oturmaların meydana geldiği yük miktarları olarak kabul edilir. Deney oldukça uzun sürer ve maliyeti yüksektir.

Statik yükleme deneyinin amaçlarından diğeri ise söz konusu kazığın tasarım yükünü taşıyabildiğini ispatlamak (kontrol amaçlı) içindir. Pratikte daha kısa sürmesi ve dolayısıyla daha ekonomik olması nedeniyle kontrol deneyleri gerçekleştirilir.

3.2.1. Eksenel basma deneyi

Eksenel basınç yükleme deneyi, kazığın basma kapasitesini belirlemek amacıyla uygulanır. Bölüm 3.2.'de de belirtildiği gibi ASTM D1143 [34] şartnamesinde yükleme yöntemleri detaylandırılmıştır. Tipik bir eksenel basma deneyi Şekil 3.1.'de kurgulanmıştır.

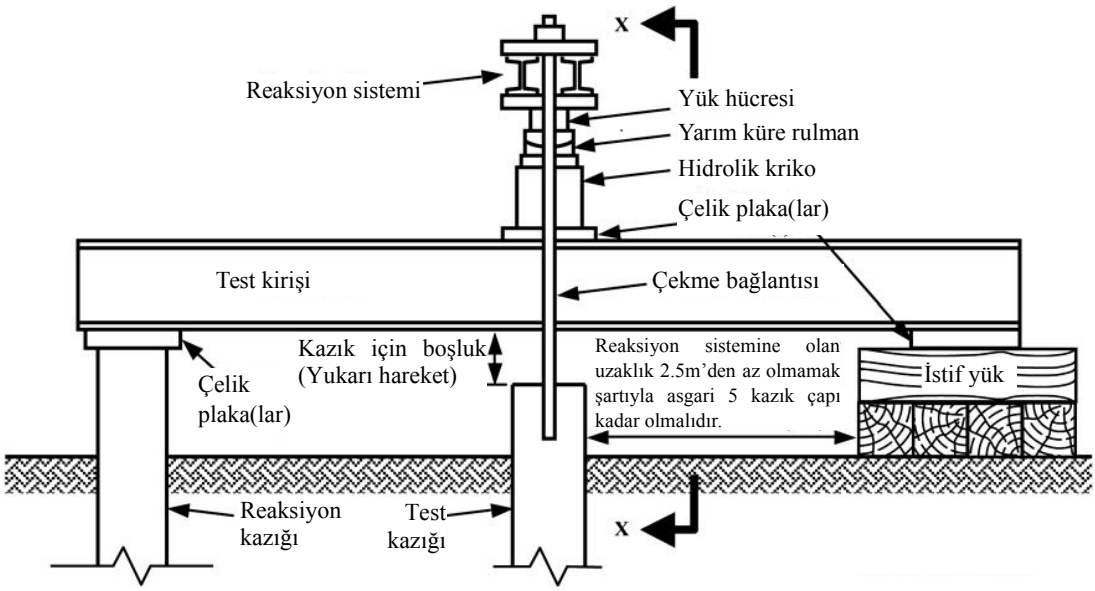


Şekil 3.1. Eksenel basınç kazık yükleme deneyi düzeneği [1]

3.2.2. Eksenel çekme deneyi

Kazıkların çekme kapasitesini hesaplamak için kullanılan bu yöntem, dinamik yükler altında temelinde yer çekiminin aksi yönünde yer değiştirmeye maruz kalan yapılardaki kazıklar için önem arz etmektedir. Yapı, dinamik yükler altında devrilmeye zorlanınca temelden itibaren yapının üst bölümlerine doğru çekme gerilmeleri oluşacaktır. Bölüm 3.2.'de de belirtildiği gibi ASTM D3689 [35] şartnamesinde çekme kazıkları için yükleme yöntemleri detaylandırılmıştır.

Şekil 3.2.'de eksenel çekme yükleme deney düzeneği gösterilmiştir. Burada iki reaksiyon tipi aynı şekil üzerinde kurgulanmış olup deneyde tek reaksiyon tipi kullanılmalıdır.



Şekil 3.2. Eksenel çekme kazık yükleme deneyi düzeneği [34]

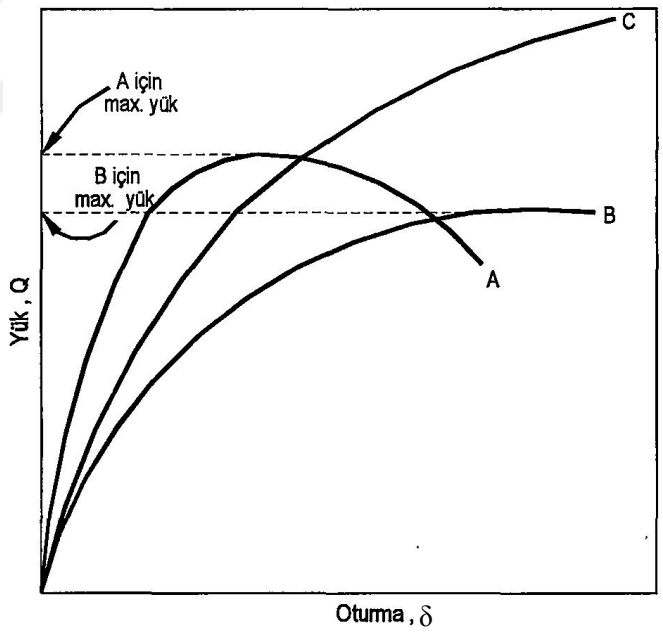
3.3. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kazık yükleme deneyleri sonucunda göçme yükününün tanımlanması konusunda literatürde bir çok öneri bulunmasına rağmen başlıca kabul gören üç kriter şu şekildedir [10]:

1. Kazık oturmasının, kazığa verilen yükte bir artış olmamasına rağmen arttığı yük.

2. Kazık oturmasının kazık çapının %10'una eşit olan yük.
3. Görece az miktarda yük arttığında, görece çok fazla kazık oturmasına neden olan yük.

Kazık yükleme deneyinden elde edilen yük-oturma eğrisi üzerine ilk bakışta kazığın göçmeye ulaşıp ulaşmadığı hakkında bir yorum yapılabilir. Bir örnek üzerinde incelemek gerekirse; Şekil 3.3. incelendiğinde kazık yükleme deneylerine ait tipik yük-oturma eğrileri A, B ve C olarak aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Buradan A ve B'nin doğrusal olmayan hatta geçtiğini ve dolayısıyla göçme yüküne ulaştığı anlaşılabilir. Fakat kazık yükleme deneylerinin sonucunda çoğunlukla C gibi bir yük-oturma eğrisi ile karşılaşılır. C'deki gibi bir yük-oturma eğrisine sahip kazık yükleme deneylerinin kazık göçme yükünün belirlenmesi ancak eğrinin yorumlanması ile mümkündür. Bu nedenle kazık yükleme deneylerinin yorumlanması büyük önem taşımaktadır [36].



Şekil 3.3. Kazık yükleme deneylrine ait başlıca tipik yük - oturma eğrileri [36]

Birçok araştırmacı tarafından kazık yükleme deneyi sonuçlarını yorumlamak için; matematiksel modele dayanan yöntemler, grafik yöntemler ve oturmayı sınırlandıran

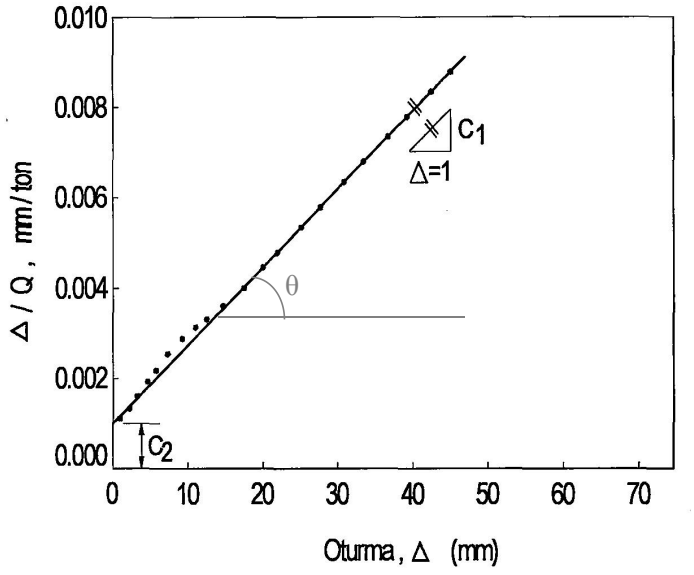
yöntemler olmak üzere üç ana başlık altında yöntemler geliştirmişlerdir. Bu tezde matematiksel modele dayanan yöntemler ve grafik yöntemler irdelenmiştir.

3.3.1. Matematiksel modele dayalı yöntemler

Matematiksel model üzerinden yapılan göçme yükü tayini, kullanıcı yorumuna bağlı olmadan yük - oturma eğrisi üzerinden yapılan matematiksel işlemlere dayanır.

3.3.1.1. Chin-Kondner yöntemi

Chin [37], Kondner'in 1963'te gerilme - deformasyon üzerine yaptığı çalışmayı tüm kazıklar için genelleyerek, göçme yüküne ulaşmamış kazık yükleme deneylerinin ekstrapolasyon ile yorumlanması üzerine bir yöntem geliştirmiştir.



Şekil 3.4. Chin-Kondner [37] Yöntemi [36]

Yöntemi açıklayacak olursak; her yük kademesinde okunan toplam oturma değeri, kendi yük değerine bölünerek elde edilen değerler (oturma/yük) ile her kademedeki oturma değerlerinin kesişim noktaları bir grafik üzerinde dağılım oluşturacak şekilde işaretlenir. Bu noktaların doğrusal olanları bir doğru üzerinde birleştirilir. Doğrunun

(oturma/yük) eksenini kestiği nokta C_2, doğrunun eğimine ise C_1 dersek; doğrunun eğiminin tersi, kazığın göçme yükünü verir.

$$C_1 = \tan\theta = \frac{\Delta / Q_{ult}}{\Delta} = \frac{1}{Q_{ult}} \tag{3.1.a}$$

$$Q_{ult1} = \frac{1}{C_1} \tag{3.1.b}$$

Burada;

Q_{ult} : Nihai (göçme) taşıma yükü (ton),

C_1 : Oturma - oturma/yük eğrisinse çizilen ideal doğrunun eğimi (ton^{-1}),

Δ : Oturma (mm),

θ : İdeal doğrunun oturma (Δ) ekseni ile yaptığı açıdır (° Derece).

Yük - oturma eğrisinin grafiği ise doğru denkleminden yola çıkılarak;

$$y = ax + b \tag{3.2.a}$$

$$\frac{\Delta}{Q} = \Delta \cdot C_1 + C_2 \tag{3.2.b}$$

$$Q = \frac{\Delta}{C_1 \cdot \Delta + C_2} \tag{3.2.c}$$

bağıntısından elde edilir. Burada;

Q : Kazığın taşıdığı yük (ton),

Δ : Oturma (mm),

C_1 : Oturma - oturma/yük eğrisine çizilen ideal doğrunun eğimi(ton^{-1}),

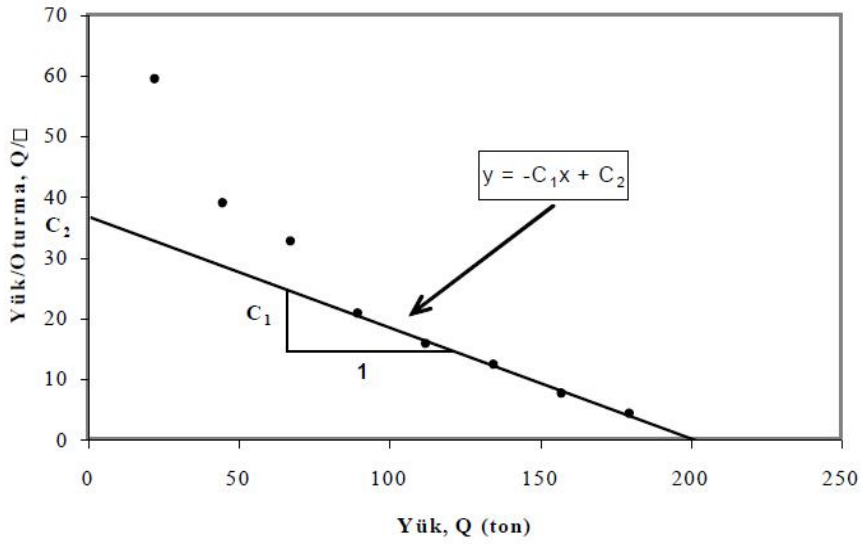
C_2 : Oturma - oturma/yük eğrisinse çizilen ideal doğrunun, oturma/yük eksenini kestiği noktadır (mm/ton).

Eşitlik (3.2.c)'de belirtilen yük-oturma eğrisi denklemi, oturma/yük-oturma grafiğindeki doğrusal noktalara istinaden verilen bir yük-oturma eğrisidir.

Bir ekstrapolasyon yöntemi olan Chin-Kondner Yöntemi, deneyin herhangi bir safhasında yapılabilir. Fakat oturma/yük-oturma grafiğinin doğrusal bir dağılıma ulaşabilmesi için deneyin henüz başında sayılabilecek oturma değerlerinde yapılması tavsiye edilmemektedir.

3.3.1.2. Decourt yöntemi

Decourt [38] tarafından önerilen bu yöntem Chin-Kondner yöntemine oldukça benzemektedir. Bu yöntemde her kademedeki yük değeri kendisine karşılık gelen oturma değerine bölünür ve elde edilen değerler ile yük değerleri bir grafik üzerinde dağılım halinde gösterilir.



Şekil 3.5. Decourt Yöntemi [39]

Dağılımın lineer olan nokta serileri yaklaşık bir doğru üzerinde birleştirilir. Bu yaklaşık doğrunun eğimi C_1, yük/oturma eksenini kestiği noktaya C_2 dersek, y=0 iken x= Q_{ult} olarak göçme yükü:

$$0 = C_1 \cdot Q_{ult} + C_2 \tag{3.3.a}$$

$$Q_{ult} = -\frac{C_2}{C_1} \tag{3.3.b}$$

şeklinde ifade edilir. Burada;

Q : Nihai kazık taşıma gücü (ton),

C_1 : Yük - yük/oturma eğrisine çizilen ideal doğrunun eğimidir (mm^{-1}).

C_2 : Yük - yük/oturma eğrisine çizilen ideal doğrunun, yük/oturma eksenini kestiği noktadır (ton/mm).

İdeal eğrinin denklemi ise:

$$y = C_1 \cdot x + C_2 \tag{3.4.a}$$

olduğundan, "y" yerine Q/Δ (yük/oturma) ve "x" yerine ise Q (yük) konulduğunda denklemin son hali;

$$Q = \frac{C_2 \cdot \Delta}{1 - C_1 \cdot \Delta} \tag{3.4.b}$$

şeklinde ifade edilir. Burada;

Q : Kazığın taşıdığı yük (ton),

Δ : Oturma miktarı (mm),

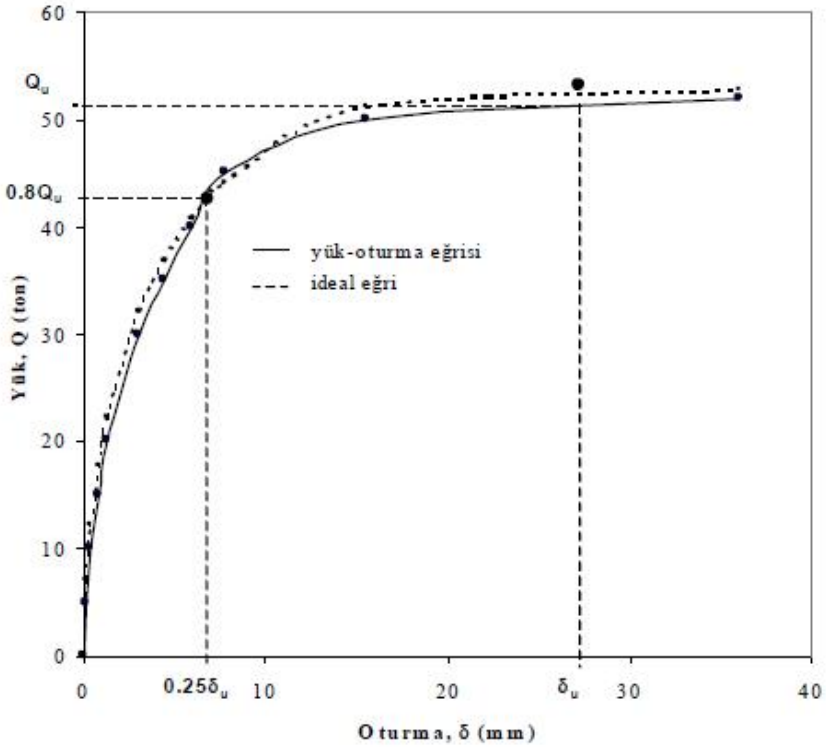
C_1 : Yük - yük/oturma eğrisine çizilen ideal doğrunun eğimi (mm^{-1}),

C_2 : Yük - yük/oturma eğrisine çizilen ideal doğrunun, yük/oturma eksenini kestiği noktadır (ton/mm).

Decourt yöntemi ile Chin-Kondner yönteminin sonuçları birbirine oldukça yakındır. Deneyin herhangi bir safhasında yapılabilir. Fakat başlangıçta az nokta elde edilebilmesi nedeniyle deneyin yanlış yorumlanma ihtimali olabileceğinden dağılımın doğrusal seriye ulaşması beklenmelidir.

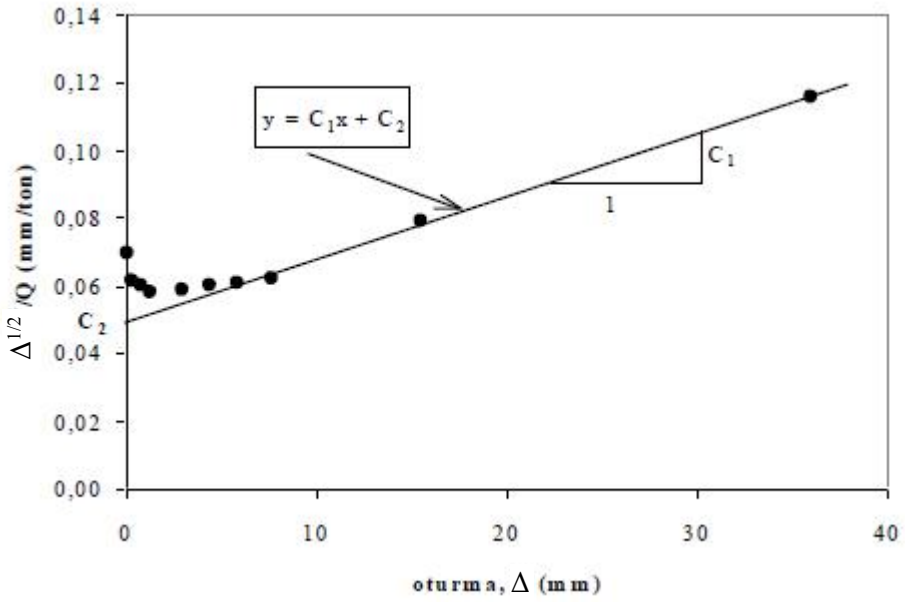
3.3.1.3. Brinch Hansen %80 yöntemi

Brinch Hansen tarafından yapılan çalışmada [40] göçme yükü tamini için kazık yükleme deneyinden elde edilen yük oturma eğrisi üzerinde bir yük seçilir. Eğer seçilen bu yüke karşılık gelen oturma miktarı, seçilen bu yükün %80'indeki yüke karşılık gelen oturma miktarının 4 katı ise o yük göçme yüküdür.



Şekil 3.6. Brinch Hansen %80 Yöntemi [39]

Göçme yükünün, yük - oturma eğrisi üzerinden yaklaşık olarak bulunabileceği gibi, net bir değer bulmak için öncelikle $\sqrt{(\Delta)}/Q$ - Δ dağılımı çizilerek doğrusal olan noktalar birleştirilerek eğri ideal duruma getirilir. Bu doğrunun eğimi C_1, $\sqrt{(\Delta)}/Q$ eksenini kestiği nokta C_2'dir.



Şekil 3.7. Brinch Hansen %80 Yöntemi İçin Analitik Çözüm Metodu [39]

İdeal doğrunun denklemi;

$$y = C_1 \cdot x + C_2 \tag{3.5.a}$$

olduğundan, "y" yerine $\Delta^{1/2}/Q$ ve "x" yerine ise Δ konulduğunda denklem son olarak;

$$Q = \frac{\sqrt{\Delta}}{C_1 \cdot \Delta + C_2} \tag{3.5.b}$$

halini alır. Burada;

Q : Kazığın taşıdığı yük (ton),

Δ : Oturma miktarı (mm),

C_1 : $\sqrt{(\Delta)}/Q$ - Δ eğrisinde çizilen ideal doğrunun eğimi (ton/mm$^{-1/2}$),

C_2 : $\sqrt{(\Delta)}/Q$ - Δ eğrisinde çizilen ideal doğrunun, yük/oturma eğrisini kestiği noktadır (mm$^{-1/2}$/ton).

İlk paragrafta anlatılan kriter iki ayrı denkleme işlenip eşitlendiğinde;

$$0{,}80 \cdot \left(\frac{\sqrt{\Delta}}{C_1 \cdot \Delta + C_2} \right) = \frac{\sqrt{0{,}25 \cdot \Delta}}{0{,}25 \cdot C_1 \cdot \Delta + C_2} \tag{3.6.a}$$

bağıntısı bulunur. Bu bağıntının sonucunda göçme yükündeki oturma;

$$\Delta = \frac{C_2}{C_1} \tag{3.6.b}$$

olarak bulunur. Eşitlik (3.7)'deki göçme anındaki oturma değeinden yararlanarak bu değer Eşitlik (3.5.b)'de yerine konulduğunda elde edilen göçme yükü bağıntısı aşağıda bulunan Eşitlik (3.7)'de verilmiştir.

$$Q_{ult} = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{C_1 \cdot C_2}} \tag{3.7}$$

Burada;

Q_{ult} : Nihai kazık taşıma kapasitesi (mm),

C_1 : $\sqrt{(\Delta)}/Q$ - Δ eğrisinde çizilen ideal doğrunun eğimi (ton/mm$^{-1/2}$),

C_2 : $\sqrt{(\Delta)}/Q$ - Δ eğrisinde çizilen ideal doğrunun, yük/oturma eğrisini kestiği noktadır (mm$^{-1/2}$/ton).

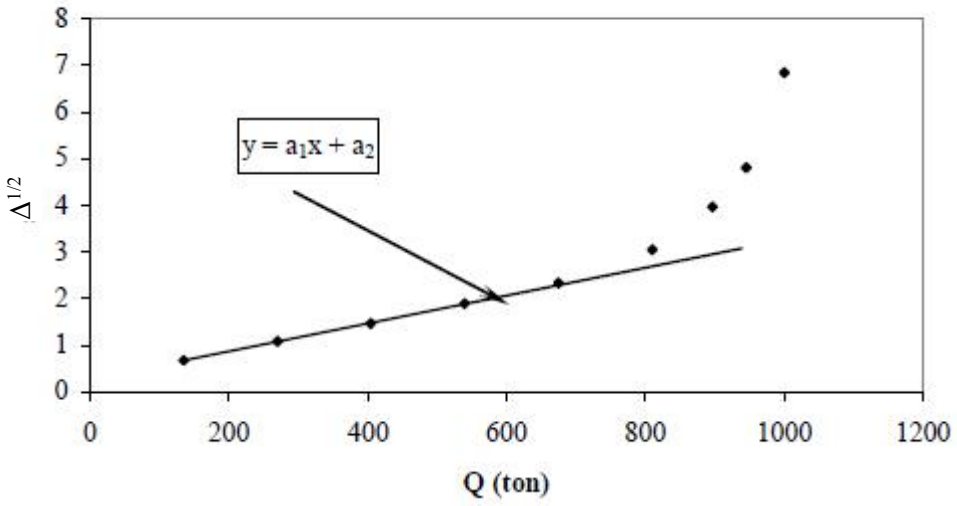
3.3.1.4. Özkan - Alku yöntemi

Bu yöntem, Alku [39] tarafından göçme yüküne kadar yüklenmeyen kazıkların değerlendirilmesi ve mevcut şartlarda en iyi şekilde yorumlanabilmesi amacıyla 40 adet kazık yükleme deneyi üzerinden geliştirilmiştir.

Bu yöntemde esas olan önceki başlıklarda anlatılan yöntemlerin aksine yük-oturma grafiğini tek fonksiyon olarak değil çift fonksiyon olarak belirlemektir. Göçme (nihai) yükünün bulunması ise başlangıç değil, son fonksiyon aracığılıyla yapılır.

Yük oturma eğrisinin başlangıç bölümünü idealleştirmek için $\sqrt{\Delta}$ - Q (oturmanın karekökü - yük) grafiği çizilir. Bu dağılımda yer alan noktalar Şekil 3.8.'deki gibi

belli bir değere kadar doğrusal olarak ilerler. Bu noktalar birleştirilerek oluşturulan doğrunun eğimi ve düşey ekseni kestiği nokta bulunur.



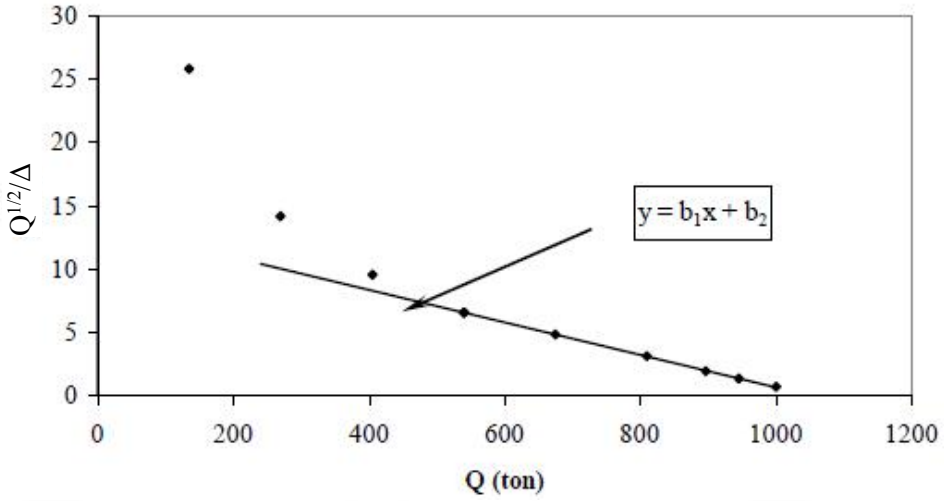
Şekil 3.8. Özkan - Alku yöntemi başlangıç grafiği [39]

Şekil 3.8'de ideal hale getirilen doğruda;

a_1 : Doğrunun eğimi ($mm^{-1/2}$/ton),

a_2 : Doğrunun düşey ekseni kestiği değerdir (ton).

İdeal yük-oturma eğrisinin son bölümü için ise Şekil 3.9.'daki gibi √Q/Δ - Q (yükün karekökü bölü oturma - yük) grafiği çizilir. Bu dağılımdaki noktalar belli bir değerden sonra doğrusal halde ilerler. Bu noktalar birleştirilerek oluşturulan doğrunun eğimi ve düşey ekseni kestiği nokta bulunur.



Şekil 3.9. Özkan - Alku yöntemi sonlanma grafiği [39]

Şekil 3.9.'daki ideal doğruda;

b_1 : Doğrunun eğimi,

b_2 : Doğrunun düşey ekseni kestiği değerdir.

Şekil 3.9'daki ideal doğru denklemi aşağıda bulunan Eşitlik (3.7.a)'da verilmiştir.

$$y = b_1 \cdot x + b_2 \tag{3.7.a}$$

Eşitlik (3.7.a)'da; "y" yerine "√(Q)/Δ", "x" yerine "Q" konulduğunda;

$$\Delta_e = \frac{\sqrt{Q}}{b_1 \cdot Q + b_2} \tag{3.7.b}$$

bağıntısı elde edilir. Burada;

Δ_e : Eğrinin sonlanma bölümündeki oturma (mm),

Q : Kazığa uygulanan yük (ton),

b_1 : Sonlanma grafiğindeki ideal doğrunun eğimi ($mm/ton^{1/2}$),

b_2 : Sonlanma grafiğindeki ideal doğrunun düşey ekseni kestiği değerdir ($ton^{1/2}/mm$).

Kazık oturmasının sonsuza gidebilmesi için Eşitlik (3.7.b)'de paydanın sıfıra eşitlenmesi gerekir. Bu işlemin sonunca göçme yükü;

$$Q_{ult} = -\frac{b_2}{b_1} \tag{3.8}$$

olur. Burada;

Q_{ult} : Göçme (nihai) yükü (ton),

b_1 : Sonlanma grafiğindeki ideal doğrunun eğimi (mm/ton$^{1/2}$),

b_2 : Sonlanma grafiğindeki ideal doğrunun düşey ekseni kestiği değerdir (ton$^{1/2}$/mm).

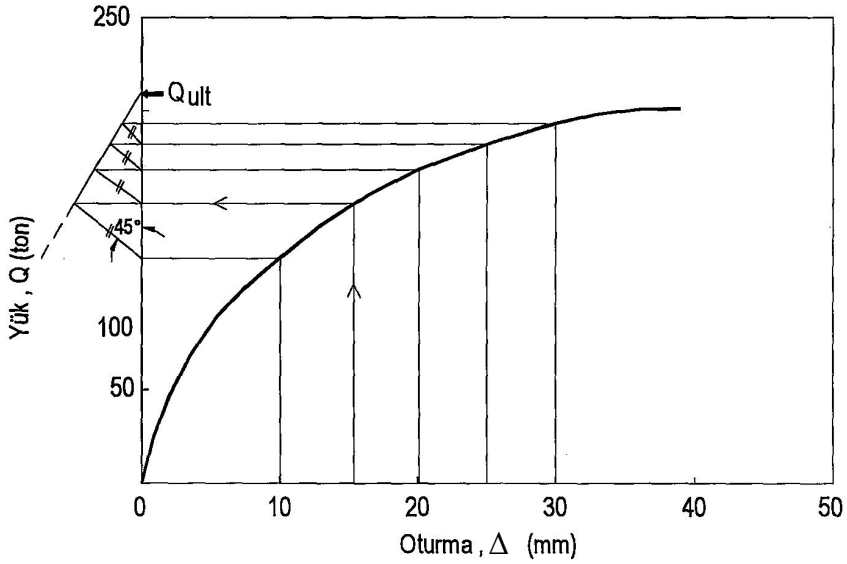
3.3.2. Grafik yöntemler

Grafik yöntemler, matematiksel modele dayalı yöntemlere kıyasla öznel işlemlere ve yük - oturma eğrisnin ölçeğine bağlı olabilirler. Yük-oturma eğrisi üzerinde grafiksel (geometrik) işlemler yapılarak göçme yükü değerlendirilmesi yapılır.

3.3.2.1. Mazurkiewicz yöntemi

Bir grafik yöntem olan Mazurkiewicz [41] yönteminde, yük-oturma grafiğinin oturma ekseni eşit aralıklara bölünür ve bölen noktalardan yük eksenine dik olarak yük-oturma eğrisini kesecek şekilde paralel doğrular çizilir. Paralellerin yük-oturma eğrisini kestiği noktalardan yük eksenine dik doğrular çizilir. Bu doğruların yük eksenini kestiği noktalardan yük ekseni ile 45° açı yapacak şekilde doğrular çizilir. Bu doğruların kendinden bir sonraki dikmeyi kestiği nokatalar belirlenir. Bu noktalar yaklaşık bir doğru üzerinde birleştiriler. Bu doğrunun yük eksenini kestiği noktadaki yük değeri o kazığın göçme yükünü verir. Yöntem, Şekil 2.8'de verilmiştir.

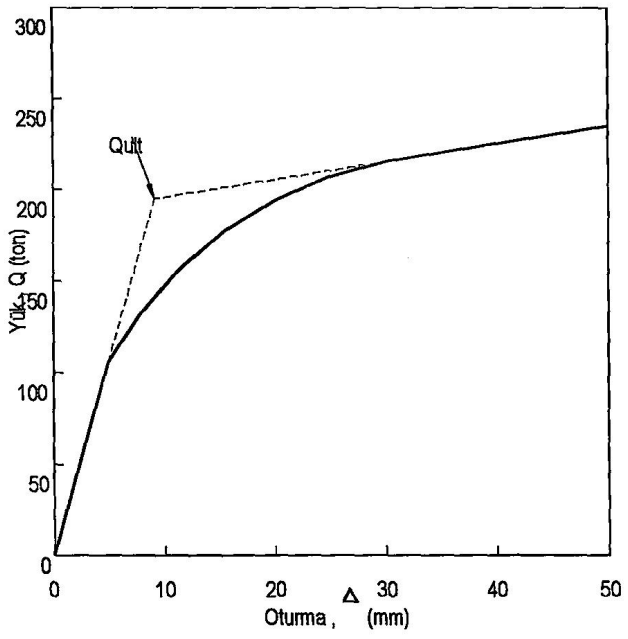
Bu yöntemde yük-oturma eğrisinin parabolik olduğu kabul edilmektedir.



Şekil 3.10. Mazurkiewicz Yöntemi [36]

3.3.2.2. Teğet yöntemi

Mansur ve Kaufman [42] tarafından önerilen bu yöntemde yük-oturma grafiğinin başlangıç ve sonlanış eğrilerinden çizilen teğetlerin kesişminin yük eksenini kestiği nokta göçme yükü değerini verir.



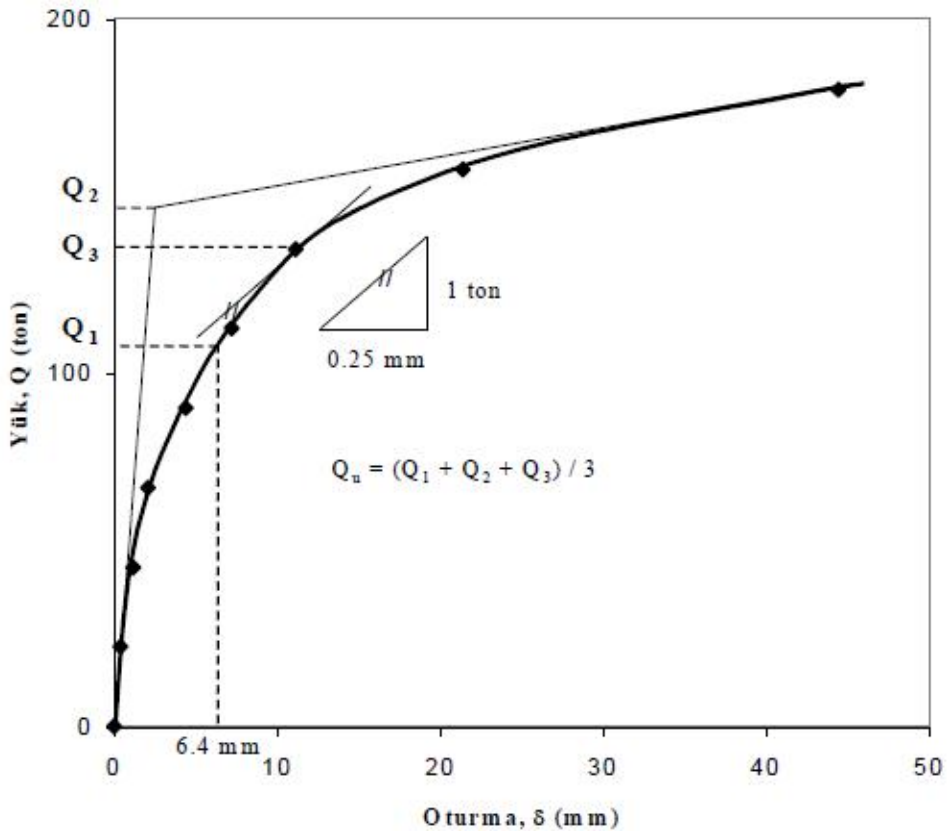
Şekil 3.11. Teğet (Mansur ve Kaufman)Yöntemi [36]

Bu yöntem parabolik eğilim göstermeyip doğrusala yakın devam eden yük-oturma eğrilerinde fazla muhafazakar sonuçlar vermektedir. Uygulaması kolay olan bu yöntem, parabolik eğilim gösteren yük-oturma eğrilerinde kullanılmalıdır.

3.3.2.3. Corps Of Engineers yöntemi

U.S. Army Corps of Engineers [43] tarafından önerilen bu yöntemde üç adet göçme yükü bulunur. Bunlar;

I. 6.35 mm (0.25") oturmaya denk gelen yük değeri (Q_1)
II. Yük-oturma eğrisinin eğiminin 0.254 mm/ton (0.01"/ton) olduğu noktadaki yük değeri (Q_2)
III. Teğet Yöntemi'nden [41] bulunan yük değeri (Q_3)



Şekil 3.12. Corps of Engineers Yöntemi [39]

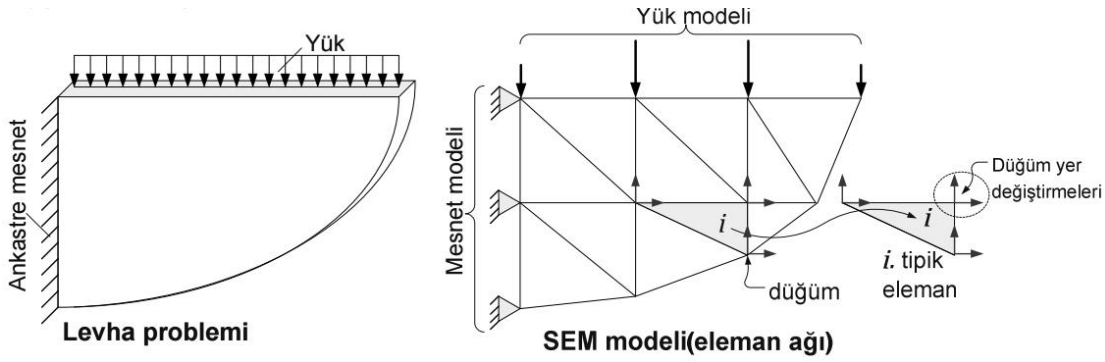
Göçme yükü ise bulunan bu üç yükün ortalaması ((Q_1+Q_2+Q_3)/3) olarak alınır.

BÖLÜM 4. SONLU ELEMANLAR METODU

4.1. Giriş

Metodun mantığı, karmaşık olan bir mekanik problemi, klasik yöntemlerde de olduğu gibi "böl ve çöz" mantığına dayanır. Esas olarak klasik mekanikte de uygulamakta olduğumuz bu yöntemde gerçek sonuca daha da yaklaşmak için bir sistemin daha çok sonlu eleman'a bölünmesi gerekmektedir. Çözümün uzun süreceği aşikar olan bu durumda, bilgisayarlar bize yardımcı olmaktadır.

Sonlu elemanlar metodu ilk olarak 1956 yılında uçak gövdelerinin gerilme analizini yapmak amacıyla kullanılmış olup, bu tarihten itibaren mühendislik bilimleri arasında oldukça yaygınlaşmıştır.



Şekil 4.1. Gerçek problem ve sonlu elemanlar modeli [44]

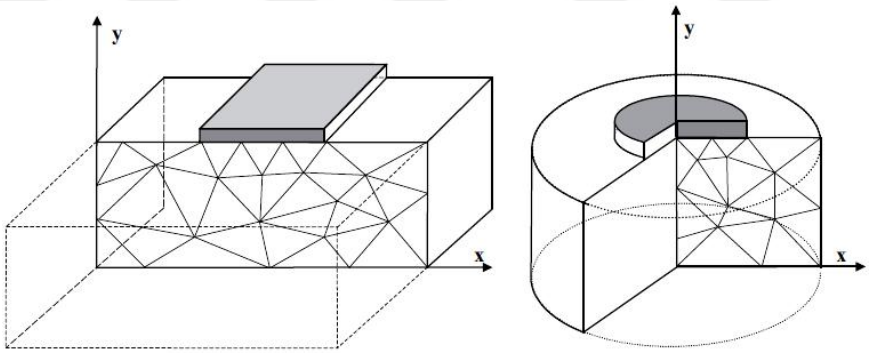
Şekil 4.1.'de mekanik bir problem (solda), çözüme hassas olarak ulaşmak amacıyla sonlu elemanlara (sağda) ayrılmıştır. Mesnet modeli, eşdeğer yük modeli ve levha eleman ağı (mesh) oluşturulmuştur. Böylece levhanın gerilme dağılımı ve hangi noktasının ne kadar yer değiştirdiği yaklaşık olarak bilinebilecektir.

4.2. Plaxis 2D 2017 Bilgisayar Yazılımı

Geoteknik bilim dalındaki problemlerin çözümüne yönelik sonlu elemanlar ile çözüm yapan bilgisayar yazılımlarından biri, ticari adı PLAXIS olan yazılımdır. Bu çalışmada sözkonusu yazılımın iki boyutlu versiyonu olan PLAXIS 2D 2017 versiyonu kullanılmıştır. İlerleyen başlıklarda bu yazılımın özellikleri detaylı olarak anlatılacaktır.

4.2.1. Grafik model

PLAXIS 2D 2017 yazılımı hesaplarını iki boyutta yapar. Hesap sonucu için ise üçüncü boyutu kullanıcının belirlediği birim uzunluk (cm, m, ft, vs.) üzerinden gerçekleştirir. Bu bağlamda PLAXIS, plane strain (düzlem deformasyon) ve axisymmetric (eksenel simetri) olmak üzere iki ayrı model geometrisi seçeneği sunmaktadır. Bu modeller Şekil 4.2 'te kurgulanmıştır.



Şekil 4.2. Düzlem deformasyon modeli (solda) ve eksenel simetri modeli (sağda) [45]

Düzlem deformasyon (plane strain) modelinde düzleme dik olan belirli bir uzunluk için hesaplama yapılır. Model düzlemine dik yöndeki yer değiştirmenin ve gerilmelerin sıfır (0) olduğu kabul edilir.

Eksenel simetri (axisymmetric) modelinde yarıçap doğrultusunda özdeş olduğu varsayılan simetrik bir model biçimi hesaba alınır. Yazılımdaki y-koordinatı merkez kabul edilerek pozitif yönde herhangi bir x noktasına (yarıçapa) kadar modelleme

yapılır. Düzlem deformasyon (plane strain) modelinin aksine eksenel simetri (axisymmetric) model, sonu olan bir üç boyutlu model davranışı sergiler [45].

4.2.2. Elemanlar

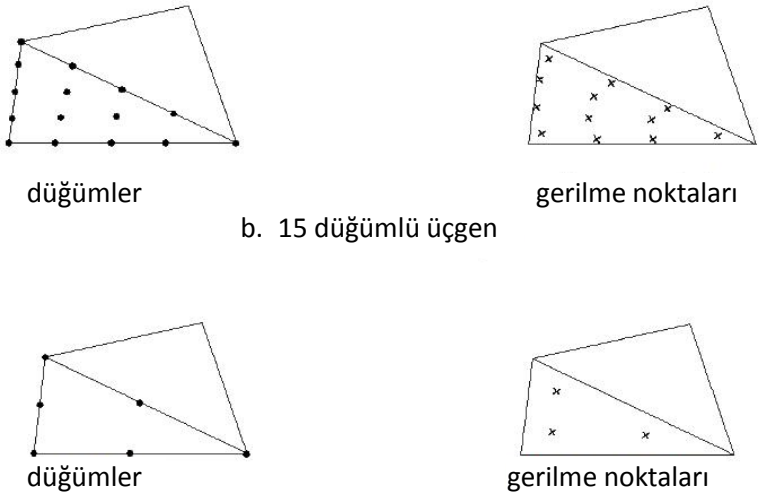
PLAXIS 2D 2017 yazılımında 15 düğümlü ve 6 düğümlü olmak üzere iki ayrı üçgen sonlu eleman tipi bulunmaktadır.

15 düğümlü üçgen eleman, yer değiştirmeler için dördüncü derece enterpolasyon sağlar ve sayısal integrasyon, on iki Gauss noktası (gerilme noktası) içerir. Yapısal elemanlar ve arabirimler için eleman tipi, burada seçilen zemin elemanı türüne göre otomatik olarak alınır.

15 düğümlü üçgen eleman, sıkıştırılamaz zeminler için göçme hesaplamalarında olduğu gibi, zor problemler için yüksek kaliteli stres sonuçları üreten çok doğru bir elementtir. 15 düğümlü üçgen eleman özellikle eksenel simetrik analizde kullanılması önerilir. 15 düğümlü üçgenlerin kullanılması bilgisayar için daha fazla bellek (RAM) tüketimine ve daha yavaş hesaplama performansına neden olur.

6 düğümlü üçgen eleman, yer değiştirmeler için ikinci dereceden enterpolasyon sağlar ve sayısal integrasyon üç Gauss noktası (gerilme noktası) içerir. Yapısal elemanlar ve arabirimler için eleman tipi, burada seçilen zemin türüne göre otomatik olarak alınır.

6 düğümlü üçgen eleman, yeterli sayıda elemanın kullanılması koşuluyla, standart deformasyon analizlerinde iyi sonuçlar veren bir elemandır. Bununla birlikte, eksenel simetrik modelle veya hassas bir sistemin analizi durumlarda dikkat edilmelidir.



Şekil 4.3. Sonlu elemanlardaki düğüm ve stres noktalarının pozisyonları [45]

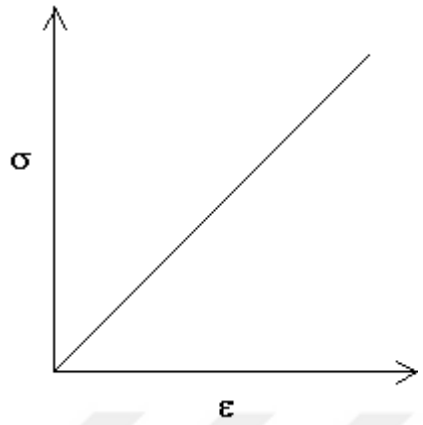
4.2.3. Malzeme modelleri

Zeminlerin mekanik davranışı çeşitli doğruluk derecelerinde modellenebilir. Örneğin, Hooke Yasası, mevcut en basit yük - şekil değiştirme ilişkisi olarak düşünülebilir. Sadece iki parametre (elastisite modülü ve Poisson oranı) içerdiğinden, genellikle zeminlerin ve kayaların davranışının temel özelliklerini yakalamak için çok kabadır [45]. Bu nedenle PLAXIS 2D 2017 yazılımı içerisinde farklı mekanik davranışları sayısal olarak temsil etmesi için geliştirilmiş bir çok malzeme modeli bulunmaktadır. İlerleyen başlıklarda bu tez kapsamında kullanılan modeller anlatılmıştır. İlerleyen başlıklarda anlatılacak olan modellerin dışında PLAXIS 2D 2017 yazılımı tarafından yumuşak zemin (soft soil) modeli, eklemli kaya (jointed rock) modeli, Hoek - Brown modeli gibi modeller de bulunmaktadır. Bu tez kapsamında bu modeller kullanılmadığı için açıklamalı olarak anlatılmayacaktır.

4.2.3.1. Lineer elastik model

Doğrusal elastik (linear elastic) model, Hooke Yasası'na dayanır. Bu yasa iki temel parametreyi kapsar: Elastisite modülü (E) ve Poisson oranı (ν). Doğrusal elastik model zeminin modellenmesi için uygun olmasa da, zemindeki sert hacimleri

(betonarme elemanlar vb.) veya bozunmamış/ayrışmamış kaya oluşumlarını modellemek için kullanılabilir.



Şekil 4.4. Lineer elastik malzemenin gerilme-şekil değiştirme grafiği

4.2.3.2. Mohr - Coulomb modeli

Zeminler, gerilme veya gerilmeye bağlı şekil değişikliğine maruz kaldığında hatrı sayılır bir derecede doğrusal olmayan davranış sergilerler. Bununla birlikte, Mohr-Coulomb [46] modeli oldukça basit ve iyi bilinen bir doğrusal elastik - tam plastik modeldir. Mohr-Coulomb modelinin doğrusal elastik kısmı Hooke yasasına dayanmaktadır. Plastik kısım ise Mohr-Coulomb yenilme kriterine dayanmaktadır.

Elastik-tam plastik malzemenin temel ilkesi yük altındaki şekil değiştirmenin elastik ve plastik olmak üzere iki kısma ayrılmasıdır:

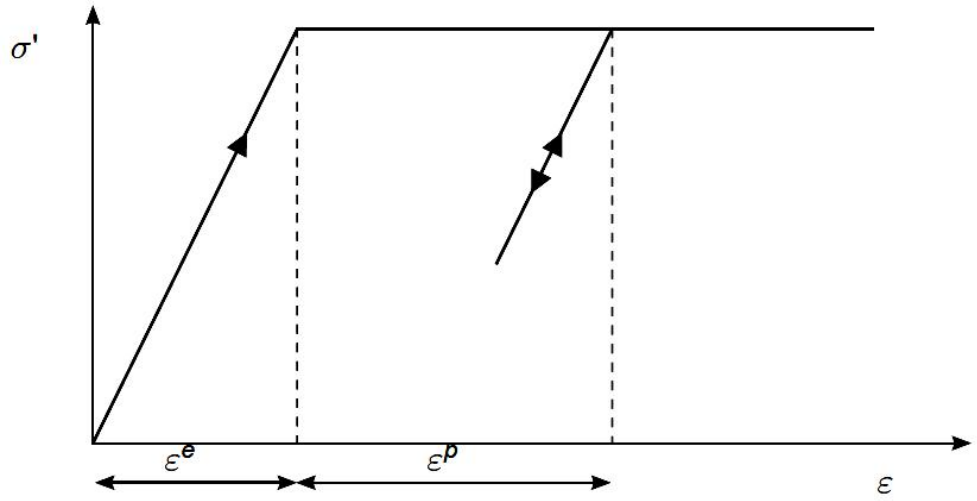
$$\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_p \tag{4.1}$$

Burada;

ε : Toplam deformasyon (m),

ε_e : Elastik deformasyon (m),

ε_p : Plastik deformasyondur (m).



Şekil 4.5. Elastik - tam plastik malzeme modelinin gerilme etkisiyle şekil değişimi [46]

Mohr-Coulomb modeli, beş giriş parametresi içerir. Bunlar elastisite modülü (E), Poisson oranı (ν), zemin kayma direnci açısı (ϕ), zemin kohezyonu (c) ve dilatans açısı (ψ) 'dır.

Elastik-tam plastik Mohr-Coulomb modeli, çoğunlukla zemin örnekleri üzerinde yapılan temel deneylerden elde edilebilen beş temel parametreyi içerir. Bu parametreler PLAXIS 2D 2017 içerisindeki standart birimleriyle birlikte aşağıda listelenmiştir:

E	: Elastisite modülü	(kN/m^2)
ν	: Poisson oranı	(-)
c	: Kohezyon	(kN/m^2)
ϕ	: Sürtünme açısı	(°)
ψ	: Dilatans açısı	(°)
σ_t	: Çekme dayanımı	(kN/m^2)

Elastisite modülü ve Poisson oranına bağlı kalınarak PLAXIS 2D 2017 tarafından otomatik olarak hesaplanan aşağıdaki parametreler yerine istenirse bu otomatik olarak atanan değerlerin dışında bir değer girilebilir. Bunlar:

G	: Kayma modülü	(kN/m^2)
E_{oed}	: Ödometrik modül	(kN/m^2)

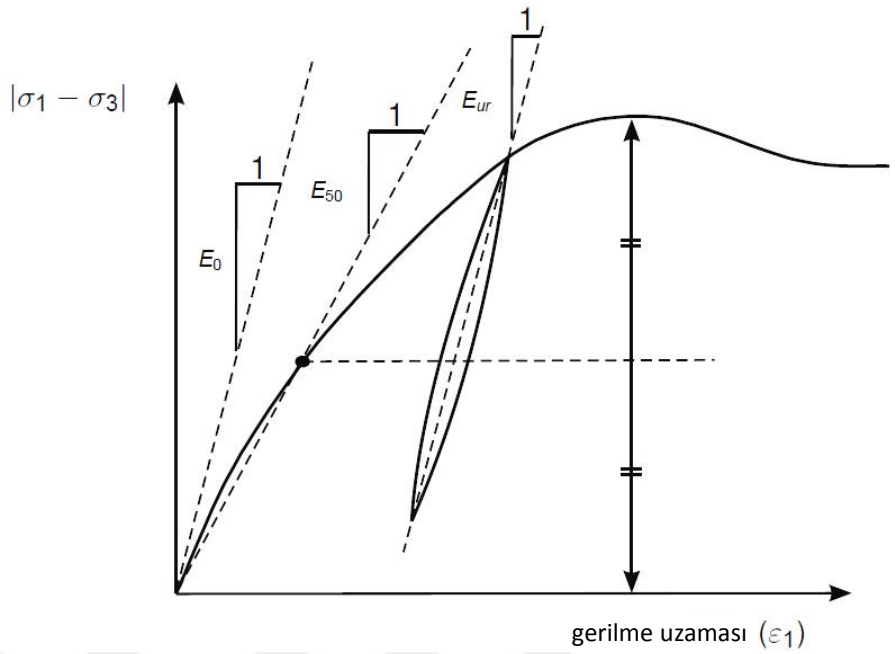
Dinamik uygulamalar söz konusu olduğunda, dalga hızlarına dayalı rijitliği tanımlamak için alternatif ve/veya ilave parametreler kullanılabilir. Bu parametreler aşağıda listelenmiştir:

V_p	: Sıkışma (boyuna) dalga hızı	(m/s)
V_s	: Kayma (enine) dalga hızı	(m/s)

Bu parametreleri biraz daha detaylı olarak açıklayacak olursak:

Elastisite Modülü (E) : Mohr-Coulomb modelinde temel rijitlik modülü olarak kullanılır. Bir çok zeminin daha yükleme başlangıcından itibaren doğrusal olmayan bir davranış göstermesi sebebiyle elastisite modülünün seçimine dikkat edilmelidir.

Şekil 4.6'da görülebileceği gibi genel olarak zemin numunelerinin üç eksenli deneylerinde gerilme-şekil değiştirme eğrisinin başlangıç eğimi E_0 olarak, %50 mukavemetteki eğimi ise E_{50} olarak gösterilir. Doğrusal davranışı oldukça geniş olan malzemeler için E_0, zemin gibi plastik davranışa daha çabuk geçen malzemeler için ise E_{50} kullanmak daha gerçekçi bir yaklaşım olacaktır.

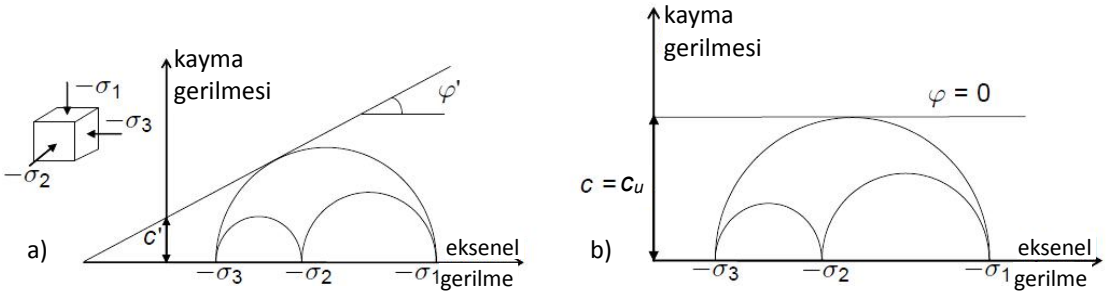


Şekil 4.6. Tipik bir zemin numunesinin üç eksenli deney sırasındaki gerilme-şekil değiştirme eğrisi [46]

Boşaltma problemleri düşünüldüğünde ise (tünel açma ve kazılarda olduğu gibi) E_{50} yerine bir boşaltma yükü modülüne (E_{ur}) ihtiyaç duyulmaktadır. Bu boşaltma modülü, Şekil 4.6.'da gösterildiği şekilde yük boşaltım esnasındaki yük-şekil değiştirme eğrisinden elde edilir.

Poisson oranı (ν), gerilme altındaki bir malzemede, gerilme yönüne dik birim deformasyonun gerilme doğrultusundaki birim deformasyona olan oranıdır.

Kohezyon (c), sürtünme açısına sahip drenajlı bir malzemenin Mohr-Coulomb gerilme zarfında y-ekseni'ni (kayma direnci ekseni) kestiği noktadır (Şekil 4.7.a.). Drenajsız zemin durumu için ise kohezyon yerine drenajsız kayma mukavemeti (c_u) kullanılır (Şekil 4.7.b.)



Şekil 4.7. Mohr-Coulomb malzeme modelinde drenajlı (solda) durumda ve drenajsız (sağda) durumdaki zeminlerin mekanik özellikeri [45]

Sürtünme açısı (ϕ), yazılıma derece (°) cinsinden girilir. Sürtünme açısı drenajlı durumda zeminin efektif sürtünmesini modellemek için kullanılır. Alternatif olarak sürtünme açısının ϕ=0 olarak alınması drenajsız durum için mümkün olup bu durumda kohezyon (c) değeri yerine drenajsız kayma mukavemeti (c_u) girilir.

Dilatasyon açısı (ψ), yazılıma derece (°) cinsinden girilir. Bilindiği üzere dilatasyon açısı daneli zeminlerin kayma gerilmesine maruz kaldıklarında gözlenen hacim değişimidir. Özellikle sıkı granüler zeminlerde gözlenir ve genel olarak (ϕ-30°) olarak tariflenir. Drenajsız çözümlerde ise bu açı otomatik olarak sıfır (0) alınır [46].

Kayma modülü (G), Hooke Yasası'na göre aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} \tag{4.2}$$

Burada;

G : Kayma modülü (kN/m^2),

E : Elastisite modülü (kN/m^2),

ν : Poisson oranıdır (Birimsiz).

Kayma modülü değeri el ile yazılıma girilmez ise elastisite modülüne bağlı olarak yazılım tarafından otomatik hesaplanır.

Ödometrik Modül (E_{oed}), Hooke Yasası'na göre aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$E_{oed} = \frac{(1-\nu)\cdot E}{(1-2\nu)\cdot(1+\nu)} \tag{4.3}$$

Burada;

E_{oed} : Ödometrik modül (kN/m^2),

ν : Poisson oranı (Birimsiz),

E : Elastisite modülüdür (kN/m^2).

Sıkışma (boyuna) dalgası hızı (V_p), ödometrik modülün bir fonksiyonu olarak:

$$V_p = \sqrt{\frac{E_{oed}}{\rho}} \tag{4.4}$$

şeklinde ifade edilir. Burada;

V_p : Boyuna (sıkışma) dalga hızı (m/s),

E_{oed} : Ödometrik modül (kN/m^2),

ρ : Doğal birim hacim kütlesidir ($kN/m/s^2$).

Kayma (enine) dalgası hızı (V_s), kayma modülünün bir fonksiyonu olarak:

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \tag{4.5}$$

şeklinde ifade edilir. Burada;

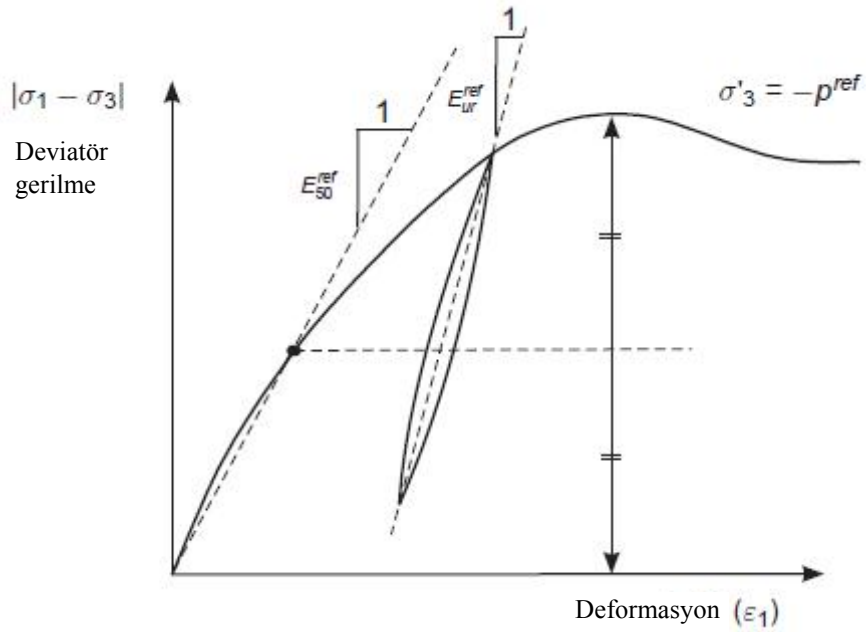
V_s : Enine (kayma) dalga hızı (m/s),

G : Kayma modülü (kN/m^2),

ρ : Doğal birim hacim kütlesidir ($kN/m/s^2$).

4.2.3.3. Pekleşen zemin (hardening soil) modeli

Pekleşen zemin (hardening soil) modeli, zemin davranışını taklit etmek için ileri bir modeldir. Pekleşen zemin modelinin Mohr-Coulomb modeline göre avantajı, sadece kaba bir doğrusal ve plastik eğri yerine hiperbolik bir gerilme-şekil değiştirme eğrisinin kullanımı değil aynı zamanda yük seviyesine (gerilmeye) bağımlılığın kontrolüdür. Mohr-Coulomb modelini kullanırken, kullanıcı elastisite modülünün sabit bir değerini seçmek zorundadır. Gerçek zeminlerde bu rijitlik yük seviyesine (gerilmeye) bağlıdır. Bu nedenle, zemindeki yük seviyelerini tahmin etmek ve bunları uygun rijitlik değerlerini elde etmek için kullanmak gerekmektedir. Ancak pekleşen zemin modeli ile, bu kaba giriş parametreleri seçilmez. Bunun yerine, %50 dayanımdaki elastisite modülü (E_{50}^{ref}) tanımlanır. Bu, referans basıncın (p^{ref} = 100 kPa) değerine eşit bir hücre basıncında, göçme gerilmesinin % 50'sindeki rijitliktir.



Şekil 4.8. Standart drenajlı üç eksenli deneyde hiperbolik gerilme-şekil değiştirme ilişkisi ve rijitlik modüllerini belirleme [46]

Pekleşen zemin modeli, Mohr Coulomb modelinin aksine, rijitlik modüllerinin gerilme ile bağımlılığını da açıklamaktadır. Bu durum, tüm rijitliklerin basınç ile arttığı anlamına gelir. Yukarıda bahsedilen model parametrelerinin yanında, ön

konsolidasyon gibi başlangıç zemin koşulları, çoğu zemin deformasyon probleminde önemli bir rol oynamaktadır. Bu durum dikkate alınabilir.

Pekleşen zemin (hardening soil) malzeme modeli için, Mohr-Coulomb modeline ilave olarak hesaba katılan parametreler PLAXIS 2D 2017 içerisindeki standart birimleriyle birlikte aşağıda listelenmiştir:

m	: Rijitliğin gerilme seviyesine bağlılığı için katsayı	(Birimsiz)
E_{50}^{ref}	: Zemin numunesinin %50 dayanımındaki elastisite modülü	(kN/m^2)
E_{oed}^{ref}	: Ödometre yüklemesindeki elastisite modülü	(kN/m^2)
E_{ur}^{ref}	: Boşaltma - tekrar yükleme esnasındaki elastisite modülü	(kN/m^2)
ν_{ur}	: Boşaltma - tekrar yükleme esnasındaki Poisson oranı	(Birimsiz)
p^{ref}	: Referans basınç (varsayılan p^{ref}=100 kN/m^2)	(kN/m^2)
K_0^{nc}	: Normal konsolidasyon için sükunetteki zemin basıncı katsayısı	(kN/m^2)
ν_u	: Drenajsız durumdaki Poisson oranı	(Birimsiz)

Yukarıda özet olarak bahsedilen parametreler, ilerleyen paragraflarda detaylı olarak anlatılmıştır.

Power (m) katsayısı, rijitliğin gerilmeye olan bağımlılığını gösteren ve zemine göre 0,50 ile 1,00 arasında değişerek rijitlik hesaplamalarına (örn.: Eşitlik (4.6)) katılan bir katsayıdır. Yumuşak killerin mekanik davranışını taklit (simüle) edebilmek amacıyla bu katsayı 1,00'a eşit olmalıdır. Kum ve siltler için bu değer 0,50 civarında olmalıdır [46].

E_{50}^{ref} modülü, zemin numunesi üzerinde yapılan üç eksenli deney sonucunda elde edilen gerilme-şekil değiştirme eğrisinin, göçme yükünün yarısındaki (%50'sindeki) eğimidir. Diğer adı, sekant modülü'dür.

E_{oed}^{ref} modülü, zemin numunesi üzerinde yapılan ödometre deneyi sonucunda elde edilen elastisite modülüdür. Eğer ödometre deneyi yapılmamışsa elastisite modülü ile arasındaki bağıntı elastisite teorisine göre aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$E_{oed} = \frac{E_{50} \cdot (1 - \nu')}{(1 + \nu') \cdot (1 - 2\nu')} \tag{4.6}$$

Burada;

E_{oed} : Ödometrik modül (kN/m^2),

E_{50} : Zeminin %50 dayanımındaki elastisite modülü (kN/m^2),

ν' : Drenajlı durumdaki Poisson oranıdır (Birimsiz).

E_{ur}^{ref} boşaltma - tekrar yükleme rijitlik modülü, üç eksenli deney sırasında yapılacak bir boşaltma-tekrar yükleme sonucunda belirlenebililir (Şekil 4.8). Eğer bu işlem yapılmamışsa varsayılan yaklaşık bir oran olarak $E_{ur}^{ref} = (3 \sim 4) \cdot E_{50}^{ref}$ olarak alınabilir [46].

Boşaltma - tekrar yükleme esnasındaki Poisson oranı (ν_{ur}), zemindeki boşaltma - tekrar yüklemede, ilk yüklemeye kıyasla görece daha fazla olan rijitliği temsil etmesi amacıyla varsayılan olarak 0,2 alınır [46].

Drenajsız Poisson oranı (ν_{ur}), suya doygun zeminlerde 0,45-0,50 aralığında seçilir [46].

BÖLÜM 5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Materyal

Bu araştırmada, Türkiye'nin çeşitli illerinde yapılan sekiz adet kazık yükleme deneyinin verileri kullanılmıştır. Bu veriler, imalatın müşavirliğini yürüten firmalardan alınmıştır.

Tablo 5.1. Araştırma kapsamında kullanılan kazık yükleme deneylerine ait genel bilgiler

Veri / Deney No	Kazık Yükleme Deneyinin Yeri	İmalat Tipi	Çalışma Biçimi	Kesit Geometrisi		Uzunluk (m)
				Şekli	Çap / Ayrıt (m)	
1	İstanbul - Zeytinburnu	Fore	Basma	Daire	1,20	36,00
2	İstanbul - Zeytinburnu	Fore	Basma	Daire	1,00	25,00
3	İstanbul - Zeytinburnu	Fore	Çekme	Daire	0,80	18,00
4	İstanbul - Zeytinburnu	Fore	Basma	Daire	1,00	20,00
5	İstanbul - Zeytinburnu	Fore	Basma	Daire	1,00	34,00
6	İstanbul - Esenyurt	Fore	Basma	Daire	0,80	26,00
7	Konya - Selçuklu	Fore	Basma	Daire	0,65	25,00
8	Konya - Selçuklu	Çakma	Çekme	Daire	0,65	30,30

Kazık yükleme deneylerine ait teknik raporlar, kazık yükleme deneyinin uygulandığı parselin zemin etüt raporu ve kazık yükleme deneyine en yakın sondaj logu verileri toplanmıştır.

Kazıkların yedi adedi fore (delme) kazık olarak imal edilmiş, bir adedi ise çakma-yerinde dökme olarak imal edilmiştir.

Kazıkların bazıları göçme yüküne kadar yüklenmiş, bazıları ise doğrusal yük-oturma eğrisinden parabol yük-oturma eğrisine geçememiştir. Her yükleme tipi kendi durumuna göre değerlendirilmiştir.

5.2. Yöntem

5.2.1. Standart penetrasyon deneyi ile ilgili düzeltmeler

İri daneli zeminlerde kayma direncinin normal gerilmeye bağlı olması nedeniyle derinlere indikçe artan SPT değerinde örtü yükü düzeltmesi yapılmıştır. Önalp ve Sert [3] literatürdeki düzeltmelerin en güvenilir olanı olarak Eşitlik (5.1)'i önermişlerdir.

$$C_N = \sqrt{\frac{95{,}76}{\sigma'_0}} \tag{5.1}$$

Burada;

C_N : Örtü yükü düzeltme katsayısı ($C_N \leq 1.70$ şartı ile) (Birimsiz),

σ'_0 : Deneyin yapıldığı derinlikteki efektif gerilmedir (kN/m^2).

Literatürdeki SPT deneyine bağlı birçok korelasyonun %60 enerji oranına göre belirlenmesi nedeniyle bu düzeltme Eşitlik (5.2.a) ve (5.2.b) ile gerçekleştirilmiştir [3].

$$C_E = \frac{E.R.}{60} \tag{5.2.a}$$

$$N_{60} = \frac{E_r \cdot C_B \cdot C_S \cdot C_R}{60} \cdot N_a \tag{5.2.b}$$

Burada;

N_{60} : %60 enerji oranına göre düzeltilmiş SPT değeri,

E_r : Şahmerdan verimi (Ülkemizde simit tipi kullanılması nedeniyle $E_r = 0.45$)

C_B : Kuyu çapı düzeltmesi, 1,00 alınmıştır.

C_S : Numune alma faktörü standart kaşık kabul edilerek 1,00 alınmıştır.

C_R : Tij uzunluğu düzeltmesidir. Genel bir değer olarak 1,00 alınmıştır.

N_a : Arazide ölçülen SPT değeridir.

İnce daneli zeminlerde, pratikte, örtü yükü düzeltmesi yapılmamaktadır [3]. Enerji verim düzeltmesi dahil olmak üzere diğer düzeltmeler ise Türkiye'de yapıkları araştırma sonucu Sivrikaya ve Toğrol [48] tarafından önerilen Eşitlik (5.3) kullanılmıştır.

$$N_{60} = 0,75 \cdot C_R \cdot N_a \tag{5.3}$$

Burada;

N_{60} : %60 enerji oranına göre düzeltilmiş SPT değeri,

C_R : Tij uzunluğu düzeltmesidir. Genel bir değer olarak 1,00 alınmıştır.

N_a : Arazide ölçülen SPT değeridir.

5.2.2. Zemin ve kaya parametrelerinin belirlenmesi

5.2.2.1. İnce daneli zeminlerin parametrelerinin belirlenmesi

Kazık yükleme deneyinin en fazla birkaç günde yapılan bir deney olması nedeniyle, kohezyonlu zeminler için temsil ettiği durum drenajsız durumdur. Bu nedenle ince daneli zeminlerin mekanik parametreleri belirlenirken drenajsız (kısa dönem, toplam gerilme) parametreler dikkate alınmıştır.

Zemin etüt raporunda bulunan laboratuvar deneyleri, sahada bulunan kohezyonlu zeminlerin drenajsız kayma direncini belirlemek amacıyla kullanılmamıştır. Bunun yerine kohezyonlu zeminlerin drenajsız kayma direnci sahada yapılmış olan SPT deneyleri ile literatürde önerilen ampirik yöntemler kullanılmıştır. Bu amaçla Sivrikaya ve Toğrol [49] tarafından önerilen aşağıdaki bağıntı ile drenajsız kayma direncine geçiş yapılmıştır.

$$c_u = 4{,}32 \cdot N_a \tag{5.4}$$

Burada;

c_u : Zeminin drenajsız kayma direnci (kN/m^2),

N_a : Arazide ölçülen (düzeltilmemiş) zemin penetrasyon direncidir.

Kayma direnci açısı (ϕ) ise drenajsız durumda sıfırdır. [5]

Elastisite modülü ise Duncan ve Buchignani [50] tarafından önerilen Tablo 5.2.'deki korelasyonlar ile hesaplanmıştır.

Tablo 5.2. İnce daneli zeminler için drenajsız kayma direnci ve elastisite modülü arasındaki korelasyonlar

Plastisite İndisi (%)	Aşırı Konsolidasyon Oranı (OCR)				
	OCR = 1	OCR = 2	OCR = 3	OCR = 4	OCR = 5
<30	(1500~600)c_u	(1380~500)c_u	(1200~580)c_u	(950~380)c_u	(730~300)c_u
30 ~50	(600~300)c_u	(550~270)c_u	(580~220)c_u	(380~180)c_u	(300~150)c_u
>50	(300~150)c_u	(270~120)c_u	(220~100)c_u	(180~90)c_u	(150~75)c_u

Tablo 5.2.'de;

c_u : Zeminin drenajsız kayma direncidir. (kN/m^2)

Tablo 5.2.'de 1500 ile 75 arasında killi zeminin aşırı konsolide oranına bağlı olarak kullanılabilen katsayı ile ince daneli zeminlerin elastisite modülü belirlenmiştir. Bulunan bu elastisite modülü değerleri hem sonlu eleman yazılımda hem de teorik oturma hesabı bağıntılarında kullanılmıştır.

Ödometrik modül, her ne kadar drenajsız durum için önemsiz olsa da sonlu eleman yazılımı içerisinde parametreyi boş bırakmamak adına Denk. (4.6) ile belirlenmiştir. Denk (4.6)'daki drenajlı Poisson oranı ise tüm ince daneli zeminler için 0.33 olarak alınmıştır.

Boşaltma-tekrar yükleme rijitlik modülü, Plaxis 2D [46] tarafından önerildiği üzere;

$$E_{ur} \approx 3 \cdot E_{50} \tag{5.5}$$

bağıntısı ile belirlenmiştir. Burada;

E_{ur} : Zeminin boşaltma-tekrar yükleme durumundaki rijitlik modülü (kN/m^2),

E_{50} : Zeminin yarı göçme yükündeki elastisite modülüdür (kN/m^2).

Drenajsız Poisson oranı suya doygun ince daneli zeminlerde 0,45-0,50 aralığında olması nedeniyle sonlu eleman yazılımı tarafından otomatik olarak 0,495 seçilmiştir.

Sonlu eleman yazılımındaki power (m) katsayısı tüm ince daneli zeminlerde 1,00 alınmıştır [46].

5.2.2.2. İri daneli zeminlerin parametrelerinin belirlenmesi

İri daneli zeminlerde, örselenmemiş numune almanın olanaksız olması nedeniyle iri daneli (kohezyonsuz) zeminlerin mekanik parametreleri arazide yapılan SPT deneyleri ile belirlenmiştir.

Kayma direnci açısını belirlemek için OCDI - Japon Standardı [51] önerisi kullanılmıştır. Bu standarda göre kayma direnci açısı;

$$\phi' = 25 + 3{,}2 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot N}{70 + \sigma'_0}} \tag{5.6}$$

bağıntısı ile belirlenmiştir. Burada;

ϕ' : Efektif kayma direnci açısı (° Derece),

N : Zeminin penetrasyon direnci (jeolojik yüke göre düzeltilmiş),

σ'_0 : Penetrasyon deneyinin yapıldığı yerdeki efektif düşey gerilmedir (kN/m^2).

İri daneli zeminlerde elastisite modülünü belirlemek için ise FHWA [52] tarafından önerilen aşağıdaki tabloda bulunan bağıntılar ile belirlenmiştir.

Tablo 5.3. İri daneli zeminlerde %60 enerji düzeltmesi yapılmış SPT-N direnci ve elastisite modülü ilişkisi [52]

Zemin türü	Elastisite Modülü (kN/m²)
Silt, kumlu silt, düşük kohezyonlu karışık zeminler	$400 \cdot N_{60}$
Temiz ince-orta kum ve az siltli kum	$700 \cdot N_{60}$
İri kum ve çakıllı kum	$1000 \cdot N_{60}$
Kumlu çakıl	$1200 \cdot N_{60}$

İri daneli zeminlerin Poisson oranı, hakim dane boyutu ve sıkılığına bağlı olarak 0,25-0,35 arasında seçilmiştir. Boşaltma-tekrar yükleme durumundaki Poisson oranı ise ilk yüklemeye oranla görece daha fazla rijitliği temsil etmesi amacıyla 0,20 seçilmiştir.

Boşaltma-tekrar yükleme rijitlik modülü, ince daneli zeminlerde olduğu gibi Eşitlik (5.5) ile belirlenmiştir.

5.2.2.3. Kaya parametrelerinin belirlenmesi

Kaya birimlerin mekanik parametreleri belirlenirken Hoek-Brown [54] yenilme kriterlerinden Mohr-Coulomb parametrelerine geçiş yapılmıştır. Bunun için kaya birime ait başlıca bilinmesi gereken parametreler şunlardır:

q_c : Kaya numunesi serbest basma dayanımı (kN/m^2),
GSI : Jeolojik Dayanım İndeksi (Geological Strenght Index) (Birimsiz),
m_i : Kaya kütlesi cinsi için Hoek-Brown sabiti (Birimsiz),
D_d : Kazı biçimine bağlı bozma (zedeleme) faktörüdür (Birimsiz).

Kaya numunesi serbest basma dayanımı (q_c) laboratuvar deneyi ile belirlenebililir. Eğer serbest basma deneyi yapılmamış ise nokta yükleme deneyinden ampirik olarak serbest basma dayanımına geçiş yapılabilir. Akram ve Bakar [55] tarafından aşağıdaki bağıntılar önerilmiştir.

$$q_c = 22{,}792 \cdot I_s + 13{,}295 \quad (5.7.a)$$

$$q_c = 11{,}076 \cdot I_s \quad (5.7.b)$$

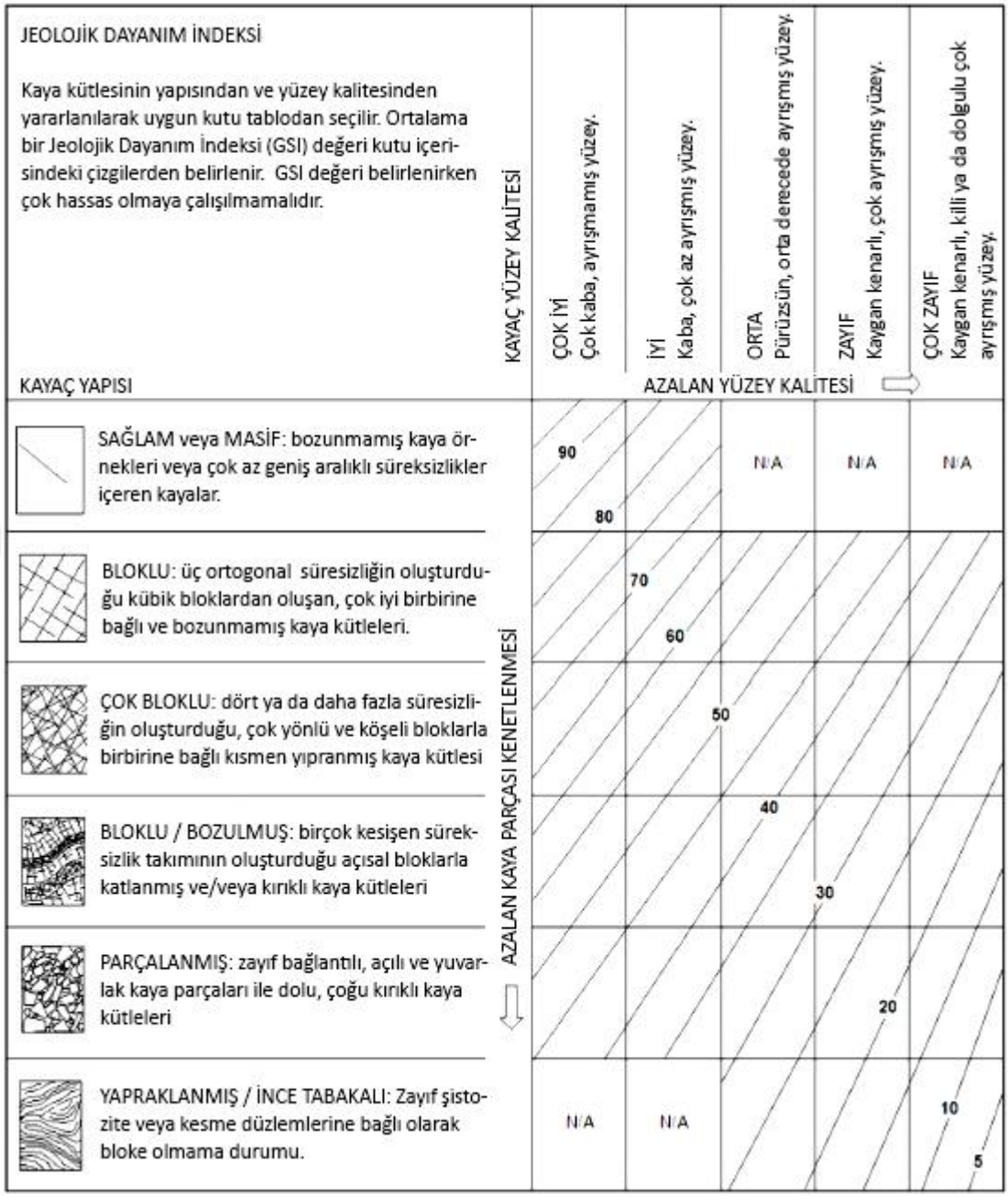
Burada;

q_c : Kayada tek eksenli serbest basma dayanımı (MN/m^2),

I_s : Kayada nokta yükleme indeksi (MN/m^2).

Eşitlik (5.7.a) görece daha sağlam/sert ve yekpare kayalarda sağlanırken, Eşitlik (5.7.b) ise görece daha zayıf/yumuşak ve ayrışmış kayalarda sağlanmıştır.

Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) değeri ise Hoek ve Marinos [56] tarafından önerilen kaya birimlerin ayrışma/bozunma derecelerine göre atanan bir değer olup Şekil 5.1'den seçilebilir.



Şekil 5.1. Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) kartı [56]

Kaya cinsi için seçilen Hoek-Brown sabiti (m_i) değeri ise Tablo 5.4.'ten seçilir.

Tablo 5.4. Kaya cinsleri için m_i sabiti değerleri

Kaya tipi	Sınıf	Grup	Özyapı			
			Kaba	Orta	Narin	Çok narin
SEDİMENTER	Klastik		Konglomera (21±3) Breş (19±5)	Kumtaşı 17±4	Silttaşı 7±2 Grovak (18±3)	Kiltaşı 4±2 Şeyl (6±2) Marn (7±2)
	Klastik olmayan	Karbonatlar	Kristalize Kireçtaşı (12±3)	Mineralli Kireçtaşı (10±2)	Fosilli Kireçtaşı (9±2)	Dolomit (9±3)
		Evaporitler		Jips 8±2	Anhidrit 12±2	
		Organik				Tebeşir Taşı 7±2
METAMORFİK	Yapraklanmamış		Mermer 9±3	Boynuztaşı (19±4) Metakumtaşı (19±3)	Kuvarsit 20±3	
	Çok az yapraklı		Migmatit (29±3)	Amfibolit 26±6	Gnays 28±5	
	Yapraklı			Şist 12±3	Fillit (7±3)	Kayrak Taşı 7±4
MAGMATİK	Plütonik	Açık	Granit 32±3 Granodiyorit (29±3)	Diyorit 25±5		
		Koyu	Gabro 27±3 Norit 20±5	Dolerit (16±5)		
	Hipabisal		Porfiri (20±5)		Diyabaz (15±5)	Peridotit (25±5)
	Volkanik	Lav		Riyolit (25±5) Andezit 25±5	Dasit (25±3) Bazalt (25±5)	Obsidyen (19±3)
		Piroklastik	Aglomera (19±3)	Breş (19±5)	Süngertaşı(Tüf) (13±5)	

Kazının hangi şekilde yapılacağı ile ilgili bozunma faktörü ise Hoek-Brown [54] yenilme kriterinde belirtilmiştir. Buna göre fore kazıklar için burgulu makine ile yapılan foraj, mekanik kazı olarak değerlendirilmiş ve D = 0,7 alınmıştır.

Yukarıda anlatılan parametreler belirlendikten sonra Eşitlik (5.6) ve Eşitlik (5.7) ile Mohr-Coulomb parametrelerine geçilmiştir.

$$\phi' = \sin^{-1}\cdot\left[\frac{6\cdot a\cdot m_b\cdot\left(s+m\cdot b\cdot\sigma'_{3n}\right)^{a-1}}{2\cdot(1+a)\cdot(2+a)+6\cdot a\cdot m_b\cdot\left(s+m\cdot b\cdot\sigma'_{3n}\right)^{a-1}}\right] \tag{5.8}$$

$$c' = \frac{q_c\cdot\left[(1+2\cdot a)\cdot s+(1-a)\cdot m_b\cdot\sigma'_{3n}\right]\cdot\left(s+m_b\cdot\sigma'_{3n}\right)^{a-1}}{(1+a)\cdot(2+a)\cdot\sqrt{1+\frac{\left(6\cdot a\cdot m_b\cdot\left(s+m_b\cdot\sigma'_{3n}\right)^{a-1}\right)}{((1+a)\cdot(2+a))}}} \tag{5.9}$$

Eşitlik (5.8) ve Eşitlik (5.9)'de;

ϕ' : Efektif sürtünme açısı (° Derece),

c' : Efektif kohezyon (kN/m^2),

m_b : Kaya ayrışma derecesi ve kazı şekli bozunmasına bağlı olarak azaltılmış Hoek-Brown sabiti (Birimsiz),

s, a : Kaya ayrışma derecesine ve kazı şekline bağlı katsayılar (Birimsiz),

σ'_{3n} : Sınırlayıcı minör basıncın, tek eksenli serbest basma dayanımına oranı (kN/m^2), (σ'_{3max}/q_c).

m_b azaltılmış Hoek-Brown sabiti Denk. (5.10) ile bulunur.

$$m_b = m_i\cdot e^{\left(\frac{GSI-100}{28-14\cdot D_d}\right)} \tag{5.10}$$

s ve a katsayıları Denk. (5.11) ve Denk. (5.12) ile bulunabilir.

$$s = e^{\left(\frac{GSI-100}{9-3\cdot D_d}\right)} \tag{5.11}$$

$$a = 0{,}5+\frac{1}{6}\left(e^{-GSI/15}-e^{-20/3}\right) \tag{5.12}$$

σ'_{3max} ve denklemindeki σ'_{cm} değeri Denk. (5.13) ve Denk (5.14) ile bulunur.

$$\sigma'_{cm} = q_c \cdot \frac{(4 \cdot m_b + 4 \cdot s - a \cdot (m_b - 8 \cdot s)) \cdot (m_b/4 + s)^{a-1}}{2 \cdot (1+a) \cdot (2+a)} \quad (5.13)$$

$$\frac{\sigma'_{3\,max}}{\sigma'_{cm}} = 0{,}72 \cdot \left(\frac{\sigma'_{cm}}{\gamma_n \cdot H} \right)^{-0{,}91} \quad (5.14)$$

Kazık forajı şev olarak kabul edilmiş ve Denk. (5.14) 'deki H değeri kazı uzunluğu ve kazık uzunluğunun toplamı alınmıştır.

5.2.2.4. Kazık parametrelerinin belirlenmesi

Araştırma kapsamındaki tüm kazıklar betonarmedir. Kazıkların, dolayısıyla betonun elastisite modülü belirlenirken TS500 [53] kod numaralı Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları isimli Türk standardı kullanılmıştır. Bu standarda göre betonun elastisite modülü;

$$E_p = 3250 \cdot \sqrt{f_{ckj}} + 14000 \quad (5.15)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir. Burada;

E_p : Betonun (kazığın) elastisite modülü (MN/m^2),

f_{ckj} : Betonun MPa birimiyle 28 günlük basınç dayanımıdır (MN/m^2).

Betonun (kazıkların) Poisson oranı (ν_p) ise yine TS500 standardının belirttiği gibi 0,20 alınmıştır.

5.2.2.5. Sonlu eleman yazılımı parametrelerinin belirlenmesi

Sonlu eleman yazılımında (Plaxis 2D) zemin tipleri için atanan bazı parametreler aşağıdaki maddelerde belirtilmiştir.

I. Sonlu eleman yazılımında gerek fore (delme) kazıklar için gerek çakma kazıklar için zeminin örseleneceği öngörüsüyle, kazık zemin arayüzeyi dayanım parametresi katsayısı (R_{int}) zeminlerde 0,70 alınmıştır. Ayrışmış kayalarda ise

1,00 alınmıştır. Bu değer, zemin dayanım parametrelerinin sadece zemin-kazık arayüzeyinde o oranda azaltıldığı anlamına gelmektedir. [45]

II. Pekleşen zemin (hardening soil) modelindeki sekant modülü (E_{50}^{ref}), elastisite modülüne eşit olarak kabul edilmiştir.

III. Pekleşen zemin (hardening soil) modelinde boşaltma - tekrar yükleme rijitlik modülü, elastisite modülünün (sekant modülünün) 3 katı alınmıştır. [45]

IV. Pekleşen zemin (hardening soil) ile oluşturulan tüm zemin modellerinde power (m) değeri 1.00 alınmıştır. [45]

5.2.3. Nihai taşıma gücü hesaplarında yapılan kabuller

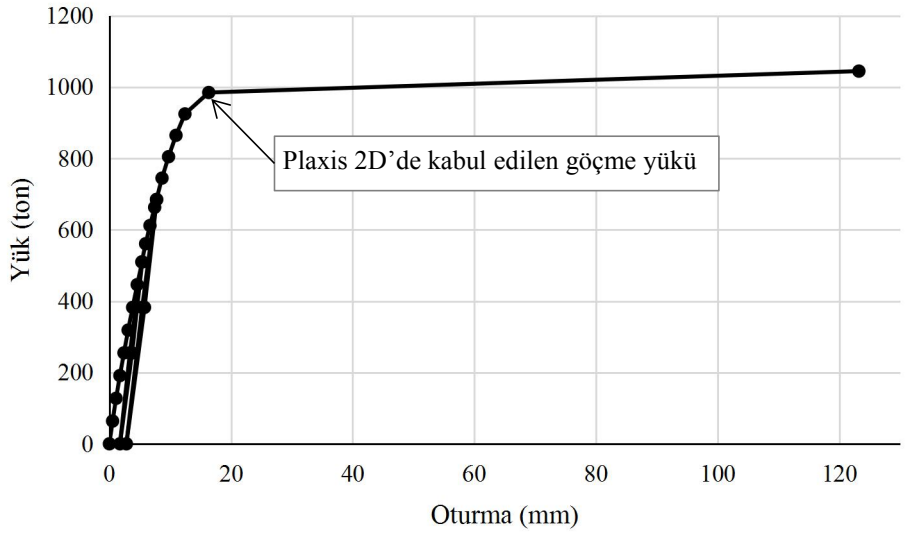
Deney kazıklarının hepsi sürtünme kazığıdır. Bu duruma istinaden:

I. Ayrışmış kaya içerisinde olan deney kazıklarında, teorik yöntemler arasındaki farkları anlayabilmek için ayrışmış kaya ile kazık arasındaki sürtünme değerinde yalnızca Broms ve ark. [21] önerisi kullanılmıştır.

II. Zemin kayma direnci parametrelerinin SPT değerlerinden ampirik bağıntılarla geçiş yapılarak kazık nihai taşıma gücü hesabına katıldığı yöntemlere, dolaylı SPT hesapları adı verilmiştir. Dolaylı SPT hesaplarında, sürtünme için önerilen bağıntıları kıyaslayabilmek adına uç yükü sadece Skempton [8] önerisiyle hesaplanmıştır. SPT değerlerinin direkt olarak kazık nihai taşıma gücü hesabında kullanıldığı yöntemlere, direkt SPT metodları adı verilmiştir.

III. Sonlu eleman yazılımı ile tahlil edilen nihai taşıma gücü kapasitesi, göçmeye varmayan kazıklarda, kazık yükleme deneyindeki ortalama yük artışı esas alınarak yük artırımı devam ettirilmiştir. Sonlu eleman yazılımında yük-oturma eğrisinin keskin dönüş yapan bir eğri olması nedeyle plastikleşmeye başladığı

yük göçme yükü kabul edilmiştir. Şekil 5.2 ‘de tipik bir Plaxis yük-oturma eğrisinde bu durum belirtilmiştir.



Şekil 5.2. Sonlu eleman metoduyla taklit edilen çevrimli kazık yükleme deneyinde tipik yük-oturma eğrisi ve kabul edilen göçme yükü

5.2.4. Teorik oturma hesaplarında yapılan kabuller

Bir çok oturma hesabı yaklaşımında çevre sürtünmesi ile taşınan yük ve uç taşıma yükü ayrı ayrı hesaba katılmaktadır. Oturma hesaplarında kullanılacak çevre yükü ve uç yükü, deneylerin enstrümantasyonlu olmaması nedeniyle teorik taşıma gücü formüllerinden elde edilen değerler kullanılmıştır.

Değerlendirmeye alınan teorik kazık oturma değerleri; yükleme deneyinde uygulanan en fazla yükün teorik formüllerle hesaplanan nihai kazık kapasitesine olan oranının teorik olarak hesaplanan nihai kazık oturma değeri ile çarpımlarından elde edilmiştir. Bir bağıntı ile açıklayacak olursak;

$$\Delta'_{teorik} = \frac{Q_{max,deney}}{Q_{ult}} \cdot \Delta_{teorik} \qquad (5.16)$$

şeklinde bir bağıntı elde ederiz. Burada:

Δ'_{teorik} : Değerlendirmeye alınan teorik kazık oturması (mm),

$Q_{max,deney}$: Kazık yükleme deneyinde uygulanan azami yük (kN),

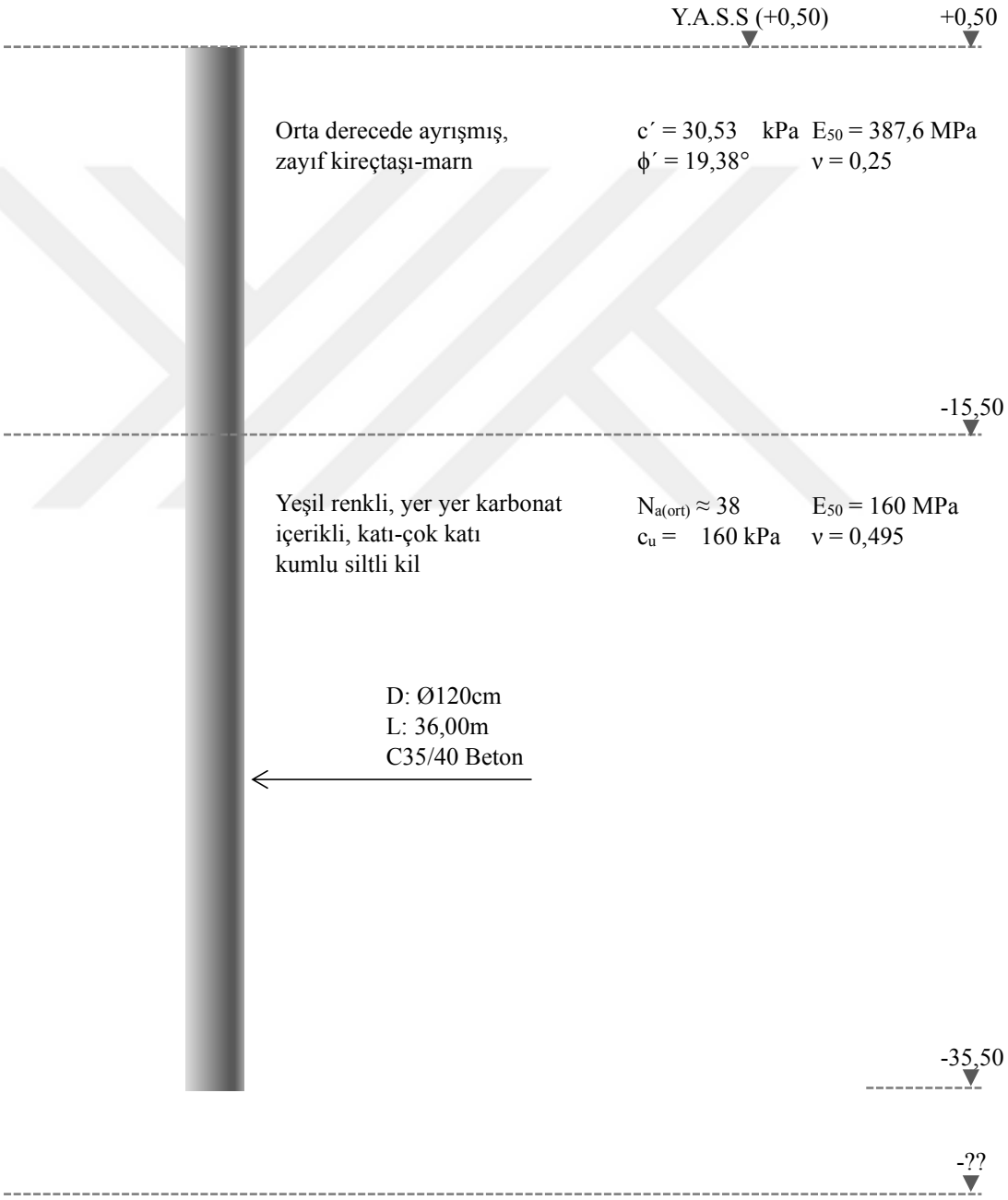
Q_{ult} : Kazık nihai taşıma gücü (kN),

Δ_{teorik} : Teorik yaklaşımlarla nihai göçme yüküne göre hesaplanan nihai oturma değeridir (mm).

5.3. Hesap Modelleri

5.3.1. 1 No.'lu deney kazığı

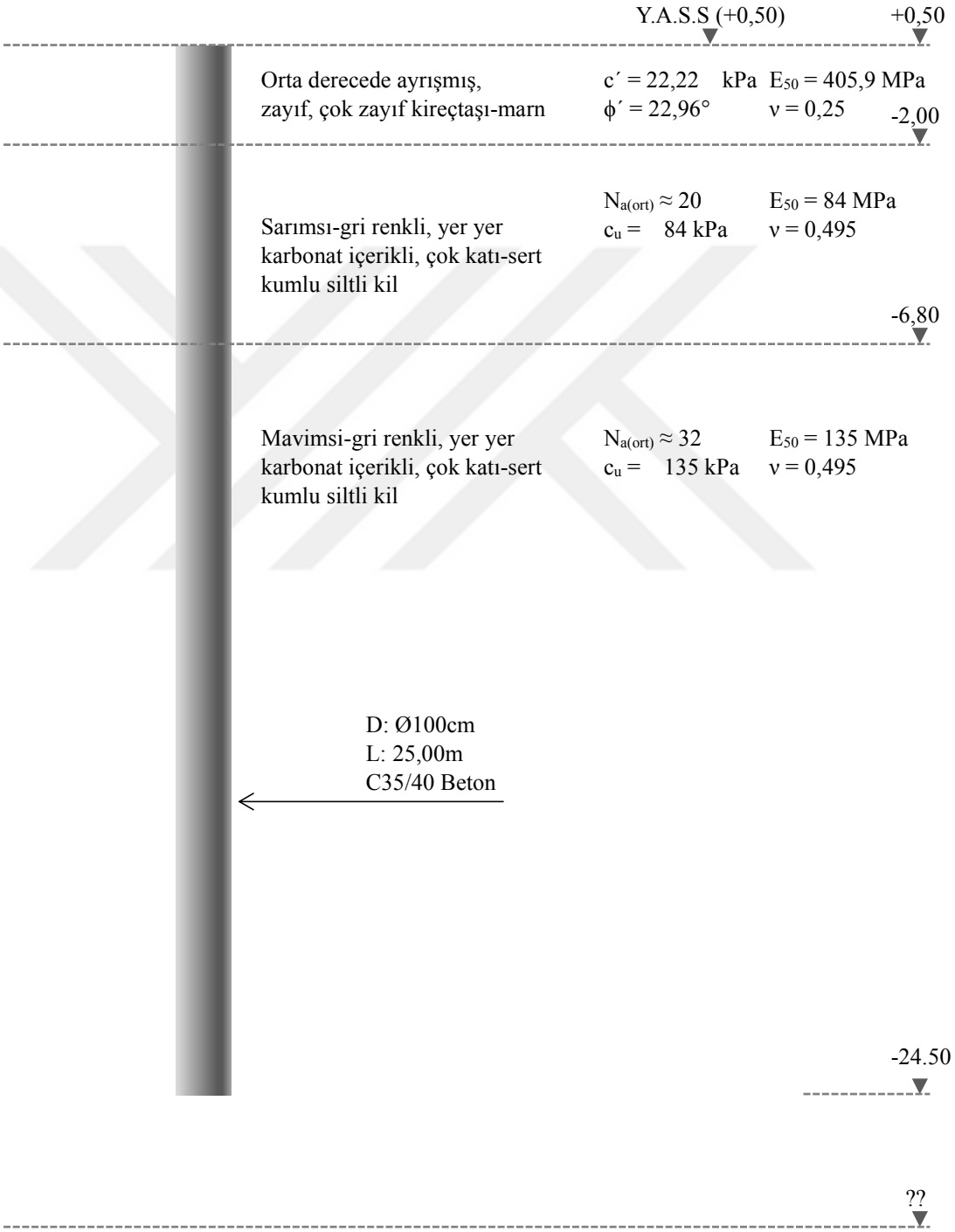
1 No.'lu deney kazığı delme (fore) kazık biçiminde imal edilmiş olup kazığa en yakın yerden yapılmış sondaj logu Ekler'de verilmiştir. Bu sondaj logundan yararlanarak deney kazığı için idealize zemin profili Şekil 5.3.'te oluşturulmuştur.



Şekil 5.3. 1 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara esas teşkil eden idealize zemin profili

5.3.2. 2 No.'lu deney kazığı

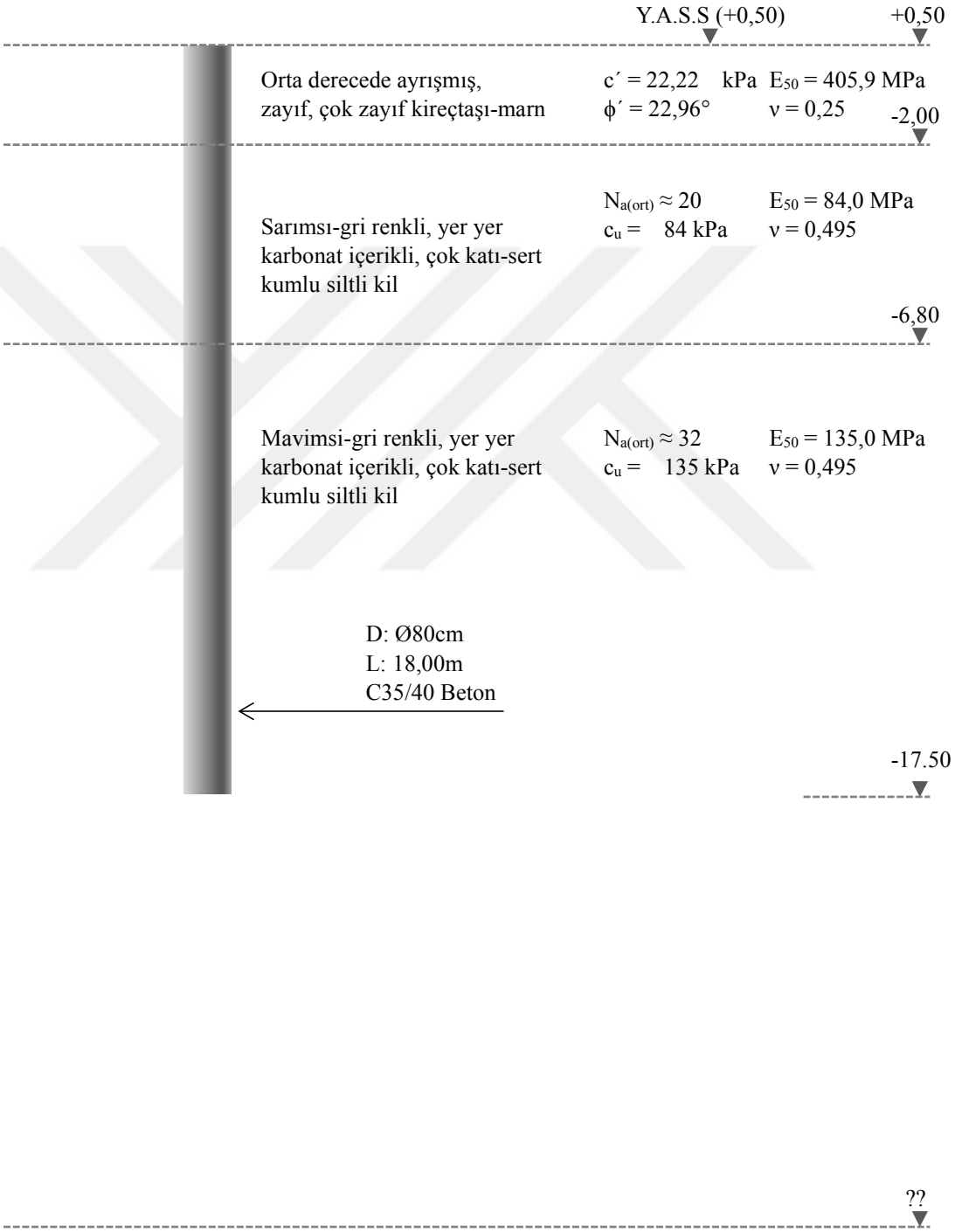
2 No.'lu deney kazığı delme (fore) kazık biçiminde imal edilmiş olup kazığa en yakın yerden yapılmış sondaj logu Ekler'de verilmiştir. Bu sondaj logundan yararlanarak deney kazığı için idealize zemin profili Şekil 5.4.'te oluşturulmuştur.



Şekil 5.4. 2 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara esas teşkil eden idealize zemin profili

5.3.3. 3 No.'lu deney kazığı

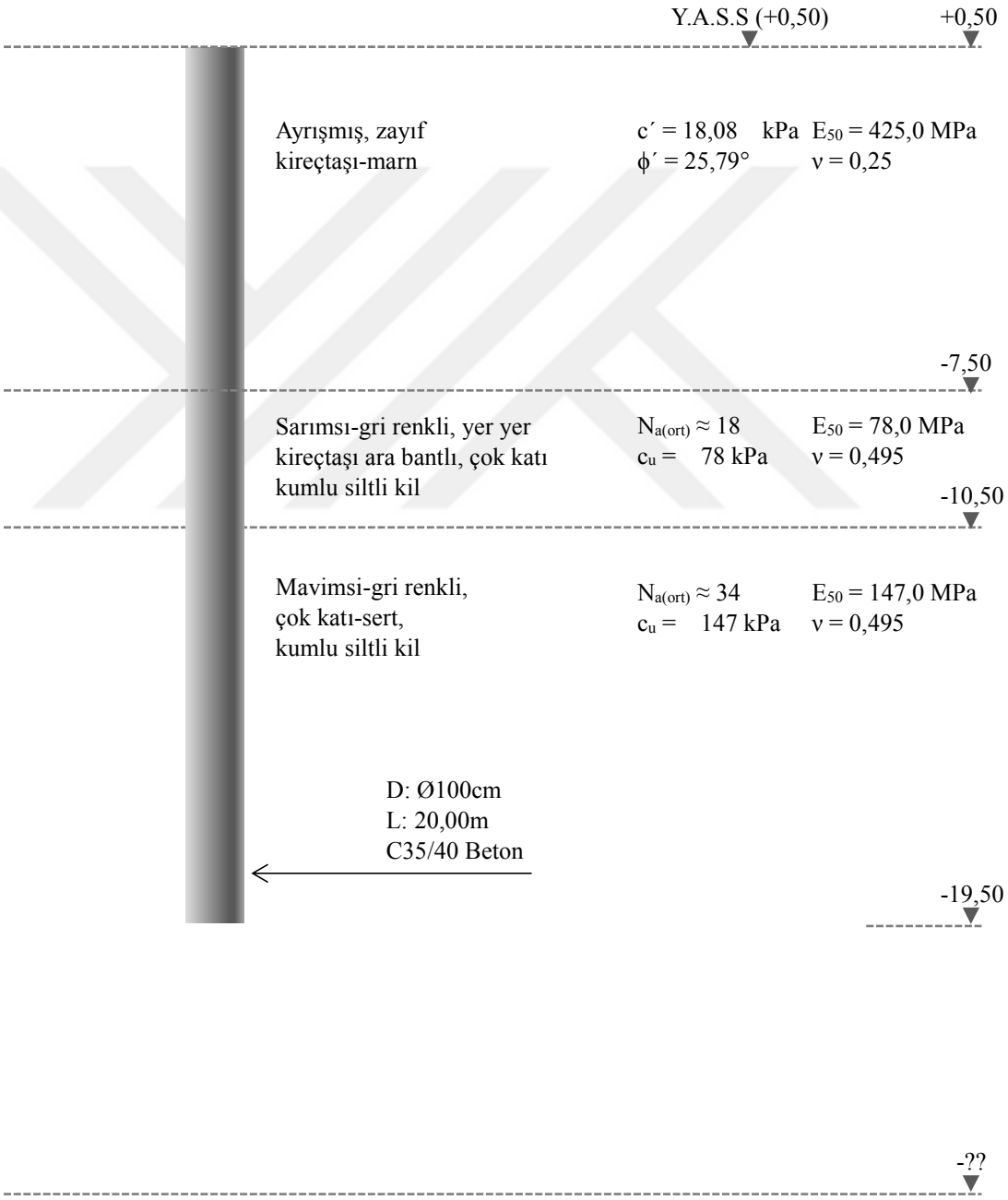
3 No.'lu deney kazığı delme (fore) kazık biçiminde imal edilmiş olup kazığa en yakın yerden yapılmış sondaj logu Ekler'de verilmiştir. Bu sondaj logundan yararlanarak deney kazığı için idealize zemin profili Şekil 5.5.'da oluşturulmuştur.



Şekil 5.5. 3 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara esas teşkil eden idealize zemin profili

5.3.4. 4 No.'lu deney kazığı

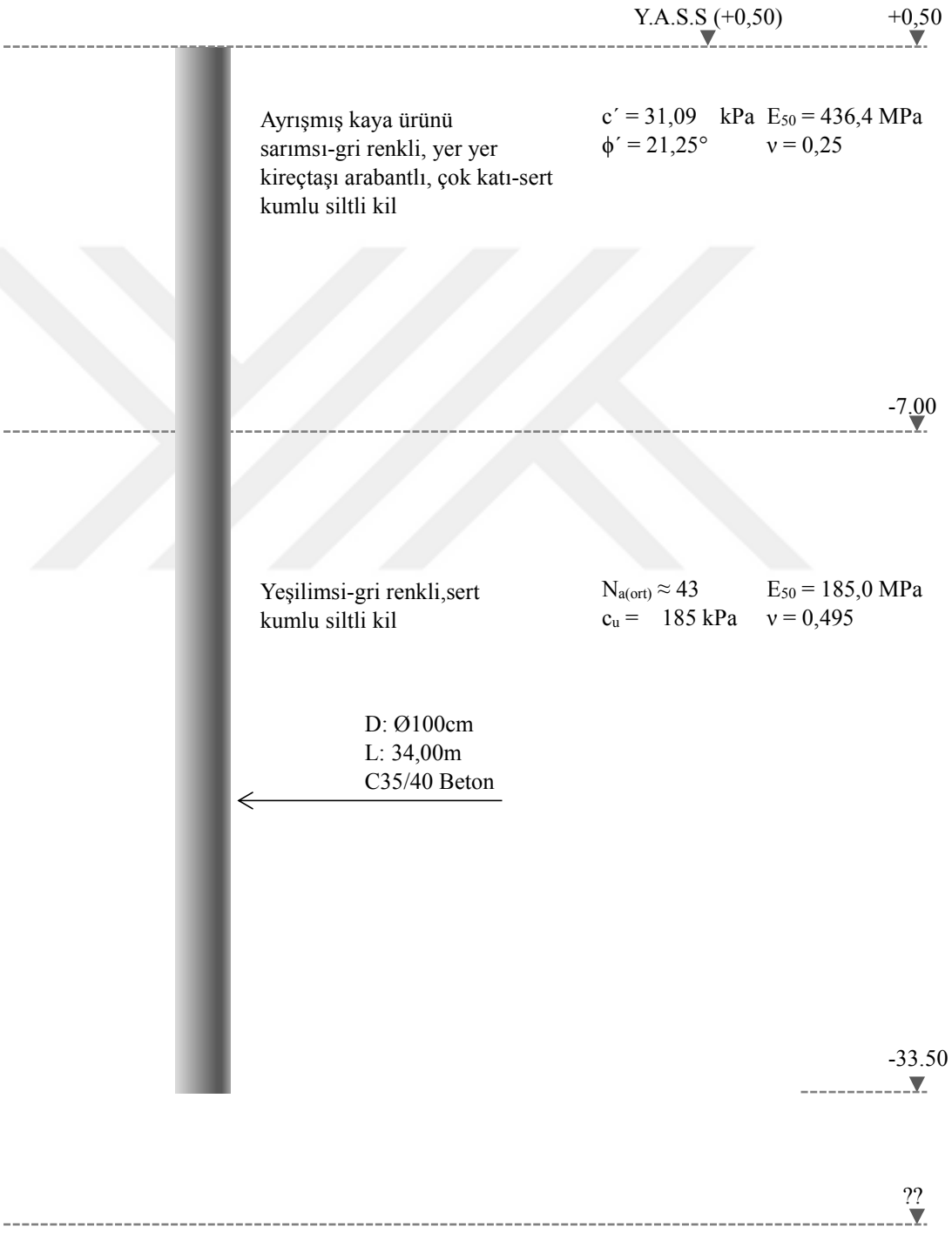
4 No.'lu deney kazığı delme (fore) kazık biçiminde imal edilmiş olup kazığa en yakın yerden yapılmış sondaj logu Ekler'de verilmiştir. Kazığın ilk 8.00m'lik kısmı SPT değerlerinin yüksek olmasından dolayı ayrışmış kaya olarak değerlendirilmiştir. Bu sondaj logundan yararlanarak deney kazığı için idealize zemin profili Şekil 5.6.'da oluşturulmuştur.



Şekil 5.6. 4 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara esas teşkil eden idealize zemin profili

5.3.5. 5 No.'lu deney kazığı

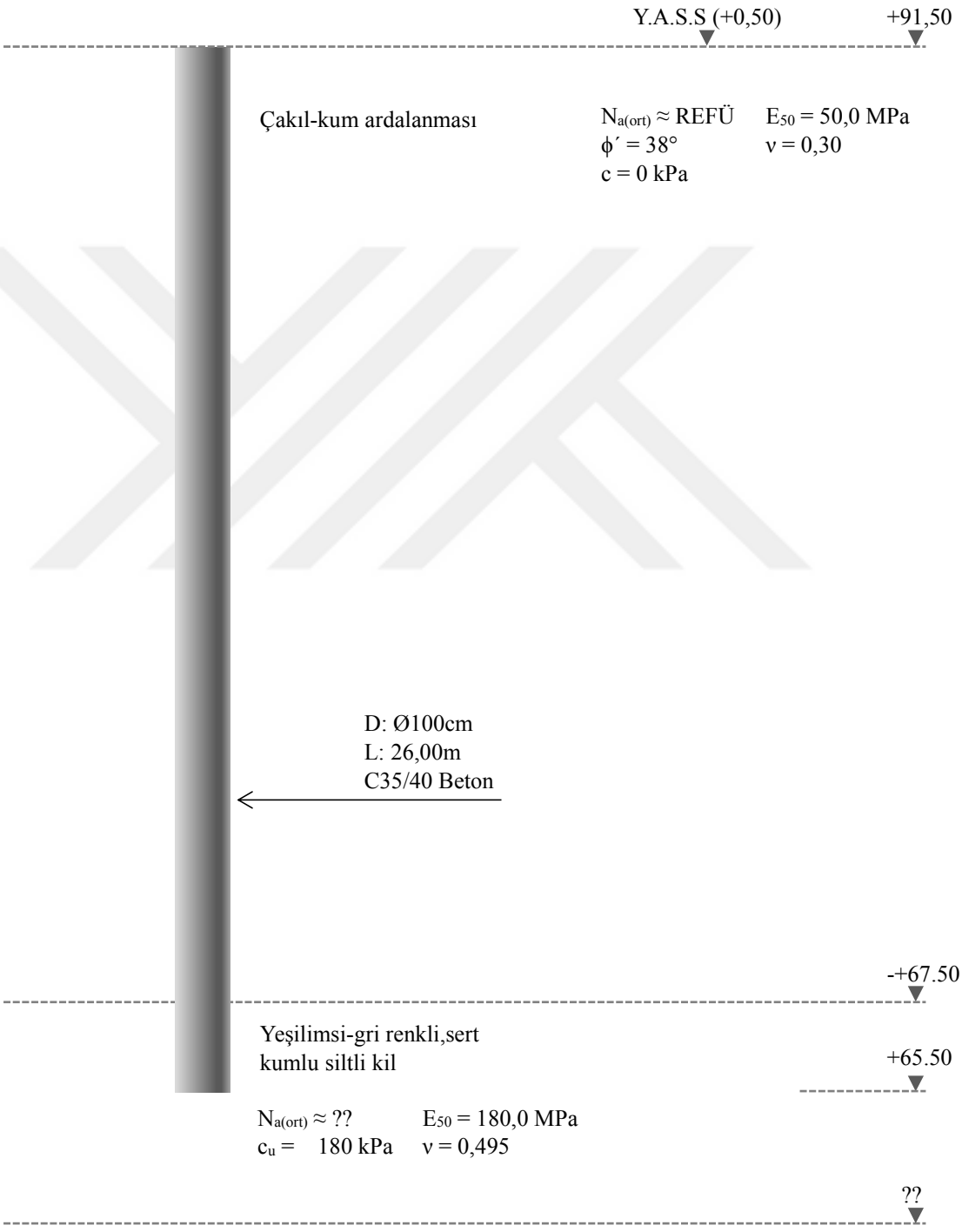
5 No.'lu deney kazığı delme (fore) kazık biçiminde imal edilmiş olup kazığa en yakın yerden yapılmış sondaj logu Ekler'de verilmiştir. Bu sondaj logundan yararlanarak deney kazığı için idealize zemin profili Şekil 5.7.'de oluşturulmuştur.



Şekil 5.7. 5 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara esas teşkil eden idealize zemin profili

5.3.6. 6 No.'lu deney kazığı

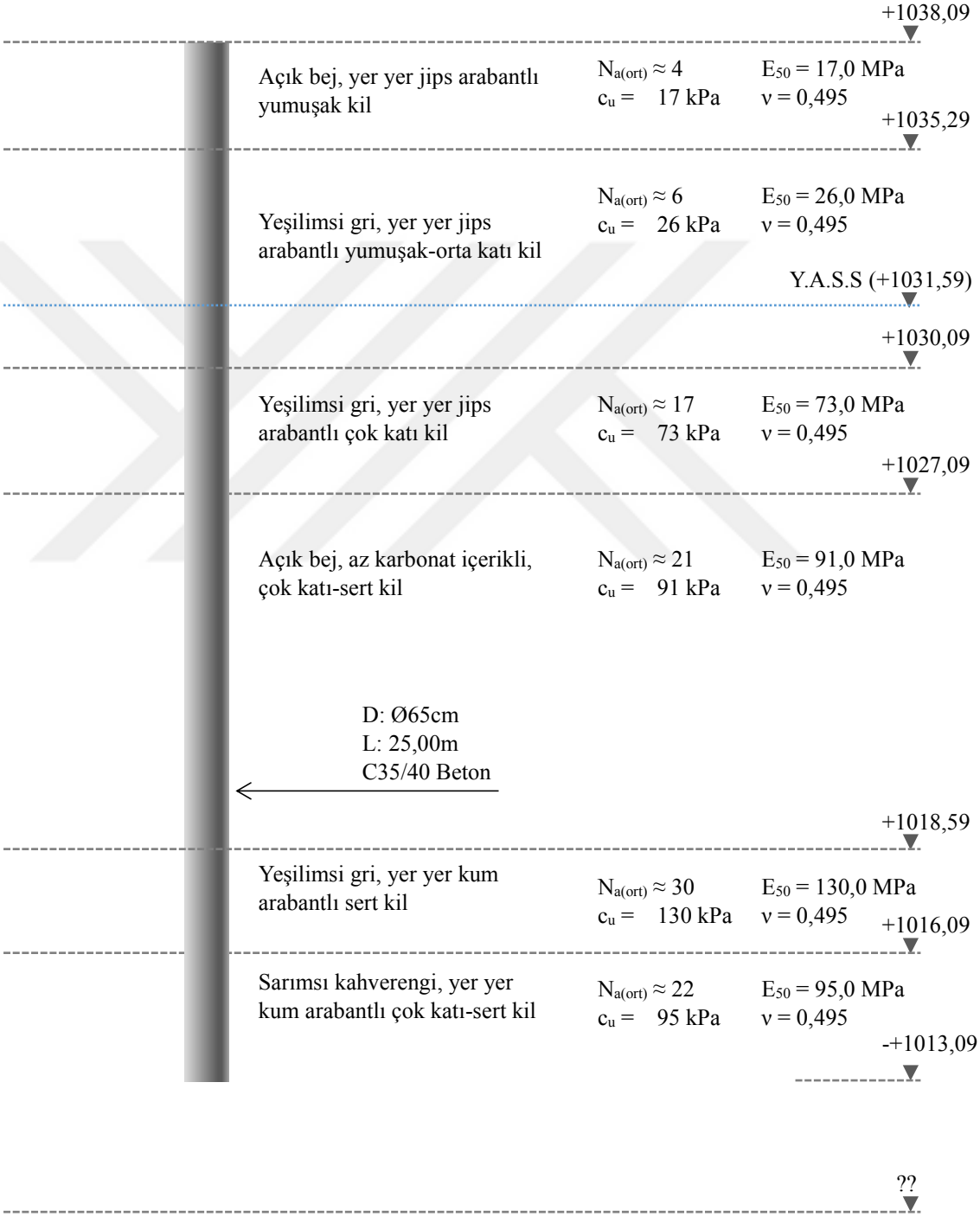
6 No.'lu deney kazığı delme (fore) kazık biçiminde imal edilmiş olup kazığa en yakın yerden yapılmış sondaj logu Ekler'de verilmiştir. Bu sondaj logundan yararlanarak deney kazığı için idealize zemin profili Şekil 5.8.'de oluşturulmuştur.



Şekil 5.8. 6 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara esas teşkil eden idealize zemin profili

5.3.7. 7 No.'lu deney kazığı

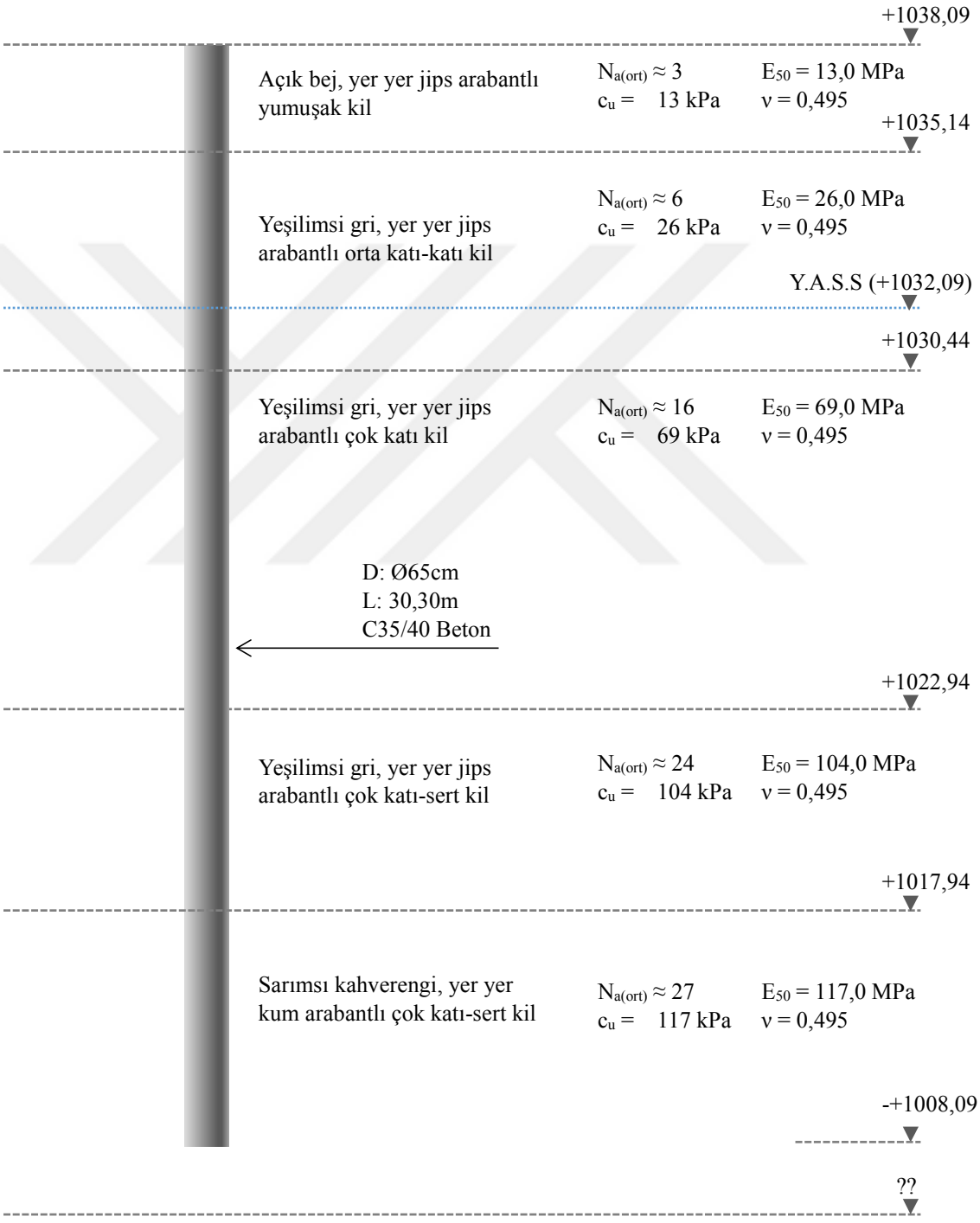
7 No.'lu deney kazığı delme (fore) kazık biçiminde imal edilmiş olup kazığa en yakın yerden yapılmış sondaj logu Ekler'de verilmiştir. Bu sondaj logundan yararlanarak deney kazığı için idealize zemin profili Şekil 5.9.'da oluşturulmuştur.



Şekil 5.9. 7 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara esas teşkil eden idealize zemin profili

5.3.8. 8 No.'lu deney kazığı

8 No.'lu deney çakma-yerinde dökme kazık biçiminde imal edilmiş olup kazığa en yakın yerden yapılmış sondaj logu Ekler'de verilmiştir. Bu sondaj logundan yararlanarak deney kazığı için idealize zemin profili Şekil 5.10.'de oluşturulmuştur.



Şekil 5.10. 8 No.'lu deney kazığına ait, sonlu eleman hesabına ve teorik hesaplara esas teşkil eden idealize zemin profili

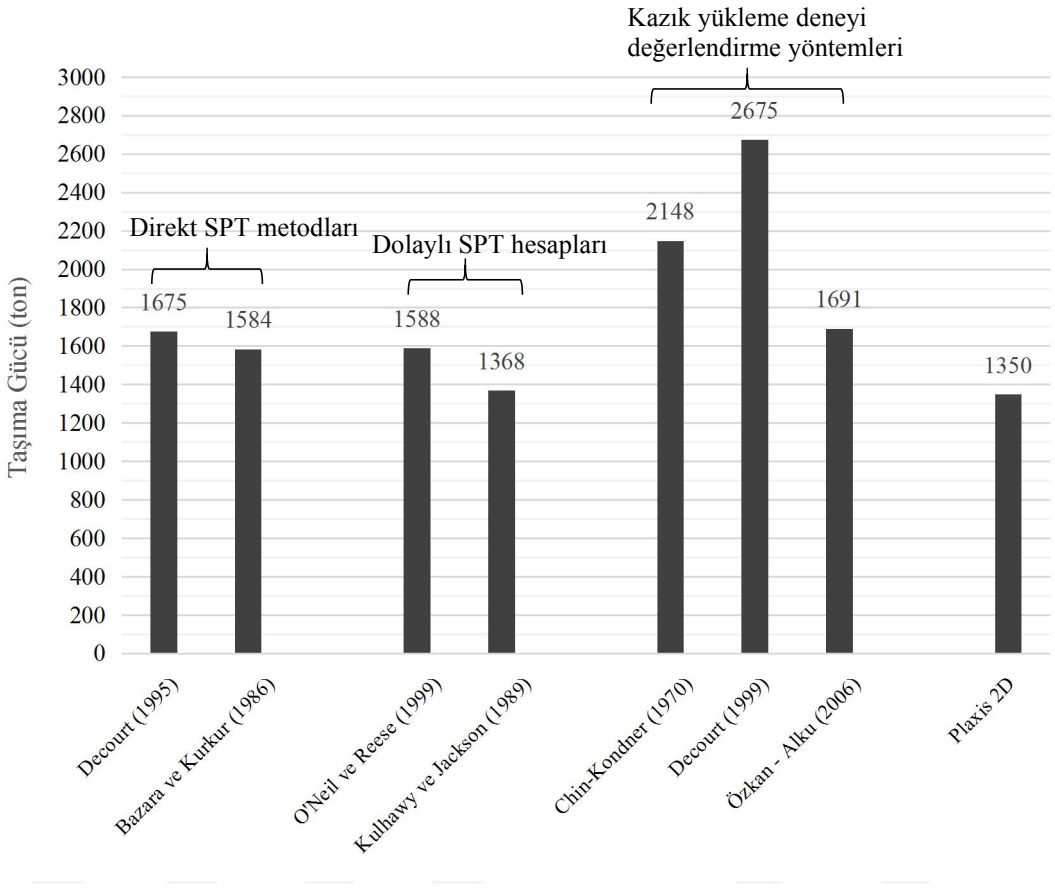
BÖLÜM 6. ARAŞTIRMA BULGULARI

6.1. Nihai Taşıma Gücü (Göçme Yükü) Değerlendirmesi

Yedi adet deney kazığı için teorik olarak hesaplanan, sonlu eleman yazılımı (Plaxis 2D) ile belirlenen ve kazık yükleme deneylerini değerlendirme yöntemlerinden elde edilen nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerleri her bir deney kazığı için ilerleyen başlıklarda belirtilmiştir.

6.1.1. 1 No.'lu deney kazığı

Yükleme deneyi göçmeye varan parabol bir eğri sunmadığı için sadece matematik modele dayalı kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır. Tüm yöntemler ile hesaplanan kazık nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerleri Şekil 6.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. 1 no.'lu deney kazığı için hesaplnan nihai taşıma gücü değerleri

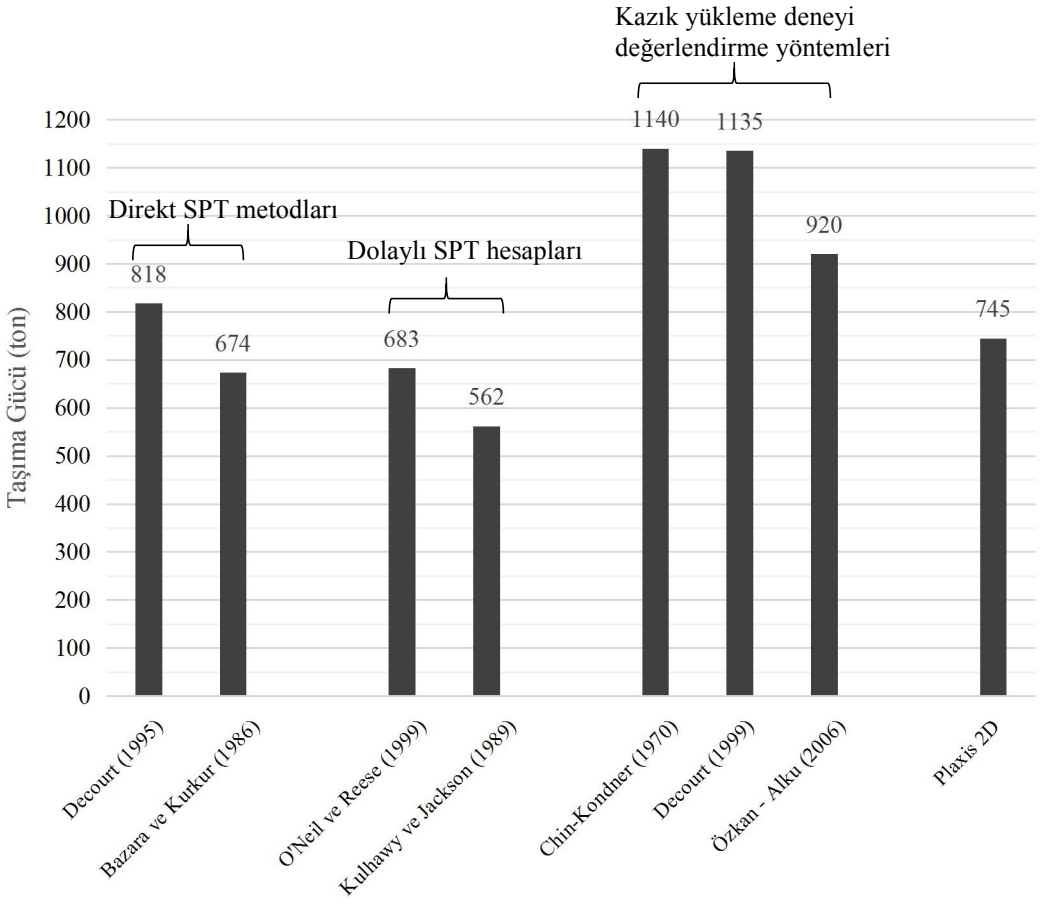
Teorik yöntemler ([12], [18], [22], [23]), sonlu eleman yöntemi ve Özkan-Alku [39] yönteminin ortalaması alındığında, her bir yöntemin bu ortalamaya yakın olduğu görülmektedir.

Matematiksel modele dayalı değerlendirme yöntemlerinden Chin-Kondner [37] ve Decourt [38] yöntemleri ise diğer yöntemlerde oldukça fazla göçme yükü değeri vermişlerdir.

Kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemlerinin ortalaması esas alındığında, bu yöntemlerin ortalamasına en yakın değerin Decourt [23] tarafından önerilen direkt SPT metodunun verdiği göçme yükü değeri olduğu tespit edilmiştir. Oturma hesabında bu metodun taşıma yükü kullanılacaktır.

6.1.2. 2 No.'lu deney kazığı

Yükleme deneyi yük oturma grafiği çok az da olsa parabol olmasına rağmen göçmeye varan parabol bir eğri sunmadığı için sadece matematik modele dayalı kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır. Tüm yöntemler ile hesaplanan kazık nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerleri Şekil 6.2'de gösterilmiştir.



Şekil 6.2. 2 no.'lu deney kazığı için bulunan nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerlerinin karşılaştırılması

Matematik modele dayalı kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemlerinden Chin-Kondner [37] ve Decourt [38] yöntemleri, teorik yöntemler ve sonlu eleman yöntemine göre ortalama 1,51 kat fazla göçme yükü değeri vermişlerdir. Ökan-Alku [39] metodu ise diğer matematiksel modellere göre daha muhafazakar göçme yükü vermiştir.

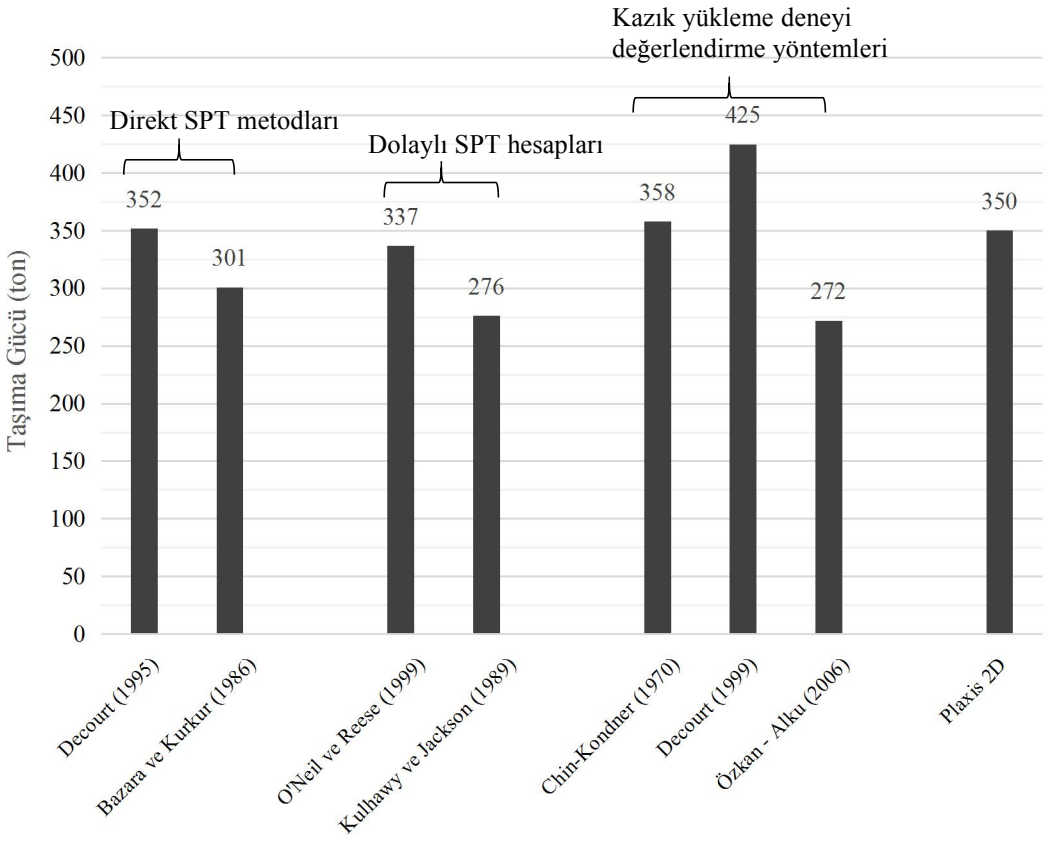
Direkt SPT hesapları ([22], [23]) ile sonlu eleman yönteminden elde edilen göçme yükü değerleri uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Dolaylı SPT hesaplarından Kulhawy ve Jackson metodu ise diğer teorik yöntemlerin ortalamasının 0,87 katı göçme yükü değeri vermiştir.

Göçme yükü matematiksel modele dayalı yöntemlerin ortalaması olarak kabul edilmiş ve bu değere en yakın yöntem olan Decourt [23] yönteminin taşıma gücü değeri oturma hesaplarında kullanılmıştır.

6.1.3. 3 No.'lu deney kazığı

3. no.'lu deney kazığı çekme yükleme deneyidir. Yükleme deneyi paraboldür. Fakat göçmeye varan değil yük almaya devam eden parabol bir yük oturma eğrisine sahip olduğu için sadece matematik modele dayalı kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır. Tüm yöntemler ile hesaplanan kazık nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerleri Şekil 6.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.3. 3 no.'lu deney kazığı için bulunan nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerlerinin karşılaştırılması

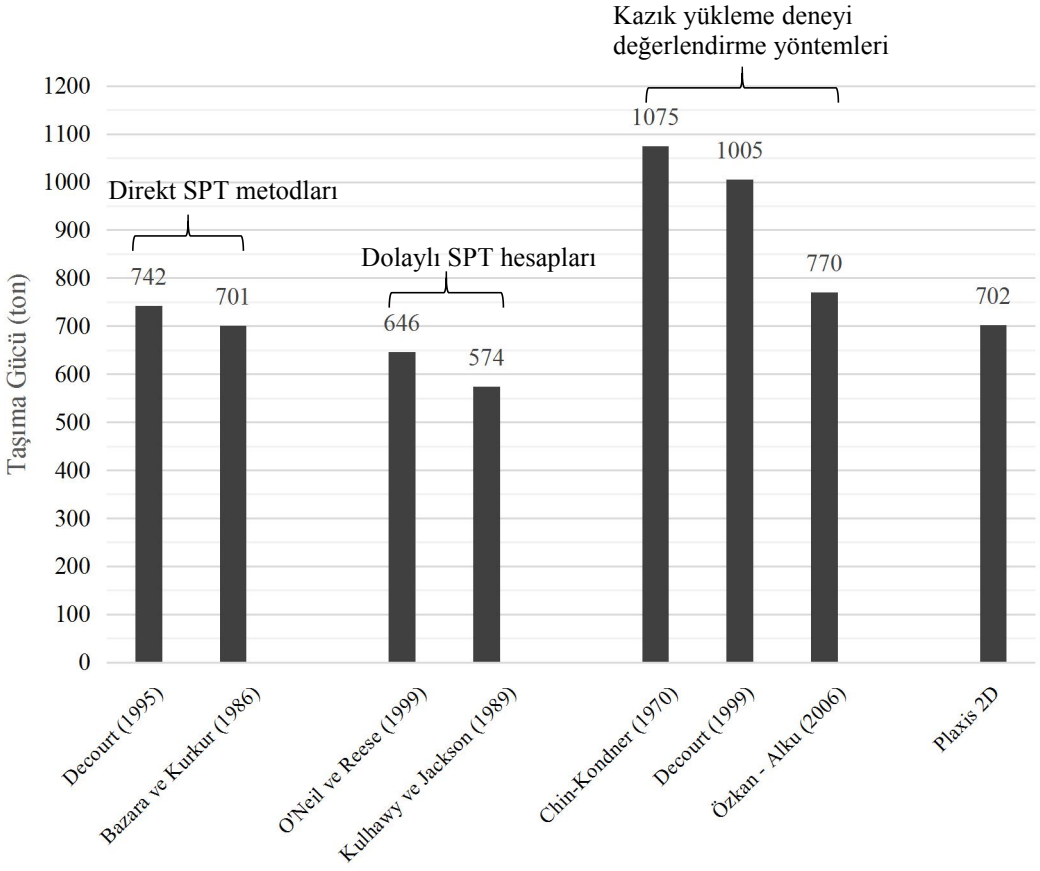
Çekme deneyi yük-oturma eğrisi parabol olmasına rağmen deneyin sonuna kadar yük almaya devam etmiştir. Buna rağmen deney; parabol yük-oturma eğrisi sunmayan deney olarak yorumlanmaya çalışılmıştır.

Bazaara ve Kurkur [22], Kuhawy ve Jackson [18] ve Özkan-Alku [39] yöntemleri birbirine yakın sonuçlar verirken, Decourt [23], O'Neil ve Reese [12], Chin Kondner [37] ve sonlu eleman yöntemleri de birbirlerine yakın sonuçlar vermiştir. Decourt [38] kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemi ise bu yöntemlerden fazla bir göçme yükü değeri sunmuştur.

Kazık yükleme deneyleri değerlendirme yöntemlerinin ortalamasına en yakın yöntem Decourt [23] teorik yöntemi olduğu için, oturma hesaplarında bu yöntemin sunduğu taşıma gücü değerleri kullanılacaktır.

6.1.4. 4 No.'lu deney kazığı

Yükleme deneyi göçmeye varan parabol bir eğri sunmadığı için sadece matematik modele dayalı kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır. Tüm yöntemler ile hesaplanan kazık nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerleri Şekil 6.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.4. 4 no.'lu deney kazığı için bulunan nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerlerinin karşılaştırılması

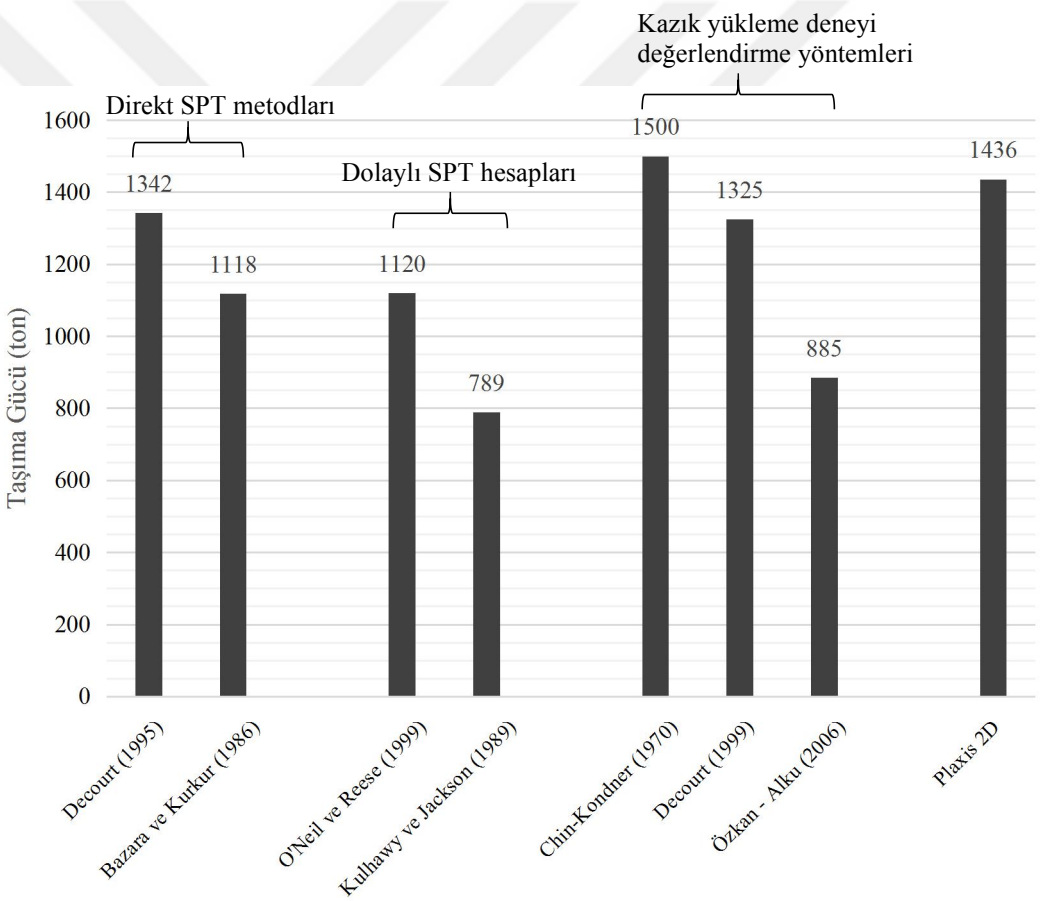
Direkt SPT metodları ([22], [23]), Özkan-Alku [39] yöntemi ve sonlu eleman yöntemi birbirlerine oldukça yakın değerler vermişlerdir.

Dolaylı SPT hesapları ([12], [18]), yukarıda paragrafta anlatılan yöntemlerin 0,86 katı göçme yükü değeri; Chin-Kondner [37] ve Decourt yöntemleri ise ortalama 1,42 kat fazla göçme yükü değeri vermiştir.

Kazık yükleme deneylerinin ortalamasına en yakın yöntemin Decourt [23] yöntemi olması nedeniyle oturma hesapların bu yöntemin sunduğu göçme yükü değerleri kullanılmıştır.

6.1.5. 5 No.'lu deney kazığı

Yükleme deneyi göçmeye varan parabol bir eğri sunmadığı için sadece matematik modele dayalı kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır. Tüm yöntemler ile hesaplanan kazık nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerleri Tablo 6.5.'te gösterilmiştir.



Şekil 6.5. 5 no.'lu deney kazığı için bulunan nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerlerinin karşılaştırılması

Teorik yöntemler içerisinde en yüksek göçme yükünü Decourt yöntemi vermiştir. Bazaara ve Kurkur [22] ve O'Neil ve Reese yöntemleri ise birbirine oldukça yakın

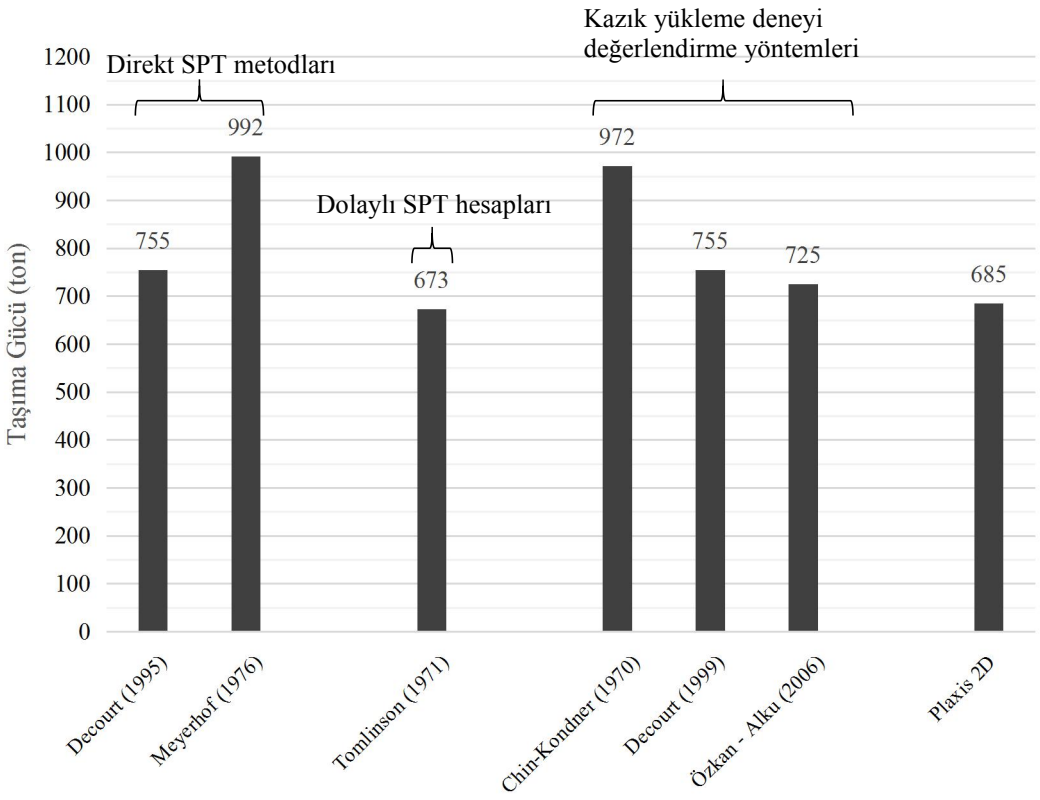
göçme yükü değerleri vermişlerdir. En düşük göçme yükünü ise Kulhawy ve Jackson [18] yöntemi vermiştir.

Kazık yükleme deneyleri değerlendirme yöntemlerinin içerisinde ise en yüksek göçme yükünü Chin-Kondner [37] yöntemi vermiştir. Bunu takiben Decourt [38] yükleme deneyi değerlendirme yöntemi, Decourt [23] teorik yöntemine ve sonlu elemanlar yöntemine oldukça yakın değer vermiştir. Özkan-Alku yöntemi ise en düşük göçme yükünü vermiştir.

Kazık yükleme deneylerinin değerlendirilmesine ilişkin yöntemlerin ortalamasına en yakın teorik yöntem Decourt [23] yöntemi olduğu için oturma hesaplarında bu yöntemin verdiği çevre sürtünmesi ve uç taşıma gücü değerleri kullanılmıştır.

6.1.6. 6 No.'lu deney kazığı

Yükleme deneyi yük oturma grafiği az da olsa parabol olmasına rağmen göçmeye varan parabol bir eğri sunmadığı için sadece matematik modele dayalı kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır. Tüm yöntemler ile hesaplanan kazık nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerleri Şekil 6.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 6.6. 6 no.'lu deney kazığı için bulunan nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerlerinin karşılaştırılması

Teorik yöntemler içerisinde en yüksek sonucu Meyerhof [14] yöntemi vermiş olup onu sırasıyla Decourt [23] ve Tomlinson [10] yöntemleri takip etmektedir.

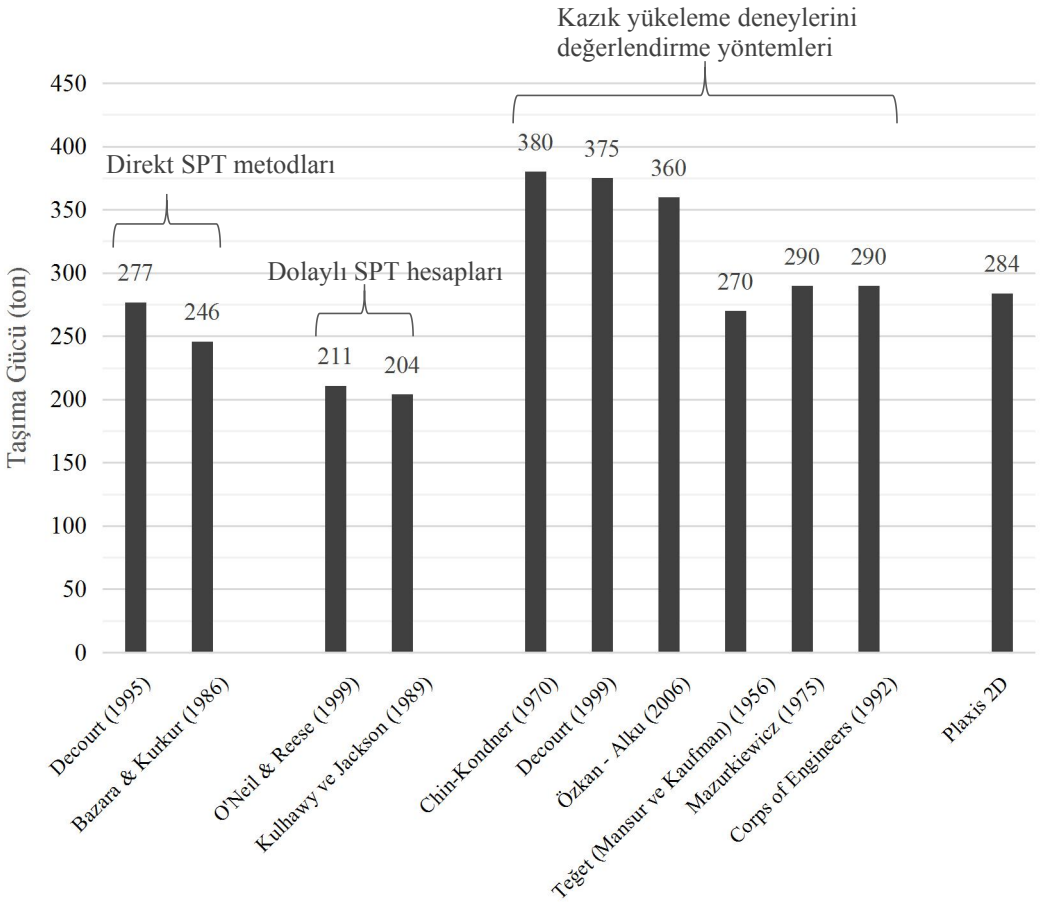
Kazık yükleme deylerini değerlendirme yöntemleri içersinde en yüksek değeri Chin-Kondner [37] yöntemi vermiştir. Decourt [38] ve Özkan-Alku [39] ise birbirlerine ve Tomlinson yöntemine yakın değerler vermiş olup Chin-Kondner [37] yönteminin ortalama 0,76 katı büyüklüğünde bir değer vermişlerdir.

Sonlu eleman yöntemi de Decourt [38], Özkan-Alku [39] ve Tomlinson [10] yöntemlerine yakın bir değer vermiştir.

Kazık yükleme değerlerinin ortalamasına en yakın teorik yöntem Decourt [23] yöntemidir. Oturma hesaplarında bu yöntemin verdiği çevre sürtünmesi ve uç yükü değerleri kullanılmıştır.

6.1.7. 7 No.'lu deney kazığı

7 no.'lu deney kazığının yükleme deneyi, göçmeye varan parabol bir eğri sunduğu için gerek matematik modele dayalı kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemleri gerekse grafik yöntemler kullanılmıştır. Tüm yöntemler ile hesaplanan kazık nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerleri Şekil 6.7.'de göterilmiştir.



Şekil 6.7. 7 no.'lu deney kazığı için bulunan nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerlerinin karşılaştırılması

Matematik modele dayanan kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemlerinin (Chin-Kondner [37], Decourt [38], Özkan-Alku [39]), grafik yöntemlere (Teğet [42], Mazurkiewicz [41], Corps of Engineers [43]) oranla ortalama 1,31 kat daha fazla göçme yükü değeri verdiği görülmektedir. Matematik modele dayalı yöntemler ile elde edilen göçme değerleri, parabol eğriye sahip deney kazığının görece az yük artışı sonucunda görece fazla oturmaların gözlendiği noktaları da aşmakta oldukları

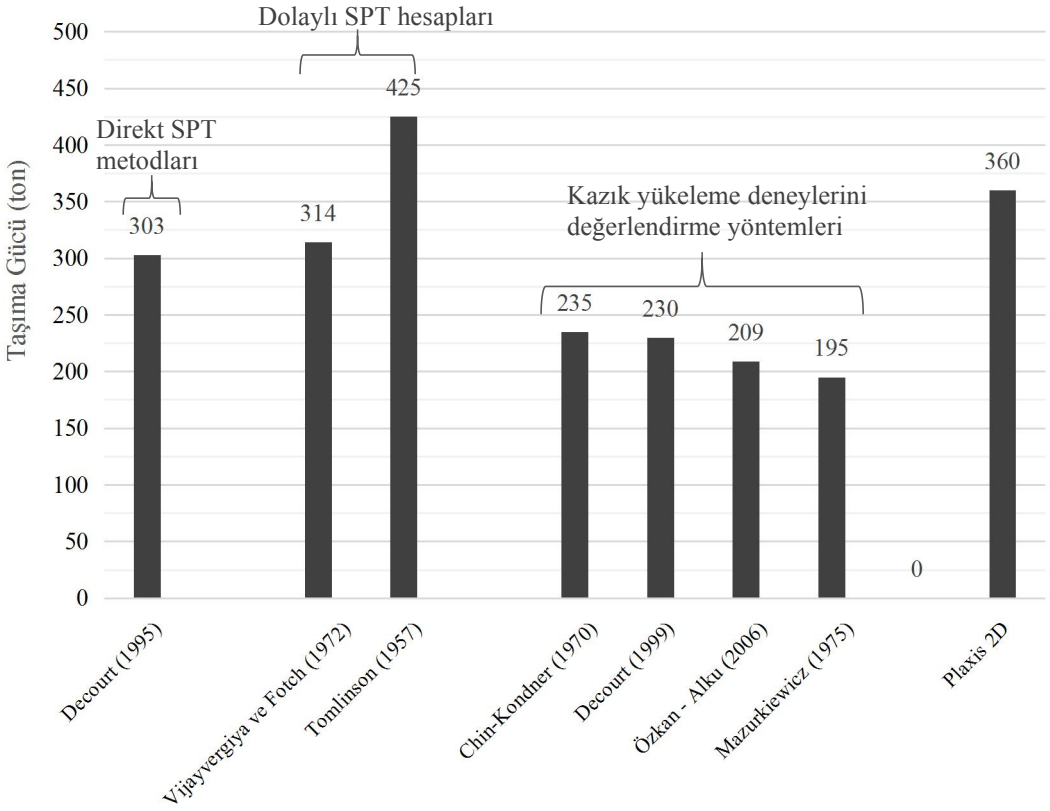
için matematik modele dayalı yöntemler 7 no'lu deney kazığında göçme yükünü belirlemek için kullanılamamıştır.

Dolaylı SPT hesaplamaları (O'Neil ve Reese [12], Kulhawy ve Jackson [18]) ile elde edilen göçme yükleri ise, kazık yükleme deneyinin yük-oturma eğrisinde başlangıçtaki henüz doğrusal noktalardadır. Bu nedenle bu yöntemlerin de göçme yükü belirlemede muhafazakar oldukları düşünülmektedir.

Direkt SPT metodları (Decourt [23], Bazaara ve Kurkur [22]), kazık yükleme deneyini değerlendiren grafik yöntemler ve sonlu eleman metodundan elde edilen değerler birbirlerine oldukça yakındır. Oturma hesaplarında kullanılanacak çevre (sürtünme) taşıma gücü ve uç taşıma gücü değerleri ise kazık yükleme deneyi değelendirme yöntemlerine en yakın sonuç veren Decourt [23] yönteminin verdiği nihai taşıma gücü değerlerinden alınacaktır.

6.1.8. 8 No.'lu deney kazığı

8 no.'lu deney kazığı çekme yükleme deneyidir. Yükleme deneyi paraboldür. Fakat göçmeye varan değil yük almaya devam eden parabol bir yük oturma eğrisine sahip olduğu için matematik modele dayalı kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemleri ve Mazurkiewicz yöntemi kullanılmıştır. Tüm yöntemler ile hesaplanan kazık nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerleri Şekil 6.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.8. 8 no.'lu deney kazığı için bulunan nihai taşıma gücü (göçme yükü) değerlerinin karşılaştırılması

Çekme deneyi yük-oturma eğrisi parabol olmasına rağmen deneyin sonuna kadar yük almaya devam etmiştir. Buna rağmen deney; parabol yük-oturma eğrisi sunmayan deney olarak yorumlanmaya çalışılmıştır.

Teorik yöntemlerden Decourt [23] ve Vijayvergia ve Fotch [15] yöntemleri birbirine oldukça yakın değerler vermişlerdir. Tomlinson [10] yöntemi ise bu iki yöntemin ortalamasından 1.38 kat fazla göçme yükü vermiştir.

Kazık yükleme deneyini değerlendirme yöntemleri ise (Chin-Kondner [37], Decourt [38], Özkan-Alku [39], Mazurkiewicz [41]) spektrumdaki en düşük göçme yüklerini veren grup olmuşlardır.

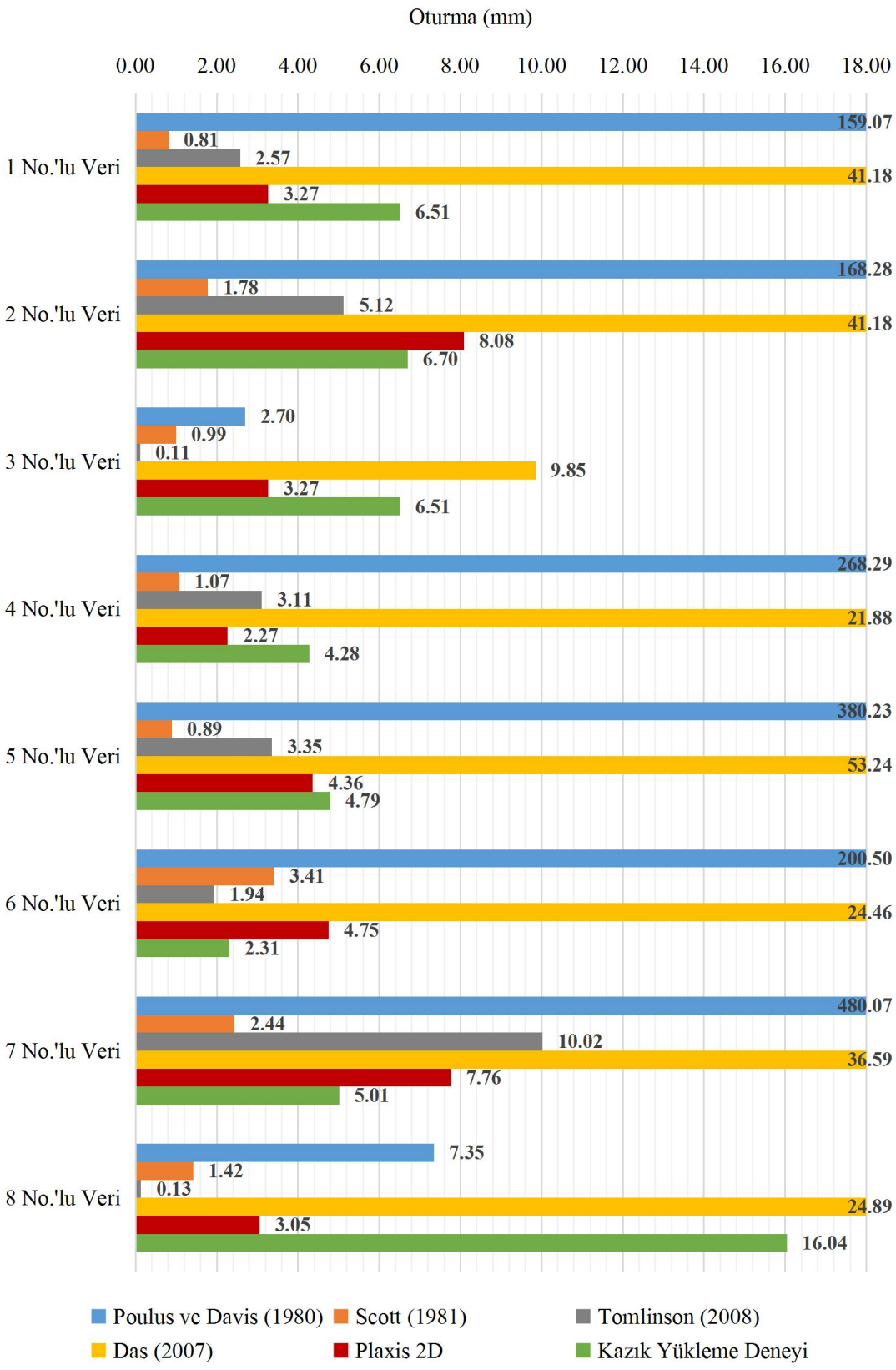
Sonlu eleman yöntemi ise Tomlinson [10] yönteminden sonra en yüksek göçme yükünü veren ikinci yöntem olmuştur.

Kazık yükleme deneyleri değerlendirme yöntemlerinin ortalamasına en yakın yöntem Decourt [23] yöntemi olduğu için, oturma hesaplarında bu yöntemin sunduğu taşıma gücü değerleri kullanılacaktır.

6.2. Oturmaların Değerlendirilmesi

Sekiz adet deney kazığı için teorik olarak hesaplanan, sonlu eleman yazılımı (Plaxis 2D) ile belirlenen ve kazık yükleme deneylerinden elde edilen oturma değerleri her bir deney kazığı için belirtilmiştir.

Grafiksel gösterimde, görünürlülüğü bozmaması amacıyla oturma değerleri sınırlandırılmış, gerçekten oldukça uzak sonuçlar veren yöntemlerin üzerine sonuçları yazılmıştır.



Şekil 6.9. Oturma analizi sonuçları

BÖLÜM 7. ÖNERİLEN YÖNTEM

Bu bölümde, kazık yükleme deneyi verilerine istinaden göçme yükü değerlendirmesinde bulunabilecek bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntem her ne kadar matematiksel modele dayalı bir yöntem olsa da, kullanıcının yorumuna da bağlıdır.

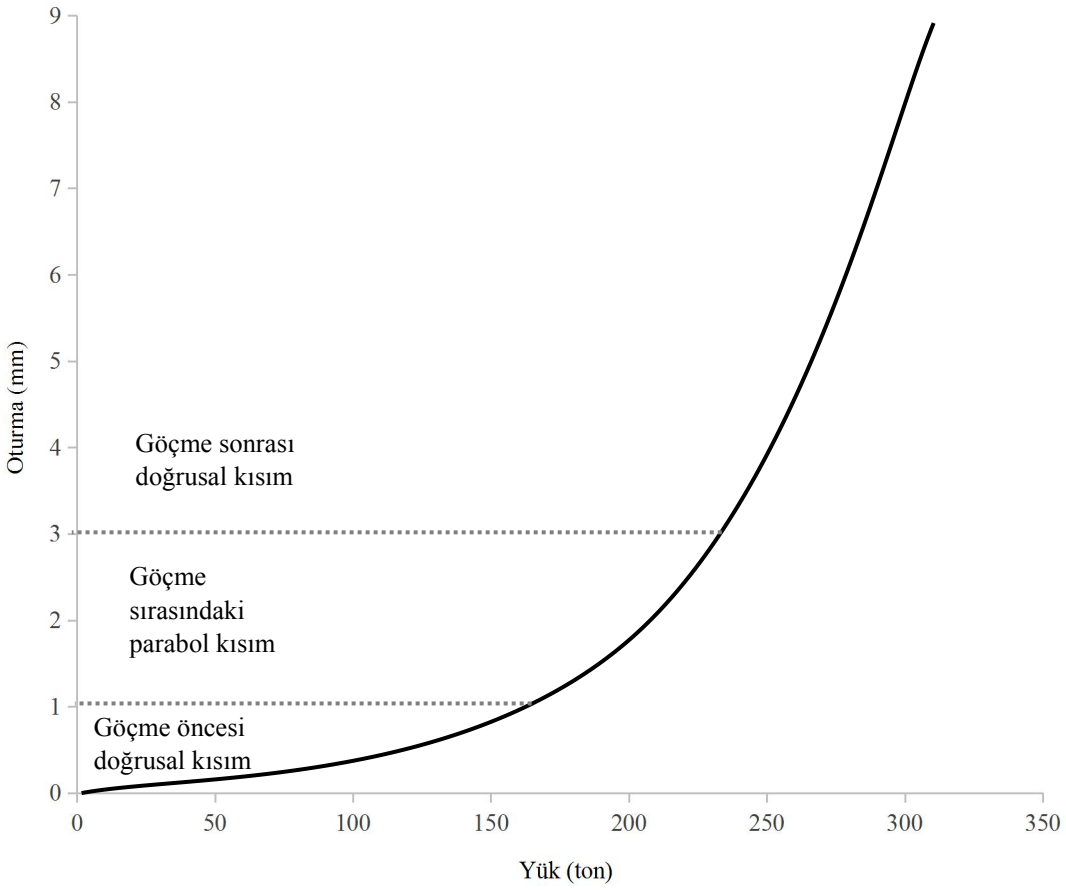
7.1. Matematiksel Modele Dayalı Kazık Yükleme Deneyi Değerlendirme Yöntemlerinin İrdelenmesi ve Önerilen Yöntemin Geliştirilmesi

Bölüm 3.3.1.'de açıklanan ve Bölüm 6.1.'de uygulaması yapılan matematiksel modele dayalı kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemlerinin, teorik yöntemlerle belirlenen göçme yükünden ve göçmeye varan kazıklarda dahi grafiksel yöntemlerle belirlenen göçme yükünden oldukça uzak değerler vermesindeki asıl sorun, bu yöntemlerin gereğinden fazla iterasyon yapması olduğu anlaşılmıştır. Özkan-Alku yönteminde, bu iterasyon, diğer yöntemlere göre daha fazla sınırlandırılsa da sonuçlardan anlaşılacağı gibi yine de yetersiz kalabildiği görülmüştür.

Göçmeye varan kazık yükleme deneyi eğrileri incelendiğinde, bu eğrilerin yaklaşık olarak üç ayrı bölümden oluştuğu gözlenmiştir. Bunları yük artışından itibaren sırası ile isimlendirmek gerekirse;

1. Göçme öncesi doğrusal kısım,
2. Göçme sırasındaki parabol kısım,
3. Göçme sonrası doğrusal kısım,

olarak isimlendirilmiş ve Şekil 7.1.'de gösterilmiştir



Şekil 7.1. Tipik göçmeye varan kazık yükleme deneyi yük-oturma eğrisi ve bölge tanımlamaları

Matematiksel modele dayalı iterasyon yaparak kazık göçme yükünü tahmin etmek için seçilecek olan dağılım grubu ve dağılımın ordinat-apsis ilişkisinin hassas bir biçimde ortaya konulması gerektiği tespit edilmiştir. Bütün bunlardan hareketle;

I. Yük-oturma ilişkisinin logaritmik düzeyde incelenmesi gerektiği anlaşılmştır.
II. Matematiksel modele dayalı ekstrapolasyon yaparken göçme öncesi doğrusal kısım içerisindeki dağılımın kullanılmasının muhafazakar bir göçme yükü vereceği, göçme sonrası doğrusal kısım içerisindeki dağılımın kullanılmasının ise aşırı bir göçme yükü vereceği tespit edilmiştir. Bu nedenle göçme sırasındaki parabol kısım içerisindeki dağılım üzerinden ekstrapolasyon yapmanın ideal sonucu vereceği görülmüştür.

Önerilen yöntem bir sonraki başlıkta detaylı olarak açıklanlmıştır.

7.2. Önerilen Yöntemin Uygulanışı

Önerilen yöntemin uygulanış biçimi maddeler halinde aşağıda ifade edilmiştir:

1. Her yük-oturma kesişim noktasındaki; logaritma yük tabanında oturma $\left(\log_{Q_i}^{\Delta_i}\right)$ değeri bulunur.

   Burada;

   Δ_i : Her yükleme aşamasına ait oturma değeri (mm),

   Q_i : Her yükleme aşamasına ait yük değeridir (ton).

2. $\left(\log_{Q_i}^{\Delta_i}\right)$ değerlerinin tümünün ortalaması hesaplanır: $\dfrac{\sum_{i=1}^{n} \log_{Q_i}^{\Delta_i}}{n}$

   Burada;

   Δ_i : Her yükleme aşamasına ait oturma değeri (mm),

   Q_i : Her yükleme aşamasına ait yük değeri (ton),

   n : Yükleme aşaması sayısıdır.

3. Her yük adımı için $K = \dfrac{Q_i^{\frac{\sum_{i=1}^{n} \log_{Q_i}^{\Delta_i}}{n}}}{\Delta_i}$ değeri (bu değere kısaca "K" sembolü verilmiştir) hesaplanır ve K-Q dağılımı çizilir.

   Burada;

   Δ_i : Her yükleme aşamasına at oturma değeri (mm),

   Q_i : Her yükleme aşamasına ait yük değeri (ton),

   n : Yükleme aşaması sayısıdır.

   K : $\left(\dfrac{Q_i^{\frac{\sum_{i=1}^{n} \log_{Q_i}^{\Delta_i}}{n}}}{\Delta_i} \right)$ değerinin karşılığıdır (Birimsiz).

4. Oluşan dağılımda, Bölüm 7.1'de anlatılan, göçme sırasındaki parabol kısıma denk gelen noktaların oluşturduğu dağılım, ideal bir doğru üzerinde birleştirilir ve bu doğrunun apsisi kestiği nokta nihai taşıma gücünü (göçme yükü) verir.

Daha hassas çalışılmak istendiği takdirde regresyon analizi yapılarak regresyon doğrusu çizilir ve regresyon doğrusunun denklemi

$$y = a \cdot x + b \tag{7.1}$$

biçiminde bulunur. Burada;

a : Doğrunun eğimi (ton^{-1}),

b : Doğrunun ordinat (y) eksenini kestiği noktadır (Birimsiz).

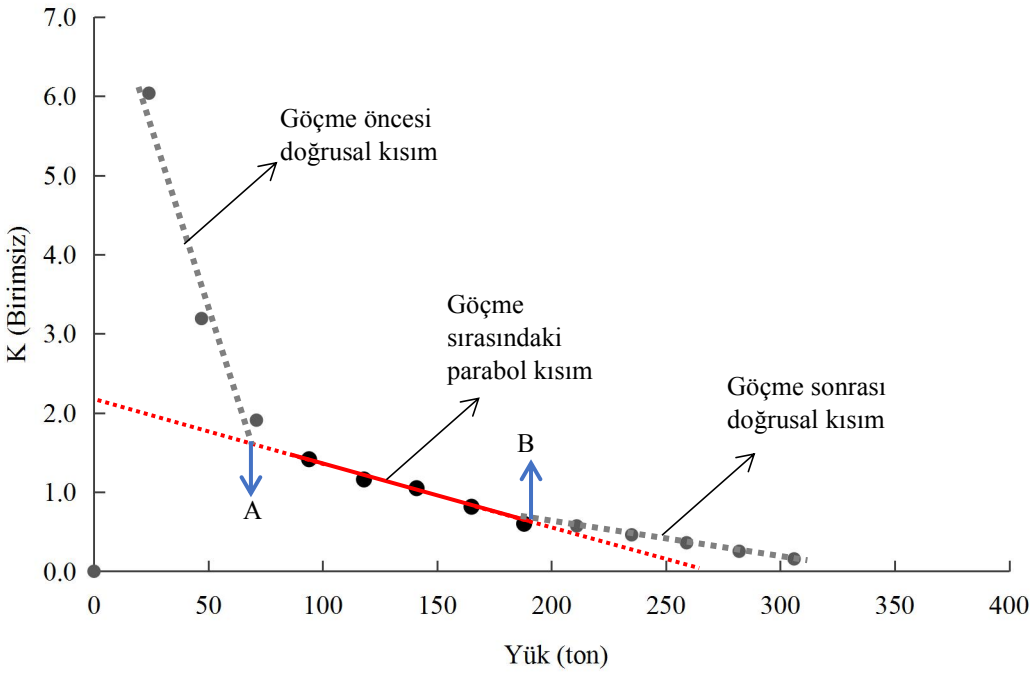
Denk. (7.1) 'den hareketle göçme yükü,

$$Q_{ult} = -\frac{b}{a} \tag{7.2}$$

denklemi ile bulunur. Burada;

a : Doğrunun eğimi (ton^{-1}),

b : Doğrunun ordinat (y) eksenini kestiği noktadır (Birimsiz)..

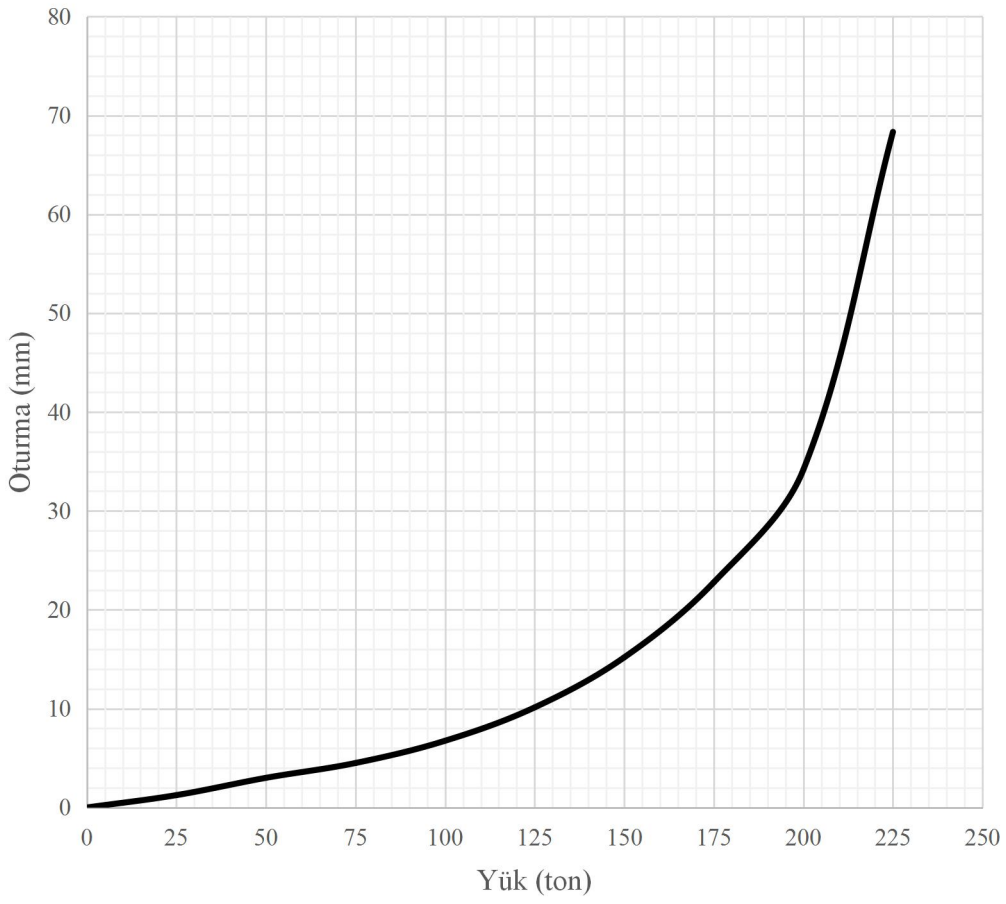


Şekil 7.2. Önerilen yöntemin göçmeye varan kazıklar için tipik dağılım grafiği

Şekil 7.2.'de görüldüğü üzere göçmeye varan kazık yükleme deneyine ait dağılım, A ve B olmak üzere iki ayrı kırılma noktasına ve üç ayrı eğilim çizgisine (trendline) sahiptir. Göçmeye varmayan kazıklarda ise göçme sonrası doğrusal kısım olmadığından, göçme sırasındaki parabol kısmın oluşturduğu dağılım bu yöntemle açık bir şekilde görülecektir.

7.3. Önerilen Yöntem İçin Örnek Uygulama

Aşağıdaki yük-oturma grafiği ve tablosu verilen kazık yükleme deneyinin Bölüm 7.2.'de detaylı olarak anlatılan önerilen yöntemi kullanarak, örnek bir çalışma teşkil etmesi amacıyla nihai taşıma gücü belirlenmiştir. Şekil 7.3.'te örnek uygulamanın yük-oturma grafiği ve Tablo 7.1.'de ise örnek uygulamanın yük-oturma tablosu verilmiştir.



Şekil 7.3. Örnek uygulamanın yük-oturma grafiği

Tablo 7.1. Örnek uygulamanın yük-oturma tablosu

Oturma Δ (mm)	Yük Q (ton)
0,000	0,00
1,250	25,00
3,000	50,00
4,500	75,00
6,750	100,00
10,125	125,00
15,188	150,00
22,781	175,00
34,172	200,00
68,344	225,00

Bölüm 7.2. ‘de anlatılan adımlar sırası ile uygulanmış ve Tablo 7.2. ‘de her sütun adım numaraları ile belirtilmiştir.

Tablo 7.2. Önerilen yöntemin örnek uygulama üzerindeki işlem adımları

			1. aşama	2. aşama	3. aşama
İşlem adımı	Oturma Δ(mm)	Yük Q(ton)	$\left(\log_{Q_i}^{\Delta_i}\right)$	$\frac{\sum_{i=1}^{n}\log_{Q_i}^{\Delta_i}}{n}$	$K=\frac{Q_i^{\frac{\sum_{i=1}^{n}\log_{Q_i}^{\Delta_i}}{n}}}{\Delta_i}$
	0,000	0.00			
1	1,250	25,00	0,0693		3,5768
2	3,000	**50,00**	**0,2808**		**2,0575**
3	4,500	**75,00**	**0,3484**		**1,6564**
4	6,750	**100,00**	**0,4147**	**0,4653**	**1,2625**
5	10,125	**125,00**	**0,4795**		**0,9337**
6	15,188	150,00	0,5429		0,6776
7	22,781	175,00	0,6052		0,4853
8	34,172	200,00	0,6665		0,3443
9	68,344	225,00	0,7800		0,1818
			Toplam: 4,1873 Örnek sayısı (n): 9		

Tablo 7.2.'de gösterilen işlem tablosundaki 4. adım, hesap örneği olması amacı ile aşağıda detaylandırılmıştır.

1. aşama için logaritma yük tabanında oturma ifadesi hesaplanır:

$$\log_{100}^{6,75} = 0,4147$$

2. aşamada her adım için yukarıdaki gibi hesaplanan, "logaritma yük tabanında oturma" ifadeleri toplanır. Mevcut örnekte dokuz adım için bu değerlerin ortalaması alınmıştır:

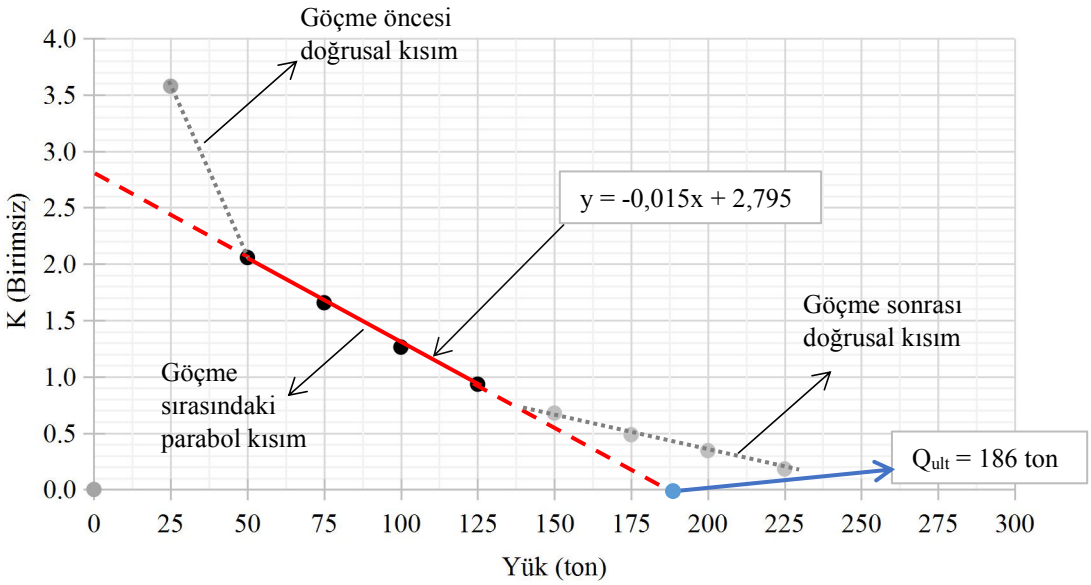
$$\frac{\sum_{i=1}^{n} \log_{Q_i}^{\Delta_i}}{n} = \frac{0,0693 + 0,2808 + 0,3484 + 0,4147 + 0,4795 + 0,5429 + 0,6052 + 0,6665 + 0,78}{9}$$

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} \log_{Q_i}^{\Delta_i}}{n} = 0,4653$$

3. aşamada ise "K" sembolü ile tanımlanan katsayı bulunur:

$$K = \frac{Q_i^{\frac{\sum_{i=1}^{n} \log_{Q_i}^{\Delta_i}}{n}}}{\Delta_i} = \frac{100^{0,4653}}{6,750} = 1,2625$$

100 ton'luk yük adımına karşılık olarak 1,265 değeri bulunmuştur. Tüm adımlarda bu işlemler sırasıyla uygulanır ve daha sonra Bölüm 7.2.'de 3. aşamada anlatıldığı gibi tüm adımlar için $Q_i \sim K$ dağılım grafiği Şekil 7.4.'te oluşturulmuştur.



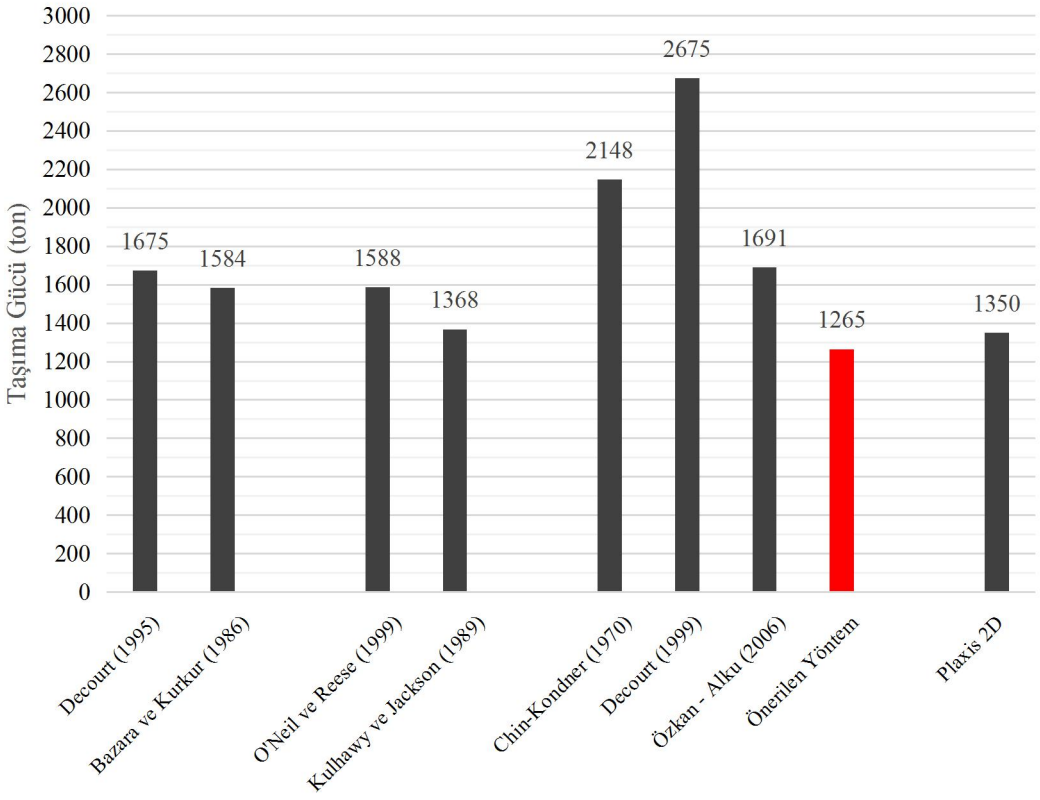
Şekil 7.4. Örnek uygulamanın önerilen yöntem üzerindeki çözüm grafiği

Çözüm için gereken dağılım grafiği önerilen yöntemin teorisinde belirtildiği gibi, örnek uygulamada da üç parçaya bölünmüştür (Bkz.: Şekil 7.4.). Dağılımda 2. ve 6. yükleme adımlarındaki kırılmalar aşikar bir biçimde görülmüş olup, yorumlama buna göre yapılmıştır. İlk kırılmadan ikinci kırılmaya kadar olan kesişim noktaları, göçme sırasındaki parabol kısım olarak yorumlanmış ve bu noktalar üzerinde regresyon analizi yapılarak ideal doğru çizilmiştir. Çizilen bu doğrunun apsisi kestiği noktada nihai taşıma gücü (göçme yükü) 186 ton olarak bulunmuştur. Ya da Eşitlik (7.2)'den yararlanılarak aşağıdaki biçimde de bulunabilir.

$$Q_{ult} = -\frac{b}{a} = -\frac{2,795}{-0,015} = 186 \text{ ton}$$

7.4. Önerilen Yöntemin Diğer Kazık Yükleme Deneyi Değerlendirme Yöntemleri, Teorik Yöntemler ve Sonlu Eleman Yöntemi İle Kıyaslanması

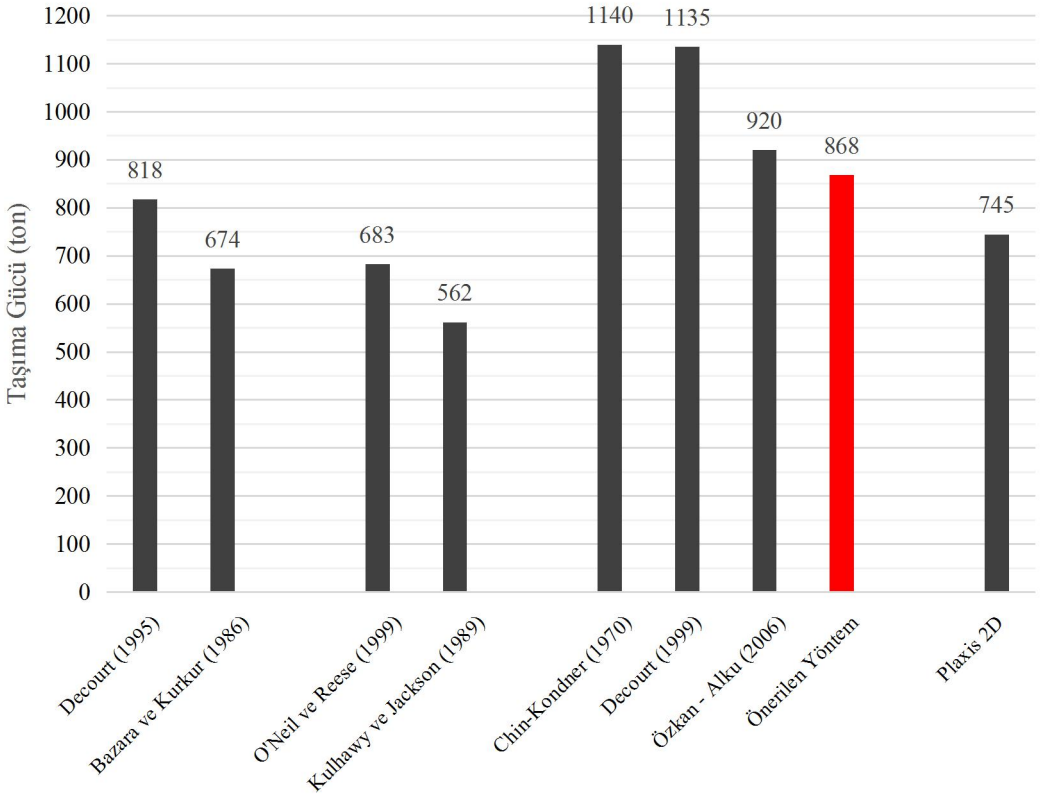
Önerilen yöntem, Bölüm 6.1.'deki araştırma bulguları ile birlikte değerlendirilmiş ve aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur.



Şekil 7.5. 1. no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplanan nihai taşıma gücü değerleri

1 no.'lu deney kazığında, önerilen yöntem, diğer yöntemler ile kıyaslanmış ve Şekil 7.5.'te gösterilmiştir. Buna göre önerilen yöntemin diğer üç kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemine göre (Chin-Kondner [37], Decourt [38], Özkan-Alku [39]) en düşük göçme yükünü verdiği tespit edilmiştir. Önerilen yöntem, Özkan-Alku [39] yönteminin verdiği göçme yükünün 0,75 katını vermiş olup, kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemlerine en yakın sonucu bu yöntemle vermiştir.

1 no.'lu deneyde önerilen yöntemin verdiği göçme yükü Kulhawy ve Jackson [18] ve sonlu eleman yöntemlerinin ortalama 0,93 katı olup, en yakın sonucun bu yöntemlerle olduğu görülmüştür.

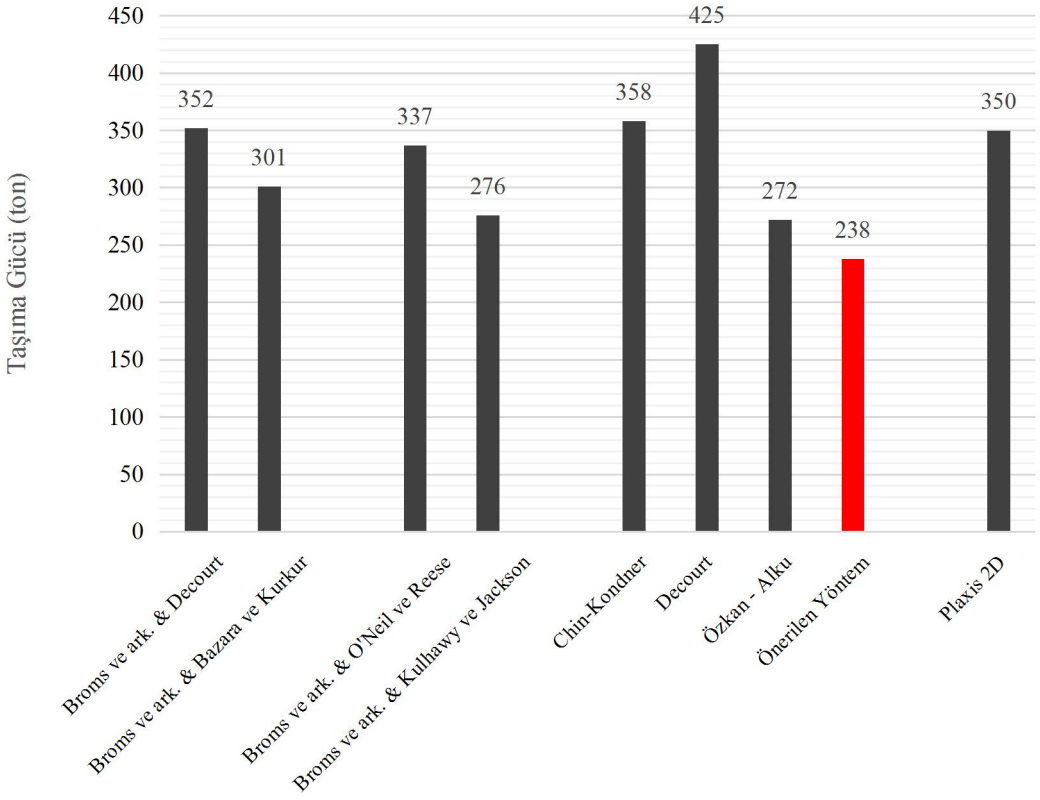


Şekil 7.6. 2. no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplanan nihai taşıma gücü değerleri

2 no.'lu deney kazığında, önerilen yöntem, diğer yöntemler ile kıyaslanmış ve Şekil 7.6.'da gösterilmiştir. Buna göre önerilen yöntemin diğer üç kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemine göre (Chin-Kondner [37], Decourt [38], Özkan-Alku [39]) en düşük göçme yükünü verdiği tespit edilmiştir. Önerilen yöntem, Özkan-Alku [39] yönteminin verdiği göçme yükünün 0,94 katını vermiş olup, kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemlerine en yakın sonucu bu yöntemle vermiştir.

2 no.'lu deneyde önerilen yöntemin verdiği göçme yükü, teorik yöntemlerle kıyaslandığında Decourt [23] yönteminin 1,06 katı olup, teorik yöntemlere en yakın sonucun bu yöntemle olduğu görülmüştür.

2 no.'lu deneyde, önerilen yöntem, sonlu eleman yönteminin 1,17 katı göçme yükü vermiştir.

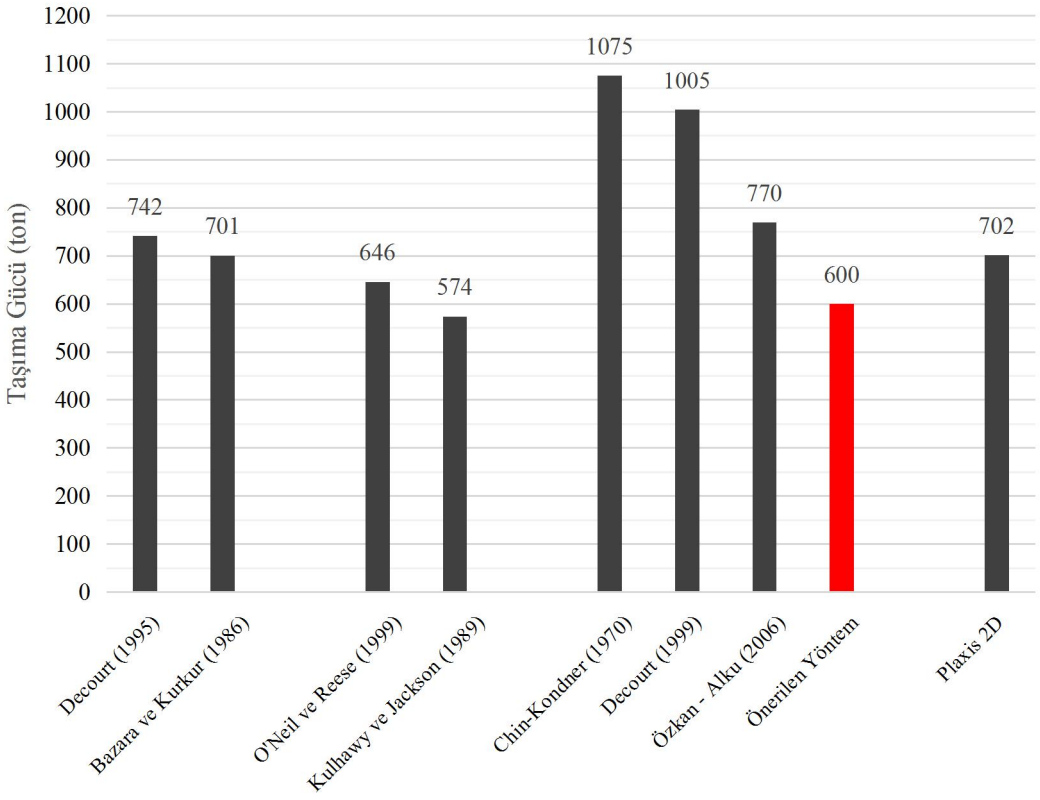


Şekil 7.7. 3. no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplnan nihai taşıma gücü değerleri

3 no.'lu deney kazığında, önerilen yöntem, diğer yöntemler ile kıyaslanmış ve Şekil 7.7.'de gösterilmiştir. Buna göre önerilen yöntemin diğer üç kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemine göre (Chin-Kondner [37], Decourt [38], Özkan-Alku [39]) en düşük göçme yükünü verdiği tespit edilmiştir. Önerilen yöntem, Özkan-Alku [39] yönteminin verdiği göçme yükünün 0,88 katını vermiş olup, kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemlerine en yakın sonucu bu yöntemle vermiştir.

3 no.'lu deneyde önerilen yöntemin verdiği göçme yükü, teorik yöntemlerle kıyaslandığında Kulhawy ve Jackson [18] yönteminin 1,16 katı olup, teorik yöntemlere en yakın sonucun bu yöntemle olduğu görülmüştür.

3 no.'lu deneyde, önerilen yöntem, sonlu eleman yönteminin 0,68 katı göçme yükü vermiştir.

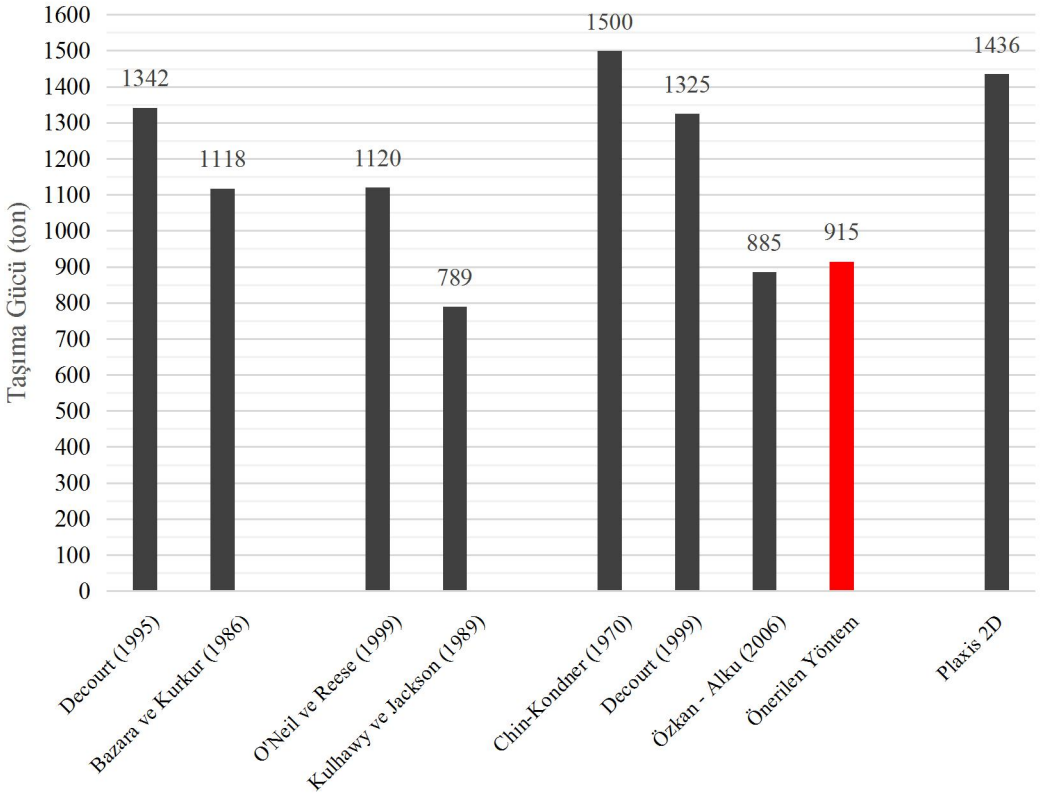


Şekil 7.8. 4 no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplnan nihai taşıma gücü değerleri

4 no.'lu deney kazığında, önerilen yöntem, diğer yöntemler ile kıyaslanmış ve Şekil 7.8.'de gösterilmiştir. Buna göre önerilen yöntemin diğer üç kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemine göre (Chin-Kondner [37], Decourt [38], Özkan-Alku [39]) en düşük göçme yükünü verdiği tespit edilmiştir. Önerilen yöntem, Özkan-Alku [39] yönteminin verdiği göçme yükünün 0,78 katını vermiş olup, kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemlerine en yakın sonucu bu yöntemle vermiştir.

4 no.'lu deneyde önerilen yöntemin verdiği göçme yükü, teorik yöntemlerle kıyaslandığında Kulhawy ve Jackson [18] yönteminin 1,05 katı olup, teorik yöntemlere en yakın sonucun bu yöntemle olduğu görülmüştür. Önerilen yöntem teorik yöntemlerden O'Neil ve Reese yöntemine de oldukça yakın göçme yükü vermiş olup bu yöntemin 0,93 katı göçme yükü vermiştir.

4 no.'lu deneyde, önerilen yöntem, sonlu eleman yönteminin 0,85 katı göçme yükü vermiştir.

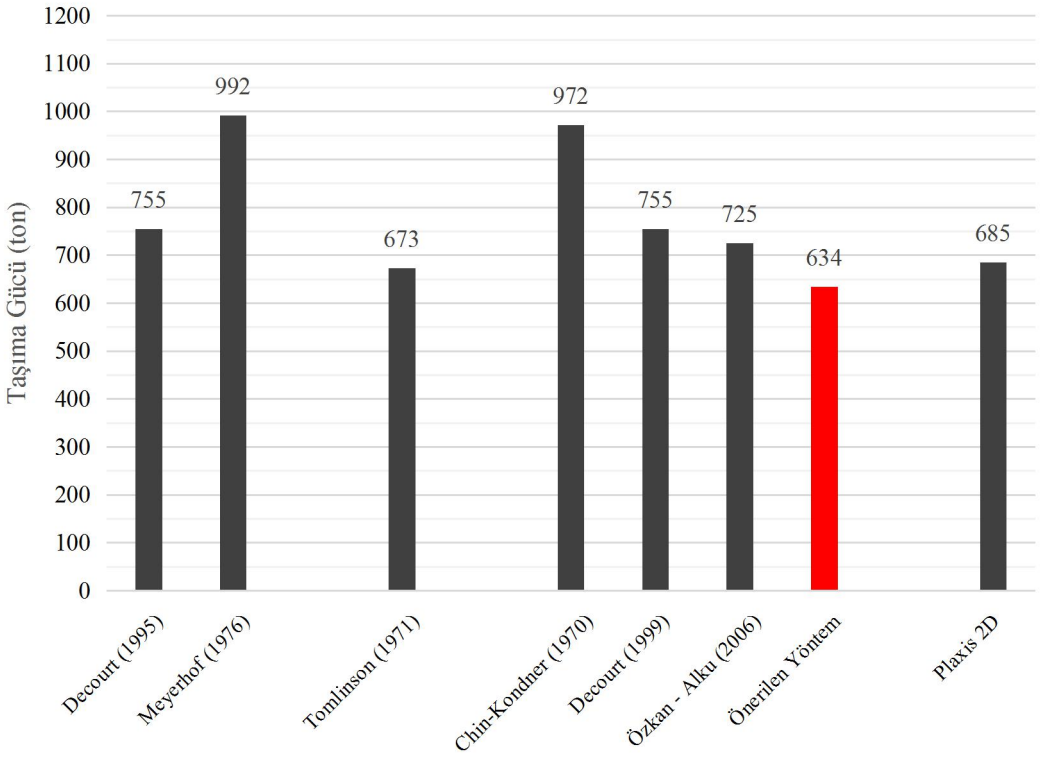


Şekil 7.9. 5 no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplnan nihai taşıma gücü değerleri

5 no.'lu deney kazığında, önerilen yöntem, diğer yöntemler ile kıyaslanmış ve Şekil 7.9.'de gösterilmiştir. Buna göre önerilen yöntemin verdiği göçme yükü değeri, kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemleri arasında Chin-Kondner [37] ve Decourt [38] yöntemlerinden sonra gelmektedir. Önerilen yöntem, Özkan-Alku [39] yönteminin 1,03 katı göçme yükü vererek kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemleri arasında en yakın sonucu bu yöntemle vermiştir.

5 no.'lu deneyde önerilen yöntemin verdiği göçme yükü, teorik yöntemlerle kıyaslandığında Kulhawy ve Jackson [18] yönteminin 1,16 katı olup, teorik yöntemlere en yakın sonucun bu yöntemle olduğu görülmüştür.

5 no.'lu deneyde, önerilen yöntem, sonlu eleman yönteminin 0,64 katı göçme yükü vermiştir.

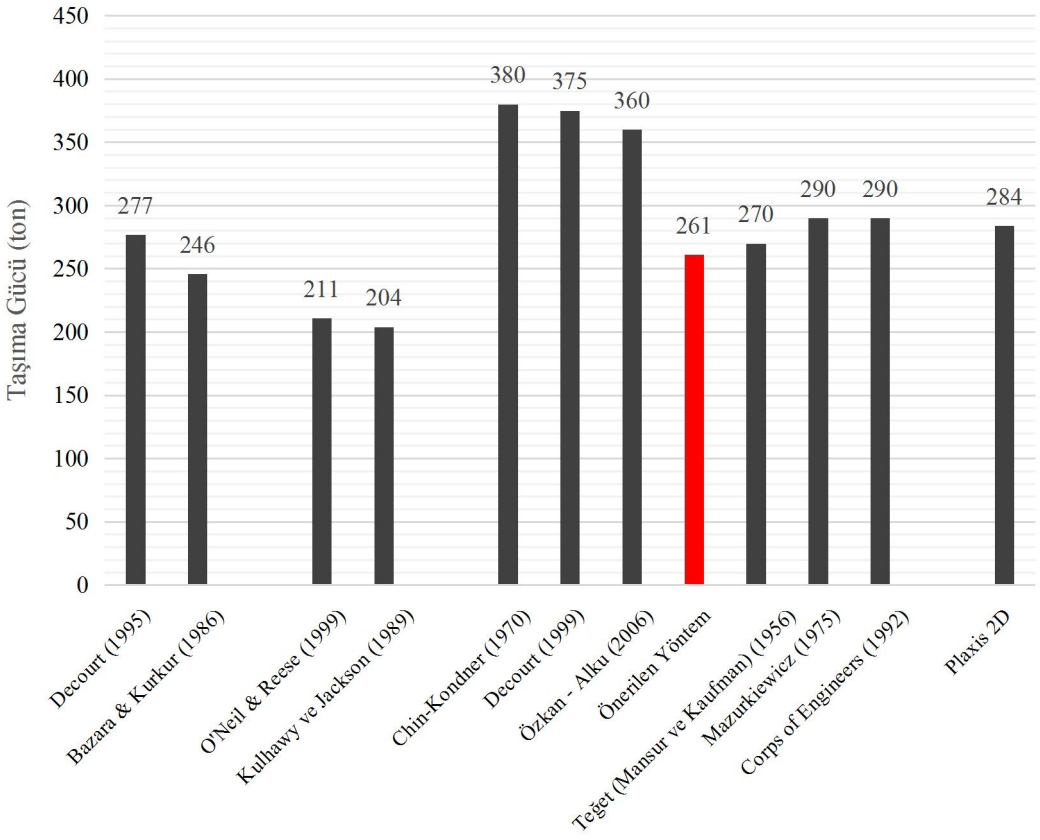


Şekil 7.10. 6 no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplnan nihai taşıma gücü değerleri

6 no.'lu deney kazığında, önerilen yöntem, diğer yöntemler ile kıyaslanmış ve Şekil 7.10.'da gösterilmiştir. Buna göre önerilen yöntemin diğer üç kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemine göre (Chin-Kondner [37], Decourt [38], Özkan-Alku [39]) en düşük göçme yükünü verdiği tespit edilmiştir. Önerilen yöntem, Özkan-Alku [39] yönteminin verdiği göçme yükünün 0,87 katını vermiş olup, kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemlerine en yakın sonucu bu yöntemle vermiştir.

6 no.'lu deneyde önerilen yöntemin verdiği göçme yükü, teorik yöntemlerle kıyaslandığında Tomlinson [10] yönteminin 0,94 katı olup, teorik yöntemlere en yakın sonucun bu yöntemle olduğu görülmüştür.

6 no.'lu deneyde, önerilen yöntem, sonlu eleman yönteminin 0,93 katı göçme yükü vermiştir.

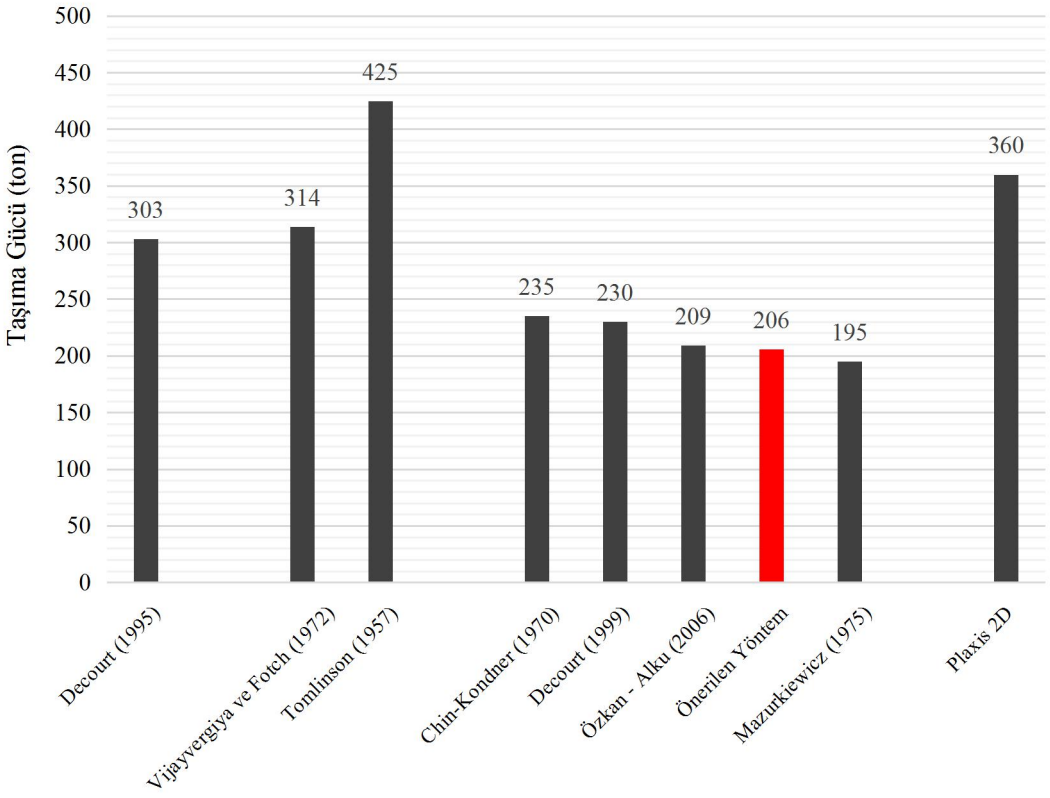


Şekil 7.11. 7 no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplnan nihai taşıma gücü değerleri

7 no.'lu deney kazığında, önerilen yöntem, diğer yöntemler ile kıyaslanmış ve Şekil 7.11 'de gösterilmiştir. Buna göre önerilen yöntemin diğer altı kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemine göre (Chin-Kondner [37], Decourt [38], Özkan-Alku [39], Teğet [42], Mazurkiewicz [41], Corps of Engineers [43]) en düşük göçme yükünü verdiği tespit edilmiştir. Önerilen yöntem, Teğet [42] yönteminin verdiği göçme yükünün 0,97 katını vermiş olup, kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemlerine en yakın sonucu bu yöntemle vermiştir.

7 no.'lu deneyde önerilen yöntemin verdiği göçme yükü, teorik yöntemlerle kıyaslandığında Decourt [23] yönteminin 0,94 katı olup, teorik yöntemlere en yakın sonucun bu yöntemle olduğu görülmüştür. Önerilen yöntem teorik yöntemlerden Bazaara ve Kurkur [22] yöntemine de oldukça yakın göçme yükü vermiş olup bu yöntemin 1,06 katı göçme yükü vermiştir.

7 no.'lu deneyde, önerilen yöntem, sonlu eleman yönteminin 0,92 katı göçme yükü vermiştir.



Şekil 7.12. 8 no.'lu deney kazığı için önerilen yöntem ile birlikte hesaplnan nihai taşıma gücü değerleri

8 no.'lu deney kazığında, önerilen yöntem, diğer yöntemler ile kıyaslanmış ve Şekil 7.12.'de gösterilmiştir. Buna göre önerilen yöntemin verdiği göçme yükü değeri, kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemleri arasında büyükten küçüğe sıralandığından Chin-Kondner [37], Decourt [38] ve Özkan-Alku [39] yöntemlerinden sonra; Mazurkiewicz [41] yönteminden ise gelmektedir. Önerilen yöntem, Özkan-Alku [39] yönteminin verdiği göçme yükünün 0,99 katını vermiş olup, kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemlerine en yakın sonucu bu yöntemle vermiştir.

8 no.'lu deneyde önerilen yöntemin verdiği göçme yükü, teorik yöntemlerle kıyaslandığında Decourt [23] yönteminin 0,68 katı olup, teorik yöntemlere en yakın sonucun bu yöntemle olduğu görülmüştür.

8 no.'lu deneyde, önerilen yöntem, sonlu eleman yönteminin 0,57 katı göçme yükü vermiştir.

Yapılan kıyaslamalar sonucunda Önerilen Yöntem, Özkan-Alku yöntemine yakın sonuçlar verse de göçmeye varan kazıklarda, göçme sonrası doğrusal kısma ait yük-oturma değerleri kullanılmadığı için aşırı iterasyon önlenmiş olmaktadır. Buna bağlı olarak Önerilen Yöntem, grafik yöntemler gibi, göçme sırasındaki parabol kısım içerisinde bulunan gerçeğe yakın, daha makul bir göçme yükü değeri sunmaktadır.

Yapılan kıyaslamalarda önerilen yöntem, grafik yöntemlerle bulunan göçme yüklerinin ortalamasından yaklaşık %8 oranında daha muhafazakar göçme yükü vermiştir. Bu oranın, deney kazığının göçmeye kadar yüklenmesi ya da göçmeye yaklaşıldığı anda deneyin bitirilmesi seçeneklerinden hangisinin seçilmesi gerektiği konusunda tasarımcı mühendise bir fikir verebileceği öngörülmektedir.

BÖLÜM 8. VERİLERİN ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

8.1. Verilerin Tanımlayıcı İstatistikleri

Bir örneklem içerisindeki tanımlayıcı istatistikler genel anlamda; değer aralığı, aritmetik ortalama, standart hata, standart sapma ve varyans parametreleridir. Bu parametrelerden aritmetik ortalama değişkenlerin merkezsel değerini, varyans ise değişkenlerin ortalama çevresinde yayılmasının büyüklüğüdür. Varyansın boyutu değişkenin biriminin karesi olduğundan, değişkenin birimine geçiş yapıp değişken için daha anlamlı bir sonuç elde etmek için varyansın karekökü alınarak standart sapma parametresi bulunur. Standart hata ise örneklemin, ana kütleyi temsil edebilme kabiliyeti olup ne kadar küçükse o kadar güvenilir olduğu anlaşılır [58].

Yapılan çalışmada 8 metot ve tez kapsamında önerilen metot için hesaplanmış olan nihai taşıma gücü değerlerinin tanımlayıcı istatistik değerleri her bir yaklaşım için hesaplanarak aşağıdaki Tablo 8.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 8.1. Taşıma gücü hesap metotları ile önerilen metot için tanımlayıcı istatistiksel değerler

Metotlar	Veri adeti	Değer aralığı (ton)	Asgari değer (ton)	Azami değer (ton)	Ortalama (ton)	Standart hata (ton)	Standart sapma (ton)	Varyans (ton^2)
Chin-Kondner	8	1913,0	235,0	2148,0	976,0	230,3	651,5	424442,0
Decourt (1999)	8	2445,0	230,0	2675,0	990,6	277,2	784,0	614710,3
Özkan-Alku	8	1482,0	209,0	1691,0	729,0	169,2	478,6	229052,6
Önerilen Yöntem	8	1059,0	206,0	1265,0	623,4	134,4	380,1	144465,7
Decourt (1995)	8	1398,0	277,0	1675,0	783,0	178,5	504,8	254861,7
Bazaraa ve Kurkur	6	1338,0	246,0	1584,0	770,7	207,5	508,4	258442,3
O'Neil ve Reese	6	1377,0	211,0	1588,0	764,2	209,3	512,7	262867,0
Kulhawy ve Jackson	6	1164,0	204,0	1368,0	628,8	171,7	420,6	176893,8
Plaxis 2D	8	1152,0	284,0	1436,0	739,0	156,2	441,7	195062,6

Tablo 8.1. incelendiğinde en yüksek ortalama nihai taşıma gücü değerlerinin sırası ile 990,6 ton ile Decourt (1999) yöntemi ve 976 ton ile Chin-Kondner yöntemi ile hesaplandığı görülmüştür. En düşük ortalama nihai taşıma gücü değerlerinin ise sıra ile 623,4 ton ile önerilen yöntem ve 628,8 ton ile Kulhawy ve Jackson yöntemi ile hesaplandığı görülmektedir.

8.2. Verilerin Korelasyon Analizi

İki değişkenin ortak olarak bulunduğu dağılımda bu iki değişkenin marjinal dağılımlarının ortalama, varyans gibi istaitstik parametrelerinden başka değişkenlerin merkezsel çarpım momentini de dikkate almak gerekir. Bu momente kovaryans, kovaryansın iki değişkenin standart sapmalarının çarpımına bölünmesine ise korelasyon katsayısı denir [58].

Korelasyon katsayısı 1 ile -1 arasında değişen bir değere sahip olup bu katsayının 1'e yaklaşması iki değişkenin dağılımlarının birbirleriyle olan pozitif doğrusal bağımlılıklarının (bir değişken artarken diğerinin de artması) güçlendiğini ifade eder. -1'e yaklaşması ise iki değişkenin dağılımlarının birbirleriyle olan negatif doğrusal bağımlılıklarının (bir değişkenin artarken diğerinin azalması) güçlendiğini ifade eder. Korelasyon katsayısının 0 olması ise iki değişkenin birbirlerinden bağımsız bir dağılım sergilediklerini ifade eder [58].

Toplam sekiz yöntem ve tarafımızca önerilen yöntem da dahil olmak üzere dokuz yaklaşım için hesaplanmış olan nihai taşıma gücü değerlerinin her bir yöntemin diğer yöntemler ile arasında ilişki olup olmadığı test edilmiş ve aralarındaki ilişki katsayıları %95 güven aralığında aşağıdaki korelasyon tablosunda gösterilmiştir.

Tablo 8.2. İncelenen taşıma gücü yöntemleri ve önerilen taşıma gücü yöntemi arasındaki korelasyon katsayıları

Yöntem	Chin-Kondner	Decourt (1999)	Özkan-Alku	Önerilen Yöntem	Decourt (1995)	Bazaraa ve Kurkur	O'Neil ve Reese	Kulhawy ve Jackson	Plaxis 2D
Chin-Kondner	1	0,966	0,977	0,984	0,983	0,989	0,983	0,979	0,929
Decourt (1999)	0,966	1	0,983	0,944	0,946	0,968	0,967	0,994	0,851
Özkan-Alku	0,977	0,983	1	0,970	0,936	0,949	0,943	0,974	0,837
Önerilen Yöntem	0,984	0,944	0,970	1	0,964	0,951	0,950	0,941	0,911
Decourt (1995)	0,983	0,946	0,936	0,964	1	0,993	0,994	0,966	0,972
Bazaraa ve Kurkur	0,989	0,968	0,949	0,951	0,993	1	0,998	0,987	0,938
O'Neil ve Reese	0,983	0,967	0,943	0,950	0,994	0,998	1	0,986	0,939
Kulhawy ve Jackson	0,979	0,994	0,974	0,941	0,966	0,987	0,986	1	0,874
Plaxis 2D	0,929	0,851	0,837	0,911	0,972	0,938	0,939	0,874	1

Korelasyon tablosu (Tablo 8.2.) incelendiğinde, incelenen yaklaşımlar arasında çok yüksek ve pozitif yönde ilişkiler olduğu görülmüştür. En yüksek ilişki katsayısının 0,998 ile mükemmel düzeyde Bazaraa ve Kurkur ile O'Neil ve Reese yöntemleri arasında olduğu, buna karşın en düşük korelasyon katsayısının ise 0,837 ile Özkan-Alku ve sonlu eleman yöntemi (Plaxis 2D) yöntemleri arasında ve çok yüksek düzeyde bir ilişki olduğu anlaşılmıştır. Diğer taraftan önerdiğimiz yaklaşım ile diğer yaklaşımlar arasında en yüksek korelasyon katsayısının 0,984 ile Chin-Kondner ve en düşük korelasyon katsayısının ise 0.911 ile sonlu eleman yöntemi (Plaxis 2D) arasında olduğu anlaşılmıştır.

8.3. Verilerin Çoklu Karşılaştırma Testleri

İki ya da daha fazla dağılım grubunun ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığı varyans analizi (F testi ya da ANOVA) ile belirlenebilmektedir. Uygulanmış olan F testi nihai taşıma gücü ortalamaları üzerinden uygulanmış olup buna dair iki hipotez bulunmaktadır. Bunlar;

H_0 : Ortalamalar anlamlı bir farklılık göstermez ($p > 0,05$),
H_1 : Ortalamalar anlamlı bir fark gösterir ($p \leq 0,05$),

olarak ifade edilebilir.

Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen verilere göre hesaplanan sekiz yöntem için elde edilen nihai taşıma gücü değerleri ile önerilen yöntem için elde edilen taşıma gücü değerleri arasında fark olup olmadığı %95 güven aralığında çoklu karşılaştırma testleri yapılarak incelenmiştir. Tüm yöntemler için hesaplanan ortalama taşıma gücü değeri bakımından gruplar arasında fark olup olmadığı varyans analizi (F testi ya da ANOVA) ile test edilmiş ve analiz sonucu aşağıda bulunan Tablo 8.3.'te gösterilmiştir.

Tablo 8.3. Tüm taşıma gücü yöntemleri ile hesaplanmış olan taşıma gücü değerleri için varyans analizi sonucu

	Kareler toplamı	Örnek sayısı	Karelerin ortalaması	F değeri	Sig. (p)
Gruplar arası	1031143,74	8	128892,97	0,444	0,889
Gruplar içi	$1{,}653 \cdot 10^7$	57	289985,59		
Toplam	$1{,}756 \cdot 10^7$	65			

Varyans analizi sonucunda %95 güven aralığında "p" anlam (signification) değeri 0,889 olarak bulunmuştur. Varyans analizinde hesaplanan F değeri, F tablo değerinden küçük olduğu için ($p>0{,}05$) tüm taşıma gücü yöntemleriyle elde edilen nihai taşıma gücü değerlerinde ortalama taşıma gücü açısından gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı (H_0 hipotezinin geçerli olduğu) anlaşılmıştır. Bu durumda tarafımızca önerilen taşıma gücü hesap yöntemi ile elde edilen taşıma gücü değerlerinin diğer tüm yaklaşımlarla hesaplanan taşıma gücü değerleri ile %95 güvenle aynı sonuçları verdiği anlaşılmıştır. Her ne kadar ANOVA sonucunda $p>0{,}05$ olsa da ($p=0{,}889$; yani gruplar arasında fark yoktur sonucu elde edilse de) önerdiğimiz yöntem ile diğer yöntemlerin çoklu karşılaştırma sonuçları aşağıdaki Tablo 8.4.'te bir bütün olarak gösterilmiştir.

Tablo 8.4. Önerilen yöntemle ve diğer yöntemlerle hesaplanan taşıma gücü değerleri için varyans analizi detayı

(I) Yöntem	(J) Yöntemler	Ortalama farkı (I-J)	Standart hata	Anlam (p)	95% güven aralığı	
					Alt sınır	Üst sınır
Önerilen Yöntem	Chin-Kondner	-352,63	269,25	0,924	-1220,65	515,40
	Decourt (1999)	-367,25	269,25	0,906	-1235,27	500,77
	Özkan-Alku	-105,63	269,25	1,000	-973,65	762,40
	Decourt (1995)	-159,63	269,25	1,000	-1027,65	708,40
	Bazaraa-Kurkur	-147,29	290,82	1,000	-1084,86	790,28
	O'Neil ve Reese	-140,79	290,82	1,000	-1078,36	796,78
	Kulhawy ve Jackson	-5,46	290,82	1,000	-943,03	932,11
	Plaxis 2D	-115,63	269,25	1,000	-983,65	752,40

Tablo incelendiğinde önerilen yöntem ile diğer yaklaşımlar arasında %95 güven aralığında bir fark olmadığı tüm yaklaşımlar için anlam (p) değerinin 0,05 ten çok büyük değerler aldığı görülmektedir.

BÖLÜM 9. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada 8 farklı kazık yükleme deneyi verisi incelenmiştir. Kazık yükleme deneyleri; deney kazığının içerisinde bulunduğu zeminde yapılan arazi ve laboratuvar deneylerine bağlı kalınan teorik yöntemler, kazık yükleme deneylerinin değerlendirme yöntemleri ve sonlu eleman yöntemi ile nihai taşıma gücü (göçme yükü) ve oturma olmak üzere iki ayrı mekanik parametre için çözümlenmiştir.

Hem nihai taşıma gücü hem de oturma açısından hassas çalışılmak istendiği takdirde, kazık yükleme deneyleri ve değerlendirilmesi, teorik yöntemlere ve sonlu eleman yöntemine kıyasla önemini koruduğu belirlenmiştir.

9.1. Nihai Taşıma Gücü İle İlgili Tartışmalar ve Sonuçlar

Sonuç olarak bu çalışmadan elde edilen önemli bulgular şu şekilde özetlenebilir:

1. İnce daneli zeminler içerisindeki fore kazıklarda, tüm yöntemler bir arada değerlendirildiğinde en yüksek göçme yükünü Decourt (1999) matematiksel modele dayalı değerlendirme yöntemi vermiştir. Decourt (1999) yönteminden sırasıyla; Chin-Kondner (1970) yöntemi %4,9 daha düşük, Decourt (1995) yöntemi %25,0 daha düşük, Özkan-Alku (2006) yöntemi %29,4 daha düşük, sonlu elemanlar yöntemi (Plaxis 2D) %29,9 daha düşük, Bazaara ve Kurkur (1986) yöntemi %33,4 daha düşük, O'Neil ve Reese (1999) yöntemi %33,9 daha düşük, önerilen yöntem %40,2 daha düşük, Kulhawy ve Jackson (1989) yöntemi ise %45,6 daha düşük sonuç vermiştir.

2. İnce daneli zeminler içerisinde göçmeye varan münferit 7 no'lu deney kazığı için, diğer ince daneli zeminlerdeki fore kazıklara ilave olarak grafik yönteme

3. dayalı kazık yükleme deneyi değerlendirme yöntemleri ile de tahlil yapılmıştır. Bu deney için tüm yöntemler değerlendirildiğinde en yüksek göçme yükünü Chin-Kondner (1970) yöntemi vermiştir. Chin-Kondner (1970) yönteminden sırasıyla; Decourt (1999) yöntemi %1,3 daha düşük, Özkan-Alku (2006) yöntemi %5,3 daha düşük, Mazurkiewicz (1975) ve Corps of Engineers (1992) yöntemleri %23,7 daha düşük, sonlu eleman (Plaxis 2D) yöntemi %25,3 daha düşük, Decourt (1995) yöntemi %27,1 daha düşük, Mansur-Kaufman (1956) yöntemi %28,9 daha düşük, önerilen yöntem %31,3 daha düşük, Bazaraa ve Kurkur (1986) yöntemi %35,3 daha düşük, O'Neil ve Reese (1999) yöntemi %44,5 daha düşük, Kulhawy ve Jackson (1989) yöntemi ise %46,3 daha düşük sonuç vermişlerdir.

4. İnce daneli zeminler içerisinde çakma olarak imal edilen münferit 8 no.'lu deney kazığı için ulaşılan sonuçlarda en yüksek göçme yükünü Tomlinson (1957) yöntemi vermiştir. Tomlinson (1957) yönteminden sırasıyla; sonlu eleman (Plaxis 2D) yöntemi %15,3 daha düşük, Vijayvergia ve Fotch (1972) yöntemi %26,1 daha düşük, Decourt (1995) yöntemi %28,7 daha düşük, Chin-Kondner (1970) yöntemi %44,7 daha düşük, Decourt (1999) yöntemi %45,9 daha düşük, Özkan-Alku (2006) yöntemi %50,8 daha düşük, önerilen yöntem %51,5 daha düşük, Mazurkiewicz yöntemi ise %54,1 daha düşük göçme yükü vermişlerdir.

5. İri daneli zeminler içerisinde fore kazık olarak imal edilen münferit 6 no.'lu deney kazığı için ulaşılan sonuçlarda ise en yüksek göçme yükünü Meyerhof (1972) yöntemi vermiştir. Meyerhof (1972) yönteminden sırasıyla; Chin-Kondner yöntemi %2,0 daha düşük, Decourt (1995) ve Decourt (1999) yöntemleri %23,9 daha düşük, Özkan-Alku yöntemi %26,9 daha daha düşük, sonlu eleman (Plaxis 2D) yöntemi %30,9 daha düşük, Tomlinson (1971) yöntemi %32,2 daha düşük, önerilen yöntem ise %36,1 daha düşük göçme yükleri vermişlerdir.

6. Önerilen yöntemin dağılım olarak bağımlılığı irdelenmiş ve 0,984 korelasyon katsayısı ile en güçlü doğrusal ilişkisinin Chin-Kondner (1970) yöntemi ile

olduğu belirlenmiştir. Bu durum sadece doğrusal bağımlılığı ifade etmekte olup göçme yükü değerlerinin (niceliklerinin) ortalamaları açısından önerilen yöntemle birlikte en yakın sonuç veren yöntemler; ince daneli zeminlerdeki fore kazıklarda %9,0 farkla Kulhawy ve Jackson (1989) yöntemi, ince daneli zemindeki göçmeye varan fore kazıkta (7 no.'lu deneyde) %3,5 fark ile Mansur-Kaufman yöntemi, ince daneli zemindeki çakma kazıkta (8 no.'lu deneyde) %1,5 fark ile Özkan-Alku yöntemi, iri daneli zemindeki fore kazıkta (6 no.'lu deneyde) %6,2 farkla Tomlinson (1971) yöntemi olmuştur.

7. Önerilen yöntemin diğer yöntemler ile çoklu karşılaştırma testleri yapılmış ve uygulanan varyans analizine göre %95 güven aralığında kaldığı tespit edilmiştir. Bu duruma istinaden önerilen yöntemin kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

9.2. Oturma İle İlgili Tartışmalar ve Sonuçlar

Tüm verilerden elde edilen oturma değerlerinin her yöntem için ortalaması alındığında; kazık yükleme deneylerinde elde edilen oturma değerlerine en yakın sonuç %55 fark ile sonlu eleman yönteminden gelmiştir. Bunu takiben, sırasıyla, kazık yükleme deneyinden elde edilen oturma değerine %69 fark ile Tomlinson (2008) yöntemi ve %80 fark ile Scott (1981) yaylar kabulü yöntemi gelmektedir. %386 fark ile Das (2007) ve %3144 fark ile Poulus ve Davis (1980) doğrusal elastik yaklaşım, kazık yükleme deneyinden oldukça uzak sonuçlar vermişlerdir.

Daha doğru bir oturma çözümleme yöntemi önerebilmek için, yanal ve uç direnci ayrı olarak ölçülebildiği enstrümentasyonlu deneyler üzerinde çalışmalar yapılmalı ve korelasyonlar oluşturulmalıdır.

KAYNAKLAR

[1] Uzuner, B.A., "Temel Mühendisliğine Giriş", Derya Kitabevi, 187-219, Trabzon, 2006.

[2] Toğrol, E., Tan O., "Kazıklı Temeller", Birsen Yayınevi, İstanbul, 2003.

[3] Önalp, A., Sert, S., "Geoteknik Bilgisi III Bina Temelleri", Birsen Yayınevi, 277-342, İstanbul, 2010.

[4] Das, B.M., "Principles of Foundation Engineering, SI", 7th Edition, Cengage Learning, sf. 535-629, A.B.D, 2007.

[5] Terzaghi, K., "Theoritical Soil Mechanics", John Wiley and Sons, Inc., 118-144, New York, 1943.

[6] American Association of State Highway and Transportation Officials, "AASHTO LRFD Bridge Design Specifications", Section 10, 2012.

[7] Canadian Geotechnical Society, "Canadian Foundation Engineering Manual", 2nd Edition, Vancover, Canada, 1985.

[8] Skempton, A.W., "Cast-in-situ Bored Piles In Londan Clay" Geotechnique, 9 (4), 153-173, 1959.

[9] American Petroleum Isntitute, "API Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Patforms", Washington, D.C., 1984.

[10] Tomlinson, M.J., "Pile Design and Construction Practise Fourth Edition", E & FN Spon, an imprint of Chapman & Hall, 2–6 Boundary Row, London SE1 8HN, United Kingdom, London, 1994.

[11] Budhu, M., "Soil Mechanics and Foundations 2nd Edition", John Wiley & Sons Inc., U.S.A., 2007.

[12] O'Neill, M. W., and L. C. Reese. "Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods", Publication No. FHWA-IF-99-025. Federal Highway Administration, Washington, DC., 1999.

[13] Burland, J.B., "Shatf Friction of Piles in Clay - a Simple Fundamantal Approach", Ground Engineering, Vol. 6, No. 3, sf. 30-42, 1973.

[14] Meyerhof, G.G., "Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations", Journal of Geotech. Eng. Div., ASCE, Vol.102, No.GT3, 1976.

[15] Vijyavergiya, V.N. and Fotch, J.A., "A New Way to Predict Capacity of Piles in Clay" 4th. Offshore Tech. Conf. Houston, TX. OTC Paper 1718, 1972.

[16] Prakash, S., Sharma, H.D., "Pile Foundation In Engineering Practise", John Wiley & Sons Inc., U.S.A., 1990.

[17] Ordemir, İ., "Pile Foundations", ODTÜ, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 1984.

[18] Kulhawy, F.H., "Limiting Tip and Side Resistance, Fact or Fallacy, , Analysis and Design of Pile Foundations, ASCE, San Fransisco, 1984.

[19] Symposium on Analysis and Design of Pile Foundations", ASCE, San Francisco, sf.80-98, 1984.

[20] Akgüner, C., Kirkit, M., "Kayaya Soketli Kazıkların Yükleme Deneyi ve Ampirik Yöntemlerle Belirlenen Kapasitelerinin Karşılaştırılması", İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi, 2011 5713-5723, Yazı 366, Teknik Not.

[21] Broms, B., Chang, M.F., Goh, A.T.C., "Bored Piles in Residual Spil and Weathered Rocks in Singapore", Deep Foundations on Bored and Auger Piles, Van Impe (ed.), Balkema, 1988, pp. 17-34.

[22] Bazaraa AR & Kurkur MM, "N-values used to predict settlements of piles in Egypt", Proceedings of In Situ '86, New York, 1986, sf. 462-474.

[23] Decourt L, "Prediction of load-settlement relationships for foundations on the basis of the SPT" Ciclo de Conferencias Internationale, Leonardo Zeevaert, UNAM, Mexico, 1995, pp. 85-104.

[24] Shariatmadari N, Eslami A & Karimpour-fard M, "Bearing capacity of driven piles in sands from SPT–applied to 60 case histories", Iranian Journal of Science & Technology, 2008, vol .32, pp.125-140.

[25] Aoki N, Velloso DA (1975) "An approximate method to estimate the bearing capacity of piles", In: Proceedings of 5th Pan-American Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Buenos Aires, sf. 367–376.

[26] Nottingham, L. C., and Schmertmann, J. H., An Investigation of Pile Capacity Design Procedures, Research Report No. D629, Department of Civil Engineering, University of Florida, Gainesville, FL., 1975.

[27] Schmertmann, J. H., Guidelines for Cone Penetration Test: Performance and Design, Report FHWA-TS-78-209, Federal Highway Administration, Washington, DC., 1978.

[28] Clisby MB, Scholtes RM, Corey MW, Cole HA, Teng P, Webb JD (1978) "An evaluation of pile bearing capacities", Vol. I, Final Report, Mississippi State Highway Department.

[29] Birand, A. A. 2007. "Kazıklı Temeller" Ankara/Türkiye, Teknik Yayınevi.

[30] Poulus, H. G., ve Davis, E. H., Pile Foundation Analysis and Design, New York/U.S.A.: John Wiley and Sons, Inc., 1980.

[31] Scott, R. F., "Foundation Analysis" Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1981.

[32] Sharma, H. D. and Joshi, R. C., "Drilled Pile Behavior in Granular Deposits," Can. Geotech. J., Vol. 25, No. 2, May 1988, pp. 222-232.

[33] Vesic, A. S. (1977). Design of Pile Foundations, National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Practice No. 42, Transportation Research Board,Washington, DC.

[34] ASTM D 1143-81., 1989. "Standart Test Method For Piles Under Statical Axial Compressive Loads", American Society for Testing and Materials, Philedelphia.

[35] ASTM D 3689., 1989. "The Standart Method Of Testing Individual Piles Under Statical Axial Tensile Loads", American Society for Testing and Materials, Philedelphia.

[36] Düzceer, İ.R., "Kazık Yükleme Deneyleriyle Nihai Kazık Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2002.

[37] Chin, F.K. "Estimation of the Ultimate Load of Piles Not Carried to Failure", Proc. 2nd Southeast Asia. Conference on soil Engineering, sf. 81-90, 1970.

[38] Decourt, L., 1999. "Behaviour of Foundations Under Working Load Conditions", Proc. of the 11th Pan-American Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Dolguassu, Brasil, V. 4, sf. 453-488.

[39] Alku, Y., Kazık Yükleme Deneylerinin Değerlendirilmesi İle İlgili Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Şubat 2006.

[40] Branch-Hansen, “Discussion on Hyperbolic Stress-Strain Response”, American Society of CivilEngineering, ASCE, Journal for Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol.97, SM6, pp.931-932. 1963.

[41] Mazurkiewicz, B.K., 1972. “Test Loading of Piles According to Polish Regulations” Preliminary Report No.35, Commision on Pile Research, Royal Swedish Academy of Eng. Science, Stockholm.

[42] Mansur, C.I. and Kaufman, J.M. Pile Tests, Low-Sill Structure, Old River, Louisiana. Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, 82(SM5), 1-33, 1956.

[43] Design of Pile Foundations, 1992. U.S. Army Corps of Engineers, Engineering Manual, EM 1110-2-2906, ASCE, New York.

[44] http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/Dersler/SonluElemanlarMetodu/SEM01_Giriş_Amaç.pdf, (Erişim tarihi: 06.01.2018)

[45] Plaxis 2D 2016, Reference Manual, Build 8122, 2016.

[46] Plaxis 2D 2016, Material Models Manual, Build 8122, 2016.

[47] Coulomb, C. A. (1776). Essai sur une application des regles des maximis et minimis a quelquels problemesde statique relatifs, a la architecture. Mem. Acad. Roy. Div. Sav., vol. 7, pp. 343–387.

[48] Sivrikaya, O., Toğrol, E., İnce daneli zeminlerde SPT sonuçlarının düzeltilmesi üzerine bir çalışma, itüdergisi/d mühendislik, Cilt: 2, Sayı: 6, 59-67, Aralık 2003.

[49] Sivrikaya, O., Toğrol, E., “Relations between SPT-N and q_u”, 5th International Congress on Advances in Civil Engineering, p. 943-952, Istanbul, Turkey, 2002.

[50] Duncan, J. M., and Buchignani, A. N., An Engineering Manual for Settlement Studies, Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley. 1976.

[51] The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan, Technical Standards and Commentaries For Port and Harbour Facilities in Japan, 3-2-4 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo, 100-0013, Japan, 2002.

[52] FHWA-IF-02-034 (2002a). “Geotechnical Engineering Circular No.5: Evaluation of Soil and Rock Properties” Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.

[53] Türk Standardları Enstitüsü, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, TS500/Şubat 2000, ICS 91.080.40, Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar, Ankara.

[54] Hoek E. and Brown E.T. The Hoek-Brown failure criterion - a 1988 update. In Rock Engineering for Underground Excavations, Proc. 15th Canadian Rock Mech. Symp. (Edited by Curran J.C.), 31-38. Toronto, Dept. Civil Engineering, University of Toronto, 1988.

[55] Akram M., Bakar M. Z. A., Correlation between Uniaxial Compressive Strength and Point Load Index for Salt-Range Rocks, Pak. J. Engg. & Appl. Sci. Vol. 1 July 2007.

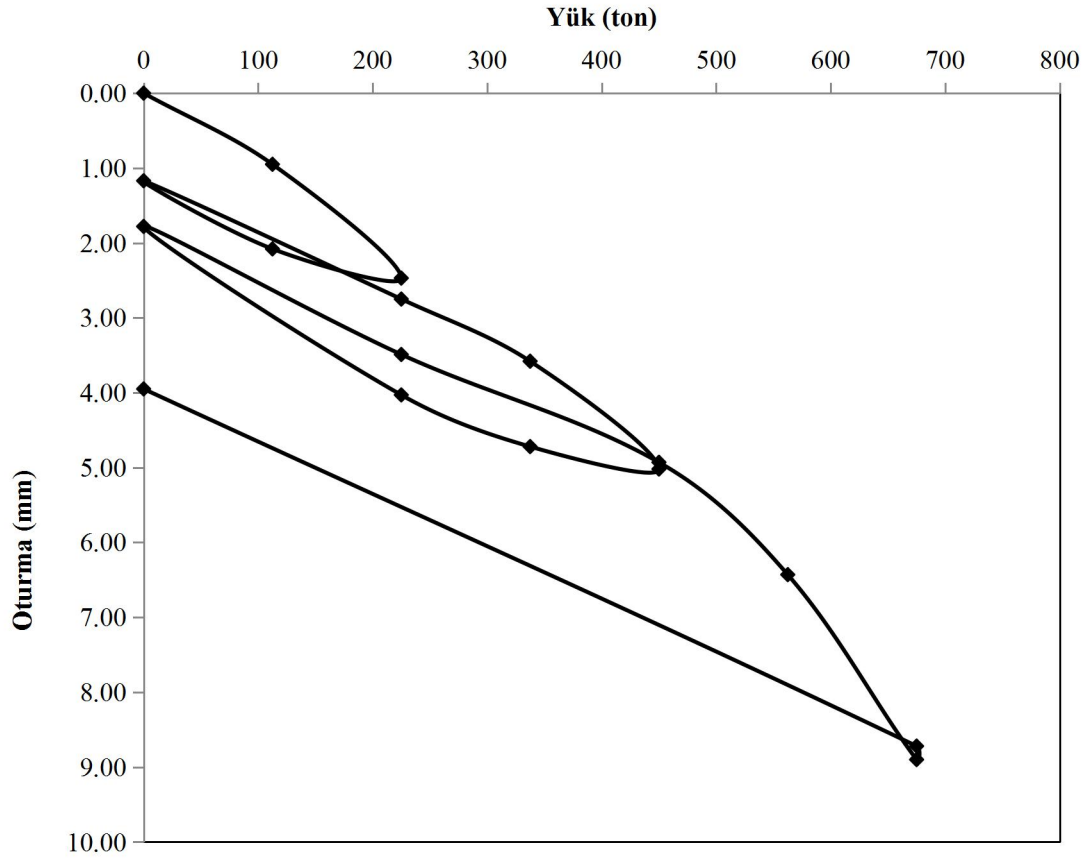
[56] Hoek, E. and Marinos, P. 2000. Predicting Tunnel Squeezing. Tunnels and Tunnelling International. Part 1 – November 2000, Part 2 – December, 2000.

[57] Sivrikaya, O., Toğrol, E., Türkiye'de SPT-N Değeri ile İnce Daneli Zeminlerin Drenajsız Kayma Mukavemeti arasındaki İlişkiler, İMO Teknik Dergi, 2007 4229-4246, Yazı 279.

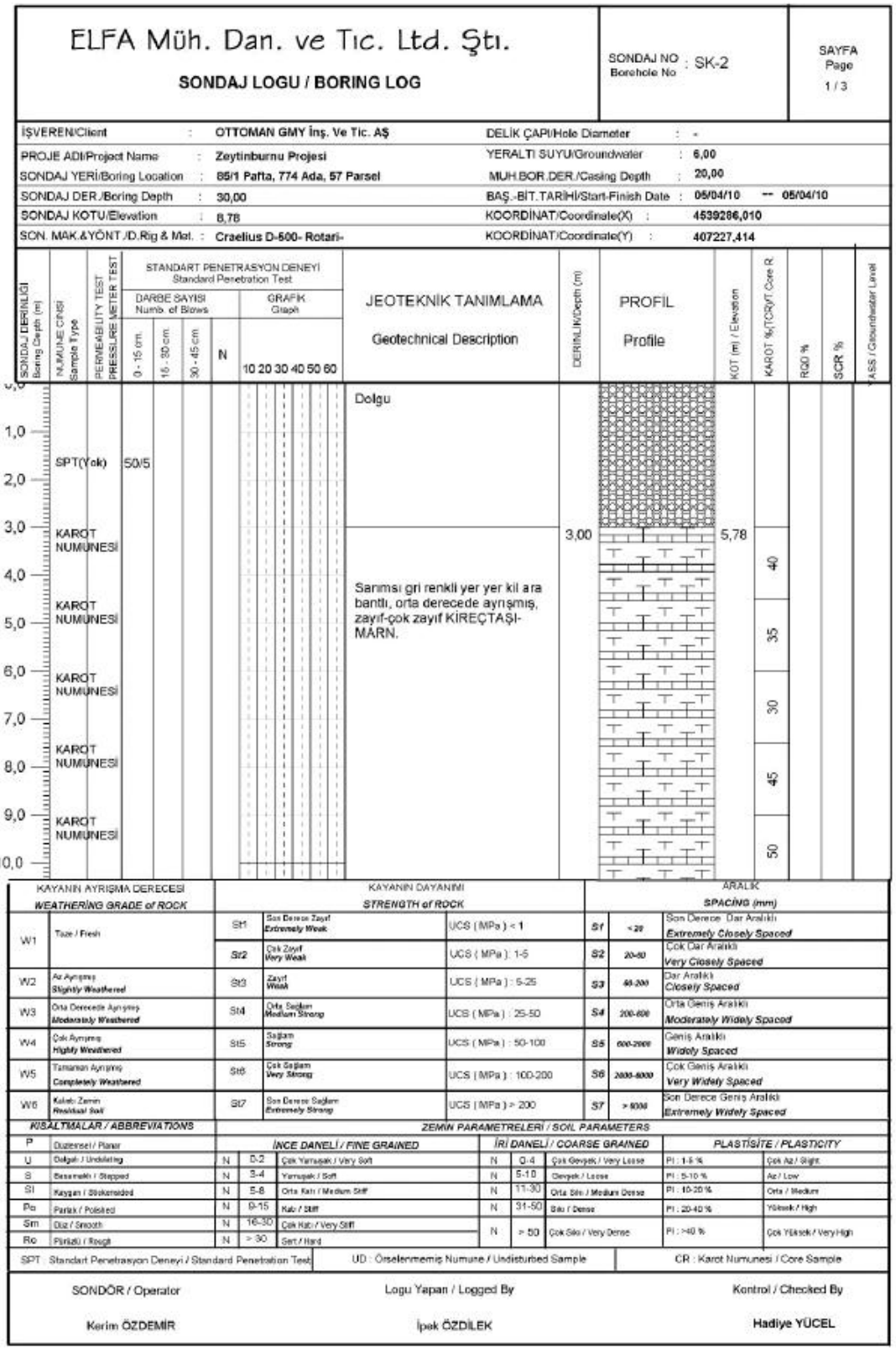
[58] Bayazıt M., Oğuz B., Mühendisler İçin İstatistik, Birsen Yayınevi Ltd. Şti., ISBN: 975-511-102-6, İstanbul, 1994.

EKLER

EK 1: 1 no.'lu deney kazığı yük oturma grafiği



EK 2: 1 no.'lu deney kazığı sondaj logu



ELFA Müh. Dan. ve Tıc. Ltd. Şti.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : SK-2

SAYFA / Page 1 / 3

İŞVEREN/Client	: OTTOMAN GMY İnş. Ve Tic. AŞ	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	: -
PROJE ADI/Project Name	: Zeytinburnu Projesi	YERALTI SUYU/Groundwater	: 6,00
SONDAJ YERİ/Boring Location	: 85/1 Pafta, 774 Ada, 57 Parsel	MUH.BOR.DER./Casing Depth	: 20,00
SONDAJ DER./Boring Depth	: 30,00	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	: 05/04/10 -- 05/04/10
SONDAJ KOTU/Elevation	: 8,78	KOORDİNAT/Coordinate(X)	: 4539286,010
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: Craelius D-500- Rotari-	KOORDİNAT/Coordinate(Y)	: 407227,414

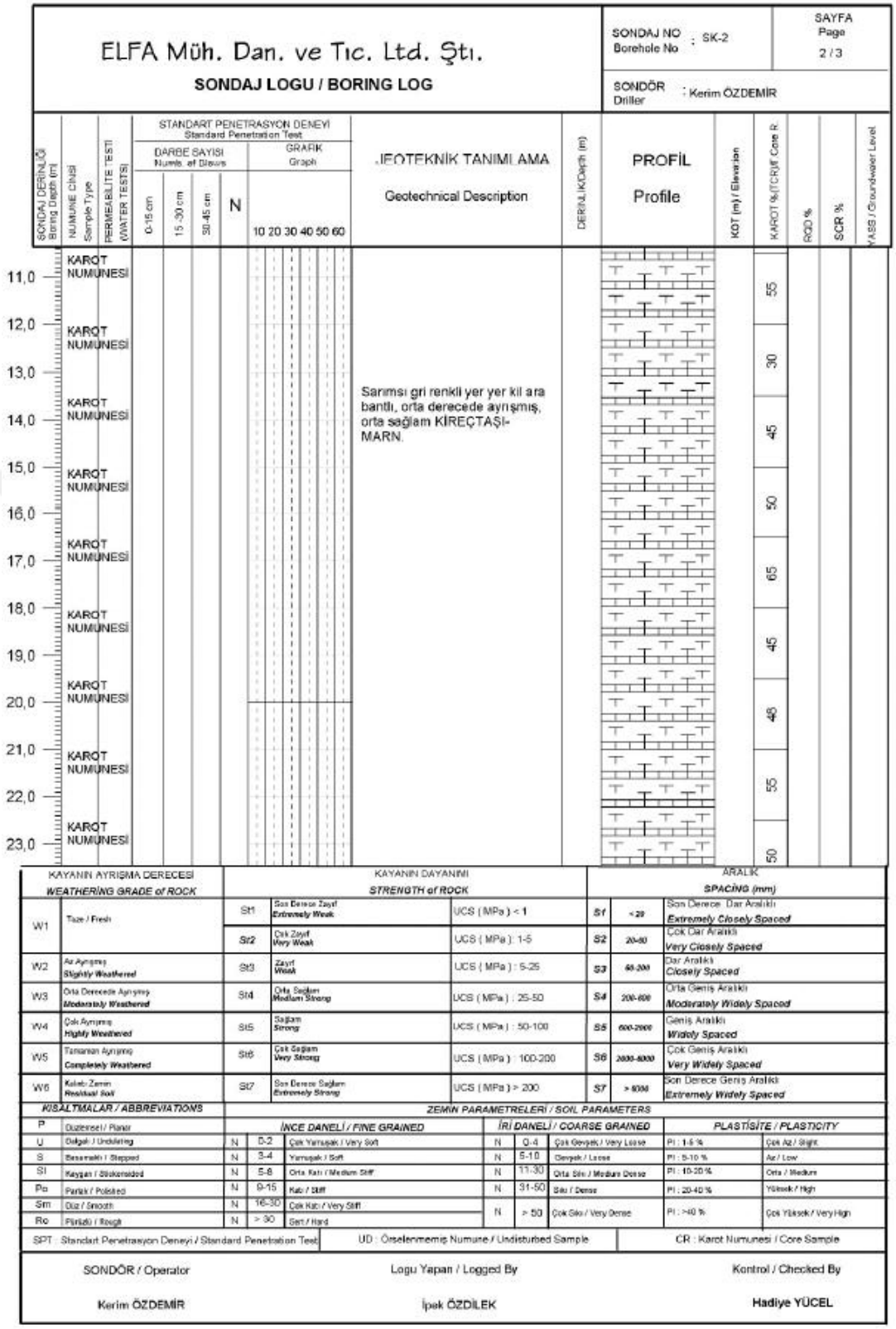
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	PERMEABILITY TEST PRESSUREMETER TEST	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test: DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT %/TCR/RQD Core R	RQD %	SCR %	ASS / Casunhelder Level
1,0	SPT(Yok)		50/5					Dolgu							
2,0															
3,0	KAROT NUMUNESİ								3,00		5,78				
4,0								Sarımsı gri renkli yer yer kil ara bantlı, orta derecede ayrışmış, zayıf-çok zayıf KİREÇTAŞI-MARN.				40			
5,0	KAROT NUMUNESİ											35			
6,0															
7,0	KAROT NUMUNESİ											30			
8,0															
9,0	KAROT NUMUNESİ											45			
10,0												50			

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERİNG GRADE of ROCK		KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK			ARALIK / SPACİNG (mm)		
W1	Taze / Fresh	St1	Son Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
		St2	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered	St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) : 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered	St4	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa) : 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered	St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered	St6	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa) : 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil	St7	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS		ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS							
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
P	Düzlemsel / Planar								
U	Dalgalı / Undulating	N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1-5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / Stepped	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI : 5-10 %	Az / Low
SI	Kaygan / Slickensided	N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10-20 %	Orta / Medium
Po	Parlak / Polished	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI : 20-40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / Smooth	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : >40 %	Çok Yüksek / Very High
Ro	Pürüzlü / Rough	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek ÖZDİLEK	Hadiye YÜCEL



ELFA Müh. Dan. ve Tıc. Ltd. Şti.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : SK-2

SAYFA / Page 2 / 3

SONDÖR / Driller : Kerim ÖZDEMİR

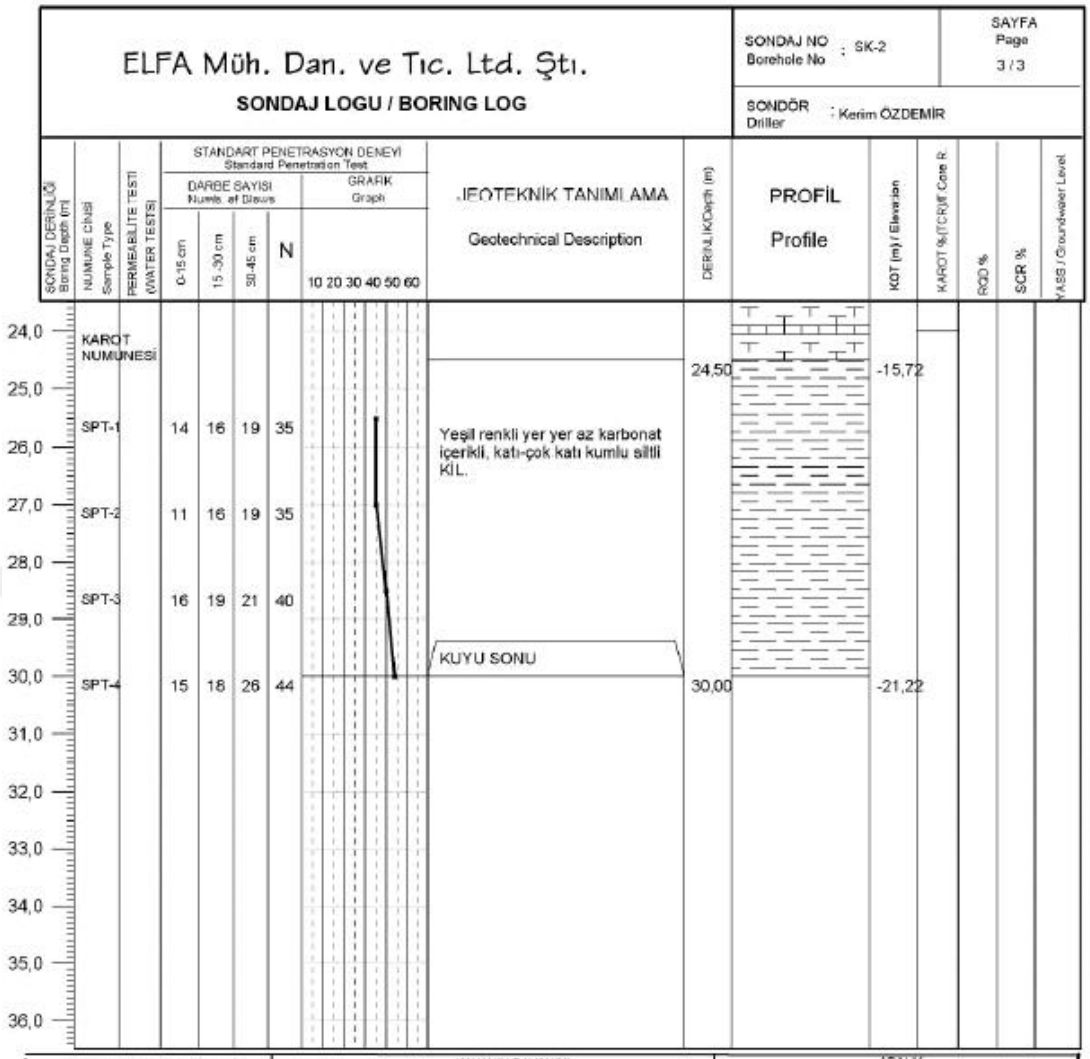
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE cinsi Sample Type	PERMEABİLİTE TESTİ (WATER TESTS)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test: DARBE SAYISI Numb. of Blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT %/TCR/If Core R.	RQD %	SCR %	YASS / Groundwater Level
11,0	KAROT NUMUNESİ							Sarımsı gri renkli yer yer kil ara bantlı, orta derecede ayrışmış, orta sağlam KİREÇTAŞI-MARN.				55			
12,0	KAROT NUMUNESİ											30			
13,0															
14,0	KAROT NUMUNESİ											45			
15,0	KAROT NUMUNESİ											50			
16,0															
17,0	KAROT NUMUNESİ											65			
18,0	KAROT NUMUNESİ											45			
19,0															
20,0	KAROT NUMUNESİ											40			
21,0	KAROT NUMUNESİ											55			
22,0															
23,0	KAROT NUMUNESİ											50			

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING GRADE of ROCK		KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK			ARALIK / SPACING (mm)		
W1	Taze / Fresh	St1	Son Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
		St2	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered	St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) : 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered	St4	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa) : 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered	St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered	St6	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa) : 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil	St7	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS		ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS							
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
P	Düzlemsel / Planar	N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1-5 %	Çok Az / Slight
U	Dalgalı / Undulating	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI : 5-10 %	Az / Low
S	Basamaklı / Stepped	N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10-20 %	Orta / Medium
Sl	Kaygan / Slickensided	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI : 20-40 %	Yüksek / High
Po	Parlak / Polished	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : >40 %	Çok Yüksek / Very High
Sm	Düz / Smooth	N	> 30	Sert / Hard					
Ro	Pürüzlü / Rough								

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test — UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample — CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek ÖZDİLEK	Hadiye YÜCEL



KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING GRADE of ROCK		KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK			ARALIK / SPACING (mm)		
W1	Taze / Fresh	St1	Son Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
		St2	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered	St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) : 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered	St4	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa) : 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered	St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered	St6	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa) : 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil	St7	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS		ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS							
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
P	Düzlemsel / Planar								
U	Dalgalı / Undulating	N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1-5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / Stepped	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI : 5-10 %	Az / Low
SI	Kaygan / Slickensided	N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10-20 %	Orta / Medium
Po	Pürüzlü / Polished	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI : 20-40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / Smooth	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : >40 %	Çok Yüksek / Very High
Ro	Pürüzlü / Rough	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek ÖZDİLEK	Hadiye YÜCEL

EK 3: 1 no.'lu deney kazığı Decourt (1995) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

1 NO.'LU DENEY KAZIĞI | DECOURT (1995) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.20
Kazık Uzunluğu (m)	36.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.7699
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

Çevre (Sürtünme) Direnci	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	N(60)	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
	Kireçtaşı	16.00	3.21	35.55	-	-	7238.23	7238.23
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	20.00	-	-	38	28	6665.20	13903.43

Uç Direnci	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	N(60)	Uç Taşıma Gücü (kN)
	Kil	1.1310	-	-	38	28	2533.38

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**1675**

EK 4: 1 no.'lu deney kazığı Bazaara ve Kurkur (1986) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

1 NO.'LU DENEY KAZIĞI | BAZAARA VE KURKUR (1986) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.20
Kazık Uzunluğu (m)	36.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.7699
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

Çevre (Sürtünme) Direnci	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
	Kireçtaşı	16.00	3.52	38.99	-	7238.23	7238.23
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	20.00	-	-	38	5730.27	12968.49

Uç Direnci	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Uç Taşıma Gücü (kN)
	Kil	1.1310	-	-	38	2578.62

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**1584**

EK 5: 1 no.'lu deney kazığı O'Neil ve Reese (1999) yöntemine göre taşıma gücü hesabı

1 NO.'LU DENEY KAZIĞI | O'NEIL ve REESE (1999) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.20
Kazık Uzunluğu (m)	36.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.7699
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

Çevre (Sürtünme) Direnci	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	α	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
	Ayrş. Kireçtaşı	16.00	3.52	38.99	-	-	-	7238.23	7238.23
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	20.00	-	-	38	165	0.537	6682.12	13920.35

Uç Direnci	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	Uç Taşıma Gücü (kN)
	Kil	1.1310	-	-	38.00	165	1662.28

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**1588**

EK 6: 1 no.'lu deney kazığı Kulhawy ve Jackson (1984) yöntemine göre taşıma gücü hesabı

1 NO.'LU DENEY KAZIĞI | KULHAWY VE JACKSON (1984) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

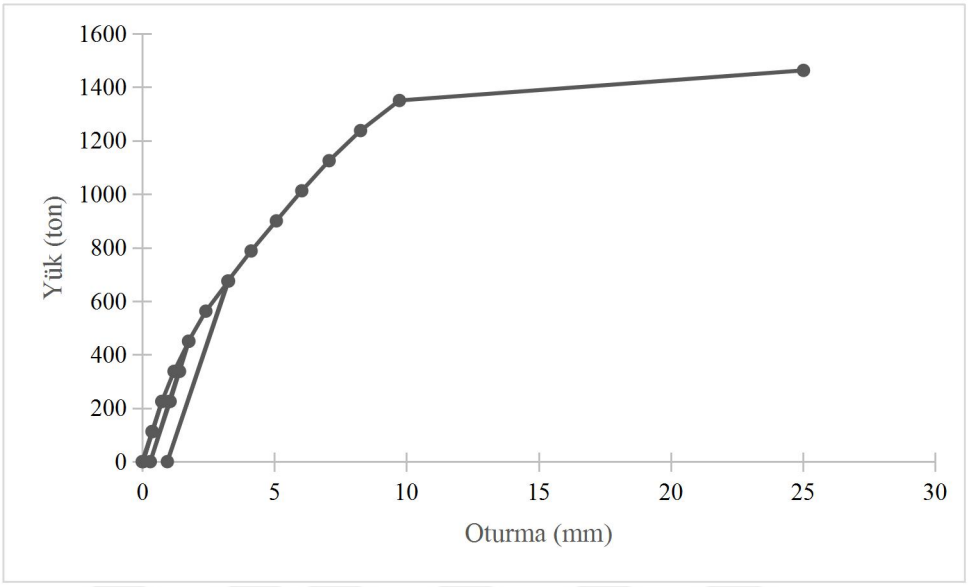
Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.20
Kazık Uzunluğu (m)	36.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.7699
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

Çevre (Sürtünme) Direnci	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	α	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
	Kireçtaşı	16.00	3.52	38.99	-	-	-	7238.23	7238.23
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	20.00	-	-	38	165	0.36	4522.01	11760.24

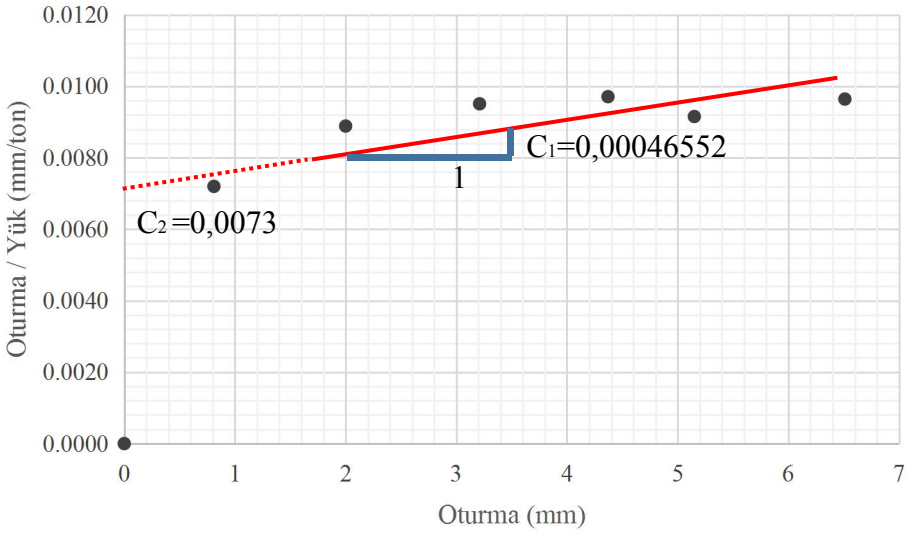
Uç Direnci	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	Uç Taşıma Gücü (kN)
	Kil	1.1310	-	-	38.00	165	1662.28

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**1368.00**

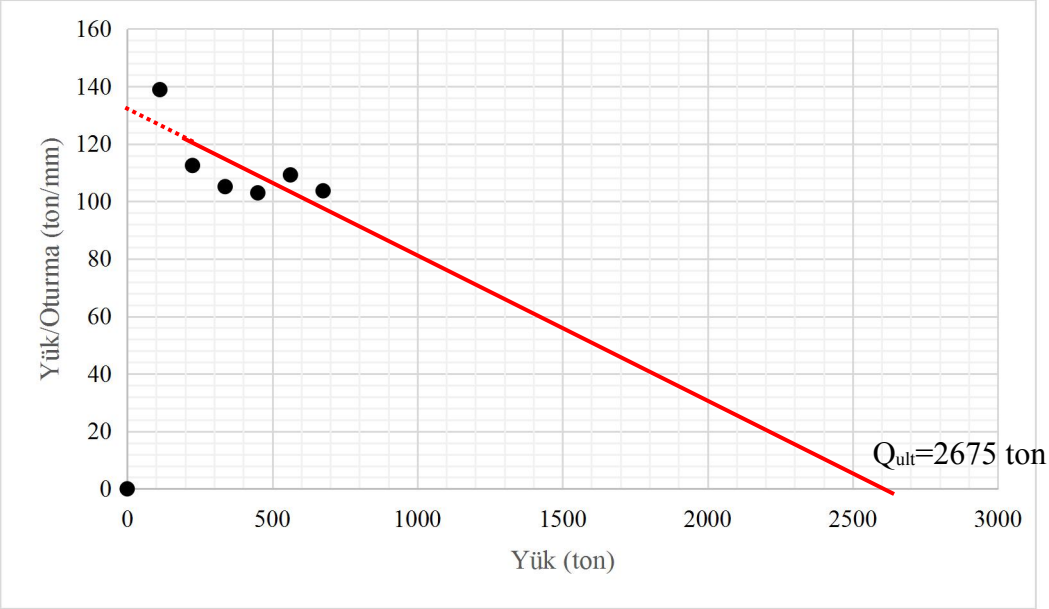
EK 7: 1 no.'lu deney kazığının sonlu eleman yöntemine göre yük-oturma grafiği



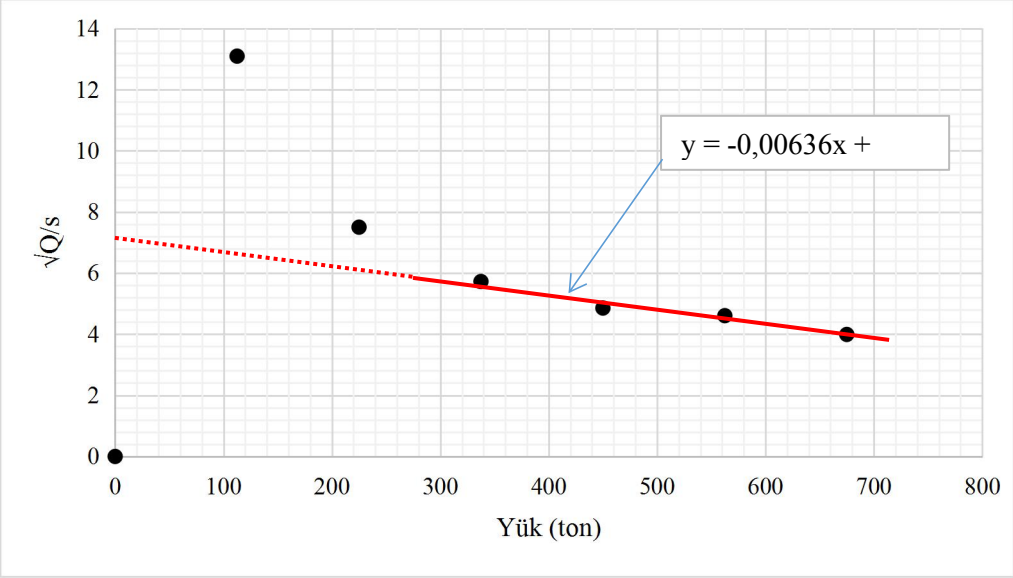
EK 8: 1 no.'lu deney kazığında Chin-Kondner (1970) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



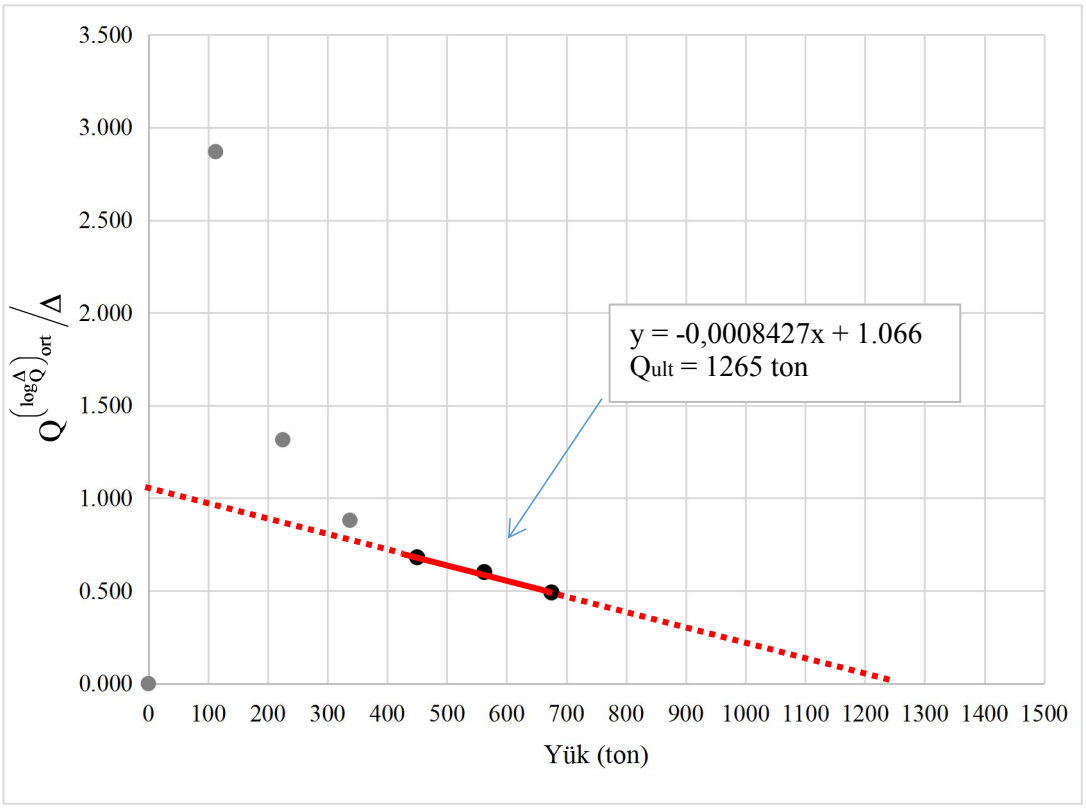
EK 9: 1 no.'lu deney kazığında Decourt (1999) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 10: 1 no.'lu deney kazığında Özkan-Alku (2006) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 11: 1 no.'lu deney kazığında önerilen yöntem ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 12: 1 no.'lu deney kazığının Poulus ve Davis Doğrusal Elastik Ortam Yaklaşımı ile oturma hesabı

1 NO.'LU VERİ | POULUS VE DAVIS (1980) DOĞRUSAL ELASTİK ORTAM YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri			
Kazık Çapı (m)	1.20	Kazık Tipi	Fore
Kazık Uzunluğu (m)	36.00	Çalışma Şekli	Basınç
Birim Çevre Alanı (m^2)	3.7699		
Nihai Taşıma Gücü (ton)	1675		
Azami Deney Yükü (ton)	675		

Ep	3250000
Es	261156
Eb	160000
L/d	30
d	1.2
K	12.445
vs	0.3861

β_0	0.05
C_K	0.1
Cb	1
Cv	0.8
β	0.0040

I_0	0.065
R_K	3
Rb	1
Rv	0.98
I	0.1911

Qs,ult	13903.43 kN
Qb,ult	2533.38 kN

Çevre Oturması : 8.51 mm Uç Oturması : 386.21 mm

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**394.72**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**159.07**

EK 13: 1 no.'lu deney kazığının Scott (1981) Yay Modeli ile oturma hesabı

1 NO.'LU VERİ | SCOTT (1981) YAY MODELİ İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.20
Kazık Uzunluğu (m)	36.00
Birim Çevre Alanı (m^2)	3.7699
Nihai Taşıma Gücü (ton)	1675
Azami Deney Yükü (ton)	675

Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç
Qs,ult	13903.4 kN
Qb,ult	2533.38 kN

E_p	3250000

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{50} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Yay Katsayısı (kN/m^3)	Ağr. Ort. E_{50} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. Yay Katsayısı (kN/m^3)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
Çevre (Sürtünme)	Kireçtaşı	16.00	387600	0.25	155040	64600	261156	0.3861	98635.39205	51008	102.44	2.01
	Yeşil renkli, yer yer karbonat içerikli, katı-çok katı kumlu siltli kil	20.00	160000	0.495	53512	40134						

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**2.01**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**0.81**

EK 14: 1 no.'lu deney kazığının Tomlinson (2008) Yaklaşımı ile oturma hesabı

1 NO.'LU VERİ - TOMLİNSON (2008) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.20
Kazık Uzunluğu (m)	36.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.7699
Nihai Taşıma Gücü (ton)	1675.00
Azami Deney Yükü (ton)	675.00

Kazık Tipi		Fore
Çalışma Şekli		Basınç
Qs,ult	13903.43	kN
Qb,ult	2533.38	kN
Ip	0.5	

E_p	3250000

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{s0} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. E_{s0} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
Çevre (Sürtünme)	Kireçtaşı	16.00	387600	0.25	155040	261156	0.3861	98635.39205	102.44	6.39
	Yeşil renkli, yer yer karbonat içerikli, katı-çok katı	20.00	160000	0.495	53512					

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**6.39**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**2.57**

EK 15: 1 no.'lu deney kazığının Das (2007) Yaklaşımı ile oturma hesabı

1 NO.'LU VERİ | DAS (2007) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	25.00
Birim Çevre Alanı (m^2)	3.1416
Nihai Taşıma Gücü (ton)	818
Azami Deney Yükü (ton)	685

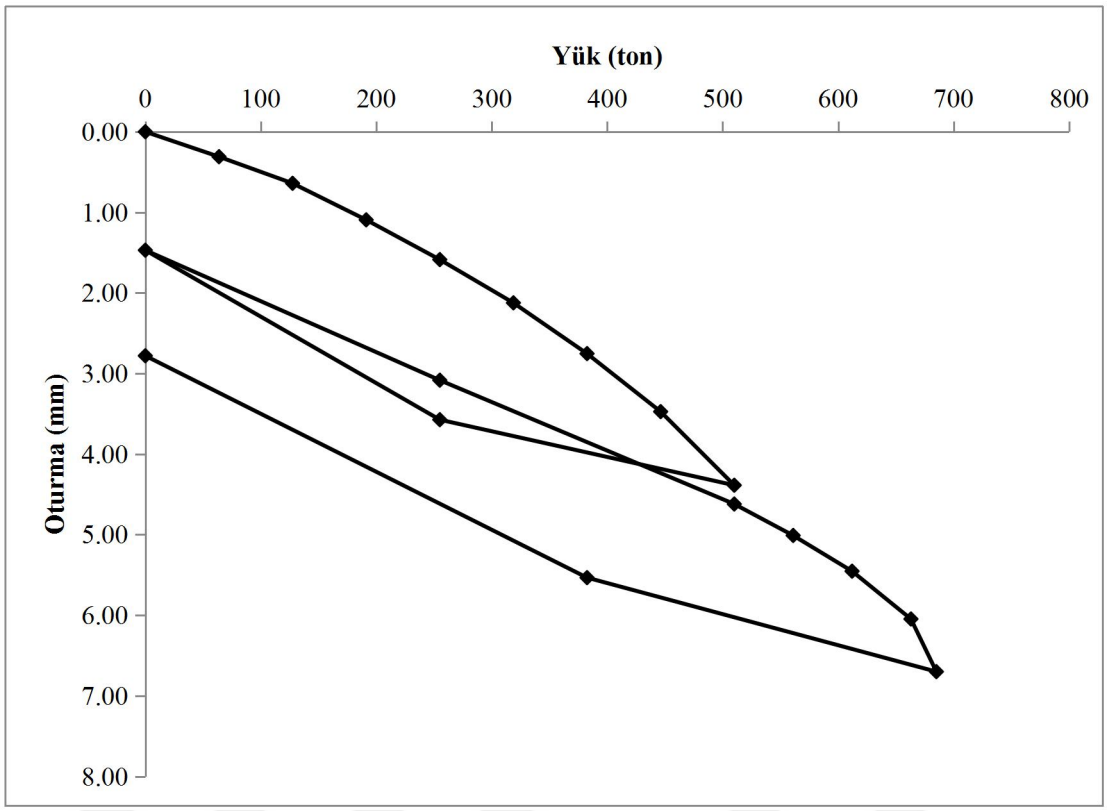
E_p	3250000

Kazık Tipi		Fore
Çalışma Şekli		Basınç
$Q_{s,ult}$	6019.42	kN
$Q_{b,ult}$	2010.62	kN
I_b	0.85	
ξ	0.5	
I_s	3.75	

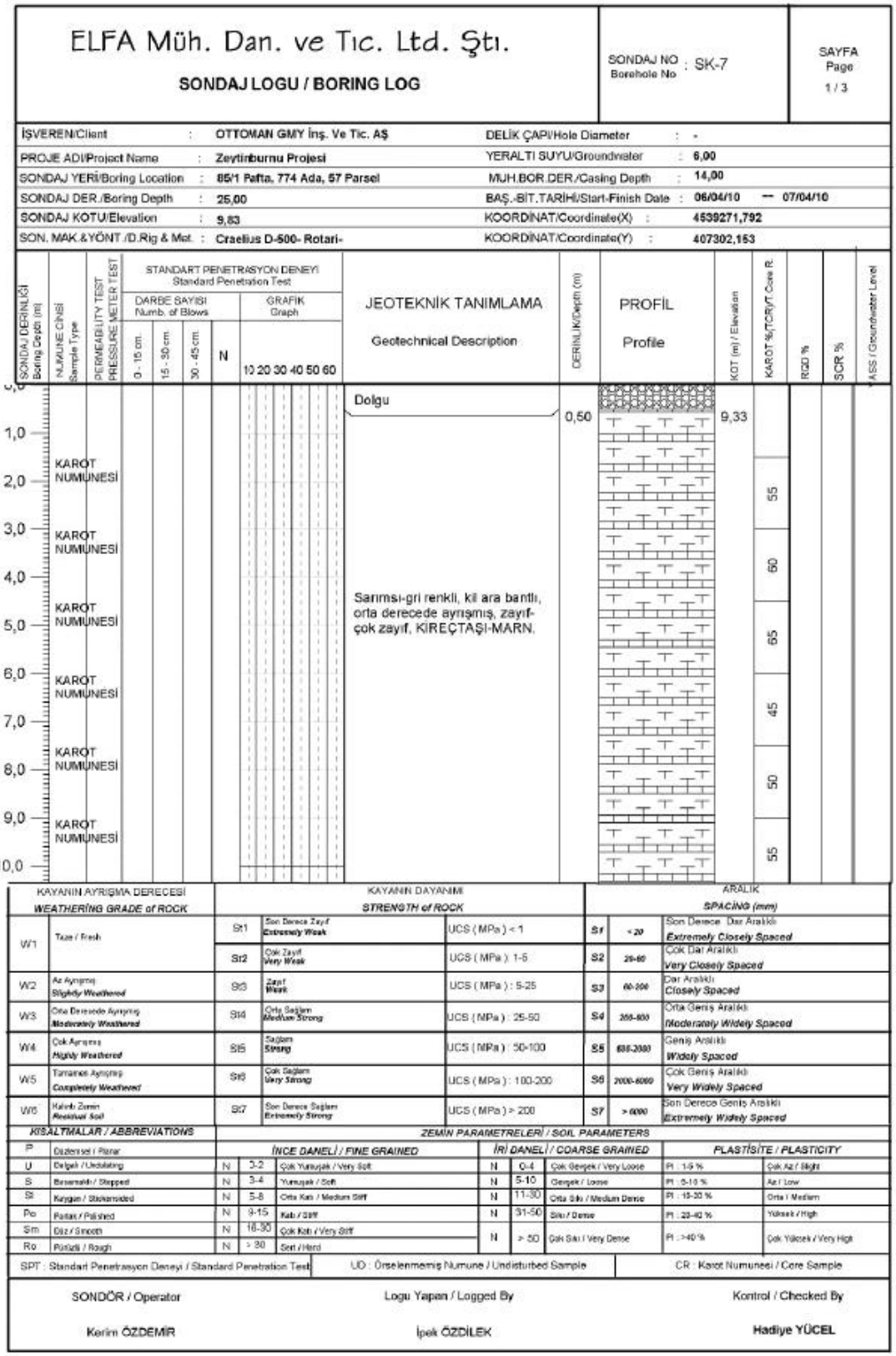
	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{s0} (kPa)	Poisson Oranı (ν)	Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. E_{s0} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (ν)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Δ_p (mm)	Δ_b (mm)	Δ_s (mm)
Çevre (Sürtünme)	Kireçtaşı	16.00	387600	0.25	155040	261156	0.3861	98635.39205	76.64	49.17	0.51	7.52
	Yeşil renkli, yer yer karbonat içerikli, katı-çok katı kumlu siltli kil	20.00	160000	0.495	53512							

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**49.17**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**41.18**

EK 16: 2 no.'lu deney kazığı yük oturma grafiği



EK 17: 2 no.'lu deney kazığı sondaj logu



ELFA Müh. Dan. ve Tıc. Ltd. Ştı.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : SK-7

SAYFA / Page 1 / 3

İŞVEREN/Client	:	OTTOMAN GMY İnş. Ve Tic. AŞ	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	:	-
PROJE ADI/Project Name	:	Zeytinburnu Projesi	YERALTI SUYU/Groundwater	:	6,00
SONDAJ YERİ/Boring Location	:	85/1 Pafta, 774 Ada, 57 Parsel	MUH.BOR.DER./Casing Depth	:	14,00
SONDAJ DER./Boring Depth	:	25,00	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	:	06/04/10 — 07/04/10
SONDAJ KOTU/Elevation	:	9,83	KOORDİNAT/Coordinate(X)	:	4539271,792
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	:	Craelius D-500- Rotari-	KOORDİNAT/Coordinate(Y)	:	407302,153

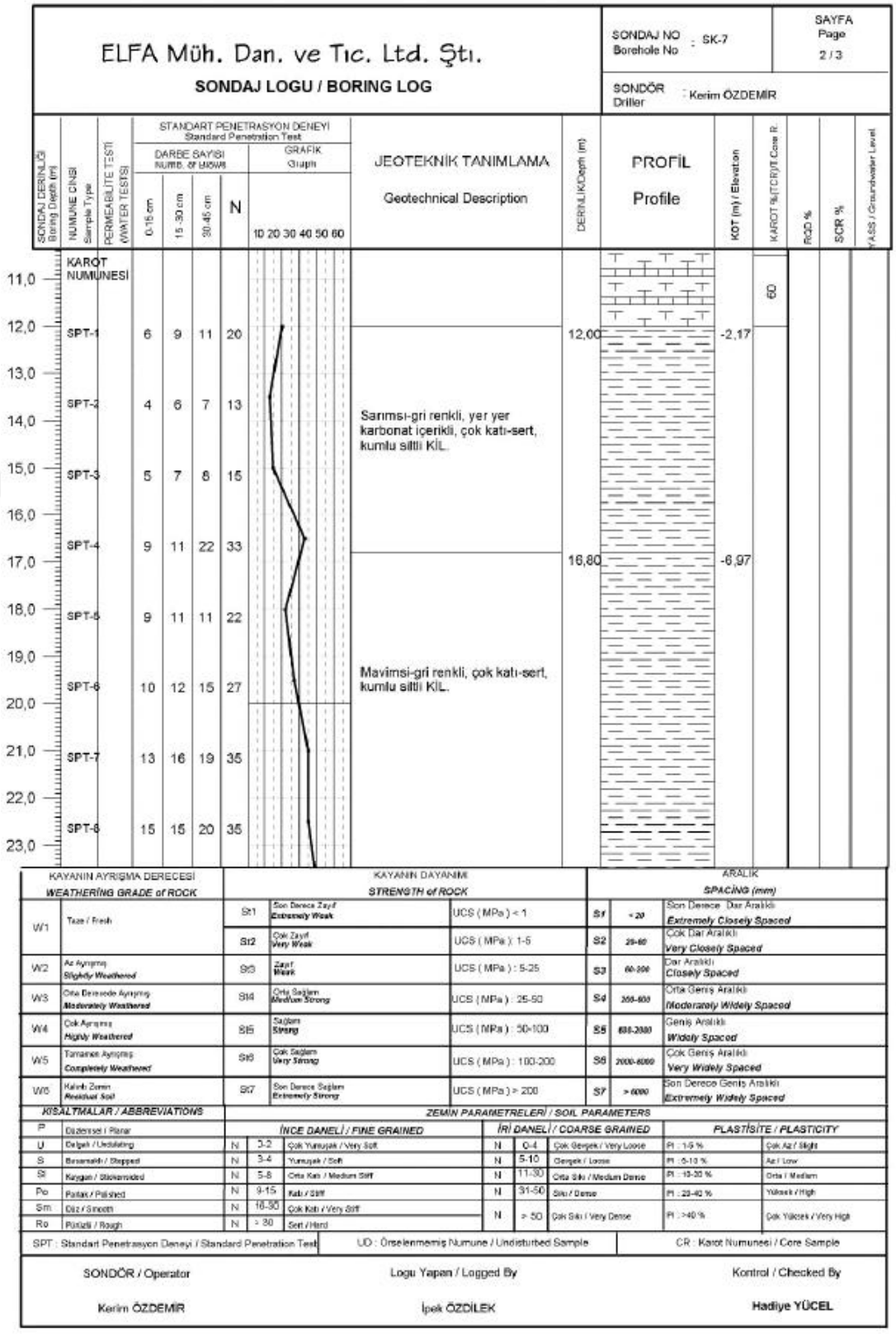
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	PERMEABILITY TEST PRESSURE METER TEST	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test: DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm.	15 - 30 cm.	30 - 45 cm.	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT %/TCR/RQD/Core R.	RQD %	SCR %	WASS / Groundwater Level
0,0								Dolgu	0,50		9,33				
1,0	KAROT NUMUNESİ							Sarımsı-gri renkli, kil ara bantlı, orta derecede ayrışmış, zayıf-çok zayıf, KİREÇTAŞI-MARN.				55			
2,0	KAROT NUMUNESİ											60			
3,0	KAROT NUMUNESİ											65			
4,0	KAROT NUMUNESİ											45			
5,0	KAROT NUMUNESİ											50			
6,0	KAROT NUMUNESİ											55			
7,0	KAROT NUMUNESİ														
8,0	KAROT NUMUNESİ														
9,0	KAROT NUMUNESİ														
10,0															

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERİNG GRADE of ROCK		KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK			ARALIK / SPACİNG (mm)		
W1	Taze / Fresh	St1	Son Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
		St2	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered	St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) : 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered	St4	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa) : 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered	St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered	St6	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa) : 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil	St7	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS		ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS								
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
P	Düzlemsel / Planar								
U	Dalgalı / Undulating	N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1-5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / Stepped	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI : 5-10 %	Az / Low
Si	Kaygan / Slickensided	N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10-20 %	Orta / Medium
Po	Parlak / Polished	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI : 20-40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / Smooth	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : >40 %	Çok Yüksek / Very High
Ro	Pürüzlü / Rough	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek ÖZDİLEK	Hadiye YÜCEL



ELFA Müh. Dan. ve Tıc. Ltd. Şti.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : SK-7

SAYFA / Page 2 / 3

SONDÖR / Driller : Kerim ÖZDEMİR

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	PERMEABİLİTE TESTİ (WATER TESTS)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test: DARBE SAYISI Numb. of Blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT %/(TCR)/Core R.	RQD %	SCR %	YASS / Groundwater Level
11,0	KAROT NUMUNESİ											60			
12,0	SPT-1		6	9	11	20			12,00		-2,17				
13,0															
14,0	SPT-2		4	6	7	13		Sarımsı-gri renkli, yer yer karbonat içerikli, çok katı-sert, kumlu siltli KİL.							
15,0	SPT-3		5	7	8	15									
16,0															
17,0	SPT-4		9	11	22	33			16,80		-6,97				
18,0	SPT-5		9	11	11	22									
19,0								Mavimsi-gri renkli, çok katı-sert, kumlu siltli KİL.							
20,0	SPT-6		10	12	15	27									
21,0	SPT-7		13	16	19	35									
22,0															
23,0	SPT-8		15	15	20	35									

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERİNG GRADE of ROCK

W1	Taze / Fresh
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil

KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK

St1	Son Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) < 1
St2	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa): 1-5
St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) : 5-25
St4	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa) : 25-50
St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100
St6	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa) : 100-200
St7	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) > 200

ARALIK / SPACİNG (mm)

S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS

P	Düzlemsel / Planar
U	Dalgalı / Undulating
S	Basamaklı / Stepped
Sl	Kaygan / Slickensided
Po	Pürüzlü / Polished
Sm	Düz / Smooth
Ro	Pürüzlü / Rough

ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS

İNCE DANELİ / FINE GRAINED

N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	
N	3-4	Yumuşak / Soft	
N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	
N	9-15	Katı / Stiff	
N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	
N	> 30	Sert / Hard	

İRİ DANELİ / COARSE GRAINED

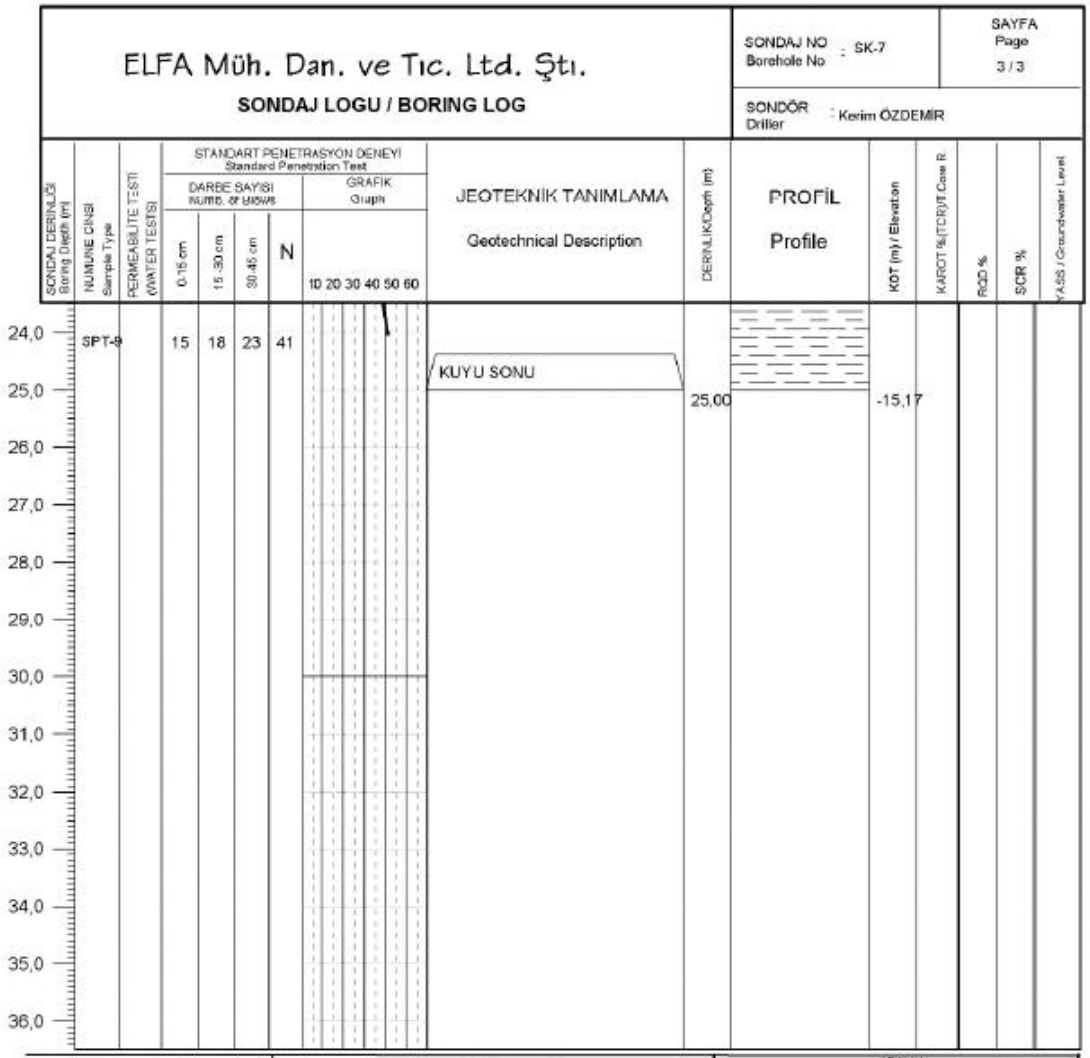
N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose
N	5-10	Gevşek / Loose
N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense
N	31-50	Sıkı / Dense
N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense

PLASTİSİTE / PLASTICITY

PI : 1-5 %	Çok Az / Slight
PI : 5-10 %	Az / Low
PI : 10-20 %	Orta / Medium
PI : 20-40 %	Yüksek / High
PI : >40 %	Çok Yüksek / Very High

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek ÖZDİLEK	Hadiye YÜCEL



ELFA Müh. Dan. ve Tıc. Ltd. Şti.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : SK-7

SAYFA / Page 3 / 3

SONDÖR / Driller : Kerim ÖZDEMİR

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	PERMEABİLİTE TESTİ (WATER TESTS)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test: DARBE SAYISI Numb. of blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK Depth (m)	PROFİL Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT %(TCR)/ Core R.	RQD %	SCR %	YASS / Groundwater Level
24,0	SPT-9		15	18	23	41		KUYU SONU	25,00		-15,17				
25,0															
26,0															
27,0															
28,0															
29,0															
30,0															
31,0															
32,0															
33,0															
34,0															
35,0															
36,0															

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ *WEATHERİNG GRADE of ROCK*		KAYANIN DAYANIMI *STRENGTH of ROCK*			ARALIK *SPACİNG (mm)*		
W1	Taze / Fresh	St1	Son Derece Zayıf *Extremely Weak*	UCS (MPa) < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı *Extremely Closely Spaced*
		St2	Çok Zayıf *Very Weak*	UCS (MPa) 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı *Very Closely Spaced*
W2	Az Ayrışmış *Slightly Weathered*	St3	Zayıf *Weak*	UCS (MPa) : 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı *Closely Spaced*
W3	Orta Derecede Ayrışmış *Moderately Weathered*	St4	Orta Sağlam *Medium Strong*	UCS (MPa) : 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı *Moderately Widely Spaced*
W4	Çok Ayrışmış *Highly Weathered*	St5	Sağlam *Strong*	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı *Widely Spaced*
W5	Tamamen Ayrışmış *Completely Weathered*	St6	Çok Sağlam *Very Strong*	UCS (MPa) : 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı *Very Widely Spaced*
W6	Kalıntı Zemin *Residual Soil*	St7	Son Derece Sağlam *Extremely Strong*	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı *Extremely Widely Spaced*

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS		ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS							
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
P	Düzlemsel / Planar								
U	Dalgalı / Undulating	N	2-3	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1-5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / Stepped	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI : 5-10 %	Az / Low
St	Kaygan / Slickensided	N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10-20 %	Orta / Medium
Po	Parlak / Polished	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI : 20-40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / Smooth	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : >40 %	Çok Yüksek / Very High
Ro	Pürüzlü / Rough	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek ÖZDİLEK	Hadiye YÜCEL

EK 18: 2 no.'lu deney kazığı Decourt (1995) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

2 NO.'LU DENEY KAZIĞI | DECOURT (1995) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	25.00
Birim Çevre Alanı (m² /m)	3.1416
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	N(60)	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Kireçtaşı	2.50	3.52	38.99	-	-	942.48	942.48
	Sarımsı Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	4.80	-	-	20	15	784.14	1726.62
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	17.70	-	-	32	24	4292.80	6019.42

	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Uç Taşıma Gücü (kN)
Uç Direnci	Kil	0.7854	-	-	32.00	2010.62

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**818**

EK 19: 2 no.'lu deney kazığı Bazaara ve Kurkur (1986) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

2 NO.'LU DENEY KAZIĞI | BAZAARA VE KURKUR (1986) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	25.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Kireçtaşı	2.50	3.52	38.99	-	942.48	942.48
	Sarımsı Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	4.80	-	-	20	603.19	1545.66
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	17.70	-	-	32	3558.80	5104.46

	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Uç Taşıma Gücü (kN)
Uç Direnci	Kil	0.7854	-	-	32	1507.96

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**674**

EK 20: 2 no.'lu deney kazığı O'Neil ve Reese (1999) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

2 NO.'LU DENEY KAZIĞI | O'NEIL VE REESE (1999) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	25.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	α	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Kireçtaşı	2.50	3.52	38.99	-	-	-	942.48	942.48
	Sarımsı Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	4.80	-	-	20	84	0.55	696.68	1639.16
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	17.70	-	-	32	135	0.55	4128.76	5767.92

	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	Uç Taşıma Gücü (kN)
Uç Direnci	Kil	0.7854	-	-	32	135	941.65

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**683.0**

EK 21: 2 no.'lu deney kazığı Kulhawy ve Jackson (1989) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

2 NO.'LU DENEY KAZIĞI | KULHAWY VE JACKSON (1989) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

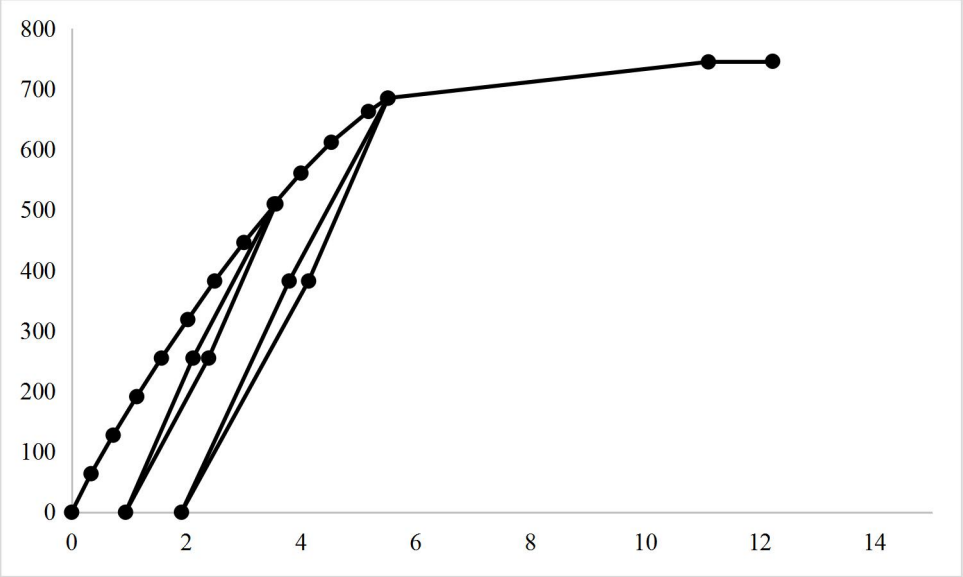
Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	25.00
Birim Çevre Alanı (m^2)	3.1416
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	α	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Kireçtaşı	2.50	3.52	38.99	-	-	-	942.48	942.48
	Sarımsı Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	4.80	-	-	20	84	0.51	647.90	1590.37
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	17.70	-	-	32	135	0.40	2984.66	4575.04

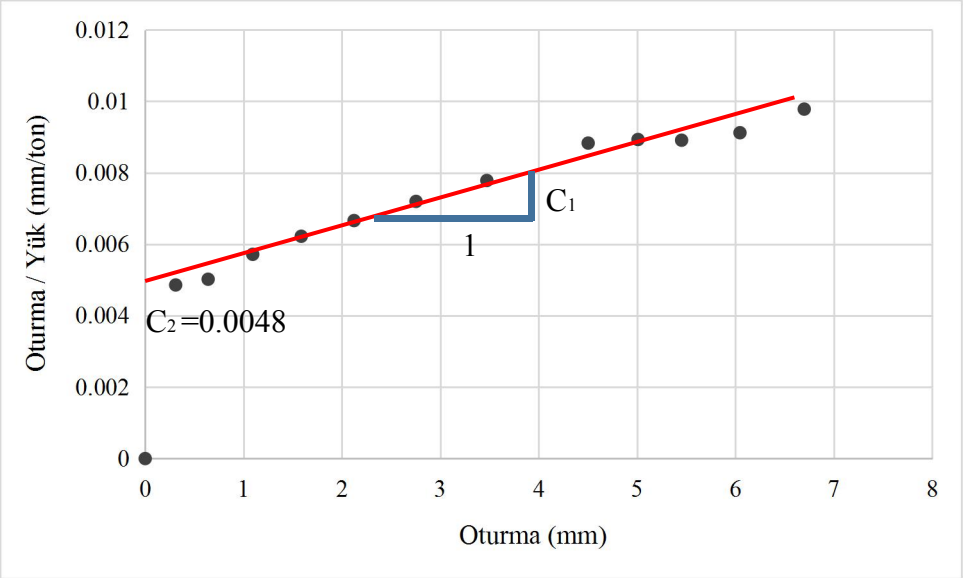
	Birim	Alan (m^2)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	Uç Taşıma Gücü (kN)
Uç Direnci	Kil	0.7854	-	-	32.00	135	941.65

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**562**

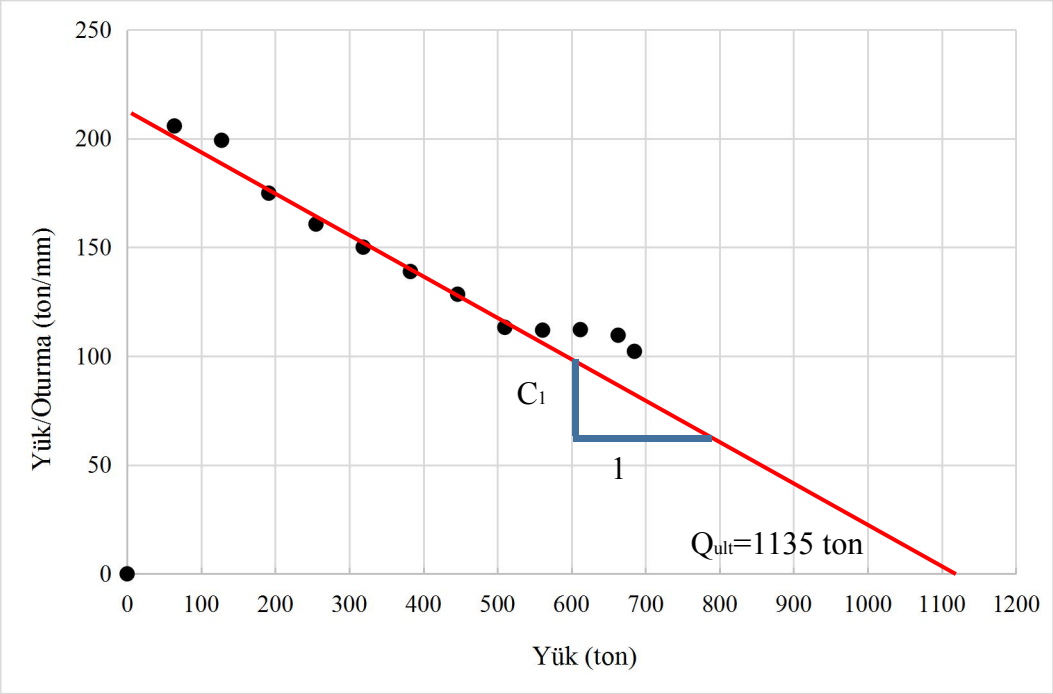
EK 22: 2 no.'lu deney kazığının sonlu eleman yöntemine göre yük oturma grafiği



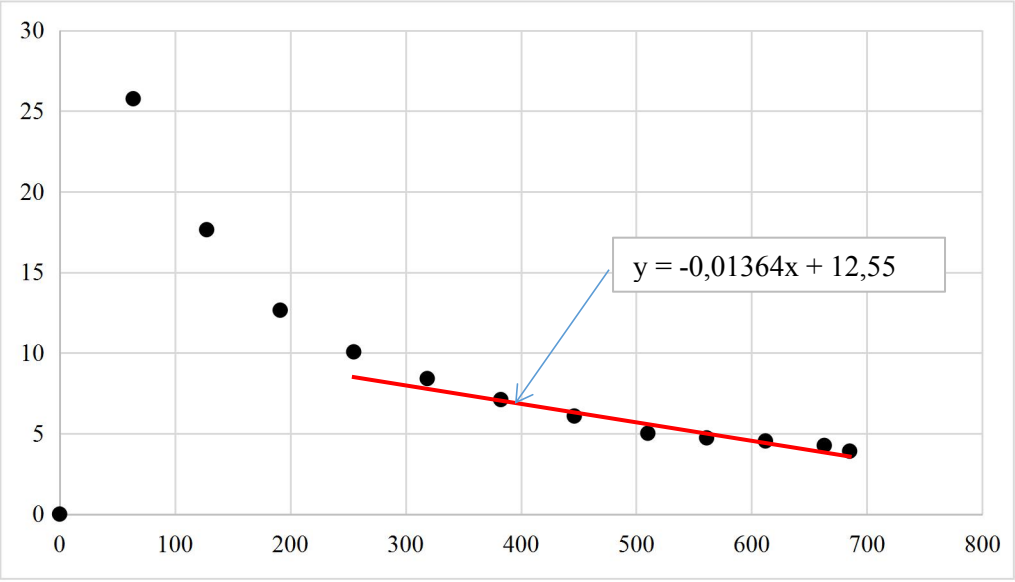
EK 23: 2 no.'lu deney kazığında Chin-Kondner (1970) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



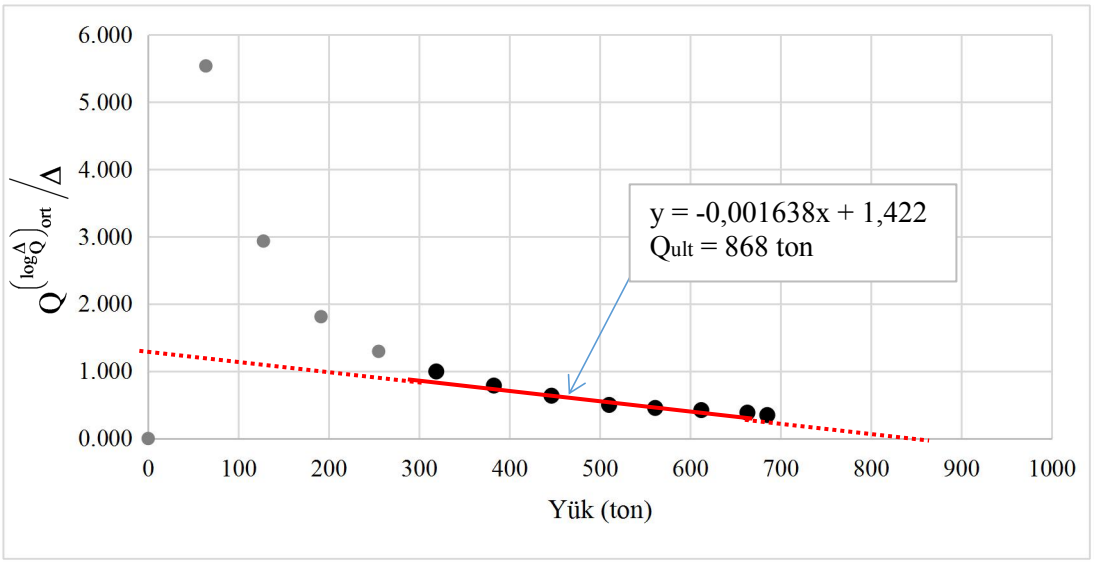
EK 24: 2 no.'lu deney kazığında Decourt (1999) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 25: 1 no.'lu deney kazığında Özkan-Alku (2006) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 26: 1 no.'lu deney kazığında önerilen yöntem ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 27: 2 no.'lu deney kazığının Poulus ve Davis (1980) Doğrusal Elastik Ortam Yaklaşımı ile oturma hesabı

2 NO.'LU VERİ - POLUS VE DAVIS (1980) DOĞRUSAL ELASTİK ORTAM YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri			
Kazık Çapı (m)	1.00	Kazık Tipi	Fore
Kazık Uzunluğu (m)	25.00	Çalışma Şekli	Basınç
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416		
Nihai Taşıma Gücü (ton)	818		
Azami Deney Yükü (ton)	685		

Ep	3250000	β0	0.058	I0	0.075	Qs,ult	6019.42 kN
Es	152298	CK	0.1	RK	1.1	Qb,ult	2010.62 kN
Eb	135000	Cb	1	Rb	1		
L/d	25	Cv	0.95	Rv	1		
d	1						
K	21.340	β	0.0055	I	0.0825		

Çevre Oturması : 3.28 mm Uç Oturması : 197.67 mm

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**200.95**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**168.28**

EK 28: 2 no.'lu deney kazığının Scott (1981) Yay Modeli ile oturma hesabı

2 NO.'LU VERİ - SCOTT (1981) YAY MODELİ İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	25.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Nihai Taşıma Gücü (ton)	818
Azami Deney Yükü (ton)	685

Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç
Qs,ult	6019.42 kN
Qb,ult	2010.62 kN

E_p	3250000

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{50} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Yay Katsayısı (kN/m³)	Ağr. Ort. E_{50} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. Yay Katsayısı (kN/m³)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
Çevre (Sürtünme)	Kireçtaşı	2.50	405900	0.25	162360	81180	152298	0.4705	53597	36138	76.64	2.12
	Sarımsı Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	4.80	84000	0.495	28094	21070						
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	17.70	135000	0.495	45151	33863						

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**2.12**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**1.78**

EK 29: 2 no.'lu deney kazığının Tomlinson (2008) Yaklaşımı ile oturma hesabı

2 NO.'LU VERİ - TOMLİNSON (2008) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	25.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Nihai Taşıma Gücü (ton)	818
Azami Deney Yükü (ton)	685

Kazık Tipi		Fore
Çalışma Şekli		Basınç
Qs,ult	6019.42	kN
Qb,ult	2010.62	kN
Ip	0.5	

E_p	3250000

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{50} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Yay Katsayısı (kN/m³)	Ağr. Ort. E_{50} (v)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
Çevre (Sürtünme)	Kireçtaşı	2.50	405900	0.25	162360	81180	152298	0.4705	53597	76.64	6.11
	Sarımsı Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	4.80	84000	0.495	28094	21070					
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	17.70	135000	0.495	45151	33863					

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**6.11**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**5.12**

EK 30: 2 no.'lu deney kazığının Das (2007) Yaklaşımı ile oturma hesabı

2 NO.'LU VERİ - DAS (2007) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	25.00
Birim Çevre Alanı (m^2)	3.1416
Nihai Taşıma Gücü (ton)	818
Azami Deney Yükü (ton)	685

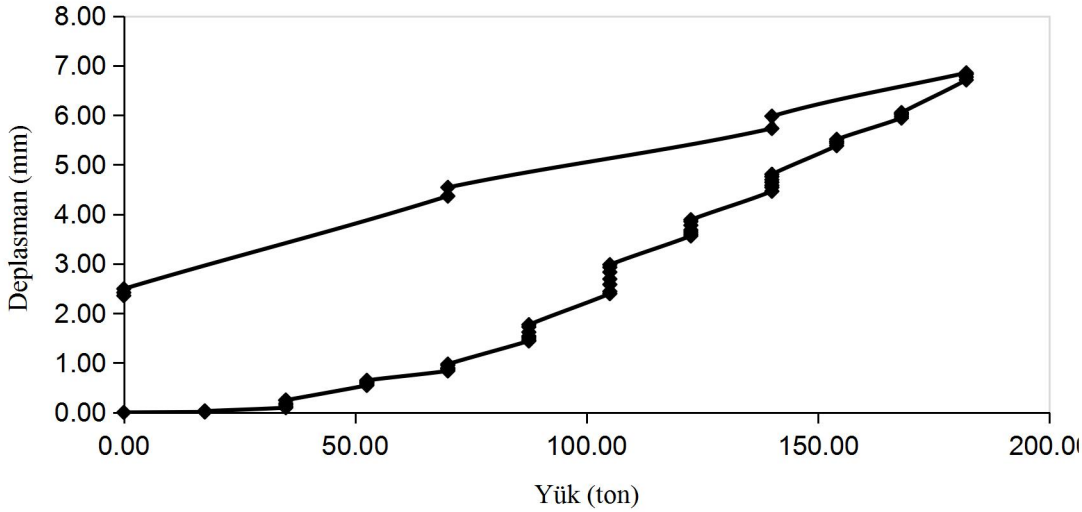
E_p	3250000

Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç
$Q_{s,ult}$	6019.42 kN
$Q_{b,ult}$	2010.62 kN
I_b	0.85
ξ	0.5
I_s	3.75

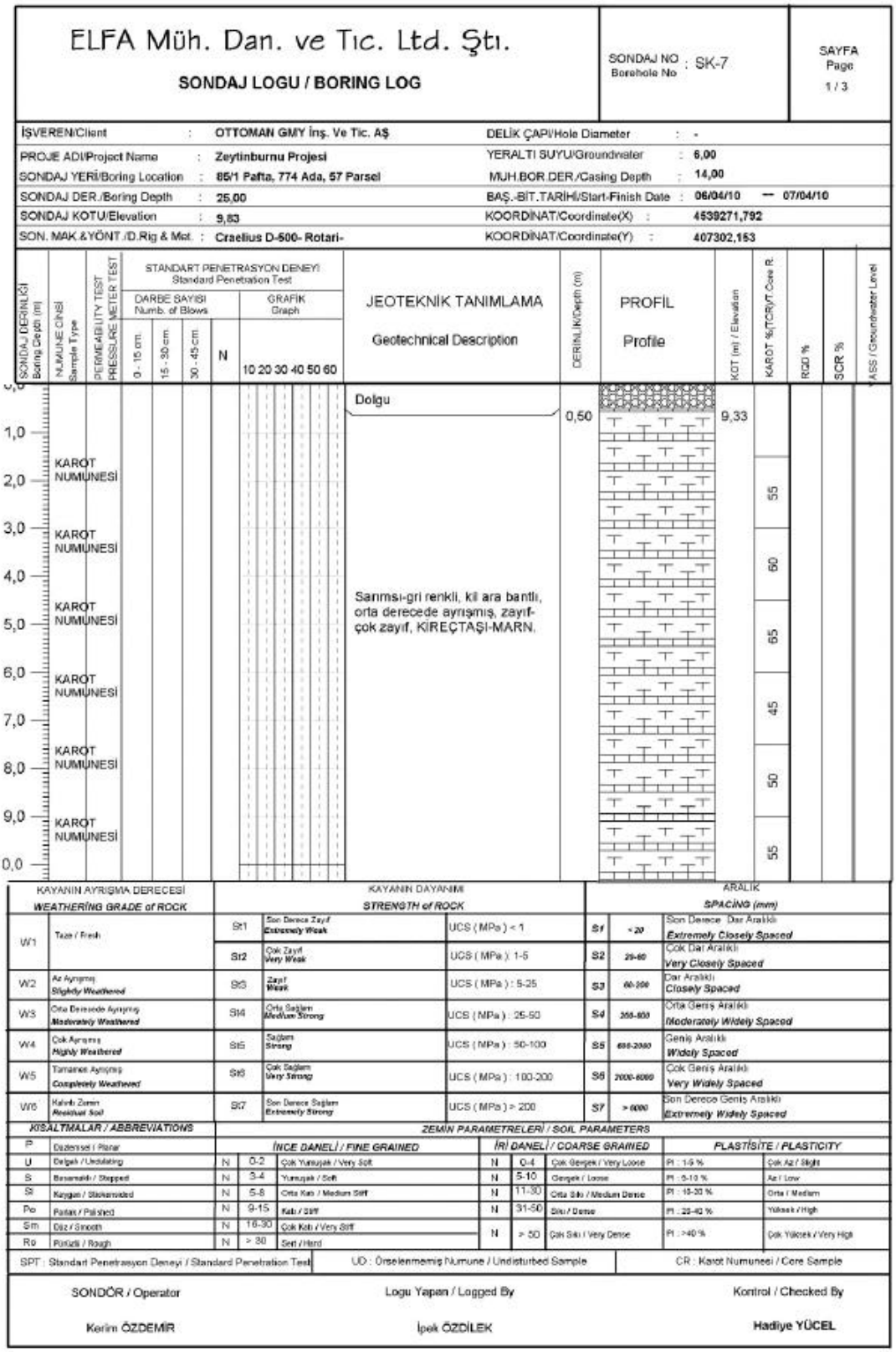
	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{s0} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Yay Katsayısı (kN/m^3)	Ağr. Ort. E_{s0} (v)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Δ_p (mm)	Δ_b (mm)	Δ_s (mm)
Çevre (Sürtünme)	Kireçtaşı	2.50	405900	0.25	162360	81180	152298	0.4705	53597	76.64	49.17	0.51	6.68
	Sarımsı Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	4.80	84000	0.495	28094	21070							
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	17.70	135000	0.495	45151	33863							

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**49.17**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**41.18**

EK 31: 3 no.'lu deney kazığı yük oturma grafiği



EK 32: 3 no.'lu deney kazığı sondaj logu



ELFA Müh. Dan. ve Tıc. Ltd. Şti.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : SK-7

SAYFA / Page 1 / 3

İŞVEREN/Client	: OTTOMAN GMY İnş. Ve Tic. AŞ	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	: -
PROJE ADI/Project Name	: Zeytinburnu Projesi	YERALTI SUYU/Groundwater	: 6,00
SONDAJ YERİ/Boring Location	: 85/1 Pafta, 774 Ada, 57 Parsel	MUH.BOR.DER./Casing Depth	: 14,00
SONDAJ DER./Boring Depth	: 25,00	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	: 06/04/10 — 07/04/10
SONDAJ KOTU/Elevation	: 9,83	KOORDİNAT/Coordinate(X)	: 4539271,792
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: Craelius D-500- Rotari-	KOORDİNAT/Coordinate(Y)	: 407302,153

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	PERMEABILITY TEST PRESSUREMETER TEST	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test: DARBE SAYISI Numb. of Blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT %/TCR/RT.Core R.	RQD %	SCR %	ASS / Groundwater Level
0,0								Dolgu	0,50		9,33				
1,0	KAROT NUMUNESİ							Sarımsı-gri renkli, kil ara bantlı, orta derecede ayrışmış, zayıf-çok zayıf, KİREÇTAŞI-MARN.				55			
2,0															
3,0	KAROT NUMUNESİ											60			
4,0															
5,0	KAROT NUMUNESİ											65			
6,0															
7,0	KAROT NUMUNESİ											45			
8,0															
9,0	KAROT NUMUNESİ											50			
10,0												55			

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERİNG GRADE of ROCK

W1	Taze / Fresh	
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered	
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered	
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered	
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered	
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil	

KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK

St1	Son Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) < 1
St2	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa) : 1-5
St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) : 5-25
St4	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa) : 25-50
St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100
St6	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa) : 100-200
St7	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) > 200

ARALIK / SPACİNG (mm)

S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS

P	Düzlemsel / Planar
U	Dalgalı / Undulating
S	Basamaklı / Stepped
Sl	Kaygan / Slickensided
Po	Pürüzlü / Polished
Sm	Düz / Smooth
Ro	Pürüzlü / Rough

ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS

İNCE DANELİ / FINE GRAINED

N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	
N	3-4	Yumuşak / Soft	
N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	
N	9-15	Katı / Stiff	
N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	
N	> 30	Sert / Hard	

İRİ DANELİ / COARSE GRAINED

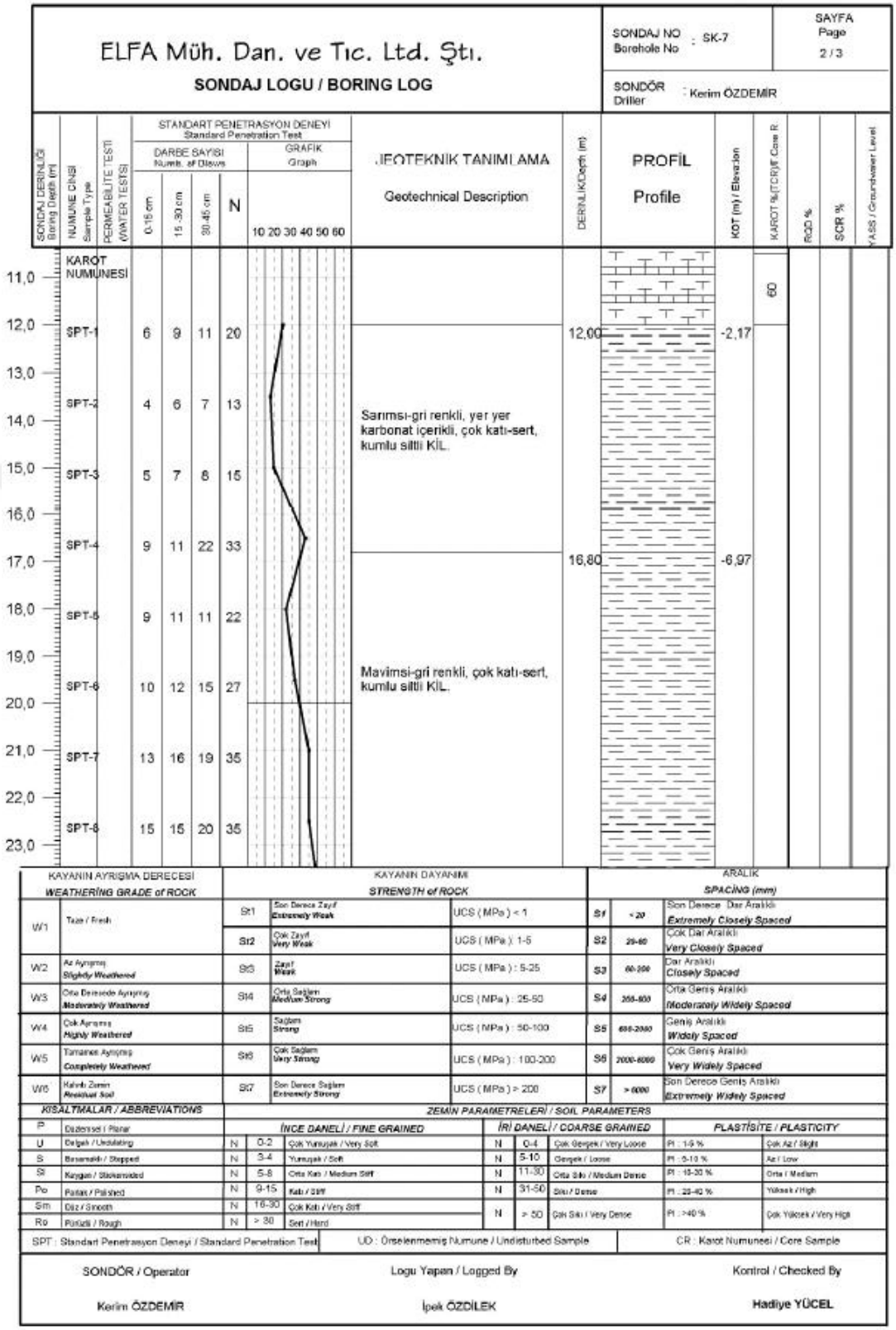
N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	
N	5-10	Gevşek / Loose	
N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	
N	31-50	Sıkı / Dense	
N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	

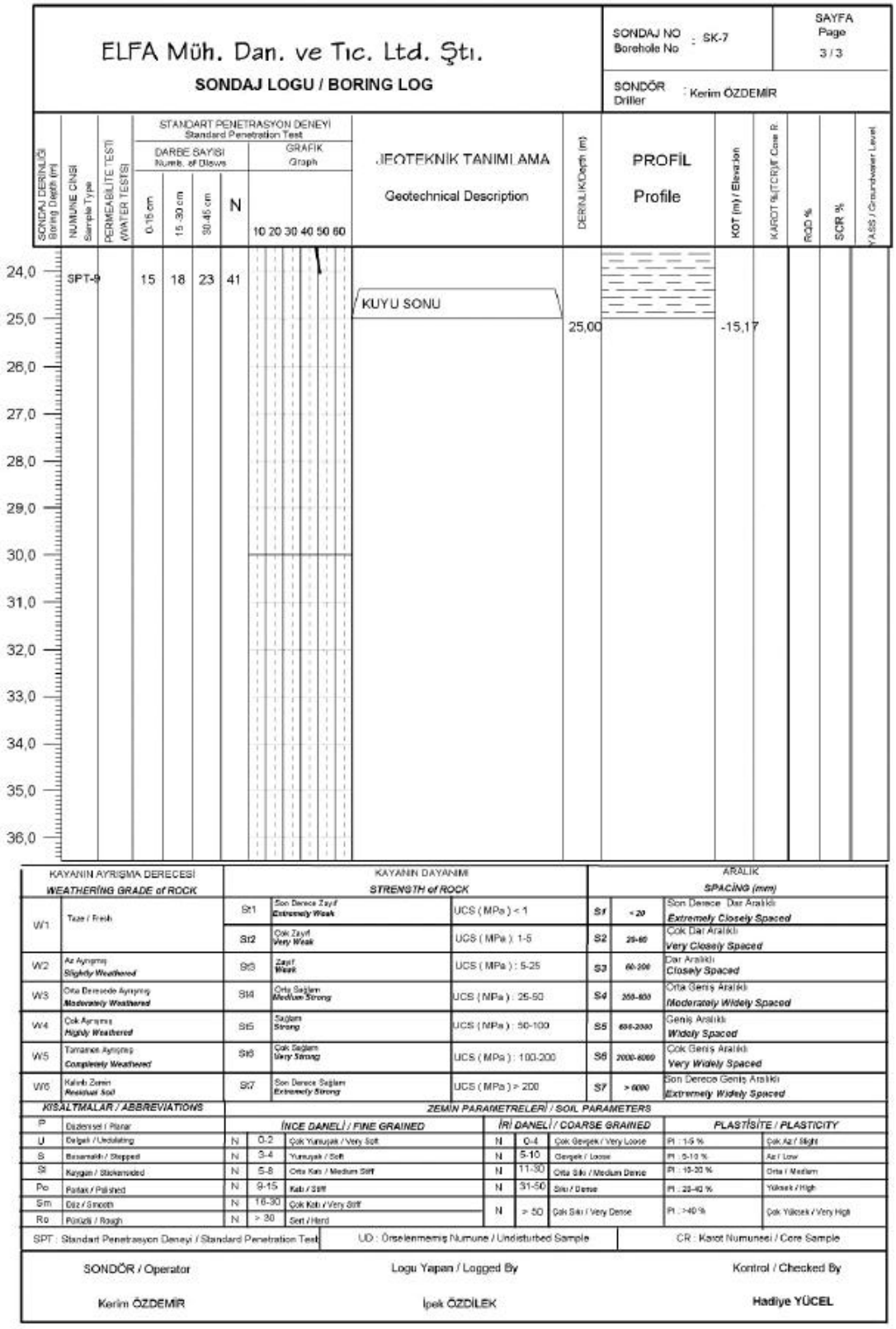
PLASTİSİTE / PLASTICITY

PI : 1-5 %	Çok Az / Slight
PI : 5-10 %	Az / Low
PI : 10-20 %	Orta / Medium
PI : 20-40 %	Yüksek / High
PI : >40 %	Çok Yüksek / Very High

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek ÖZDİLEK	Hadiye YÜCEL


ELFA Müh. Dan. ve Tıc. Ltd. Şti.
SONDAJ LOGU / BORING LOG
SONDAJ NO / Borehole No : SK-7
SAYFA / Page 2 / 3
SONDÖR / Driller : Kerim ÖZDEMİR
SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth (m)
NUMUNE CİNSİ / Sample Type
PERMEABİLİTE TESTİ / WATER TESTİ
STANDART PENETRASYON DENEYİ / Standard Penetration Test
DARBE SAYISI / Numb. of Blows
GRAFİK / Graph
0-15 cm
15-30 cm
30-45 cm
N
10 20 30 40 50 60
JEOTEKNİK TANIMLAMA
Geotechnical Description
DERİNLİK/Depth (m)
PROFİL
Profile
KOT (m) / Elevation
KAROT % / TCR / Core R.
RQD %
SCR %
YAŞS / Groundwater Level
KAROT NUMUNESİ
SPT-1
SPT-2
SPT-3
SPT-4
SPT-5
SPT-6
SPT-7
SPT-8
6 9 11 20
4 6 7 13
5 7 8 15
9 11 22 33
9 11 11 22
10 12 15 27
13 16 19 35
15 15 20 35
11,0
12,0
13,0
14,0
15,0
16,0
17,0
18,0
19,0
20,0
21,0
22,0
23,0
12,00
16,80
-2,17
-6,97
60
Sarımsı-gri renkli, yer yer karbonat içerikli, çok katı-sert, kumlu siltli KİL.
Mavimsi-gri renkli, çok katı-sert, kumlu siltli KİL.
KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERİNG GRADE of ROCK
W1 Taze / Fresh
W2 Az Ayrışmış / Slightly Weathered
W3 Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered
W4 Çok Ayrışmış / Highly Weathered
W5 Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered
W6 Kalıntı Zemin / Residual Soil
KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK
St1 Son Derece Zayıf / Extremely Weak — UCS (MPa) < 1
St2 Çok Zayıf / Very Weak — UCS (MPa): 1-5
St3 Zayıf / Weak — UCS (MPa): 5-25
St4 Orta Sağlam / Medium Strong — UCS (MPa): 25-50
St5 Sağlam / Strong — UCS (MPa): 50-100
St6 Çok Sağlam / Very Strong — UCS (MPa): 100-200
St7 Son Derece Sağlam / Extremely Strong — UCS (MPa) > 200
ARALIK / SPACİNG (mm)
S1 < 20 — Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
S2 20-60 — Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
S3 60-200 — Dar Aralıklı / Closely Spaced
S4 200-600 — Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
S5 600-2000 — Geniş Aralıklı / Widely Spaced
S6 2000-6000 — Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
S7 > 6000 — Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced
KISALTMALAR / ABBREVIATIONS
P Düzensel / Planar
U Dalgalı / Undulating
S Basamaklı / Stepped
Sl Kaygan / Slickensided
Po Pürüzlü / Polished
Sm Düz / Smooth
Ro Pürüzlü / Rough
ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS
İNCE DANELİ / FINE GRAINED
N 0-2 Çok Yumuşak / Very Soft
N 3-4 Yumuşak / Soft
N 5-8 Orta Katı / Medium Stiff
N 9-15 Katı / Stiff
N 16-30 Çok Katı / Very Stiff
N > 30 Sert / Hard
İRİ DANELİ / COARSE GRAINED
N 0-4 Çok Gevşek / Very Loose
N 5-10 Gevşek / Loose
N 11-30 Orta Sıkı / Medium Dense
N 31-50 Sıkı / Dense
N > 50 Çok Sıkı / Very Dense
PLASTİSİTE / PLASTICITY
PI : 1-5 % — Çok Az / Slight
PI : 5-10 % — Az / Low
PI : 10-20 % — Orta / Medium
PI : 20-40 % — Yüksek / High
PI : >40 % — Çok Yüksek / Very High
SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test
UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample
CR : Karot Numunesi / Core Sample
SONDÖR / Operator
Kerim ÖZDEMİR
Logu Yapan / Logged By
İpek ÖZDİLEK
Kontrol / Checked By
Hadiye YÜCEL



ELFA Müh. Dan. ve Tıc. Ltd. Şti.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : SK-7

SAYFA / Page 3 / 3

SONDÖR / Driller : Kerim ÖZDEMİR

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	PERMEABİLİTE TESTİ (WATER TESTİ)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test – DARBE SAYISI Numb. of Blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK Depth (m)	PROFİL Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT % (TCR) / Core R.	RQD %	SCR %	YAŞS / Groundwater Level
24,0	SPT-9		15	18	23	41		KUYU SONU	25,00		-15,17				
25,0															
26,0															
27,0															
28,0															
29,0															
30,0															
31,0															
32,0															
33,0															
34,0															
35,0															
36,0															

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERİNG GRADE of ROCK		KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK			ARALIK / SPACİNG (mm)		
W1	Taze / Fresh	St1	Son Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
		St2	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa) 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered	St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) : 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered	St4	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa) : 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered	St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered	St6	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa) : 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil	St7	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS		ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS							
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
P	Düzlemsel / Planar								
U	Dalgalı / Undulating	N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1-5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / Stepped	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI : 5-10 %	Az / Low
St	Kaygan / Slickensided	N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10-20 %	Orta / Medium
Po	Parlak / Polished	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI : 20-40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / Smooth	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : >40 %	Çok Yüksek / Very High
Ro	Pürüzlü / Rough	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test — UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample — CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek ÖZDİLEK	Hadiye YÜCEL

EK 33: 3 no.'lu deney kazığı Decourt (1995) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

3 NO.'LU DENEY KAZIĞI | DECOURT (1995) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.80
Kazık Uzunluğu (m)	18.00
Birim Çevre Alanı (m^2 /m)	2.5133
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Çekme

Çevre (Sürtünme) Direnci	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	N(60)	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
	Kireçtaşı	2.50	3.52	38.99	-	-	753.98	753.98
	Sarımsı Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	4.80	-	-	20	15	627.31	1381.30
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	10.70	-	-	32	24	2076.06	3457.36

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**352**

EK 34: 3 no.'lu deney kazığı Bazaara ve Kurkur (1986) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

3 NO.'LU DENEY KAZIĞI | BAZAARA VE KURKUR (1986) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.80
Kazık Uzunluğu (m)	18.00
Birim Çevre Alanı (m²)	2.5133
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Çekme

	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Kireçtaşı	2.50	3.52	38.99	-	753.98	753.98
	Sarımsı Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	4.80	-	-	20	482.55	1236.53
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	10.70	-	-	32	1721.09	2957.62

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**301**

EK 35: 3 no.'lu deney kazığı O'Neil ve Reese (1999) yöntemine göre taşıma gücü hesabı

3 NO.'LU DENEY KAZIĞI | O'NEIL VE REESE (1999) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.80
Kazık Uzunluğu (m)	18.00
Birim Çevre Alanı (m²)	2.5133
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Çekme

	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	α	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Kireçtaşı	2.50	3.52	38.99	-	-	-	753.98	753.98
	Sarımsı Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	4.80	-	-	20	84	0.55	557.34	1311.33
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	10.70	-	-	32	135	0.55	1996.73	3308.06

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**337**

EK 36: 3 no.'lu deney kazığı Kulhawy ve Jackson (1989) yöntemine göre taşıma gücü hesabı

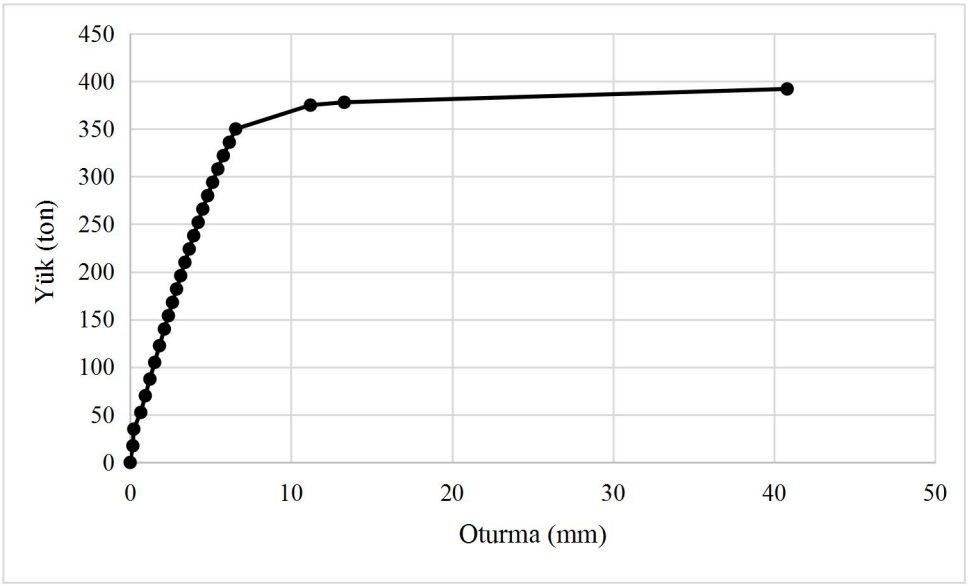
3 NO.'LU DENEY KAZIĞI | KULHAWY VE JACKSON (1989) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.80
Kazık Uzunluğu (m)	18.00
Birim Çevre Alanı (m²)	2.5133
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Çekme

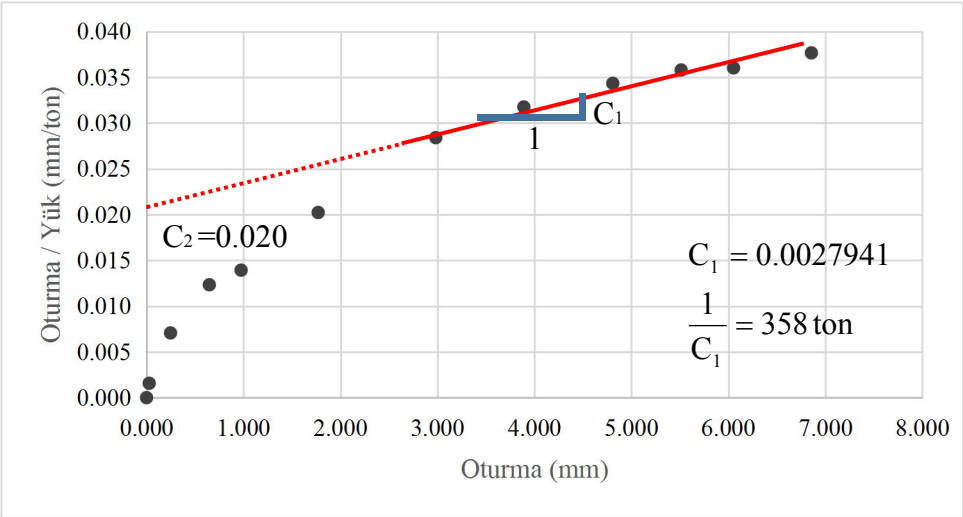
Çevre (Sürtünme) Direnci	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	α	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
	Kireçtaşı	2.50	3.52	38.99	-	-	-	753.98	753.98
	Sarımsı Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	4.80	-	-	20	84	0.51	518.32	1272.30
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	10.70	-	-	32	135	0.40	1443.43	2715.73

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**276**

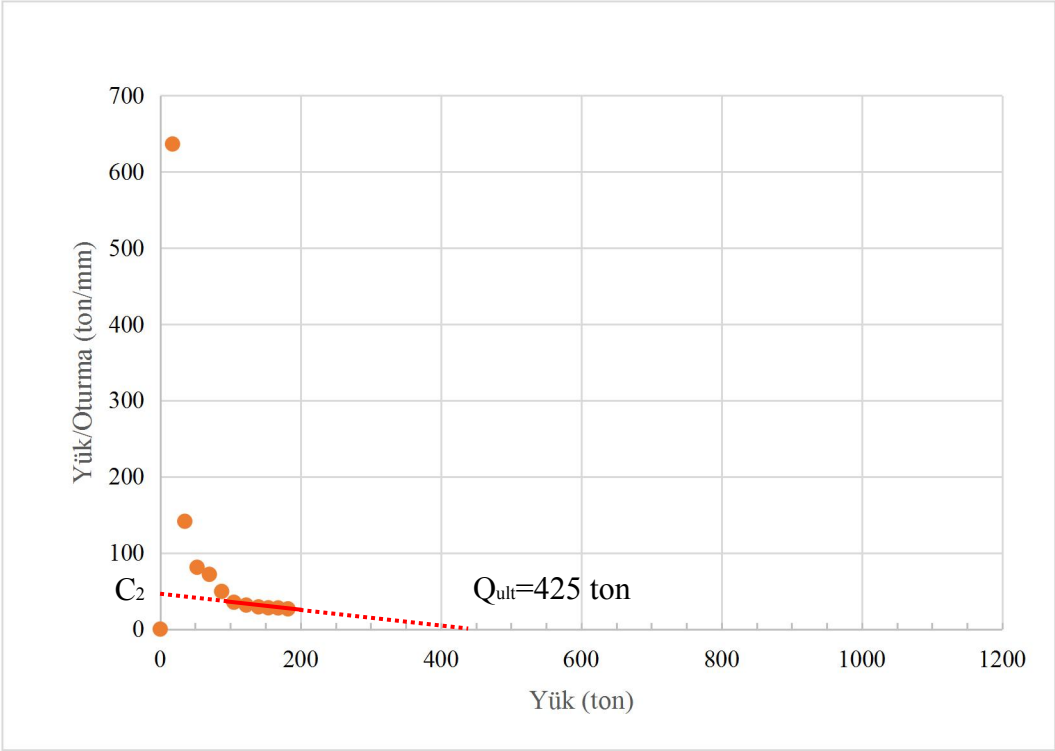
EK 37: 3 no.'lu deney kazığının sonlu eleman yöntemine göre yük-oturma grafiği



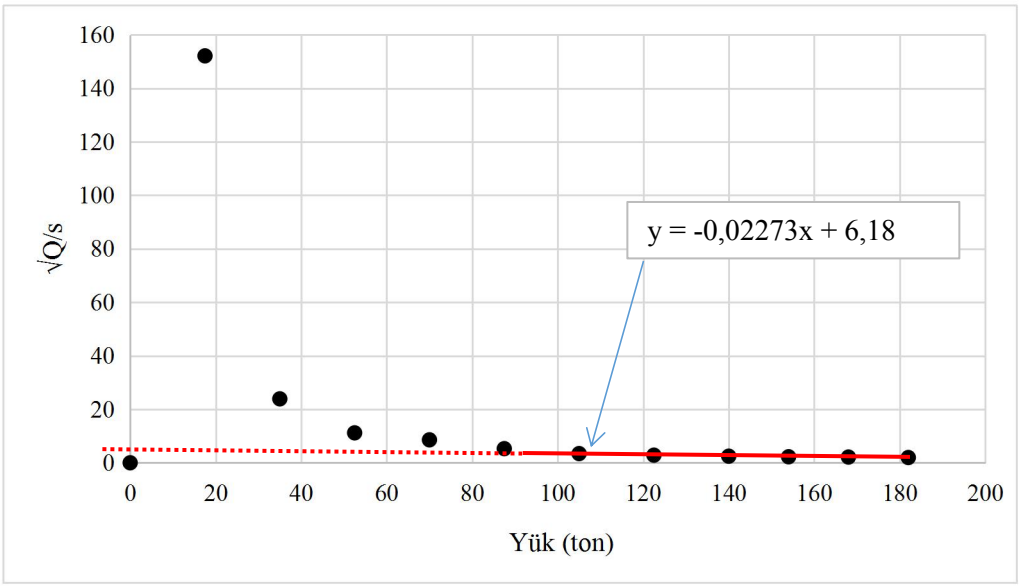
EK 38: 3 no.'lu deney kazığında Chin-Kondner (1970) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



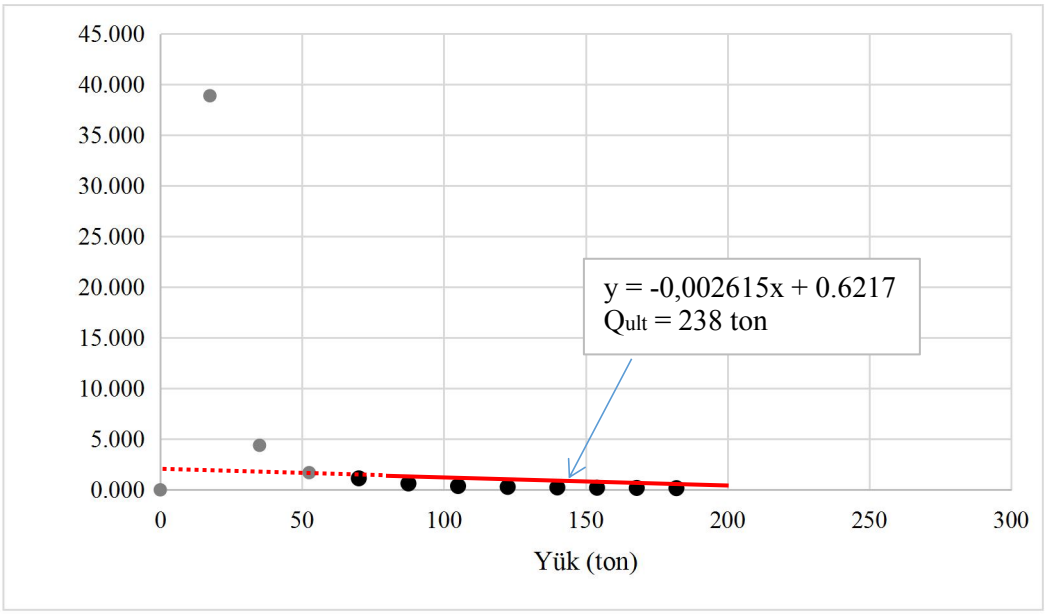
EK 39: 3 no.'lu deney kazığında Decourt (1999) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 40: 3 no.'lu deney kazığında Özkan-Alku (2006) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 41: 3 no.'lu deney kazığında önerilen yöntem ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 42: 3 no.'lu deney kazığının Poulus ve Davis (1980) Doğrusal Elastik Ortam Yaklaşımı ile oturma hesabı

3 NO.'LU VERİ - POULUS VE DAVIS (1980)DOĞRUSAL ELASTİK ORTAM YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri			
Kazık Çapı (m)	0.80	Kazık Tipi	Fore
Kazık Uzunluğu (m)	18.00	Çalışma Şekli	Çekme
Birim Çevre Alanı (m²)	2.5133		
Nihai Taşıma Gücü (ton)	352		
Azami Deney Yükü (ton)	182		

Ep	3250000
Es	159025
Eb	160000
L/d	22.5
d	0.8
K	20.437
νs	0.4610

β_0	0.05
C_K	0.1
Cb	1
Cv	0.8
β	0.0040

I_0	0.065
R_K	3
Rb	1
Rv	0.98
I	0.1911

Qs,ult	3457.36 kN
Qb,ult	0.00 kN

Çevre Oturması : 5.21 mm Uç Oturması : 0.00 mm

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**5.21**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**2.70**

EK 43: 3 no.'lu deney kazığının Scott (1981) Yay Modeli ile oturma hesabı

3 NO.'LU VERİ - SCOTT (1981) YAY MODELİ İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.80
Kazık Uzunluğu (m)	18.00
Birim Çevre Alanı (m²)	2.5133
Nihai Taşıma Gücü (ton)	352
Azami Deney Yükü (ton)	182

Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç
Qs,ult	3457.36 kN
Qb,ult	0 kN

E_p	3250000

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{50} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Yay Katsayısı (kN/m³)	Ağr. Ort. E_{50} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. Yay Katsayısı (kN/m³)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
Çevre (Sürtünme)	Kireçtaşı	2.50	405900	0.25	162360	101475	159025	0.4610	56881	39842	76.42	1.92
	Sarımsı-gri renkli, yer yer karbonat içerikli, çok katı-sert kumlu siltli kil	4.80	84000	0.495	28094	21070						
	Mavimsi-gri renkli, yer yer karbonat içerikli, çok katı-sert kumlu siltli kil	10.70	135000	0.495	45151	33863						

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**1.92**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**0.99**

EK 44: 3 no.'lu deney kazığının Tomlinson (2008) Yaklaşımı ile oturma hesabı

3 NO.'LU VERİ - TOMLİNSON (2008) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.80
Kazık Uzunluğu (m)	18.00
Birim Çevre Alanı (m²)	2.5133
Nihai Taşıma Gücü (ton)	352.00
Azami Deney Yükü (ton)	182.00

Kazık Tipi		Fore
Çalışma Şekli		Basınç
Qs,ult	3457.36	kN
Qb,ult	0.00	kN
Ip	0.5	

E_p	3250000

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{s0} (kPa)	Poisson Oranı (ν)	Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. E_{s0} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (ν)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
Çevre (Sürtünme)	Kireçtaşı	2.50	405900	0.25	162360	159025	0.4610	56881	76.42	0.21
	Sarımsı-gri renkli, yer yer karbonat içerikli, çok katı-sert kumlu siltli kil	4.80	84000	0.495	28094					
	Yeşil renkli, yer yer karbonat içerikli, katı-çok katı kumlu siltli kil	10.70	135000	0.495	45151					

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**0.21**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**0.11**

EK 45: 3 no.'lu deney kazığının Das (2007) Yaklaşımı ile oturma hesabı

3 NO.'LU VERİ - DAS (2007) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.80
Kazık Uzunluğu (m)	18.00
Birim Çevre Alanı (m²)	2.5133
Nihai Taşıma Gücü (ton)	352.00
Azami Deney Yükü (ton)	182.00

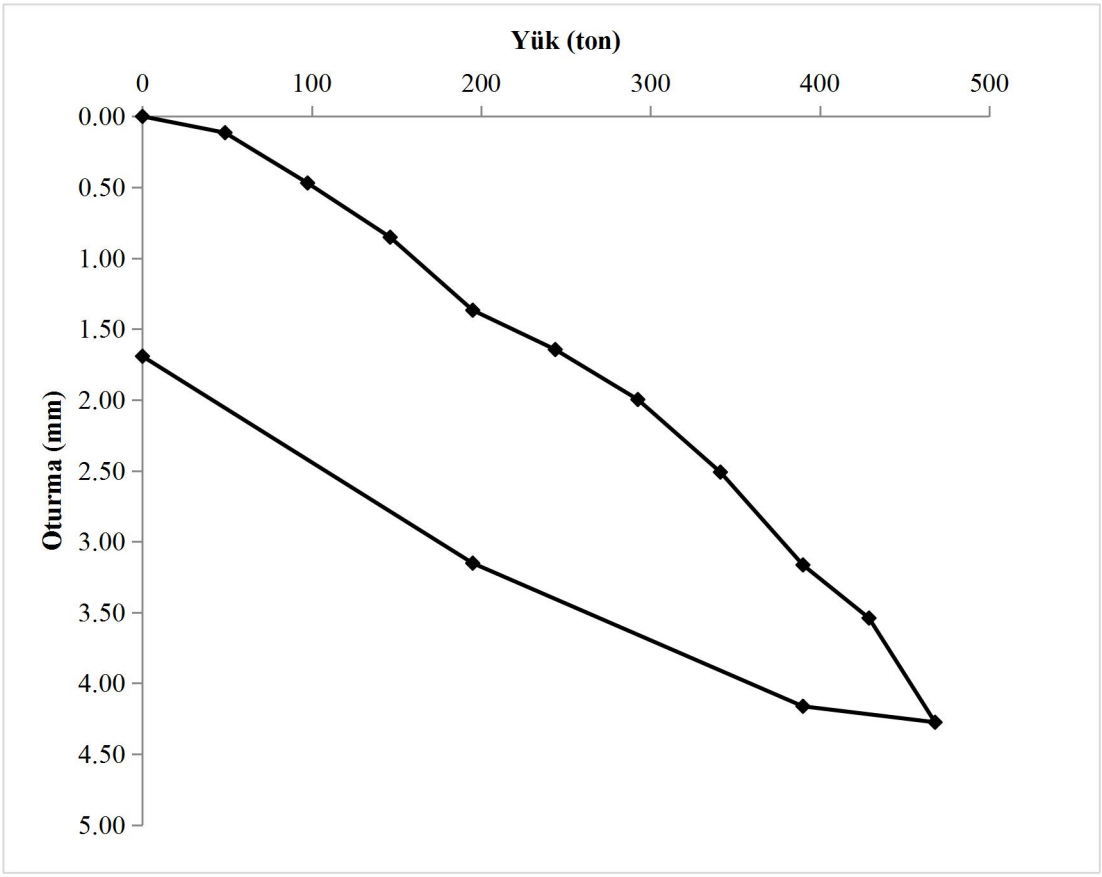
Ep	3250000

Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç
Qs,ult	3457.36 kN
Qb,ult	0.00 kN
Ib	0.85
ξ	0.5
Is	3.660196

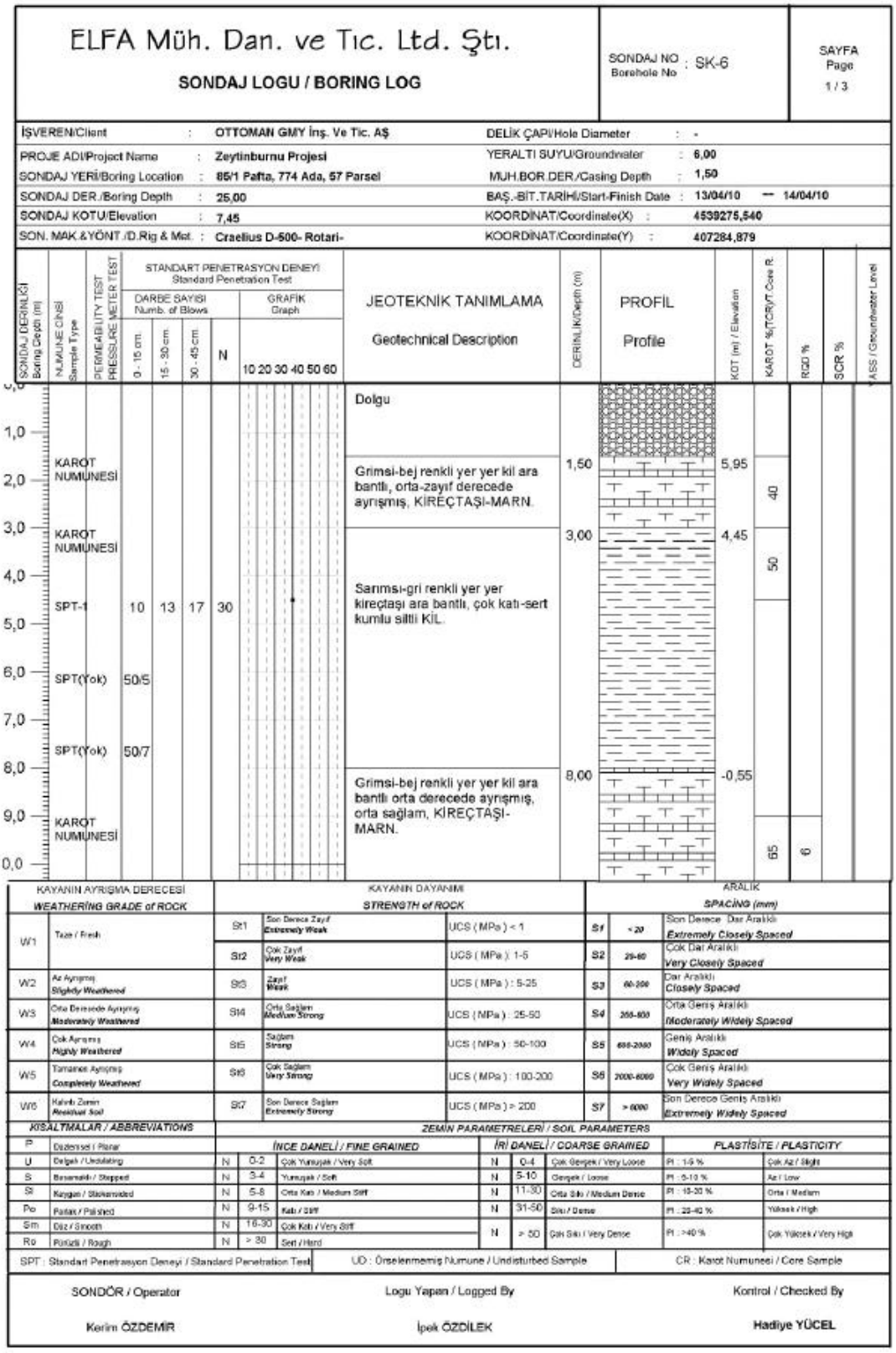
	Tabaka	Kalınlık (m)	Es0 (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. Es0 (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Δ_p (mm)	Δ_b (mm)	Δ_s (mm)
Çevre (Sürtünme)	Kireçtaşı	16.00	387600	0.25	155040	544711	0.4521	102381.2114	76.42	19.05	0.00	4.93
	Sarımsı-gri renkli, yer yer karbonat içerikli, çok katı-sert kumlu siltli kil	4.80	84000	0.495	28094							
	Yeşil renkli, yer yer karbonat içerikli, katı-çok katı kumlu siltli kil	20.00	160000	0.495	53512							

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**19.05**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**9.85**

EK 46: 4 no.'lu deney kazığı yük oturma grafiği



EK 47: 4 no.'lu deney kazığı sondaj logu



ELFA Müh. Dan. ve Tıc. Ltd. Şti.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : SK-6

SAYFA / Page 1 / 3

İŞVEREN/Client	: OTTOMAN GMY İnş. Ve Tic. A$	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	: -
PROJE ADI/Project Name	: Zeytinburnu Projesi	YERALTI SUYU/Groundwater	: 6,00
SONDAJ YERİ/Boring Location	: 85/1 Pafta, 774 Ada, 57 Parsel	MUH.BOR.DER./Casing Depth	: 1,50
SONDAJ DER./Boring Depth	: 25,00	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	: 13/04/10 — 14/04/10
SONDAJ KOTU/Elevation	: 7,45	KOORDİNAT/Coordinate(X)	: 4539275,540
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: Craelius D-500- Rotari-	KOORDİNAT/Coordinate(Y)	: 407284,879

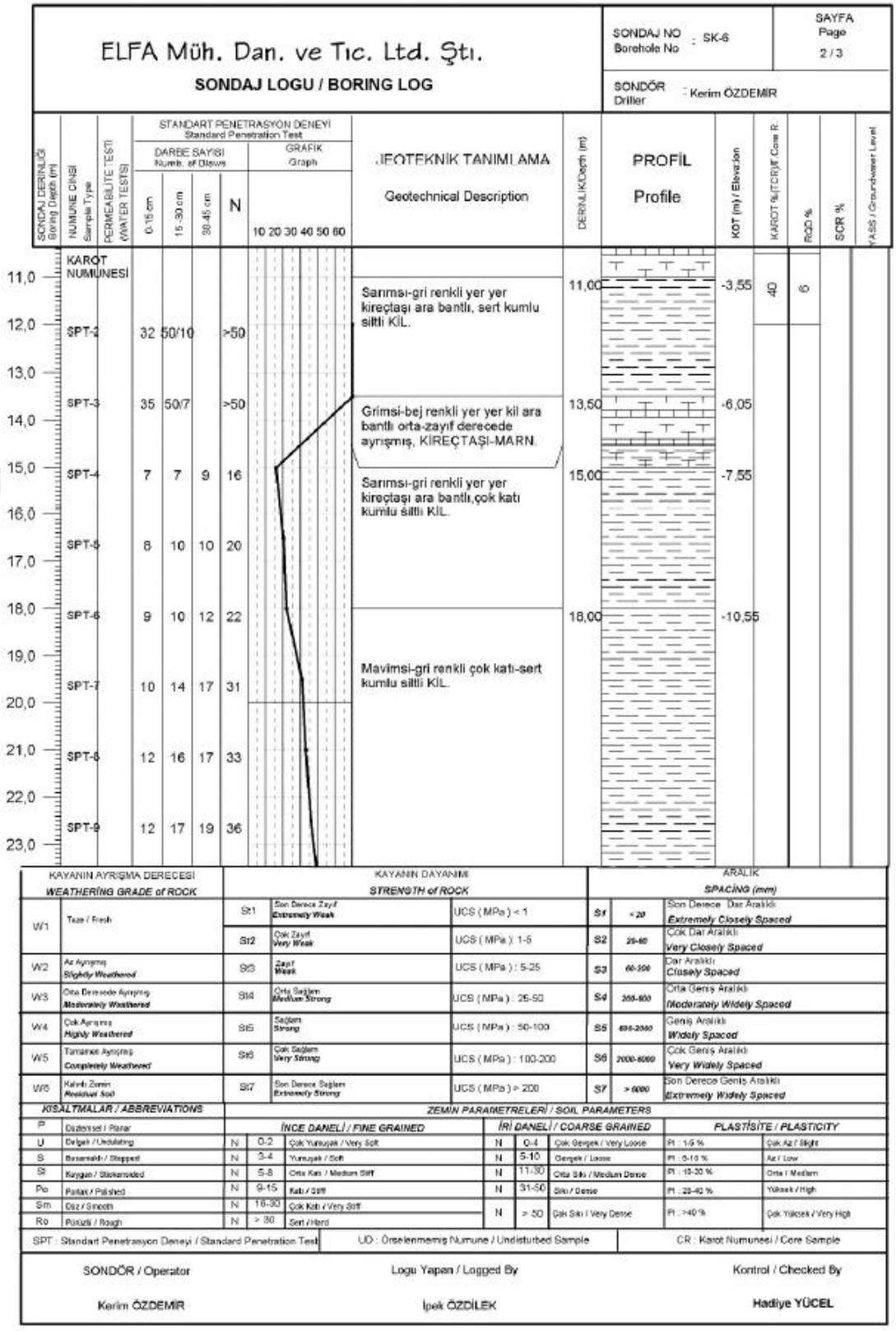
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	PERMEABILITY TEST PRESSUREMETER TEST	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test: DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT %(TCR)/T.Core R.	RQD %	SCR %	YASS / Groundwater Level
1,0								Dolgu							
2,0	KAROT NUMUNESİ							Grimsi-bej renkli yer yer kil ara bantlı, orta-zayıf derecede ayrışmış, KİREÇTAŞI-MARN.	1,50		5,95	40			
3,0	KAROT NUMUNESİ								3,00		4,45	50			
4,0	SPT-1		10	13	17	30		Sarımsı-gri renkli yer yer kireçtaşı ara bantlı, çok katı-sert kumlu silttli KİL.							
5,0															
6,0	SPT(Yok)		50/5												
7,0															
8,0	SPT(Yok)		50/7												
9,0								Grimsi-bej renkli yer yer kil ara bantlı orta derecede ayrışmış, orta sağlam, KİREÇTAŞI-MARN.	8,00		-0,55				
10,0	KAROT NUMUNESİ											65	6		

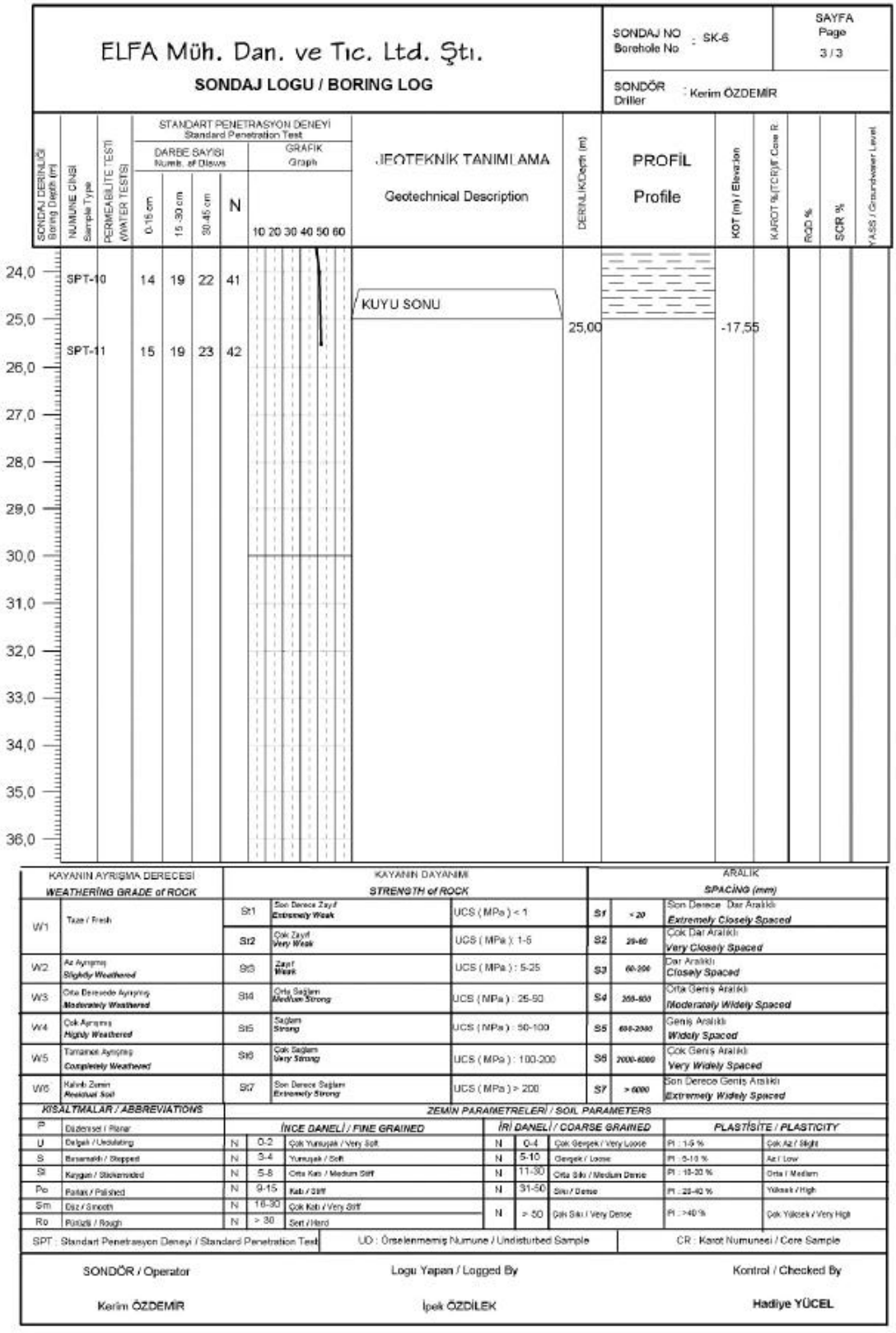
KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING GRADE of ROCK		KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK			ARALIK / SPACING (mm)		
W1	Taze / Fresh	St1	Son Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
		St2	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa): 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered	St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa): 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered	St4	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa): 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered	St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa): 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered	St6	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa): 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil	St7	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS		ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS							
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
P	Düzensiz / Planar								
U	Dalgalı / Undulating	N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1-5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / Stepped	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI : 5-10 %	Az / Low
Sl	Kaygan / Slickensided	N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10-20 %	Orta / Medium
Po	Pürüzlü / Polished	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI : 20-40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / Smooth	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : >40 %	Çok Yüksek / Very High
Ro	Pürüzlü / Rough	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek ÖZDİLEK	Hadiye YÜCEL


ELFA Müh. Dan. ve Tic. Ltd. Şti.
SONDAJ LOGU / BORING LOG
SONDAJ NO Borehole No : SK-6
SAYFA Page 2 / 3
SONDÖR Driller : Kerim ÖZDEMİR
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)
NUMUNE CİNSİ Sample Type
PERMEABİLİTE TESTİ (WATER TESTS)
STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test
DARBE SAYISI Numb. of Blows
0-15 cm
15 -30 cm
30-45 cm
N
GRAFİK Graph
10 20 30 40 50 60
JEOTEKNİK TANIMLAMA
Geotechnical Description
DERİNLİK Depth (m)
PROFİL
Profile
KOT (m) / Elevation
KAROT %(TCR)/ Core R.
RQD %
SCR %
YASS / Groundwater Level
KAROT NUMUNESİ
SPT-2 32 50/10 >50
SPT-3 35 50/7 >50
SPT-4 7 7 9 16
SPT-5 8 10 10 20
SPT-6 9 10 12 22
SPT-7 10 14 17 31
SPT-8 12 16 17 33
SPT-9 12 17 19 36
11,0
12,0
13,0
14,0
15,0
16,0
17,0
18,0
19,0
20,0
21,0
22,0
23,0
Sarımsı-gri renkli yer yer kireçtaşı ara bantlı, sert kumlu siltli KİL.
11,00
-3,55
40
6
Grimsi-bej renkli yer yer kil ara bantlı orta-zayıf derecede ayrışmış, KİREÇTAŞI-MARN.
13,50
-6,05
Sarımsı-gri renkli yer yer kireçtaşı ara bantlı,çok katı kumlu siltli KİL.
15,00
-7,55
Mavimsi-gri renkli çok katı-sert kumlu siltli KİL.
18,00
-10,55
KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ
WEATHERİNG GRADE of ROCK
W1 Taze / Fresh
W2 Az Ayrışmış / Slightly Weathered
W3 Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered
W4 Çok Ayrışmış / Highly Weathered
W5 Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered
W6 Kalıntı Zemin / Residual Soil
KAYANIN DAYANIMI
STRENGTH of ROCK
S1 Son Derece Zayıf / Extremely Weak UCS (MPa) < 1
S2 Çok Zayıf / Very Weak UCS (MPa) : 1-5
S3 Zayıf / Weak UCS (MPa) : 5-25
S4 Orta Sağlam / Medium Strong UCS (MPa) : 25-50
S5 Sağlam / Strong UCS (MPa) : 50-100
S6 Çok Sağlam / Very Strong UCS (MPa) : 100-200
S7 Son Derece Sağlam / Extremely Strong UCS (MPa) > 200
ARALIK
SPACİNG (mm)
S1 < 20 Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
S2 20-60 Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
S3 60-200 Dar Aralıklı / Closely Spaced
S4 200-600 Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
S5 600-2000 Geniş Aralıklı / Widely Spaced
S6 2000-6000 Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
S7 > 6000 Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced
KISALTMALAR / ABBREVIATIONS
P Düzlemsel / Planar
U Dalgalı / Undulating
S Basamaklı / Stepped
Sl Kaygan / Slickensided
Po Pürüzlü / Polished
Sm Düz / Smooth
Ro Pürüzlü / Rough
ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS
İNCE DANELİ / FINE GRAINED
N 0-2 Çok Yumuşak / Very Soft
N 3-4 Yumuşak / Soft
N 5-8 Orta Katı / Medium Stiff
N 9-15 Katı / Stiff
N 16-30 Çok Katı / Very Stiff
N > 30 Sert / Hard
İRİ DANELİ / COARSE GRAINED
N 0-4 Çok Gevşek / Very Loose
N 5-10 Gevşek / Loose
N 11-30 Orta Sıkı / Medium Dense
N 31-50 Sıkı / Dense
N > 50 Çok Sıkı / Very Dense
PLASTİSİTE / PLASTICITY
PI : 1-5 % Çok Az / Slight
PI : 5-10 % Az / Low
PI : 10-20 % Orta / Medium
PI : 20-40 % Yüksek / High
PI : >40 % Çok Yüksek / Very High
SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test
UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample
CR : Karot Numunesi / Core Sample
SONDÖR / Operator
Kerim ÖZDEMİR
Logu Yapan / Logged By
İpek ÖZDİLEK
Kontrol / Checked By
Hadiye YÜCEL



ELFA Müh. Dan. ve Tıc. Ltd. Şti.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : SK-6

SAYFA / Page 3 / 3

SONDÖR / Driller : Kerim ÖZDEMİR

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	PERMEABİLİTE TESTİ (WATER TESTS)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test – DARBE SAYISI Numb. of Blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK Depth (m)	PROFİL Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT % (TCR) / Core R.	RQD %	SCR %	YASS / Groundwater Level
24,0	SPT-10		14	19	22	41		KUYU SONU	25,00		-17,55				
25,0															
26,0	SPT-11		15	19	23	42									
27,0															
28,0															
29,0															
30,0															
31,0															
32,0															
33,0															
34,0															
35,0															
36,0															

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ *WEATHERING GRADE of ROCK*		KAYANIN DAYANIMI *STRENGTH of ROCK*			ARALIK *SPACING (mm)*		
W1	Taze / Fresh	St1	Son Derece Zayıf *Extremely Weak*	UCS (MPa) < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı *Extremely Closely Spaced*
		St2	Çok Zayıf *Very Weak*	UCS (MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı *Very Closely Spaced*
W2	Az Ayrışmış *Slightly Weathered*	St3	Zayıf *Weak*	UCS (MPa) : 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı *Closely Spaced*
W3	Orta Derecede Ayrışmış *Moderately Weathered*	St4	Orta Sağlam *Medium Strong*	UCS (MPa) : 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı *Moderately Widely Spaced*
W4	Çok Ayrışmış *Highly Weathered*	St5	Sağlam *Strong*	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı *Widely Spaced*
W5	Tamamen Ayrışmış *Completely Weathered*	St6	Çok Sağlam *Very Strong*	UCS (MPa) : 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı *Very Widely Spaced*
W6	Kalıntı Zemin *Residual Soil*	St7	Son Derece Sağlam *Extremely Strong*	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı *Extremely Widely Spaced*

KISALTMALAR / *ABBREVIATIONS*		ZEMİN PARAMETRELERİ / *SOIL PARAMETERS*							
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			*İRİ DANELİ / COARSE GRAINED*			*PLASTİSİTE / PLASTICITY*	
P	Düzlemsel / Planar								
U	Dalgalı / Undulating	N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1-5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / Stepped	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI : 5-10 %	Az / Low
SI	Kavisli / Slickensided	N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10-20 %	Orta / Medium
Po	Parlak / Polished	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI : 20-40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / Smooth	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : >40 %	Çok Yüksek / Very High
Ro	Pürüzlü / Rough	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek ÖZDİLEK	Hadiye YÜCEL

EK 48: 4 no.'lu deney kazığı Decourt (1995) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

4 NO.'LU DENEY KAZIĞI | DECOURT (1995) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	20.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	N(60)	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Kireçtaşı	8.00	3.86	42.75	-	-	3015.93	3015.93
	Sarımsı-gri Çok Katı Kumlu Siltli Kil	3.00	-	-	18	13	437.31	3453.24
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	9.00	-	-	34	25	2261.95	5715.19

	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	N(60)	Uç Taşıma Gücü (kN)
Uç Direnci	Kil	0.7854	-	-	34	25	1570.80

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**742**

EK 49: 1 no.'lu deney kazığı Bazaara ve Kurkur (1986) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

4 NO.'LU DENEY KAZIĞI | BAZAARA VE KURKUR (1986) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	20.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Kireçtaşı	8.00	3.86	42.75	-	3015.93	3015.93
	Sarımsı-gri Çok Katı Kumlu Siltli Kil	3.00	-	-	18	339.29	3355.22
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	9.00	-	-	34	1922.65	5277.88

	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Uç Taşıma Gücü (kN)
Uç Direnci	Kil	0.7854	-	-	34	1602.21

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**701**

EK 50: 4 no.'lu deney kazığı O'Neil ve Reese (1999) yöntemine göre taşıma gücü hesabı

4 NO.'LU DENEY KAZIĞI | O'NEIL VE REESE (1999) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	20.00
Birim Çevre Alanı (m^2)	3.1416
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	α	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Ayrş. Kireçtaşı	8.00	3.86	42.75	-	-	-	3015.93	3015.93
	Sarımsı-gri Çok Katı Kumlu Siltli Kil	3.00	-	-	18	78	0.550	404.32	3420.25
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	9.00	-	-	34	147	0.550	2285.98	5706.23

	Birim	Alan (m^2)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	Uç Taşıma Gücü (kN)
Uç Direnci	Kil	0.7854	-	-	34	147	634.68

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**646**

EK 51: 4 no.'lu deney kazığı Kulhawy ve Jackson (1989) yöntemine göre taşıma gücü hesabı

4 NO.'LU DENEY KAZIĞI | KULHAWY VE JACKSON (1986) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

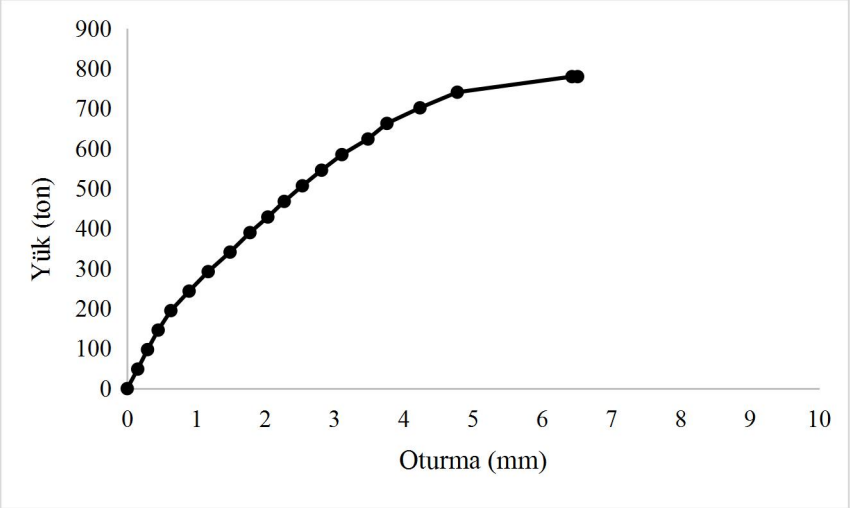
Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	20.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	α	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Kireçtaşı	8.00	3.86	42.75	-	-	-	3015.93	3015.93
	Sarımsı-gri Çok Katı Kumlu Siltli Kil	3.00	-	-	18	78	0.53	393.06	3408.99
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	9.00	-	-	34	147	0.38	1588.88	4997.87

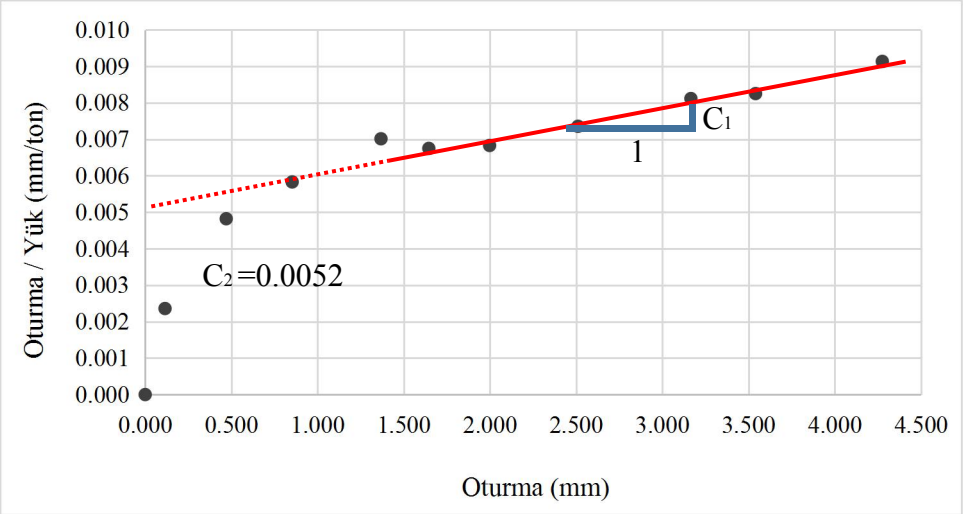
	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	Uç Taşıma Gücü (kN)
Uç Direnci	Kil	0.7854	-	-	34.00	147	634.68

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**574**

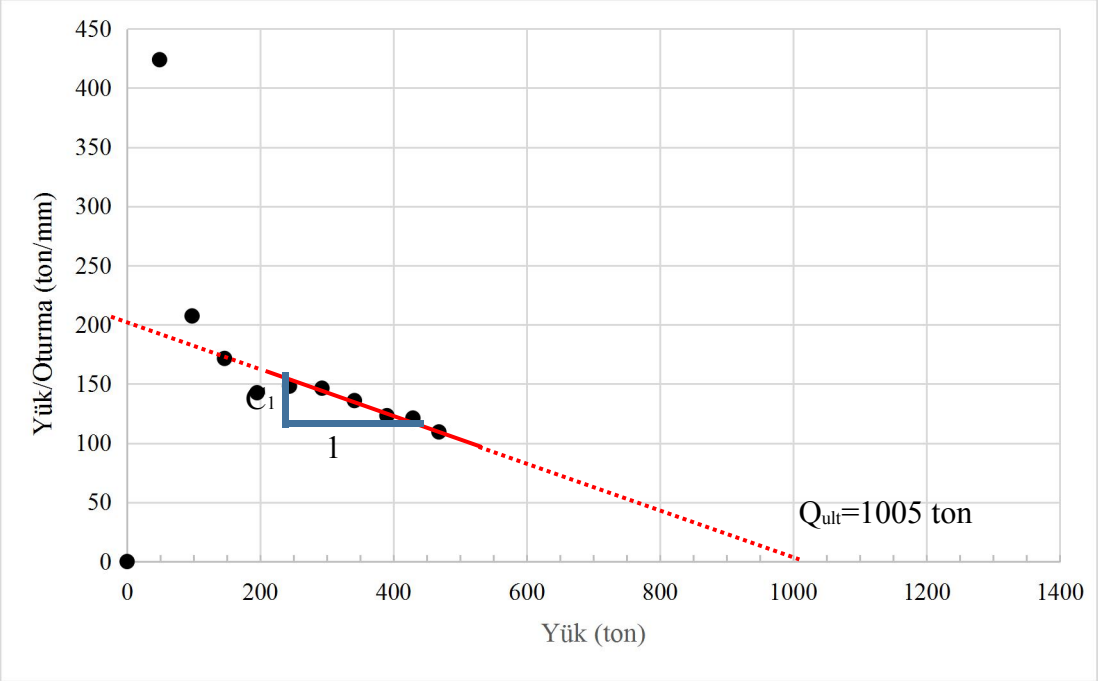
EK 52: 4 no.'lu deney kazığının sonlu eleman yöntemine göre yük-oturma grafiği



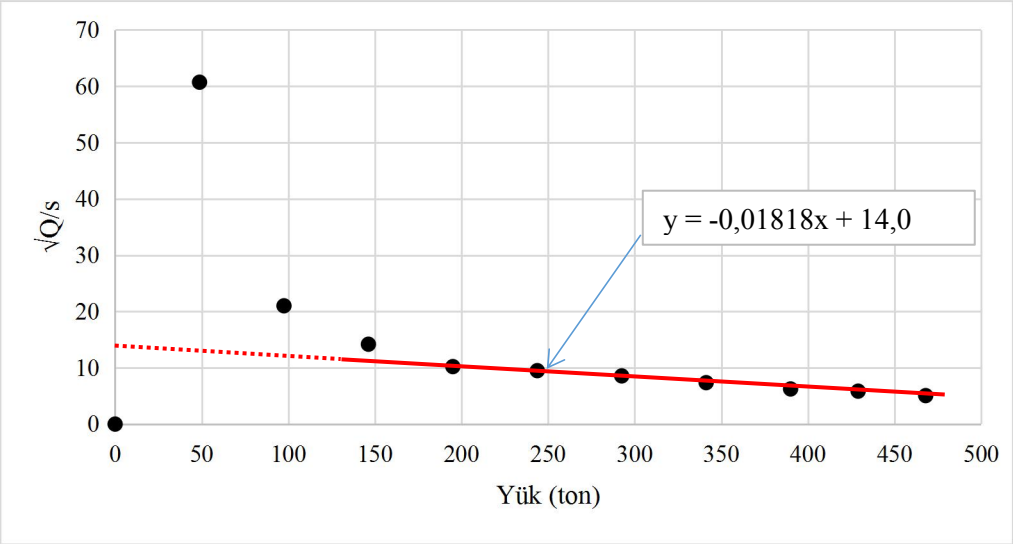
EK 53: 4 no.'lu deney kazığında Chin-Kondner (1970) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



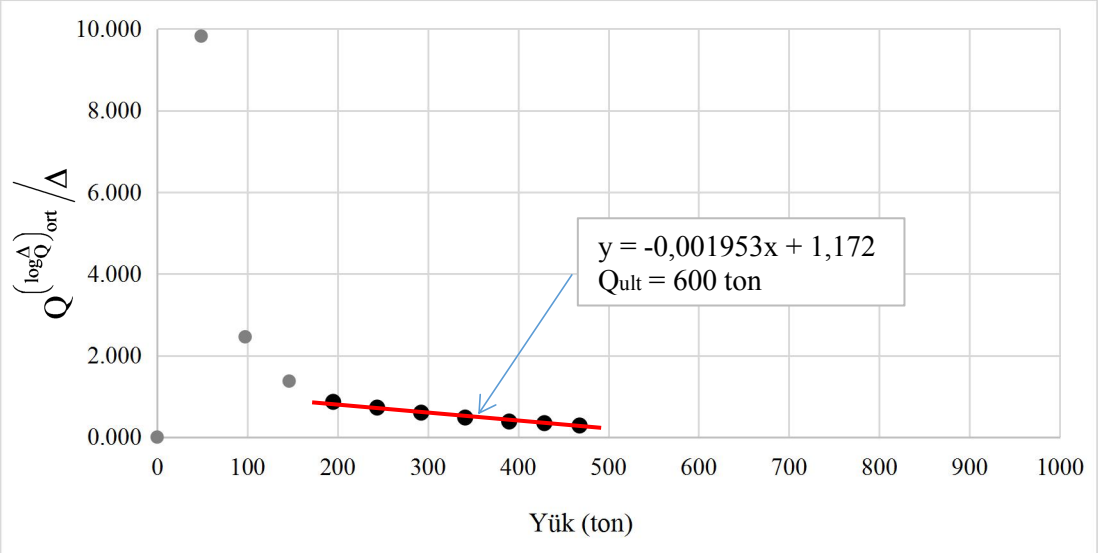
EK 54: 4 no.'lu deney kazığında Decourt (1999) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 55: 4 no.'lu deney kazığında Özkan-Alku (2006) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 56: 4 no.'lu deney kazığında önerilen yöntem ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 57: 4 no.'lu deney kazığının Poulus ve Davis (1980) Doğrusal Elastik Ortam Yaklaşımı ile oturma hesabı

4 NO.'LU VERİ - POULUS VE DAVIS (1980) DOĞRUSAL ELASTİK ORTAM YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri			
Kazık Çapı (m)	1.00	Kazık Tipi	Fore
Kazık Uzunluğu (m)	20.00	Çalışma Şekli	Çekme
Birim Çevre Alanı (m^2)	3.1416		
Nihai Taşıma Gücü (ton)	742		
Azami Deney Yükü (ton)	468		

Ep	3250000
Es	247850
Eb	147000
L/d	20
d	1
K	13.113
vs	0.3970

β_0	0.05
C_K	0.1
Cb	1
C_V	0.8
β	0.0040

I_0	0.09
R_K	3
Rb	1
R_V	0.98
I	0.2646

Qs,ult	5715.19 kN
Qb,ult	1570.80 kN

Çevre Oturması : 6.13 mm Uç Oturması : 419.24 mm

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**425.36**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**268.29**

EK 58: 4 no.'lu deney kazığının Scott (1981) Yay Modeli ile oturma hesabı

4 NO.'LU VERİ - SCOTT (1981) YAY MODELİ İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	20.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Nihai Taşıma Gücü (ton)	742
Azami Deney Yükü (ton)	468

Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç
Qs,ult	5715.19 kN
Qb,ult	1570.8 kN

E_p	3250000

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{50} (kPa)	Poisson Oranı (ν)	Kayma Modülü (kPa)	Yay Katsayısı (kN/m³)	Ağr. Ort. E_{50} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (ν)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. Yay Katsayısı (kN/m³)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
Çevre (Sürtünme)	Kireçtaşı	8.00	425000	0.25	170000	85000	247850	0.3970	94037	53528	90.96	1.70
	Sarımsı-gri renkli, yer yer kireçtaşı ara bantlı, çok katı kumlu siltli kil	3.00	78000	0.495	26087	19565						
	Mavimsi-gri renkli, çok katı-sert, kumlu siltli kil	9.00	147000	0.495	49164	36873						

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**1.70**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**1.07**

EK 59: 4 no.'lu deney kazığının Tomlinson (2008) Yaklaşımı ile oturma hesabı

4 NO.'LU VERİ - TOMLİNSON (2008) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	20.00
Birim Çevre Alanı (m^2)	3.1416
Nihai Taşıma Gücü (ton)	742.00
Azami Deney Yükü (ton)	468.00

Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç
Qs,ult	5715.19 kN
Qb,ult	1570.80 kN
Ip	0.5

E_p	3250000

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{50} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. E_{50} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
Çevre (Sürtünme)	Kireçtaşı	8.00	425000	0.25	170000	247850	0.3970	94037	90.96	4.93
	Sarımsı-gri renkli, yer yer karbonat içerikli, çok katı-sert kumlu siltli kil	3.00	78000	0.495	26087					
	Yeşil renkli, yer yer karbonat içerikli, katı-çok katı kumlu siltli kil	9.00	147000	0.495	49164					

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**4.93**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**3.11**

EK 60: 4 no.'lu deney kazığının Das (2007) Yaklaşımı ile oturma hesabı

4 NO.'LU VERİ - DAS (2007) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	20.00
Birim Çevre Alanı (m^2)	3.1416
Nihai Taşıma Gücü (ton)	742.00
Azami Deney Yükü (ton)	468.00

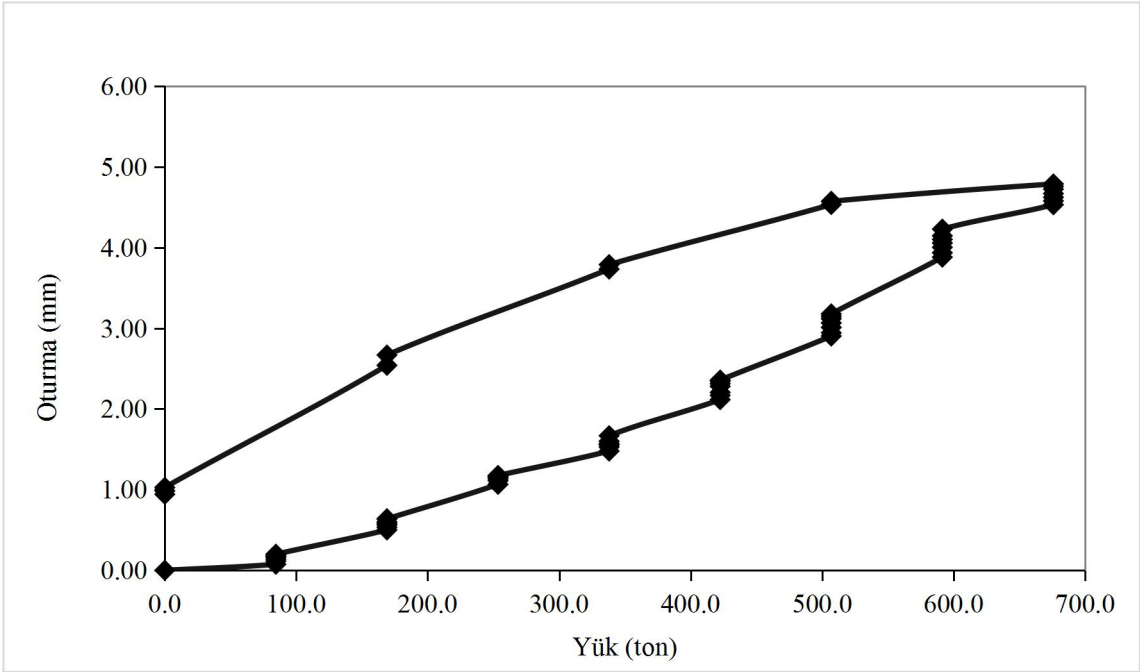
E_p	3250000

Kazık Tipi		Fore
Çalışma Şekli		Basınç
$Q_{s,ult}$	5715.19	kN
$Q_{b,ult}$	1570.80	kN
I_b	0.85	
ξ	0.5	
I_s	3.565248	

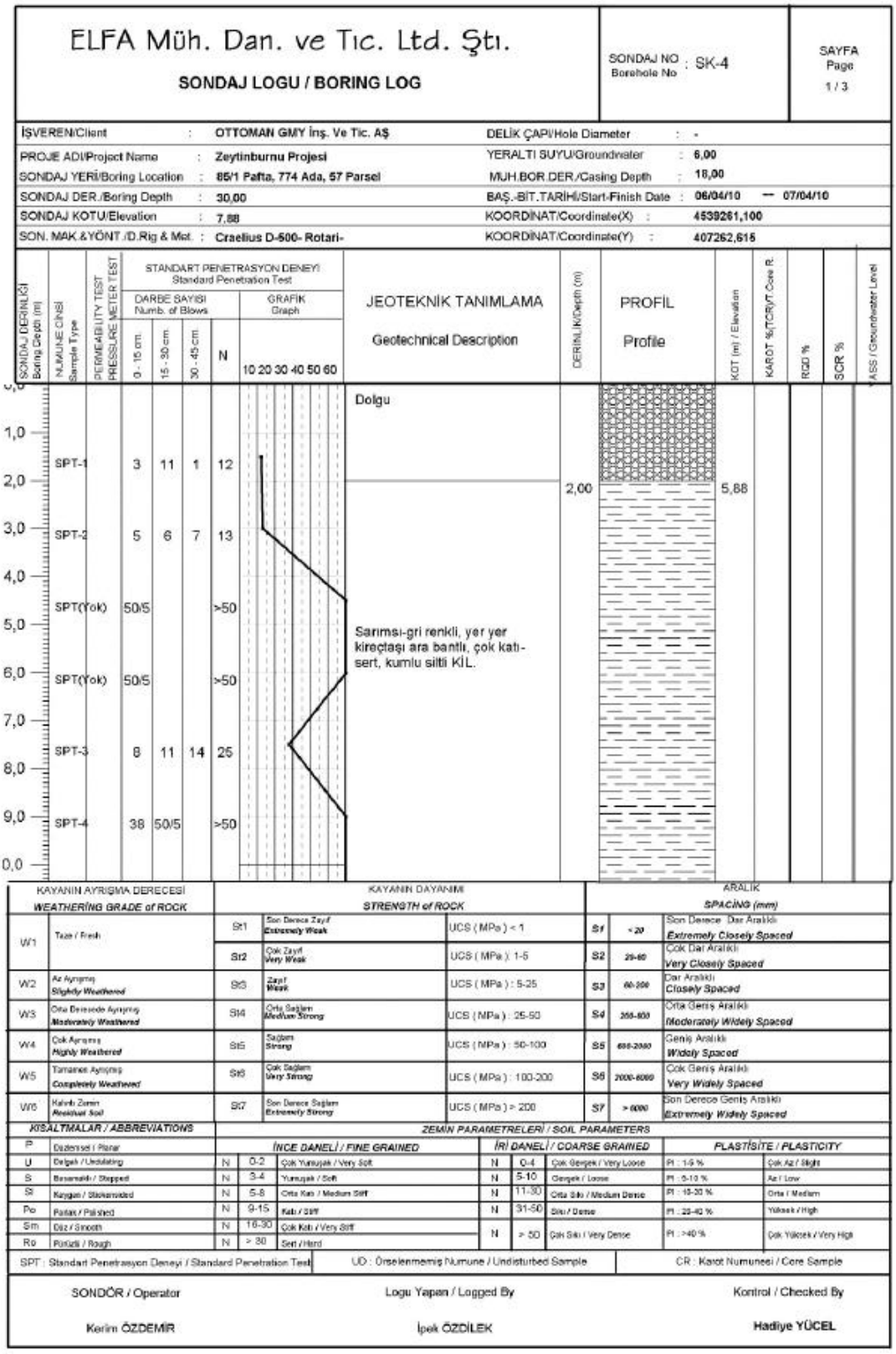
	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{s0} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. E_{s0} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	δ_p (mm)	δ_b (mm)	δ_s (mm)
Çevre (Sürtünme)	Kireçtaşı	8.00	387600	0.25	155040	238740	0.3970	90009.31104	90.96	34.70	0.39	6.72
	Sarımsı-gri renkli, yer yer karbonat içerikli, çok katı-sert kumlu siltli kil	3.00	78000	0.495	26087							
	Yeşil renkli, yer yer karbonat içerikli, katı-çok katı kumlu siltli kil	9.00	160000	0.495	53512							

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**34.70**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**21.88**

EK 61: 5 no.'lu deney kazığı yük oturma grafiği



EK 62: 5 no.'lu deney kazığı sondaj logu



ELFA Müh. Dan. ve Tıc. Ltd. Şti.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : SK-4

SAYFA / Page 1 / 3

İŞVEREN/Client	: OTTOMAN GMY İnş. Ve Tic. AŞ	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	: -
PROJE ADI/Project Name	: Zeytinburnu Projesi	YERALTI SUYU/Groundwater	: 6,00
SONDAJ YERİ/Boring Location	: 85/1 Pafta, 774 Ada, 57 Parsel	MUH.BOR.DER./Casing Depth	: 18,00
SONDAJ DER./Boring Depth	: 30,00	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	: 06/04/10 — 07/04/10
SONDAJ KOTU/Elevation	: 7,88	KOORDİNAT/Coordinate(X)	: 4539261,100
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: Craelius D-500- Rotari-	KOORDİNAT/Coordinate(Y)	: 407262,615

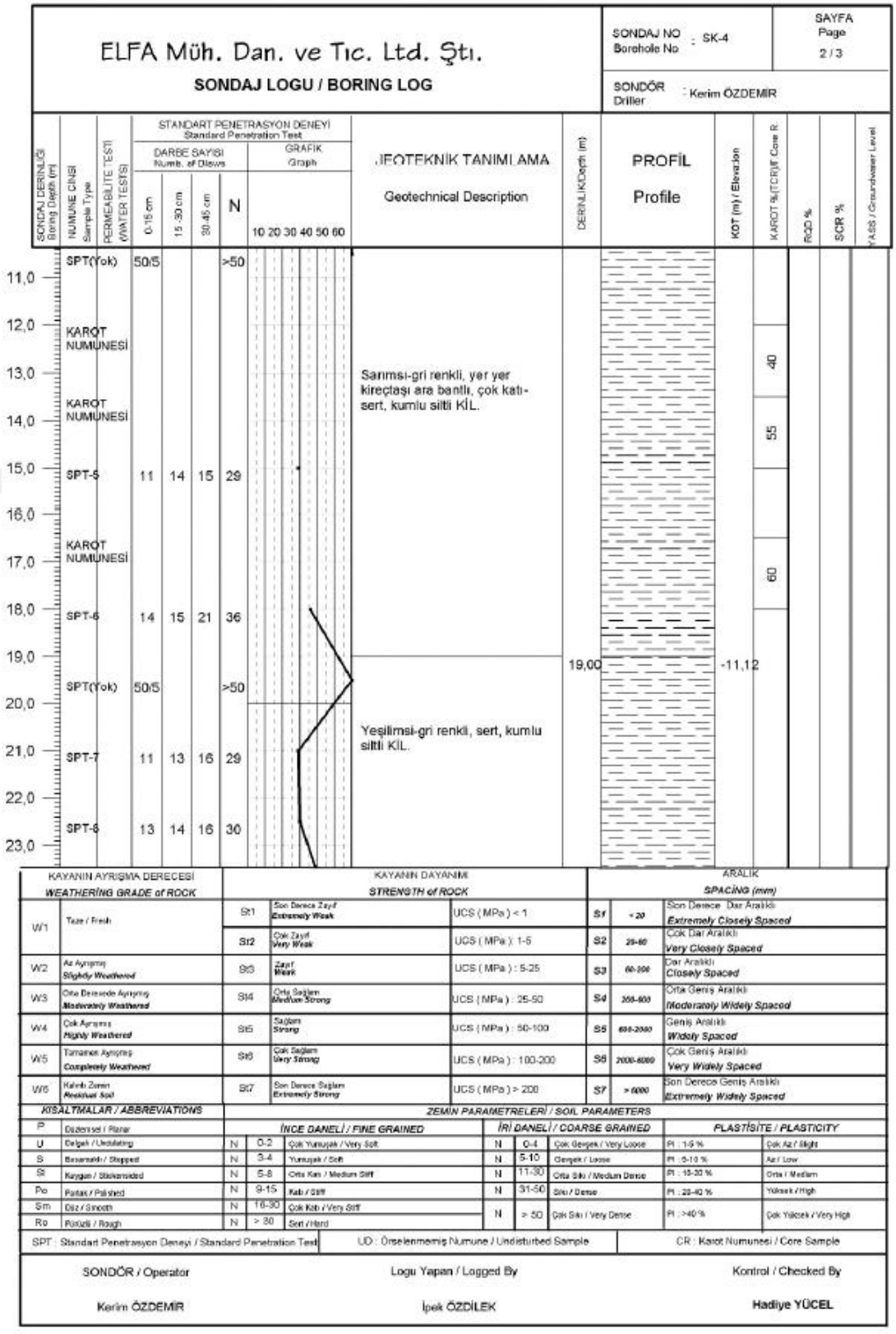
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	PERMEABILITY TEST PRESSUREMETER TEST	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test — DARBE SAYISI Numb. of Blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT %/TCR/RT.Core R.	RQD %	SCR %	ASS./Groundwater Level
1,0								Dolgu							
2,0	SPT-1		3	11	1	12			2,00		5,88				
3,0	SPT-2		5	6	7	13									
4,0	SPT(Yok)		50/5			>50									
5,0								Sarımsı-gri renkli, yer yer kireçtaşı ara bantlı, çok katı-sert, kumlu silti KİL.							
6,0	SPT(Yok)		50/5			>50									
7,0															
8,0	SPT-3		8	11	14	25									
9,0	SPT-4		38	50/5		>50									
10,0															

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERİNG GRADE of ROCK		KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK			ARALIK / SPACİNG (mm)		
W1	Taze / Fresh	St1	Son Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
		St2	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered	St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) : 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered	St4	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa) : 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered	St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered	St6	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa) : 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil	St7	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS		ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS							
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
P	Düzlemsel / Planar								
U	Dalgalı / Undulating	N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1-5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / Stepped	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI : 5-10 %	Az / Low
Sl	Kaygan / Slickensided	N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10-20 %	Orta / Medium
Po	Pürüzlü / Polished	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI : 20-40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / Smooth	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : >40 %	Çok Yüksek / Very High
Ro	Pürüzlü / Rough	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test — UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample — CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek ÖZDİLEK	Hadiye YÜCEL



ELFA Müh. Dan. ve Tıc. Ltd. Şti.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : SK-4

SAYFA / Page 2 / 3

SONDÖR / Driller : Kerim ÖZDEMİR

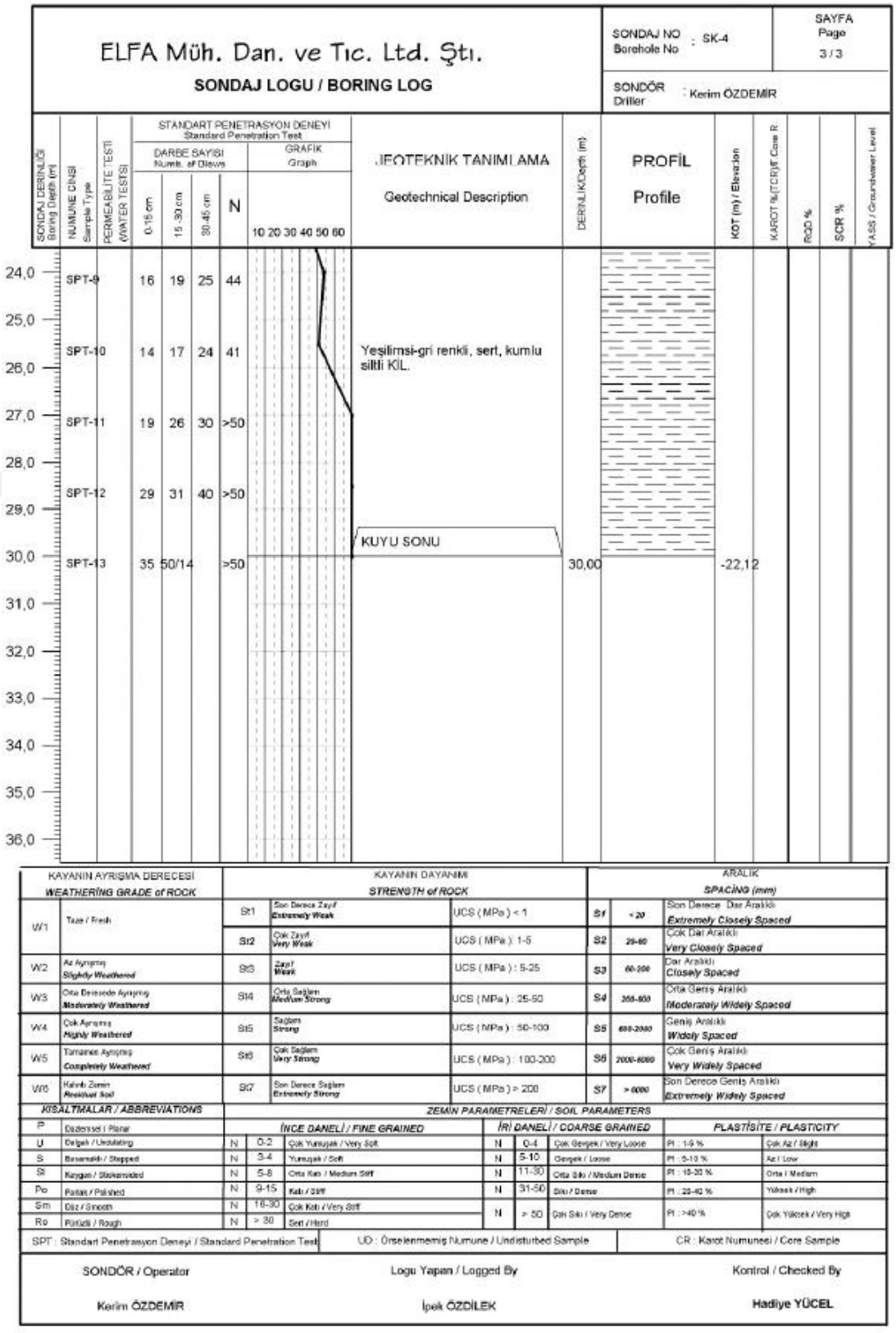
SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ / Sample Type	PERMEABİLİTE TESTİ / WATER TESTİ	STANDART PENETRASYON DENEYİ / Standard Penetration Test: DARBE SAYISI / Numb. of Blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK / Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA / Geotechnical Description	DERİNLİK / Depth (m)	PROFİL / Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT % / TCR % / Core R.	RQD %	SCR %	YASS. / Groundwater Level
11,0	SPT(Yok)		50/5			>50									
12,0	KAROT NUMUNESİ														
13,0								Sarımsı-gri renkli, yer yer kireçtaşı ara bantlı, çok katı-sert, kumlu silti KİL.							
14,0	KAROT NUMUNESİ											40			
15,0	SPT-5		11	14	15	29						55			
16,0															
17,0	KAROT NUMUNESİ											60			
18,0	SPT-6		14	15	21	36									
19,0									19,00		-11,12				
20,0	SPT(Yok)		50/5			>50		Yeşilimsi-gri renkli, sert, kumlu silti KİL.							
21,0	SPT-7		11	13	16	29									
22,0															
23,0	SPT-8		13	14	16	30									

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERİNG GRADE of ROCK		KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK			ARALIK / SPACİNG (mm)		
W1	Taze / Fresh	St1	Son Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
		St2	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered	St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) : 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered	St4	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa) : 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered	St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered	St6	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa) : 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil	St7	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS		ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS							
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
P	Düzensiz / Planar								
U	Dalgalı / Undulating	N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1-5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / Stepped	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI : 5-10 %	Az / Low
Sl	Kaygan / Slickensided	N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10-20 %	Orta / Medium
Po	Pürtük / Polished	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI : 20-40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / Smooth	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : >40 %	Çok Yüksek / Very High
Ro	Pürüzlü / Rough	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek ÖZDİLEK	Hadiye YÜCEL



ELFA Müh. Dan. ve Tıc. Ltd. Şti.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : SK-4

SAYFA / Page 3 / 3

SONDÖR / Driller : Kerim ÖZDEMİR

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	PERMEABİLİTE TESTİ (WATER TESTS)	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test: DARBE SAYISI Numb. of Blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT %/TCR/ Core R.	RQD %	SCR %	YASS / Groundwater Level
24,0	SPT-9		16	19	25	44		Yeşilimsi-gri renkli, sert, kumlu siltli KİL.							
25,0	SPT-10		14	17	24	41									
26,0															
27,0	SPT-11		19	26	30	>50									
28,0															
29,0	SPT-12		29	31	40	>50		KUYU SONU							
30,0	SPT-13		35	50/14		>50			30,00		-22,12				
31,0															
32,0															
33,0															
34,0															
35,0															
36,0															

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ *WEATHERİNG GRADE of ROCK*		KAYANIN DAYANIMI *STRENGTH of ROCK*			ARALIK *SPACİNG (mm)*		
W1	Taze / Fresh	St1	Son Derece Zayıf *Extremely Weak*	UCS (MPa) < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı *Extremely Closely Spaced*
		St2	Çok Zayıf *Very Weak*	UCS (MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı *Very Closely Spaced*
W2	Az Ayrışmış *Slightly Weathered*	St3	Zayıf *Weak*	UCS (MPa) : 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı *Closely Spaced*
W3	Orta Derecede Ayrışmış *Moderately Weathered*	St4	Orta Sağlam *Medium Strong*	UCS (MPa) : 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı *Moderately Widely Spaced*
W4	Çok Ayrışmış *Highly Weathered*	St5	Sağlam *Strong*	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı *Widely Spaced*
W5	Tamamen Ayrışmış *Completely Weathered*	St6	Çok Sağlam *Very Strong*	UCS (MPa) : 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı *Very Widely Spaced*
W6	Kalıntı Zemin *Residual Soil*	St7	Son Derece Sağlam *Extremely Strong*	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı *Extremely Widely Spaced*

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS		ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS							
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
P	Düzensiz / Planar								
U	Dalgalı / Undulating	N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1-5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / Stepped	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI : 5-10 %	Az / Low
SI	Kenetlenmiş / Interlocked	N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10-20 %	Orta / Medium
Po	Pürüzlü / Polished	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI : 20-40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / Smooth	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : >40 %	Çok Yüksek / Very High
Ro	Pürüzlü / Rough	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek ÖZDİLEK	Hadiye YÜCEL

EK 63: 5 no.'lu deney kazığı Decourt (1995) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

5 NO.'LU DENEY KAZIĞI | DECOURT (1995) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	34.00
Birim Çevre Alanı (m² /m)	3.1416
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

Çevre (Sürtünme) Direnci	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	N(60)	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
	Sarımsı Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	7.50	-	-	38	29	2115.86	2115.86
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	26.50	-	-	43	32	8350.20	10466.06

Uç Direnci	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Uç Taşıma Gücü (kN)
	Kil	0.7854	-	-	43	2701.77

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**1342**

EK 64: 5 no.'lu deney kazığı Bazaara ve Kurkur (1986) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

5 NO.'LU DENEY KAZIĞI | BAZAARA VE KURKUR (1986) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	34.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

Çevre (Sürtünme) Direnci	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
	Sarımsı Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	7.50	-	-	38	1790.71	1790.71
	Yeşilmsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	26.50	-	-	43	7159.69	8950.40

Uç Direnci	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Uç Taşıma Gücü (kN)
	Kil	0.7854	-	-	43	2026.33

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**1118**

EK 65: 5 no.'lu deney kazığı O'Neil ve Reese (1999) yöntemine göre taşıma gücü hesabı

5 NO.'LU DENEY KAZIĞI | O'NEIL VE REESE (1999) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	34.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	α	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Sarımsı Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	7.50	-	-	38	164	0.538	2079.32	2079.32
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	26.50	-	-	43	185	0.517	7968.42	10047.74

	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	Uç Taşıma Gücü (kN)
Uç Direnci	Kil	0.7854	-	-	43	135	941.65

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**1120**

EK 66: 5 no.'lu deney kazığı Kulhawy ve Jackson (1989) yöntemine göre taşıma gücü hesabı

5 NO.'LU DENEY KAZIĞI | KULHAWY VE JACKSON (1984) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

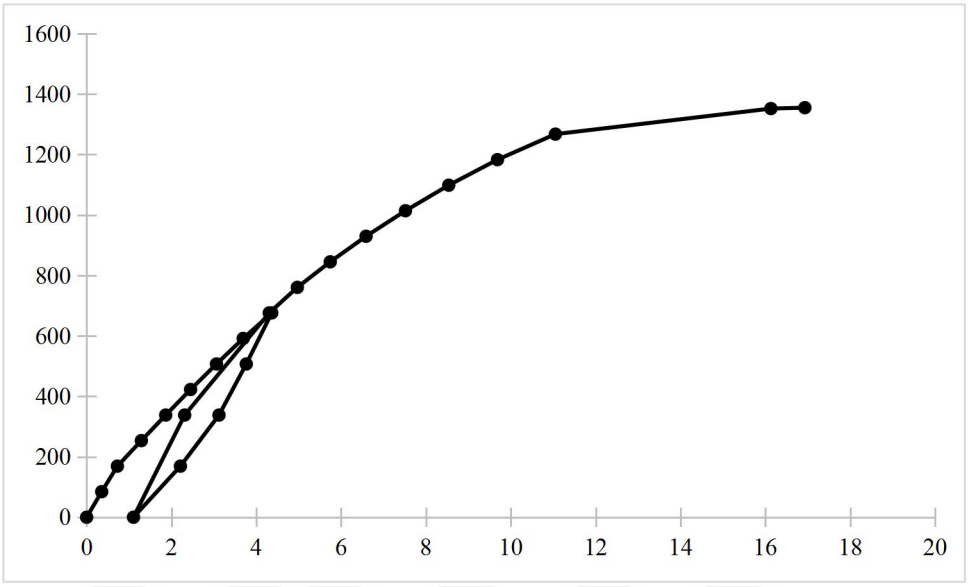
Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	34.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	α	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Sarımsı Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	7.50	-	-	38	164	0.36	1408.18	1408.18
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	26.50	-	-	43	185	0.35	5342.71	6750.89

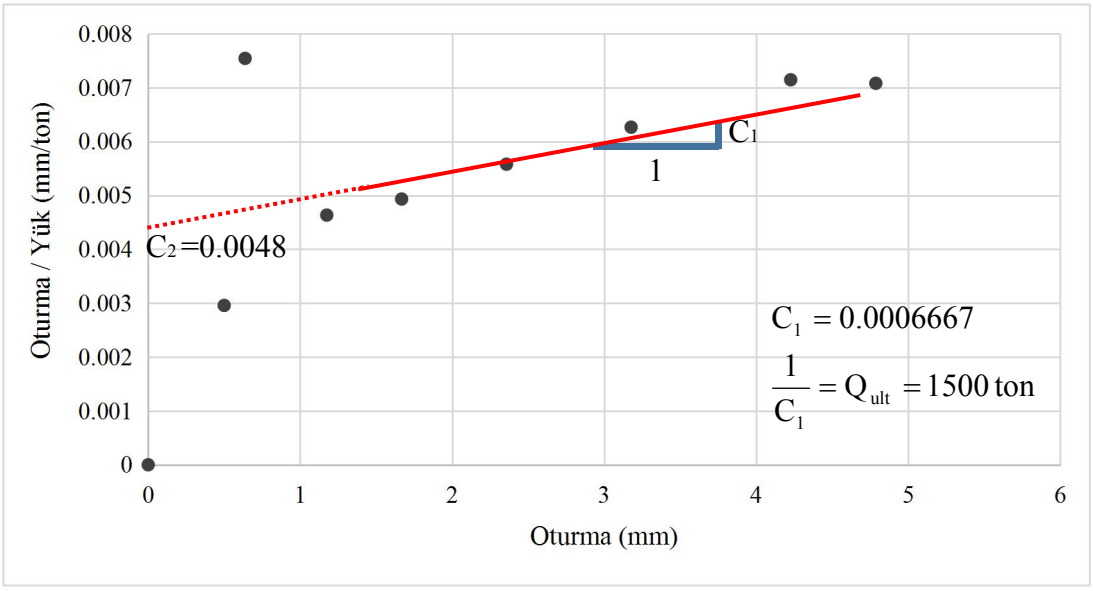
	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	Uç Taşıma Gücü (kN)
Uç Direnci	Kil	0.7854	-	-	43	135	998.37

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**789**

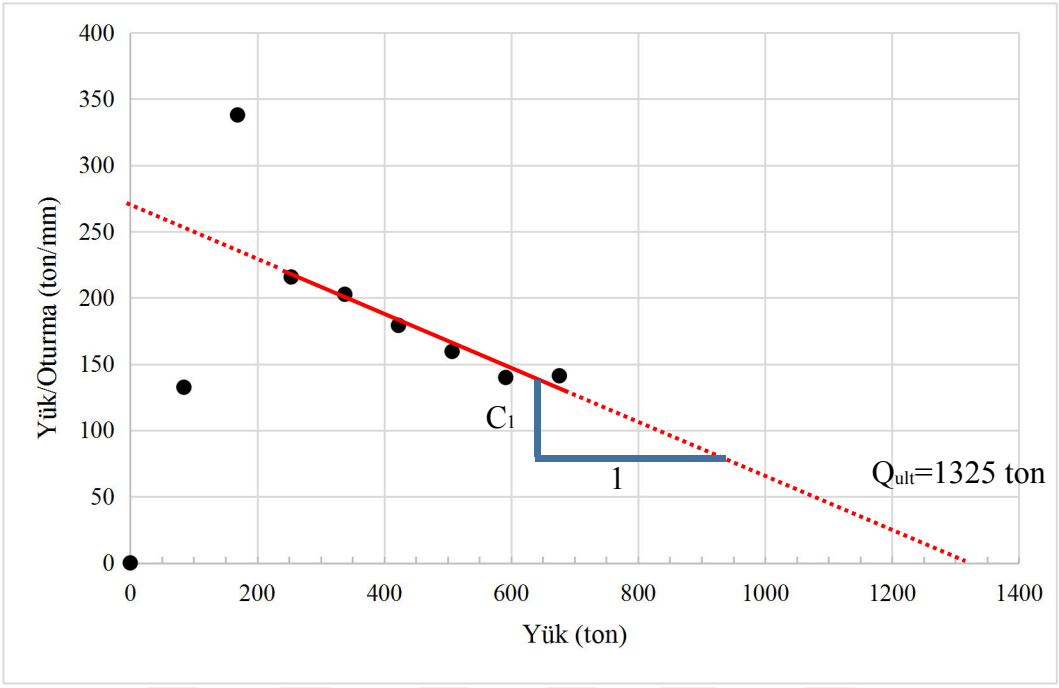
EK 67: 5 no.'lu deney kazığının sonlu eleman yöntemine göre yük-oturma grafiği



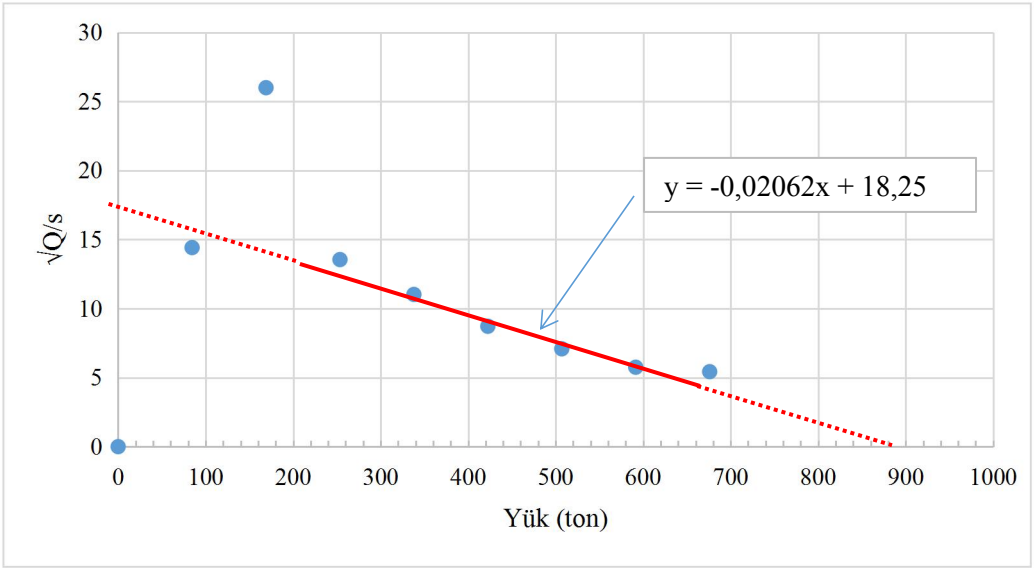
EK 68: 5 no.'lu deney kazığında Chin-Kondner (1970) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



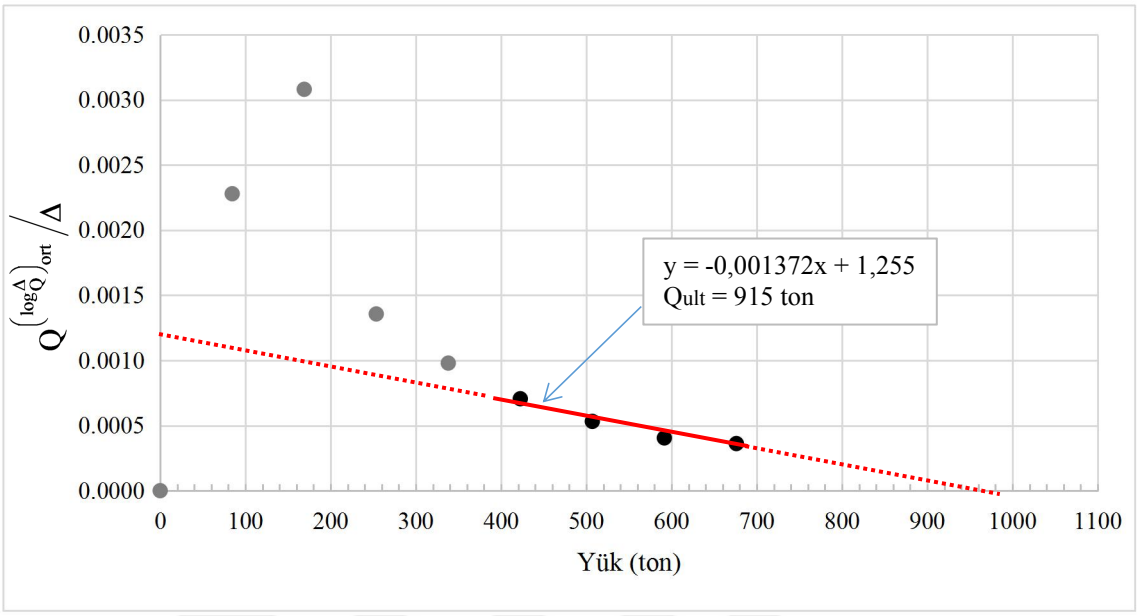
EK 69: 5 no.'lu deney kazığında Decourt (1999) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 70: 5 no.'lu deney kazığında Özkan-Alku (2006) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 71: 5 no.'lu deney kazığında önerilen yöntem ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 72: 5 no.'lu deney kazığının Poulus ve Davis (1980) Doğrusal Elastik Ortam Yaklaşımı ile oturma hesabı

5 NO.'LU VERİ - POULUS VE DAVIS (1980) DOĞRUSAL ELASTİK ORTAM YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri			
Kazık Çapı (m)	1.00	Kazık Tipi	Fore
Kazık Uzunluğu (m)	34.00	Çalışma Şekli	Basınç
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416		
Nihai Taşıma Gücü (ton)	1342		
Azami Deney Yükü (ton)	676		

Ep	3250000
Es	240456
Eb	185000
L/d	34
d	1
K	13.516
νs	0.4410

β_0	0.05
C_K	0.1
Cb	1
Cv	0.8
β	0.0040

I_0	0.09
R_K	3
Rb	1
Rv	0.98
I	0.2646

Qs,ult	10466.06 kN
Qb,ult	2701.77 kN

Çevre Oturması : 11.56 mm Uç Oturması : 743.26 mm

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**754.83**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**380.23**

EK 73: 5 no.'lu deney kazığının Scott (1981) Yay Modeli ile oturma hesabı

5 NO.'LU VERİ - SCOTT (1981) YAY MODELİ İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	34.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Nihai Taşıma Gücü (ton)	1342
Azami Deney Yükü (ton)	676

Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç
Qs,ult	10466.1 kN
Qb,ult	2701.77 kN

E_p	3250000

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{50} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Yay Katsayısı (kN/m³)	Ağr. Ort. E_{50} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. Yay Katsayısı (kN/m³)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
Çevre (Sürtünme)	Ayrışmış kaya türünü sarımsı-gri renkli, yer yer kireçtaşı arabantlı, çok katı-sert kumlu siltli kil	7.50	436400	0.25	174560	87280	240456	0.4410	86730	55421	97.98	1.77
	Mavimsi-gri renkli, çok katı-sert, kumlu siltli kil	26.50	185000	0.495	61873	46405						

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**1.77**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**0.89**

EK 74: 5 no.'lu deney kazığının Tomlinson (2008) Yaklaşımı ile oturma hesabı

5 NO.'LU VERİ - TOMLINSON (2008) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	34.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Nihai Taşıma Gücü (ton)	1342.00
Azami Deney Yükü (ton)	676.00

Kazık Tipi		Fore
Çalışma Şekli		Basınç
Qs,ult	10466.06	kN
Qb,ult	2701.77	kN
Ip	0.5	

E_p	3250000

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{s0} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. E_{s0} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
Çevre (Sürtünme)	Ayrışmış kaya ürünü sarımsı-gri renkli, yer yer kireçtaşı arabantlı, çok katı-sert kumlu siltli kil	7.50	436400	0.25	174560	240456	0.4410	86730	97.98	6.66
	Yeşil renkli, yer yer karbonat içerikli, katı-çok katı kumlu siltli kil	26.50	185000	0.495	61873					

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**6.66**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**3.35**

EK 75: 5 no.'lu deney kazığının Das (2007) Yaklaşımı ile oturma hesabı

5 NO.'LU VERİ - DAS (2007) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	34.00
Birim Çevre Alanı (m^2)	3.1416
Nihai Taşıma Gücü (ton)	1342.00
Azami Deney Yükü (ton)	676.00

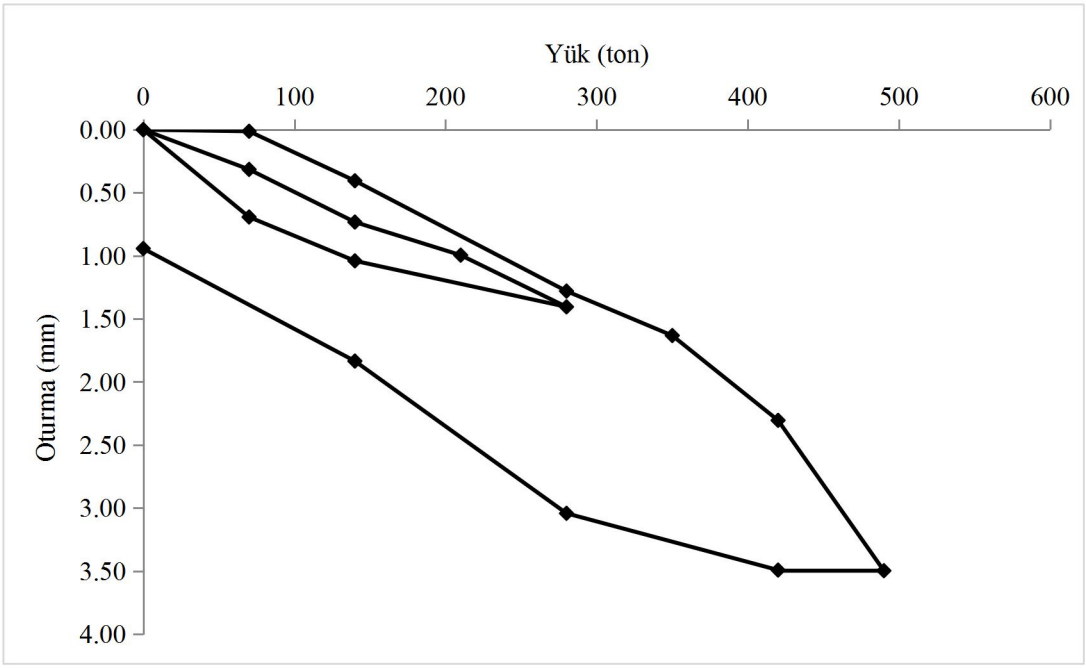
E_p	3250000

Kazık Tipi		Fore
Çalışma Şekli		Basınç
$Q_{s,ult}$	10466.06	kN
$Q_{b,ult}$	2701.77	kN
I_b	0.85	
ξ	0.5	
I_s	4.0408	

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{s0} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. E_{s0} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	δ_p (mm)	δ_b (mm)	δ_s (mm)
Çevre (Sürtünme)	Ayrışmış kaya ürünü sarımsı-gri renkli, yer yer kireçtaşı arabantlı, çok katı-sert kumlu siltli kil	7.50	436400	0.25	174560	220971	0.4410	80214	97.98	105.69	0.68	13.35
	Yeşil renkli, yer yer karbonat içerikli, katı-çok katı kumlu siltli kil	26.50	160000	0.495	53512							

Nihai Taşıma Gücü Oturması (mm) :	**105.69**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**53.24**

EK 76: 6 no.'lu deney kazığı yük oturma grafiği



EK 77: 6 no.'lu deney kazığı sondaj logu

Sondaj Kuyusu 17: 40,00 m

Sondaj alanında; 0,00-1,50 m arası bitkisel toprak, 1,50-9,00 m arası kahve ve kahve-yeşil alacalı renkli, nadir kum ara seviyeli, mikalı çok katı-sert kıvamlı kil, 9,00-12,00 m arası sarımsı kahverenkli, kil katkılı, çok sıkı kum, 12,00-13,50 m arası kahve-yeşil renkli, sert kıvamlı kumlu siltli kil, 13,50-16,50 m arası sarımsı kahverenkli, çok sıkı kum, 16,50-19,50 m arası kum katkılı, orta kuvars ve silis kökenli çakıl, 19,50-25,50 m arası sarımsı kahverenkli, nadir çakıllı, çok sıkı kum, 25,50-28,00 m arası kum katkılı, orta kuvars ve silis kökenli çakıl, 28,00-34,00 m arası sarımsı kahverenkli, ince daneli çok sıkı kum, 34,00-40,0 m arasında ise grimsi yeşil renkli, sert kıvamlı kil ve yumuşak kaya özellikli kiltaşları tespit edilmiştir. Y.A.S.S:6,00 m

Sondaj Kuyusu 17		
3,00-3,45 m:	8-11-16	N_{30}:27
4,50-4,95 m:	10-17-25	N_{30}:42
6,00-6,45 m:	9-13-27	N_{30}:40
7,50-7,95 m:	9-13-22	N_{30}:35
9,00-9,45 m:	25-35-48	N_{30}:82
10,50-10,95 m:	R	N_{30}:REFÜ
12,00-12,45 m:	R	N_{30}:REFÜ
13,50-13,95 m:	R	N_{30}:REFÜ
15,00-15,45 m:	R	N_{30}:REFÜ
16,50-16,95 m:	R	N_{30}:REFÜ
18,00-18,95 m:	R	N_{30}:REFÜ
19,50-19,95 m:	R	N_{30}:REFÜ
21,00-21,45 m:	R	N_{30}:REFÜ
22,50-22,95 m:	R	N_{30}:REFÜ
24,00-24,45 m:	R	N_{30}:REFÜ
25,50-25,95 m:	R	N_{30}:REFÜ

EK 78: 6 no.'lu deney kazığı Decourt (1995) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

6 NO.'LU DENEY KAZIĞI | DECOURT (1995) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	26.00
Birim Çevre Alanı (m² /m)	3.1416
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

Çevre (Sürtünme) Direnci	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	N(60)	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
	Çakıl-Kum Ardalanması	24.00	-	-	50	38	4335.40	4335.40
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	2.00	-	-	50	38	722.57	5057.96

Uç Direnci	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Uç Taşıma Gücü (kN)
	Kil	0.7854	-	-	38	2356.19

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**755**

EK 79: 6 no.'lu deney kazığı Meyerhof (1976) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

6 NO.'LU DENEY KAZIĞI | MEYERHOF (1976) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	26.00
Birim Çevre Alanı (m² /m)	3.1416
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

Çevre (Sürtünme) Direnci	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
	Çakıl-Kum Ardalanması	24.00	-	-	50	7539.82	7539.82
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	2.00	-	-	50	628.32	8168.14

Uç Direnci	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Uç Taşıma Gücü (kN)
	Kil	0.7854	-	-	50	1570.80

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**992**

EK 80: 6 no.'lu deney kazığı Tomlinson (2008) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

2 NO.'LU DENEY KAZIĞI | TOMLINSON (2008)TAŞIMA GÜCÜ HESABI

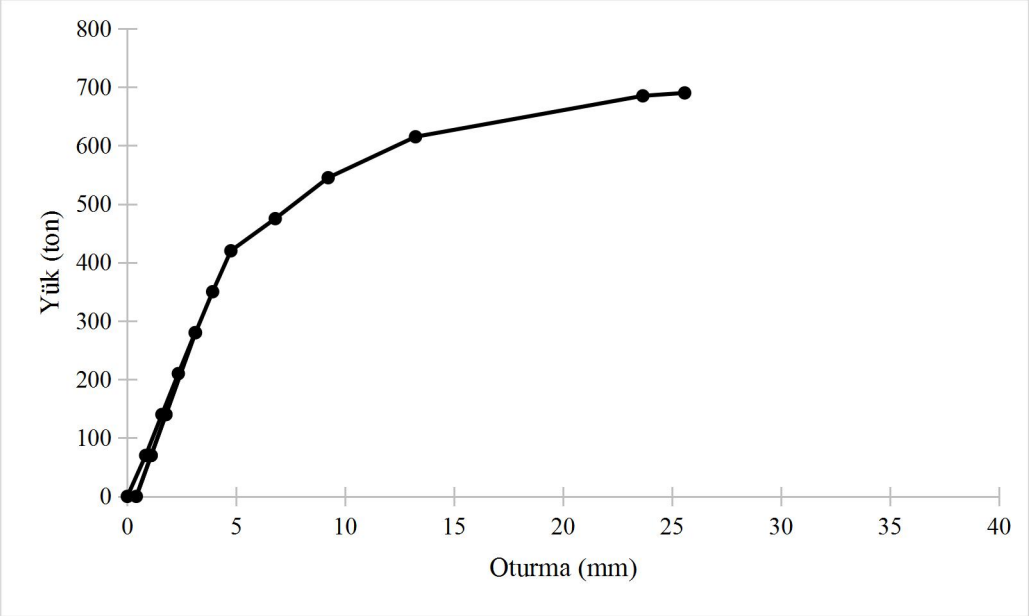
Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	26.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

	Tabaka	Kalınlık (m)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	α	ϕ (°)	K0	Ks	σ'_0 (kPa)	δ	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Çakıl-Kum Ardalanması	24.00	50	0	-	38	0.3843	0.3363	240.00	38	4754.49	4754.49
	Mavimsi Çok Katı Sert Kumlu Siltli Kil	2.00	-	180	0.522	-	-	-	-	-	590.72	5345.21

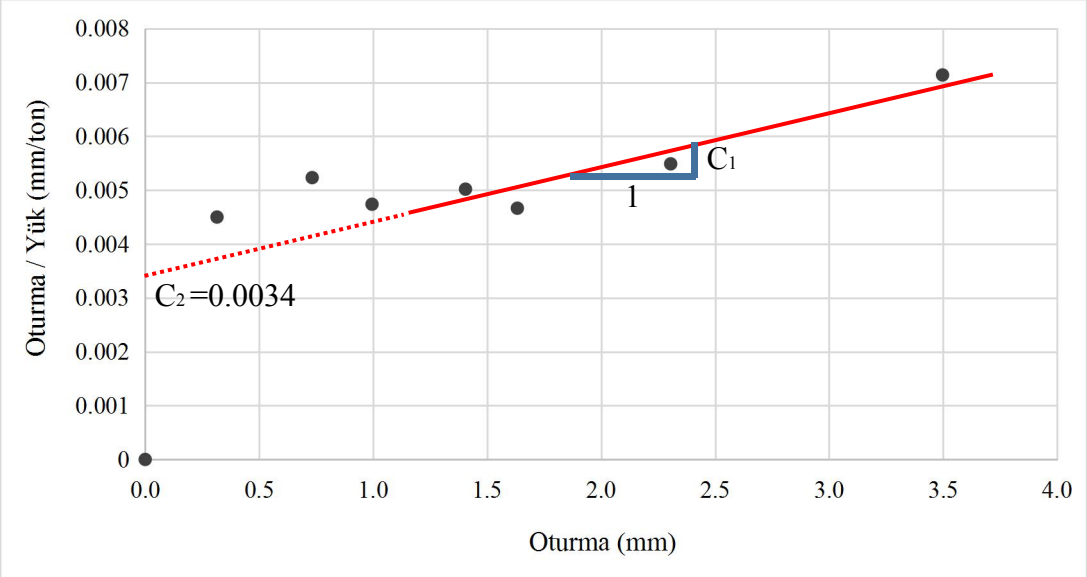
	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	Uç Taşıma Gücü (kN)
Uç Direnci	Kil	0.7854	-	-	-	180	1258.71

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**673**

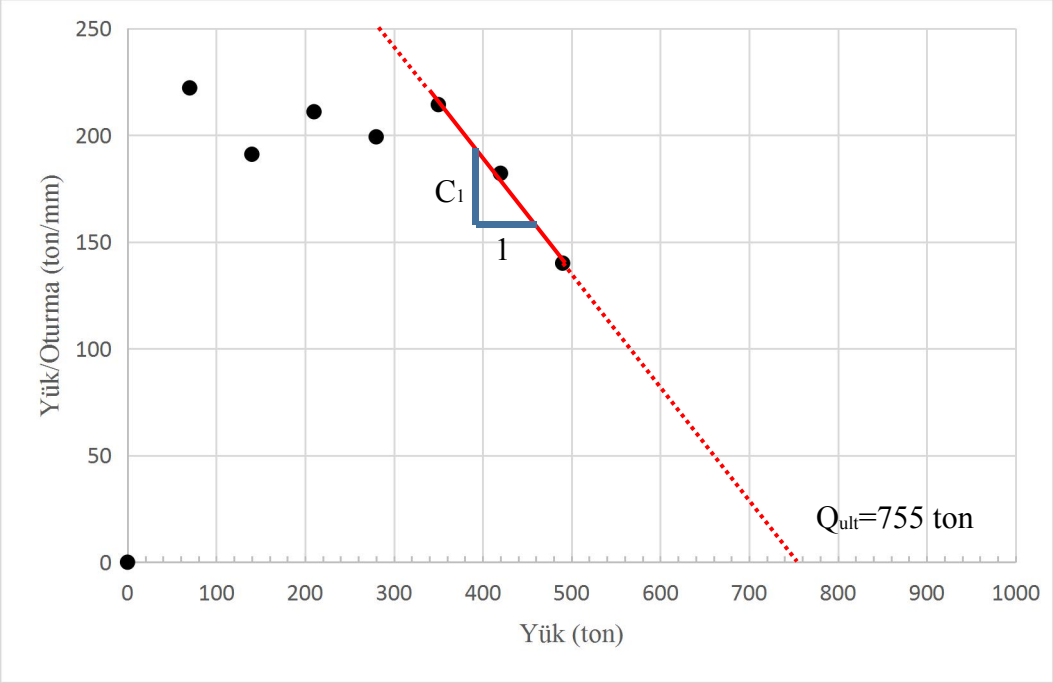
EK 81: 6 no.'lu deney kazığının sonlu eleman yöntemine göre yük-oturma grafiği



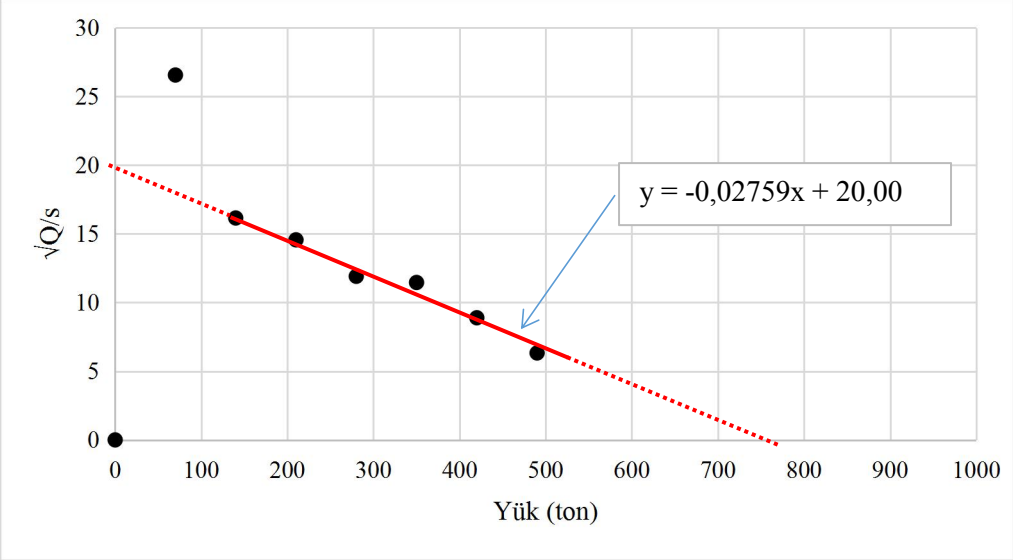
EK 82: 6 no.'lu deney kazığında Chin-Kondner (1970) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



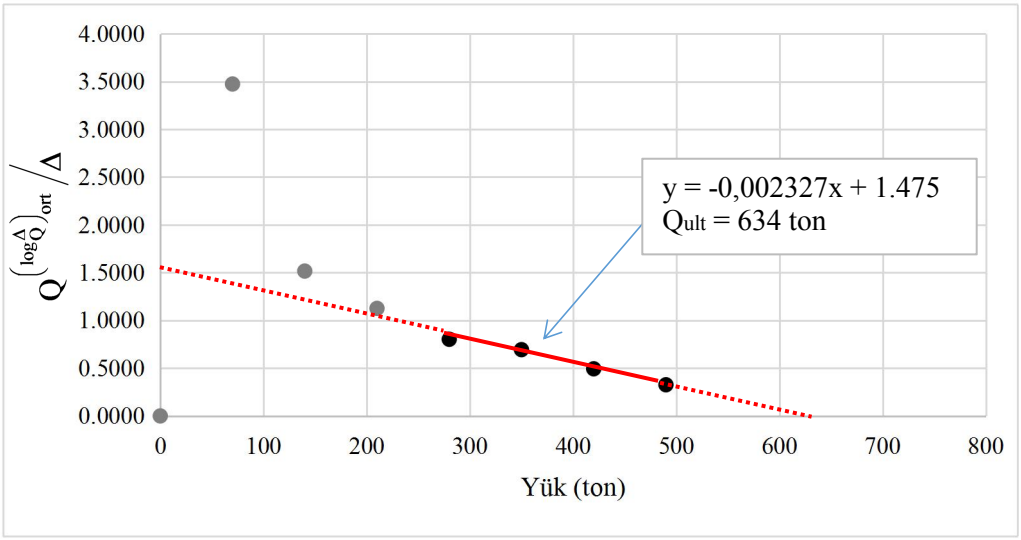
EK 83: 6 no.'lu deney kazığında Decourt (1999) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 84: 6 no.'lu deney kazığında Özkan-Alku (2006) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 85: 6 no.'lu deney kazığında önerilen yöntem ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 86: 6 no.'lu deney kazığının Poulus ve Davis (1980) Doğrusal Elastik Ortam Yaklaşımı ile oturma hesabı

6 NO.'LU VERİ - DOĞRUSAL ELASTİK ORTAM YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI (POULUS VE DAVIS)

Kazık Özellikleri			
Kazık Çapı (m)	1.00	Kazık Tipi	Fore
Kazık Uzunluğu (m)	26.00	Çalışma Şekli	Basınç
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416		
Nihai Taşıma Gücü (ton)	778		
Azami Deney Yükü (ton)	420		

Ep	3250000
Es	60000
Eb	180000
L/d	26
d	1
K	54.167
νs	0.3150

β_0	0.056
C_K	0.15
Cb	2
Cv	0.75
β	0.0126

I_0	0.075
R_K	3
Rb	0.97
Rv	0.96
I	0.20952

Qs,ult	6377.43 kN
Qb,ult	1258.71 kN

Çevre Oturması : 22.55 mm Uç Oturması : 348.84 mm

Nihai Oturma (mm) : 371.40
Deney Yükü Oturması (mm) : 200.50

EK 87: 6 no.'lu deney kazığının Scott (1981) Yay Modeli ile oturma hesabı

6 NO.'LU VERİ - SCOTT YAY MODELİ İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	26.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Nihai Taşıma Gücü (ton)	778
Azami Deney Yükü (ton)	420

Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç
Qs,ult	6377.43 kN
Qb,ult	1258.71 kN

E_p	3250000

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{50} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Yay Katsayısı (kN/m³)	Ağr. Ort. E_{50} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. Yay Katsayısı (kN/m³)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
Çevre (Sürtünme)	Çakıl-kum ardalanması	24.00	50000	0.30	19231	9615	60000	0.3150	22382	12349	78.08	6.32
	Mavimsi-gri renkli, çok katı-sert, kumlu siltli kil	2.00	180000	0.495	60201	45151						

Nihai Oturma (mm) : 6.32
Deney Yükü Oturması (mm) : 3.41

EK 88: 6 no.'lu deney kazığının Tomlinson (2008) Yaklaşımı ile oturma hesabı

6 NO.'LU VERİ - TOMLİNSON (2008) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	26.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Nihai Taşıma Gücü (ton)	778.00
Azami Deney Yükü (ton)	420.00

Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç
Qs,ult	6377.43 kN
Qb,ult	1258.71 kN
Ip	0.5

E_p	3250000

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{50} (kPa)	Poisson Oranı (ν)	Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. E_{50} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (ν)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
Çevre (Sürtünme)	Çakıl-kum ardalanması	24.00	50000	0.30	19231	60000	0.3150	22382	78.08	3.59
	Yeşil renkli, yer yer karbonat içerikli, katı-çok katı kumlu siltli kil	2.00	180000	0.495	60201					

Nihai Oturma (mm) : 3.59
Deney Yükü Oturması (mm) : 1.94

EK 89: 6 no.'lu deney kazığının Das (2007) Yaklaşımı ile oturma hesabı

6 NO.'LU VERİ - DAS (2007) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	1.00
Kazık Uzunluğu (m)	26.00
Birim Çevre Alanı (m²)	3.1416
Nihai Taşıma Gücü (ton)	778.00
Azami Deney Yükü (ton)	420.00

E_p	3250000

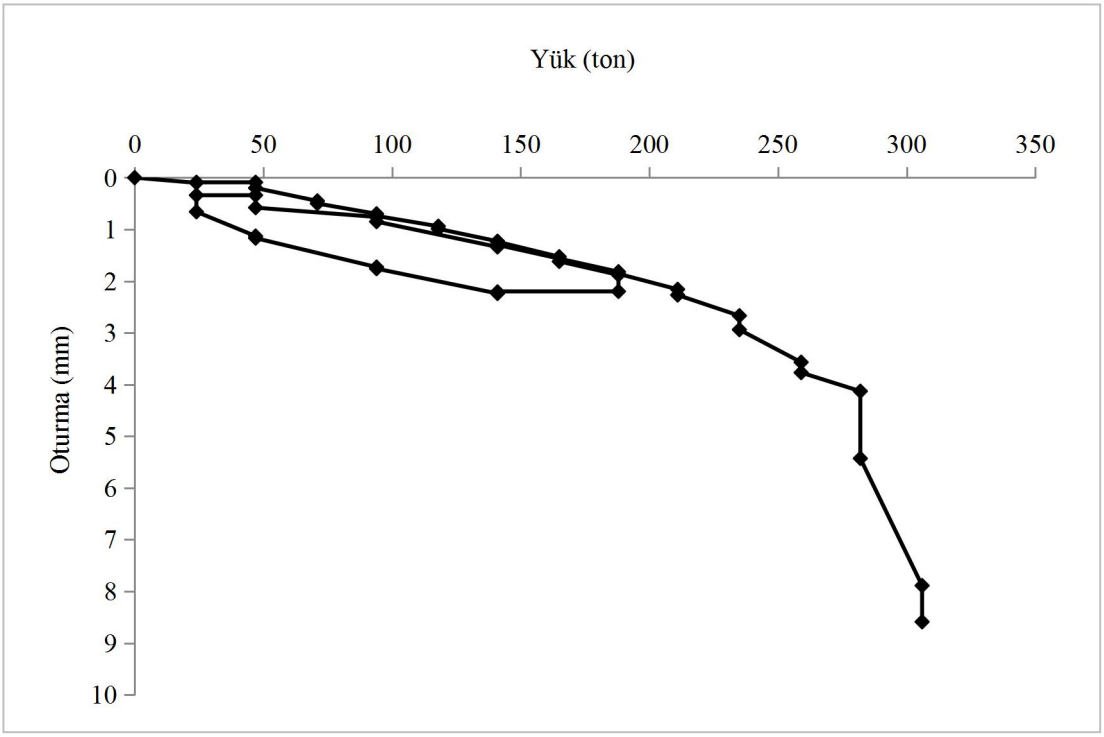
Kazık Tipi		Fore
Çalışma Şekli		Basınç
$Q_{s,ult}$	6377.43	kN
$Q_{b,ult}$	1258.71	kN
I_b	0.85	
ξ	0.5	
I_s	3.7847	

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{s0} (kPa)	Poisson Oranı (ν)	Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. E_{s0} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (ν)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	δ_p (mm)	δ_b (mm)	δ_s (mm)
Çevre (Sürtünme)	Çakıl-kum ardalanması	24.00	50000	0.30	19231	60000	0.3150	22382	78.08	45.30	0.32	8.52
	Yeşil renkli, yer yer karbonat içerikli, katı-çok katı kumlu siltli kil	2.00	180000	0.495	60201							

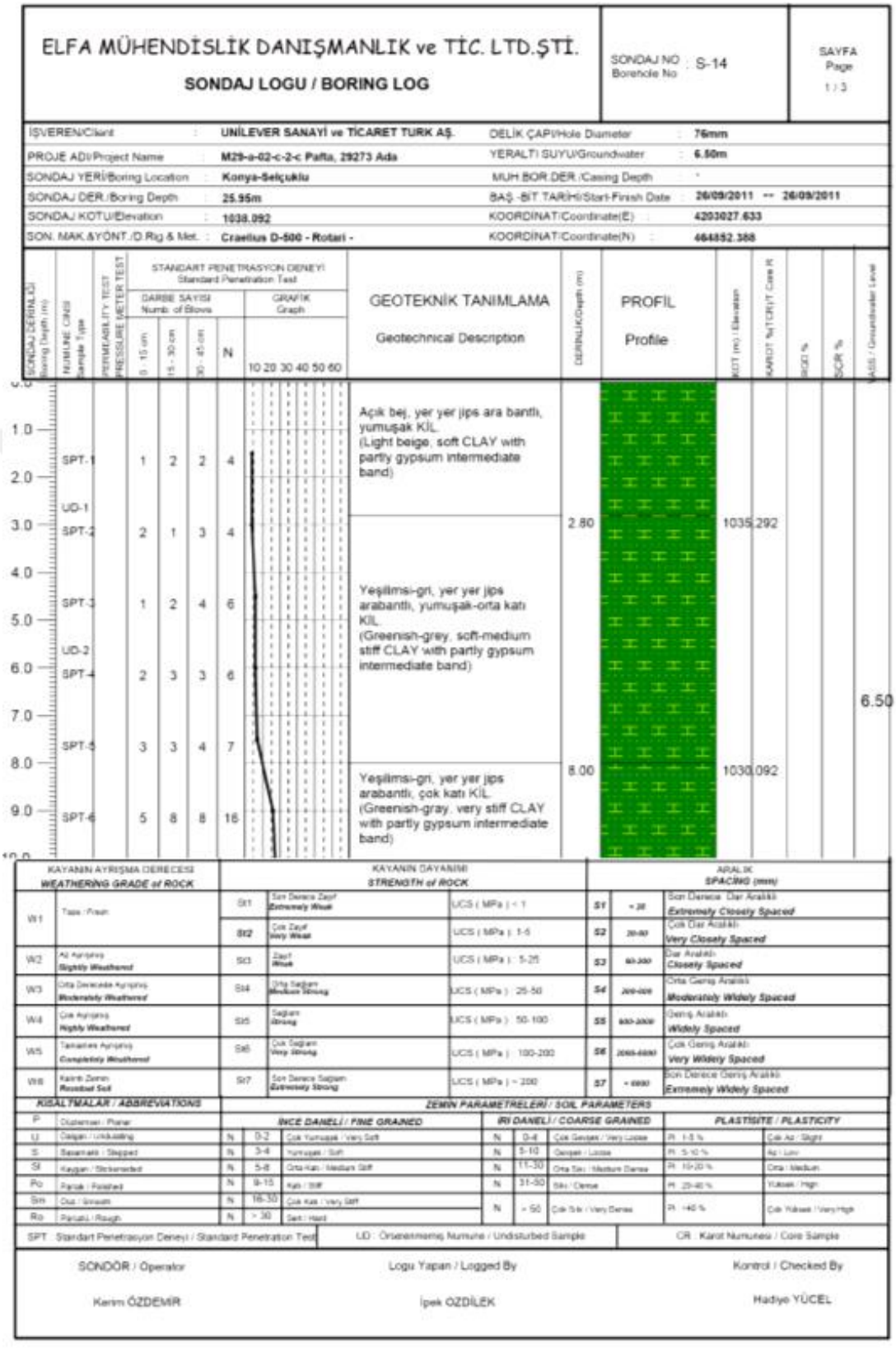
Nihai Oturma (mm) : 45.30

Deney Yükü Oturması (mm) : 24.46

EK 90: 7 no.'lu deney kazığı yük oturma grafiği



EK 91: 7 no.'lu deney kazığı sondaj logu



ELFA MÜHENDİSLİK DANIŞMANLIK ve TİC. LTD.ŞTİ.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : S-14

SAYFA / Page 1 / 3

İŞVEREN/Client	: UNİLEVER SANAYİ ve TİCARET TURK AŞ.	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	: 76mm
PROJE ADI/Project Name	: M29-a-02-c-2-c Pafta, 29273 Ada	YERALTI SUYU/Groundwater	: 6.50m
SONDAJ YERİ/Boring Location	: Konya-Selçuklu	MUH.BOR.DER./Casing Depth	: -
SONDAJ DER./Boring Depth	: 25.95m	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	: 26/09/2011 -- 26/09/2011
SONDAJ KOTU/Elevation	: 1038.092	KOORDİNAT/Coordinate(E)	: 4203027.633
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: Craelius D-500 - Rotari -	KOORDİNAT/Coordinate(N)	: 464852.388

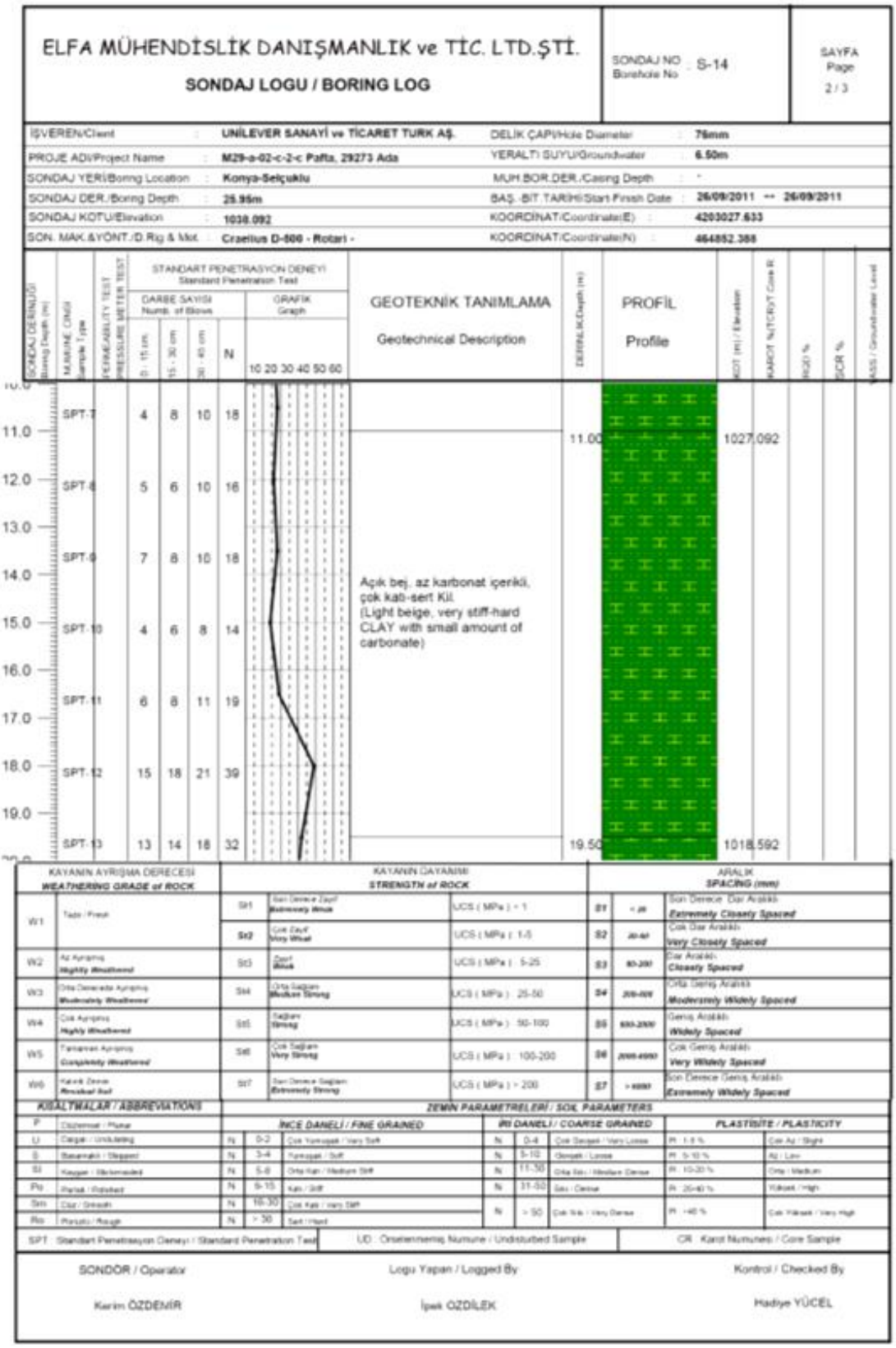
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	PERMEABILITY TEST PRESSURE METER TEST	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test: DARBE SAYISI Numb. of Blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	GEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT %(TCR)/T.Core R.	RQD %	SCR %	YAS. / Groundwater Level
1.0	SPT-1		1	2	2	4		Açık bej, yer yer jips ara bantlı, yumuşak KİL. (Light beige, soft CLAY with partly gypsum intermediate band)							
2.0	UD-1														
3.0	SPT-2		2	1	3	4			2.80		1035.292				
4.0	SPT-3		1	2	4	6		Yeşilimsi-gri, yer yer jips arabantlı, yumuşak-orta katı KİL. (Greenish-grey, soft-medium stiff CLAY with partly gypsum intermediate band)							
5.0	UD-2														
6.0	SPT-4		2	3	3	6									
7.0															6.50
8.0	SPT-5		3	3	4	7			8.00		1030.092				
9.0	SPT-6		5	8	8	16		Yeşilimsi-gri, yer yer jips arabantlı, çok katı KİL. (Greenish-gray, very stiff CLAY with partly gypsum intermediate band)							

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING GRADE of ROCK		KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK			ARALIK / SPACING (mm)		
W1	Taze / Fresh	S1	Son Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) : < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
		S12	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa) : 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered	S13	Zayıf / Weak	UCS (MPa) : 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered	S14	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa) : 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered	S15	Sağlam / Strong	UCS (MPa) : 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered	S16	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa) : 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil	S17	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) : > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS		ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS							
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
P	Düzlemsel / Planar								
U	Dalgalı / Undulating	N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1-5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / Stepped	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI : 5-10 %	Az / Low
St	Kaygan / Slickensided	N	5-8	Orta-Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10-20 %	Orta / Medium
Po	Pürüzlü / Polished	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI : 20-40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / Smooth	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : >40 %	Çok Yüksek / Very High
Ro	Pürüzlü / Rough	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek OZDİLEK	Hadiye YÜCEL



ELFA MÜHENDİSLİK DANIŞMANLIK ve TİC. LTD.ŞTİ.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : S-14

SAYFA / Page 2 / 3

İŞVEREN/Client	: UNİLEVER SANAYİ ve TİCARET TURK AŞ.	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	: 76mm
PROJE ADI/Project Name	: M29-a-02-c-2-c Pafta, 29273 Ada	YERALTI SUYU/Groundwater	: 6.50m
SONDAJ YERİ/Boring Location	: Konya-Selçuklu	MUH.BOR.DER./Casing Depth	: -
SONDAJ DER./Boring Depth	: 25.95m	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start Finish Date	: 26/09/2011 -- 26/09/2011
SONDAJ KOTU/Elevation	: 1038.092	KOORDİNAT/Coordinate(E)	: 4203027.633
SON. MAK.&YÖNT./D Rig & Met.	: Craelius D-600 - Rotari -	KOORDİNAT/Coordinate(N)	: 464852.388

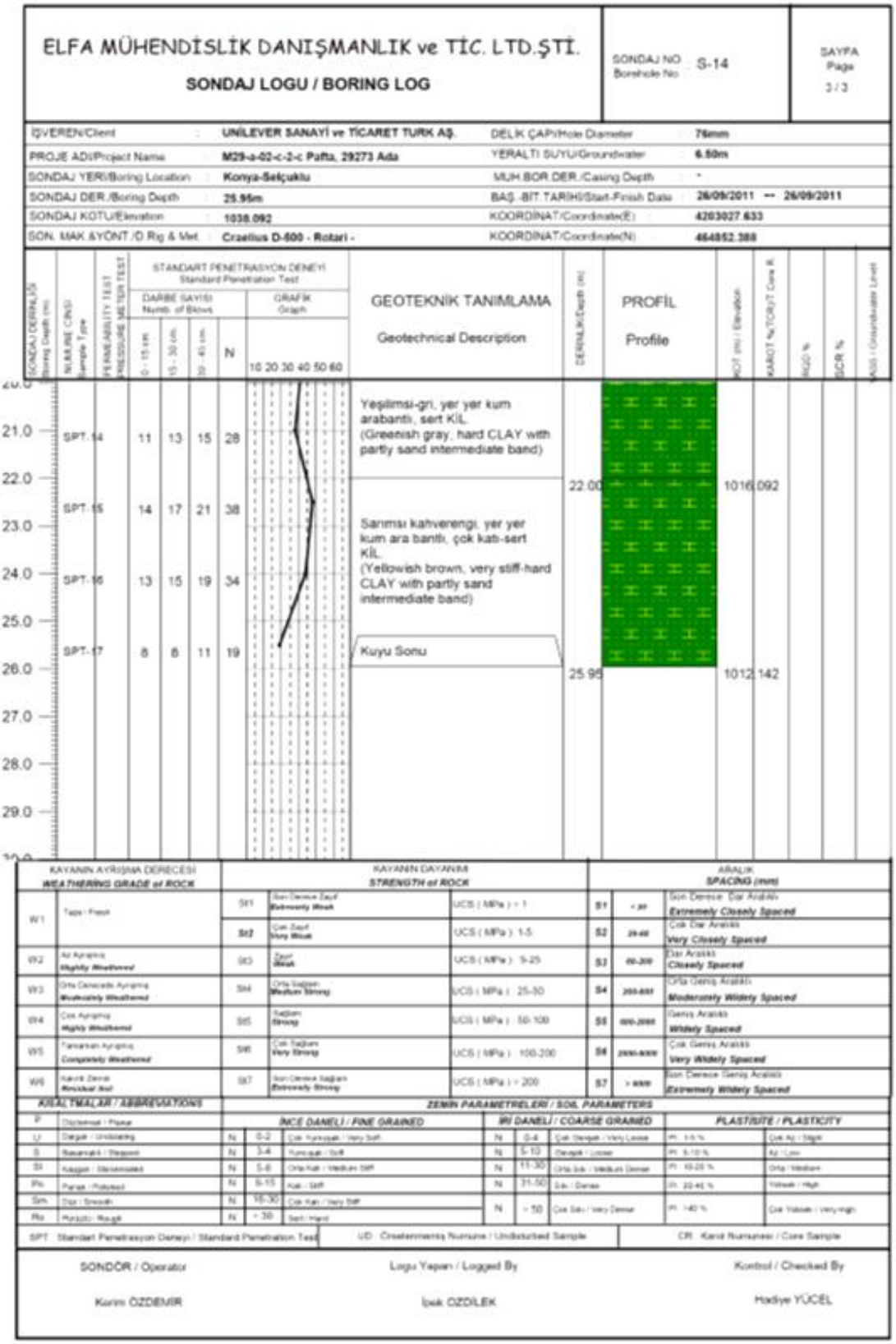
SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ / Sample Type	PENETRABILITY TEST / PRESSURE METER TEST	STANDART PENETRASYON DENEYİ / Standart Penetration Test: DARBE SAYISI / Numb. of Blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK / Graph 10 20 30 40 50 60	GEOTEKNİK TANIMLAMA / Geotechnical Description	DERİNLİK / Depth (m)	PROFİL / Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT %TCR/%T Core R.	RQD %	FICR %	YASS / Groundwater Level
11.0	SPT-7		4	8	10	18		Açık bej, az karbonat içerikli, çok katı-sert Kil. (Light beige, very stiff-hard CLAY with small amount of carbonate)	11.00		1027.092				
12.0	SPT-8		5	6	10	16									
13.0	SPT-9		7	8	10	18									
14.0															
15.0	SPT-10		4	6	8	14									
16.0															
17.0	SPT-11		6	8	11	19									
18.0	SPT-12		15	18	21	39									
19.0															
	SPT-13		13	14	18	32			19.50		1018.592				

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING GRADE of ROCK		KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK			ARALIK / SPACING (mm)		
W1	Taze / Fresh	St1	Son Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
		St2	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa) 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered	St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered	St4	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa) 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered	St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered	St6	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa) 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil	St7	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS		ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS							
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
P	Düşeynat / Plunge								
U	Dalgalı / Undulating	N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI 1-5 %	Çok Az / Slight
B	Basamaklı / Stepped	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI 5-10 %	Az / Low
SI	Kaygan / Slickensided	N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI 10-20 %	Orta / Medium
Po	Pürüzlü / Polished	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI 20-40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / Smooth	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI >40 %	Çok Yüksek / Very High
Ro	Pürüzlü / Rough	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD : Orselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDOR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek OZDİLEK	Hadiye YÜCEL



ELFA MÜHENDİSLİK DANIŞMANLIK ve TİC. LTD.ŞTİ.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No: S-14

SAYFA / Page: 3 / 3

İŞVEREN/Client	UNİLEVER SANAYİ ve TİCARET TURK AŞ.	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	76mm
PROJE ADI/Project Name	M29-a-02-c-2-c Pafta, 29273 Ada	YERALTI SUYU/Groundwater	6.50m
SONDAJ YERİ/Boring Location	Konya-Selçuklu	MUH.BOR DER./Casing Depth	-
SONDAJ DER./Boring Depth	25.95m	BAŞ.-BİT. TARİH/Start-Finish Date	26/09/2011 -- 26/09/2011
SONDAJ KOTU/Elevation	1038.092	KOORDİNAT/Coordinate(E)	4203027.633
SON. MAK &YÖNT./D Rig & Met.	Craelius D-600 - Rotari -	KOORDİNAT/Coordinate(N)	464852.388

SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ / Sample Type	PENETRABILITY TEST / PRESSURE METER TEST	STANDART PENETRASYON DENEYİ / Standard Penetration Test: DARBE SAYISI / Numb. of Blows: 0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	GRAFİK / Graph: 10 20 30 40 50 60	GEOTEKNİK TANIMLAMA / Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL / Profile	RQD %	GCR %	KOT (m) / Elevation	KAROT % / TCR/T Core R.	YASS / Groundwater Level
21.0	SPT-14		11	13	15	28		Yeşilimsi-gri, yer yer kum arabantlı, sert KİL (Greenish gray, hard CLAY with partly sand intermediate band)							
22.0	SPT-15		14	17	21	38		Sarımsı kahverengi, yer yer kum ara bantlı, çok katı-sert KİL (Yellowish brown, very stiff-hard CLAY with partly sand intermediate band)	22.00				1016.092		
24.0	SPT-16		13	15	19	34									
25.0	SPT-17		8	8	11	19		Kuyu Sonu	25.95				1012.142		
26.0															
27.0															
28.0															
29.0															

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING GRADE of ROCK

W1	Taze / Fresh	
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered	
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered	
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered	
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered	
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil	

KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK

S1	Son Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) < 1	
S2	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa) 1-5	
S3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) 5-25	
S4	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa) 25-50	
S5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) 50-100	
S6	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa) 100-200	
S7	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) > 200	

ARALIK / SPACING (mm)

S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS

P	Dişlenmiş / Planar
U	Dalgalı / Undulating
S	Basamaklı / Stepped
Sl	Kaygan / Slickensided
Po	Parlak / Polished
Sm	Düz / Smooth
Ro	Pürüzlü / Rough

ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS

İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI: 1-5 %	Çok Az / Slight
N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI: 5-10 %	Az / Low
N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sık / Medium Dense	PI: 10-20 %	Orta / Medium
N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sık / Dense	PI: 20-40 %	Yüksek / High
N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sık / Very Dense	PI: >40 %	Çok Yüksek / Very High
N	> 30	Sert / Hard					

SPT: Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD: Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR: Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İsak OZDİLEK	Hadiye YÜCEL

EK 92: 7 no.'lu deney kazığı Decourt (1995) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

7 NO.'LU DENEY KAZIĞI - DECOURT (1995) YÖNTEMİ İLE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.65
Kazık Uzunluğu (m)	25.00
Birim Çevre Alanı (m²)	2.0420
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	N(60)	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Açık bej, yer yer jips arabantlı yumuşak kil	2.80	-	-	4	3.0	105.21	105.21
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı yumuşak-orta katı kil	5.20	-	-	6	4.5	239.98	345.19
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı çok katı kil	3.00	-	-	17	12.8	279.96	625.15
	Açık bej, az karbonat içerikli, çok katı-sert kil	8.50	-	-	21	15.8	939.03	1564.18
	Yeşilimsi gri, yer yer kum arabantlı sert kil	2.50	-	-	30	22.5	372.67	1936.85
	Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	3.00	-	-	22	16.5	344.29	2281.14

	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Uç Taşıma Gücü (kN)
Uç Direnci	Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	0.3318	-	-	16.50	438.02

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**277**

EK 93: 7 no.'lu deney kazığı Bazaara ve Kurkur (1986) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

7 NO.'LU DENEY KAZIĞI - BAZAARA VE KURKUR (1986) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.65
Kazık Uzunluğu (m)	25.00
Birim Çevre Alanı (m²)	2.0420
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Açık bej, yer yer jips arabantlı yumuşak kil	2.80	-	-	4	45.74	45.74
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı yumuşak-orta katı kil	5.20	-	-	6	127.42	173.16
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı çok katı kil	3.00	-	-	17	208.29	381.45
	Açık bej, az karbonat içerikli, çok katı-sert kil	8.50	-	-	21	729.01	1110.46
	Yeşilimsi gri, yer yer kum arabantlı sert kil	2.50	-	-	30	306.31	1416.76
	Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	3.00	-	-	22	269.55	1686.31

	Birim	Alan (m²)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	Uç Taşıma Gücü (kN)
Uç Direnci	Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	0.3318	-	-	22	730.03

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**246**

EK 94: 7 no.'lu deney kazığı O'Neil ve Reese (1999) yöntemine göre taşıma gücü hesabı

7 NO.'LU DENEY KAZIĞI - O'NEIL VE REESE (1999) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.65
Kazık Uzunluğu (m)	25.00
Birim Çevre Alanı (m^2)	2.0420
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

	Tabaka	Kalınlık (m)	SPT-N(ort)	Cu (kPa)	α	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Açık bej, yer yer jips arabantlı yumuşak kil	2.80	4	17	0.55	53.46	53.46
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı yumuşak-orta katı kil	5.20	6	26	0.55	151.85	205.31
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı çok katı kil	3.00	17	73	0.55	245.96	451.27
	Açık bej, az karbonat içerikli, çok katı-sert kil	8.50	21	91	0.55	868.73	1320.00
	Yeşilimsi gri, yer yer kum arabantlı sert kil	2.50	30	130	0.55	365.01	1685.02
	Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	3.00	22	95	0.55	320.09	2005.11

	Birim	Alan (m^2)	SPT-N(ort)	Cu (kPa)	α	Uç Taşıma Gücü (kN)
Uç Direnci	Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	0.3318	22	95	-	67.25

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**211**

EK 95: 7 no.'lu deney kazığı Kulhawy ve Jackson (1989) yöntemine göre taşıma gücü hesabı

7 NO.'LU DENEY KAZIĞI - KULHAWY VE JACKSON (1989) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

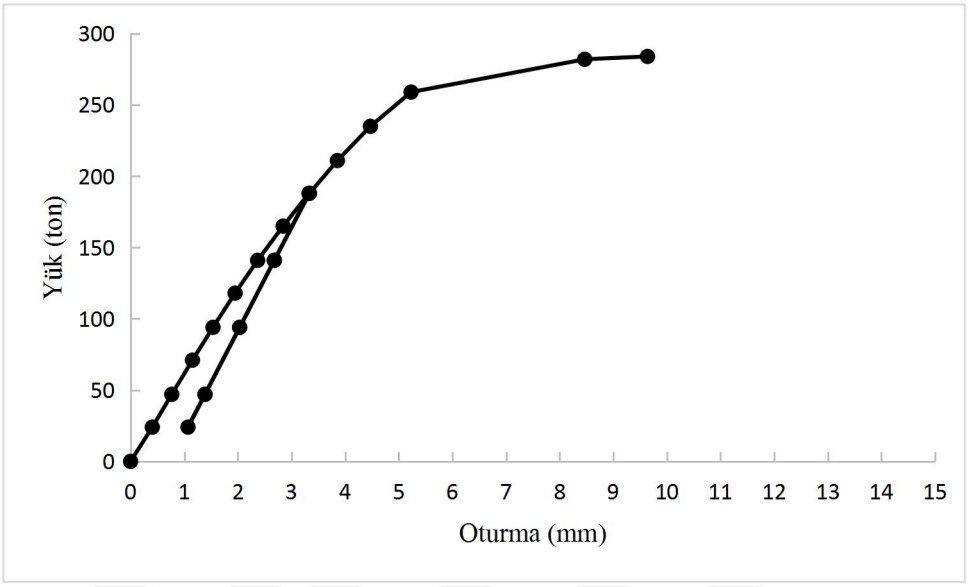
Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.65
Kazık Uzunluğu (m)	25.00
Birim Çevre Alanı (m²)	2.0420
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

	Tabaka	Kalınlık (m)	SPT-N(ort)	cu (kPa)	α	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Açık bej, yer yer jips arabantlı yumuşak kil	2.80	4	17	1.00	97.20	97.20
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı yumuşak-orta katı kil	5.20	6	26	1.00	276.08	373.28
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı çok katı kil	3.00	17	73	0.56	249.06	622.34
	Açık bej, az karbonat içerikli, çok katı-sert kil	8.50	21	91	0.49	771.27	1393.61
	Yeşilimsi gri, yer yer kum arabantlı sert kil	2.50	30	130	0.40	268.66	1662.27
	Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	3.00	22	95	0.48	277.36	1939.63

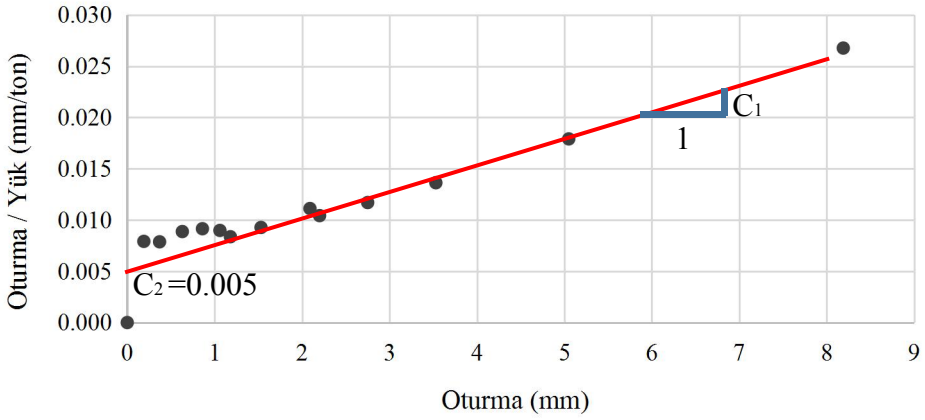
	Birim	Alan (m²)	SPT-N(ort)	Cu (kPa)	α	Uç Taşıma Gücü (kN)
Uç Direnci	Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	0.3318	22	95	-	67.25

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**204**

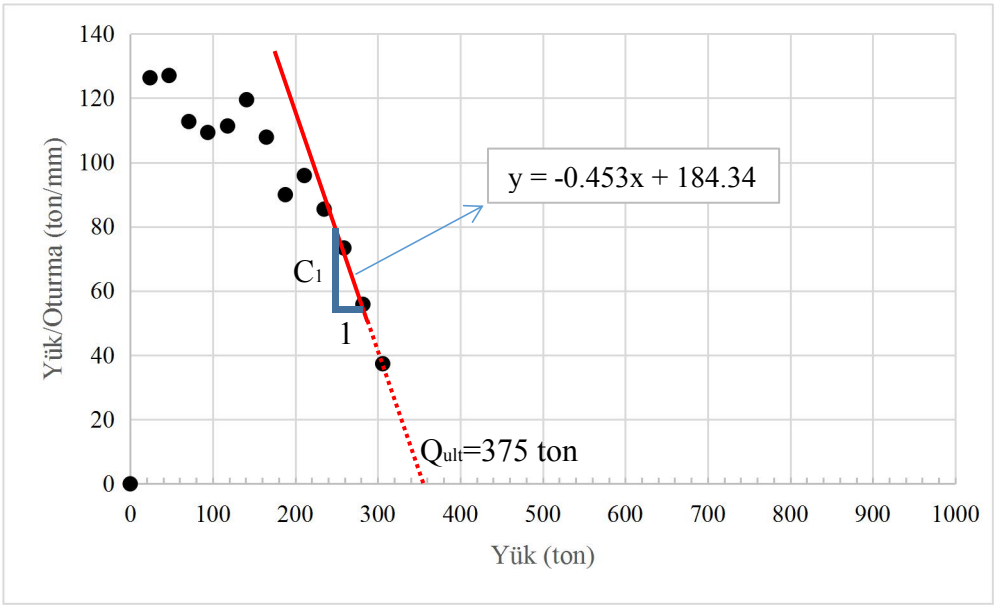
EK 96: 7 no.'lu deney kazığının sonlu eleman yöntemine göre yük-oturma grafiği



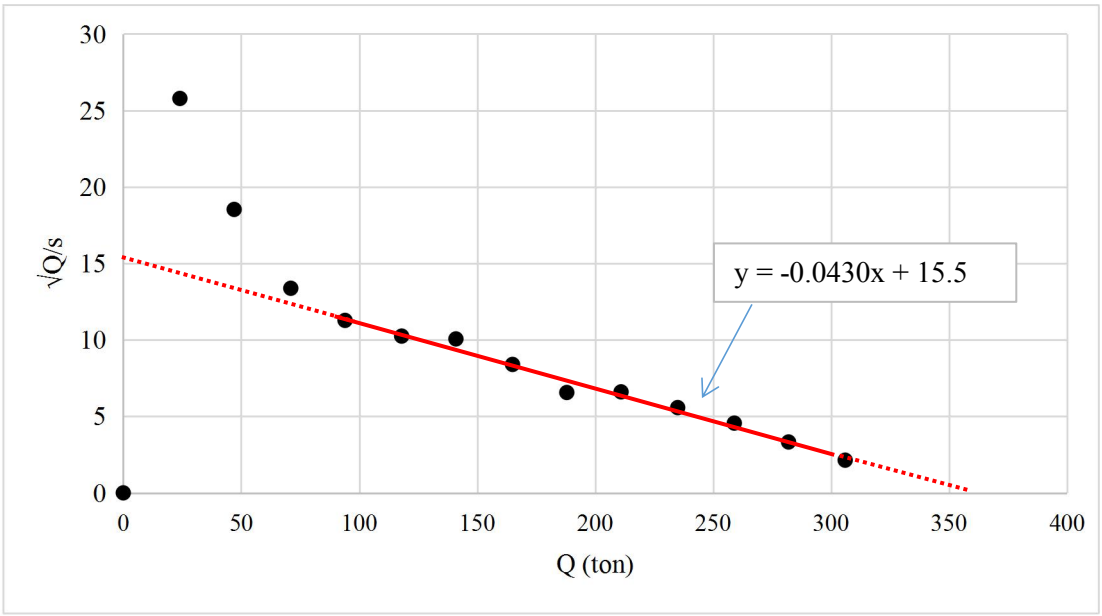
EK 97: 7 no.'lu deney kazığında Chin-Kondner (1970) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



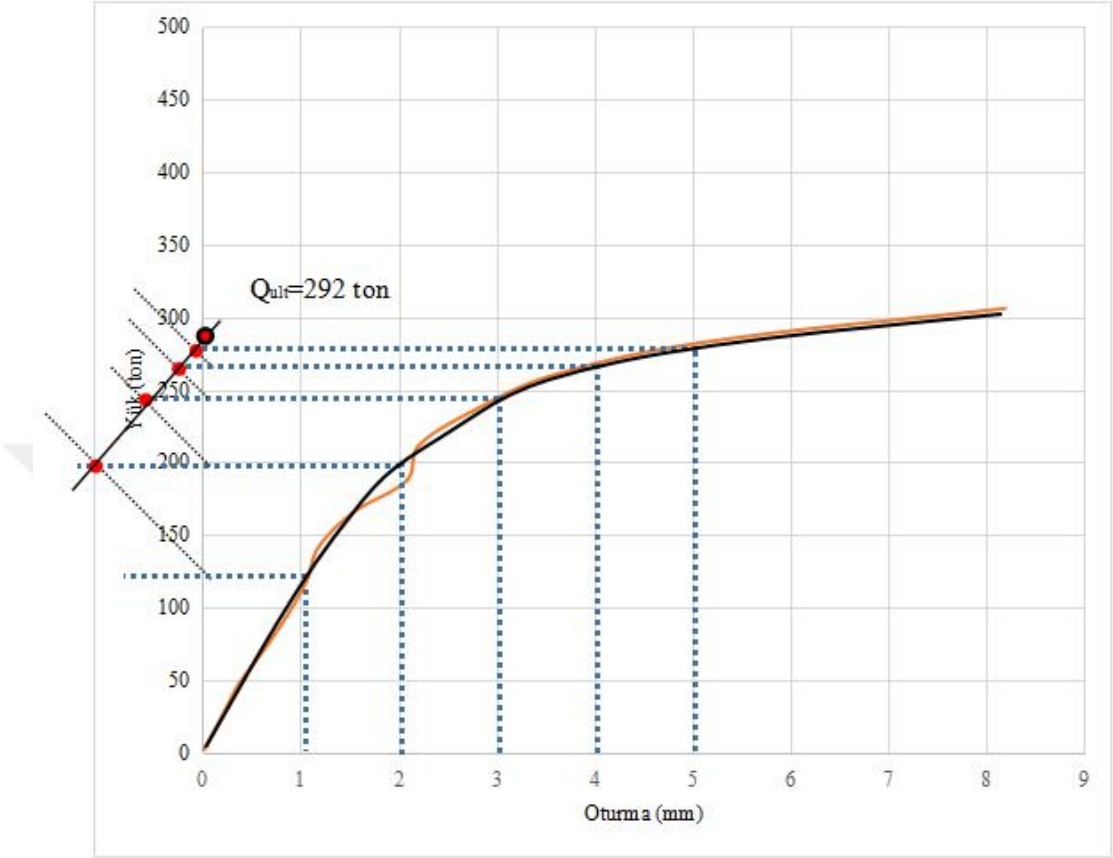
EK 98: 7 no.'lu deney kazığında Decourt (1999) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



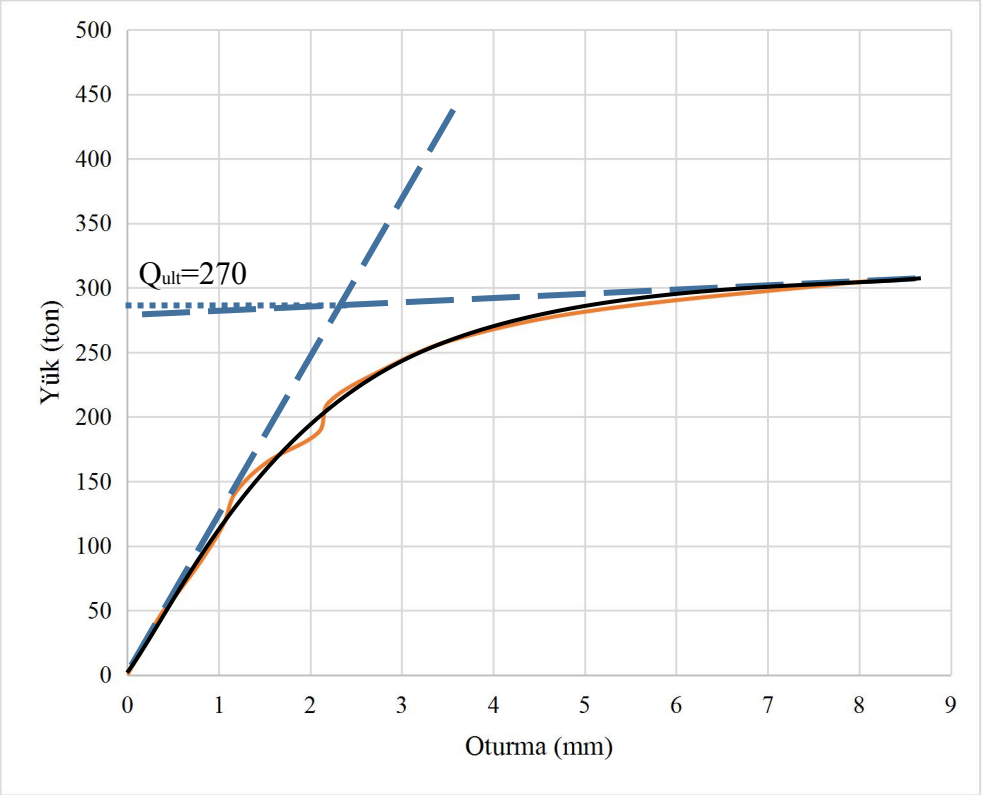
EK 99: 7 no.'lu deney kazığında Özkan-Alku (2006) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



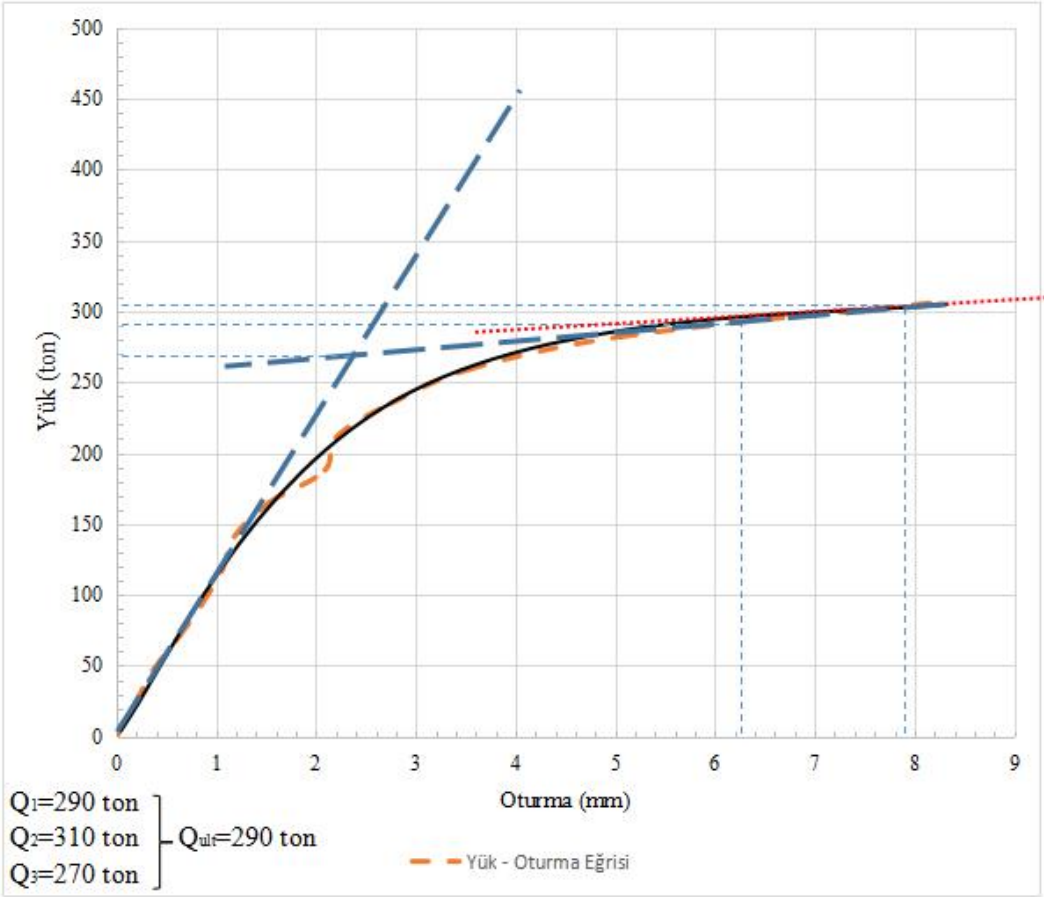
EK 100: 7 no.'lu deney kazığında Mazurkiewicz yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



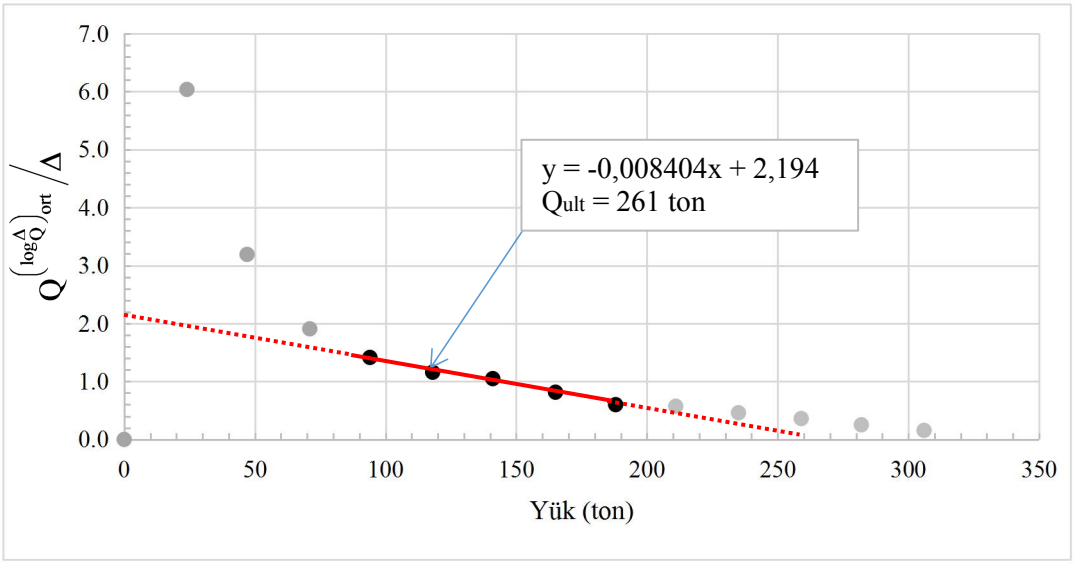
EK 101: 7 no.'lu deney kazığında Teğet yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 102: 7 no.'lu deney kazığında Corps of Engineers yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 103: 7 no.'lu deney kazığında önerilen yöntem ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 104: 7 no.'lu deney kazığının Poulus ve Davis (1980) Doğrusal Elastik Ortam Yaklaşımı ile oturma hesabı

7 NO.'LU VERİ - DOĞRUSAL ELASTİK ORTAM YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI (POULUS VE DAVIS)

Kazık Özellikleri			
Kazık Çapı (m)	0.65	Kazık Tipi	Fore
Kazık Uzunluğu (m)	25.00	Çalışma Şekli	Basınç
Birim Çevre Alanı (m²)	2.0420		
Nihai Taşıma Gücü (ton)	277		
Azami Deney Yükü (ton)	277		

Ep	3250000
Es	71412
Eb	26000
L/d	38.46153846
d	0.65
K	45.511
νs	0.4950

β_0	0.056
C_K	0.15
Cb	2
Cv	0.75
β	0.0126

I_0	0.075
R_K	3
Rb	0.97
Rv	0.96
I	0.20952

Qs,ult	6377.43 kN
Qb,ult	1258.71 kN

Çevre Oturması : 29.15 mm Uç Oturması : 450.92 mm

Nihai Oturma (mm) : 480.07
Deney Yükü Oturması (mm) : 480.07

EK 105: 7 no.'lu deney kazığının Scott (1981) Yay Modeli ile oturma hesabı

7 NO.'LU VERİ - SCOTT YAY MODELİ İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.65
Kazık Uzunluğu (m)	25.00
Birim Çevre Alanı (m^2)	2.0420
Nihai Taşıma Gücü (ton)	277
Azami Deney Yükü (ton)	277

Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç
Qs,ult	2281.14 kN
Qb,ult	438.017 kN

E_p	3250000

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{50} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Yay Katsayısı (kN/m^3)	Ağr. Ort. E_{50} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. Yay Katsayısı (kN/m^3)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
Çevre (Sürtünme)	Açık bej, yer yer jips arabanth yumuşak kil	2.80	17000	0.495	5686	4374	71412	0.495	23884	18337	44.68	2.44
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabanth yumuşak-orta katı kil	5.20	26000	0.495	8696	6522						
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabanth çok katı kil	3.00	73000	0.495	24415	18781						
	Açık bej, az karbonat içerikli, çok katı-sert kil	8.50	91000	0.495	30435	23411						
	Yeşilimsi gri, yer yer kum arabanth sert kil	2.50	130000	0.495	43478	33445						
	Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabanth çok katı-sert kil	3.00	95000	0.495	31773	24440						

Nihai Oturma (mm) : 2.44
Deney Yükü Oturması (mm) : 2.44

EK 106: 7 no.'lu deney kazığının Tomlinson (2008) Yaklaşımı ile oturma hesabı

7 NO.'LU VERİ - TOMLİNSON (2008) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.65
Kazık Uzunluğu (m)	25.00
Birim Çevre Alanı (m²)	2.0420
Nihai Taşıma Gücü (ton)	277.00
Azami Deney Yükü (ton)	277.00

Kazık Tipi		Fore
Çalışma Şekli		Basınç
Qs,ult	2281.14	kN
Qb,ult	438.02	kN
Ip	0.5	

E_p	3250000

Çevre (Sürtünme)

Tabaka	Kalınlık (m)	E_{s0} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. E_{s0} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
Açık bej, yer yer jips arabantlı yumuşak kil	2.80	17000	0.495	5686	71412	0.4950	23884	44.68	10.02
Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı yumuşak-orta katı kil	5.20	26000	0.495	8696					
Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı çok katı kil	3.00	73000	0.495	24415					
Açık bej, az karbonat içerikli, çok katı-sert kil	8.50	91000	0.495	30435					
Yeşilimsi gri, yer yer kum arabantlı sert kil	2.50	130000	0.495	43478					
Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	3.00	95000	0.495	31773					

Nihai Oturma (mm) : 10.02
Deney Yükü Oturması (mm) : 10.02

EK 107: 7 no.'lu deney kazığının Das (2007) Yaklaşımı ile oturma hesabı

7 NO.'LU VERİ - DAS (2007) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.65
Kazık Uzunluğu (m)	25.00
Birim Çevre Alanı (m²)	2.0420
Nihai Taşıma Gücü (ton)	277.00
Azami Deney Yükü (ton)	277.00

E_p	3250000

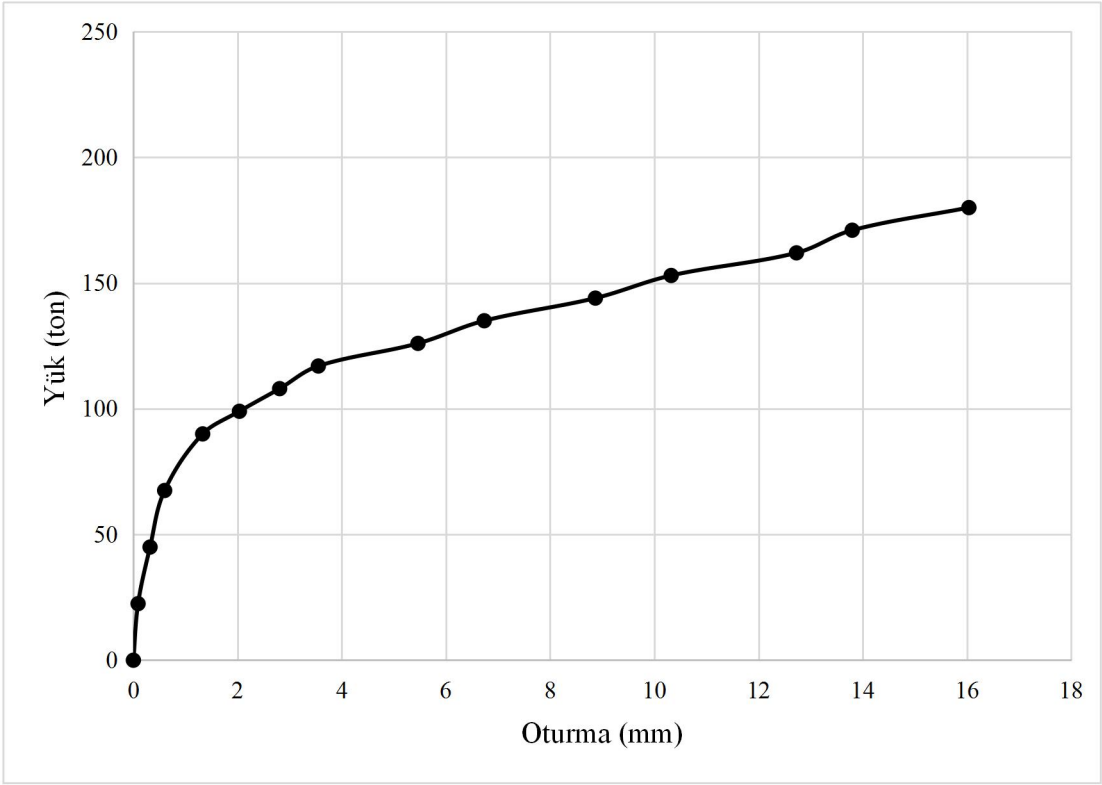
Kazık Tipi		Fore
Çalışma Şekli		Basınç
Qs,ult	2281.14	kN
Qb,ult	438.02	kN
I_b	0.85	
ξ	0.5	
I_s	4.1706	

Çevre (Sürtünme)

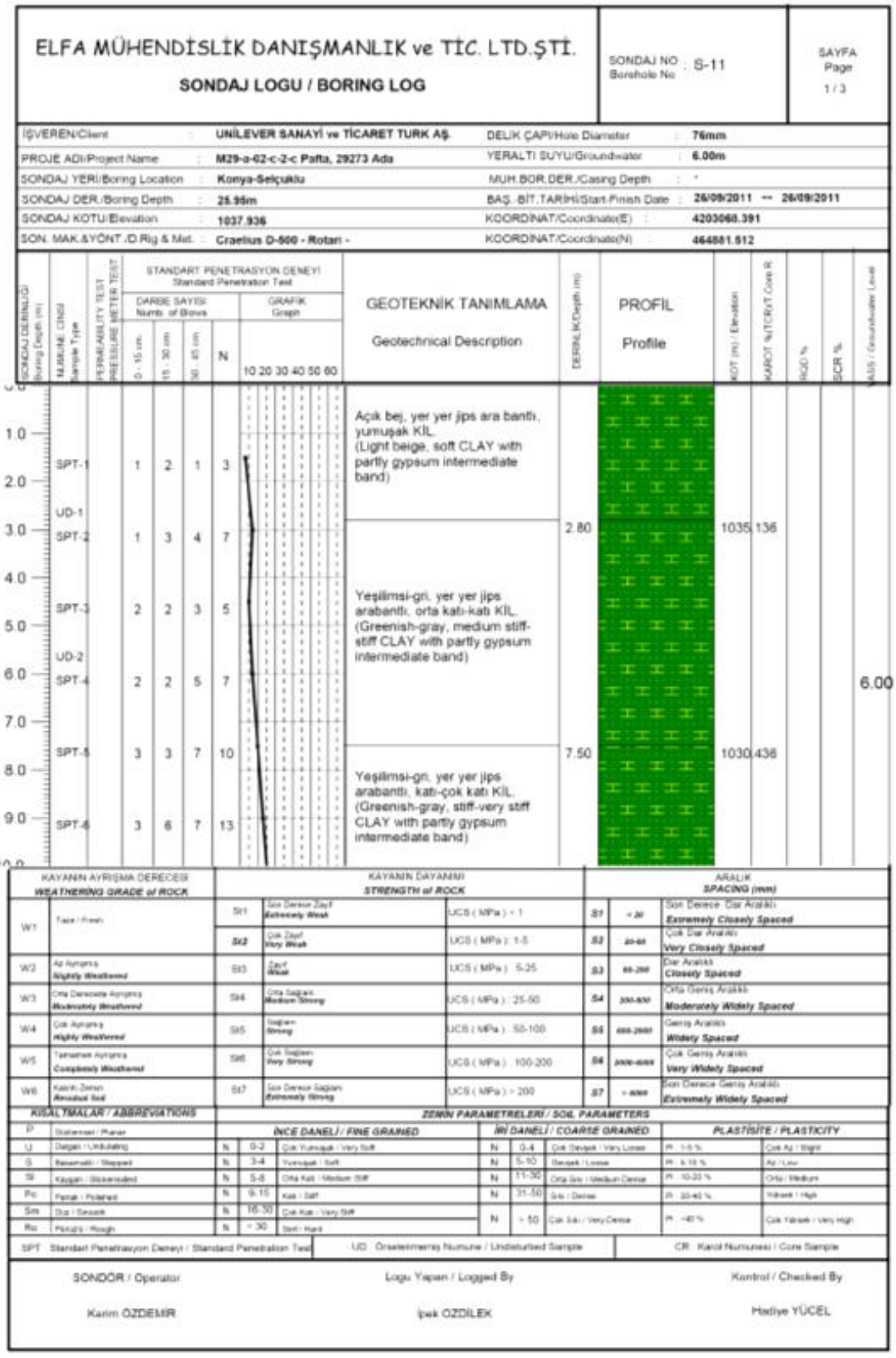
Tabaka	Kalınlık (m)	E_{s0} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. E_{s0} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Yanal Gerilme (kPa)	δ_p (mm)	δ_b (mm)	δ_s (mm)
Açık bej, yer yer jips arabantlı yumuşak kil	2.80	17000	0.495	5686	71412	0.4950	23884	44.68	36.59	0.17	4.33
Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı yumuşak-orta katı kil	5.20	26000	0.495	8696							
Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı çok katı kil	3.00	73000	0.495	24415							
Açık bej, az karbonat içerikli, çok katı-sert kil	8.50	91000	0.495	30435							
Yeşilimsi gri, yer yer kum arabantlı sert kil	2.50	130000	0.495	43478							
Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	3.00	95000	0.495	31773							

Nihai Oturma (mm) :	**36.59**
Deney Yükü Oturması (mm) :	**36.59**

EK 108: 8 no.'lu deney kazığı yük oturma grafiği



EK 109: 8 no.'lu deney kazığı sondaj logu



ELFA MÜHENDİSLİK DANIŞMANLIK ve TİC. LTD.ŞTİ.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : S-11

SAYFA / Page 1 / 3

İŞVEREN/Client	: UNİLEVER SANAYİ ve TİCARET TURK AŞ.	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	: 76mm
PROJE ADI/Project Name	: M29-a-02-c-2-c Pafta, 29273 Ada	YERALTI SUYU/Groundwater	: 6.00m
SONDAJ YERİ/Boring Location	: Konya-Selçuklu	MUH.BOR.DER./Casing Depth	: "
SONDAJ DER./Boring Depth	: 25.95m	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	: 26/09/2011 -- 26/09/2011
SONDAJ KOTU/Elevation	: 1037.936	KOORDİNAT/Coordinate(E)	: 4203068.391
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: Craelius D-500 - Rotari -	KOORDİNAT/Coordinate(N)	: 464881.512

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	PERMEABILITY TEST PRESSURE METER TEST	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test: DARBE SAYISI Numb. of Blows 0-15 cm.	15-30 cm.	30-45 cm.	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	GEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT %/TCR/RQT Core R.	RQD %	SCR %	KASS / Groundwater Level
1.0	SPT-1		1	2	1	3		Açık bej, yer yer jips ara bantlı, yumuşak KİL (Light beige, soft CLAY with partly gypsum intermediate band)							
2.0	UD-1														
3.0	SPT-2		1	3	4	7			2.80		1035.136				
4.0	SPT-3		2	2	3	5		Yeşilimsi-gri, yer yer jips arabantlı, orta katı-katı KİL (Greenish-gray, medium stiff-stiff CLAY with partly gypsum intermediate band)							
5.0	UD-2														
6.0	SPT-4		2	2	5	7									6.00
7.0	SPT-5		3	3	7	10			7.50		1030.436				
8.0								Yeşilimsi-gri, yer yer jips arabantlı, katı-çok katı KİL (Greenish-gray, stiff-very stiff CLAY with partly gypsum intermediate band)							
9.0	SPT-6		3	6	7	13									

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING GRADE of ROCK		KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK			ARALIK / SPACING (mm)		
W1	Taze / Fresh	S1	Son Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
		S2	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa) 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered	S3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered	S4	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa) 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered	S5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered	S6	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa) 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil	S7	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS		ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS							
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
P	Düzlemsel / Planar	N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI 1-5 %	Çok Az / Slight
U	Dalgalı / Undulating	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI 5-10 %	Az / Low
St	Kaygan / Slickensided	N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI 10-20 %	Orta / Medium
Po	Pürüzlü / Polished	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI 20-40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / Smooth	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI >40 %	Çok Yüksek / Very High
Ro	Pürüzlü / Rough	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDOR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek ÖZDİLEK	Hatiye YÜCEL

ELFA MÜHENDİSLİK DANIŞMANLIK ve TİC. LTD.ŞTİ.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : S-11

SAYFA / Page 2 / 3

İŞVEREN/Client	: UNİLEVER SANAYİ ve TİCARET TURK AŞ.	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	: 76mm
PROJE ADI/Project Name	: M29-a-02-c-2-c Pafta, 29273 Ada	YERALTI SUYU/Groundwater	: 6.00m
SONDAJ YERİ/Boring Location	: Konya-Selçuklu	MUH.BOR.DER./Casing Depth	: -
SONDAJ DER./Boring Depth	: 25.95m	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	: 26/09/2011 -- 26/09/2011
SONDAJ KOTU/Elevation	: 1037.936	KOORDİNAT/Coordinate(E)	: 4203068.391
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: Craelius D-500 - Rotari -	KOORDİNAT/Coordinate(N)	: 464881.512

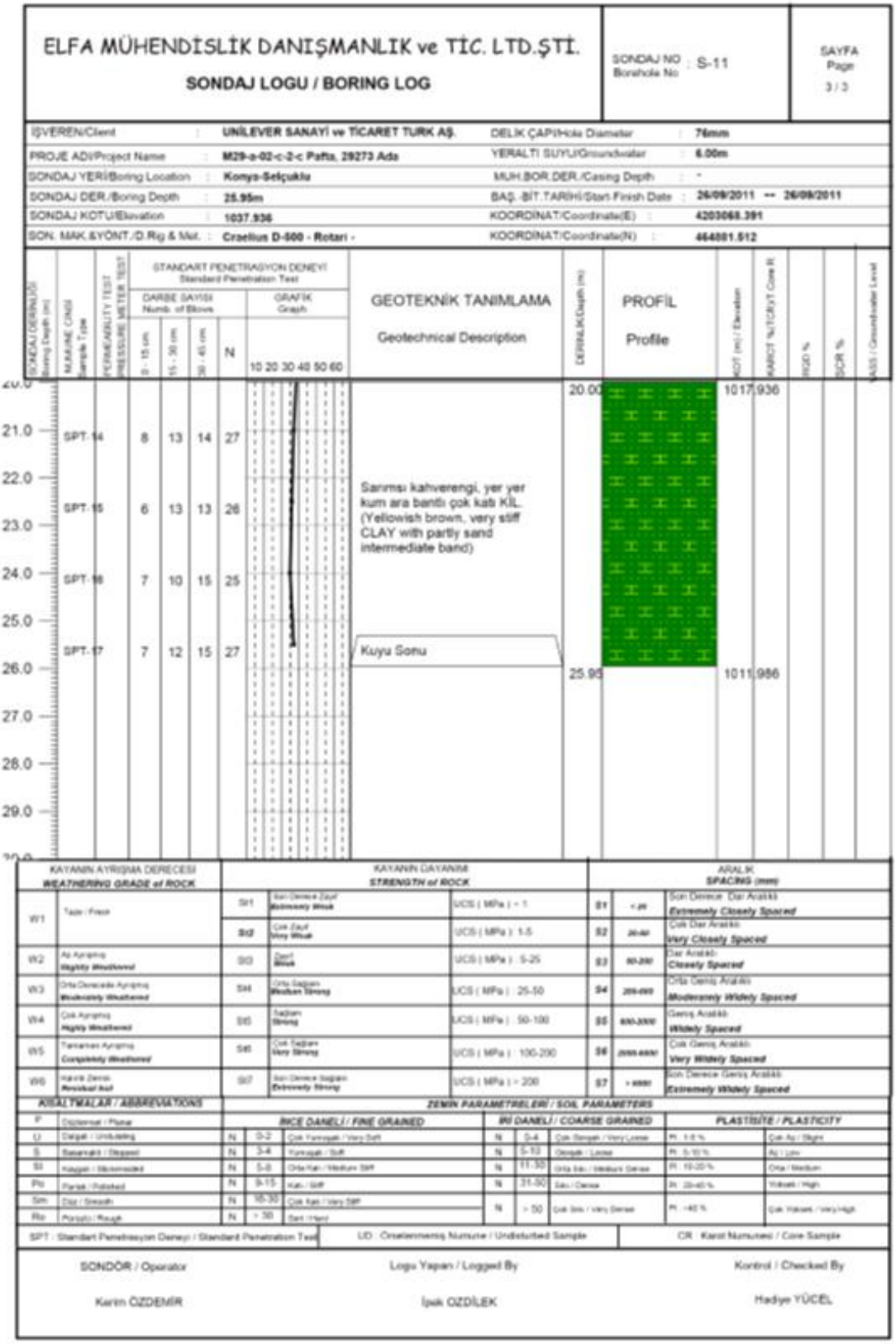
SONDAJ DERİNLİĞİ (Boring Depth (m))	NUMUNE CİNSİ (Sample Type)	PERMEABILITY TEST PRESSURE METER TEST	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standard Penetration Test: DARBE SAYISI Numb. of Blows 0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	GEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	DERİNLİK(Depth (m))	PROFİL Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT %/TCR/%T Core R	RQD %	SCR %	YASS / Groundwater Level
1.0	SPT-7		5	6	10	16		Yeşilimsi-gri, yer yer jips arabantlı, katı-çok katı KİL. (Greenish-gray, stiff-very stiff CLAY with partly gypsum intermediate band)							
2.0	SPT-8		6	10	11	21									
3.0															
4.0	SPT-9		7	8	10	18									
5.0	SPT-10		8	9	9	18			15.00		1022.936				
6.0								Yeşilimsi-gri, yer yer jips arabantlı, çok katı-sert KİL. (Greenish-gray, very stiff-hard CLAY with partly gypsum intermediate band)							
7.0	SPT-11		10	10	12	22									
8.0	SPT-12		11	14	15	29									
9.0	SPT-13		9	13	16	29									

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING GRADE of ROCK		KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK			ARALIK / SPACING (mm)		
W1	Taze / Fresh	S1	Son Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
		S2	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa) 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered	S3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered	S4	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa) 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered	S5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered	S6	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa) 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil	S7	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS		ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS							
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
P	Düzlemsel / Planar								
U	Dalgalı / Undulating	N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI 1-5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / Stepped	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI 5-10 %	Az / Low
Sl	Kaygan / Slickensided	N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI 10-20 %	Orta / Medium
Pol	Parlak / Polished	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI 20-40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / Smooth	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI >40 %	Çok Yüksek / Very High
Ro	Pürüzlü / Rough	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD : Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek OZDİLEK	Hadiye YÜCEL



ELFA MÜHENDİSLİK DANIŞMANLIK ve TİC. LTD.ŞTİ.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ NO / Borehole No : S-11

SAYFA / Page 3 / 3

İŞVEREN/Client	: UNİLEVER SANAYİ ve TİCARET TURK AŞ.	DELİK ÇAPI/Hole Diameter	: 76mm
PROJE ADI/Project Name	: M29-a-02-c-2-c Pafta, 29273 Ada	YERALTI SUYU/Groundwater	: 6.00m
SONDAJ YERİ/Boring Location	: Konya-Selçuklu	MUH.BOR.DER./Casing Depth	: -
SONDAJ DER./Boring Depth	: 25.95m	BAŞ.-BİT.TARİHİ/Start-Finish Date	: 26/09/2011 -- 26/09/2011
SONDAJ KOTU/Elevation	: 1037.936	KOORDİNAT/Coordinate(E)	: 4203068.391
SON. MAK.&YÖNT./D.Rig & Met.	: Craelius D-500 - Rotari -	KOORDİNAT/Coordinate(N)	: 464881.512

DERİNLİK/Depth (m)	NUMUNE CİNSİ / Sample Type	PERMEABILITY TEST / PRESSURE METER TEST	STANDART PENETRASYON DENEYİ / Standard Penetration Test: DARBE SAYISI / Numb. of Blows 0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	GRAFİK / Graph 10 20 30 40 50 60	GEOTEKNİK TANIMLAMA / Geotechnical Description	DERİNLİK/Depth (m)	PROFİL / Profile	KOT (m) / Elevation	KAROT %/TCR/y1 Core R.	RQD %	SCR %	YASS / Groundwater Level
20.0									20.00		1017.936				
21.0	SPT-14		8	13	14	27		Sarımsı kahverengi, yer yer kum ara bantlı çok katı KİL. (Yellowish brown, very stiff CLAY with partly sand intermediate band)							
22.0															
23.0	SPT-15		6	13	13	26									
24.0	SPT-16		7	10	15	25									
25.0	SPT-17		7	12	15	27		Kuyu Sonu							
26.0									25.95		1011.986				
27.0															
28.0															
29.0															
30.0															

KAYANIN AYRIŞMA DERECESİ / WEATHERING GRADE of ROCK		KAYANIN DAYANIMI / STRENGTH of ROCK			ARALIK / SPACING (mm)		
W1	Taze / Fresh	St1	Kolı Derece Zayıf / Extremely Weak	UCS (MPa) < 1	S1	< 20	Son Derece Dar Aralıklı / Extremely Closely Spaced
		St2	Çok Zayıf / Very Weak	UCS (MPa) 1-5	S2	20-60	Çok Dar Aralıklı / Very Closely Spaced
W2	Az Ayrışmış / Slightly Weathered	St3	Zayıf / Weak	UCS (MPa) 5-25	S3	60-200	Dar Aralıklı / Closely Spaced
W3	Orta Derecede Ayrışmış / Moderately Weathered	St4	Orta Sağlam / Medium Strong	UCS (MPa) 25-50	S4	200-600	Orta Geniş Aralıklı / Moderately Widely Spaced
W4	Çok Ayrışmış / Highly Weathered	St5	Sağlam / Strong	UCS (MPa) 50-100	S5	600-2000	Geniş Aralıklı / Widely Spaced
W5	Tamamen Ayrışmış / Completely Weathered	St6	Çok Sağlam / Very Strong	UCS (MPa) 100-200	S6	2000-6000	Çok Geniş Aralıklı / Very Widely Spaced
W6	Kalıntı Zemin / Residual Soil	St7	Son Derece Sağlam / Extremely Strong	UCS (MPa) > 200	S7	> 6000	Son Derece Geniş Aralıklı / Extremely Widely Spaced

KISALTMALAR / ABBREVIATIONS		ZEMİN PARAMETRELERİ / SOIL PARAMETERS							
		İNCE DANELİ / FINE GRAINED			İRİ DANELİ / COARSE GRAINED			PLASTİSİTE / PLASTICITY	
P	Dişlenmiş / Plane								
U	Dalgalı / Undulating	N	0-2	Çok Yumuşak / Very Soft	N	0-4	Çok Gevşek / Very Loose	PI : 1-5 %	Çok Az / Slight
S	Basamaklı / Stepped	N	3-4	Yumuşak / Soft	N	5-10	Gevşek / Loose	PI : 5-10 %	Az / Low
Sl	Kaygan / Slickensided	N	5-8	Orta Katı / Medium Stiff	N	11-30	Orta Sıkı / Medium Dense	PI : 10-20 %	Orta / Medium
Po	Pürüzlü / Polished	N	9-15	Katı / Stiff	N	31-50	Sıkı / Dense	PI : 20-40 %	Yüksek / High
Sm	Düz / Smooth	N	16-30	Çok Katı / Very Stiff	N	> 50	Çok Sıkı / Very Dense	PI : >40 %	Çok Yüksek / Very High
Ro	Pürüzlü / Rough	N	> 30	Sert / Hard					

SPT : Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test | UD : Orselenmemiş Numune / Undisturbed Sample | CR : Karot Numunesi / Core Sample

SONDÖR / Operator	Logu Yapan / Logged By	Kontrol / Checked By
Kerim ÖZDEMİR	İpek OZDİLEK	Hadiye YÜCEL

EK 110: 8 no.'lu deney kazığı Decourt (1995) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

7 NO.'LU DENEY KAZIĞI - DECOURT (1995) YÖNTEMİ İLE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.65
Kazık Uzunluğu (m)	30.30
Birim Çevre Alanı (m²)	2.0420
Kazık Tipi	Fore
Çalışma Şekli	Basınç

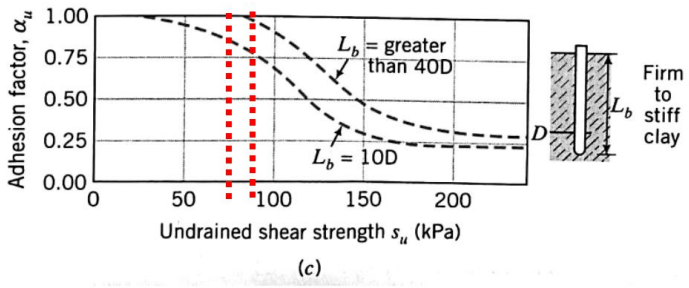
	Tabaka	Kalınlık (m)	Is (MPa)	qu (MPa)	SPT-N(ort)	N(60)	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Açık bej, yer yer jips arabantlı yumuşak kil	2.95	-	-	3	2.3	98.19	98.19
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı orta katı-katı kil	4.70	-	-	6	4.5	216.90	315.10
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı çok katı kil	7.50	-	-	16	12.0	667.75	982.84
	Yeşilimsi gri, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	5.00	-	-	24	18.0	616.69	1599.54
	Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	10.15	-	-	27	20.3	1382.47	2982.00

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**303.00**

EK 111: 8 no.'lu deney kazığı Tomlinson yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

7 NO.'LU DENEY KAZIĞI - TOMLINSON YÖNTEMİ İLE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.65
Kazık Uzunluğu (m)	30.30
Birim Çevre Alanı (m²)	2.0420
Kazık Tipi	Çakma
Çalışma Şekli	Çekme



(c)

	Tabaka	Kalınlık (m)	SPT-N(ort)	Cu (kPa)	α	Tabaka Taşıma Gücü (kN)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Açık bej, yer yer jips arabantlı yumuşak kil	2.95	3	13	1	78.31	78.31
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı yumuşak-orta katı kil	4.70	6	26	1	249.54	327.85
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı çok katı kil	7.50	16	69	1	1056.75	1384.60
	Açık bej, az karbonat içerikli, çok katı-sert kil	5.00	24	104	0.875	929.13	2313.73
	Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	10.15	27	117	0.8	1940.02	4253.74

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**433**

EK 112: 8 no.'lu deney kazığı Vijayvergia ve Fotch (1972) yöntemine göre taşıma gücü hesap tablosu

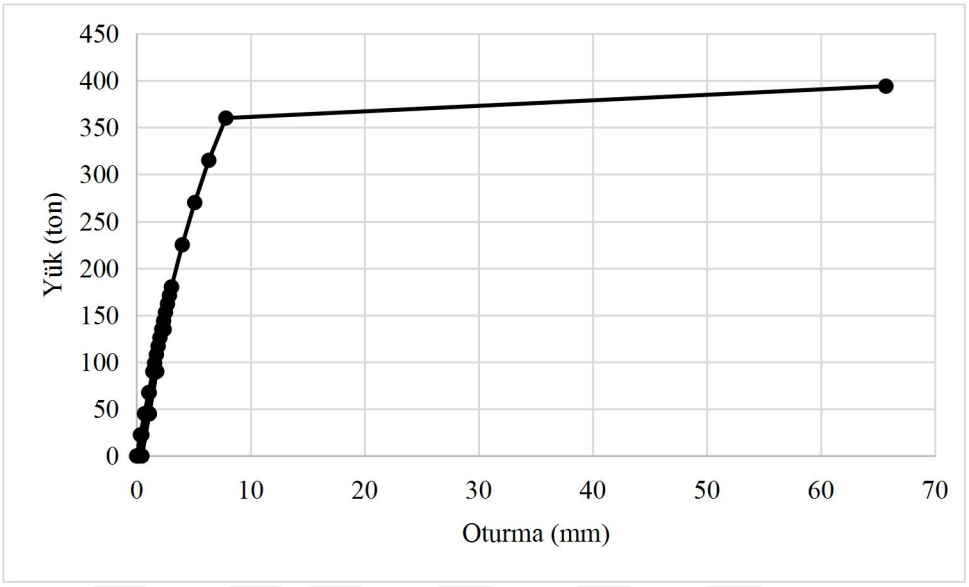
7 NO.'LU DENEY KAZIĞI - VIJAYVERGIA VE FOTCH (1972) TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Kazık Özellikleri	
Kazık Çapı (m)	0.65
Kazık Uzunluğu (m)	30.30
Birim Çevre Alanı (m²)	2.0420
Kazık Tipi	Çakma
Çalışma Şekli	Çekme

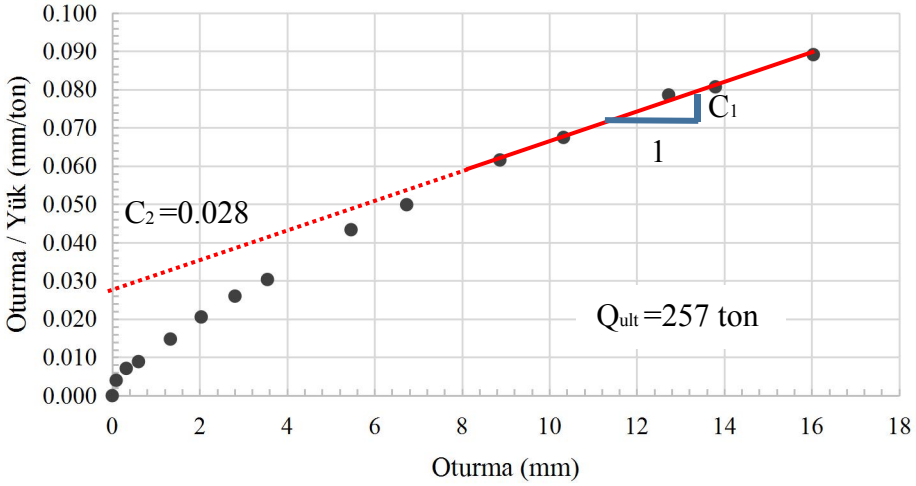
	Tabaka	Kalınlık (m)	SPT-N(ort)	Cu (kPa)	cu x L	Ağırlıklı Ortalama cu (kPa)	Kümülatif Taşıma Gücü (kN)
Çevre (Sürtünme) Direnci	Açık bej, yer yer jips arabantlı yumuşak kil	2.95	3	13	38.35	79	3084.65
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı yumuşak-orta katı kil	4.70	6	26	122.2		
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı çok katı kil	7.50	16	69	517.5		
	Açık bej, az karbonat içerikli, çok katı-sert kil	5.00	24	104	520		
	Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	10.15	27	117	1187.6		

Nihai Taşıma Gücü (ton):	**314**

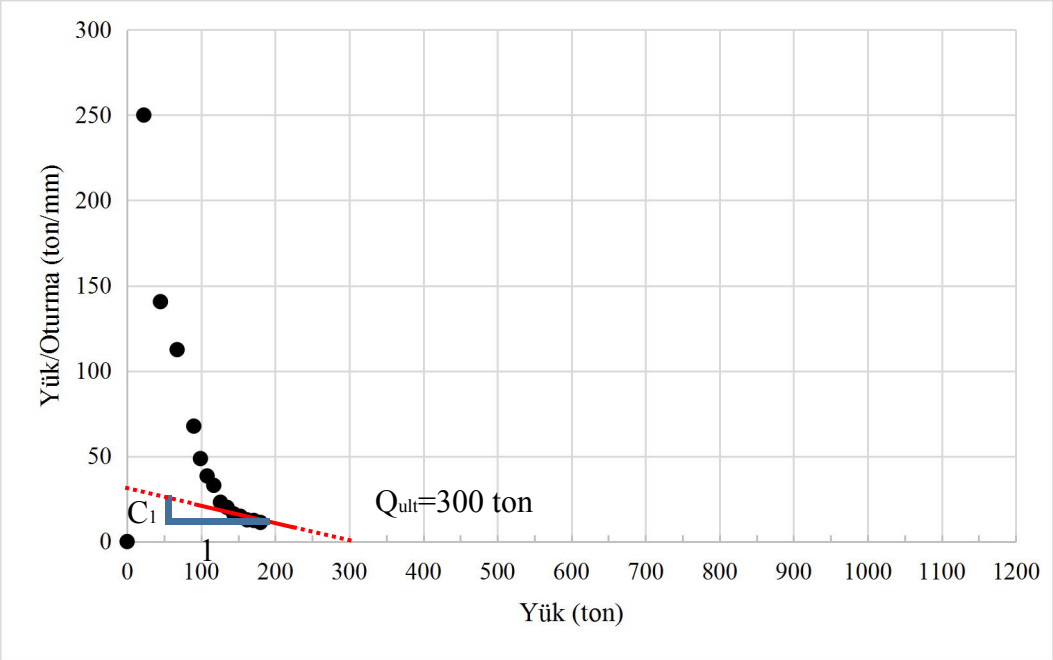
EK 113: 8 no.'lu deney kazığının sonlu eleman yöntemine göre yük-oturma grafiği



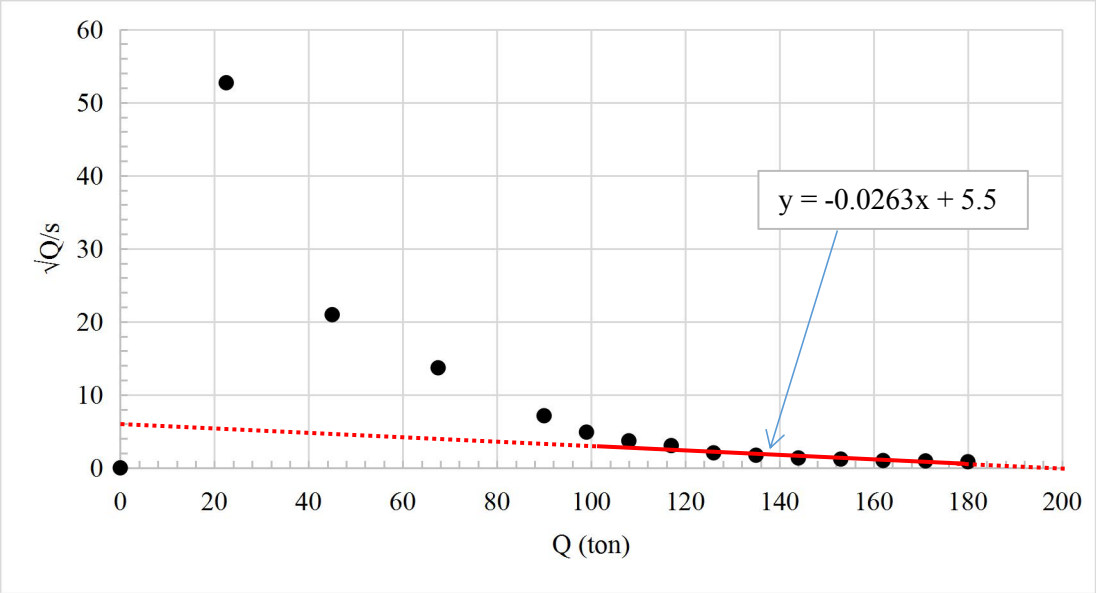
EK 114: 8 no.'lu deney kazığında Chin-Kondner (1970) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



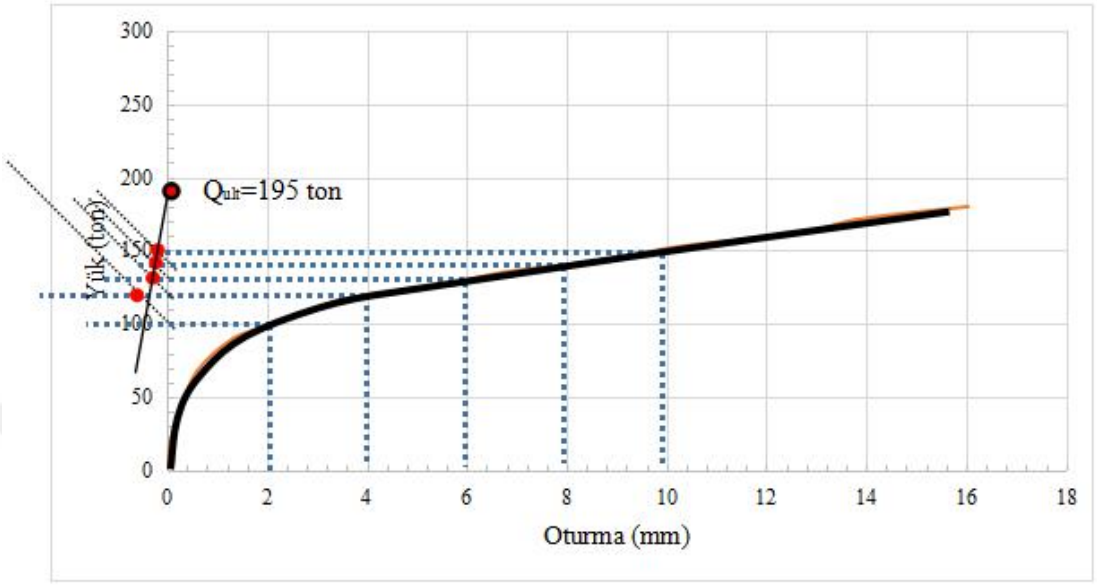
EK 115: 8 no.'lu deney kazığında Decourt (1999) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



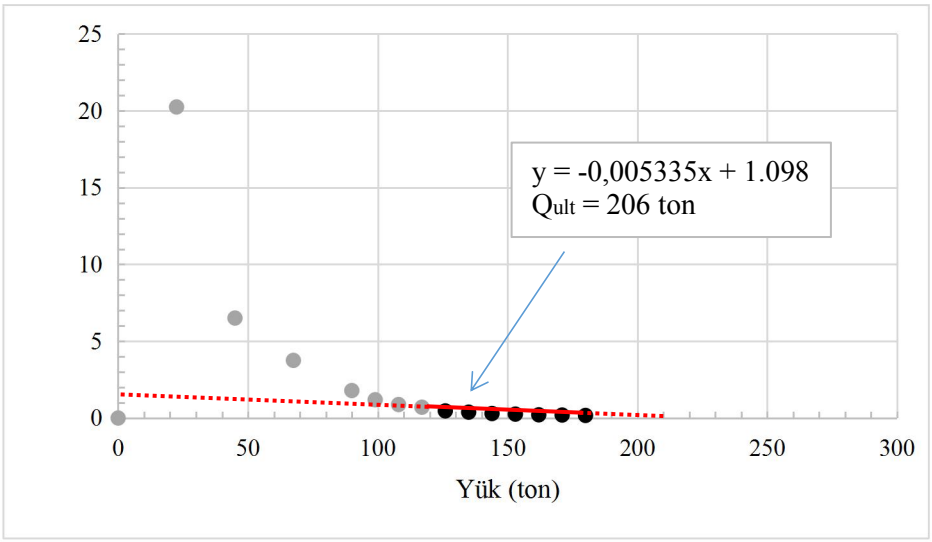
EK 116: 8 no.'lu deney kazığında Özkan-Alku (2006) yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 117: 8 no.'lu deney kazığında Mazurkiewicz yöntemi ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 118: 8 no.'lu deney kazığında önerilen yöntem ile nihai taşıma gücü değerlendirmesi



EK 119: 8 no.'lu deney kazığının Poulus ve Davis (1980) Doğrusal Elastik Ortam Yaklaşımı ile oturma hesabı

8 NO.'LU VERİ - DOĞRUSAL ELASTİK ORTAM YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI (POULUS VE DAVIS)

Kazık Özellikleri			
Kazık Çapı (m)	0.65	Kazık Tipi	Fore
Kazık Uzunluğu (m)	30.30	Çalışma Şekli	Basınç
Birim Çevre Alanı (m²)	2.0420		
Nihai Taşıma Gücü (ton)	303		
Azami Deney Yükü (ton)	180		

Ep	3250000
Es	78733
Eb	26000
L/d	46.61538462
d	0.65
K	41.279
νs	0.4950

β_0	0.056
C_K	0.15
Cb	2
Cv	0.75
β	0.0126

I_0	0.075
R_K	3
Rb	0.97
Rv	0.96
I	0.20952

Qs,ult	2982.00 kN
Qb,ult	0.00 kN

Çevre Oturması : 12.36 mm Uç Oturması : 0.00 mm

Nihai Oturma (mm) : 12.36
Deney Yükü Oturması (mm) : 7.35

EK 120: 8 no.'lu deney kazığının Scott (1981) Yay Modeli ile oturma hesabı

8 NO.'LU VERİ - SCOTT YAY MODELİ İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri			
Kazık Çapı (m)	0.65	Kazık Tipi	Fore
Kazık Uzunluğu (m)	30.30	Çalışma Şekli	Basınç
Birim Çevre Alanı (m²)	2.0420	Qs,ult	2982 kN
Nihai Taşıma Gücü (ton)	303	Qb,ult	0 kN
Azami Deney Yükü (ton)	180		

E_p	3250000

Çevre (Sürtünme)	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{50} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Yay Katsayısı (kN/m³)	Ağr. Ort. E_{50} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. Yay Katsayısı (kN/m³)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
	Açık bej, yer yer jips arabantlı yumuşak kil	2.95	13000	0.495	4348	3344	78733	0.495	26332	20229	48.20	2.38
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı yumuşak-orta katı kil	4.70	26000	0.495	8696	6522						
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı çok katı kil	7.50	69000	0.495	23077	17751						
	Yeşilimsi gri, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	5.00	104000	0.495	34783	26756						
	Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	10.15	117000	0.495	39130	30100						

Nihai Oturma (mm) : 2.38
Deney Yükü Oturması (mm) : 1.42

EK 121: 1 no.'lu deney kazığının Tomlinson (2008) Yaklaşımı ile oturma hesabı

8 NO.'LU VERİ - TOMLİNSON (2008) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri				
Kazık Çapı (m)	0.65	Kazık Tipi		Fore
Kazık Uzunluğu (m)	30.30	Çalışma Şekli		Basınç
Birim Çevre Alanı (m²)	2.0420	Qs,ult	2982.00	kN
Nihai Taşıma Gücü (ton)	303.00	Qb,ult	0.00	kN
Azami Deney Yükü (ton)	180.00	Ip	0.5	

E_p	3250000

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{s0} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. E_{s0} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	Oturma (mm)
Çevre (Sürtünme)	Açık bej, yer yer jips arabantlı yumuşak kil	2.95	13000	0.495	4348	78733	0.4950	26332	48.20	0.22
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı yumuşak-orta katı kil	4.70	26000	0.495	8696					
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı çok katı kil	7.50	69000	0.495	23077					
	Yeşilimsi gri, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	5.00	104000	0.495	34783					
	Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	10.15	117000	0.495	39130					

Nihai Oturma (mm) : 0.22
Deney Yükü Oturması (mm) : 0.13

EK 122: 8 no.'lu deney kazığının Das (2007) Yaklaşımı ile oturma hesabı

8 NO.'LU VERİ - DAS (2007) YAKLAŞIMI İLE OTURMA HESABI

Kazık Özellikleri					
Kazık Çapı (m)	0.65		Kazık Tipi		Fore
Kazık Uzunluğu (m)	30.30		Çalışma Şekli		Basınç
Birim Çevre Alanı (m²)	2.0420		Qs,ult	2982.00	kN
Nihai Taşıma Gücü (ton)	303.00		Qb,ult	0.00	kN
Azami Deney Yükü (ton)	180.00		I_b	0.85	
			ξ	0.5	
E_p	3250000		I_s	4.3896	

	Tabaka	Kalınlık (m)	E_{s0} (kPa)	Poisson Oranı (v)	Kayma Modülü (kPa)	Ağr. Ort. E_{s0} (kPa)	Ağr. Ort. Poisson Oranı (v)	Ağr. Ort. Kayma Modülü (kPa)	Kazık Boyunca Ortalama Gerilme (kPa)	δ_p (mm)	δ_b (mm)	δ_s (mm)
Çevre (Sürtünme)	Açık bej, yer yer jips arabantlı yumuşak kil	2.95	13000	0.495	4348	78733	0.4950	26332	48.20	41.89	0.00	5.96
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı yumuşak-orta katı kil	4.70	26000	0.495	8696							
	Yeşilimsi gri, yer yer jips arabantlı çok katı kil	7.50	69000	0.495	23077							
	Yeşilimsi gri, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	5.00	104000	0.495	34783							
	Sarımsı kahverengi, yer yer kum arabantlı çok katı-sert kil	10.15	117000	0.495	39130							

Nihai Oturma (mm) : 41.89
Deney Yükü Oturması (mm) : 24.89

ÖZGEÇMİŞ

Halil Kabaca, 19.02.1990'da İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğremimini İstanbul'da tamamladı. Bahçelievler Lisesi'nden 2007 yılında mezun oldu. 2008 yılında başladığı Dumlupınar Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü 2013 yılında bitirdi. Yine 2013 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Geoteknik Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Lisans mezuniyetinden sonra özel sektörde çeşitli görevlerde çalışmaya başladı. Halen özel sektörde yapı ve geoteknik tasarımcı inşaat mühendisi olarak çalışmaktadır.