İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

STATİK VE DİNAMİK KAZIK YÜKLEME DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa MERT

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Geoteknik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ahmet Oğuz TAN

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

STATİK VE DİNAMİK KAZIK YÜKLEME DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa MERT
(501091324)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Geoteknik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ahmet Oğuz TAN

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091324 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Mustafa MERT,** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"STATİK VE DİNAMİK KAZIK YÜKLEME DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Doç. Dr. Ahmet Oğuz TAN** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Doç. Dr. Recep İYİSAN** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Yrd. Doç. Dr. Sadık ÖZTOPRAK İstanbul Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **06 Haziran 2012**

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tezinde, fore kazıklara uygulanan statik ve dinamik yükleme deneylerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılmış ve elde edilen veriler ile taşıma gücü hesapları yapılmıştır.

Tez çalışmalarım boyunca gösterdiği maddi manevi her türlü destek ve yardımdan dolayı değerli hocam Sayın Doç.Dr.A.Oğuz Tan'a teşekkürü bir borç bilirim.

Dinamik yükleme deneylerinde analizlerin yapıldığı DLTWAVE programını öğrenmeme vesile olan Sn. İhsan MERT'e teşekkür ederim.

Statik ve dinamik deneylerin uygulama aşamalarında bana yardımcı olan tüm TEMELTAŞ çalışanlarına teşekkür ederim.

Tezin oluşturulmasında her türlü desteğini sunan aileme çok teşekkür ederim.

Mayıs 2012

Mustafa MERT
(İnş. Müh.)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
KISALTMALAR ..... **ix**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xi**
ÖZET ..... **xvii**
SUMMARY ..... **xix**
1. GİRİŞ **1**
2. KAZIKLAR **3**
2.1 Kazık Çeşitleri 3
2.1.1 Ahşap Kazıklar 3
2.1.2 Betonarme Kazıklar 3
2.1.2.1 Prefabrik Kazıklar 3
2.1.2.2 Yerinde Dökme Betonarme Kazıklar 4
2.1.3 Çelik Kazıklar 5
2.2 Kazıklı Temel Tasarımı 6
2.3 Kazık Taşıma Gücü, ... 7
2.3.1 Statik Yöntemler 8
2.3.1.1 Kohezyonsuz Zeminlerde Kazık Taşıma Gücü 8
2.3.1.2 Kohezyonlu Zeminlerde Kazık Taşıma Gücü 11
2.3.2 Dinamik Kazık Formülleri 14
2.3.2.1 Sanders Formülü 14
2.3.2.2 Engineering News Formülü 15
2.3.2.3 Dutch ve Ritter Formülleri 15
2.3.2.4 Brix Formülü 16
2.3.2.5 Hiley Formülü 16
2.3.3 Arazi Deneylerinden Kazık Taşıma Gücü 17
2.3.3.1 Koni Penetrasyon Deneyi 17
2.3.3.2 Standart Penetrasyon Deneyi 19
3. KAZIK YÜKLEME DENEYLERİ **21**
3.1 Statik Yükleme Deneyleri 21
3.1.1 Statik Yükleme Deneyi Yapım Yöntemleri 23
3.1.1.1 Kademeli Yavaş Yükleme Deneyi (ML) 23
3.1.1.2 Sabit Penetrasyon Oranlı Yükleme Deneyi (CRP) 24
3.1.1.3 Çevirmeli Yükleme Deneyi (CL) 24
3.1.1.4 Hızlı Kademeli Yükleme Deneyi 24
3.1.1.5 Deney Yöntemlerinin Karşılaştırılması 24
3.1.2 Kazık Yükleme Deneylerinden Taşıma Gücü Hesabı 25
3.1.2.1 Davisson Yöntemi 26
3.1.2.2 Brinch Hansen %80 Yöntemi 27
3.1.2.3 Chin Kondner Yöntemi 28
3.1.2.4 Mazurkiewicz Yöntemi 30

3.1.2.5 De Beer Yöntemi 30
3.1.2.6 Decourt Yöntemi 31
3.2 Dinamik Yükleme Deneyleri 31
3.2.1 Case Yöntemi 34
3.2.1.1 Dalga Mekaniği 35
3.2.1.2 Case Yönteminde Direnç Hesabı 40
3.2.2 CAPWAP Sinyal Eşleştirme Yöntemi 41
4. YAPILMIŞ KAZIK YÜKLEME DENEYLERİ 45
4.1 Statik Yükleme Deneyleri 45
4.1.1 Libya Projesi 45
4.1.1.1 Genel Jeoloji 45
4.1.1.2 Deney Kazığı Özellikleri ve Zemin Koşulları 46
4.1.1.3 Fore Kazık Taşıma Gücü Hesabı 48
4.1.1.4 Deney Düzeneği 51
4.1.1.5 Yükleme Deney Programı 53
4.1.1.6 Deney Sonuçları 55
4.1.2 İskenderun Projesi 57
4.1.2.1 Genel Jeoloji 57
4.1.2.2 Deney Kazığı Özellikleri ve Zemin Koşulları 58
4.1.2.3 Fore Kazık Taşıma Gücü Hesabı 59
4.1.2.4 Deney Düzeneği 62
4.1.2.5 Deney Programı 64
4.1.3 Ambarlı Projesi 71
4.1.3.1 Zemin Kesiti 71
4.1.3.2 Deney Kazığı Özellkileri 73
4.1.3.3 Fore Kazık Taşıma Gücü Hesabı 73
4.1.3.4 Deney Düzeneği 74
4.1.3.5 Deney Programı 76
4.2 Dinamik Yükleme Deneyleri 81
4.2.1 Libya Projesi 81
4.2.1.1 DLT Ekipmanları 81
4.2.1.2 Deney Sonuçları 83
4.2.1.3 DLTWAVE Sinyal Eşleştirme Sonuçları 86
4.2.2 İskenderun Projesi 93
4.2.2.1 Deney Sonuçları 94
4.2.2.2 Sinyal Eşleştirme Sonuçları 99
5. DEĞERLENDİRME 111
5.1 Libya Projesi 112
5.2 İskenderun Projesi 115
5.3 Ambarlı Projesi 118
6. SONUÇ 121
KAYNAKLAR 125
EKLER 129
ÖZGEÇMİŞ 221

KISALTMALAR

A : Kazık enkesit alanı
A_t : Kazık uç alanı
A_s : Kazık çevre alanı
α : Adezyon katsayısı
B : Temel genişliği
c : Zemin kohezyonu
c_u : Ortalama drenajsız kohezyon
c_a : Birim adezyon
c : Dalga hızı
D : Kazık çapı
E : Elastisite modülü
e : Çarpma sayısı
F : Kuvvet
$F^{\uparrow}$: Yukarı seyahat eden kuvvet dalgası
$F^{\downarrow}$: Aşağı seyahat eden kuvvet dalgası
f_w : İzin verilen basınç dayanımı
f_s : Ortalama çevre sürtünme gerilmesi
J : Case sönümleme faktörü
K_s : Toprak basıncı katsayısı
K_t : Taban katsayısı
L : Kazık boyu
M : Kazık kütlesi
N_c, N_q ve N_γ : Zeminin kayma mukavemeti açısına bağlı taşıma gücü parametreleri
P : Kazık çevresi
R_t : Toplam direnç
R_d : Dinamik direnç
R_{cm} : Deneylerden elde edilen kazık nihai taşıma gücü
R_{ck} : Kazık karakteristik taşıma gücü
R_{cd} : Kazık tasarım taşıma gücü
Q_a : Kazık tasarım taşıma gücü
Q_{ult} : Kazık nihai taşıma gücü
Q_s : Çevre sürtünme direnci
Q_t : Uç direnci
q : Uç gerilmesi
V : Hız
$V^{\uparrow}$: Yukarı seyahat eden hız dalgası
$V^{\downarrow}$: Aşağı seyahat eden hız dalgası
Z : İmpedans
γ : Zemin birim hacim ağırlığı
ϕ' : İçsel sürtünme açısı
σ_v' : Efektif düşey gerilme
σ_h' : Normal efektif gerilme

$\boldsymbol{\delta}$: Zemin ile kazık arasındaki sürtünme açısı
$\boldsymbol{\delta_e}$: Kazığın elastik boy kısalması
$\boldsymbol{\delta_{ult}}$: Göçme yükünde oluşan deplasman

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Yerinde dökme betonarme kazıkların en küçük çapları 5
Çizelge 2.2 : Kohezyonsuz zeminlerdeki kazıklar için kazık taşıma gücü faktörleri.. 9
Çizelge 2.3 : N_q ve ϕ^a değerleri 10
Çizelge 2.4 : Kohezyonsuz zeminlerde K_s değerleri 11
Çizelge 2.5 : Adezyon katsayısı 13
Çizelge 2.6 : Şahmerdanlara göre c değerleri 15
Çizelge 2.7 : Çarpma sayıları (e) 17
Çizelge 2.8 : CPT için nihai çevre sürtünmesi korelasyonu 19
Çizelge 2.9 : CPT için taban katsayısı değerleri 19
Çizelge 2.10 : SPT için taban katsayısı (K_t) değerleri. 20
Çizelge 3.1 : Farklı zeminlerde sönümleme faktörü değerleri 41
Çizelge 4.1 : Deney programı (K1) 54
Çizelge 4.2 : Deney Programı (K2) 54
Çizelge 4.3 : Kritik yükler altındaki kazık başı oturma değerleri (K1) 55
Çizelge 4.4 : Kritik yükler altındaki kazık başı oturma değerleri (K2) 56
Çizelge 4.5 : Kazık taşıma gücü 57
Çizelge 4.6 : Sondaj log numaraları 58
Çizelge 4.7 : Zemin bilgisi 58
Çizelge 4.8 : Deney programı 65
Çizelge 4.9 : Oturma değerleri (P1) 66
Çizelge 4.10 : Oturma değerleri (P2) 67
Çizelge 4.11 : Oturma değerleri (P3) 67
Çizelge 4.12 : Oturma değerleri (P4) 67
Çizelge 4.13 : Kazık taşıma gücü 71
Çizelge 4.14 : Deney programı 77
Çizelge 4.15 : Kritik yükler altındaki kazık başı oturma değerleri (T1) 79
Çizelge 4.16 : Kritik yükler altındaki kazık başı oturma değerleri (T2) 79
Çizelge 4.17 : Kazık taşıma güçleri 81
Çizelge 4.18 : Ölçme verisi özeti 83
Çizelge 4.19 : Deney ile ilgili genel veriler ve kazık verileri 84
Çizelge 4.20 : Şaft ve uç zemin modeli girdisi. (K3) 89
Çizelge 4.21 : Statik direnç hesabı 90
Çizelge 4.22 : Şaft ve uç zemin modeli girdisi (K4) 92
Çizelge 4.23 : Statik direnç hesabı (K4) 93
Çizelge 4.24 : Sinyal eşleştirme sonuçları 93
Çizelge 4.25 : Ölçme verisi özeti 94
Çizelge 4.26 : Deney ile ilgili genel veriler ve kazık verileri 95
Çizelge 4.27 : Şaft ve uç zemin modeli girdisi (P1) 102
Çizelge 4.28 : Statik direnç hesabı (P1) 103
Çizelge 4.29 : Şaft ve uç zemin modeli girdisi (P2) 105
Çizelge 4.30 : Statik direnç hesabı (P2) 106
Çizelge 4.31 : Şaft ve uç zemin modeli girdisi (P3) 108

Çizelge 4.32 : Statik direnç hesabı (P3) 109
Çizelge 4.33 : Sinyal eşleştirme sonuçları 109
Çizelge 5.1 : Eurocode standardındaki düzeltme faktörü değeri 111
Çizelge 5.2 : Emniyet katsayısı değerleri (TSE ENV 1997-1) 112
Çizelge 5.3 : Emniyet katsayısı değerleri (TS 3167) 112
Çizelge 5.4 : Statik ve dinamik yükleme deneylerinden elde edilen kritik yükler altındaki oturma değerleri 113
Çizelge 5.5 : Kazık nihai taşıma gücü hesapları (Statik ve dinamik yükleme deneyleri) 114
Çizelge 5.6 : Teorik kazık tasarım taşıma gücü değerleri 114
Çizelge 5.7 : Kazık tasarım taşıma gücü hesapları (Statik ve Dinamik Yükleme Deneyleri) 115
Çizelge 5.8 : Kazık tasarım taşıma gücü hesapları (Statik yükleme deneyleri) 115
Çizelge 5.9 : Statik ve dinamik yükleme deneylerinden elde edilen kritik yükler altındaki oturma değerleri 116
Çizelge 5.10 : Kazık nihai taşıma gücü hesapları (Statik ve Dinamik Yükleme Deneyleri) 117
Çizelge 5.11 : Teorik kazık tasarım taşıma gücü değerleri 117
Çizelge 5.12 : Kazık tasarım taşıma gücü hesapları (Statik ve Dinamik Yükleme Deneyleri) 118
Çizelge 5.13 : Kazık tasarım taşıma gücü hesapları (Statik yükleme deneyleri) 118
Çizelge 5.14 : Kazık nihai taşıma gücü hesapları (Statik yükleme deneyleri)…..... 119
Çizelge 5.15 : Teorik kazık tasarım taşıma gücü değerleri 119
Çizelge 5.16 : Kazık tasarım taşıma gücü hesapları (Statik yükleme deneyleri) 119
Çizelge 5.17 : Kazık tasarım taşıma gücü hesapları (Statik yükleme deneyleri) …119
Çizelge B.1 : K1 Deney sonuçları 150
Çizelge B.2 : K2 Deney sonuçları 152
Çizelge B.3 : İskenderun P1 Deney sonuçları 155
Çizelge B.4 : İskenderun P2 Deney sonuçları 158
Çizelge B.5 : İskenderun P3 Deney sonuçları 162
Çizelge B.6 : İskenderun P4 Deney sonuçları 165
Çizelge B.7 : İSKİ T1 Deney sonuçları 168
Çizelge B.8 : İSKİ T2 Deney sonuçları 173

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Prefabrik betonarme kazıklar. 4
Şekil 2.2 : Adezyon katsayısı değerleri (Yıldırım, 2002) 13
Şekil 3.1 : Kazık başına kurulan platformun doğrudan yüklenmesi. 22
Şekil 3.2 : Mevcut bir yapıdan reaksiyon alarak hidrolik kriko ile yüklenmesi. 22
Şekil 3.3 : Kazıklarından reaksiyon alarak yüklenmesi. 23
Şekil 3.4 : Davisson yöntemi. 27
Şekil 3.5 : Brinch Hansen %80 Grafiği 28
Şekil 3.6 : Chin Kondner Grafiği 29
Şekil 3.7 : Mazurkiewicz Yöntemi 30
Şekil 3.8 : De Beer Yöntemi 30
Şekil 3.9 : Dalga Denklemi Analizlerinde Kullanılan Sayısal Model (Goble, 1986) 33
Şekil 3.10 : Zemin-kazık ara yüzeyi için Smith Modeli: a)Bi-lineer yaylar 34
Şekil 3.11 : Kuvvet ve hız ile zaman ilişkisinin tipik diyagramları (Hannigan, 1990).
Şekil 3.12 : Serbes uçlu kazıkta kuvvet ve hız ile zaman ilişkisi. 36
Şekil 3.13 : Yukarı seyahat eden dalga grafiği. 38
Şekil 3.14 : F-ZV grafiği. 40
Şekil 3.15 : PDA'den elde edilen örnek kuvvet-zaman ve hız-zaman grafikleri. 43
Şekil 3.16 : Ölçülen ve hesaplanan kuvvet-zaman grafiği (Rausche, 2010). 43
Şekil 3.17 : CAPWAP analizi sonucu yük-deplasman grafiği 44
Şekil 4.1 : Fore kazık sicil fişi (K1). 47
Şekil 4.2 : Fore kazık sicil fişi (K2). 48
Şekil 4.3 : Kazık yükleme deney kurulumu (K1). 52
Şekil 4.4 : Kazık yükleme deney kurulumu (K2). 53
Şekil 4.5 : Kazık başında ölçülen yük-oturma grafiği (K1). 56
Şekil 4.6 : Kazık başında ölçülen yük-oturma grafiği (K2). 56
Şekil 4.7 : Deney planı. 63
Şekil 4.8 : A-A kesiti. 64
Şekil 4.9 : Yük-Oturma Grafiği (P1) 68
Şekil 4.10 : Yük-Oturma Grafiği (P2) 69
Şekil 4.11 : Yük-oturma grafiği (P3). 69
Şekil 4.12 : Yük-oturma grafiği (P4). 70
Şekil 4.13 : SPT N30 sayılarının derinlikle değişimi. 72
Şekil 4.14 : Deney yerleşim planı ve deney düzeneği. 76
Şekil 4.15 : Yük-oturma grafiği (T1). 80
Şekil 4.16 : Yük-oturma grafiği (T2). 80
Şekil 4.17 : DLT ekipmanları. 82
Şekil 4.18 : Transdüserlerin montajı ve saha bilgisayarı. 82
Şekil 4.19 : Çekiç ve serbest düşme halkası detayı. 82
Şekil 4.20 : Kuvvet ve HızxİmpedansGrafiği ve Yukarı Seyahat Eden Dalga Grafiği 85
Şekil 4.21 : Kuvvet ve HızxİmpedansGrafiği ve Yukarı Seyahat Eden Dalga Grafiği

(K4). 86
Şekil 4.22 : Kazık başı ve kazık ucundaki yük deplasman grafiği (K1). 88
Şekil 4.23 : Kazık başı ve kazık ucundaki yük deplasman grafiği (K2). 90
Şekil 4.24 : Kuvvet ve HızxİmpedansGrafiği&Yukarı Seyahat Dalga Grafiği (G1) 96
Şekil 4.25 : Kuvvet ve HızxİmpedansGrafiği&Yukarı Seyahat Eden Dalga Grafiği 97
Şekil 4.26 : Kuvvet ve HızxİmpedansGrafiği&Yukarı Seyahat Eden Dalga Grafiği (G3). 98
Şekil 4.27 : Kazık başında meydana gelen yük deplasman grafiği (G1). 101
Şekil 4.28 : Kazık ucunda meydana gelen yük deplasman grafiği (G1). 101
Şekil 4.29 : Kazık başında meydana gelen yük deplasman grafiği (G2). 104
Şekil 4.30 : Kazık ucunda meydana gelen yük deplasman grafiği (G2). 104
Şekil 4.31 : Kazık başında meydana gelen yük deplasman grafiği (G3). 107
Şekil 4.32 : Kazık ucunda meydana gelen yük deplasman grafiği (G3). 107
Şekil A.1 : Sondaj Yerleşim Planı (Libya Projesi) 131
Şekil A.2 : BH-141 Sondaj Logu (K1, K3) 132
Şekil A.3 : Sondaj Logu (K2, K4) 134
Şekil A.4 : BH-173 Sondaj Logu (İskenderun P1) 136
Şekil A.5 : BH-187a Sondaj Logu (İskenderun P2) 139
Şekil A.6 : BH-223 Sondaj Logu (İskenderun P3, P4) 142
Şekil A.7 : SK1 Sondaj logu (Ambarlı T1). 145
Şekil A.8 : SK3 Sondaj logu (Ambarlı T2). 148
Şekil B.1 : Yük-Zaman grafiği (K2). 178
Şekil B.2 : Oturma-Zaman grafiği (K2). 178
Şekil B.3 : Yük-Oturma grafiği (K2). 179
Şekil B.4 Yük-Zaman grafiği (K1). 179
Şekil B.5 : Oturma-Zaman grafiği (K1). 180
Şekil B.6 : Yük-Oturma grafiği (K1). 180
Şekil B.7 : Yük-Zaman grafiği (P1). 181
Şekil B.8 : Oturma-Zaman grafiği (P1). 181
Şekil B.9 : Yük-Oturma grafiği (P1). 182
Şekil B.10 : Yük-Zaman grafiği (P2). 182
Şekil B.11 : Oturma-Zaman grafiği (P2). 183
Şekil B.12 : Yük-Oturma grafiği (P2). 183
Şekil B.13 : Yük-Zaman grafiği (P3). 184
Şekil B.14 : Oturma-Zaman grafiği (P3). 184
Şekil B.15 : Yük-Oturma grafiği (P3). 185
Şekil B.16 : Yük-Zaman grafiği (P4). 185
Şekil B.17 : Oturma-Zaman grafiği (P4). 186
Şekil B.18 : Yük-Oturma grafiği (P4). 186
Şekil B.19 : Yük-Oturma grafiği (T1). 187
Şekil B.20 : Oturma-Zaman grafiği (T2). 187
Şekil B.21 : Yük-Zaman grafiği (T1). 188
Şekil B.22 : Yük-Oturma grafiği (T2). 188
Şekil B.23 : Oturma-Zaman grafiği (T2). 189
Şekil B.24 : Yük-Zaman grafiği (T2). 189
Şekil B.25 : Davisson Yöntemi (P1). 190
Şekil B.26 : Davisson Yöntemi (P2). 190
Şekil B.27 : Davisson Yöntemi (P4). 191
Şekil B.28 : Brinch Hansen Yöntemi (K1). 191

Şekil B.29 : Brinch Hansen Yöntemi (P1)..... 192
Şekil B.30 : Brinch Hansen Yöntemi (P2)..... 192
Şekil B.31 : Brinch Hansen Yöntemi (P4)..... 193
Şekil B.32 : Chin-Kondner Yöntemi (K2)..... 193
Şekil B.33 : Chin-Kondner Yöntemi (K1)..... 194
Şekil B.34 : Chin-Kondner Yöntemi (P1). 194
Şekil B.35 : Chin-Kondner Yöntemi (P2). 195
Şekil B.36 : Chin-Kondner Yöntemi (P3). 195
Şekil B.37 : Chin-Kondner Yöntemi (P4). 196
Şekil B.38 : Chin-Kondner Yöntemi (T1). 196
Şekil B.39 : Chin-Kondner Yöntemi (T2). 197
Şekil B.40 : Decourt Yöntemi (K2)..... 197
Şekil B.41 : Decourt Yöntemi (K1). 198
Şekil B.42 : Decourt Yöntemi (P1)..... 198
Şekil B.43 : Decourt Yöntemi (P2)..... 199
Şekil B.44 : Decourt Yöntemi (P3)..... 199
Şekil B.45 : Decourt Yöntemi (P4)..... 200
Şekil B.46 : Decourt Yöntemi (T1). 200
Şekil B.47 : Decourt Yöntemi (T2). 201
Şekil B.48 : De Beer Yöntemi (P1). 201
Şekil B.49 : De Beer Yöntemi (P2). 202
Şekil B.50 : De Beer Yöntemi (P4). 202
Şekil B.51 : Mazurkiewicz Yöntemi (P1)..... 203
Şekil B.52 : Mazurkiewicz Yöntemi (P2)..... 203
Şekil B.53 : Mazurkiewicz Yöntemi (P3)..... 204
Şekil B.54 : Mazurkiewicz Yöntemi (T1). 204
Şekil B.55 : Mazurkiewicz Yöntemi (T2). 205
Şekil C.1 : Kuvvet ve Hız x İmpedans ölçümleri / Ölçülen ve hesaplanan F-Zv- .. 206
Zaman sinyalleri (K3). 206
Şekil C.2 : Yukarı seyahat eden dalga-Kazık boyu grafiği (K3)..... 207
Şekil C.3 : Hız-Kazık Boyu Grafiği (K3)..... 207
Şekil C.4 : Derinlikle değişen sürtünme direnci/sürtünme kuvveti/maksimum deplasman/eşdeğer çap/maksimum basınç/maksimum çekme (K3)..... 208
Şekil C.5 : Kuvvet ve Hız x İmpedans ölçümleri / Ölçülen ve hesaplanan F-Zv- .. 209
Zaman sinyalleri (K4). 209
Şekil C.6 : Yukarı seyahat eden dalga-Kazık boyu grafiği (K4)..... 210
Şekil C.7 : Hız dalgası-Kazık boyu grafiği (K4)..... 210
Şekil C.8 : Derinlikle değişen sürtünme direnci/sürtünme kuvveti/maksimum deplasman/eşdeğer çap/maksimum basınç/maksimum çekme (K4)..... 211
Şekil C.9 : Kuvvet ve Hız x İmpedans ölçümleri / Ölçülen ve hesaplanan F-Zv- .. 212
Zaman sinyalleri (G1). 212
Şekil C.10 : Yukarı seyahat eden dalga-Kazık boyu grafiği (G1)..... 213
Şekil C.11 : Hız dalgası-Kazık boyu grafiği (G1). 213
Şekil C.12 : Derinlikle değişen sürtünme direnci/sürtünme kuvveti/maksimum deplasman/eşdeğer çap/maksimum basınç/maksimum çekme (G1)..... 214
Şekil C.13 : Kuvvet ve Hız x İmpedans ölçümleri / Ölçülen ve hesaplanan F-Zv-... 215
Kazık boyu sinyalleri (G2)..... 215
Şekil C.14 : Yukarı seyahat eden dalga-Kazık boyu grafiği (G2) 216
Şekil C.15 : Hız dalgası-Kazık boyu grafiği (G2)..... 216

Şekil C.16 : Derinlikle değişen sürtünme direnci/sürtünme kuvveti/maksimum deplasman/eşdeğer çap/maksimum basınç/maksimum çekme (G2) 217
Şekil C.17 : Kuvvet ve Hız x İmpedans ölçümleri / Ölçülen ve hesaplanan F-Zv-. 218
Kazık boyu sinyalleri (G3). 218
Şekil C.18 : Yukarı seyahat eden dalga-Kazık boyu grafiği (G3) 219
Şekil C.19 : Hız dalgası-Kazık boyu grafiği (G3) 219
Şekil C.20 : Derinlikle değişen sürtünme direnci/sürtünme kuvveti/maksimum deplasman/eşdeğer çap/maksimum basınç/maksimum çekme (G3). 220

STATİK VE DİNAMİK KAZIK YÜKLEME DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Tüm yapılarda yükleri zemine güvenle aktarabilmesi için yapılan temeller, üzerine inşa edebilecekleri zemin özelliklerine göre farklılıklar gösterir. Eğer bina yüklerini yüzey temeller taşıyamıyorsa derin temel uygulaması tercih edilir. İhtiyaca uygun temel tasarımı hem güvenlik hem de ekonomi yönünden önemlidir.

Zemin araştırmalarından elde edilen sonuçlar ve yapıdan gelen yüklere göre temel sistemi belirlenerek taşıma gücü ve oturma kontrolü yapılır. Eğer yüzeysel temelle çözülen sistemlerde oturma miktarı kullanılabilir sınırlar içerisinde kalmıyorsa veya yapı yükünden ötürü taşıma gücü yeterli gelmiyorsa temel sistemi derin temeller ile çözülür.

Yapılan yüksek binalarda yapı yüklerini derinlere iletmek amacıyla kazıklara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tip temel sistemleri pahalı uygulamalardır. Bu yüzden temel mühendisleri derin temel tasarımında güvenlikle beraber ekonomiyi de dikkate alarak tasarım yaparlar. Yapılan tasarım da gelişen teknolojiyle beraber günümüzde kazıklara uygulanan yükleme deneyleri ile kontrol edilebilmektedir.

Fore kazıkların tasarımında öncelikle, yapılacak yüksek binanın bulunduğu bölgede yapılan zemin araştırmalarına ve binadan fore kazıklara gelecek olan yüklere göre fore kazıkların çapı ve boyları belirlenir. Belirlenen çap ve boylarda taşıma gücü hesabı yapılır. Bugüne kadar derin temeller için çeşitli taşıma gücü hesapları geliştirilmiştir. Bu hesap yöntemleriyle fore kazıkların taşıyacağı yük belirlenir ve binadan gelen yükleri taşıyabilecek şekilde fore kazık tasarımı yapılır.

Proje uygulamasından önce ise sahada yükleme deneyi için deney kazıkları imal edilir. Bu kazıklar üzerinde yükleme deneyleri yapılarak kağıt üzerinde yapılan taşıma gücü hesaplarının doğruluğu test edilir. Deney kazıklarına uygulanan yük, kazık tasarım taşıma gücünün 3 katı olması önerilmektedir. Bazı uygulamalarda daha yüksek değerlere de çıkılabilir. Yüksek taşıma gücüne sahip kazıklarda ekonomi sağlamak için kazığın göçme yüküne kadar yüklenmesi daha uygun olur. Böylece kazıkların toplam taşıma gücü daha doğru elde edilerek tasarım taşıma gücü hesaplanabilir. Zemin özellikleri ile belirlenen kazık tasarım taşıma gücü deneyden elde edilen sonuçlara göre düşük çıkması durumunda kazık tasarım gücü yükseltilerek ekonomi sağlanmış olur.

Bu bağlamda tez konusu olarak kazıklara uygulanan dinamik ve statik yükleme deneyleri incelendi ve çeşitli literatürlerden konu ile ilgili bilgiler derlendi. Yapılan statik ve dinamik yükleme deneyleri ile zemin ve kazık arasındaki etkileşim değerlendirildi.

Birinci bölümde; yapılan çalışmanın geoteknik mühendisliğindeki yeri, amacı ve öneminden bahsedilmiştir. Yükleme deneylerinin uygulama alanlarına ve tez kapsamında ele alınan projelerdeki deneylerle ilgili genel bilgilere değinilmiştir.

Öncelikle kazıklar ve kazık çeşitleri incelendi. Ardından kazık taşıma gücü hesapları statik ve dinamik yöntemler olarak iki ana başlık halinde anlatıldı. Bu taşıma gücü hesaplarını sahada yerinde kontrol etmek amacıyla da deney kazıklarına uygulanan statik ve dinamik yükleme deneyleri incelendi.

Statik ve dinamik yükleme deneyleri iki ana proje kapsamında incelenmiştir. Bunlardan birisi İskenderun bir diğeri ise Libya Projesidir. Her iki projede de yapı yükleri oldukça fazla olduğu için derin temel sistemi tasarlanmıştır. Bu iki projeye ek olarak sadece Ambarlı Projesinde yapılan statik yükleme deneyleri de incelenmiştir.

Derin temel proje tasarımından önce İskenderun Libya ve Ambarlı Projelerinin bulunduğu bölgelerdeki zemin koşulları incelendi. Deney kazıklarına yakın bölgelerden alınan sondajlardan ve zemin etüd raporlarından yararlanılarak her bir deney kazığı için idealize zemin profili oluşturuldu. Ardından zeminlerin mühendislik parametreleri belirlendi. Belirlenen mühendislik parametreleri kullanılarak kazıkların tasarım taşıma güçleri hesaplandı.

Projelere başlanmadan önce sahada belli noktalarda deney kazıkları imal edildi ve deney kazıklarına statik ve dinamik yükleme deneyleri uygulandı. Libya Projesi kapsamında yapılan proje kazıklarından bazılarına statik ve dinamik yükleme deneyleri uygulandı. Bu çalşma kapsamında Libya Projesi'nde uygulanan ikişer adet statik ve dinamik yükleme deneyleri incelenmiştir. Diğer yandan İskenderun Projesi kapsamında farklı boylarda imal edilen deney kazıklarına statik ve dinamik yükleme deneyleri uygulanmıştır. Projede toplam 4 adet statik ve 3 adet dinamik yükleme deneyi incelenmiştir. Statik ve dinamik yükleme deneylerinin beaber yapıldığı bu projelere ek olarak Ambarlı'da inşaat projesi kapsamında imal edilen iki adet deney kazığına uygulanan statik yükleme deneyleri de incelenmiştir.

Libya projesinde birbirine yakın çalışan kazıklarda yapılan dinamik ve statik yükleme deneyleri incelenirken İskenderun ve Ambarlı projelerinde ise proje öncesi farklı boylarda imal edilen deney kazıklarına yapılan deneyler incelenmiştir. Bu yüzden Libya projesinde kazıkların tasarım yükünün 1.5 katına çıkılırken İskenderun ve Ambarlı projelerinde ise sırasıyla 3 ve 2 katına kadar çıkılmıştır.

Statik yükleme deneylerinden elde edilen altı farklı kazık taşıma gücü hesap yönteminden bahsedilmiştir ve bu yöntemler kullanılarak kazık taşıma gücü değerleri elde edilmiştir. Davisson, Chin Kondner, Brinch Hansen %80, Mazurkiewicz, De Beer ve Decourt yöntemleri kullanılarak kazık taşıma gücü değerleri elde edilmiştir. Yöntemlerden elde edilen değerler arasındaki farklar da karşılaştırılmıştır. Dinamik yükleme deneyinde ise CAPWAP sinyal eşleştirme yöntemi ile DLTWAVE bilgisayar programında kazığın statik taşıma gücü değerleri elde edilmiştir. Bulunan bu değerler de statik yükleme deneyinden elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır.

EVALUATION OF PILE DYNAMIC AND STATIC LOAD TEST RESULTS

SUMMARY

Foundations which are build for transfering loads to ground safely, show differences according to soil properties that will be built on. When we can't have the ground carry the construction with shallow foundations or when settlement conditions can't be maintained, deep foundations are preferred. Economic and safety design is an important factor to take into consideration.

According to soil investigations and loads on foundations, foundation type is determined after calculations of bearing capacity and settlement analysis of foundation system is done. If the settlement of the shallow foundations is not within the allowable limits or the bearing capacity of the shallow foundations is not sufficient because of the high structure loads on foundations, deep foundation is used as a foundation system of the structure.

Piles are need to be constructed to transfer the load coming from the high and heavy buildings to the deep ground. Deep foundation is an expensive application. That's why geotechnical engineers should cosider economic and safety conditions together in their design of deep foundations. Dependant on development of the technology, design of deep foundations can be checked with load tests applied to the piles.

In the scope of the deep foundation design, firstly the length and the diameter of bored piles are evaluated according to soil investigations which is done in the area of the construction site and the structure loads on foundations. After evaluating the length and diameter of bored piles, bearin capacity of bored piles is calculated. Various methods of bearing capacity calculations have been developped till now. Bearing capacity of bored piles is determined by using these various methods and deep foundation system is designed according to calculated bearing capacity of bored piles.

Before the application of a project, test piles are installed in order to apply load tests on them. Accuracy of bearing capacity calculations which are done on paper are checked by applying load tests on test piles. It is suggested that test load is 300% of design load. In the scope of some projects test load can be higher than the 300% of design load. In order to decrease the cost of foundation project, the piles having high bearing capacity should be loaded up until the failure occurs. Therefore, allowable bearing capacity of piles is calculated appropriately by determining total bearing capacity of piles from the load tests. In case of allowable bearing capacity which is evaluated by using methods of bearing capacity calculations is less than allowable bearing capacity which is evaluated by load tests, allowable bearing capacity of piles may be increased. Therefore, the cost of the project is decreased.

In the scope of this thesis static and dynamic load tests applied to piles are researched and different kind of information are gathered from different literature. By applying static and dynamic load tests, the interaction between soil and the test piles were reviewed.

In section one, the area of the research in geotechnical engineering, the aim and the importance of the research are mentioned. Application area of the load tests are explained. In addition to this, general information about load tests is given.

In section two, firstly piles, type of piles, functions of piles and aim to use of piles are covered. Then bearing capacity of the piles are explained in two different topics which are static and dynamic methods. Static methods are researched in two different soil types which are cohesionless soils and cohesive soils. Five dynamic formulas are mentioned to find bearing capacity of the piles. These are Sanders formula, Engineering News formula, Dutch&Ritter formula, Brix formula and Hiley formula.

In section three, static and dynamic load tests are researched for checking the calculations of bearing capacity of the piles. In static load test section, four different methods of applying load are mentioned. Duration of the tests are different in these methods. In addition to this, six different methods of pile bearing capacity calculations are researched in the scope of thesis. These methods are useful for evaluating pile bearing capacity. In all of these methods pile bearing capacities are calculated by using the different types of load-settlement graphs.

Dynamic load tests are researched in two main topics which are Case Method and CAPWAP signal matching method. The history of Case Method is mentioned and some researchs are explained. CAPWAP analysis is done with the PDA/DLT (Pile Driving Analyzer / Dynamic Load Test) program. The input and output of this program is explained. PDA measurements combined with CAPWAP analysis will serve to show whether or not the hammer is performing as per the specifications.

In section four, static and dynamic load tests are resarched in two main projects which are Construction Project in Libya and Iskenderun Project. The buildings in these projects are much heavier than the other buildings. That's why deep foundations are designed. In addition to these projects, static load tests are also researched in the scope of Ambarlı Project.

Firstly soil conditions were researsched in Libya, Iskenderun and Ambarli Projects before the foundation projects were designed. Idealized soil profiles are evaluated for every test piles from the soil reports and boreholes which were done near test piles. Engineering parameters of soil were determined. By using these parameters the bearing capacity of the piles were calculated.

Before starting the projects, test piles were installed and static and dynamic load tests were applied to these piles. In the scope of Libya Project static and dynamic load tests were applied to some of the working piles. In the scope of this thesis, two static load tests and two dynamic load tests were evaluated for Libya Project. On the other hand static and dynamic load tests were applied to test piles with different length in the scope of Iskenderun Project. In this project, four static load tests and three dynamic load tests were evaluated. In addition to these projects which static and dynamic load tests were applied together, in the scope of Ambarlı Project, two test piles were installed and just static load tests were applied to the test piles.

In the scope of the Libya Project, the load tests were applied to working piles and in the scope of the Ambarlı and Iskenderun Projects, the load tests were applied to test piles. Therefore maximum load is calculated as 1.5 multiplied with design load in Libya Project but in Iskenderun and Ambarlı Projects maximum load is calculated as 3 and 2 multiplied with design load respectively.

Static and dynamic load tests are applied in Iskenderun and Libya projects. In the scope of thesis, the results obtained from these tests are compared. In static load tests, settlement values are measured from dial gauges which are placed around the piles. Actual load is applied by hydraulic jack and the settlement corresponding to the load is measured from the dial gauges. Displacement of the pile is measured from transducers in dynamic load test. There are two types of transducers which measures acceleration and strain. Pile displacement is measured by acceleration transducer. A double integration of the acceleration produces a pile displacement. At the end of the both dynamic and static load test load-settlement curve is obtained. Differences of settlement values obtained from load settlement curves for static and dynamic load tests are evaluated and it can be seen that settlement values corresponding to design verification load obtained from static and dynamic load tests are nearly same.

Six bearing capacity calculation methods are mentioned for static load tests and bearing capacity of piles are calculated from static load test results by using these methods which are Davisson, Chin Kondner, Brinch Hansen 80%, Mazurkiewicz, De Beer and Decourt. The differences of the results were compared to each other. On the other hand CAPWAP signal matching method is used for calculating bearing capacity from dynamic load tests. Bearing capacity values of the piles obtained from these tests were also compared.

In section five, all of the results which are obtained from static and dynamic load tests are summarized and compared with each other. The load-settlement values are summarized in the scope of project topics which are Iskenderun, Libya and Ambarlı. Settlement values corresponding to design load are similar in same projects. Bearing capacity values obtained from the static and dynamic load tests are also summarized in the project topics.

In section six, conclusion of the thesis is mentioned. The results of research are examined. In conclusion, it can be seen that dynamic load test is more economical than static load test. Dynamic load test can be finished in one day but the duration of static load test is about five days with its set up. That's why application of dynamic load test is cheaper than static load test. On the other hand, static load test is more reliable than dynamic load test. In dynamic load tests bearing capacity of the piles are evaluated by stress waves and integration of measured velocity and force waves but in static load test actual load is applied to the test pile. During applying test load to the pile settlement values are measured.

Varied results can be obtained from the dynamic load test such as friction resistance, toe resistance, total friction load, displacement values, equivalent diameter of the pile, maximum compression and maximum tension values. Most of them can not be obtained from static load tests.

Experience is very important for dynamic load test because the input values that is written into the DLT programme is very important to obtain results accurately. The conditions assumed in the analyses should be related to the actual conditions. Some soil and pile data are entered into the DLTWAVE programme during preparing report and before applying dynamic load test. The soil data consist of thickness and horizontal extent of the soil layers and information on the location of the groundwater table and the pore pressure distribution. The pile data consist of the pile geometry and material parameters supplemented with the estimated pile embedment depth and desired final bearing capacity. Inexperienced engineer may enter the wrong values of soil parameters or wrong pile specifications into the input of the

programme. On the other hand, in static load test experience is less important than the dynamic load test.

1. GİRİŞ

Geoteknik mühendisliğinin en önemli alanlarından biri de temel mühendisliğidir. Temel mühendisliği bölümü oldukça eskiye dayanmakla birlikte önemini gelişen bilim ve teknolojiyle birlikte son yüzyılda arttırmıştır.

Şehirlerin gelişimiyle sıklaşan yapılarda, enerji ve sanayi sektörünün gelişimiyle geoteknik mühendisliğinde bilimsel gelişmelere olan ihtiyaç artmıştır. Bu konuda çeşitli temel sistemleri geliştirildi. Yüzeysel ve derin temelleri bunlara örnek olarak verebiliriz. Bu sistemler de kendi aralarında çeşitlendirilebilir.

Zemin araştırmalarından elde edilen sonuçlar ve yapıdan gelen yüklere göre temel sistemi belirlenerek taşıma gücü ve oturma kontrolü yapılır. Eğer yüzeysel temelle çözülen sistemlerde oturma miktarı kullanılabilir sınırlar içerisinde kalmıyorsa veya yapı yükünden ötürü taşıma gücü yeterli gelmiyorsa temel sistemi derin temeller ile çözülür.

Derin temeller enerji yapılarında ve yüksek binalarda oldukça yaygın olarak kullanılır. Derin temel sistemlerinden ülkemizde en yaygın olarak yerinde dökme betonarme kazıklar kullanılır. Bir diğer adıyla fore kazıklar yüksek torklu hidrolik makinalar yardımıyla genellikle donatılı olarak imal edilirler.

Fore kazıkların tasarımında, yapılacak yüksek binanın bulunduğu bölgede yapılan zemin araştırmalarına ve binadan fore kazıklara gelecek olan yüklere göre fore kazıkların çapı ve boyları belirlenir. Belirlenen çap ve boylarda taşıma gücü hesabı yapılır. Bugüne kadar derin temeller için çeşitli taşıma gücü hesapları geliştirilmiştir. Bu hesap yöntemleriyle fore kazıkların taşıyacağı yük belirlenir ve binadan gelen yükleri taşıyabilecek şekilde fore kazık tasarımı yapılır. Proje uygulamasından önce ise sahada yükleme deneyi için deney kazıkları imal edilir. Bu kazıklar üzerinde yükleme deneyleri yapılarak kağıt üzerinde yapılan taşıma gücü hesaplarının doğruluğu test edilir. Deney kazıklarına uygulanan yük, kazık tasarım taşıma gücünün 3 katı olması önerilmektedir. Bazı uygulamalarda daha yüksek değerlere de çıkılabilir. Yüksek taşıma gücüne sahip kazıklarda ekonomi sağlamak için kazığın

göçme yüküne kadar yüklenmesi daha uygun olur. Böylece kazıkların toplam taşıma gücü daha doğru elde edilerek tasarım taşıma gücü hesaplanabilir. Zemin özellikleri ile belirlenen kazık tasarım taşıma gücü deneyden elde edilen sonuçlara göre düşük çıkması durumunda kazık tasarım gücü yükseltilerek ekonomi sağlanmış olur.

Statik yükleme deneyleri proje kazıklarına da uygulanabilmektedir. Yalnız proje kazıklarına uygulanan deney yükü kazık tasarım taşıma gücünün 1.5-2 katı olmalıdır. Bu durumda kazıklarda büyük olasılıkla göçme gözlemlenmeyecektir. Bu deneyler kazığın tasarım taşıma gücünün kanıtlanması için yapılmaktadır. Bazı yöntemlerle de kazık nihai taşıma gücü elde edilebilmektedir.

İmal edilen deney kazığının veya proje kazığının zeminle olan etkileşimini belirlemek amacıyla yapılan kalite kontrol deneylerinden biri de dinamik yükleme deneyleridir. Dinamik yükleme deneyleri ile kazık nihai taşıma gücü hesaplanabilmekte ve kazıklarda yük-oturma eğrileri çizilebilmektedir.

Bu çalışmada, üç ayrı proje kapsamında öncelikle deney yapılan kazıkların yakınlarında yapılan sondaj loglarından yararlanılarak kazık tasarım taşıma gücü hesapları yapılmıştır. Ardından yapılan statik ve dinamik yükleme deneyi sonuçları değerlendirilmiştir. Üç ayrı projenin hepsinde yapılan statik yükleme deneylerinden elde edilen yük-oturma değerleri çeşitli kazık taşıma gücü hesap yöntemleri ışığında değerlendirilmiş ve yöntemlerden elde edilen değerler birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca iki ayrı projede birbirine yakın kazıklarda yapılan statik ve dinamik yükleme deneylerine ait sonuçlar değerlendirilerek karşılaştırmalar yapılmıştır.

2. KAZIKLAR

2.1 Kazık Çeşitleri

Yüzeye yakın zemin üst yapıdan gelen yükün karşılanması için gerekli taşıma gücüne sahip değilse, hesaplanan oturma değerleri tolere edilebilir sınırlar içerisinde değilse, zemin tabakalarının değişken olmasından veya yapının zemine aktardığı yükün üniform olmamasından ötürü farklı oturmalar oluşuyorsa, tekil temel kazı imalatı için zeminin kazılması zor ve pahalıysa, derin temel uygulaması yapılır. (Budhu, 2007).

2.1.1 Ahşap Kazıklar

Ahşap kazıklar genellikle geçici çözümlerde kullanılırlar ve büyük yükleri taşıyamazlar. Bu kazıklar zemine çakılırlar ve taşıdıkları yük ahşap malzemesinin basınç dayanımıyla sınırlıdır. (Rao, 2011)

$$Q_a = A_P \, f_w \tag{2.1}$$

Q_a = Kazık tasarım taşıma gücü
A_p= Kazık kesit alanı
f_w = Ahşabın emniyetli basınç dayanımı
Zemin parametrelerina bağlı olarak da kazık tasarım taşıma gücü elde edilir ve zemin parametrelerinden elde edilen değer ile basınç dayanımımndan elde edilen değerin küçük olanı tasarımda kullanılır.

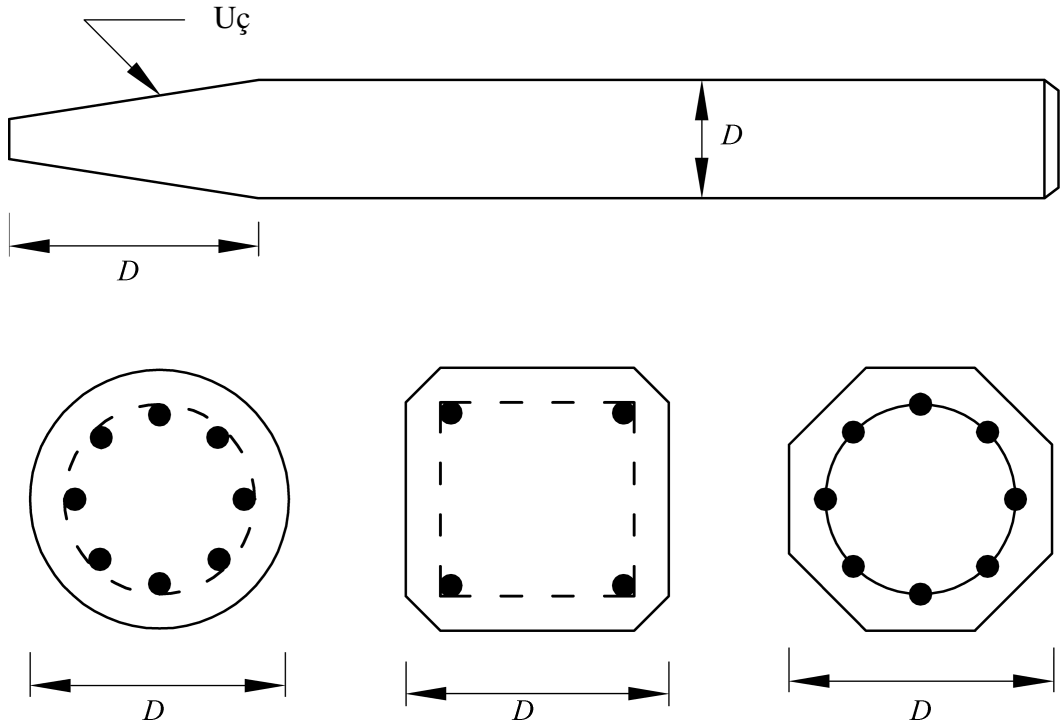
2.1.2 Betonarme Kazıklar

Betonarme kazıklar; prefabrik kazıklar ve yerinde dökme betonarme kazıklar olmak üzere ikiye ayrılır.

2.1.2.1 Prefabrik Kazıklar

İmalatı önceden yapılan betonarme kazıklardır. İmal edildikten sonra sahaya getirilirler ve burada zemine çakma işlemi gerçekleştirilir. Bu nedenle genellikle bu

kazıklara "Çakma Kazıklar" da denir. İmal maliyetine ve işlevliğine bağlı olarak sahada da imal edilebilirler. Genellikle kare, ortagonel veya dairesel kesitlere sahiptir. Uç kısmı genelde koni biçimindedir. Bazen de kazık imalat metoduna bağlı olarak uç bölümünde düz yüzey kullanılır. Şekil 2.1'de prekast kazıklar kesit ve planda görülmektedir. Şekildeki kazık ucu konik uca örnek olarak verilmiştir.



b) Dairesel Kazık a) Kare Kazık c) Ortagonal Kazık

Şekil 2.1 : Prefabrik betonarme kazıklar.

Prekast betonarme kazıklar genellikle dairesel kesitli olarak imal edilirler. Çakma işleminden sonra kazık içindeki boşluklar betonla doldurulur. Böylece donma etkisine ve çatlaklara karşı önlem alınmış olur.

2.1.2.2 Yerinde Dökme Betonarme Kazıklar

Fore kazık olarak da adlandırılırlar. Zeminde delgi açılır ve hazırlanan donatı delginin içine yerleştirilerek betonlama işlemi gerçekleştirilir. Borulu veya borusuz olarak gerçekleştirilir. İmalat çeşidine göre boru beton dökümünden sonra kuyuda bırakılabilir veya kuyudan çıkartılır. Zemin kendini tutabiliyorsa ve yeraltı suyu mevcut değilse borusuz yapılabilir. (Rao, 2011)

Yerinde dökme betonarme kazıkların birçok çeşidi vardır. Bunlar arasından birisinin seçilmesinde, kazık çakılacak arazinin geoteknik özellikleri ve o tip kazığın imal

olanakları rol oynar. TS3168 uzunluklarına göre yerinde dökme betonarme kazıkların çaplarının en küçük değerlerini vermektedir. Yerinde dökülen betonarme kazıkların en küçük çapları Çizelge 2.1'de verilmektedir.

Çizelge 2.1 : Yerinde dökme betonarme kazıkların en küçük çapları.

Kazık Boyu, L(m)	En küçük kazık çapı, D(mm)
L≤10	300
10<L≤15	350
15<L≤20	400
20<L≤30	500

Betonlama işlemine başlamadan önce, önceden hazırlanmış donatı kafesi, kazık çukuruna yerleştirilir. Betonlama, tremi borusu ile kazık çukurunun altından başlanarak veya beton pompası ile yapılır. Betonun kazık çukurunu tamamen doldurması ve araya yabancı madde karışmamasına dikkat edilmelidir.

Yerinde dökme betonarme kazıkların bütününü etkileyen nedenler şöyle sıralanabilir (Sliwinski, Fleming, 1983):

1- Beton kalitesi yetersizdir. Dökülmesi sırasında beton segregasyona uğramış ve bu yüzden mukavemeti düşmüştür.

2- Ön görülen kazık kesiti sağlanamamıştır. Beton içine yabancı madde karışmış, kılıfın hızlı çekilmesi yüzünden su hücumu gibi nedenlerle istenilen kazık kesiti her derinlikte sağlanamamıştır.

3- Kazık ucunun oturduğu zeminde örselenme meydana gelmiştir. Kazık çukurunun açılması sırasında, kazık ucunun yerleştirileceği zemin örselenmiş veya kazık döküntüleri ile dolmuştur. Kazık ucu altındaki örselenme, geniş bir kesimi kapsıyor olabilir.

4- Donatı kafesi yerinde değildir. Yerinde dökme betonarme kazıklarda imalat sırasında kullanılan kaplama borusu, bazı kazık tiplerinde zemin içerisinde bırakılır, bazı tiplerde ise kazık betonlandıktan sonra zeminden çıkarılır.

2.1.3 Çelik Kazıklar

Çelik kazıkşarın kesitleri H kesit, I kesit veya dairesel kesitli olabilir. Çelik kazıkların boyları, bağlantı elemanları veya kaynakla birbirine eklenerek istenilen

uzunlukta yapılabilir. Genelde H kesitli çelik kazıklar kullanılır. Boru tipi çelik kazıkların da inşaatlarda geniş bir kullanım alanı vardır. Boru tipi çelik kazıklarda malzeme diğerlerine göre daha azdır ve taşıma gücü daha yüksektir. Ayrıca büyük çaplı ve uzun imal edilebilirler. Yüksek yük taşıma gücüne sahip boru tipi çelik kazıklar iskele ve köprü temelleri altında kullanılırlar.

Çelik kazıklar, yer altı suyunun zararlı madde ihtiva etmesi halinde, deniz içinde çabuk çürürler. Kumlu zeminlerde de ömürleri uzun olmayabilir. Sert ve katı killerde oksijen bulunmadığı için uzun süre kalabilirler. Bu kazıkları dış etkilere karşı korumak için dışları bitümlü maddelerle kaplanabilir veya katodik koruma yapılabilir.

2.2 Kazıklı Temel Tasarımı

Kazıklı temel tasarımında izlenmesi gereken yol aşağıda sıralanmıştır.

1. Tek bir kazığa gelen toplam yük hesaplanır. Taşıma gücü hesaplarında ve oturma analizlerinde bu hesaplanan yük kullanılır.
2. Maksimum kazık boyuna kadar olan zemin profili ve zemin parametreleri belirlenir. Yer altı suyu profile yerleştirilir.
3. Alternatifleriyle birlikte kazık çapı ve boyu belirlenir.
4. Kazık taşıma gücü hesaplanır.
5. Taşıma gücüne ve taşıması gereken yüke bağlı olarak kazık aralıkları ve sayısı hesaplanır. Kazık grupları ve kazık gruplarının içindeki kazık adeti kazık başlık boyutları ile birlikte belirlenir.
6. Aşağı seviyelerde mevcut olan zemine aktarılan gerilmeler kontrol edilir. Özellikle kazıkların altında zayıf zemin tabakası olup olmadığına bakılır.
7. Kazıkların ve kazık başlıklarının statik tasarımı yapılır.
8. Kazık gruplarının oturma analizine bakılır.
9. Yanal yük kapasitesi kontrol edilir.
10. Hesaplanan değerlerin kontrolü için kazık yükleme deneyleri yapılır.

Tek bir kazığa gelen yük bulunduktan sonra tek bir kazığın taşıma gücü hesap yöntemleri ile kazık taşıma gücü hesabı yapılır.

2.3 Kazık Taşıma Gücü,

Kazıkların taşıma gücü, kazığın göçmeden ve belirlenen toleransların üzerinde oturma göstermeden taşıyabileceği en büyük yük olarak tanımlanır. Kazık taşıma gücü, yapısal dayanımı ve zemin dayanımı elde edilerek belirlenir. İki değerden küçük olanı tasarımda kullanılır. Genellikle kazık taşıma gücü zemin parametrelerine bağlıdır. Bütün kazık çeşitlerinde bu değerlerin bulunma yöntemleri benzerdir. Kazığın yapıldığı malzemenin izin verilen basınç dayanımı ile kazığın kesit alanının çarpımı kazığın yapısal taşıma gücünü verir. Zemin parametrelerine bağlı taşıma gücü ise genelde şu yöntemlerle belirlenir;

1. Dinamik formüller
2. Statik yöntemler
3. Arazi deneylerinin korelasyonları (SPT, CPT, vs.)
4. Kazık yükleme deneyleri ile belirlenir. (Rao,1976)

Bu yöntemler alt başlıklar halinde anlatılmıştır. Kazık yükleme deneylerine ise 3.Bölüm'de detaylı olarak değinilmiştir.

Uygulamada toplam taşıma gücü, Q_{ult}, iki bölüme ayrılır. Birincisi çevre sürütnmesi, Q_s, denilen sürtünme kuvvetinden gelir ve diğer bölüm ise kazığın altında meydana gelen uç taşıma gücüdür. (Q_t). Eğer kazıkta meydana gelen sürtünme direnci, uç direncinin %80'inden daha fazla ise kazık sürtünme kazığı olarak adlandırılır. Uç direncinin ihmal edildiği durumlarda ise yüzen kazıklar olarak adlandırılır.

$$Q_{ult} = Q_s + Q_t = A_s f_s + qA_t \qquad \textbf{(2.2)}$$

Q_{ult} : Kazık nihai taşıma gücü

Q_s : Çevre sürtünmesi

Q_t : Uç direnci

f_s : Ortalama çevre sürtünmesi gerilmesi

A_s : Zeminle temas eden kazık çevre alanı

q : Uç gerilmesi

A_t : Zeminle temas eden kazık uç alanı

Bu formül aşağıda yazıldığı şekilde genişletilebilir. Uç direnci ve sürtünme direnç değerleri ayrı ayrı aşağıdaki formüllerle hesaplanır.

$$Q_t = A_t\ (cN_c + 1/2\gamma BN_\gamma + \gamma D_f N_q) \qquad \textbf{(2.3)}$$

c : Zeminin kohezyonu

γ : Zeminin birim hacim ağırlığı

N_c, N_γ ve N_q : Zeminin içsel sürtünme açısına bağlı olarak değişen taşıma gücü parametreleri

B : Kazık çapı veya genişliği

D_f : Kazık boyu

$$Q_s = p \sum_{L=0}^{L=L} f_s \Delta L \qquad \textbf{(2.4)}$$

P : Kazık çevresi

L : Kazık boyu

f_s : Kazık sürtünmesi (ΔL boyunca)

Zemin-kazık etkileşimi, zemin cinsine, yük çeşitlerine ve kazık imalat yöntemlerine bağlı olarak değişir. Kazıkları bu davranışı sayesinde kazık taşıma gücü sadece zemin deneyleri ve yarı ampirik yöntemler kullanılarak hesaplanabilir. Tam ölçekli yükleme deneyleri ile bu yöntemler kontrol edilebilir. Bu deneyler ile önceden karşılaşılabilecek imalat problemleri de görülmüş olur.

2.3.1 Statik Yöntemler

2.3.1.1 Kohezyonsuz Zeminlerde Kazık Taşıma Gücü

Daha önceden belirtildiği gibi kazık taşıma gücü çeşitli yöntemlerle hesaplanabilir. Bu bölümde kohezyonsuz zeminler için kazık taşıma gücü hesabına bakılacaktır.

Kazığın uç direnci ve sürtünme direnci ayrı ayrı incelenmiştir. Kohezyonsuz zeminlerde uç direnci hesabında kohezyon (c=0) 0 alınır ve 2.3 denklemindeki ($1/2\gamma BN_\gamma$) terimi $\gamma D_f N_q$ terimine oranla oldukça küçüktür. Bu durumda kohezyonsuz zeminlerde uç direnci aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$Q_t = A_p \gamma D_f N_q \qquad \textbf{(2.5a)}$$

veya

$$Q_t = A_p \sigma_v' N_q \qquad \textbf{(2.5b)}$$

σ'_v : Kazık uç noktasındaki efektif gerilme

Saha tecrübeleri ve yapılan gözlemler uç direnci ve sürtünme direnci kritik derinliğe (D_c) kadar artmaktadır. Bu derinlik altında direnç değerleri pratik olarak aynı kalır. Bu kabul Meyerhof (1976) tarafından yapılmıştır. 33 adet kazık yükleme deneyinde çeşitli değişkenler kullanarak bu kabulü oluşturmuştur. Meyehof'un çalışmasında derinliğin kazık genişliği veya çapına oranı (D_f/B) 2-40 arasında alınmıştır. Coyle ve Castello (1981) da benzer çalışmalar yapmıştır. Kritik yükseklik değeri çalışmaların genelinden yola çıkarak kazık genişliği ya da çapın (B) 20 katı olarak alınabilir. Ortalama olarak 10-30 katı da alınabilir. (Meyerhof, 1976; Coyle ve Castello, 1981)

Taşıma gücü faktörlerinden N_q değeri, D_f/B oranına, taşıyıcı tabakanın içsel sürtünme açısına (ϕ) ve kazık imalat yöntemine bağlı olarak değişmektedir. Çizelge 3.5'te çeşitli araştırmacıların içsel sürtünme açısına bağlı olarak elde ettiği N_q değerleri gösterilmektedir. Meyerhof'a göre Çizelge 2.2'deki değerler kullanılabilir.

Çizelge 2.2 : Kohezyonsuz zeminlerdeki kazıklar için kazık taşıma gücü faktörleri.

Çeşitli kayma mukavemeti açılarına (ϕ') karşılık gelen N_q değerleri					
Teoriler[a]	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**
De Beer (1945)	59	155	380	1150	4000
Meyerhof (1953)					
Çakma Kazıklar	38	89	255	880	4000
Jaquot Kerisel (1956)	26	55	140	350	1050
Brinch Hansen (1961)	23	46	115	350	1650
Skempton Yassin ve					
Gibson (1953)	46	66	110	220	570
Brinch Hansen (1961)	32	54	97	190	400
Berezantsev (1961)	16	33	75	186	-
Vesic (1963)	15	28	58	130	315
Vesic (1972): $I_r = 60$[b]	20	27	40	59	85
$I_r = 120$[b]	29	46	72	110	165

Çizelge 2.2 (devam): Kohezyonsuz zeminlerdeki kazıklar için kazık taşıma gücü faktörleri.

Terzaghi (1943)					
Genel kesme	12.7	22.5	41.4	81.3	173.3
Lokal kesme	5.6	8.3	12.6	20.5	35.1

[a] Farklı referanslar Vesic (1972,1977) tarafından kullanılmıştır.
[b] Rijitlik faktörü

Çizelge 2.3 : N_q ve ϕ^a değerleri

ϕ^o	20	25	28	30	32	34	36	38	40	42	45
N_q (çakma)	8	12	20	25	35	45	60	80	120	160	230
N_q (delme)	4	5	8	12	17	22	30	40	60	80	115

[a] Bu değerler Meyerhof (1976) tarafından çizilen eğrilerden elde edilmiştir.

Meyerhof tarafından elde edilen bu değerler hem φ açısına hem de kazık imalat yöntemine bağlı olarak değişmektedir.

Sürtünme direncinin (Q_s) hesaplanması için öncelikle sürtünme gerilmesinin (f_s) hesaplanması gerekir. Temel zemin mekaniği prensiplerine dayanarak f_s değeri 2.6 formülü ile hesaplanır.

$$f_s = c_a + \sigma_h' \tan\delta \qquad \textbf{(2.6a)}$$

c_a : Birim adezyon

δ : Zemin ile kazık arasındaki sürtünme açısı

σ_h' : Normal efektif gerilme (kazık boyunca)

Kohezyonsuz zeminlerde c_a=0 olduğu için kohezyonsuz zeminlerde sürtünme gerilmesi değeri 2.6b formülü ile hesaplanır.

$$f_s = \sigma_h' \tan\delta \qquad \textbf{(2.6b)}$$

Normal efektif gerilme (σ_h') değerini, toprak basıncı katsayısını (K_s) kullanarak efektif düşey gerilme (σ_v') değerine dönüştürebiliriz. K_s= σ_h'/ σ_v' olduğuna göre sürtünme gerilmesi formülü 2.7'de yazılı halini alır.

$$f_s = K_s \sigma'_v \tan\delta \qquad \textbf{(2.7)}$$

Bu değeri denklem 2.4'te yerine koyarsak kohezyonsuz zeminlerde sürtünme direncini denklem 2.8'de görüldüğü şekilde elde ederiz.

$$Q_s = pK_s \tan\delta \sum_{L=0}^{L=L} \sigma'_v \, \Delta L \qquad \textbf{(2.8)}$$

Kazık tasarımında genellikle $\delta = 2/3\phi$ olarak alınır. Kazık çeşidine göre değişen K_s değerleri çizelge 2.4'te gösterildiği şekilde alınmıştır.

Çizelge 2.4 : Kohezyonsuz zeminlerde K_s değerleri.

Kazık Çeşidi	K_s
Fore kazık	0.5
H tipi çakma kazık	0.5-1.0
Çakma deplasman kazığı	1.0-2.0

Analiz sonuçlarına göre K_s değeri ve aynı zamanda sürtünme direnci yer değiştiren zeminin hacmiyle doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu yüzden küçük deplasman kazıkları ile fore kazıklarda K_s değeri küçüktür.

Toplam kazık taşıma gücü, hesaplanan uç direnci ve sürtünme dirençlerinin toplamından elde edilir. (2.9)

$$Q_{ult} = Q_t + Q_s = A_p \sigma'_v \, N_q + pK_s \tan\delta \sum_{L=0}^{L=L} \sigma'_{vl} \, \Delta L \qquad \textbf{(2.9)}$$

A_p : Kazık uç alanı

σ'_v : Kazık ucundaki efektif gerilme

σ'_{vl} : Kazık üzerinde belli bir noktadaki efektif gerilme

p : Kazık çevresi

K_s : Toprak basıncı katsayısı (çizlge 2.5)

N_q : Taşıma gücü faktörü (çizelge 2.4)

$\delta = 2/3\phi$

L= Kazık boyu

2.3.1.2 Kohezyonlu Zeminlerde Kazık Taşıma Gücü

Bu bölümde de kazığın uç direnci ile sürtünme direnci ayrı ayrı incelenmiştir. Uç direnci için 2.10'da belirtilen formül kullanılır.

$$Q_t = A_t\,(cN_c + \gamma L N_q) \qquad \textbf{(2.10)}$$

Doygun kil zeminde kısa süreli davranış için hesap yapılacaksa drenajsız kayma mukavemeti parametrelerinin kullanılması uygundur.

Bu durumda $\phi=0$ ve $c=c_u$ olur.

Derin temeller için $\phi=0$ olduğunda $c_u=9.0$ alınabilir. Ayrıca $\phi=0$ olduğunda N_q terimi ihmal edilebilir.

Buna göre kohezyonlu zeminlerde drenajsız şartlardaki kazık uç direnci 2.11'de belirtildiği şekilde bulunur.

$$Q_t = A_t\, 9c_u \qquad \textbf{(2.11)}$$

Kohezyonlu zeminlerde sürtünme direnci genelde kilin drenajsız direnci, efektif düşey gerilme, kazık kesidinin şekli, kazık uzunluğu, kazık malzemesi gibi etkenlerin bir fonksiyonudur. Killi zeminlerde yüzeysel sürtünme rolü, adhezyon tarafından üstlenilmektedir. Bu tür zeminler için (2.4) denklemlerinin benzeri asagıdaki gibidir:

$$Q_s = \sum_{L=0}^{L=L} d\Delta L_i \alpha_i c_i \qquad \textbf{(2.12)}$$

d : Kazık çapı

ΔL : i tabakasından geçen kazık boyu

α_i : Kazığın içinden geçtiği zemin tabakasının adezyon katsayısı

c_i : Kazığın içinden geçtiği zemin tabakasının drenajsız kayma direnci

Bu halde de toplam çevre sürtünmesi direncinin hesabına yukarıdaki (2.12) bagıntısı kullanılarak ΔLi kalınlıgındaki her ayrı (i) tabakası için hesaplanır ve kazık boyunca toplamı alınır.

Adezyon Katsayısı a_i aşağıda görüleceği gibi çoğu kez drenajsız kayma direncinin bir fonksiyonu olmaktadır:

$$f_{si} = \alpha_i c_{u\,i} \qquad \textbf{(2.13)}$$

Adezyon Katsayısı kohezyonun (c_{ui}); $25>c_{ui}>90(KN/m^2)$ sınırları içinde kalan degerleri için asağıdaki (2.14) ifadesi ile hesaplanabilir.

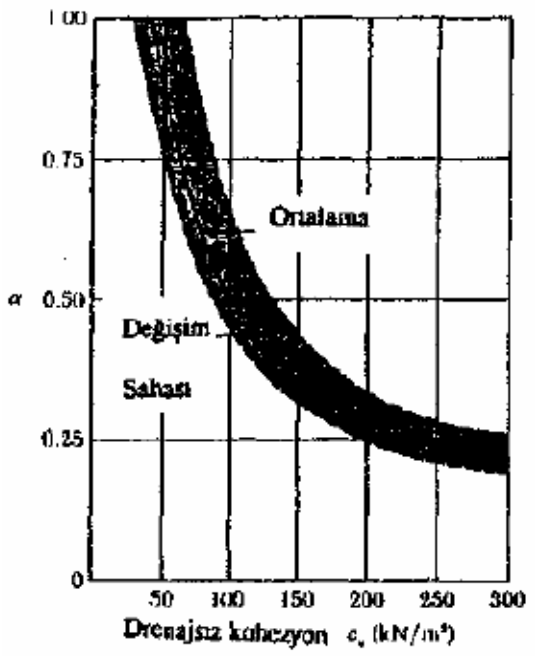
$$\alpha_i = 1 - 0.00615(c_{ui} - 25) \quad \textbf{(2.14)}$$

kohezyonun sınır degeri üstündeki; (c_{ui}>90 KN/m^2) değerleri için aşağıdaki, Çizelge 2.5'de bulunan adhezyon katsayısı kullanılabilir.

Çizelge 2.5 : Adezyon katsayısı (Birand, 2001)

c_{ui} değeri	**α_i değeri**
90	0.6
100	0.58
150	0.42
200	0.35

c_{ui}, i tabakasının drenajsız kayma direncidir. Bu değer, aşağıdaki Şekil 2.2'den de alınabilir.



Şekil 2.2 : Adezyon katsayısı değerleri (Yıldırım, 2002)

Kohezyonlu zeminlerde toplam kazık taşıma gücü, hesaplanan uç direnci ve sürtünme dirençlerinin toplamından elde edilir. (2.15)

$$Q_{ult} = A_t 9c_u + \sum_{L=0}^{L=L} d\Delta L_i \alpha_i c_i \quad \textbf{(2.15)}$$

2.3.2 Dinamik Kazık Formülleri

Çakma kazıkların taşıma gücü hesaplarında, genellikle dinamik kazık formülleri kullanılır. Mühendisler, bu formülleri kullanırken, tam ölçekli yük verisi mevcut olmayan sahalarda kazıkların statik yük taşıma gücünü değerlendirmek, tam ölçekli yük deney verisi mevcut olan sahalarda ise yük deney sonuçlarını karşılaştırmak amacını güder. Bu formüller, kazık çakma işlemi esnasında harcanan enerjinin, diğer bir ifadeyle mekanik olarak yapılan işin, kazığın zemine giriş miktarı ve zeminde oluşan toplam direnç ile ilgili olacağı savından yola çıkarak elde edilmişlerdir. Tokmağın yaptığı işin, kazığın işi ve enerji kayıplarının toplamına eşit olduğu düşüncesine dayanmaktadır**.** (Birand, 2001)

Tokmağın yaptığı iş= Kazığın işi + Enerji kayıpları

Dinamik formüllere geçilmeden önce çakma kazık işlemlerinden kısaca bahsetmek gerekli olacaktır. Çakma sırasında kullanılan düzeneklere göre kazığın çakılmasını sağlayan enerji kaynağı şekli aşağıda özetlenmiştir.

1. Serbest düşmeli makaraya halatla sarılmış şahmerdanla, tokmak belli bir yükseklikten serbestçe bırakılır ve kazık darbelenir ve bu işlem tekrarlanır.
2. Tek tesirli şahmerdanlarda ise tokmak serbest düşme ile kazığın başlığına düşürülür, buhar veya basınçlı hava ile kaldırılır ve işlem tekrarlanır.
3. Çift tesirli şahmerdanlarda tokmak hem inişte hem çıkıştı buhar veya basınçlı hava gücünden yararlanılır.
4. Bunların dışında birde dizel motorlu şahmerdanlar yaygın olarak kullanılır. Bu şahmerdanlarda tokmağın çakma gücü motordaki mazotun patlaması sonucu oluşan enerji ile sağlanır.

Dinamik formüller olarak bahsedilen formüller; Sanders Formülü, Engineering News Formülü, Dutch Formülü, Ritter Formülü, Brix Formülü ve Hilley Formülü'dür. Ayrıntılı bilgi aşağıdaki başlıklar altında verilmiştir.

2.3.2.1 Sanders Formülü

En basit dinamik kazık formülü Sanders Formülü olup, (W_r) ağırlığındaki tokmağın (h) mesafesinden düşmesiyle yapılan işin kazığın zemine girme miktarı (s) ile kazığın çakmaya karşı toplam direncinin (Q) çarpımı ve enerji kayıplarının

toplamına eşit olacağı kabulüne dayanır. S, son vuruşların ortalaması olarak alınmakla birlikte, enerji kayıpları ise çarpma sırasında oluşan ısı enerjisi, kazığın elastik kısalması, tokmak sistemindeki sürtünmeler vb. şeklinde ifade edilebilir.

$$Q = \frac{W_r . h}{s} \qquad \textbf{(2.16)}$$

Enerji kayıpları göz önüne alınmamıştır.

2.3.2.2 Engineering News Formülü

Enginnering News Formülleri serbest düşmeli ve tek tesirli şahmerdanlar ve çift tesirli şahmerdanlar için aşağıdaki gibidir:

Serbest düşmeli ve tek tesirli şahmerdanlar;

$$Q = \frac{W_r . h}{s} + c \qquad \textbf{(2.17)}$$

Çift tesirli şahmerdanlar;

$$Q = \frac{E_n}{s} + c \qquad \textbf{(2.18)}$$

c değeri enerji kayıplarını ifade eden bir sabittir. Çizelge 2.6'da şahmerdanlara göre kullanılacak c değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 2.6 : Şahmerdanlara göre c değerleri.

Şahmerdanlar	c (mm)
Serbest düşmeli ve tek tesirli şahmerdanlar	25
Buharlı şahmerdanlar	2.5
Çift tesirli şahmerdanlar	2.5

"En" ise makine kataloglarında verilen çift tesirli şahmerdanlarda tokmağın darbe sırasında uyguladığı enerjidir. Engineering News Formülü'nde güvenlik katsayısı 3-6 arasında alınarak emniyetli yük bulunur.

2.3.2.3 Dutch ve Ritter Formülleri

Dutch ve Ritter Formülleri için ise aşağıdaki ifadeler önerilmiştir, ayrıca bu formüller için göz önünde bulundurulacak güvenlik katsayıları serbest düşmeli ve tek

tesirli şahmerdanlar için 10, buharlı şahmerdan ve çift tesirli şahmerdanlar için ise 6 alınması uygun görülmüştür.

Dutch formülü,

$$Q = \frac{W_r^2 h}{sx(W_r W_p)} \quad \textbf{(2.19)}$$

Ritter formülü,

$$Q = \frac{W_r^2 h}{s(W_r + W_p)} + (W_r + W_p) \quad \textbf{(2.20)}$$

W_p : Kazık ağırlığı

2.3.2.4 Brix Formülü

Brix formülü için kullanılması önerilen güvenlik katsayısı 3-5 tir. Ahşap kazıklar için kullanılmakla birlikte serbest düşmeli şahmerdanlar için uygundur**.** Brix formülü denklem 2.21'de belirtilen formüldür.

$$Q = \frac{W_r W_p h}{s(W_r + W_p)} \quad \textbf{(2.21)}$$

2.3.2.5 Hiley Formülü

En yaygın kullanılan ve enerji kayıplarını diğer formüllere göre en gerçekçi şekilde ifade eden formül denklem 2.22'de verilmektedir.

$$Q = \frac{e_f W_r^2 h}{s + \frac{1}{2}(c_1 + c_2 + c_3)} \cdot \frac{(W_r + e^2 W_p)}{(W_r + W_p)} \quad \textbf{(2.22)}$$

c_1 : Kazığın başındaki takozun ve yastığın elastik kısalması

c_2 : Kazığın elastik kısalması

c_3 : Zeminin elastik kısalması

e_f : Tokmağın tesir katsayısı (0.65-1.00)

e : Çarpma sayısı

e_f değeri serbest düşmeli şahmerdanlarda 1.00, buharlılarda 0.90 alınabilir. Güvenlik sayısı için 3 uygun bir değer olup, e, çarpma sayıları için Chellis'in önerdiği değerler Çizelge 2.7'den alınabilir**.**

Çizelge 2.7 : Çarpma sayıları (e).

Malzeme	Çarpma Sayısı, e
Harap olmuş ahşap	0.00
Ucu bozulmamış ahşap kazık	0.25
Sağlam ahşap yastıklı çelik kazık	0.32-0.40
Çelik başlıklı çelik veya beton kazık	0.50
Başlıksız beton kazık üstüne dökme demir tokmakla vurulması halinde	0.40

Dinamik kazık formüllerinde kazık direncinin çakma esnasında değişmeyeceği kabul edilmektedir. Buna rağmen özellikle killi zeminlerde çakma sırasında zeminin örseleneceği ve mukavemeti azalması muhtemeldir. İnce kum ve siltlerde ise ani darbenin yarattığı ilave boşluk suyu basınçları sürtünmeden doğan mukavemeti azaltır. Bu nedenlerden dolayı, ince dane oranı fazla zeminlerde, silt ve ince kumda bu formüller güvenilir değildir.

Dinamik kazık formüllerine getirebilecek en büyük eleştiri, kazığın dinamik etkiler altındaki davranışının, gerçekteki statik etkiler altındaki davranışıyla eşdeğer tutulmasının gerçekçi olmadığıdır. Terzaghi' nin (1942) yorumu ise şöyledir: "Eksikliklerine ve güvenilir olmamalarına rağmen, kazık formülleri uygulamacı mühendisler arasında hala büyük bir talep görmektedir. Çünkü bu formüllerin kullanımı kazıkların tasarımını çok basit bir yönteme indirgemektedir." (Birand, 2001)

2.3.3 Arazi Deneylerinden Kazık Taşıma Gücü

2.3.3.1 Koni Penetrasyon Deneyi

Koni penetrasyon deneyinden faydalanılarak, kazık taşıma gücü tayini için iki yaklaşım benimsenmistir.

Koni dayanım degerleriyle nihai kuyu sürtünmesi ve taban taşıma gücü arasındaki korelasyonlar (De Ruitter ve Beringen, 1979; Bustamente ve Diğerleri,1982; Poulos,1989).

Gömlek sürtünmesi ve nihai kuyu sürtünmesi arasındaki korelasyonlar (Schmertmann, 1978). Bu yaklasımın gömlek sürtünmesinin belirlenmesindeki zorluklar nedeniyle yukarıdaki metoda göre daha az güvenilir oldugu kabul edilir.

Bustamante ve Gianeselli tarafından (1982) benimsenen metot Frank ve Mangan tarafından özetlenmiştir. Nihai kuyu sürtünmesi f_s, taban taşıma gücü f_t, aşağıda verilmiştir.

$$f_s = (q_c / b) \leq f_{sl} \quad \textbf{(2.23)}$$

$$f_t = k_c q_c \quad \textbf{(2.24)}$$

q_c : Ölçülen koni uç direnci,

b : Kuyu faktörü,

f_{sl} : Çevre sürtünmesinin nihai limit değeri,

k_c : Taban katsayısı

Çizelge 2.8'de, zemin ve kazık tipine baglı olan b ve fsı' nin tavsiye edilen degerleri verilmistir. Önerilen değerler; delme kazık, kılıflı delme kazık, ucu kapalıçelik çakma kazık ve beton çakma kazık için değişen zemin özelliklerine göre ayrı ayrı verilmiştir. Zemin dayanım özellikleri arttıkça çevre sürtünme değerleri artmaktadır. Ayrıca ucu kapalı çelik çakma kazıklarda diğer kazık çeşitlerine göre çevre sürtünmesi limit değerleri daha büyüktür. Çizelge 2.9'da kc' nin degerleri verilmistir. Taban katsayısı değerleri ise yer değiştirmeye neden olan ve yer değiştirmeye neden olmayan kazıklar için değişen zemin özelliklerine göre verilmiştir. Zemin cinsine göre taban katsayısı değerleri değişmektedir ancak aynı zemin cinsi için farklı dayanım özelliklerine göre taban katsayısı değerleri değişmemektedir. Çizelge 2.9'da görüldüğü gibi yer değiştirmeye neden olan kazıkların taban katsayısı değerleri, yer değiştirmeye neden olmayan kazıklara göre daha büyüktür. Ayrıca iri daneli zeminlerde taban katsayısı değerleri ince daneli zeminlere göre azalmaktadır. Bu arada denklem kullanılan qc' nin kazık tabanının 1.5 kazık çapı katı kadar altında ve üstündeki mesafedeki ortalama değer olması gerekir. Aşırı düşük ve aşırı yüksek değerler ortalamaya dahil edilmez. Aşırı yüksek ve aşırı düşük değerler ortalamaya dahil edildiği taktirde yanlış sonuç verebilir. Genelde değerler belli aralıklarda ölçülür ve ölçülen aralıkların dışında kalan değerler ortalamaya dahil edilmez.

Çizelge 2.8 : CPT için nihai çevre sürtünmesi korelasyonu (Melt, 1993).

Kazık Tipi	**Kil ve Silt**					**Kum ve Çakıl**			**Kireçtaşı**	
	Yumuşak		**Katı**	**Sert**		**Gevşek**	**Orta**	**Sıkı**	**Yumuşak**	**Ayrışmış**
Delme Kazık										
B	-	-	75	-	-	200	200	200	125	80
f_{sl}, kPa	15	40	80	40	80	-	-	120	40	120
Kılıflı Delme										
B	-	100	100	-	100	250	250	300	125	100
f_{sl}, kPa	15	40	60	40	80	-	40	120	40	80
Ucu Kapalı Çelik Çakma Kazık										
B	-	120		150		300	300	300		
f_{sl}, kPa	15	40		80		-	120			
Beton Çakma Kazık										
B	-	75		-		150	150	150		
f_{sl}, kPa	15	80		80		-	-	120		

Çizelge 2.9 : CPT için taban katsayısı değerleri.

			k_c	
	Zemin Tipi	Q_c (Mpa)	Yer değiştirmeye neden olmayan kazıklar	Yer değiştirmeye neden olan kazıklar
Kil, Silt	Yumuşak	<3	0.40	0.55
	Katı	3-6		
	Sert	>6		
Kum, Çakıl	Gevşek	<5	0.15	0.50
	Orta	8-15		
	Sıkı	>20		
Kireçtaşı	Yumuşak	<5	0.20	0.30
	Ayrışmış	>5	0.30	0.45

2.3.3.2 Standart Penetrasyon Deneyi

Meyerhof'un 1956 yılında yayınladıgı en büyük sürtünme direnci fs, en büyük temel direnci ve SPT verileri arasındaki korelasyon günümüzde hala yaygın olarak kullanılmaktadır. Daha ileri korelasyon çalısmaları yine Meyerhof tarafından 1976' da ve Poulos tarafından 1989'da yapılmıştır. Yapılan son çalışmalarda aşağıdaki denklemler elde edilmiştir.

$$f_s = \alpha(2.8N_{60} + 10)\left[kN/m^2\right] \qquad \textbf{(2.25)}$$

$$f_t = K_t (N_{60})_t \qquad \left\lfloor kN/m^2 \right\rfloor \qquad \textbf{(2.26)}$$

N_{60} : Kuyu boyunca elde edilen SPT degerleri (%60 enerji verimliligi ile düzeltilmiş)

α : 1.0 (Killi zeminde yer degistirme yapan kazıklar için)

α : 0.5 ~ 0.6 (Ayrık daneli zeminde yer degistirme yapmayan kazıklar için)

$(N_{60})_t$: Kazık ucu ve çevresindeki ortalama SPT okuması

K_t : Taban katsayısı (Çizelge 2.10)

Çizelge 2.10 : SPT için taban katsayısı (K_t) değerleri.

Zemin Tipi	Yer değiştirmeye neden olmayan kazıklar	Yer değiştirmeye neden olan kazıklar
Kum	325	165
Kumlu Silt	205	115
Killi Silt	165	100
Kil	100	80

3. YÜKLEME DENEYLERİ

Bütün kazıklı temeller için kazık taşıma taşıma gücünü ve kazık davranışını belirlemek gereklidir. Bu yüzden sahada yapılan yükleme deneyleri, imal edilen kazığın taşıma gücünü belirlemek için birinci derecede önemlidir. Daha önceden kağıt üzerinde tasarlanan kazık taşıma gücü, yükleme deneyleri ile yerinde test edilebilir. Örneğin, yükleme deneyi sonucunda, kazık taşıma gücü, projeye uygun değilse ve revize edilmesi gerekiyorsa kazık yükleme deneyleri projeyi değiştirme imkânı sağlar. Kazık uygulanacak arazinin önceden fark edilmemiş özelliklerin tespit olanağı sağlar.

Kazık yükleme deneyleri, statik ve dinamik yükleme deneyi olmak üzere iki ana başlık halinde incelenecektir.

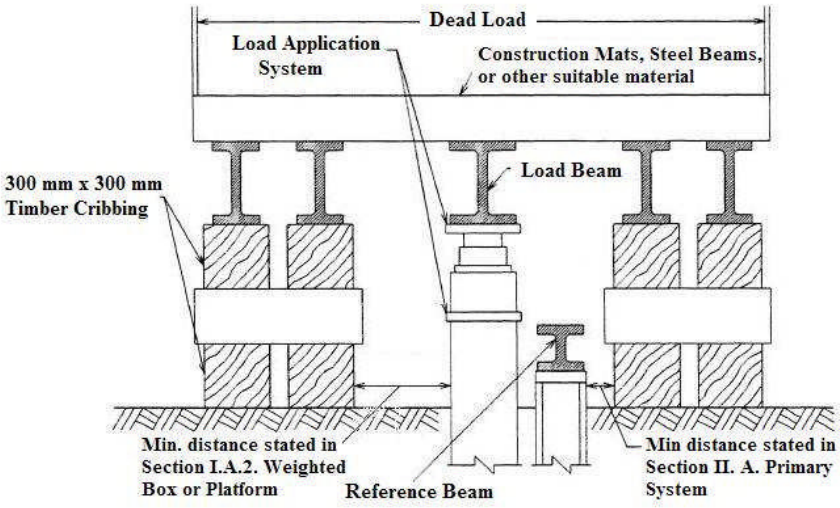
3.1 Statik Yükleme Deneyleri

Statik yükleme deneyi, kazıkların taşıma gücünün belirlenmesi için kullanılan en güvenilir yöntemdir. Statik yükleme deneyi, belirli zaman aralıklarında kazığın yüklenerek kazıkta meydana gelen yer değiştirmelerin ölçülmesi şeklinde yapılmaktadır.

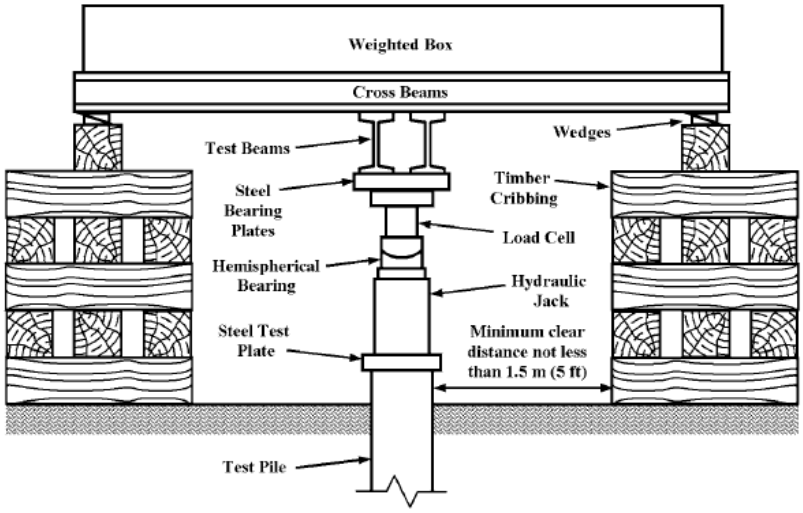
Kazık yükleme deneyleri, kazık başına kurulan platformun doğrudan doğruya yüklenmesi ile (Şekil 3.1), mevcut bir yapıdan reaksiyon alarak hidrolik kriko ile (Şekil 3.2), daha önce çakılmış kazıklardan reaksiyon alarak (Şekil 3.3) veya bir kaldıraç kolu görevi görecek ankraj halatları vasıtası ile kazığı yükleyerek yapılır.

Doğrudan doğruya yük, çok kere kum çuvalları, demir parçaları, beton bloklar v.s. ile temin edilir. Doğrudan doğruya yükleme platformunun,zeminin göçmesi v.s. sırasında devrilmesini önlemek için dört köşesinde emniyet mesnetleri yapılmalıdır.

Hidrolik krikolar ile yapılan yüklemeler, yük istenilen hızda tatbik olabildiği için daha emniyetlidir. Ölü yük ile yapılan deneyler, hidrolik krikolarla yapılan deneylere göre daha iş güvenliği açısından daha risklidir.



Şekil 3.1 : Kazık başına kurulan platformun doğrudan yüklenmesi.

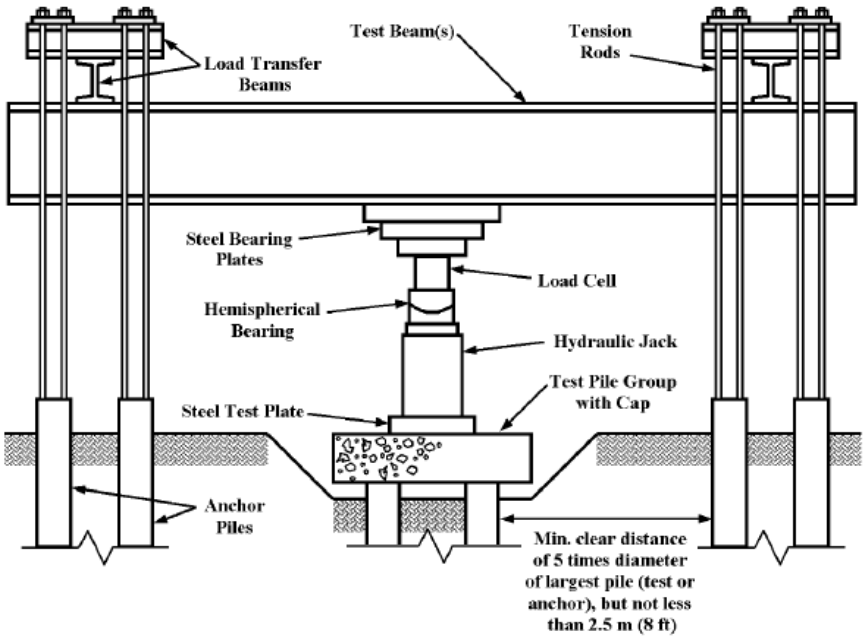


Şekil 3.2 : Mevcut bir yapıdan reaksiyon alarak hidrolik kriko ile yüklenmesi.

Statik kazık yükleme deneyi sonuçları, genellikle yük-oturma grafikleri halinde verilir. Yükleme/boşaltma kademeleri ile kazık başının yer değiştirmesinin plastik ve elastik oturmaları elde olunabilir.

Deneyde elde edilen yük-oturma grafiklerinde kazık taşıma güçleri hesaplanabilir. Bunun için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Bu bölümde de iki ana başlık olacak. Statik kazık yükleme deneylerini, yapım yöntemleri ve hesap yöntemleri açısından inceleyebiliriz. Yapım yöntemleri açısından dört ayrı yöntem ve hesap yöntemleri açısından ise altı ayrı yöntem ele alınacaktır.



Şekil 3.3 : Kazıklarından reaksiyon alarak yüklenmesi.

3.1.1 Statik Yükleme Deneyi Yapım Yöntemleri

Şu anda yapılan uygulamalarda çeşitli deney yöntemleri kullanılmaktadır. ASTM'de belirtilen yavaş kademeli yükleme deney yöntemi en çok kullanılan yöntemdir. Bilinen yöntemlerden diğeri ise sabit hızlı penetrasyon deneyidir. Bu yöntem daha nadir kullanılan bir yöntemdir. Üçüncü bir yöntem ise çevrimsel deney yöntemidir. Bu üç yöntem, temel yöntemler olarak adlandırılır. Bunların yanında tanımlanmamış ve bu yöntemlerden çeşitli prosedürleri birleştirerek oluşturulmuş çok sayıda deney yöntemi mevcuttur. Bunlardan en önemlisi de hızlı kademeli yükleme deneyidir.

3.1.1.1 Kademeli Yavaş Yükleme Deneyi (ML)

Kademeli yavaş yükleme deney yöntemi, temel hareket etmeyi durduruncaya kadar veya hareketin hızı kabul edilebilir derecede küçük oluncaya kadar bu yüklerin her birini artışlı olarak sürdürür.

ASTM D1143-07 numaralı şartnameye göre yavaş kademeli yükleme deneyinde kazık proje yükünün %200'üne sekiz eşit kademede yüklenir. Sonrasında, yük 4 eşit kademede boşaltılır. Her yük kademesinde oturma artış oranı 0.25 mm/saat olana kadar veya maksimum 2 saat beklenir. %200'lük yük kademesinde ise 24 saat beklenir. Deney, 48-72 saat arasında bir sürede tamamlanır. 0.25 mm/saat olarak verilen oturma kriteri "sıfır oturma" olarak tanımlanır. Burada sıfır oturma değeri ayda 180 mm/ay oturma oranına tekabül edebilir.

3.1.1.2 Sabit Penetrasyon Oranlı Yükleme Deneyi (CRP)

Sabit penetrasyon oranlı yükleme deney yöntemi kademeli yavaş yükleme deneyinin tam tersidir. CRP deneyinde kazık yük uygulanarak daha önceden belirlenen bir oranda oturtulur. Bu oran genelde 0.5 mm/dakikadır. Kazığın oturma miktarına karşılık gelen yük kademeleri kaydedilir. Bu deney kazık 50-75mm arasında oturma yapana kadar veya maksimum kazık taşıma gücü aşılana kadar sürdürülür. Deney 2-3 saat gibi kısa bir sürede tamamlanır.

CRP deneyi, kazığın göçme noktasına geldiği durumlarda bazı önemli bilgiler verir. Bu durumlarda kazığın, uç kazığı veya kumda sürtünme kazığı olup olmadığını, uç direncini ve kilde sürtünme kazığı olup olmadığını bulabiliriz.

3.1.1.3 Çevirmeli Yükleme Deneyi (CL)

Bir çok yükleme deney yöntemi aslında çevirmeli yükleme deneyleri olarak tanımlanabilir. Basit çevirmeli yükleme deneyinde yükleme ve boşaltma ML deney prosedüründeki kademelere uygun olarak yapılır. Yükleme-boşaltma işlemi istenilen en büyük yüke ulaşılıncaya kadar servis yükünün yarısına eşit yük değerleri için tekrarlanır. Tekrarlı yüklemelerin söz konusu olduğu projelerde uygulanması uygundur.

3.1.1.4 Hızlı Kademeli Yükleme Deneyi

Hızlı kademeli yükleme deney yöntemi, otumanın zamana bağlı etklerini göz ardı etmesi yönünden CRP deneyine benzerdir. QML yönteminde kazık, genelde servis yükünün %300'üne kadar yüklenir. Servis yükünün %15'i kadar toplam 20 adet yük kademesi uygulanır. Her kademede 15 dakika beklenerek 3 dakikalık okumalar alınır. Deney 3-5 saat arasında tamamlanır.

Deney sonuçlarına göre CRP ve QML deneylerinden elde edilen grafikler birbirine yakın çıkar.

Deney hızlı ve ekonomiktir. Daha çok drenajsız durumu temsil ettiği için oturma tahmini yapmaya uygun sonuçlar vermez.

3.1.1.5 Deney Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Deney yöntemleri zaman açısından şekil 3.4'te karşılaştırılmıştır. Burada belirtilen deney yöntemleriyle elde edilen dört ayrı yük-zaman grafiği görülmektedir. SML ile

CL deney yöntemleri diğer deneylere göre daha uzun sürmektedir. Bu deney yöntemlerini belirlemeden önce bu yöntemlerin neden seçildiği belirtilmelidir. Çünkü SML ve CL yöntemleri ile yapılan deneyler, diğer deney yöntemlerine göre hem zaman kaybına yol açıyor hem de ekonomik değil.

Kil zemin içinde, farklı deney yöntemleri ile sürtünme kazıklarına yapılan deneylerden elde edilen yük-oturma grafikleri Şekil 3.5'te karşılaştırılmaktadır. CRP deney yönteminden elde edilen grafik gayet açıklayıcı ve üzerinde çalışılması kolay bir grafiktir. QML deney yöntemiyle yapılan deney de CRP deneyine yakın sonuç vermiştir. QML yönteminden elde edilen grafik genel olarak kazıkların kil zemin içindeki davranışını tasvir etmektedir. Grafikte görüleceği üzere kazık başında son yüklemeden sonra ani bir oturma gözlemlenmiştir ve sonrasında kazığa yükte azalma meydana gelmiştir.

CL deney yöntemi diğer deneylerden farklı olarak daha önce de belirtildiği gibi bazı özel şartlar için yapılabilir. Eğer kazık tasarımında tekrarlı yüklemeler söz konusu ise o zaman CL deney yöntemi ile statik yükleme deneyi yapılır. CL deneyleri diğer deney yöntemlerine göre uzun sürer ve pahalı bir deneydir.

3.1.2 Kazık Yükleme Deneylerinden Taşıma Gücü Hesabı

Kazık yükleme deneylerinin esas amacı, kazığın emniyetli olarak taşıyabileceği yükün belirlenmesidir. Emniyetli kazık yükü kazığın taşıyabileceği nihai yükün, belirli bir emniyet katsayısına bölünmesi olarak tanımlanabilir. Kazık göçme yükünün belirlenmesi için literatürde Tomlinson (2004), Chellis (1961), Broms (1981) ve Fleming (2008) tarafından verilen tanımlar şu şekildedir.

1- Kazık çapının %10'u kadar oturmaya,

2- Yükte artış olmadığı halde oturmanın devam etmesine,

3- Yükte küçük miktardaki artışlarda aşırı oturmaların meydana gelmesine,

4- Sabit yük artışı altında oturmaların sabit hızla devam etmesine

neden olan yük olarak tanımlanmıştır.

Verilen teorik göçme yükü tanımları, genellikle uygulamadaki deney sonuçlarının yorumlanması için yeterli olmaktadır. Bunun en önemli nedeni ise göçmenin yukarıda verilen kriterlere göre tam olarak belirlenebilmesi için kazığın önemli

miktarda hareket etmesi gereğidir. Özellikle kohezyonsuz zeminlerdeki büyük çaplı kazıkların üzerinde yapılan yükleme deneylerinde, kazık çapının %10'u oranında hareket etmesine veya kazığın zemine batmasına neden olacak yükün uygulanması ve reaksiyon sisteminin oluşturulması pratik anlamda her zaman mümkün olmamaktadır.

Birçok vakada, kazık yükleme deneylerinden elde edilen veriler ile göçme yükünün tayini mümkün olamamaktadır. Bunun sebebi, deney sonucunda elde edilen ve taşıma gücünün belirlenmesinde önemli rol oynayan yük – oturma eğrisinde göçme anının tam olarak tespit edilemesidir. Şekil 3.6'da gösterilen tipik yük – oturma eğrilerinden A ve B eğrilerinde göçme anı açıkça tespit edilebilmekle beraber, C eğrisinin yorumlanması gereği ortaya çıkmaktadır. Özellikle fore kazıklarda yük – oturma eğrisinin C eğrisine benzer olarak ortaya çıkması, yükleme deneyi değerlendirmelerinin önemini ortaya koymaktadır (Düzceer, 2001).

Bu bölümde ele alınan değerlendirme yöntemleri, daha çok genel durumlar için geliştirilmiş ve pratikte daha çok kullanılan yöntemlerdir.

3.1.2.1 Davisson Yöntemi

Bu yöntemde göçme yükünün tahmini için gereken bir oturma değeri tanımlanmış ve bu oturmaya karşılık gelen yükün göçme yükü olarak kullanılmasını önermiştir (Davisson, 1970). Buna göre sabit olan oturma değerinin formülü denklem 3.1'de verilmiştir.

$$\delta_e = QL/AE \tag{3.1}$$

$$x = 3.81 + D/120 \tag{3.2}$$

δ_e : Kazığın elastik boy kısalması (mm),

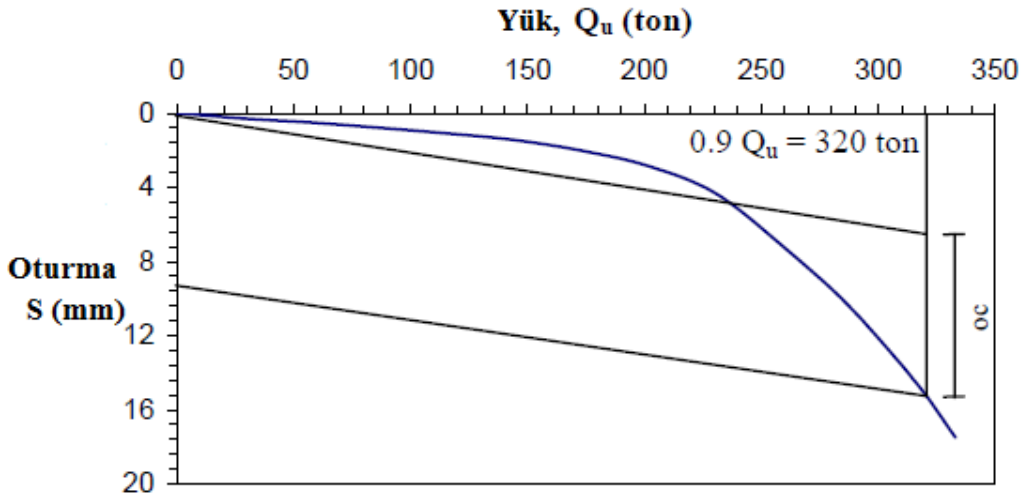
Q : Kazığa uygulanan yük,

L : Kazık boyu,

A : Kazık kesit alanı,

E : Kazığın elastisite modülü.

Kazığın elastik boy kısalması (δ_e) hesaplanıp, grafikteki eğri üzerinde işaretlendikten sonra orijinden elastik yer değiştirme doğrultusuna paralel bir doğru çizilir (Şekil 3.4). Yine bu doğruya paralel ve bu doğruya x uzaklığında çizilen doğrunun yük-oturma eğrisini kestiği noktaya karşılık gelen yük değeri kazığın Davisson yöntemine göre göçme yüküdür.



Şekil 3.4 : Davisson yöntemi.

Bu yöntem özellikle yavaş kademeli yükleme deneyi ve çakma kazıklar için önerilir. Bu yöntemden elde edilen göçme yükü değeri diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında, daha düşük bir göçme yükü değeridir. Yöntemin önemli bir avantajı kazığın fiziksel özelliklerinin dikkate alınarak değerlendirmeye gidilmesidir. Kazık imalatından kaynaklanan elastisite modülünün kazığın her yerinde eşit olmaması durumunda değerlendirmenin bundan etkilenmesi bu yöntemin dezavantajıdır.

3.1.2.2 Brinch Hansen %80 Yöntemi

Bu yönteme göre, yükün %80'indeki oturmanın 4 katı oturmaya neden olan yük değeri göçme yüküdür (Brinch Hansen, 1963). Bu yöntemde göçme yükü hem analitik olarak hem de grafikten elde edilebilir.

Buna göre her deplasman değerinin kareköküne karşılık gelen yük değerine bölünmesinden elde edilen değer ile yer değiştirme değerinin grafiği çizilir. Bu grafik belli bir noktadan sonra doğrusallaşır. Şekil 3.5'te örnek grafik gösterilmektedir. Grafikte görüldüğü üzere noktaların doğrusallaştığı bölgede ortalama bir doğru çizilir. Analitik yöntemden göçme yükü şu şekilde hesaplanabilir:

$$Q_{ult} = \frac{1}{2\sqrt{C_1 C_2}} \tag{3.3}$$

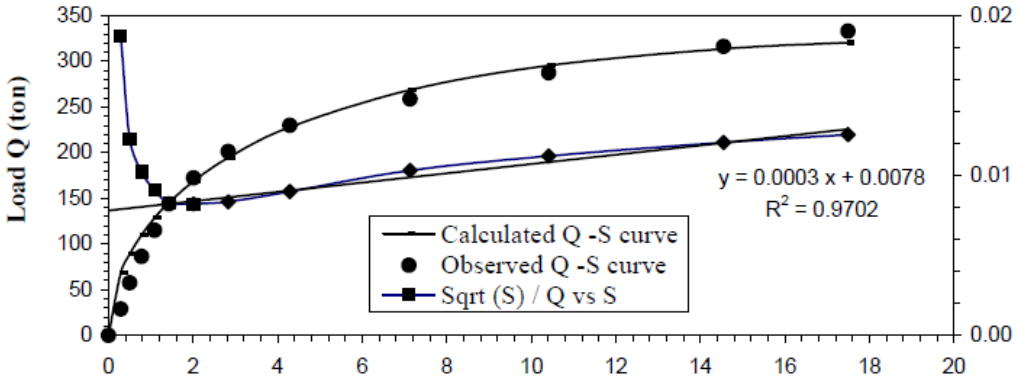
$$\delta_{ult} = \frac{C_2}{C_1} \tag{3.4}$$

Q_{ult} : Göçme yükü,

δ_{ult} : Göçme yükünde oluşan deplasman,

C_1 : Doğrunun eğimi,

C_2 : Doğrunun y eksenini kestiği nokta.



Şekil 3.5 : Brinch Hansen %80 Grafiği

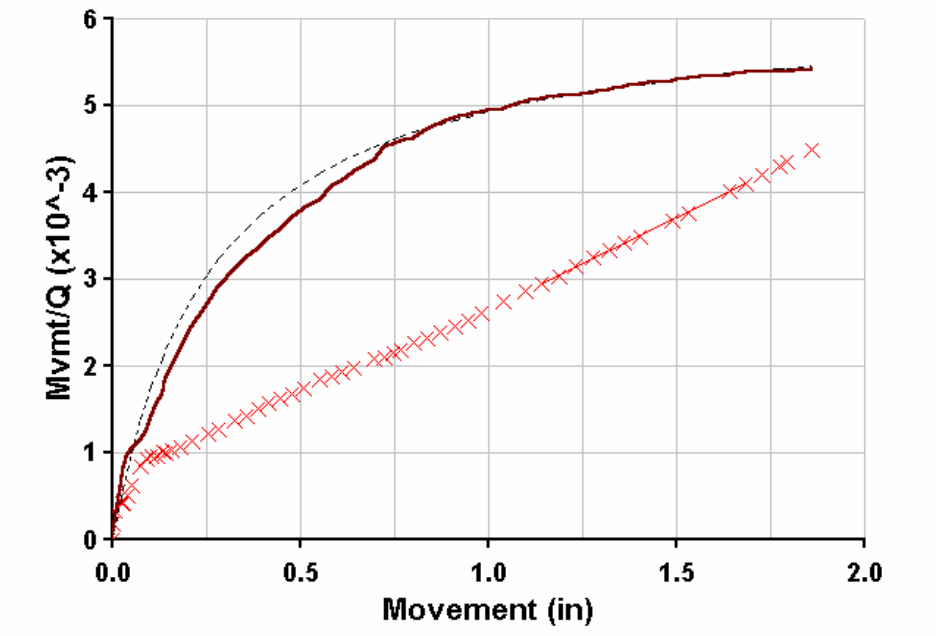
Brinch Hansen yöntemi hızlı kademeli ve yavaş kademeli yükleme deneylerinin her ikisi için de tavsiye edilir.

3.1.2.3 Chin Kondner Yöntemi

Chin Kondner yönteminde öncelikle oturma/yük – oturma grafiği çizilir. Şekil 3.6'da çizilmiş örnek bir grafik görülmektedir. Grafikteki noktalar belli bir değerden sonra doğrusal eğilim gösterir. Bu noktaların oluşturduğu doğrunun eğiminin tersi Chin Kondner yönteminin göçme yükünü verir (Chin, 1970).

Örnek bir yük-oturma eğrisi şekil 3.6'da görülmektedir. Eğer deneyde bir olumsuzluk var ise Chin Kondner grafiğindeki doğrusal bölgedeki noktaların bir bölümü doğrunun dışına çıkar. Bu sebeple bu yöntem deneyin yapılışı sırasında uygulanırsa, uygulayıcıya deneyin gidişatı hakkında önemli bilgiler verir. Noktaların

dışarı çıktığı durumlarda deneyin doğruluğu kontrol edilmelidir. Bu kontroller tasarım yüküne çıkıldığında yapılmaya başlanabilir.



Şekil 3.6 : Chin Kondner Grafiği

Göçme yükü:

$$Q_{ult} = \frac{1}{C_1} \tag{3.5}$$

C_1 : Chin Kondner grafiğinde doğrunun eğimi.

Bu yöntem ayrıca yük – oturma grafiğinde Chin Kondner grafiğinin doğrusal eğilim gösteren noktaları için yük-oturma eğrisini de tanımlar. Bu doğrunun denklemi:

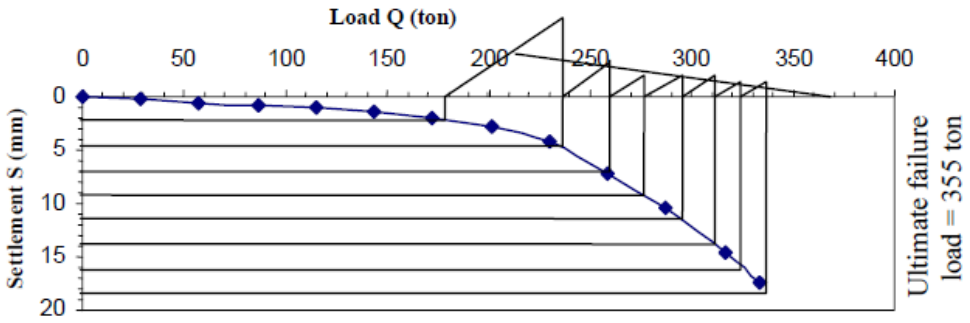
$$Q = \frac{\delta}{C_1\delta + C_2} \tag{3.6}$$

C_2 : Doğrunun düşey ekseni kestiği değer.

Chin Kondner yöntemi yavaş kademeli (SML) ve hızlı kademeli (QML) deney yöntemlerinin her ikisinde de uygulanabilir. Yöntemin mantıklı sonuç vermesi için zaman aralıklarının sabit olması ve uygulana yükün Davisson göçme yükünü geçmiş olması tavsiye edilir. Kazık oturmasının elastik sınırları aşıp plastik oturma yaptığı deneylerde bu yöntem uygulanabilir.

3.1.2.4 Mazurkiewicz Yöntemi

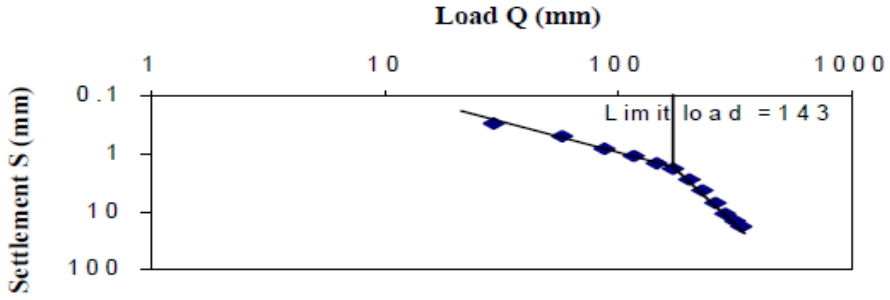
Mazurkiewicz (1972) tarafından önerilen bu yöntemde, yük-oturma grafiğinin oturma ekseni eşit aralıklarla bölünerek yük eksenine paralel doğrular çizilir. Paralel doğruların yük – oturma eğrisini kestiği noktalardan, yük eksenine çıkılan diklerin, ekseni kestiği noktalar belirlenir. Bu kesişim noktaları yeni bir doğru meydana getirir. Oluşan yeni doğrunun yük eğrisini kestiği nokta göçme yükünü verir. Şekil 3.7'de görüldüğü üzere, bu yöntem yük – oturma eğrisinin parabolik oladuğu kabulüne dayanmaktadır.



Şekil 3.7 : Mazurkiewicz Yöntemi

3.1.2.5 De Beer Yöntemi

Bu yöntemde yük-oturma grafiğine hem yük değerleri hem de oturma değerleri logaritmik eksende yazılır. Eğer deneyde göçme yükü geçilmiş ise iki düz doğrunun varlığı görülür. Eksende bu iki düz doğrunun kesiştiği nokta göçme yükü olarak tenımlanır. Şekil 3.8'de örnek bir de beer yöntemi le çözülmüş grafik görülmektedir.



Şekil 3.8 : De Beer Yöntemi

De Beer yönteminde doğruların belirli olabilmesi için özellikle göçme noktasından sonra doğruyu temsil edebilecek sayıda nokta olması gerekir. Yöntem SML deneylerinde tavsiye edilir.

3.1.2.6 Decourt Yöntemi

Decourt yönteminde her yük değeri, ona karşılık gelen oturma değerine bölünerek elde edilen değerler ile yük – oturma/yük grafiği çizilir. Eğri absise yaklaştığında doğrusal bir hal alır ve bu doğru uzatıldığında absis ile kesişir. Doğrusal eğilim gösteren bu noktalara lineer regresyon analizi uygulanır. Bu regresyon doğrusunun absis ile kesiştiği noktaya karşılık gelen yük değeri Decourt limit değeridir (Decourt, 1999). Bu değer yük – oturma grafiğinde ideal eğri hesaplanarak bu eğri üzerinde kontrol edilebilir.

Göçme yükü regresyon doğrusunun düşey ekseni kestiği değerin doğrunun eğimine bölünmesi ile elde edilebilir.

$$Q_{ult} = \frac{C_2}{C_1} \tag{3.7}$$

İdeal eğrinin denklemi ise denklem 3.8'de belirtilmiştir.

$$Q = \frac{C_2 \delta}{1 - C_1 \delta} \tag{3.8}$$

Q_{ult} : Göçme yükü,

Q : Uygulanan yük,

δ : Oturma,

C_1 : Regresyon doğrusunun eğimi,

C_2 : Regresyon doğrusunun düşey ekseni kestiği değer.

Decourt yönteminde elde edilen değerin Chin Kondner yönteminden elde edilen göçme yüküne yakın olması beklenir.

3.2 Dinamik Yükleme Deneyleri

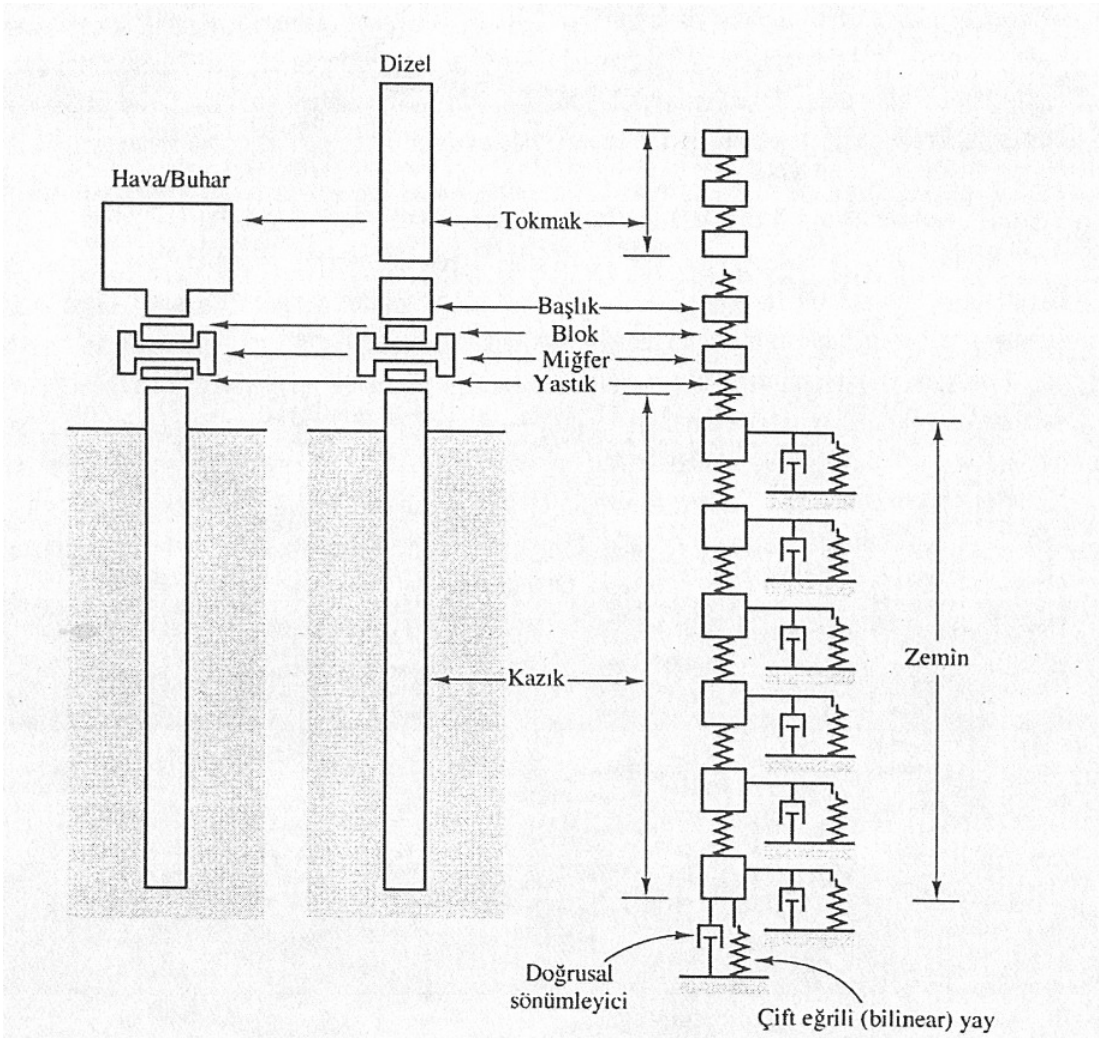
Dinamik yükleme deneyleri, kazık taşıma gücünü ve kazık sürekliliğini bulmak için çakma kazıklara yaygın olarak uygulanmaktadır. Kazık taşıma gücü değerleri, statik yükleme deney sonuçlarıyla memnun edici bir benzerlik göstermektedir (Rausche, 1985). Dinamik yükleme deneyleri, çakma kazıklara göre daha az olsa da fore kazıklara da uygulanmaktadır. Çakma kazıklarda uygulama fore kazıklara göre daha

pratik olduğu için çakma kazıklarda yaygınlaşan bir yöntemdir. Fore kazıklara uygulamak için ilave ekipman gerekmektedir. Çakma kazzıklarda ise dinamik yüklemenin en yaygın kaynağı bir kazık şahmerdanıdır. Bu aygıt zaten sahadadır ve bu nedenle çok az veya sıfır bir ilave maliyeti temsil eder. Bu nedenle, bu deneyler çok yaygın olarak çakma kazıklar üzerinde yürütülür. Ancak, dinamik yükler serbest düşmeli şahmerdanlar veya patlayıcılar ile de elde edilebilir. Bu delinmiş şaftların ve derin temellerin diğer tiplerinin deneyini olanaklı hale getirir. Bu yöntem, kenar sürtünmesi ve uç tasımasını harekete geçirmek için temelde yeterli deformasyon gerektirir ve bu nedenle yüksek deformasyonlu dinamik deney diye adlandırılır.

Dinamik yükleme deneyi yöntemleri, yüksek gerilim etkisi sırasında meydana gelen dinamik yük ve hareketi (ivme, hız ve yer değiştirme) analiz ederek kazık taşıma gücü değerine ulaşır. Kazığa uygulanan darbe gerilmesinin etkisiyle ilk etapta kazığın üst noktasında meydana gelen kuvvet değeri yüksektir. Belirli bir zaman sonra kuvvet ve hareketler kazıgın orta kısmında en yüksek değere ulaşır ve tekrar kısa bir süre sonra kuvvetler ve hareketler kazığın altına dogru bir artış gösterir. Bu dalga yayılımı sayesinde, zeminin altında direnç kuvvetleri şaft boyunca üst bölgelerden sonra etki ederler. Bir-üç milisaniye içinde gerçekleşen bu etkiler ve kayıtların sonundaki keskin yükseliş kazık boyunca meydana gelen sürtünme direnci ile uç direncinin birbirinden ayrılmasını sağlar. Bu dalga analizinde kullanılan sayısal model şekil 3.9'da gösterilmektedir.

Hemen hemen tüm pratik problemler sayısal yöntemler kullanarak çözülür ve bu, sayısal bilgisayarlar mevcut oluncaya kadar mümkün degildi. Smith, İkinci Dünya Savaşından hemen sonra (Smith, 1951) bilgisayarların ilk sivil uygulamalarının biri gibi görünen sayısal çözümleri denemiştir. Daha sonra, çalışmasını daha iyi hale getirmiş (Smith 1960; 1962), böylece kazıkların çağdaş dalga denklemi analizleri temelini oluşturmuştur.

Smith'in sayısal modeli kazığı, şahmerdanı ve çakma yedek teçhizatını Şekil 3.8'de gösterildiği gibi, ayrı elemanlara böler. Her bir eleman, gerçek sistemin karşılığındaki kısmının kütlesine eşit bir kütleye sahiptir. Bu elemanlar, karşılığındaki eleman gibi aynı rijitliğe sahip yaylar ile birleştirilmiştir. Örneğin, eğer kazık 1 ft uzun elemanlara bölünürse, sayısal model kazıktaki karşılığı olan kütleler ve yaylar 1 ft kazığın kütle ve rijitliklerine karşılık gelecektir.

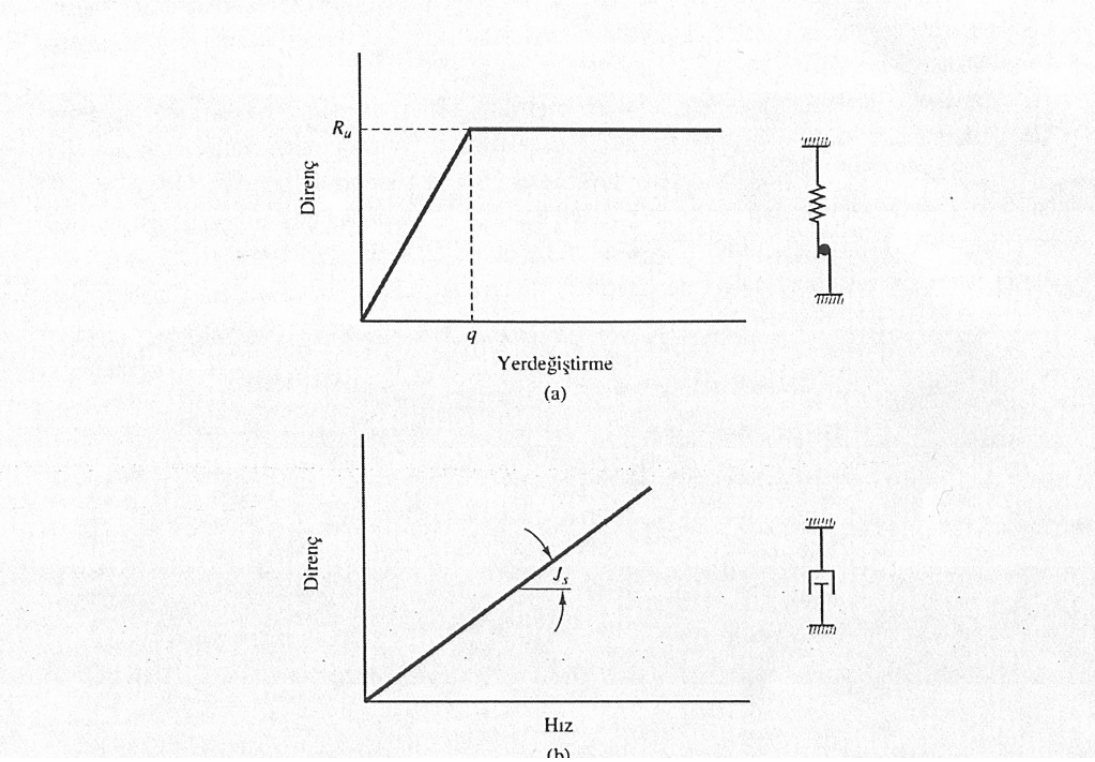


Şekil 3.9 : Dalga Denklemi Analizlerinde Kullanılan Sayısal Model (Goble, 1986)

Kazık sisteminin bazı kısımlarını modellemek diğerlerinden daha zordur. Bu özellikle dizel şahmerdanlar için doğrudur. Çünkü enerji verimleri çakma sertliği ile değişir. Neyse ki, yeni programların bazıları geliştirilmiş şahmerdan modellerini içermektedir. Bu yöntem, kenar sürtünmesi ve uç temas basınçlarını modellemek için, elemanların kenarları boyunca ve en alt elemanın tabanında bir dizi yaylar ve sönümleyiciler kullanarak, kazık ve zemin arasındaki ara yüzeyi de modeller. Yaylar, çakmaya karşı direnci deplasmanın bir fonksiyonu olarak modeller; sönümleyici de direnci hızın bir fonksiyonu olarak modeller.

Smith, şekil 3.10'da gösterildigi gibi, iki eğrili (bi-linear) elastik-plastik yay ve bir doğrusal sönümleyici kullanmayı önermiştir. Yay direnci, titremek olarak bilinen, bir q deplasmanına ulaşıncaya kadar artar. O noktada, nihai dirence (Ru) ulaşır ve tamamen plastik hale gelir. Sönümleyici direnci hızın doğrusal bir fonksiyonudur ve Smith sönümleme faktörü (Js) ile tanımlanır. Bu, kazık ve zemin arasında etkiyen

kuvvetlerin basitleştirilmiş bir görünüşü olmasına rağmen, pratik problemler için iyi çalışıyor gibi görünmektedir. Daha ayrıntılı yay ve sönümleyici fonksiyonlar da kullanılabilir.



Şekil 3.10 : Zemin-kazık ara yüzeyi için Smith Modeli: a)Bi-lineer yaylar
b) Doğrusal sönümleyiciler.

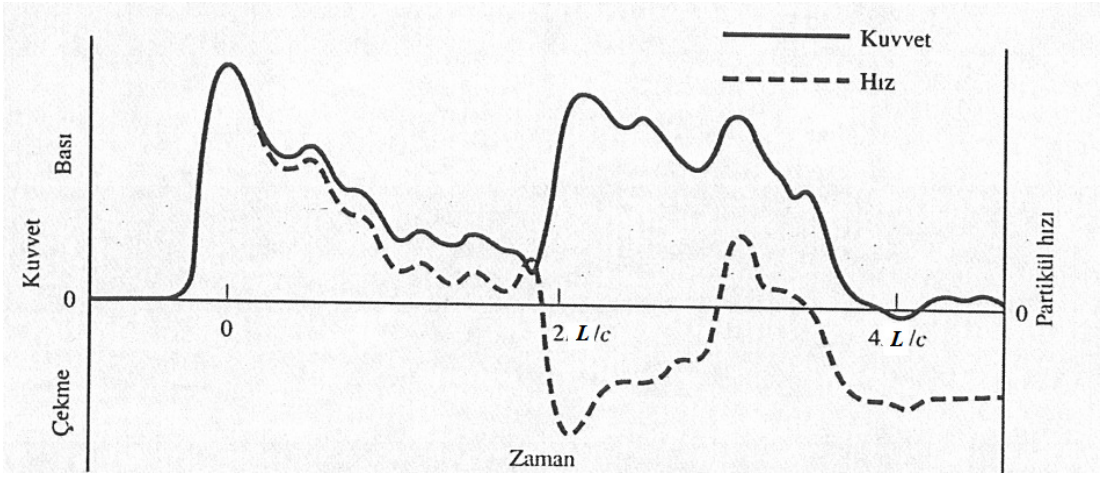
3.2.1 Case Yöntemi

Dalga denkleminin yerleştirme sırasında kazık taşıma gücü ile ilgili bilgi vermek üzere kullanılması Case Western Reserve Üniversitesi'nde yapılan araştırmalar sonucunda geliştirilmiştir (Goble, 1975). Bu işlem günümüzde Case yöntemi olarak bilinmektedir.

Case Yöntemi, çakma kazıklarda hem imalat hem de tasarım kontrolünde kullanılmaktadır. Bu yöntemde geliştirilen korelasyonlar ve hesaplamalar sayesinde statik yükleme deneyi dataları da elde edilebilmektedir.

Case yöntemi, bir dinamik kuvvetler analizine ve kazık çakılırken sahada ölçülen ivmelere dayandırılır (Rausche, Goble ve Likins, 1985). Case yöntemi, kazık taşıma güçleri, çakma gerilmeleri, yapısal bütünlük ve şahmerdan/çakma sistemi performansı hakkında kullanıcı girdisine hemen tepki verebilen bilgisayar uygulamaları sağlar.

Kazık mekaniğinin özelliğini göstermek amacıyla yüksek deformasyonlu dinamik deneylerden elde edilen tipik bir kuvvet ve hız verilerinin zamana göre değişimini gösteren grafik şekil 3.11'de verilmiştir. Bu grafikte hız verisinin ivmenin zamana göre integrasyonundan elde edilmiştir. Ayrıca bu integrasyondan elde edilen hız verisi, grafikte çizim kolaylığı olması için EA/c (Young modülünün kazık kesit alanı ile çarpımının dalga hızına bölümü) sabiti ile çarpılır. Zaman ölçeği milisaniye birimiyle ve gerilme dalgasının kazık boyu, L, boyunca gitmesi için gerekli zaman birimi olan L/c cinsinsinden birimiyle verilebilir.



Şekil 3.11 : Kuvvet ve hız ile zaman ilişkisinin tipik diyagramları (Hannigan, 1990).

3.2.1.1 Dalga Mekaniği

Kazık başında şahmerdan etkisiyle oluşan basınç dalgası kazığın zemin ile bağlantısı olmadığı serbest bölgede hız ve kuvvet değerleri orantısal olarak aynı yöndedir. Hız ve kuvvet eğrileri arasındaki bu orantı basınç dalgası bir zemin direnciyle karşılaştığında bozulur (Goble, Likins ve Rausche, 1975). Yalnız tamamen serbest kazıkta kazığın başında meydana gelen hız verisi şu şekilde hesaplanır:

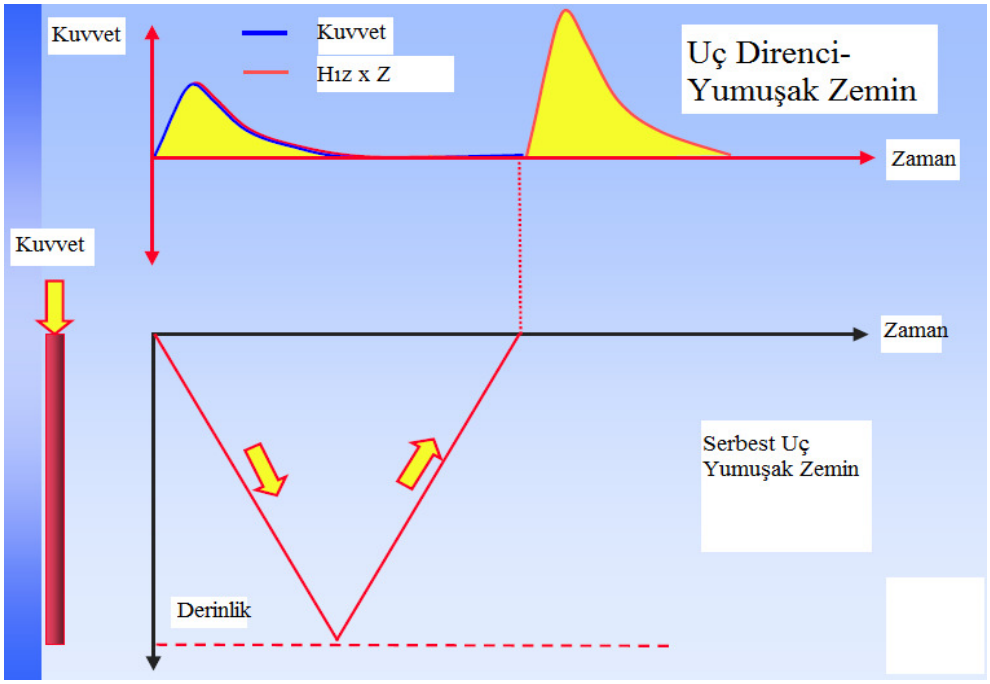
$$V(t) = \frac{c}{EA} F(t) \qquad \textbf{(3.9)}$$

Bir diğer gösterim ile kuvveti bu denklemde çekecek olursak;

$$F(t) = Z.V(t) \qquad \textbf{(3.10)}$$

Burada Z=EA/c=impedans olarak adlandırılır. 3.10 formülünde görüldüğü üzere hız ve kuvvet değerleri impedans değeriyle orantılıdır.

Kazık ucuna giden ve geri gelen kuvvet ve hız dalgalarının dönüş zaman aralığı 2L/c formülü ile hesaplanır. 2L/c zaman biriminden sonra basınç dalgası kazık alt ucuna vardığında yansıyarak kazık başına gelir. Kazık ucunda herhangi bir direnç olmadığı kabulü yapılırsa hız verisi ikiye katlanacak ve daima pozitif olacaktır. Şekil 3.12'de bu durumun grafiksel gösterimi bulunmaktadır.



Şekil 3.12 : Serbes uçlu kazıkta kuvvet ve hız ile zaman ilişkisi.

Zeminin dalga üzerinde oluşturduğu direnç kuvvetleri karmaşık bir dalga davranışına neden olur. Genellikle direnç kuvvetleri kazık ara noktalarında etki eder. Böyle ara bir noktada meydana gelen direnç kuvveti, R_x (t), iki ayrı dalga meydana getirir. Kazıkta herhangi bir x noktasında oluşan dalgalardan biri yukarı seyahat eden dalga (basınç) ve bir diğeri ise aşağı seyahat eden dalgadır (çekme). Her iki dalga için x noktasında meydana gelen hız değeri şu şekilde hesaplanır;

$$V(t) = \frac{1}{2}\frac{c}{EA}R_x(t) \qquad \textbf{(3.11)}$$

Eğer kazık serbest uçluysa denklem 3.10'daki değer iki ile çarpılır. Herhangi bir direnç olmadığı taktirde hız dalgası hep yukarı yönlüdür. Çünkü bu durumda herhangi bir yansıma olmaz.

Yukarı seyahat eden dalga ile aşağı seyahat eden dalga arasındaki tek fark kazık başına varış zamanıdır. Yukarı seyahat eden dalga diğerine göre daha kısa zamanda kazık başındaki alıcıya ulaşır çünkü diğer dalga ilk olarak kazık alt ucundan yansır.

Basınç dalgasının $F_i(t)$ kuvveti ile kazık alt ucuna ilk ulaştığı zamanda kazık ucu hareket etmeye başlar. Kazık ucundaki kuvvet değeri 3.12 denkleminde belirtilen formül ile bulunur (Fellenius, 2009).

$$F_i(t) = F^{\uparrow}(t) + F^{\downarrow}(t) \quad \textbf{(3.12)}$$

$F_i(t)$: Kazık ucundaki ilk kuvvet dalgası

$F^{\uparrow}$: Yukarı seyahat eden kuvvet dalgası (yansıyan dalga)

$F^{\downarrow}$: Aşağı seyahat eden kuvvet dalgası (kazık ucuna ulaşan ilk kuvvet dalgası)

Hız dalgası için de aynı durum geçerlidir. Yukarı seyahat eden hız dalgası ile aşağı seyahat eden hız dalgasının t zamandaki değerlerinin toplamı hız dalgası değerini verir (denklem 3.13).

$$V(t) = V^{\uparrow}(t) + V^{\downarrow}(t) \quad \textbf{(3.13)}$$

$V(t)$: Kazık ucundaki ilk hız dalgası

$V^{\uparrow}$: Yukarı seyahat eden hız dalgası

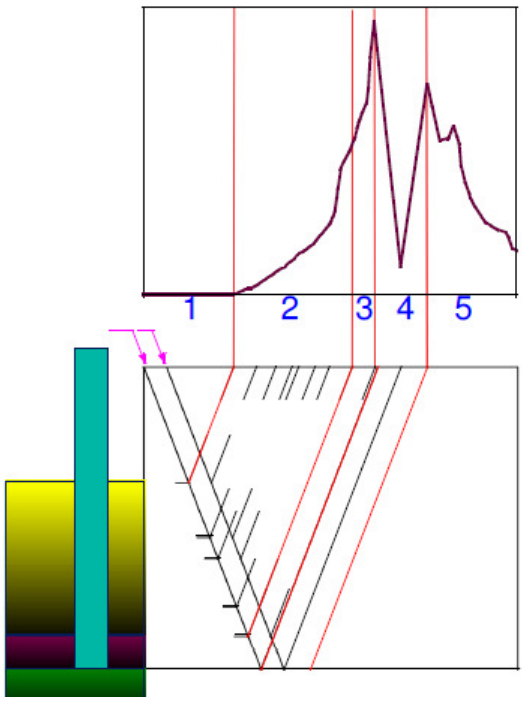
$V^{\downarrow}$: Aşağı seyahat eden hız dalgası

Bu denklemlerden yola çıkarak aşağı seyahat eden kuvvet dalgası ile yukarı seyahat eden kuvvet dalgası değerleri denklem 3.14 ve 3.15'teki gibi formüllendirilmiştir.

$$F^{\uparrow} = \frac{1}{2}(F(t) + ZV(t)) \quad \textbf{(3.14)}$$

$$F^{\downarrow} = \frac{1}{2}(F(t) - ZV(t)) \quad \textbf{(3.15)}$$

Yukarı seyahat eden dalga sürtünme ve uç direncinden dönen dalgaları kapsadığı için sinyal eşleştirme yönteminde birincil derecede önemli rol oynar. Şekil 3.13'te tipik bir yukarı seyahat eden dalga grafiği verilmiştir. Zemin direncinden ötürü oluşan dalgalar net bir şekilde burada görülebilmektedir.



Şekil 3.13 : Yukarı seyahat eden dalga grafiği.

Yukarı seyahat eden dalga grafiğinde şekil 3.13'te zemin direncinden ötürü yansıyan dalgalar görülmektedir. Yani 0-2L/c zaman aralığında grafik ile zaman çizgisi arasındaki alan bize sürtünmeyi verir. Bunu aşağıda belirtilen denklem 3.16'dan anlaşılabilmektedir. Sürtünme direnci yukarı yönde etki etmektedir. Bu durumda zemin farklılıkları yukarı seyahat eden dalga grafiğinde şekil 3.13'te de görüldüğü üzere dik eğimler meydana getirir. Daha sıkı ve sert zeminlerde yumuşak zeminlerdekine göre eğim değişikliği daha fazla olur. Denklem 3.16'da toplam yüzey sürtünme formülü verilmiştir.

$$F^{\uparrow}(t_1) = F^{\uparrow}(t_2) + \Delta F \qquad \textbf{(3.16)}$$

$$\Delta F = s_t(x) P.d \qquad \textbf{(3.17)}$$

$$d_2 = x_2 - x_1 \qquad \textbf{(3.18)}$$

$F^{\uparrow}(t_2)$: Eğimin değiştiği yerin sonundaki yukarı seyahat eden kuvvet dalgası

$F^{\uparrow}(t_1)$: Eğimin değiştiği yerin başındaki yukarı seyahat eden kuvvet dalgası

ΔF : Yukarı seyahat eden kuvvet dalgasındaki değişim

st(x) : Birim alandaki yüzey sürtünmesi

P : Kazık çevresi (m)

d : Hesaba katılan zemin tabakasının kalınlığı

x_1,x_2 : Eğimin değiştiği zeminin başlangıç ve bitiş derinliği

t_1,t_2 : Eğimin değiştiği zeminin başlangıç ve bitiş zamanı

c : Dalga hızı

Bu durumda;

$$F^{\uparrow}(t_1) = F^{\uparrow}(t_2) + s_t(x).P(x_2 - x_1) \quad \textbf{(3.16)}$$

$$s_t(x) = \frac{F^{\uparrow}(t_2) - F^{\uparrow}(t_1)}{P(x_2 - x_1)} \quad \textbf{(3.17)}$$

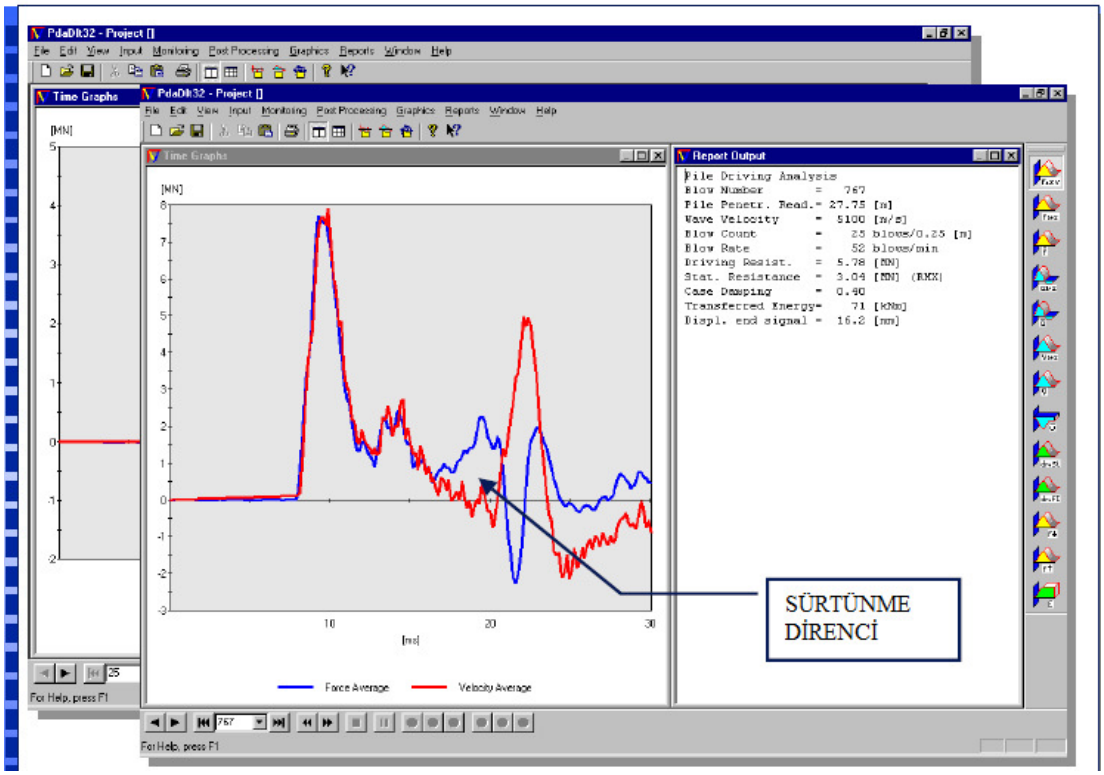
$$d_2 = x_2 - x_1 \quad \textbf{(3.18)}$$

Kazık ucuna giden ve transdüserlere geri gelen dalganın zaman aralığı 2L/c ise x_1 ve x_2 derinliklerinde bulunan dalganın gidiş ve geliş zaman aralığı $t_1=2x_1/c$ ve $t_2=2x_2/c$ olduğuna göre;

$$(x_2 - x_1) = \frac{c}{2(t_2 - t_1)} \quad \textbf{(3.19)}$$

$$s_t(x) = \frac{2(F^{\uparrow}(t_2) - F^{\uparrow}(t_1))}{P.c(t_2 - t_1)} \quad \textbf{(3.20)}$$

Hız dalgası ile kuvvet dalgasının zaman ile ilişkisinden elde edilen grafiklerin arasındaki fark da sürtünme ile ilgili bilgi verir. Şekil 3.14'te PDA (Pile Driving Analysis) programından elde edilen grafikte görüldüğü üzere iki grafik arasındaki fark belli bir süre sonra açılıyor. Bu da bize üst kesimlerde sürtünmenin oldukça az olduğunu ve aşağıya doğru gidildikçe sürtünmenin arttığını göstermektedir. Ayrıca F-ZV grafikleri arasındaki farkın yarısı yukarı seyahat eden dalga grafiğini verir. Çekiç darbesiyle kazık içerisinde yayılan hız ve kuvvet dalgaları zeminde sürtünme direnci ile karşılaştığı taktirde yukarı seyahat eden dalga grafiğinde artış gözlenecektir. Yukarı seyahat eden dalga grafiği bize sürtünme direnci ile ilgili bilgi verir.



Şekil 3.14 : F-ZV grafiği.

3.2.1.2 Case Yönteminde Direnç Hesabı

Case yönteminde kazık taşıma gücü hesabı şu şekilde hesaplanır:

$$R_t = \frac{F_{(t1)} + F_{(t1+2L/c)}}{2} + \frac{Mc}{2L}(V_{(t1)} + V_{(t1+2L/c)}) \qquad \textbf{(3.16)}$$

R_t : Toplam direnç

$F_{(t1)}$: Dalganın kazık başına ulaştığı zamanda ölçülen kuvvet

$F_{(t1+2L/c)}$: Dalganın kazık ucundan geriye döndüğü zamanda ölçülen kuvvet

M : Kazık kütlesi

c : Kazıkta dalga hızı

L : Transdüserlerin altında kalan kazık boyu

$V_{(t1)}$: Dalganın kazık başına ulaştığı zamanda ölçülen hız

$V_{(t1+2L/c)}$: Dalganın kazık ucundan geriye döndüğü zamanda ölçülen hız

Toplam direnç değeri kazığın statik taşıma gücünden daha büyüktür. Aradaki tek fark ise damping kuvvetidir (Fellenius, 2010). Damping kuvveti, denklem 3.17'de de

görülebileceği üzere basınç dalgasının kazık ucunda ölçülen hızı ile orantılıdır. Eğer hız sıfır olursa toplam direnç sadece statik direncin bir fonksiyonu olur. Öncelikle kazık statik taşıma gücüne bu yoldan ilerleneceği düşünülmüştür. Ancak hız değeri hiçbir zaman kazık ucunda sıfır olmamaktadır ve bu yoldan vazgeçilmiştir (Goble, 1980).

$$R_d = J\frac{Mc}{L}V_{uç} = J(F_{(t1)} + \frac{Mc}{L}V_{(t1)} - R_t) \qquad \textbf{(3.17)}$$

R_d : Dinamik direnç

J : Case sönümleme faktörü

$V_{uç}$: Kazık ucunda hız

Sönümleme faktörü değerleri değişen zemin özelliklerine göre çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Farklı zeminlerde sönümleme faktörü değerleri (Rausche, 1985).

Zemin Cinsi	**J_c**
Kil	0.60-1.10
Siltli Kil	0.40-0.70
Silt	0.20-0.45
Siltli Kum	0.15-0.30
Kum	0.05-0.20

3.2.2 CAPWAP Sinyal Eşleştirme Yöntemi

Sinyal eşleştirme dinamik yük deneyi ölçümleri için tercih edilen analiz metodudur. Bu çakılan kazıkların DLT (dinamik yükleme deneyi) kayıtlarında, burgu kazıklarında, fore kazıklarda hatta dinamik penetrometrelerde uygulanabilir.

Case yöntemi yararlı olsa da, gerçek kazık çakma dinamiğinin ve ilgili bitişik zeminin basitleştirilmesidir. Ampirik olarak elde dilen sömümleme faktörü Jc, analizi ayarlar. Bu nedenle, uygun degeri seçmek için nihai sonuçlar mühendisin yeteneğinden daha iyi değildir. Aksine bir dalga denklem analizi çok daha keskin sayısal bir modelden yararlanır. Fakat şahmerdan ile dağıtılan gerçek enerjinin zayıf tahminlerinden olumsuz etkilenir. Neyse ki, bu iki yöntemin güçlükleri ve zayıflıkları övgü niteligindedir. Bu nedenle, gelistirilmis bir analiz olusturmak

amacıyla onları birlestirebiliriz (Rausche, Moses ve Goble, 1972). Bu birlestirilmis analiz CAPWAP olarak bilinir (Case Pile Wave Analysis Program).

CAPWAP'de kullanılan sayısal model aslında şahmerdan ve ayrıntılarının kaldırılması ve kazık çakma analizöründen elde edilen kuvvet-zaman ve hız-zaman verileri ile değistirilmesi hariç, Sekil 3.9'daki ile aynıdır. Bu analiz R (zemin "yayları"ndaki nihai direnç), q (titresim) ve Jc (Case yöntemi sönümleme faktörü) degerleri verir.

PDA verileri üzerinde yapılan bir CAPWAP analizi aşağıdaki gibi kullanılabilir:

• Daha sonra en uygun çakma ekipmanını seçmek ve taşıma grafiği üretmek için kullanılabilen bir dalga denklemi analizi için daha doğru girdi sağlamak.

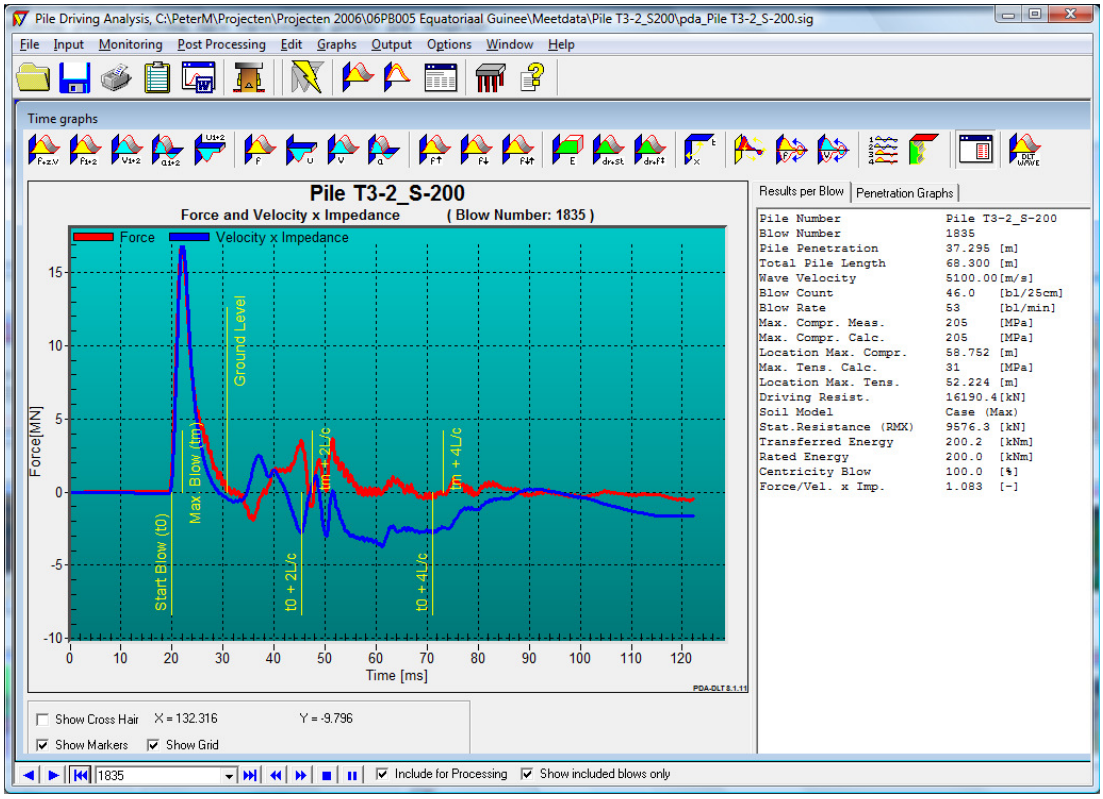
• Seçilmiş imalat kazıklarının PDA analizlerinde kullanmak için araziye özgü Case yöntemi sönümleme faktörü (Jc,) sağlamak.

• Kazık düzeninin nicel ölçümlerini elde etmek

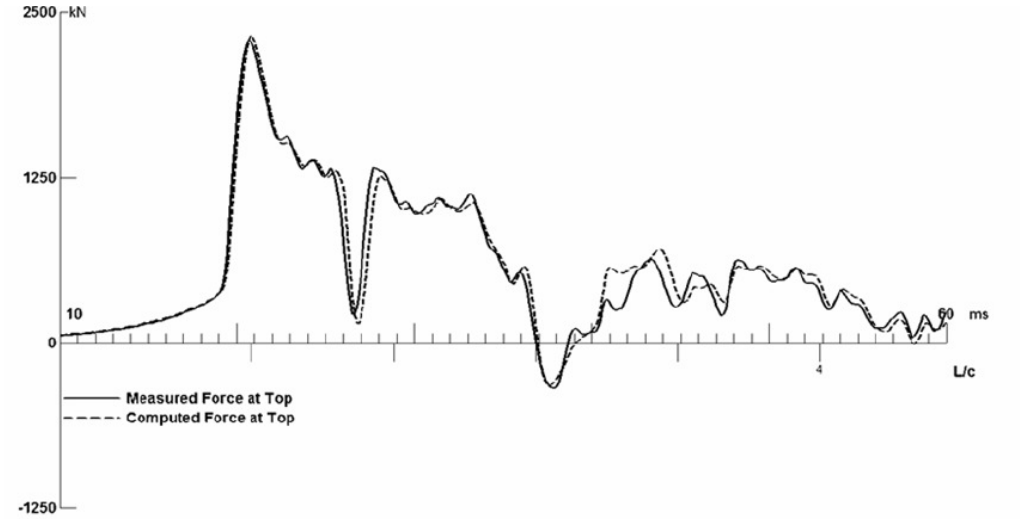
• Gerçeği gibi statik yük sonuçları.

Şekil 3.14'te, CAPWAP analizinden örnek bir çıktı gösterilmektedir. Bu sonuçlar CAPWAP sinyal eşleştirme yöntemiyle çalışan PDA ve DLTWAVE programları ile elde edilmiştir. Öncelikle PDA (Pile Driving Analysor) ile kazık üzerine düşen yükten elde edilen dalga verileri toplanır. Bilgisayara bağlı transdüserlerde ivme ve birim deformasyon ölçerler mevcuttur. İvme ölçerler ile hız dalgası, birim deformasyon ölçerler ile kuvvet dalgası verileri elde edilir. Uygun bir dalga verisi seçilerek (Şekil 3.14) bu model üzerinde CAPWAP sinyal eşleştirme yöntemi uygulanır. PDA programında kazık üzerine uygulanan darbe sonucu elde edilen grafikler DLTWAVE programına işlenir. Bu programda zemin modeli girilir ve çözüme başlanır. Eğer ölçülen ve hesaplanan değerler örtüşmez ise girilen zemin modeli değerleri üzerinde oynama yapılır. Şekil 3.16'daki gibi ölçülen ve hesaplanan değerler üst üste örtüştüğünde ise çözüm tamamlanır ve CAPWAP analizi kullanıma hazır duruma gelir. Programın yaptığı bu analiz sonucunda ise şekil 3.17'de gösterilen tipik bir yük-deplasman grafiği elde edilir. CAPWAP analizi ile elde edilen yük deplasman grafiği statik yükleme deneyi ile elde edilen parabolik grafiklerin aksine doğrusaldır. Elde edilen grafikte tasarım yüküne karşılık gelen

oturma değerleri bulunarak statik yükleme deneylerinden elde edilen değerlerle karşılaştırılabilir.



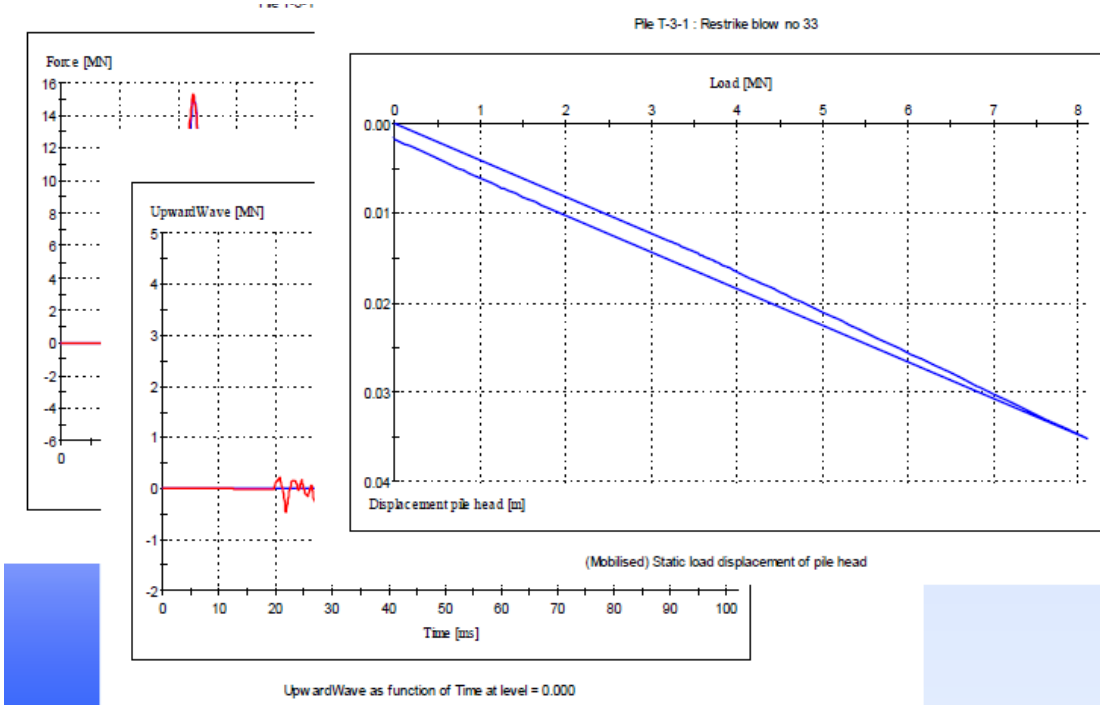
Şekil 3.15 : PDA'den elde edilen örnek kuvvet-zaman ve hız-zaman grafikleri.



Şekil 3.16 : Ölçülen ve hesaplanan kuvvet-zaman grafiği (Rausche, 2010).

CAPWAP analizleri, statik yük deneylerinin gerekli sayısını azaltmak amacıyla veya yük deneylerinin ekonomik olmadığı yerde kullanılabilir. CAPWAP analizi ile statik yükleme deneyi ile elde edilen yük-deplasman grafikleri elde edilerek kazıkların

taşıma gücü hesabı yapılır. Dinamik yükleme deneylerinin yapıldığı bölgelerin bir kısmında statik yükleme deneyi yapılarak sonuçların kontrolü yapılabilir.



Şekil 3.17 : CAPWAP analizi sonucu yük-deplasman grafiği

4. YAPILMIŞ KAZIK YÜKLEME DENEYLERİ

4.1 Statik Yükleme Deneyleri

4.1.1 Libya Projesi

Bu bölüm, Libya'daki inşaat projesi kapsamında yapılan 2 adet statik eksenel yükleme deneylerine ait bilgileri, değerlendirmeleri ve sonuçları içermektedir.

Bu bölüm kapsamında, proje kapsamında yer alan 1 numaralı bina altında K1 numaralı fore kazık ile 2 numaralı bina altında K2 numaralı fore kazığın bulunduğu bölgelerdeki zemin özelliklerinden yola çıkarak kazık tasarım taşıma gücü hesapları yapılmıştır ve ardından fore kazıklar üzerinde uygulanan statik yükleme deneylerine ait bilgiler, değerlendirmeler ve sonuçlar açıklanmıştır.

Statik yükleme deneyleri ASTM-D1143/ *D1143M-07 (Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load)* standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

K1 no'lu fore kazığın bulunduğu bölgede ϕ800 mm çaplı ve 19.50 m boyunda fore kazıklar imal edilmiştir. K2 no'lu fore kazığın bulunduğu bölgede ise ϕ800 mm çaplı ve 22.00 m boyunda fore kazıklar imal edilmiştir. Kazıkların taşıma gücünü hesaplamak için bu iki binanın altında eksenel statik kazık yükleme deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerde kazık tasarım taşıma gücü (DVL) 3,000 kN olarak hesaplanmıştır ve maksimum yük olarak 4,500 kN (%100 DVL + %50 SWL) uygulanmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan deneyin detayları ve sonuçları anlatılmıştır.

4.1.1.1 Genel Jeoloji

Sirte/Libya'da yer alan çalışma alanı morfolojisi genel olarak düz ve oluklu bir topoğrafyadan oluşmaktadır.

Çalışma alanı Sirte'nin kuzey bölgesinde yer almaktadır. Bu bölgede Triyas ve Kuvaterner kayaçlar mevcuttur. Triyas çökelleri sadece Al-Khums formasyonundan Marada gurubuna aittir.

Kuvaterner kayaçları Sirte'nin kuzey ve doğu bölgelerinde geniş bir alana yayılırlar.

Sabkha sedimetleri, kumsal kumları ve vadi depozitleri yaşlı kavterner kayaçları oluşturmuştur.

Bu durumun tipik bir kanıtı ise kuvaterner zamanındaki sabkha sedimentleri kumsal kumlarının kuvaterner zamanındaki gargareş formasyonunun üzerinde bulunmasıdır.

Bu formasyon, kalker ve farklı dane çaplı seyrek karbonatlı kum, silt ve kumlu kil içeren kalkerli kumtaşı bulunduran Sirte'nin kuzey sahil zonunda meydana gelmiştir

Kuvaterner zamanının Gargareş formasyonu çalışma alanında; açık gri renkli, ince daneli, orta dereceli ayrışmış, zayıf-orta zayıf dayanımlı karbonat içermektedir.

4.1.1.2 Deney Kazığı Özellikleri ve Zemin Koşulları

K1 no'lu fore kazık ϕ800 mm çapında ve 19.50 m boyunda ve K2 no'lu fore kazık ise ϕ800 mm çapında ve 22.00 m boyundadır. Fore kazıklara yüklenecek olan maksimum yükü karşılamak için her iki deney kazığının etrafına ikişer adet 19.50 m (K1) ve 22 m (K2) boyunda ve 800 mm çaplı reaksiyon kazıları imal edilmiştir. K1 no'lu fore kazığın bulunduğu bölgedeki sondaj logu (BH 141) ve K2 no'lu fore kazığın bulunduğu bölgedeki sondaj logu (BH 135), şekil A.1 ve şekil A.2'de verilmiştir. Ayrıca fore kazık imal edilirken hazırlanan fore kazık sicil fişleri şekil 4.1 ve şekil 4.2'de görülmektedir. Sicil fişlerinde belirtilen deney kazıkları ile ilgili özellikler sırasıyla;

A- Muhafaza borusu üst kotu,

B- Zemin kotu,

C- Beton kırım kotu,

D- Kazık uç kotu,

E- Kazık boyu,

F- Foraj boyu,

G- Teorik beton miktarı,

H- Harcanan beton miktarı,

I- Delgi başlama zamanı,

J- Delgi bitiş zamanı,

olarak sıralanmıştır.

K1 no'lu fore kazığın bulunduğu bölgedeki 141 numaralı sondaj loguna gore; inşaat sahası zemini, 0-18m arasında kötü derecelenmiş kum tabakası (ortalama SPT N30:28) ve 18-30m arasında ise zayıf-orta dayanımlı aşırı ayrışmış kumtaşı tabakalarından oluşmaktadır. K2 no'lu fore kazığın bulunduğu bölgedeki 135 numaralı sondaj loguna gore; inşaat sahası zemini, 0-14.4m arasında kötü derecelenmiş kum (SPT N30:28) ve 14.4-20m arasında ise az ayrışmış kumtaşı tabakasından oluşmaktadır.

A	TOP LEVEL OF CASING		:	4,78	
B	GROUND LEVEL		:	3,70	
C	CONCRETE CUT OFF LEVEL		:	3,35	
D	PILE TOE LEVEL		:	-16,30	
La	PILE LENGTH (m)	(C -D)	:	19,65	m
Lb	EXCAVATION LENGTH (m)	(B -D)	:	20,00	m
Vt	THEORETICAL AMOUNT OF CONCRETE		:	11,83	m³
Va	CONSUMED AMOUNT OF CONCRETE		:	12	m³
	STARTING TIME OF DRILLING		:	20.10.2009 –	19:45
	COMPLETION TIME OF DRILLING		:	20.10.2009 –	22:15
	SOIL TYPE / STARTING DEPTH OF SANDSTONE LAYE		:	Silty clay, Sandstone / -14,50 m	
	STARTING TIME OF REINF. CAGE INSERTION		:	20.10.2009 –	22:20
	COMPLETION TIME OF REINF. CAGE INSERTION		:	20.10.2009 –	22:50
	STARTING TIME OF CONCRETING		:	20.10.2009 –	23:40
	COMPLETION TIME OF CONCRETING		:	21.10.2009 –	00:55

			Acceptable	Not acceptable
:	REBAR INSTALLATION CHECK	Dimension	☐	☐
		Length	☐	☐

Şekil 4.1 : Fore kazık sicil fişi (K1).

A	**TOP LEVEL OF CASING**		:	4.78		
B	**GROUND LEVEL**		:	3.70		
C	**CONCRETE CUT OFF LEVEL**		:	3.35		
D	**PILE TOE LEVEL**		:	-18.70		
La	**PILE LENGTH (m)**	(C -D)	:	22.05	m	
Lb	**EXCAVATION LENGTH (m)**	(B -D)	:	22.40	m	
Vt	**THEORETICAL AMOUNT OF CONCRETE**		:	13.36	m³	
Va	**CONSUMED AMOUNT OF CONCRETE**		:	14	m³	
	STARTING TIME OF DRILLING		:	20.10.2009	–	19:45
	COMPLETION TIME OF DRILLING		:	20.10.2009	–	22:15
	SOIL TYPE / STARTING DEPTH OF SANDSTONE LAYER		:	Silty clay, Sandstone / -14,50 m		
	STARTING TIME OF REINF. CAGE INSERTION		:	20.10.2009	–	22:20
	COMPLETION TIME OF REINF. CAGE INSERTION		:	20.10.2009	–	22:50
	STARTING TIME OF CONCRETING		:	20.10.2009	–	23:40
	COMPLETION TIME OF CONCRETING		:	21.10.2009	–	00:55

		Acceptable	Not acceptable
REBAR INSTALLATION CHECK	Dimension	☐	☐
	Length	☐	☐

Şekil 4.2 : Fore kazık sicil fişi (K2).

4.1.1.3 Fore Kazık Taşıma Gücü Hesabı

1 numaralı ve 2 numaralı bina için iki ayrı çözüm yapılmıştır. Her iki bölümde de kazık çapları 80 cm'dir. 1 numaralı bina altında imal edilen fore kazıklar 19.50 m boyunda ve 2 numaralı bina altında imal edilen fore kazıklar ise 22.00 m boyundadır.

2 numaralı bina altında 80cm çaplı ve 22.00 m boyunda fore kazıklar yapılmıştır. Bu bölümde idealize zemin profilini esas alarak kazık taşıma gücü hesaplanacaktır.

2 numaralı bina için BH-135 no'lu sondaj logu dikkate alınmıştır. Bu loga göre, inşaat sahası zemini, 0-14.5m arasında kötü derecelenmiş kum (SPT N30:28) ve 14.5-22m arasında ise az ayrışmış kumtaşı tabakasından oluşmaktadır. Ayrıca yer altı su seviyesi yüzeyden yaklaşık 2m aşağıdadır.

Kötü derecelenmiş kum birimi için ortalama SPT değeri N=28 olarak bulunmuştur. Bu değere göre zeminin mühendislik parametreleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

$$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3 \quad \phi=36^o \quad c=0$$

Kumtaşı tabakası içinse mühendislik parametreleri için aşağıdaki aşağıdaki değerler alınmıştır.

$$\gamma = 23 \text{ kN/m}^3 \quad \phi=39^o \quad c=0$$

Denklem 2.7'de belirtilen formülü kullanarak çevre sürtünme direncini hesaplarız. Toprak basıncı katsayısı (K_s) çizelge 2.5'ten 0.5 değeri alınmıştır. Denklemde δ değeri $2/3\phi$ olarak alınmıştır.

$$f_{s(kum)} = 0.5 \ (2x21 + 5.25x11) \tan 24 = 22.2 \text{ kPa}$$

$$f_{s(kumtaşı)} = 0.5 \ (2x21+12.5x11+3.75x13) \tan 26 = 56 \text{ kPa}$$

Kazığın sürtünme kuvveti, her iki tabakadan gelen sürtünme dirençlerinin toplamının D=80 cm çaplı kazığın yüzey alanı ile çarpılması sonucu bulunabilir.

$$Q_s = 0.8л \ (22.2x14.5+56x7.5) = 1865 \text{ kN}$$

Bu durumda kazık tasarım taşıma gücü güvenlik sayısı 3 alınarak aşağıdaki şekilde bulunur.

$$Q_a = Q_{ult}/3 = (1865+6962)/3 = 2942 \text{ kN} \approx 3000 \text{ kN}$$

1 numaralı bina altında ise 80cm çaplı ve 19.50 m boyunda fore kazıklar yapılmıştır. Bu bölümde idealize zemin profilini esas alınarak türbin binası altındaki fore kazıklar için kazık taşıma gücü hesabı yapılacaktır.

1 numaralı bina için BH-141 no'lu sondaj logu dikkate alınmıştır. Bu loga göre, inşaat sahası zemini, 0-18m arasında kötü derecelenmiş kum tabakası (ortalama SPT N30: 27) ve 18-30m arasında ise zayıf-orta dayanımlı aşırı ayrışmış kumtaşı tabakalarından oluşmaktadır. Ayrıca yer altı su seviyesi yüzeyden yaklaşık 2m aşağıdadır.

Kötü derecelenmiş kum birimi için ortalama SPT değeri N=27 olarak bulundu. Bu değere göre zeminin mühendislik parametreleri aşağıdaki şekilde belirlendi.

$$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3 \quad \phi=36^o \quad c=0$$

Kumtaşı tabakası içinse mühendislik parametreleri için aşağıdaki değerler alındı.

$$\gamma = 23 \text{ kN/m}^3 \quad \phi=39^o \quad c=0$$

Denklem 2.7'de belirtilen formülü kullanarak çevre sürtünme direncini hesaplarız. Toprak basıncı katsayısı (Ks) çizelge 2.4'ten 0.5 değeri alındı. Denklemde δ değeri $2/3\phi$ olarak alındı.

$$f_{s(kum)} = 0.5 \ (2x21 + 7x11) \tan 24 = 26.5 \text{ kPa}$$

$$f_{s(kumtaşı)} = 0.5 \ (2x21+16x11+0.75x13) \tan 26 = 55.5 \text{ kPa}$$

Kazığın sürtünme kuvveti, her iki tabakadan gelen sürtünme dirençlerinin toplamının D=80 cm çaplı kazığın yüzey alanı ile çarpılması sonucu bulunabilir.

$$Q_s = 0.8л \ (26x5x18.0+55.5x1.5) = 1408 \text{ kN}$$

Kazığı uç taşıma gücü denklem 2.5b'den hesaplanarak aşağıdaki şekilde bulundu. N_q değeri çizelge 2.4'ten $\phi=39^o$ için 50 değeri alındı.

$$Q_t = 0.4^2 x л x 50 \ (2x21+16x11+13x1.5) = 5969 \text{ kN}$$

Bu durumda kazık tasarım taşıma gücü güvenlik sayısı 3 alınarak aşağıdaki şekilde bulunur.

$$Q_a = Q_{ult}/3 = (1408+5969)/3 = 2459 \text{ kN} \approx 2500 \text{ kN}$$

Taşıma gücü hesaplarında 1 numaralı bina altındaki K1 numaralı fore kazık için tasarım taşıma gücü 2500 kN ve 2 numaralı bina altındaki K2 numaralı fore kazık için kazık tasarım taşıma gücü 3000 kN olarak hesaplandı. Deney düzeneği ve deney programı her iki fore kazığın tasarım taşıma gücü için 3000 kN değeri baz alınarak oluşturuldu. Deney yükü ise tasarım taşıma gücünün 1.5 katı olan 4.500 kN olarak belirlendi çünkü deney yapılacak kazıklar proje kazıklarıdır. Proje kazıklarına tasarım taşıma gücünün 1.5 katından fazla yük uygulanmaması önerilmektedir. Proje kazıklarına uygulanan deneylerde kazığın göçmesi durumunda yeniden kazık imalatı gerekmektedir. Tasarım taşıma gücünün 2 veya 3 katı uygulanması durumun kazıkta

göçme gözlemlenebilir. Proje kazıklarında göçme olması durumunda yeni bir kazık imalatı gerekecektir. Bu durum hem maddi bir kayba hem de zaman kaybına yol açacaktır. Ayrıca yerine yapılacak kazık diğer proje kazıklarına ve göçme kazıklarına çok yakın mesafede olmaması gerekmektedir. Bu mesafeler ilgili standartlara göre değişiklik göstermektedir.

4.1.1.4 Deney Düzeneği

Deney düzeneğinde reaksiyon sistemi eksantrikliği minimize edecek şekilde merkezcil olarak kurulmuştur. Deney kazığı üzerine yerleştirilen krikodan gelen yükü reaksiyon kazıklarına iletmek üzere kriko üzerine çelik plakalar ve onun üzerine de bir adet çelik kiriş yerleştirilmiştir. Boiler bölgesinde deney kazığı ile aynı boy ve çapta iki adet reaksiyon kazığı deney kazığının her iki yanına imal edilmiştir. Türbin bölgesinde ise deney kazığı ile aynı boy ve çapta dört adet reaksiyon kazığı imal edilmiştir. Reaksiyon kazıkları ile deney kazıkları arasındaki merkezden merkeze olan mesafe kazık çapının 5 katıdır (5x0.8=4.0m). Deney düzeneği her iki deney kazığı için şekil 4.3 ve şekil 4.4'te görülmektedir.

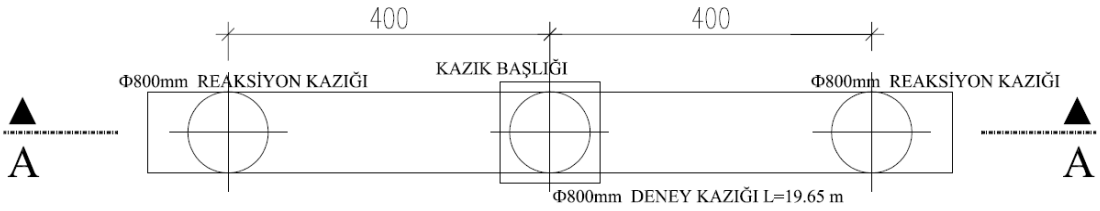
Düzenekte öncelikle deney kazığı üzerine 1.0x1.0x1.0 m ebatlarında merkezcil şekilde başlık döküldü. Kazık başlığı üzerine bir adet çelik plaka yerleştirildi. Ardından 500 ton kapasiteli kriko çelik plakanın üzerine merkezcil bir şekilde konuldu ve gerekli yük kademelerine çıkabilmek için bir adet germe ünitesi kullanılmıştır. Kriko ile çelik kiriş arasına da çelik plakalar ile kayıcı mafsal yerleştirildi. Kayıcı mafsal herhangi bir eksantrik yükleme durumunda yükün merkezcil bir şekilde iletilmesini sağlıyor. Mafsal üzerine yine bir plaka yerleştirildikten sonar çelik kiriş deney kazığını ortalayacak şekilde kenarlardaki beton ayaklar üzerine oturtuldu. Reaksiyon kazıklarından çıkan donatılarsa kaynaklarla kirişe tutturuldu. Yükleme/boşaltma işlemlerinde oluşan eksenel deplasmanlar, kazığın iki tarafında yer alan kazık başlığına sabitlenmiş 0.01mm hassasiyetiyle ölçüm yapan 2 adet komparatör saati kullanılarak ölçülmüştür. K2 no'lu kazıkta ise 4 adet komparatör saati kullanılmıştır. Komparatörlerin mıknatıs ayakları başlık kirişine sabitlenirken ölçüm ayakları referans kirişlerine basar. Bu yüzden referans kirişleri dış etkilere karşı korunmalıdır. Kazık çevresine iki adet referans kirişi yerleştirilerek mesnetleri yere sabitlenmiştir.

Referans kirişlerini dış etkilere karşı muhafaza etmek amacıyla çeşitli önlemler alınmıştır. Bu önlemlerden bazıları şunlardır:

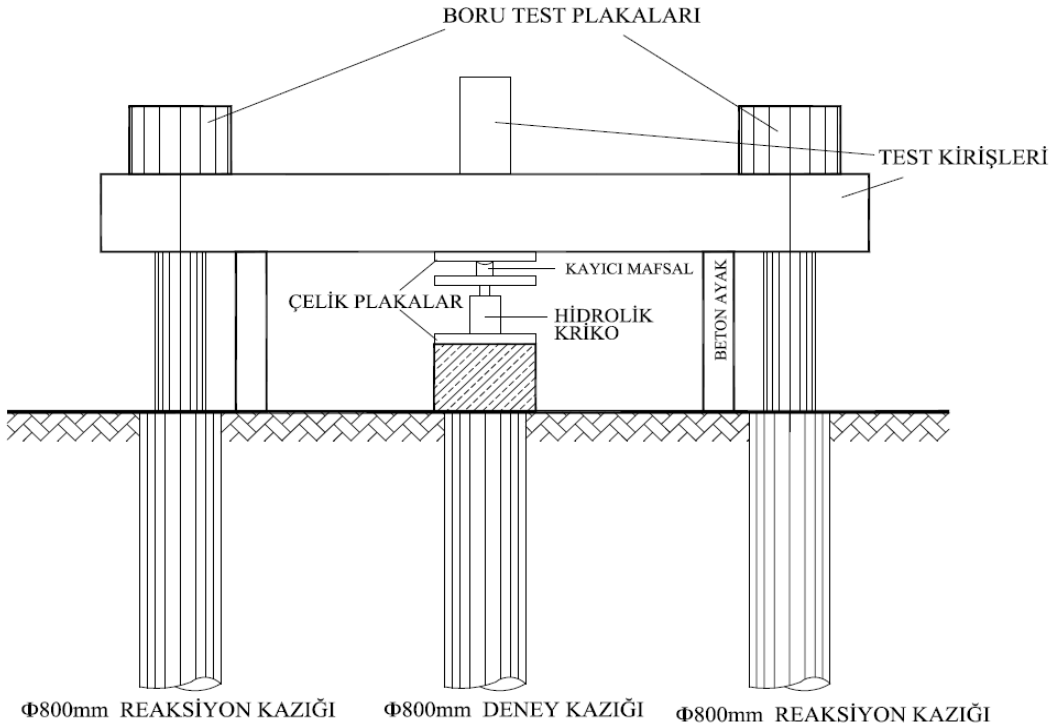
a. Deney alanının çevresi sac plakalar ile çevrilmiştir. Böylece rüzgar etkisi azaltılmıştır.

b. Çelik kirişlerin üzerinden çadır çekilerek yağmur ihtimaline karşı önlem alınmıştır.

c. Deney alanının çevresine iş güvenliği şeridi çekilerek ilgili kişiler haricinde deney alanına giriş engellenmiştir.

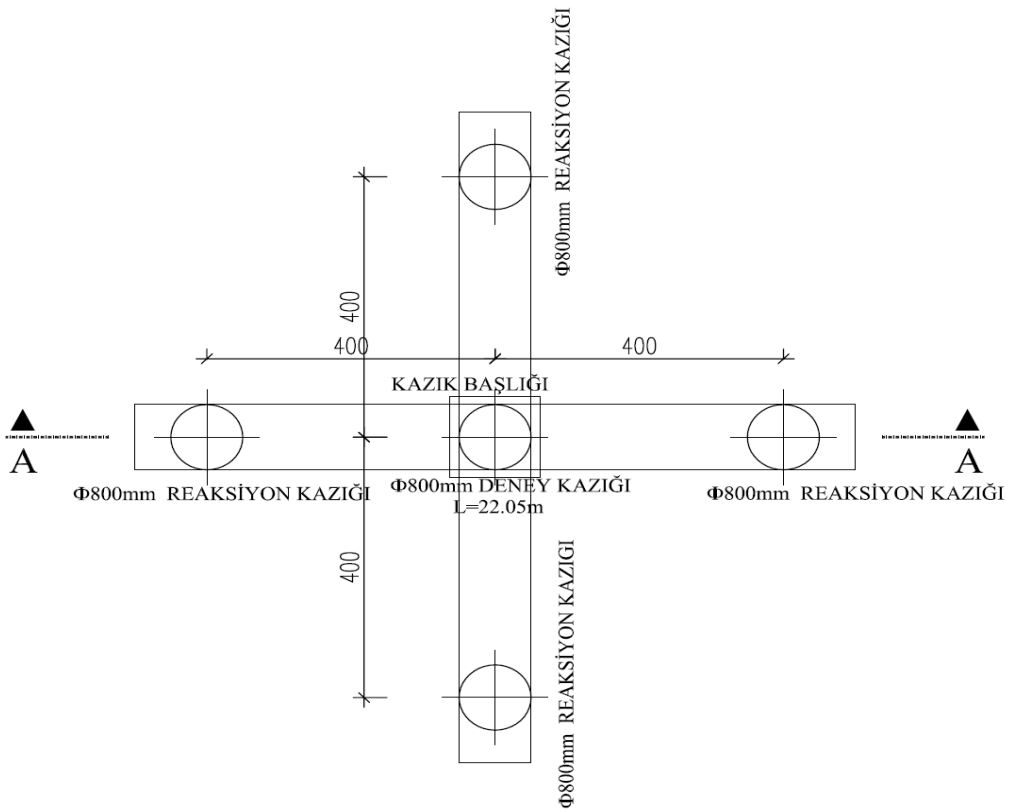


YERLEŞİM PLANI



KESIT A-A

Şekil 4.3 : Kazık yükleme deney kurulumu (K1).



Şekil 4.4 : Kazık yükleme deney kurulumu (K2).

4.1.1.5 Yükleme Deney Programı

Deneyde yükleme kademesi proje yükünün %25'i olarak alınmıştır. Maksimum yük proje yükünün %150'si (4,500 kN) olarak belirlenmiştir. Proje yükü değerine ulaşabilmek için çıkılan her yük kademesinde beklenen yarım saat boyunca bütün ara beklemelerde 5 ve 15'er dakikalık okumalar alınmış, maksimum yüke çıktıktan sonra bu yük kademesinde de 6 saat beklenip ara beklemelerde 5, ve 15'er dakikalık okumalar alınmıştır.

Sonra son aşama olan boşaltmada ise her kademe için yine yarım saat beklenip, 5'er ve 15'er dakikalık okumalar alınıp ve yük tamamen boşaltıldıktan sonra 2 saat daha beklenip deney sonuçlandırılmıştır. K1 no'lu kazıkta tek çevrim yapılmıştır. K2 no'lu kazıkta ise çift çevrim yapılmıştır. Bu kazıkta önce proje yüküne çıkılıp yük boşaltılmış ve ardından maksimum yüke çıkılmıştır. Toplam 12 saat süren eksenel statik yükleme deney programı 4.1 ve 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Deney programı (K1).

Eksenel Statik Yükleme Deneyi					
Yük Adımı	**Yük**	**Proje Yükü (%)**	**Yük (kN)**	**Minimum Bekleme Süresi**	**Okuma Aralıkları (Dk.)**
1	25%DVL	25	750	30dk	0,5,5,5,15
	50%DVL	50	1500	30dk	0,5,5,5,15
	75%DVL	75	2250	30 dk	0,5,5,5,15
	100%DVL	100	3000	30 dk	0,5,5,5,15
	100%DVL+ 25%SWL	125	3750	30 dk	0,5,5,5,15
	100%DVL+ 50%SWL	150	4500	6 sa	0,5,5,5,15,15,15,30,30,30,30,30,30,60,60
	100%DVL+ 12.5%SWL	112.5	3375	30 dk	0,5,5,5,15
	75%DVL	75	2250	30 dk	0,5,5,5,15
	37.5%DVL	37.5	1125	30 dk	0,5,5,5,15
	0	0	0	2 sa	0,5,5,5,15,15,15,30,30
				12 sa	
	Tasarım Yükü, DVL		3000kN		
	Belirlenmiş Çalışma Yükü, SWL		3000kN		

Çizelge 4.2 : Deney programı (K2).

Eksenel Statik Yükleme Deneyi					
Yük Adımı	**Yük**	**Proje Yükü (%)**	**Yük (kN)**	**Minimum Bekleme Süresi**	**Okuma Aralıkları (Min.)**
1	25%DVL	25	750	30dk	0,5,5,5,15
	50%DVL	50	1500	30dk	0,5,5,5,15
	75%DVL	75	2250	30dk	0,5,5,5,15
	100%DVL	100	3000	6saat	0,5,5,5,15,15,15,30,30,30, 30,30,30,60,60
	75%DVL	75	2250	10dk	0,5,5
	50%DVL	50	1500	10 dk	0,5,5
	25%DVL	25	750	10 dk	0,5,5
2	0	0	0	1saat	0,5,5,5,15,15,15
	100%DVL	100	3000	1saat	0,5,5,5,15,15,15

Çizelge 4.2 (devam): Deney programı (K2).

	100%DVL+ 25%SWL	125	3750	1saat	0,5,5,5,15,15,15
	100%DVL+ 50%SWL	150	4500	6saat	0,5,5,5,15,15,15,30,30,30, 30,30,30,60,60
	100%DVL+ 25%SWL	125	3750	10dk	0,5,5
	100%DVL	100	3000	10dk	0,5,5
	75%DVL	75	2250	10dk	0,5,5
	50%DVL	50	1500	10dk	0,5,5
	25%DVL	25	750	10dk	0,5,5
	0	0	0	1saat	0,5,5,5,15,15,15
				18sa 50dk	
	Tasarım Yükü, DVL	3000kN			
	Belirlenmiş Çalışma Yükü, SWL	3000kN			

4.1.1.6 Deney Sonuçları

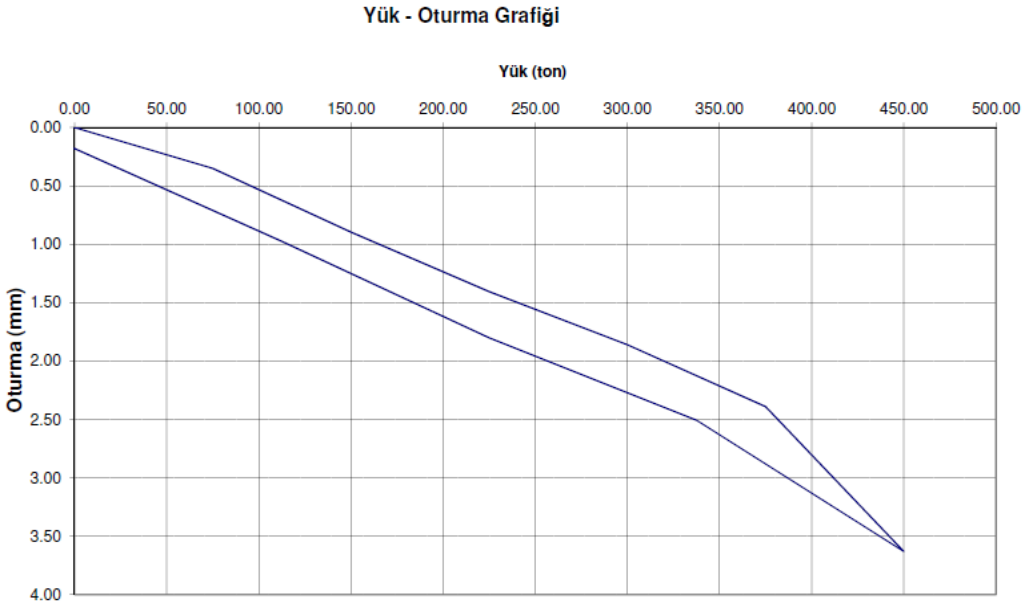
Her iki kazık için deneyden elde edilen yük-oturma grafikleri şekil 4.5 ve şekil 4.6'da verilmektedir. Kazık yükleme deneyi sırasında zaman ve oturma verileri deney programına uygun olarak kaydedilmiştir. Deney sonuçlarına göre elde edilen yük-zaman, yük-oturma ve oturma-zaman grafikleri eklerde yer almaktadır. Her iki kazık için toplam ve plastik oturma değerleri çizelge 4.3 ve 4.4'te özet olarak verilmiştir. 4500 kN yük değerinde K1 no'lu kazıkta toplam oturma 3.63 mm ve K2 no'lu kazıkta toplam oturma 2.74 mm'dir. Toplam plastik oturmalar ise K1 ve K2 no'lu kazıklarda sırasıyla 0.18 ve 0.60 mm olarak ölçülmüştür. K1 ve K2 no'lu kazıklarda göçme gözlemlenmemiştir.

Çizelge 4.3 : Kritik yükler altındaki kazık başı oturma değerleri (K1).

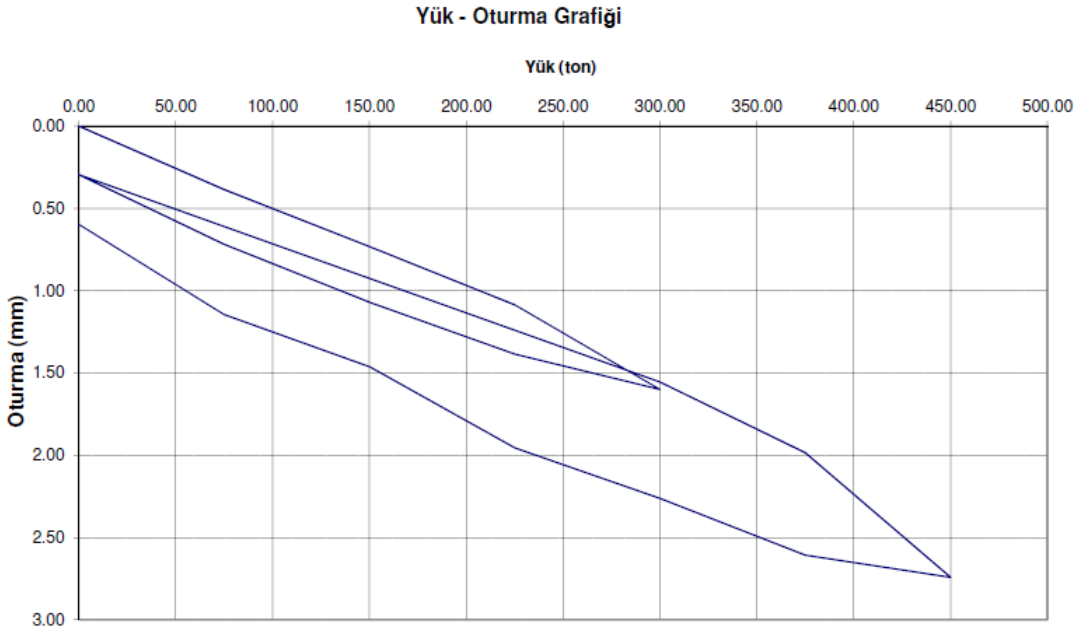
YÜK ADIMI	TOPLAM OTURMA (mm)	TOPLAM PLASTİK OTURMA (mm)
3000 kN (100% DWL)	1.86	--
4,500 kN (100% DWL+50%SWL)	3.63	0.18

Çizelge 4.4 : Kritik yükler altındaki kazık başı oturma değerleri (K2).

YÜK ADIMI	TOPLAM OTURMA (mm)	TOPLAM PLASTİK OTURMA (mm)
3000 kN (100% DWL)	1.60	0.30
4,500 kN (100% DWL+50%SWL)	2.74	0.60



Şekil 4.5 : Kazık başında ölçülen yük-oturma grafiği (K1).



Şekil 4.6 : Kazık başında ölçülen yük-oturma grafiği (K2).

Maksimum yük olan 4500 kN değerinde K1 ve K2 numaralı kazıklarda elde edilen toplam oturma değerleri 3.63 ve 2.74 mm'dir. Bu sonuçlara göre üzerinde statik yükleme deneyleri yapılan fore kazıkların maksimum yükü güvenli bir şekilde taşıdığı görülmüştür.

Bölüm 3'te belirtilen kazık yükleme deneylerinden kazık taşıma gücü hesap yöntemleri kullanılarak kazık taşıma gücü hesapları yapılmıştır. Her iki kazık da göçme durumunda olmadığı için bu yöntemlerden bazıları uygulanabilmiştir. Bu yöntemlerle elde edilen sonuçlar çizelge 4.5'te görülmektedir. Ayrıca yöntemlerden elde edilen grafikler Ek B.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.5 : Kazık taşıma gücü.

	Değerlendirme Yöntemleri					
Kazık No	Davisson (ton)	Brinch Hansen %80 (ton)	Mazurkiewicz (ton)	Chin Kondner (ton)	Decourt (ton)	De Beer (ton)
K1	-	843	-	1111	1155	-
K2	-	-	-	2500	2640	-

4.1.2 İskenderun Projesi

İskenderun'da yapılan inşaat projesi kapsamında 4 adet deney kazığı imal edilmiştir**.** Yapılan deney kazıkların taşıma gücünü hesaplamak için bu iki binanın altında eksenel statik kazık yükleme deneyleri yapılmıştır. Statik yükleme deneyleri ASTM-D1143/ *D1143M-07 (Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load)* standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir**.**

Yapılan ϕ800 mm çaplı deney kazıkları 4 farklı boyda imal edilmiştir. P1, P2, P3 ve P4 numaralı deney kazıkları sırasıyla 30, 35, 40 ve 45 m boylarında sahanın çeşitli yerlerinde yapılmıştır. Bu deneylerde kazık tasarım taşıma gücü (DVL) 3,000 kN olarak hesaplanmıştır ve maksimum yük olarak 9,000 kN (%100 DVL + %200 SWL) uygulanmıştır. Bu bölüm kapsamında ϕ800 mm çaplı P1, P2, P3 ve P4 no'lu deney kazıkları üzerinde uygulanan statik yükleme deneyi detayları ve deney sonuçları verilmiştir.

4.1.2.1 Genel Jeoloji

Araştırma sahası, İskenderun Körfezi'nin doğu kıyılarında yer almakta olup, bir kıyı alüvyonu üzerinde bulunmaktadır.

Konumu nedeniyle doğusundaki Amanos'ların sarp batı yamaçlarından taşınan kaba malzemelerinden oluşan Akarsu Çökelleri ve Genç Deniz Çökellerinin oluşturduğu malzemeden meydana gelmektedir. Kuvaterner yaşlı bu birimler Alüvyon kökenlidir. Kıyı alüvyonlarının altında eski Alüvyon Sekisi yer almaktadır.

4.1.2.2 Deney Kazığı Özellikleri ve Zemin Koşulları

Bütün deney kazıkları ϕ800 mm çapındadır fakat boyları farklıdır. P1 no'lu fore kazık 35m boyunda, P2 no'lu fore kazık 30 m boyunda, P3 no'lu fore kazık 40 m ve P4 no'lu fore kazık ise 45 m boyundadır. Fore kazıklara yüklenecek olan maksimum yükü karşılamak için deney kazıklarının etrafına dörder adet 30.00 m boyunda ve 800 mm çaplı reaksiyon kazıları imal edilmiştir. Kazıkların bulunduğu bölgelerde yapılmış sondaj loglarına ilişkin tablo, çizelge 4.6'da verilmiştir. İskenderun Projesinde çizelge 4.6'da belirtilen sondaj logları Ek A.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.6 : Sondaj log numaraları.

Kazık Numaraları	P1	P2	P3-P4	P4
Sondaj Logları	BH-173	BH-187a	BH-223	BH-223

Deney kazıklarının bulunduğu bölgede sondaj loglarının hesaplarda dikkate alınacak kısmına ait idealize zemin profilleri çizelge 4.7'de özetlenmiştir. Fore kazıklar üst kotları mevcut zemin kotundan 7 m aşağıda olduğundan sondaj loglarında belirtilen üst kotlardaki zemin özellikleri dikkate alınmamıştır. Yer altı su seviyeleri ise BH-173 ve BH-187a için sondaj üst kotlarından 9 m ve BH-223 için ise sondaj üst kotundan 7 m aşağıda yer almaktadır. Bu durumda hesaplarda P1 ve P2 için yer altı su seviyesi kazık üst kotundan 2 m aşağıda, P3 ve P4 için ise kazık üst kotları ile aynı seviyede yer almaktadır.

Çizelge 4.7 : Zemin bilgisi.

P1 (BH-173)			**P2 (BH-187a)**		
Derinlik (m)	Zemin Bilgisi	SPT N_{30}	Derinlik (m)	Zemin Bilgisi	SPT N_{30}
0-15.00	Orta katı çakıllı kumlu siltli KİL	8	0-1.50	Orta sıkı killi çakıllı KUM	22
15.00-18.50	Katı Kumlu Çakıllı KİL	15	1.50-25.50	Katı Kumlu Çakıllı KİL	15
18.50-21.50	Orta sıkı killi kumlu ÇAKIL	30	25.50-35.50	Çok Katı Kumlu KİL	30

Çizelge 4.7 (devam): Zemin bilgisi.

P3 - P4(BH-223)		
Derinlik (m)	Zemin Bilgisi	SPT N_{30}
0-1.50	Orta sıkı killi çakıllı KUM	22
1.50-13.00	Katı Kumlu Çakıllı KİL	12
13.00-16.50	Orta sıkı killi kumlu ÇAKIL	30
16.50-25.50	Orta katı kumlu KİL	8
25.50-45.00	Çok katı çakıllı kumlu KİL	36

4.1.2.3 Fore Kazık Taşıma Gücü Hesabı

İskenderun Projesi kapsamında temel altına çeşitli boylarda test kazıkları yapılmıştır. Bu bölüm kapsamında farklı boylardaki deney kazıklarına ait taşıma güçleri yukarıda her kazık bölgesinde verilen zemin özellikleri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

P1 numaralı deney kazığı 80cm çaplı ve 30.00 m boyunda imal edilmiştir. P1 numaralı kazık için BH-173 no'lu sondaj logu dikkate alınmıştır. P2 numaralı kazık için BH-187a ve P3-P4 numaralı fore kazıklar için BH-223 dikkate alınmıştır. Hesaplarda esas alınacak idealize zemin profili önceki bölümde çizelge 4.7'de açıklanmıştır.

Orta katı çakıllı KİL için ortalama SPT-N_{30} değeri N=8 olarak bulunmuştur. Bu değere göre zeminin mühendislik parametreleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

$$\gamma = 16\ kN/m^3 \quad \phi=0^o \quad c=36\ kPa$$

Katı kumlu çakıllı KİL tabakası için ortalama SPT-N_{30} değeri 15 olarak bulunmuştur. Bu değere göre zeminin mühendislik parametreleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

$$\gamma = 18\ kN/m^3 \quad \phi=0^o \quad c=45\ kPa$$

Orta sıkı kumlu ÇAKIL tabakası için ortalama SPT-N_{30} değeri 30 olarak bulunmuştur. Bu değere göre zeminin mühendislik parametreleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

$$\gamma = 19\ kN/m^3 \quad \phi=34^o \quad c=0$$

Çok katı kumlu çakıllı KİL tabakası için ise ortalama SPT-N_{30} değeri 18 olarak bulunmuştur. Bu değere göre zeminin mühendislik parametreleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

$$\gamma = 19\ kN/m^3 \quad \phi=0^o \quad c = 150\ kPa$$

BH-187a ve BH-223 numaralı sondaj loglarında görülen orta sıkı KUM tabakası için ortalama SPT-N_{30} değeri 22 olarak bulunmuştur. Bu değere göre zeminin mühendislik parametreleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

$$\gamma = 19\ kN/m^3 \quad \phi=32^o \quad c=0$$

Farklı boylarda ve farklı bölgelerdeki P1, P2, P3 ve P4 numaralı fore kazıklar için taşıma gücü hesaplarında yukarıda belirlenen zeminlerin mühendislik parametreleri kullanılmıştır.

P1 numaralı deney kazığı için denklem 2.13'te belirtilen kohezyonlu zeminler için çevre sürtünme direnci formülü kullanılmıştır. Formüldeki adezyon katsayısı (α) değerleri yukarıda belirtilen çeşitli kil zeminler için elde edilen kohezyon değerlerine göre denklem 2.14'ten elde edilmiştir.

$$f_{s(orta\ katı\ kil)} = 1x36 = 36\ kPa$$

$$f_{s(katı\ kil)} = 0.9x45 = 40\ kPa$$

$$f_{s(çok\ katı\ kil)} = 0.42x150 = 63\ kPa$$

BH-173'te 18.5-21.5 derinlikleri arasında belirlenen orta sıkı kumlu çakıl tabakası için sürtünme direnci denklem 2.7'de belirtilen formüle göre hesaplanır. Toprak basıncı katsayısı (Ks) çizelge 2.4'ten 0.5 değeri alınmıştır. Denklemde δ değeri $2/3\phi$ olarak alınmıştır.

$$f_{s(çakıl)} = 0.5\ (2x16 + 13x6 + 3.5x8 + 1.5x9)\tan 23 = 32\ kPa$$

Kazığın sürtünme kuvveti, her tabakadan gelen sürtünme dirençlerinin toplamının D=80 cm çaplı kazığın yüzey alanı ile çarpılması sonucu bulunabilir.

$$Q_s = 0.8л\ (36x15+40x3.5+32x3+63x8.5) = 3296\ kN$$

Kohezyonlu zeminlerde kazık uç taşıma gücü denklem 2.11'den hesaplanarak aşağıdaki şekilde bulunmuştur. Kazık uç taşıma gücü her 4 kazık için de aynıdır.

$$Q_t = 0.4^2 x л x 9 x 150 = 679\ kN$$

Bu durumda kazık tasarım taşıma gücü güvenlik sayısı 2.5 alınarak aşağıdaki şekilde bulunur.

$$Q_a = Q_{ult}/3 = (3296+679)/2.5 = 1590 \text{ kN} \approx 1600 \text{ kN}$$

P2 numaralı kazık için, P1 numaralı kazıktan farklı olarak orta sıkı kum tabakası yer almaktadır. Bu tabaka için sürtünme direnci denklem 2.7'de belirtilen formüle göre hesaplanır.

$$f_{s(kum)} = 0.5\ (0.75x19)\tan 21 = 3 \text{ kPa}$$

Kohezyonlu zemindeki sürtünme dirençleri P1 kazığında hesaplanılan değerlerle aynı olur. Bu durumda P2 numaralı kazıkta toplam sürtünme kuvveti aşağıda hesaplanmıştır.

$$Q_s = 0.8\pi\ (3x1.5+40x24+63x9.5) = 3938 \text{ kN}$$

Projedeki her bir deney kazığı aynı özelliklere sahip çok katı kumlu kil tabakasına oturduğu için uç taşıma güçleri değişmemektedir. Bu durumda kazık tasarım taşıma gücü, P1 numaralı kazıkta hesaplandığı gibi nihai taşıma gücünün 2.5 değerine bölünmesiyle elde edilir.

$$Q_a = Q_{ult}/3 = (3938+679)/2.5 = 1850 \text{ kN} \approx 2000 \text{ kN}$$

P3 ve P4 numaralı fore kazıkların bulunduğu bölgedeki kohezyonsuz zeminler için sürtünme dirençlerinin hesaplanması yeterlidir. Kohezyonlu zeminlerde P1 ve P2 numaralı kazıklarda hesaplanan sürtünme dirençleri kullanılabilir.

$$f_{s(kum)} = 0.5\ (0.75*9)\tan 21 = 1.5 \text{ kPa}$$

$$f_{s(çakıl)} = 0.5\ (1.5x9 + 11.5x8 + 1.75x9)\tan 23 = 26 \text{ kPa}$$

40 ve 45 m boylarındaki P3 ve P4 numaralı kazıklarda toplam sürtünme kuvvetleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$Q_s = 0.8\pi\ (1.5x1.5+40x11.5+26x3.5+36x9+63x14.5) = 4500 \text{ kN}$$

$$Q_s = 0.8\pi\ (1.5x1.5+40x11.5+26x3.5+36x9+63x19.5) = 5293 \text{ kN}$$

Bu durumda kazık tasarım taşıma güçleri güvenlik sayısı 2.5 alınarak aşağıdaki şekilde bulunur.

$$Q_a = Q_{ult}/3 = (4500+679)/3 = 2072 \text{ kN} \approx 2100 \text{ kN}$$

$$Q_a = Q_{ult}/3 = (5293+679)/3 = 2388 \text{ kN} \approx 2500 \text{ kN}$$

Taşıma gücü hesaplarında P1, P2, P3 ve P4 numaralı fore kazıklar için tasarım taşıma güçleri sırasıyla, 1600 kN, 2000 kN, 2100 kN ve 2500 kN olarak hesaplanmıştır. Deney düzeneği ve deney programı her dört fore kazığın tasarım taşıma gücü için 3000 kN değeri baz alınarak oluşturuldu. Deney yükü ise tasarım taşıma gücünün 3 katı (9,000 kN) olarak belirlendi.

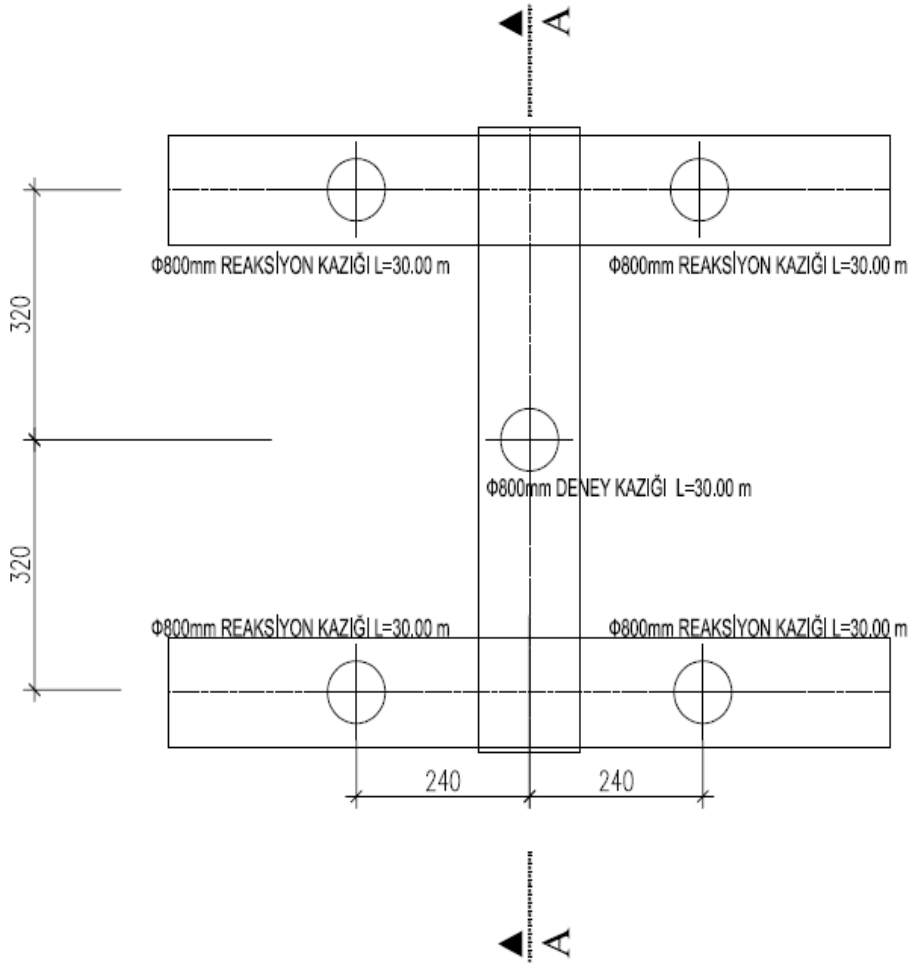
4.1.2.4 Deney Düzeneği

Deney düzeneğinde reaksiyon sistemi eksantrikliği minimize edecek şekilde merkezcil olarak kurulmuştur. Deney kazığı üzerine yerleştirilen krikodan gelen yükü reaksiyon kazıklarına iletmek üzere kriko üzerine çelik plakalar ve onun üzerine de bir adet çelik kiriş yerleştirilmiştir. Bütün deney kazıkları etrafında dörder adet reaksiyon kazığı imal edilmiştir. Reaksiyon kazıkları ile deney kazığı arasındaki merkezden merkeze olan mesafe kazık çapının 5 katıdır (5x0.8=4.0m). Deney H tipi şeklinde düzenlenmiştir. Toplam 3 adet deney kirişi kullanılmıştır. Deney düzeneği şekil 4.7 ve şekil 4.8'de görülmektedir.

Düzenekte öncelikle deney kazığı üzerine 1.0x1.0x1.0 m ebatlarında merkezcil şekilde başlık döküldü. Kazık başlığı üzerine bir adet çelik plaka yerleştirildi. Ardından 500 ton kapasiteli 3 adet kriko çelik plakanın üzerine merkezcil bir şekilde konuldu ve gerekli yük kademelerine çıkabilmek için bir adet germe ünitesi kullanılmıştır. Kriko ile çelik kiriş arasına da çelik plakalar ile kayıcı mafsal yerleştirildi. Kayıcı mafsal herhangi bir eksantrik yükleme durumunda yükün merkezcil bir şekilde iletilmesini sağlıyor. Mafsal üzerine yine bir plaka yerleştirildikten sonra çelik kiriş deney kazığını ortalayacak şekilde kenarlardaki beton ayaklar üzerine oturtuldu. Diğer iki kiriş de ana kirişin kenarlarına reaksiyon kazıkları ekseninde yerleştirildi. Reaksiyon kazıklarından çıkan donatılarsa kaynaklarla kirişlere tutturuldu.

Yükleme/boşaltma işlemlerinde oluşan eksenel deplasmanlar, kazığın iki tarafında yer alan kazık başlığına sabitlenmiş 0.01mm hassasiyetiyle ölçüm yapan 4 adet komparatör saati kullanılarak ölçülmüştür. Komparatörlerin mıknatıs ayakları başlık kirişine sabitlenirken ölçüm ayakları referans kirişlerine basar. Bu yüzden referans

kirişleri dış etkilere karşı korunmalıdır. Kazık çevresine iki adet referans kirişi yerleştirilerek mesnetleri yere sabitlenmiştir.



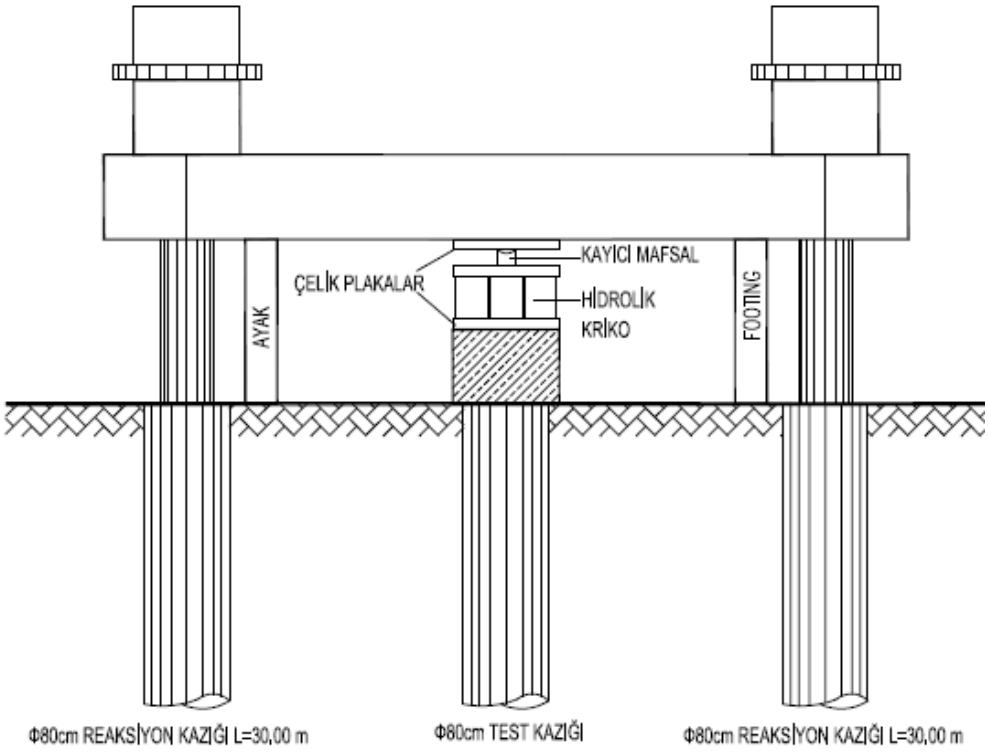
Şekil 4.7 : Deney planı.

İskenderun projesinde de Libya projesindeki gibi referans kirişlerini dış etkilere karşı muhafaza etmek amacıyla çeşitli önlemler alınmıştır. Bu önlemlerden bazıları şunlardır:

a. Deney alanının çevresi sac plakalar ile çevrilmiştir. Böylece rüzgar etkisi azaltılmıştır.

b. Çelik kirişlerin üzerinden çadır çekilerek yağmur ihtimaline karşı önlem alınmıştır.

c. Deney alanının çevresine iş güvenliği şeridi çekilerek ilgili kişiler haricinde deney alanına giriş engellenmiştir.



KESİT A-A

Şekil 4.8 : A-A kesiti.

4.1.2.5 Deney Programı

Deneyde yükleme kademesi proje yükünün %25'i olarak alınmıştır. Maksimum yük proje yükünün %300'ü (9,000 kN) olarak belirlenmiştir. Proje yükü değerine ulaşabilmek için çıkılan her yük kademesinde beklenen yarım saat boyunca bütün ara beklemelerde 5 ve 10'ar dakikalık okumalar alınmıştır. Çizelge 4.8'de belirtilen deney programında ara beklemeler ve kritik yüklerdeki bekleme süreleri detaylı olarak verilmiştir. Yükleme üç çevrimli yapılmıştır. Birinci çevrimde kanıt yükleme deney prosedürü, ikinci ve üçüncü çevrimlerde genişletilmiş kanıt yükleme deney prosedürü uygulanmıştır. Deneyde ara beklemelerde bu prosedürlere uygun olan minimum bekleme süreleri uygulanmıştır.

Kanıt yükleme deney prosedürüne göre bir sonraki yük adımına geçmeden önce aşağıda sıralanan kriterler control edilmelidir.

1- 30 dakika içinde oluşan oturma miktarı, o anda oluşan toplam oturma miktarının %0.5'inden az olmalıdır.

2- 30 dakika içinde oluşan oturma miktarı 0.05 mm'den az olmalıdır.

Göçme durumu olmadığı taktirde yükleme işlemi, oturma miktarı kazık çapının %10'u değerine gelene kadar devam edilir.

Çizelge 4.8 : Deney programı.

Eksenel Statik Yükleme Deneyi					
Yük Adımı	**Yük**	**Proje Yükü (%)**	**Yük (kN)**	**Minimum Bekleme Süresi**	**Okuma Aralıkları (Min.)**
1	25%DVL	25	750	20dk	0,5,5,10
	50%DVL	50	1500	20dk	0,5,5,10
	75%DVL	75	2250	20dk	0,5,5,10
	100%DVL	100	3000	1hour	0,5,5,5,15,15,15
	75%DVL	75	2250	20dk	0,5,5,10
	50%DVL	50	1500	20dk	0,5,5,10
	25%DVL	25	750	20dk	0,5,5,10
2	0	0	0	20dk	0,5,5,10
	50%DVL	50	1500	20dk	0,5,5,10
	100%DVL	100	3000	20dk	0,5,5,10
	100%DVL+ 25%SWL	125	3750	20dk	0,5,5,10
	100%DVL+ 50%SWL	150	4500	20dk	0,5,5,10
	100%DVL+ 75%SWL	175	5250	20dk	0,5,5,10
	100%DVL+ 100%SWL	200	6000	12saat	0,5,5,5,15,15,15,30,30,30,30,60,60,60,60,60,60,60,60
	100%DVL+ 50%SWL	150	4500	20dk	0,5,5,10
	100%DVL	100	3000	20dk	0,5,5,10
	50%DVL	50	1500	20dk	0,5,5,10
	25%DVL	25	750	20dk	0,5,5,10
3	0	0	0	1saat	0,5,5,5,15,15,15
	50%DVL	50	1500	20dk	0,5,5,10
	100%DVL	100	3000	20dk	0,5,5,10
	100%DVL+ 50%SWL	150	4500	20dk	0,5,5,10
	100%DVL+ 100%SWL	200	6000	20dk	0,5,5,10
	100%DVL+ 125%SWL	225	6750	20dk	0,5,5,10
	100%DVL+ 150%SWL	250	7500	20dk	0,5,5,10
	100%DVL+ 175%SWL	275	8250	20dk	0,5,5,10
	100%DVL+ 200%SWL	300	9000	2saat	0,5,5,10,10,30,60

Çizelge 4.8 (devam): Deney programı.

	100%DVL+ 150%SWL	250	7500	20dk	0,5,5,10
	100%DVL+ 100%SWL	200	6000	20dk	0,5,5,10
	100%DVL	100	3000	20dk	0,5,5,10
	50%DVL	50	1500	20dk	0,5,5,10
	0	0	0	20dk	0,5,5,10
				25saat 20dk	
	Tasarım Yükü, DVL		3000kN		
	Belirlenmiş Çalışma Yükü, SWL		3000kN		

4.1.2.6 Deney Sonuçları

Yükleme deneyi sırasında yük adımlarına karşılık gelen okunan oturma değerleri deney programına uygun olarak kaydedilmiştir. Elde edilen bu değerler kullanılarak yük-oturma, yük-zaman ve oturma-zaman grafikleri çizilmiştir. 4 adet deney kazığına ait grafikler Ek B.1'de görülmektedir. Her bir deney kazığı için elde edilen kritik yükler altındaki oturma değerleri çizelge 4.9-12'de verilmektedir.

Çizelge 4.9 : Oturma değerleri (P1).

YÜK ADIMI	**TOPLAM OTURMA (mm)**	**TOPLAM PLASTİK OTURMA (mm)**
3000 kN (1.çevrim) (100% DWL)	3.03	0.54
3,000 kN (1.çevrim) (100% DWL)	3.34	-
6,000 kN (2.çevrim) (100% DWL+100%SWL)	10.66	4.24
3,000 kN (3.çevrim) (100% DWL)	7.95	-
6,000 kN (100% DWL+100%SWL)	11.88	-
7,500 kN (100% DWL+150%SWL)	20.45	-

Çizelge 4.10 : Oturma değerleri (P2).

YÜK ADIMI	TOPLAM OTURMA (mm)	TOPLAM PLASTİK OTURMA (mm)
3000 kN (1.çevrim) (100% DWL)	2.76	0.91
3,000 kN (2.çevrim) (100% DWL)	2.87	-
6,000 kN (2.çevrim) (100% DWL+100%SWL)	8.82	4.42
3,000 kN (3.çevrim) (100% DWL)	6.60	-
6,000 kN (3.çevrim) (100% DWL+100%SWL)	9.45	-
9,000 kN (3.çevrim) (100% DWL+200%SWL)	21.49	-
1,050 kN (3.çevrim) (100% DWL+250%SWL)	41.49	-
1,125 kN (3.çevrim) (100% DWL+275%SWL)	64.06	53.71

Çizelge 4.11 : Oturma değerleri (P3).

YÜK ADIMI	TOPLAM OTURMA (mm)	TOPLAM PLASTİK OTURMA (mm)
3000 kN (1.çevrim) (100% DWL)	2.38	0.59
3,000 kN (2.çevrim) (100% DWL)	2.64	-
6,000 kN (2.çevrim) (100% DWL+100%SWL)	8.22	2.40
3,000 kN (3.çevrim) (100% DWL)	5.13	-
6,000 kN (3.çevrim) (100% DWL+100%SWL)	8.23	-
9,000 kN (3.çevrim) (100% DWL+200%SWL)	14.52	4.02

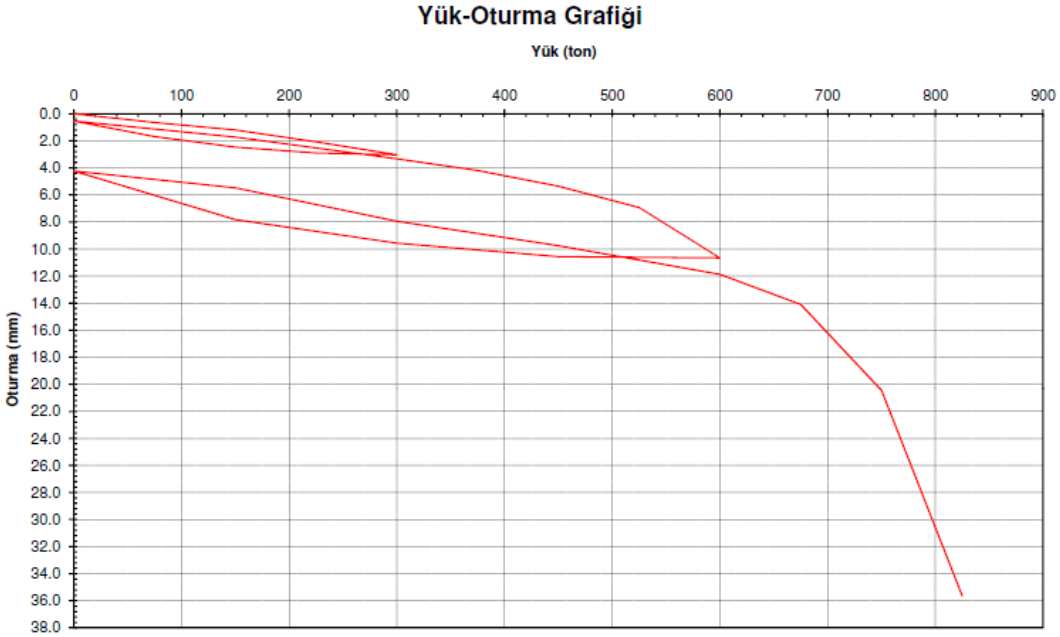
Çizelge 4.12 : Oturma değerleri (P4).

YÜK ADIMI	TOPLAM OTURMA (mm)	TOPLAM PLASTİK OTURMA (mm)
3000 kN (1.çevrim) (100% DWL)	3.34	1.00
3,000 kN (1.çevrim) (100% DWL)	3.48	-
6,000 kN (2.çevrim) (100% DWL+100%SWL)	9.01	2.51
3,000 kN (3.çevrim) (100% DWL)	5.83	-

Çizelge 4.12 (devam): Oturma değerleri (P4).

6,000 kN (3.çevrim) (100% DWL+100%SWL)	9.29	-
9,000 kN (3.çevrim) (100% DWL+200%SWL)	17.71	-
9,750 kN (3.çevrim) (100% DWL+200%SWL)	20.45	-
1,050 kN (3.çevrim) (100% DWL+250%SWL)	56.99	-

Elde edilen oturma değerleri sonuçlarında ve yük-oturma grafiklerinde görüldüğü üzere P1, P2 ve P4 kazıklarında göçme gözlenmiştir. P3 numaralı fore kazıkta 9,000 kN değerinden büyük yük uygulanmamıştır. Deney sonunda dört adet deney kazığında elde edilen yük-oturma grafikleri şekil 4.9-12'de gösterilmektedir.

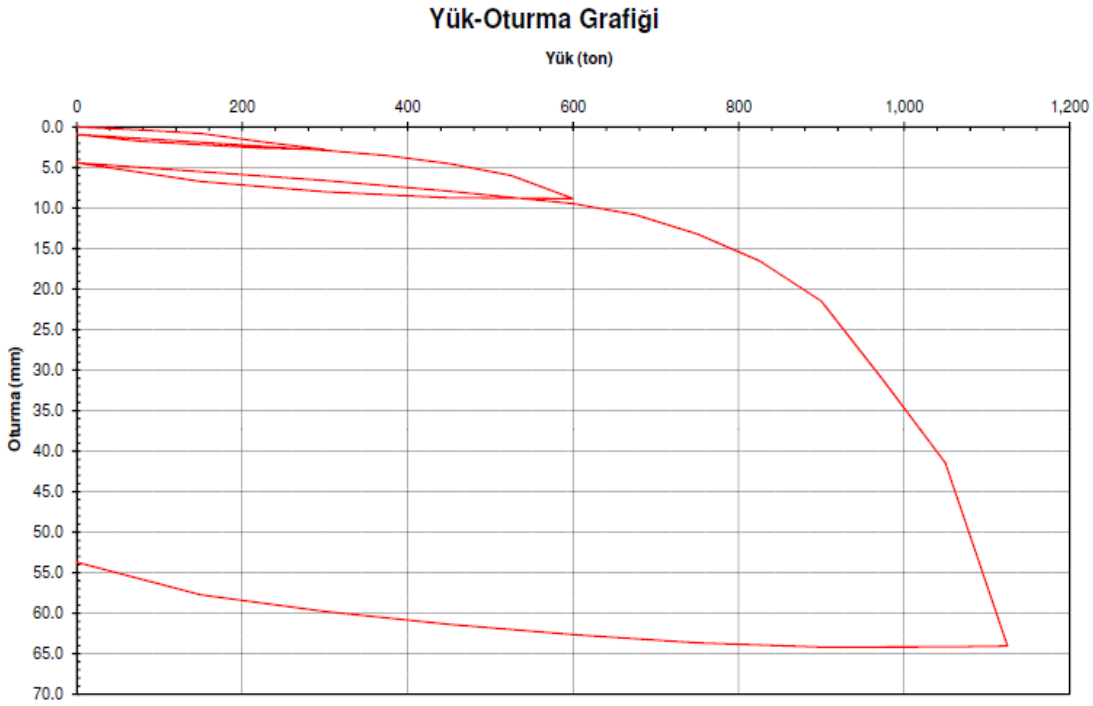


Şekil 4.9 : Yük-Oturma Grafiği (P1)

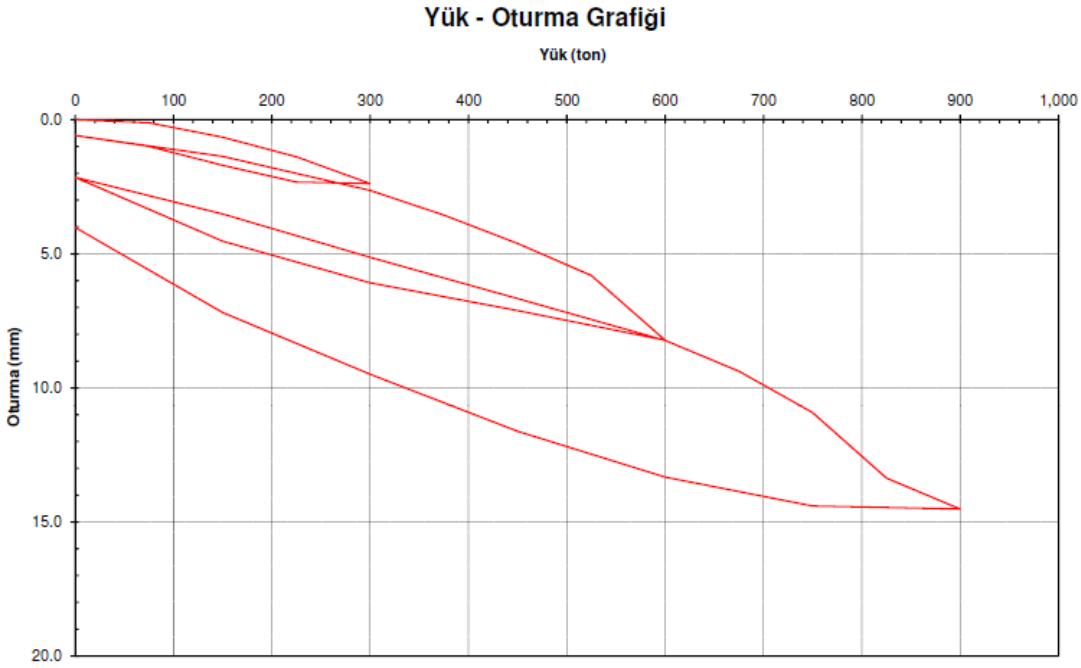
P1 numaralı kazıkta 3. çevrimde 8,250 kN değerine gelindiğinde bar saati geriye döndü ve deformasyon ölçerlerde oturma hızının arttığı gözlendi. 8,250 kN yükte son okunan değerlere göre oturma miktarı 50.65 mm olarak ölçüldü.

P2 numaralı kazıkta 3. çevrimde 9,000 kN değerindeki yükte oturma değeri 21.49 mm olarak okundu. Ardından reaksiyon kazıklarındaki deplasman miktarı kritik düzeyin altında olduğu için yüklemeye devam edildi. 1,125 kN değerine gelindiğinde oturma artışı hızlandı ve 1,125 kN değerinde 64.06mm olarak ölçüldü. P2 numaralı

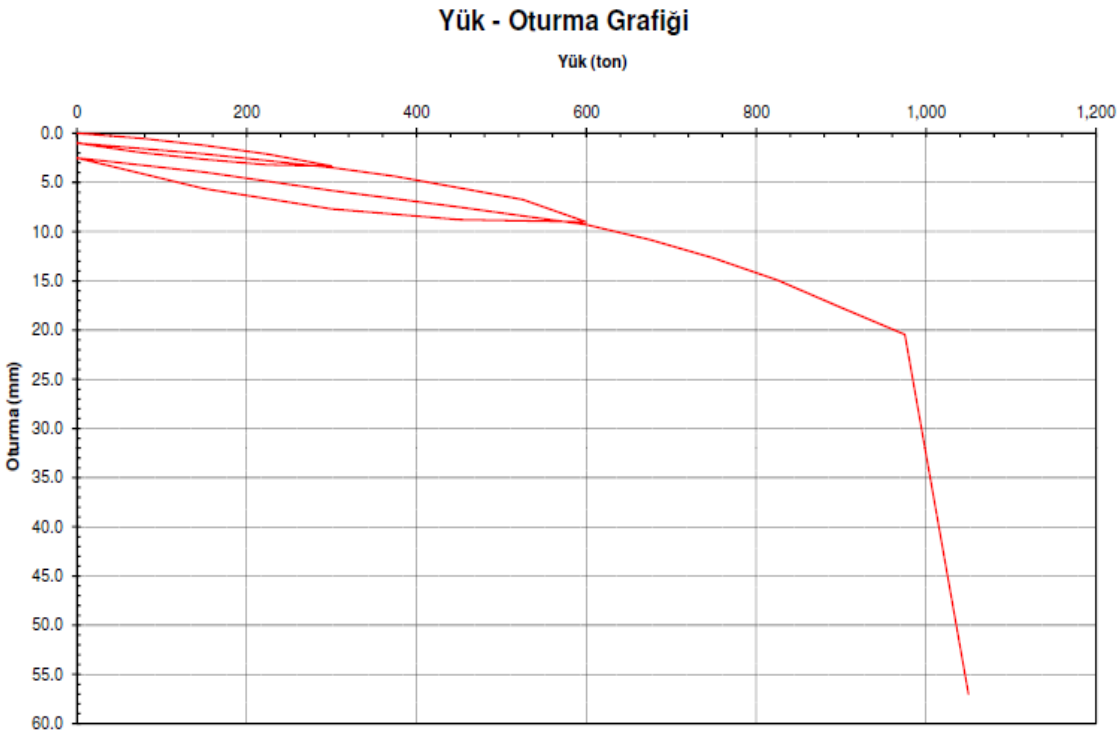
kazığa ait yük-deplasman grafiğinde 1,050 kN ve 1,125 kN yükleri arasında kazığın göçtüğü görülmektedir. Bu durum aynı zamanda yükün 1,125 kN değerinden boşaltılmaya başladığında anlaşılmaktadır. Toplam plastic oturma 53.71 mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.10 : Yük-Oturma Grafiği (P2)



Şekil 4.11 : Yük-oturma grafiği (P3).



Şekil 4.12 : Yük-oturma grafiği (P4).

P3 numaralı kazıkta 3. Çevrimde proje yükünün %300'ünde karşılık gelen 9,000 kN değerindeki yükte toplam oturma değeri 14.52 mm ve toplam plastic oturma değeri 4.02 mm olarak ölçülmüştür. P3 numaralı kazıkta göçme gözlemlenmemiştir ve fore kazık 9,000 kN değerindeki yükü güvenli bir şekilde taşımıştır.

P4 numaralı kazıkta 3. çevrimde 9,000 kN değerindeki yükte oturma değeri 17.71 mm olarak okundu. Ardından reaksiyon kazıklarındaki deplasman miktarı kritik düzeyin altında olduğu için yüklemeye devam edildi. 1,050 kN değerine gelindiğinde oturma artışı hızlandı ve bu yükte oturma 56.99mm olarak ölçüldü. 1,050 kN yük değerine gelindiğinde bar saati geriye düştü ve fore kazığa daha fazla yük uygulanamadı. P4 numaralı kazığa ait yük-deplasman grafiğinde 1,050 kN değerinde kazığın göçtüğü görülmektedir.

Bölüm 3'te belirtilen kazık yükleme deneylerinden kazık taşıma gücü hesap yöntemleri kullanılarak kazık taşıma gücü hesapları yapılmıştır. P1, P2 ve P4 kazıkları göçme durumunda oldukları için bütün yöntemlerde sonuç vermişlerdir. Sadece P3 no'lu kazık bazı yöntemlerde sonuç vermiştir. Bu yöntemlerle elde edilen sonuçlar çizelge 4.13'te görülmektedir. Ayrıca yöntemlerden elde edilen grafikler Ek B.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.13 : Kazık taşıma güçleri.

	Değerlendirme Yöntemleri					
Kazık No	Davisson (ton)	Brinch Hansen %80 (ton)	Mazurkiewicz (ton)	Chin Kondner (ton)	Decourt (ton)	De Beer (ton)
P1	867	833	844	1000	1029	750
P2	1055	1092	1157	1250	1248	900
P3	-	-	1334	1428	1257	-
P4	1122	923	-	1250	1323	975

4.1.3 Ambarlı Projesi

Ambarlı'da yapılan inşaat projesi kapsamında 2 adet deney kazığı imal edilmiştir. Emniyetli kazık taşıma gücünün belirlenmesi amacı ile yerleri ekli krokide gösterilen ϕ1000 mm çaplı, L= 30 m boyda 2 adet kazık için 04.08.2010 ve 13.08.2010 tarihlerinde kazık yükleme deneyleri yapılmıştır.

Bu deneylerde kazık tasarım taşıma gücü (DVL) 3,000 kN olarak hesaplanmıştır ve maksimum yük olarak 8,000 kN (%100 DVL + %167 SWL) uygulanmıştır. Bu bölüm kapsamında ϕ1000 mm çaplı T1 ve T2 no'lu deney kazıkları üzerinde uygulanan statik yükleme deneyi detayları ve deney sonuçları verilmiştir.

4.1.3.1 Zemin Kesiti

Çamur Çürütücüler inşaat alanında mevcut zemin tabakalarının yerleşim ve sıkılık/kıvam durumlarını belirlemek amacı ile 4 adet sondaj yapılmıştır.

SEK-1 nolu sondaj +15.00 kotundan itibaren yapılmıştır. Üstte 1.0 m kalınlıktaki bitkisel toprak tabakası altında 40.45 m derinliğe kadar yeşilimsi gri-kahve renkli kil tabakasının bulunduğu görülmüştür. Kil tabakası orta katı derinlikle kıvamdan sert kıvama geçmektedir.

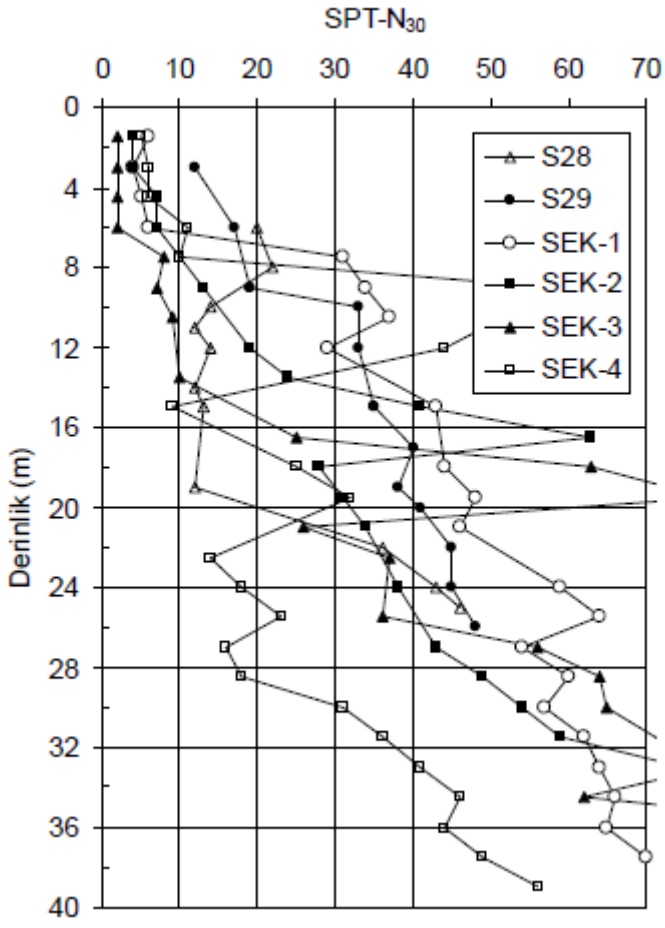
SEK-2 nolu sondaj +18.80 m kotunda yapılmıştır. 11.50 m derinliğe kadar orta katıdan sert kıvama geçen açık kahve renkli kil tabakasının, 11.50 ~ 14.50 m derinlikler arasında kumlu kil, 14.50 ~ 40.00 m derinlikler arasında sert kıvamlı kil tabakasının bulunduğu görülmüştür.

SEK-3 nolu sondaj +16.15 m kotunda yapılmıştır. Üstte 8.25 m derinliğe kadar dolgu tabakasının, 8.25 ~ 10.15 m derinlikler arasında gevşek, açık kahve renkli, gevşek, killi çakıllı kum tabakasının, 10.15 ~ 16.00 m derinlikler arasında yeşilimsi kahve renkli katı kil, 16.00~21.20 m arasında orta sıkı kahve renkli, çakıllı killi kum, 21.20

~ 26.50 m arasında çok katı açık kahve renkli kil, 26.50 ~ 32.50 m arasında sıkı kum, 32.50 ~ 39.85 m arasında yeşilimsi kahve renkli, sert kil tabakasının bulunduğu görülmüştür.

SEK4 nolu sondaj +15.40 m kotunda yapılmıştır. Üstte 7.70 m kalınlıkta dolgu tabakasının altında 7.70 ~ 9.75 m derinlikler arasında sıkı kum, 9.75 ~ 11.50 m derinlikler arasında kil, 11.50 ~ 13.00 m derinlikler arasında sıkı kum, 13.00 ~ 17.50 m derinlikler arasında katı kil, 17.50 ~ 20.50 m derinlikler arasında sıkı kum, 20.50 ~ 39.95 m derinlikler arasında sert kil tabakasının bulunduğu görülmüştür.

Yeraltı su seviyesi 8.0 ila 10.0 m civarı derinlikte ölçülmüştür. Sondajlar sırasında Standart Penetrasyon (SPT) deneyleri yapılmıştır. SPT N30 sayılarının derinlikle değişimi, kesitleri 2008 Haziran tarihli esas Geoteknik Raporda verilen daha önce yapılmış S28 ve S29 nolu sondajlarla birlikte Şekil 4.13'te gösterilmektedir. Ayrıca deney bölgesinde yapılan bu sondajlar ekler bölümünde Şekil A.7-A.8'de verilmektedir.



Şekil 4.13 : SPT N30 sayılarının derinlikle değişimi.

4.1.3.2 Deney Kazığı Özellkileri

Her iki deney kazığı da ϕ1000 mm çapında ve 30 m boyundadır. Fore kazıklara yüklenecek olan maksimum yükü karşılamak için deney kazıklarının etrafına dörder adet 30.00 m boyunda ve 1000mm çaplı reaksiyon kazıları imal edilmiştir.

4.1.3.3 Fore Kazık Taşıma Gücü Hesabı

Ambarlı Projesi kapsamında temel altına aynı iki adet deney kazığı yapılmıştır. Bu bölüm kapsamında deney kazıklarına ait taşıma güçleri yukarıda verilen zemin özellikleri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Sondaj logları dikkate alınarak idealize zemin profili oluşturulmuştur. Sahada hakim zemin profili; 0-5m arasında orta katı KİL (ortalama SPT-N_{30}=5), 5-11 m arasında çok katı KİL (ortalama SPT-N_{30}=30) ve 11-30 m arasında ise sert KİL (ortalama SPT-N_{30}=45) tabakalarından oluşmaktadır.

Orta katı KİL zeminin mühendislik parametreleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

$$\gamma = 16\ kN/m^3 \quad \phi=0^o \quad c=35\ kPa$$

Çok katı KİL tabakası için mühendislik parametreleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

$$\gamma = 19\ kN/m^3 \quad \phi=0^o \quad c=150\ kPa$$

Sert KİL tabakası için mühendislik parametreleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

$$\gamma = 20\ kN/m^3 \quad \phi=0^o \quad c=200\ kPa$$

P1 numaralı deney kazığı için denklem 2.13'te belirtilen kohezyonlu zeminler için çevre sürtünme direnci formülü kullanılmıştır. Formüldeki adezyon katsayısı (α) değerleri yukarıda belirtilen çeşitli kil zeminler için elde edilen kohezyon değerlerine göre denklem 2.14'ten elde edilmiştir.

$$f_{s(orta\ katı\ kil)} = 1x35 = 35\ kPa$$

$$f_{s(çok\ katı\ kil)} = 0.42x150 = 63\ kPa$$

$$f_{s(sert\ kil)} = 0.35x200 = 70\ kPa$$

Kazığın sürtünme kuvveti, her tabakadan gelen sürtünme dirençlerinin toplamının D=100 cm çaplı kazığın yüzey alanı ile çarpılması sonucu bulunabilir.

$$Q_s = 1.0л\ (35x5+63x6+70x8.5) = 5916\ kN$$

Kohezyonlu zeminlerde T1 ve T2 numaralı kazıkların uç taşıma güçleri denklem 2.11'den hesaplanarak aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$Q_t = 0.5^2 x л x 9 x 200 = 1414\ kN$$

Bu durumda kazık tasarım taşıma gücü güvenlik sayısı 2.5 alınarak aşağıdaki şekilde bulunur.

$$Q_a = Q_{ult}/2.5 = (5916+1414)/2.5 = 2932\ kN \approx 3000\ kN$$

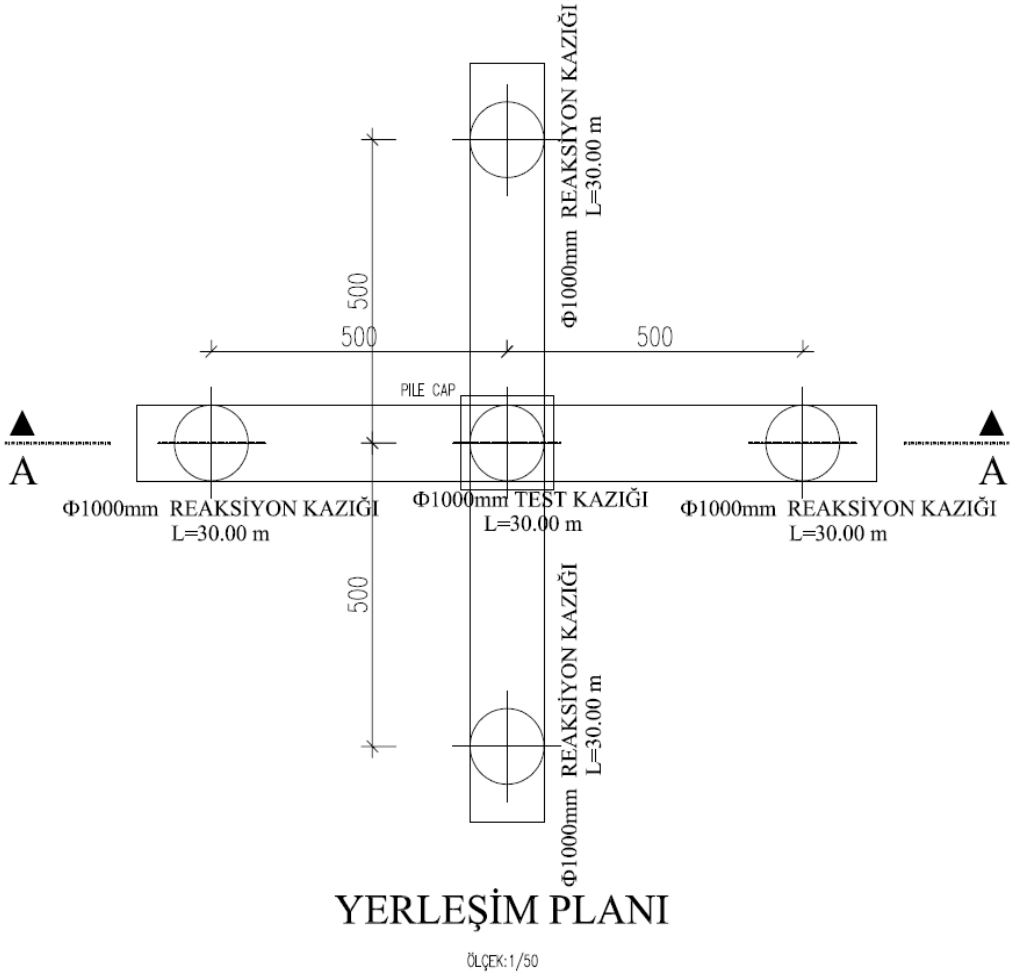
T1 ve T2 numaralı fore kazık tasarım taşıma gücü 3000 kN olarak hesaplandı. Deney düzeneği ve deney programı her iki fore kazığın tasarım taşıma gücü için 3000 kN değeri baz alınarak oluşturuldu. Deney yükü ise tasarım taşıma gücünün 2.67 katı (8,000 kN) olarak belirlendi.

4.1.3.4 Deney Düzeneği

Deney düzeneğinde reaksiyon sistemi eksantrikliği minimize edecek şekilde merkezcil olarak kurulmuştur. Deney kazığı üzerine yerleştirilen krikodan gelen yükü reaksiyon kazıklarına iletmek üzere kriko üzerine çelik plakalar ve onun üzerine de bir adet çelik kiriş yerleştirilmiştir. Bütün test kazıkları etrafında dörder adet reaksiyon kazığı imal edilmiştir. Reaksiyon kazıkları ile test kazığı arasındaki merkezden merkeze olan mesafe kazık çapının 5 katıdır (5x1.0=5.0m). Deney + tipi şeklinde düzenlenmiştir. Toplam 2 adet test kirişi kullanılmıştır. Deney düzeneği şekil 4.14'te görülmektedir.

Düzenekte öncelikle test kazığı üzerine 1.2x1.2x1.0 m ebatlarında merkezcil şekilde başlık döküldü. Kazık başlığı üzerine bir adet çelik plaka yerleştirildi. Ardından 500 ton kapasiteli 2 adet kriko çelik plakanın üzerine merkezcil bir şekilde konuldu ve gerekli yük kademelerine çıkabilmek için bir adet germe ünitesi kullanılmıştır. Kriko ile çelik kiriş arasına da çelik plakalar ile kayıcı mafsal yerleştirildi. Kayıcı mafsal herhangi bir eksantrik yükleme durumunda yükün merkezcil bir şekilde iletilmesini sağlıyor. Mafsal üzerine yine bir plaka yerleştirildikten sonar çelik kiriş test kazığını ortalayacak şekilde kenarlardaki beton ayaklar üzerine oturtuldu. Diğer iki kiriş de ana kirişin kenarlarına reaksiyon kazıkları ekseninde yerleştirildi. Reaksiyon kazıklarından çıkan donatılarsa kaynaklarla kirişlere tutturuldu.

Yükleme/boşaltma işlemlerinde oluşan eksenel deplasmanlar, kazığın iki tarafında yer alan kazık başlığına sabitlenmiş 0.01mm hassasiyetiyle ölçüm yapan 4 adet komparatör saati kullanılarak ölçülmüştür. Komparatörlerin mıknatıs ayakları başlık kirişine sabitlenirken ölçüm ayakları referans kirişlerine basar. Bu yüzden referans kirişleri dış etkilere karşı korunmalıdır. Kazık çevresine iki adet referans kirişi yerleştirilerek mesnetleri yere sabitlenmiştir.



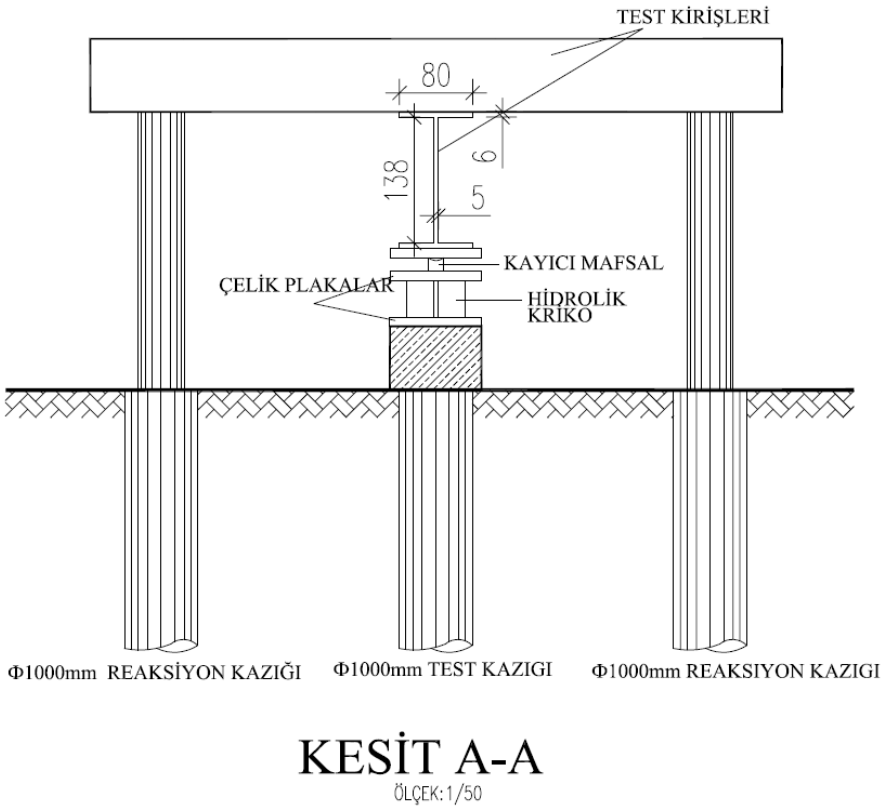
Şekil 4.14 : Deney yerleşim planı ve deney düzeneği.

Referans kirişlerini dış etkilere karşı muhafaza etmek amacıyla çeşitli önlemler alınmıştır. Bu önlemlerden bazıları şunlardır:

a. Deney alanının çevresi sac plakalar ile çevrilmiştir. Böylece rüzgar etkisi azaltılmıştır.

b. Çelik kirişlerin üzerinden çadır çekilerek yağmur ihtimaline karşı önlem alınmıştır.

c. Deney alanının çevresine iş güvenliği şeridi çekilerek ilgili kişiler haricinde deney alanına giriş engellenmiştir



Şekil 4.14 (devam): Deney yerleşim planı ve deney düzeneği.

4.1.3.5 Deney Programı

Deneyde yükleme kademesi proje yükünün %20'si olarak alınmıştır. Maksimum yük proje yükünün %267'si (8,000 kN) olarak belirlenmiştir. Proje yükü değerine ulaşabilmek için çıkılan her yük kademesinde beklenen yarım saat boyunca bütün ara beklemelerde 15'er dakikalık okumalar alınmıştır. Çizelge 4.14'te belirtilen deney programında ara beklemeler ve kritik yüklerdeki bekleme süreleri detaylı olarak verilmiştir. Yükleme üç çevrimli yapılmıştır. Yükleme sırasında yarım saate kadar olan bölümlerde 15'er dakikalık okumalar alınmıştır. 3 saate kadar okumalarda ise 30'ar dakikalık okumalar alınmış ve 3 saatten sonraki okumalarda saatlik okumalar alınmıştır. Yük boşaltmaları ise 10 dakika ara ile 5'er dakikalık okumalar alınarak gerçekleştirilmiştir. İlk çevrim yüklemede tasarım yükü olan 3,000 kN'a kadar, ikinci çevrim yüklemede tasarım yükünün %200'üne (6,000 kN) kadar ve son çevrimde ise maksimum yüke (8,000 kN) kadar çıkılmıştır.

Çizelge 4.14 : Deney programı.

Eksenel Statik Yükleme Deneyi					
Yük Adımı	**Yük**	**Proje Yükü (%)**	**Yük (kN)**	**Minimum Bekleme Süresi**	**Okuma Aralıkları (Min.)**
1	20%DVL	20	600	30dk	0,15,15
	40%DVL	40	1200	30dk	0,15,15
	60%DVL	60	1800	30dk	0,15,15
	80%DVL	80	2400	30dk	0,15,15
	100%DVL	100	3000	6saat	0,30,30,30,30,30,30 ,60,60,60
	80%DVL	80	2400	10dk	0,5,5
	60%DVL	60	1800	10dk	0,5,5
	40%DVL	40	1200	10dk	0,5,5
	20%DVL	20	600	10dk	0,5,5
2	0	0	0	30dk	0,15,15
	20%DVL	20	600	30dk	0,15,15
	40%DVL	40	1200	30dk	0,15,15
	60%DVL	60	1800	30dk	0,15,15
	80%DVL	80	2400	30dk	0,15,15
	100%DVL	100	3000	30dk	0,15,15
	100%DVL+ 20%SWL	120	3600	30dk	0,15,15
	100%DVL+ 40%SWL	140	4200	30dk	0,15,15
	100%DVL+ 60%SWL	160	4800	30dk	0,15,15
	100%DVL+ 80%SWL	180	5400	30dk	0,15,15
	100%DVL+ 100%SWL	200	6000	12saat	0,30,30,30,30,30,30 ,60,60,60,60,60,60, 60,60,60
	100%DVL+ 80%SWL	180	5400	10dk	0,5,5
	100%DVL+ 60%SWL	160	4800	10dk	0,5,5
	100%DVL+ 40%SWL	140	4200	10dk	0,5,5
	100%DVL+ 20%SWL	120	3600	10dk	0,5,5
	100%DVL	100	3000	10dk	0,5,5
	80%DVL	80	2400	10dk	0,5,5
	60%DVL	60	1800	10dk	0,5,5
	40%DVL	40	1200	10dk	0,5,5
	20%DVL	20	600	10dk	0,5,5
3	0	0	0	45dk	0, 15,15,15
	20%DVL	20	600	30dk	0,15,15

Çizelge 4.14 (devam): Deney programı.

	40%DVL	40	1200	30dk	0,15,15
	60%DVL	60	1800	30dk	0,15,15
	80%DVL	80	2400	30dk	0,15,15
	100%DVL	100	3000	30dk	0,15,15
	100%DVL+ 20%SWL	120	3600	30dk	0,15,15
	100%DVL+ 40%SWL	140	4200	30dk	0,15,15
	100%DVL+ 60%SWL	160	4800	30dk	0,15,15
	100%DVL+ 80%SWL	180	5400	30dk	0,15,15
	100%DVL+ 100%SWL	200	6000	30dk	0,15,15
	100%DVL+ 120%SWL	220	6600	30dk	0,15,15
	100%DVL+ 140%SWL	240	7200	30dk	0,15,15
	100%DVL+ 167%SWL	267	8000	12saat	0,30,30,30,30,30,30 ,60,60,60,60,60,60, 60,60,60
	100%DVL+ 140%SWL	240	7200	10dk	0,5,5
	100%DVL+ 120%SWL	220	6600	10dk	0,5,5
	100%DVL+ 100%SWL	200	6000	10dk	0,5,5
	100%DVL+ 80%SWL	180	5400	10dk	0,5,5
	100%DVL+ 60%SWL	160	4800	10dk	0,5,5
	100%DVL+ 40%SWL	140	4200	10dk	0,5,5
	100%DVL+ 20%SWL	120	3600	10dk	0,5,5
	100%DVL	100	3000	10dk	0,5,5
	80%DVL	80	2400	10dk	0,5,5
	60%DVL	60	1800	10dk	0,5,5
	40%DVL	40	1200	10dk	0,5,5
	20%DVL	20	600	10dk	0,5,5
	0	0	0	1saat	0,15,15,15,15
				48saat 55dk	
	Tasarım Yükü,		3000kN		
	Belirlenmiş Çalışma Yükü,		3000kN		

4.1.3.6 Deney Sonuçları

Yükleme deneyi sırasında yük adımlarına karşılık gelen okunan oturma değerleri deney programına uygun olarak kaydedilmiştir. Elde edilen bu değerler kullanılarak yük-oturma, yük-zaman ve oturma-zaman grafikleri çizilmiştir. 2 adet deney kazığına ait grafikler Ek B.1'de görülmektedir. Her bir deney kazığı için elde edilen kritik yükler altındaki oturma değerleri çizelge 4.15 ve 4.16'da verilmektedir.

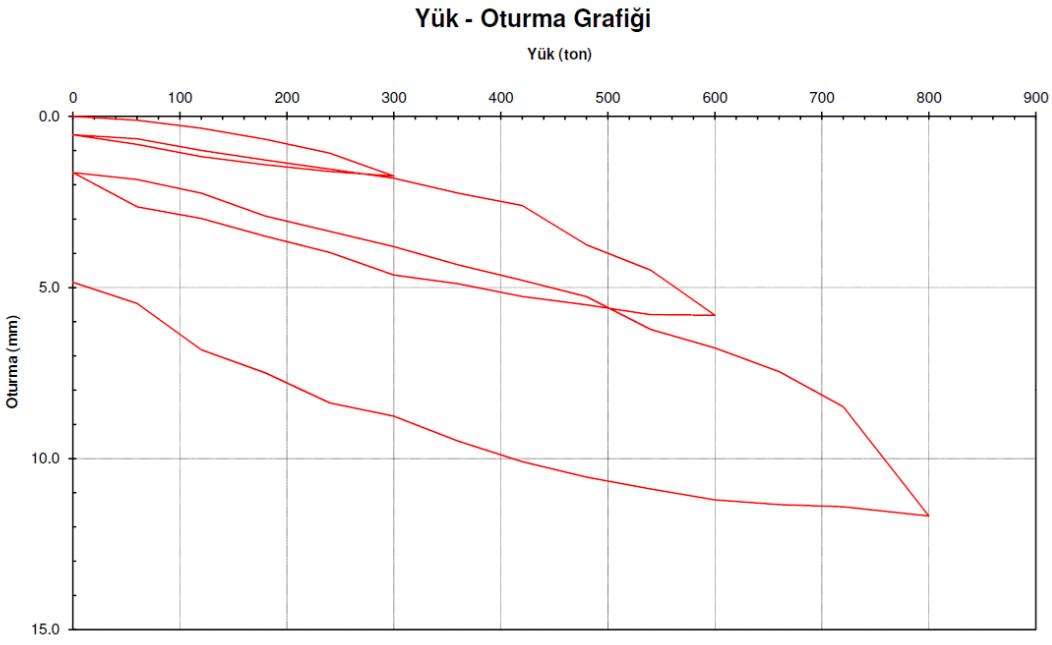
Çizelge 4.15 : Kritik yükler altında oturma değerleri (T1).

YÜK ADIMI	TOPLAM OTURMA (mm)	TOPLAM PLASTİK OTURMA (mm)
3,000 kN (1.çevrim) (100% DWL)	1.74	0.54
3,000 kN (2.çevrim) (100% DWL)	1.81	-
6,000 kN (2.çevrim) (100% DWL+100%SWL)	5.81	1.64
3,000 kN (3.çevrim) (100% DWL)	3.81	-
6,000 kN (3.çevrim) (100% DWL+100%SWL)	6.77	-
8,000 kN (3.çevrim) (100% DWL+167%SWL)	11.68	4.85

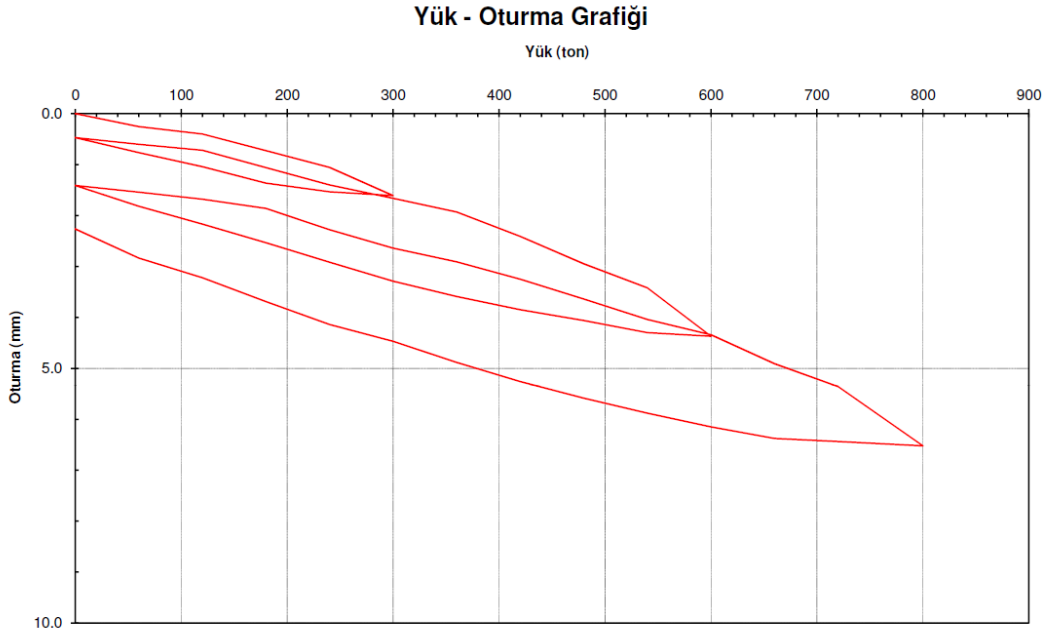
Çizelge 4.16 : Kritik yükler altında oturma değerleri (T2).

YÜK ADIMI	TOPLAM OTURMA (mm)	TOPLAM PLASTİK OTURMA (mm)
3000 kN (1.çevrim) (100% DWL)	1.61	0.47
3,000 kN (2.çevrim) (100% DWL)	1.66	-
6,000 kN (2.çevrim) (100% DWL+100%SWL)	4.37	1.41
3,000 kN (3.çevrim) (100% DWL)	2.64	-
6,000 kN (3.çevrim) (100% DWL+100%SWL)	4.34	-
9,000 kN (3.çevrim) (100% DWL+167%SWL)	6.52	2.27

Yük-oturma grafikleri şekil 4.15 ve şekil 4.16'da verilmektedir. Elde edilen oturma değerleri sonuçlarında ve yük-oturma grafiklerinde görüldüğü üzere T1 ve T2 kazıklarında göçme gözlemlenmemiştir.



Şekil 4.15 : Yük-oturma grafiği (T1).



Şekil 4.16 : Yük-oturma grafiği (T2).

Maksimum yük olan 8000 kN değerinde T1 ve T2 numaralı kazıklarda elde edilen toplam oturma değerleri 11.68 ve 6.52 mm'dir. Bu sonuçlara göre üzerinde static yükleme deneyleri yapılan fore kazıkların maksimum yükü güvenli bir şekilde taşıdığı görülmüştür.

Kazık yükleme deneylerinden kazık taşıma gücü hesap yöntemleri kullanılarak kazık taşıma gücü hesapları yapılmıştır. Her iki kazıkta da göçme durumunda olmadığı için bu yöntemlerden bazıları uygulanbilmiştir. Bu yöntemlerle elde edilen sonuçlar çizelge 4.17'de görülmektedir. Ayrıca yöntemlerden elde edilen grafikler Ek B.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.17 : Kazık taşıma güçleri.

	Deney Yöntemleri					
Kazık No	Davisson (ton)	Brinch Hansen %80 (ton)	Mazurkiewicz (ton)	Chin Kondner (ton)	Decourt (ton)	De Beer (ton)
T1	-	-	876	1111	1132	-
T2	-	-	965	1250	1311	-

4.2 Dinamik Yükleme Deneyleri

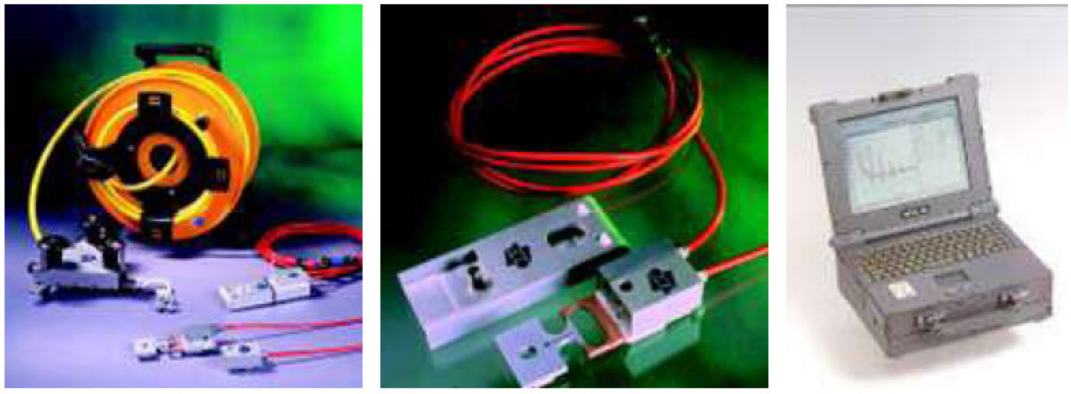
4.2.1 Libya Projesi

Libya Projesi kapsamında 1 no'lu bina altında imal edilen K3 numaralı fore kazık ve 2 no'lu bina altında imal edilen K4 numaralı fore kazığa dinamik yükleme deneyleri uygulanmıştır. Deneyler 24 Nisan 2010 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Dinamik yükleme deneyleri ASTM.D4945-08 (ASTM Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations) standardına uygun olarak yapılmıştır. Kazık taşıma gücü sinyal eşleştirme yöntemi ile DLT sinyalleri üzerinde yapılan TNOWAVE analizi ile hesaplanmıştır.

4.2.1.1 DLT Ekipmanları

Ekipmanlar şekil 4.17'de görüldüğü üzere 1 adet bilgisayar ve data logger, iki set strain ve akselerometre ve bunları data logger'a bağlayan kablolardan oluşmaktadır. Fore kazığa uygulanan darbe etkisiyle transdüserler ile bilgisayar sistemine sinyaller iletiliyor ve zamana bağlı ölçülen hız ve kuvvet verileri bilgisayara kaydedilip gösteriliyor. Transdüserlerin kazık üzerindeki yerleşimi şekil 4.18'de görülmektedir. Transdüserler kazığı iki tarafına ve aynı seviyede yerleştirilmektedir.

Kazığa uygulanacak kuvveti sağlayacak yük 57.3 kN ağırlığındadır ve istenilen enerji seviyesini karşılayacak düzeydedir. Kazık başlığı üstüne yastık tabakası olarak 2cm kalınlığında bir adet ahşap kalıp yerleştirilmiştir. Deney düzeneği şekil 4.19'da görülmektedir.

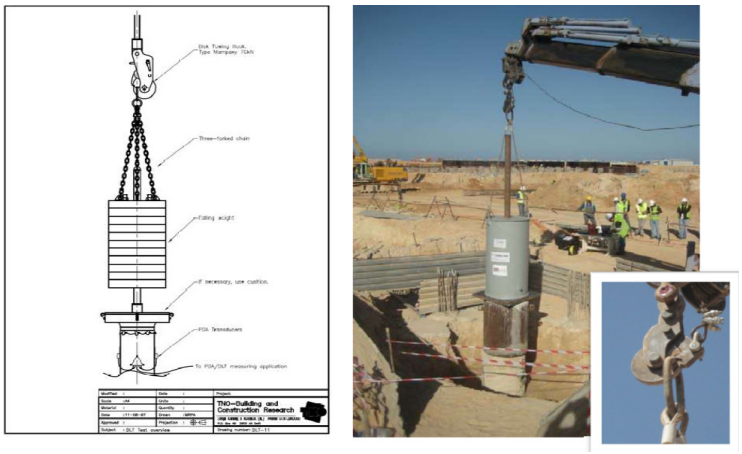


Şekil 4.17 : DLT ekipmanları.



Şekil 4.18 : Transdüserlerin montajı ve saha bilgisayarı.

Yük serbest düşmeye bırakıldıktan sonra kazık üzerinde elde edilen etki sayesinde transdüserler tarafından ayrı ayrı ölçülen gerilme ve ivme değerleri kaydedilir. İki set halinde mevcut olan gerilme ve ivme transdüserleri kazığın iki yanına üst noktadan kazığın çapının 1.5 katından aşağıda olacak şekilde monte edilirler. Tercihen kazık üst kotu ile aralarında 2-3D mesafe bırakılır.



Şekil 4.19 : Çekiç ve serbest düşme halkası detayı.

4.2.1.2 Deney Sonuçları

Her kazık için 3 vuruş yapıldı ve analizler için en iyi sinyal sonucu seçildi. Kazık-zemin-çekiç arasındaki etkileşim, TNOWAVE gerilme dalgası analizindeki sinyal eşleştirme yöntemi ile modellendirildi. Kazığa etki eden kuvvet kazık materyaline bağlı olarak ölçülen gerilme değerlerinden, hız verisi ise ölçülen ivme değerinin integralinden elde edilir.

Deney sırasında programa girilen kazık verileri ile genel bilgiler çizelge 4.18 ve çizelge 4.19'da gösterilmektedir.

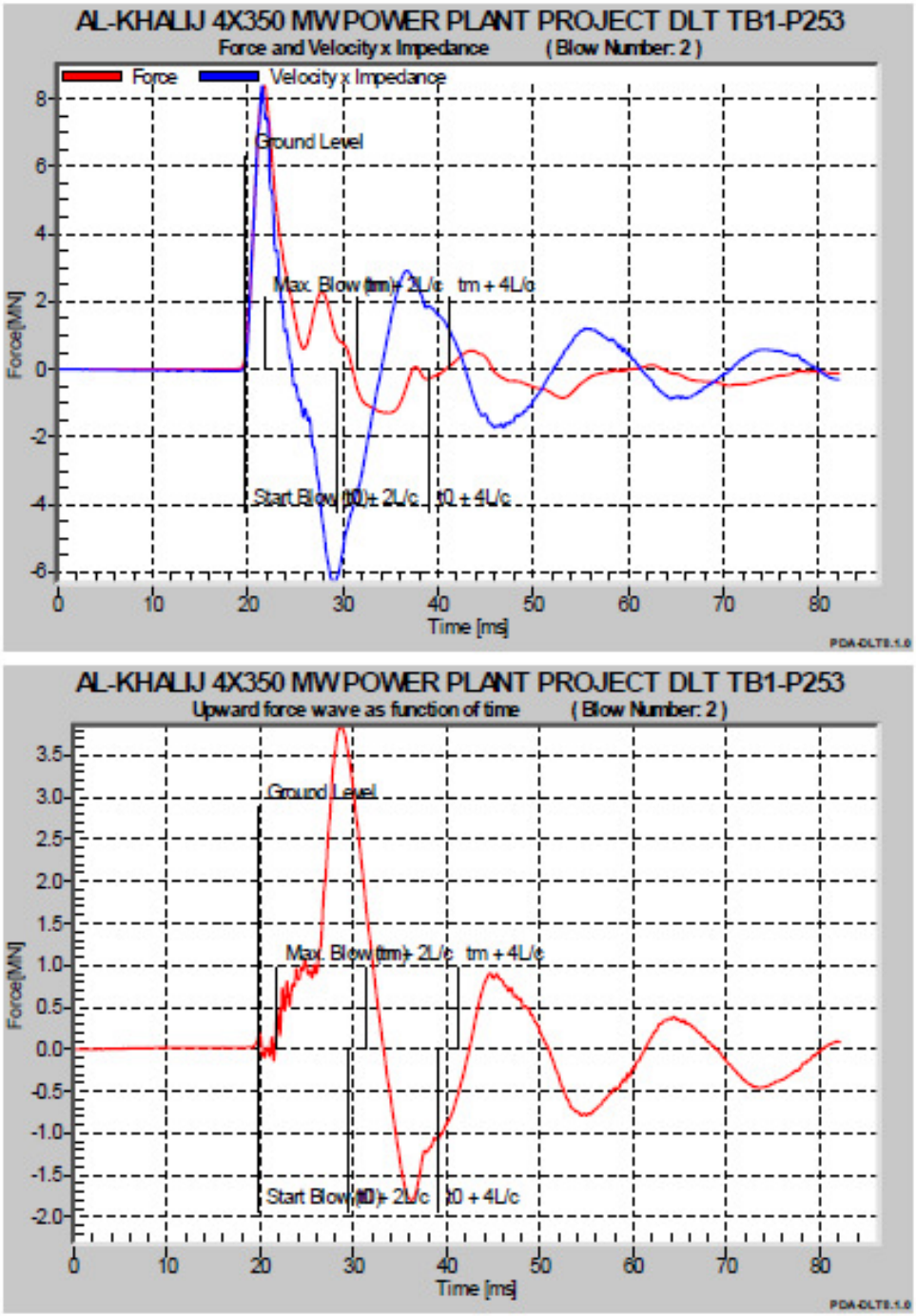
Çizelge 4.18 : Ölçme verisi özeti.

Dosya	**K1**	**K2**
Rapor Tarihi	05.04.2010	05.04.2010
Deney Tarihi	24.02.2010	24.02.2010
Kazık No	K1	K2
Kazık Penetrasyon Boyu (m)	20.700	19.500
Ölçüm Boyu (m)	20.850	20.700
Toplam Kazık Boyu (m)	23.000	23.100
Dalga Hızı (m/s)	4300.00	4300.00
Hesaplanan Maksimum Basınç (Mpa)	13.00	9.00
Maksimum Basınç Noktası (kN)	15.480	16.512
Çakma Direnci (kN)	10101.70	6459.50
Zemin Modeli	Case Standard	Case Standard
Statik Direnç (kN)	8803.60	5431.10
Case Damping (-)	0.2	0.2
Transfer Edilen Enerji (kNm)	18.0	8.4
Hesaplanan Enerji (kNm)	40.0	40.0

Çizelge 4.19 : Deney ile ilgili genel veriler ve kazık verileri.

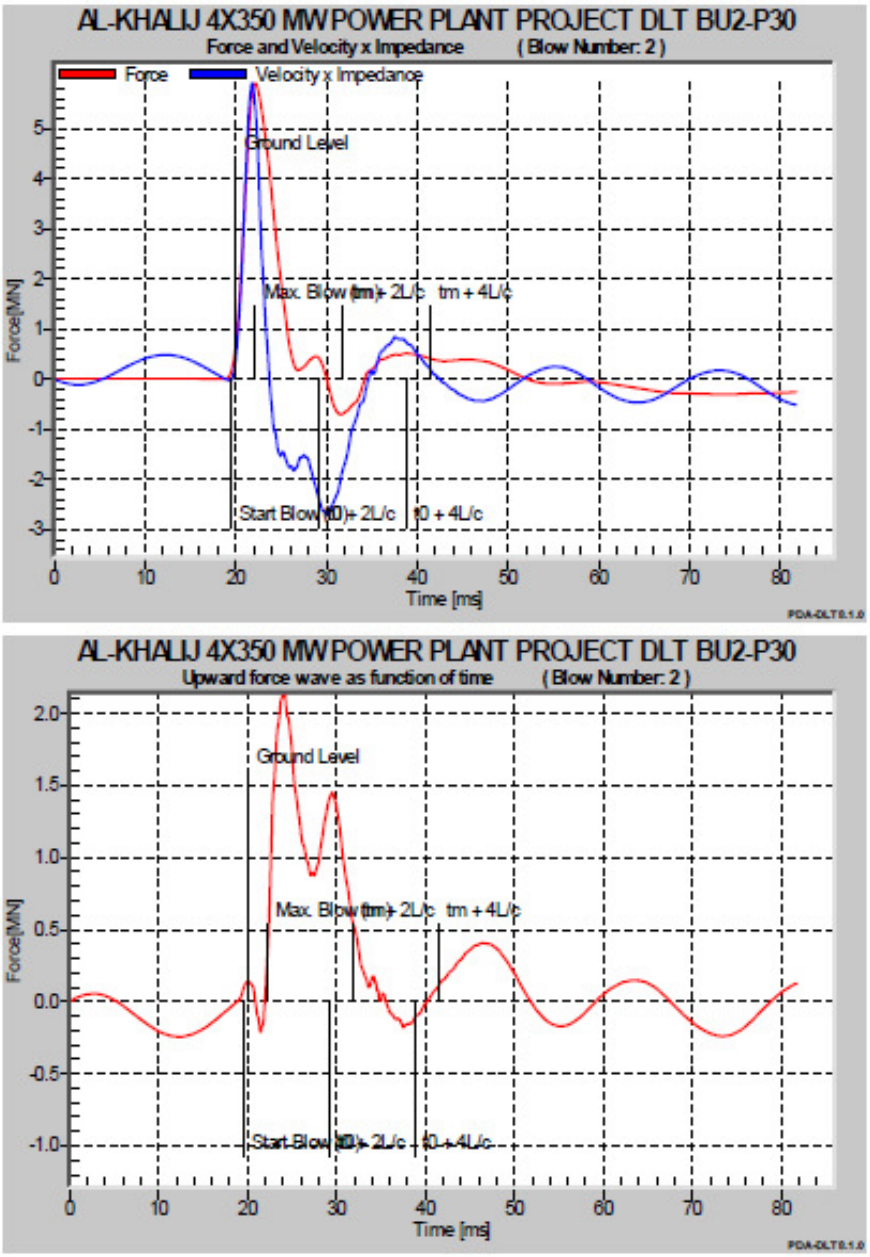
Deney tarihi	2/24/2010	2/24/2010
Saha yeri	1	2
Şehir	Sirte	Sirte
Ülke	Libya	Libya
Çekiç Cinsi	Drop Hammer	Drop Hammer
Hesaplanan Enerji (kNm)	40.0	40.0
Kazık çeşidi	Fore Kazık	Fore Kazık
Kazık numarası	K1	K2
Ölçüm boyu (m)	20.850	20.700
Elastisite modülü (MPa)	48000	48000
Gerilme dalgası hızı (m/s)	4300.00	4300.00
Kesit cinsi	Dairesel	Dairesel
Çapı (m)	0.900	0.900

Her iki adet deney kazığında elde edilen dalga verilerden birer tanesi seçilerek üzerinde sinyal eşleştirilmesi yapılmıştır. Transdüserler yardımıyla bilgisayarda iki temel grafik elde ederiz. Bunlardan birisi hızximpedans ile kuvvet dalgalarının zamana bağlı değişimini gösteren grafik ve bir diğeri ise yukarı seyahat eden dalganın zamana bağlı değişimini gösteren grafiktir. Şekil 4.20 ve şekil 4.21'de her iki kazıkta seçilen gerilme dalgasına ait bu grafikler gösterilmektedir. Daha önceden de belirtildiği gibi yukarı seyahat eden dalga grafiği zemin sürtünme direnci ile ilgili bilgi verir. Grafikte görülen yüksek sürtünme direnci değerleri aşağıda programın CAPWAP analizi ile yaptığı hesapları doğrulamaktadır.



Şekil 4.20 : Kuvvet ve HızxİmpedansGrafiği ve Yukarı Seyahat Eden Dalga Grafiği (K3).

Şekil 4.21'de görülen K4 no'lu kazığa ait F-ZV ve yukarı seyahat eden dalga grafiklerinde görüldüğü gibi K4 no'lu kazıkta sürtünme direncinin K3 no'lu kazığa göre daha düşük bir değer çıkacağı görülebilmektedir. Grafiklerde görülen bir diğer durum ise F-ZV grafiğinde aradaki fark açıldıkça yukarı seyahat eden dalga grafiğinde ise artış meydana gelmesidir.



Şekil 4.21 : Kuvvet ve HızxİmpedansGrafiği ve Yukarı Seyahat Eden Dalga Grafiği (K4).

4.2.1.3 DLTWAVE Sinyal Eşleştirme Sonuçları

Kazık-zemin-çekiç arasındaki etkileşim, TNOWAVE gerilme dalgası analizindeki sinyal eşleştirme yöntemi ile modellendirildi. Kazığa etki eden kuvvet kazık materyaline bağlı olarak ölçülen gerilme değerlerinden, hız verisi ise ölçülen ivme değerinin integralinden elde edilir.

Sinyal eşleştirme yöntemine göre elde edilen ölçüm grafikleri, öngörülen zemin modeline göre hesaplanan dalga grafikleriyle aynı durumda olması gerekir. Bunun

için yukarı seyahat eden dalga grafiği ele alınır. Ardından ölçülen ve hesaplanan yukarı seyahat eden dalga grafikleri zemin modeli ile üzerinde oynanarak üst üste çakıştırılmaya çalışılır. Grafikler birbirine yakın duruma elle getrildikten sonra programın otomatik eşleştirme modu çalıştırılır. Bu eşleştirme iyi bir duruma gelince sinyal eşleştirme tamamlanmış olur. Bu işlemden sonra kazık materyali ve zemin modeline bağlı olarak kazık ile ilgili statik verilerin hesaplama aşamasına gelinir. Her iki kazık için aşağıda listelenen sonuçlar elde edilir;

- Kazığın impedans değeriyle çarpılmış, darbe sonucu oluşan ortalama hız ile kuvvet grafikleri (F-ZV Grafiği)
- Kazığın üst noktasındaki ölçülen hız ile zemin modelinden hız grafikleri
- Zemin modeli ile beraber ölçülen yukarı seyahat eden dalga verilerinden yukarı seyahat eden dalga grafikleri
- Model kullanılmak üzere modellenen zemin verileri
- Kazık üst noktasında oluşan kuvvet
- Kazk üst noktası ile kazık ucunda hesaplanan yük-deplasman grafikleri
- Kazığın statik taşıma gücü hesapları

K3 ve K4 no'lu kazıklara ait ölçülen ve hesaplanan F-Zv grafikleri şekil C.1 ve C.5'te, yukarı seyahat eden dalganın kazık boyu ile değişimini gösteren grafik şekil C.2 ve C.6'da, hız dalgasının kazık boyu ile değişimin gösteren grafik ise şekil C.3 ve şekil C.7'de görülmektedir. Bu grafiklerde görüldüğü üzere zemin modelindeki parametrelerde değişikliğe giderek ölçülen ve hesaplanan veriler üste üste çakıştırılmıştır. Eşleştirme sonunda programda TNOWAVE analizi yapılarak Ek C.1'de belirtilen sonuçlar elde edildi. Ek C.1 bölümündeki şekil C.4 ve şekil C.8'de elde edilen kazık boyu ile değişkenlik gösteren veriler şu şekilde sıralanabilir:

1- Sürtünme direnci,

2- Toplam sürtünme kuvveti,

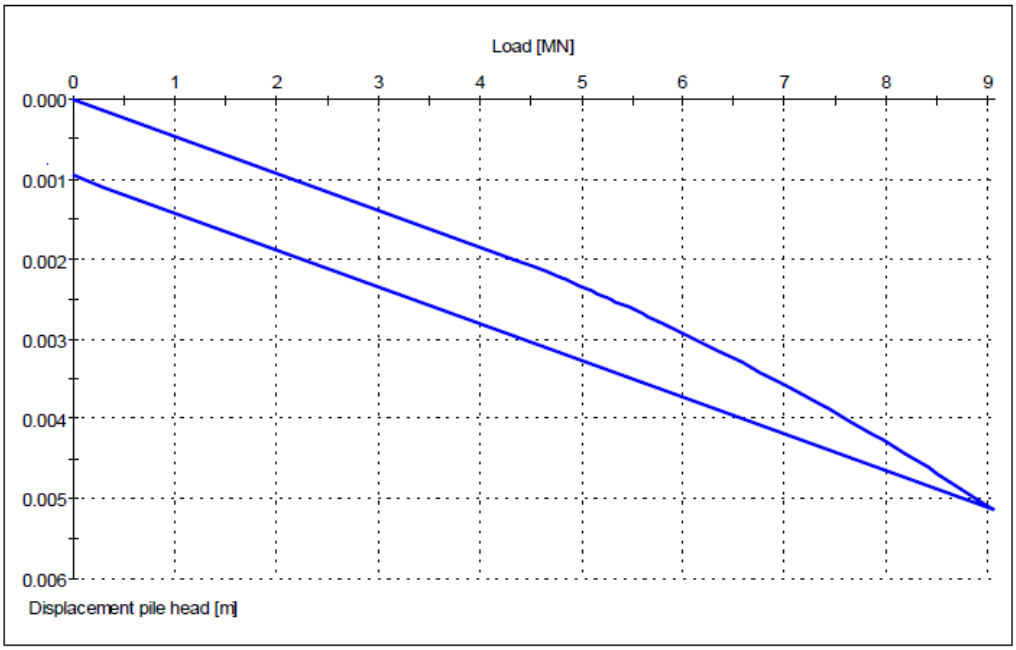
3- Deplasman değerleri,

4- Kazık eşdeğer çapı,

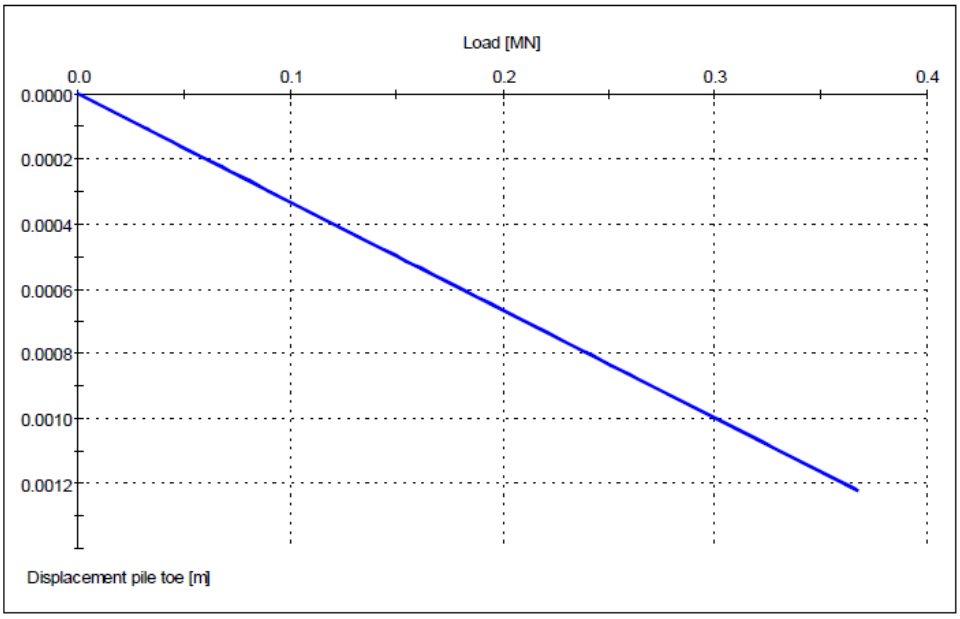
5- Maksimum basınç değerleri,

6- Maksimum çekme değerleri,

Şekil 4.22'de ise K3 no'lu kazıkta sinyal eşleştirme sonucunda kazık başına ve kazık ucunda elde edilen yük-deplasman grafikleri verilmiştir.



(Mobilised) Static load displacement of pile head



(Mobilised) Static load displacement of pile toe

Şekil 4.22 : Kazık başı ve kazık ucundaki yük deplasman grafiği (K3).

Deneyde modellenen zemin modelleri ile analiz sonucunda hesaplanan K3 numaralı fore kazık statik taşıma gücü hesabı çizelge 4.20 ve çizelge 4.21'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.20 : Şaft ve uç zemin modeli girdisi. (K3)

Şaft Zemin Modeli										
Zemin Model=TNO Model										
Tabaka No	Seviye	Derinlik (m)	Akma Gerilmesi (KPa)	Uq1 (mm)	Uq2 (mm)	Akma faktörü -	Beta -	C1 (MNs/m^3)	C2 (MNs/m^3)	Alfa -
1	Üst	0.000	124.2	2.0	2.0	1.000	1.000	0.019	0.006	1.000
	Alt	-3.000	134.1	2.0	2.0	1.000	1.000	0.019	0.006	1.000
2	Üst	-3.000	112.8	2.0	2.0	1.000	1.000	0.026	0.012	1.000
	Alt	-4.000	11.3	2.0	2.0	1.000	1.000	0.025	0.012	1.000
3	Üst	-4.000	20.2	2.0	2.0	1.000	1.000	0.014	0.012	1.000
	Alt	-17.500	471.7	2.0	2.0	1.000	1.000	0.072	0.045	1.000
4	Üst	-17.500	91.9	2.0	2.0	1.000	1.000	0.038	0.014	1.000
	Alt	-20.500	12.5	2.0	2.0	1.000	1.000	0.069	0.028	1.000
5	Üst	-20.500	322.4	2.0	2.0	1.000	1.000	0.056	0.028	1.000
	Alt	-25.500	795.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.084	0.042	1.000

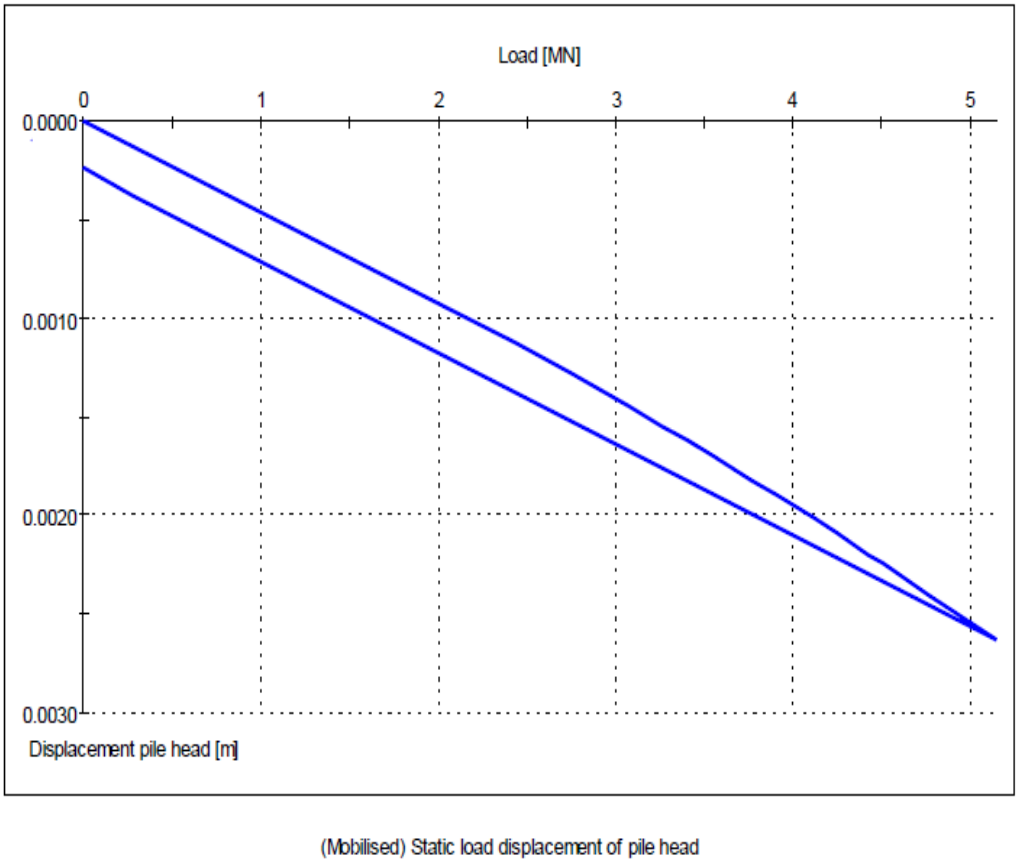
Uç Zemin Modeli										
Zemin Model=TNO Model										
Tabaka No	Seviye	Derinlik (m)	Akma Gerilmesi (MPa)	Uq1 (mm)	Uq2 (mm)	Akma faktörü -	Beta -	C1 (MNs/m^3)	C2 (MNs/m^3)	Alfa -
1	Üst	-20.500	3	7.4	7.4	0.100	1.000	9.388	0.696	1.000
	Alt	-25.500	3	8.6	8.6	0.100	1.000	9.388	0.787	1.000

Çizelge 4.21 : Statik direnç hesabı.

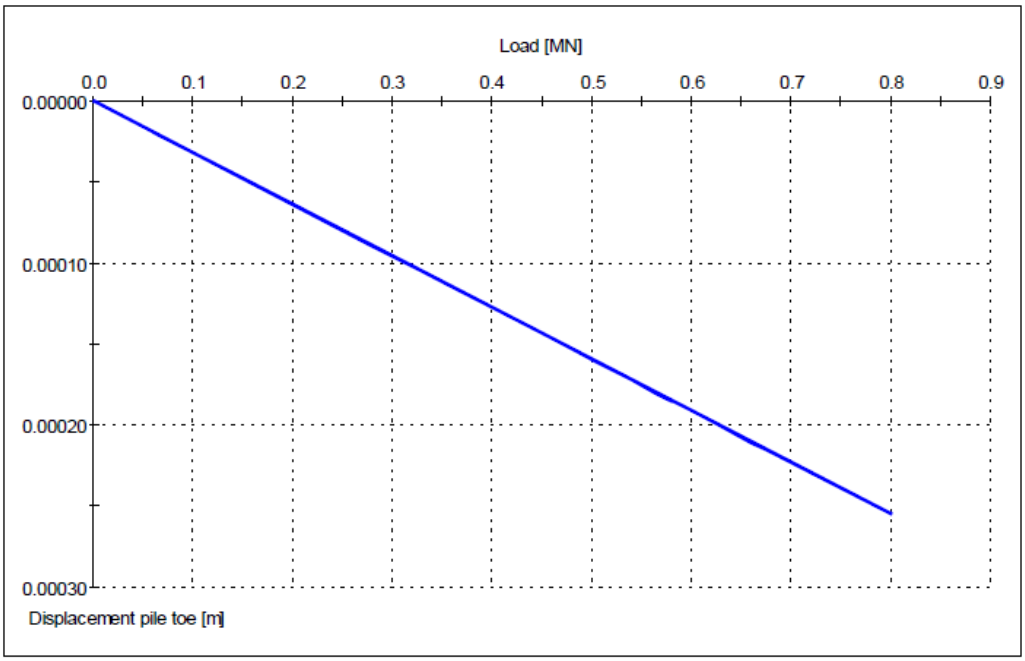
Statik Direnç		
Tabaka No	Derinlik (m)	Statik Direnç (MN)
1	0.000	1.095
2	-3.000	0.175
3	-4.000	7.151
4	-17.500	0.256
5	-20.500	0.106

Şaft	8.785 (MN)
Uç	0.277 (MN)
Total	9.061 (MN)

K4 numaralı fore kazığa ait sonuçlar da Ek C.1'de verilmektedir. K4 numaralı fore kazıkta yapılan dinamik deney sonucunda elde edilen yük-oturma grafikleri şekil 4.23'te verilmiştir.



Şekil 4.23 : Kazık başı ve kazık ucundaki yük deplasman grafiği (K4).



(Mobilised) Static load displacement of pile toe

Şekil 4.23 (devam): Kazık başı ve kazık ucundaki yük deplasman grafiği (K4).

Deneyde modellenen zemin modelleri ile analiz sonucunda hesaplanan K4 numaralı fore kazık statik taşıma gücü hesabı çizelge 4.22 ve çizelge 4.23'te gösterilmektedir. K4 numaralı fore kazığa ait sürtünme direnci daha önceden de grafiklerde görüldüğü gibi K3 numaralı fore kazığa göre düşük çıkmıştır. Bunun en önemli nedenlerinden biri fore kazığa uygulanan çakma yüküdür. K3 numaralı fore kazıkta aynı ağırlıktaki yük daha yüksekten serbest düşmeye bırakılmıştır. Bu durum çizelge 4.18'de verilen çakma direnci değerlerinde görülebilmektedir. Dinamik yükleme deneyinde iki ayrı kazığın doğru bir şekilde karşılaştırılabilmesi için yükün her iki kazıkta da aynı yükseklikten düşürülmesi sonucu elde edilen sonuçlar dikkate alınmalıdır.

K4 numaralı kazıkta elde edilen taşıma gücü değerleri yükten gelen enerjiye göre belirlendiği için daha düşük çıkmıştır. Bu durumda K3 numaralı kazıktan elde değerlerin taşıma gücü açısından daha doğru sonuç verdiği söylenebilir. Bu yüzden de statik yükleme deneylerinden elde edilen değerlerle karşılaştırılırken K3 numaralı kazığa uygulanan dinamik yükleme deneyi sonuçları dikkate alınabilir.

Çizelge 4.22 : Şaft ve uç zemin modeli girdisi (K4).

Şaft Zemin Modeli										
Zemin Model=TNO Model										
Tabaka No	Seviye	Derinlik (m)	Akma Gerilmesi (Kpa)	Uq1 (mm)	Uq2 (mm)	Akma faktörü -	Beta -	C1 (MNs/m^3)	C2 (MNs/m^3)	Alfa -
1	Üst	0.000	15.5	2.0	2.0	1.000	1.000	0.307	0.006	1.000
	Alt	-3.000	131.4	0.7	0.7	1.000	1.000	0.905	0.006	1.000
2	Üst	-3.000	49.5	1.3	1.3	1.000	1.000	0.474	0.012	1.000
	Alt	-4.000	40.9	1.7	1.7	1.000	1.000	0.464	0.012	1.000
3	Üst	-4.000	13.0	0.5	0.5	1.000	1.000	0.061	0.012	1.000
	Alt	-17.500	998.7	8.1	8.1	1.000	1.000	0.210	0.045	1.000
4	Üst	-17.500	744.9	1.6	1.6	1.000	1.000	0.361	0.014	1.000
	Alt	-20.500	128.8	2.0	2.0	1.000	1.000	0.688	0.028	1.000
5	Üst	-20.500	3224.5	2.0	2.0	1.000	1.000	0.556	0.028	1.000
	Alt	-25.500	7950.3	2.0	2.0	1.000	1.000	0.840	0.042	1.000
Uç Zemin Modeli										
Zemin Model=TNO Model										
Tabaka No	Seviye	Derinlik (m)	Akma Gerilmesi (Mpa)	Uq1 (mm)	Uq2 (mm)	Akma faktörü -	Beta -	C1 (MNs/m^3)	C2 (MNs/m^3)	Alfa -
1	Üst	-17.500	36	5.9	5.9	0.100	1.000	6.183	0.563	1.000
	Alt	-20.500	36	5.9	5.9	0.100	1.000	6.183	0.696	1.000

Çizelge 4.23 : Statik direnç hesabı (K4).

Statik Direnç		
Tabaka No	Derinlik (m)	Statik Direnç (MN)
1	0.000	0.607
2	-3.000	0.113
3	-4.000	2.962
4	-17.500	0.553
5	-20.500	0.000

Sürtünme	4.234 (MN)
Uç	0.912 (MN)
Toplam	5.146 (MN)

Türbin ve boiler bölgelerindeki iki ayrı fore kazığa yapılan dinamik yükleme deneylerinden elde edilen taşıma gücü değerleri çizelge 4.24'de verilmiştir.

Çizelge 4.24 : Sinyal eşleştirme sonuçları.

Kazık No	Deney Tarihi	Sürtünme Direnci (MN)	Uç Direnci (MN)	Toplam (MN)
K3	24-02-2010	8.785	0.277	9.061
K4	24-02-2010	4.234	0.912	5.146

Deney sırasında meydana gelen basınç gerilmeleri şekil C.4 ve C8'de görüleceği üzere 8-13 MPa arasında değişmektedir ve bu değerler fore kazıkta kullanılan beton malzemesinin akma gerilmesinden daha düşüktür.

4.2.2 İskenderun Projesi

İskenderun Projesi kapsamında toplam 3 adet deney kazığına dinamik yükleme deneyleri uygulanmıştır. G1 no'lu kazığa yapılan deney 06 Nisan 2011 tarihinde, G2 no'lu kazığa yapılan deney 29 Mart 2011 ve G3 no'lu kazığa yapılan deney ise 26 Mart 2011 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Dinamik yükleme deneyleri ASTM.D4945-08 (ASTM Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations) standardına uygun olarak yapılmıştır. Kazık taşıma gücü sinyal

eşleştirme yöntemi ile DLT sinyalleri üzerinde yapılan TNOWAVE analizi ile hesaplanmıştır.

Deney ekipmanları ve deney düzeneği Libya Projesi kapsamında yapılan dinamik deneylerde anlatıldığı şekildedir.

4.2.2.1 Deney Sonuçları

Kazık-zemin-çekiç arasındaki etkileşim, TNOWAVE gerilme dalgası analizindeki sinyal eşleştirme yöntemi ile modellendirildi. Kazığa etki eden kuvvet kazık materyaline bağlı olarak ölçülen gerilme değerlerinden, hız verisi ise ölçülen ivme değerinin integralinden elde edilir. Deney sırasında programa girilen kazık verileri ile genel bilgiler çizelge 4.25 ve çizelge 4.26'da gösterilmektedir.

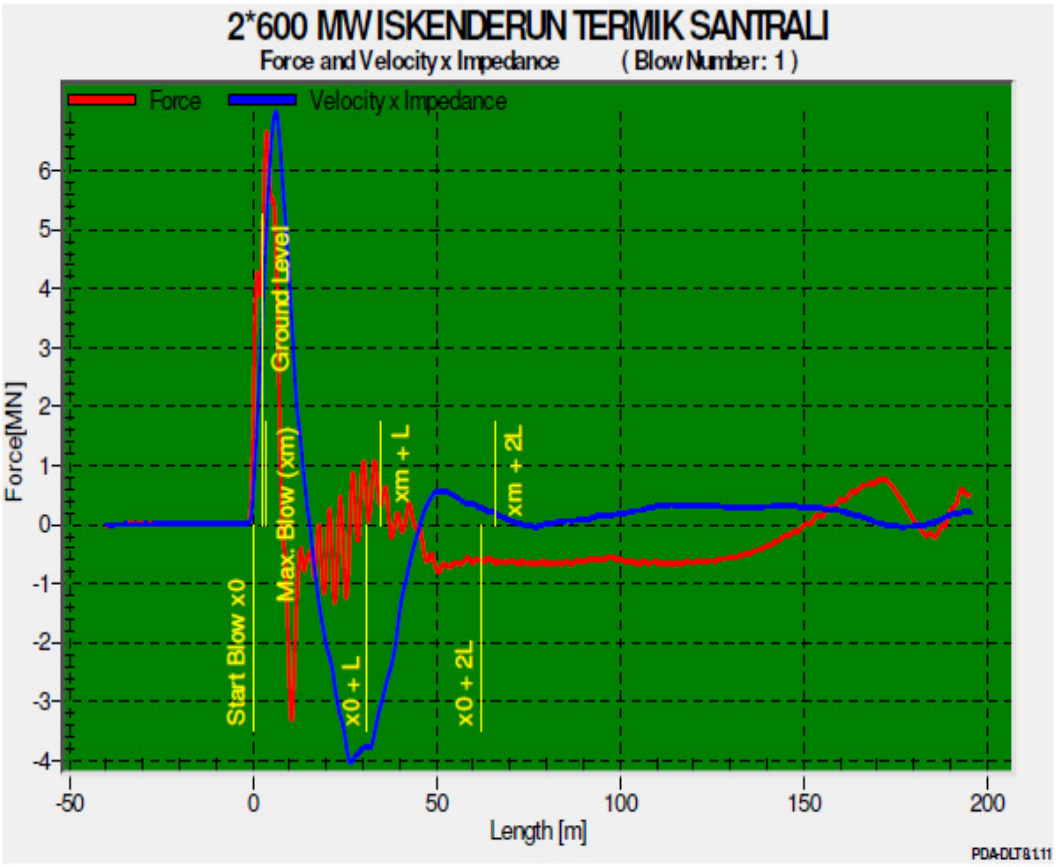
Çizelge 4.25 : Ölçme verisi özeti.

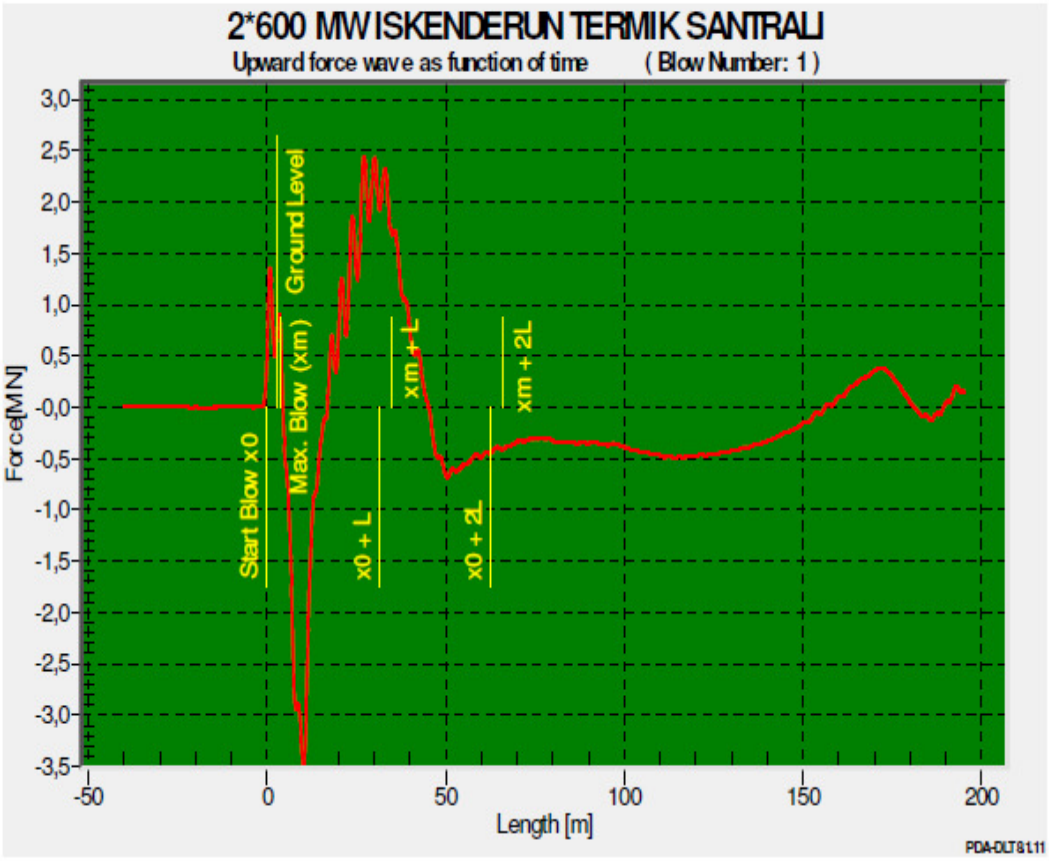
Dosya	G1	G2	G3
Rapor Tarihi	29.04.2011	28.04.2011	05.04.2011
Deney Tarihi	06.04.2011	29.03.2011	26.03.2011
Kazık No	P1-R2	P2-R2	P3-R4
Kazık Penetrasyon Boyu (m)	28.000	28.450	28.450
Ölçüm Boyu (m)	30.600	31.200	31.200
Toplam Kazık Boyu (m)	32.900	33.600	33.600
Dalga Hızı (m/s)	4000.00	4000.00	4000.00
Hesaplanan Maksimum Basınç (Mpa)	20.00	12.00	10.00
Çakma Direnci (kN)	11385.60	7390.80	6598.80
Zemin Modeli	Case Standard	Case Standard	Case Standard
Statik Direnç (kN)	8803.60	5431.10	
Case Damping (-)	0.2	0.2	
Transfer Edilen Enerji (kNm)	18.0	8.4	
Hesaplanan Enerji (kNm)	40.0	40.0	

Çizelge 4.26 : Deney ile ilgili genel veriler ve kazık verileri.

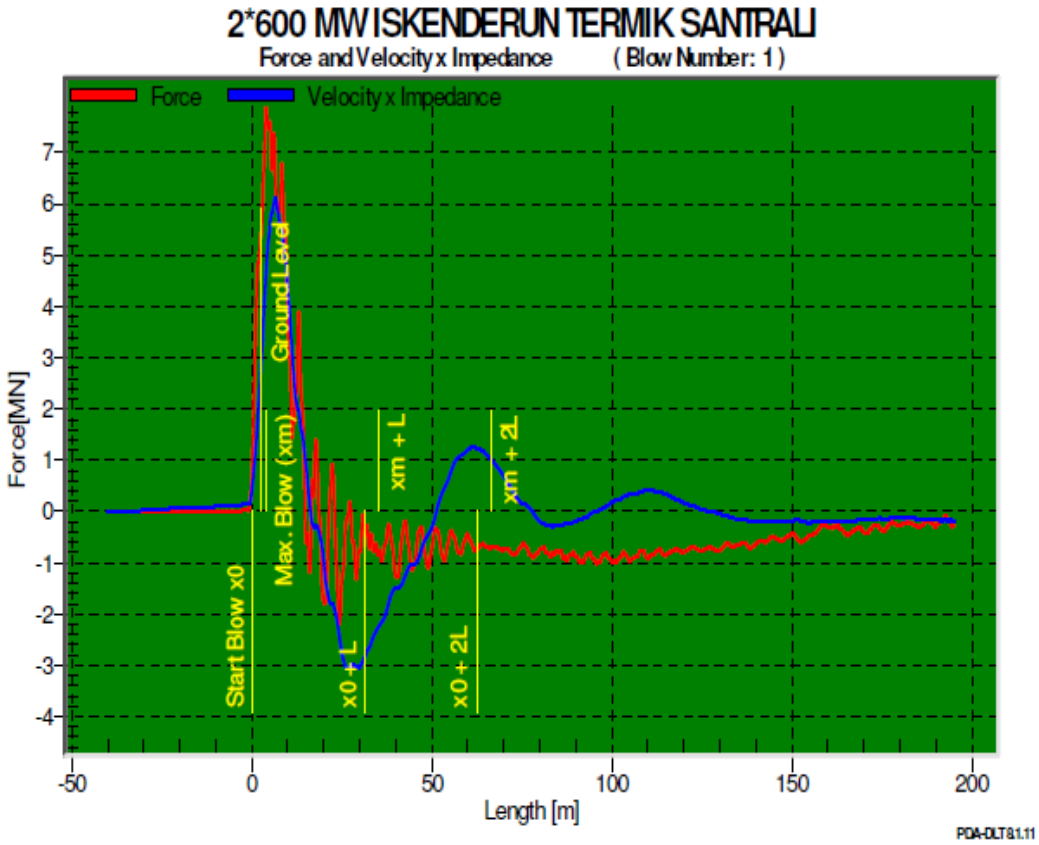
Deney tarihi	4/06/2011	3/29/2011	3/26/2011
Saha yeri	G1	G2	G3
Şehir	İskenderun	İskenderun	İskenderun
Ülke	Türkiye	Türkiye	Türkiye
Çekiç Cinsi	Düşen	Düşen	Düşen
Hesaplanan Enerji (kNm)	40.0	40.0	40.0
Kazık çeşidi	Fore Kazık	Fore Kazık	Fore Kazık
Kazık numarası	G1-R2	G2-R2	G2-R2
Ölçüm boyu (m)	30.600	31.200	31.200
Elastisite modülü (MPa)	48000	48000	48000
Gerilme dalgası hızı (m/s)	4000.00	4000.00	4000.00
Kesit cinsi	Dairesel	Dairesel	Dairesel
Çapı (m)	0.900	0.900	0.900

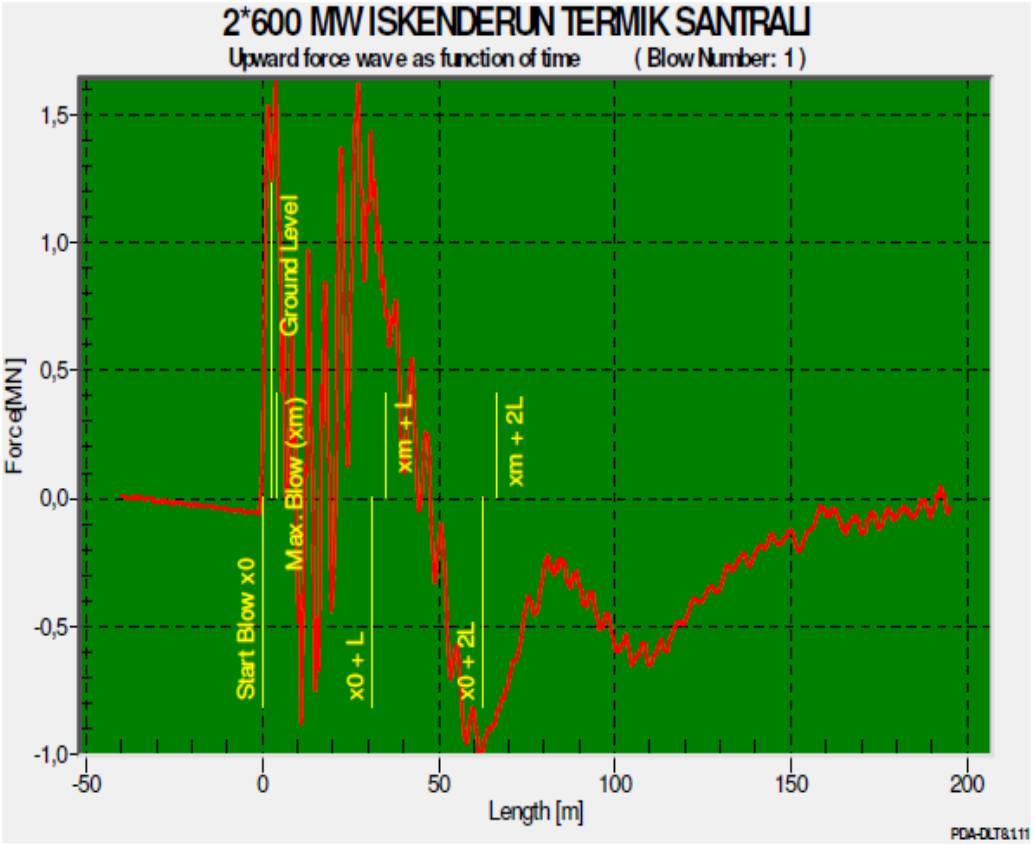
Üç adet deney kazığında elde edilen dalga verilerden birer tanesi seçilerek üzerinde sinyal eşleştirilmesi yapılmıştır. Transdüserler yardımıyla bilgisayarda iki temel grafik elde ederiz. Bunlardan birisi hız x impedans ile kuvvet dalgalarının zamana bağlı değişimini gösteren grafik ve bir diğeri ise yukarı seyahat eden dalganın zamana bağlı değişimini gösteren grafiktir. Şekil 4.24-26'da her üç kazıkta seçilen gerilme dalgasına ait bu grafikler gösterilmektedir.



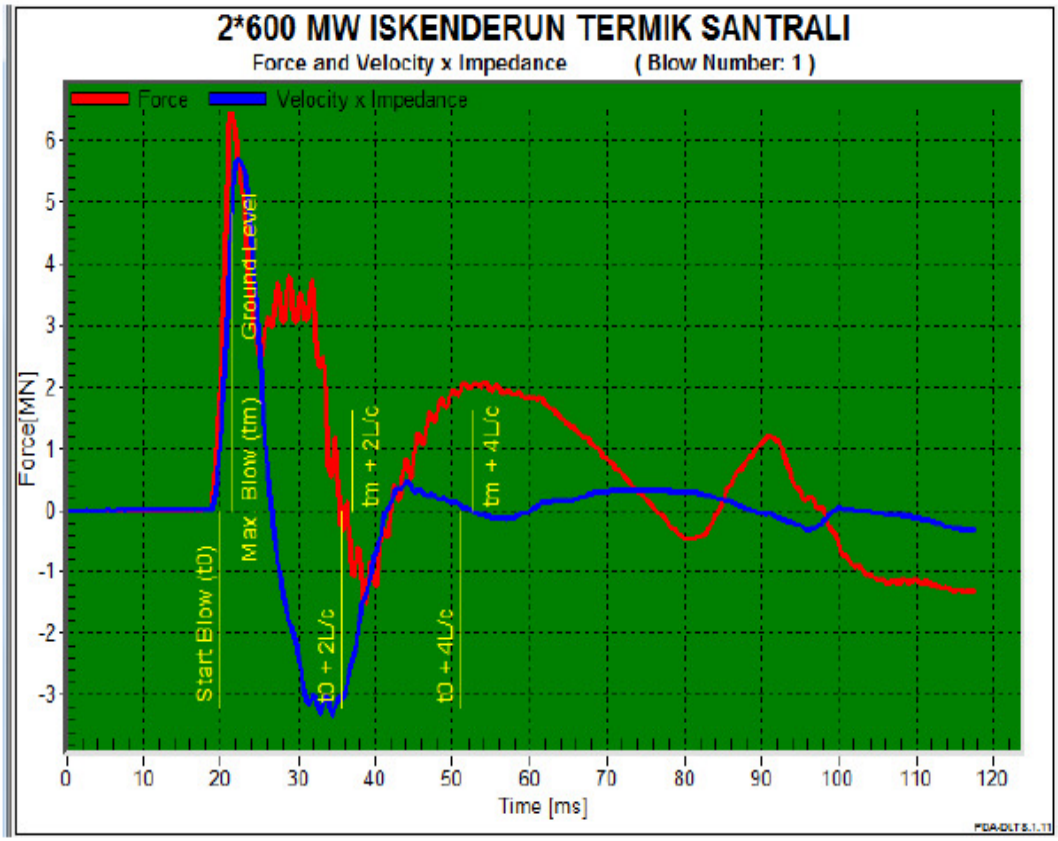


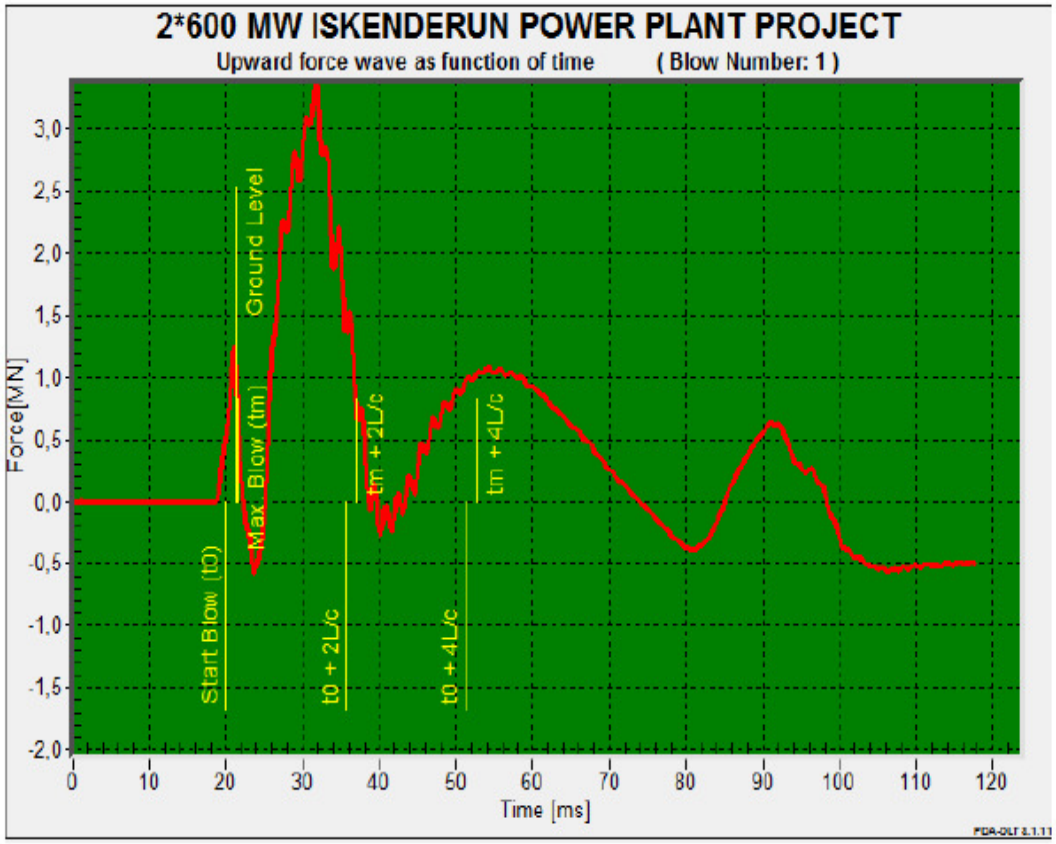
Şekil 4.24 : Kuvvet ve HızxİmpedansGrafiği&Yukarı Seyahat Dalga Grafiği (G1)





Şekil 4.25 : Kuvvet ve HızxİmpedansGrafiği&Yukarı Seyahat Eden Dalga Grafiği (G2).





Şekil 4.26 : Kuvvet ve HızxİmpedansGrafiği&Yukarı Seyahat Eden Dalga Grafiği (G3).

4.2.2.2 Sinyal Eşleştirme Sonuçları

Kazık-zemin-çekiç arasındaki etkileşim, TNOWAVE gerilme dalgası analizindeki sinyal eşleştirme yöntemi ile modellendirildi. Kazığa etki eden kuvvet kazık materyaline bağlı olarak ölçülen gerilme değerlerinden, hız verisi ise ölçülen ivme değerinin integralinden elde edilir.

Sinyal eşleştirme yöntemine göre elde edilen ölçüm grafikleri, öngörülen zemin modeline göre hesaplanan dalga grafikleriyle aynı durumda olması gerekir. Bunun için yukarı seyahat eden dalga grafiği ele alınır. Ardından ölçülen ve hesaplanan yukarı seyahat eden dalga grafikleri zemin modeli ile üzerinde oynanarak üst üste çakıştırılmaya çalışılır. Grafikler birbirine yakın duruma elle getrildikten sonra programın otomatik eşleştirme modu çalıştırılır. Bu eşleştirme iyi bir duruma gelince sinyal eşleştirme tamamlanmış olur. Bu işlemden sonra kazık materyali ve zemin modeline bağlı olarak kazık ile ilgili statik verilerin hesaplama aşamasına gelinir. Her iki kazık için aşağıda listelenen sonuçlar elde edilir;

- Kazığın impedans değeriyle çarpılmış, darbe sonucu oluşan ortalama hız ile kuvvet grafikleri (F-ZV Grafiği)
- Kazığın üst noktasındaki ölçülen hız ile zemin modelinden hız grafikleri
- Zemin modeli ile beraber ölçülen yukarı seyahat eden dalga verilerinden yukarı seyahat eden dalga grafikleri
- Model kullanılmak üzere modellenen zemin verileri
- Kazık üst noktasında oluşan kuvvet
- Kazk üst noktası ile kazık ucunda hesaplanan yük-deplasman grafikleri
- Kazığın statik taşıma gücü hesapları

P1, P2 ve P3 no'lu kazıklara ait ölçülen ve hesaplanan F-Zv grafikleri şekil C.9 (G1) C.13 (G2) ve şekil C.17 (G3)'de, yukarı seyahat eden dalganın kazık boyu ile değişimini gösteren grafik şekil C.10 (G1), C.14 (G2) ve şekil C.18 (G3)'de, hız dalgasının kazık boyu ile değişimin gösteren grafik ise şekil C.11 (G1), şekil C.15 (G2) ve şekil C.19'de görülmektedir. Bu grafiklerde görüldüğü üzere zemin modelindeki parametrelerde değişikliğe giderek ölçülen ve hesaplanan veriler üste üste çakıştırılmıştır. Eşleştirme sonunda programda TNOWAVE analizi yapılarak Ek C.1'de belirtilen sonuçlar elde edildi. Ek C.1 bölümündeki şekil C.12, şekil C.16 ve

şekil C.20'de elde edilen kazık boyu ile değişkenlik gösteren veriler şu şekilde sıralanabilir:

1- Sürtünme direnci,

2- Toplam sürtünme kuvveti,

3- Deplasman değerleri,

4- Kazık eşdeğer çapı,

5- Maksimum basınç değerleri,

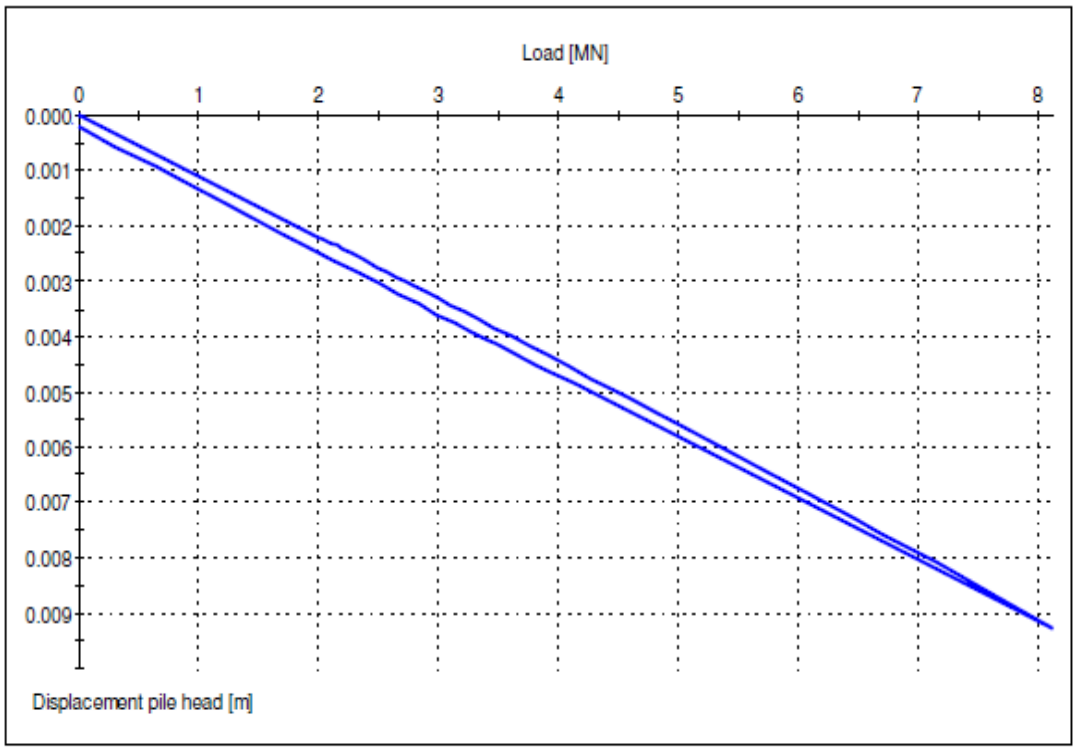
6- Maksimum çekme değerleri,

Şekil 4.27 ve şekil 4.28'de ise sinyal eşleştirme sonucunda G1 no'lu kazık başında ve kazık ucunda elde edilen yük-deplasman grafikleri verilmiştir. Grafiklerde görüldüğü gibi kazık başında 6,000 kN yük değerinde elde edilen oturma değeri 7 mm ve 8,000 kN yükte elde edilen oturma değeri ise 9 mm'dir.

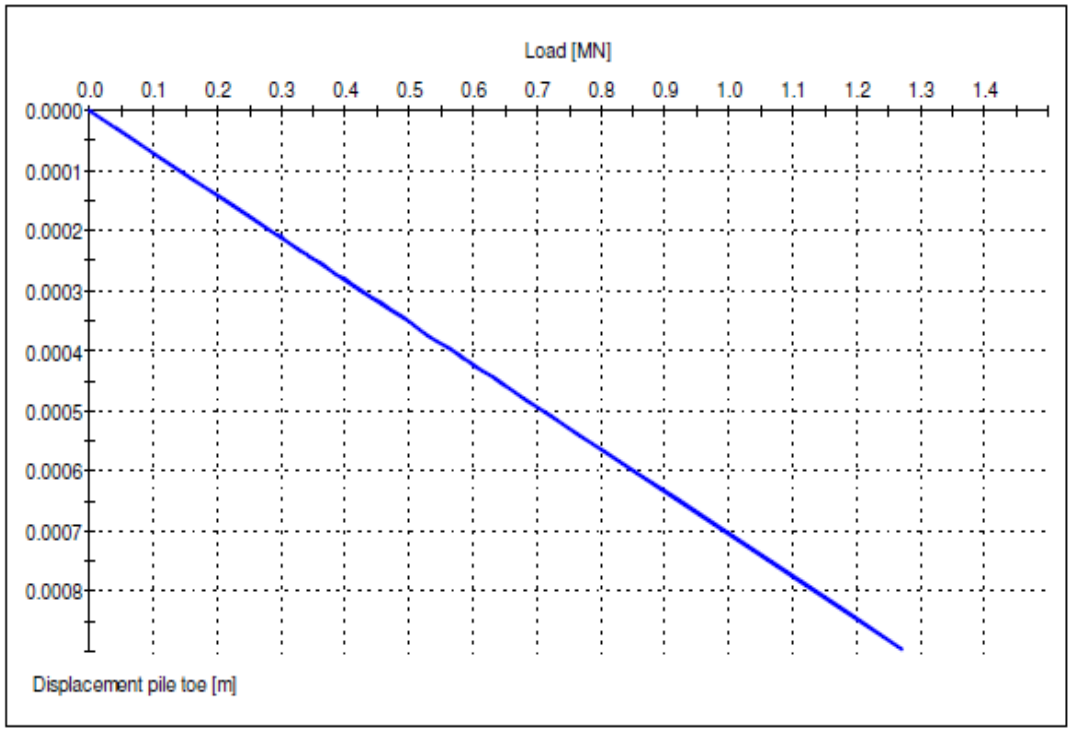
Kazık ucunda ölçülen yük değerleri kazık başındaki yük değerlerinin ortalama %15'i kadardır. Kazık başında ölçülebilen maksimum yük değeri 8,000 kN iken kazık ucunda ölçülen maksimum yük değeri 1,200 kN'dur. Bu durum aradaki yük farkının zemindeki sürtünme direnci nedeni ile meydana geldiğini göstermektedir.

Kazık başında meydana gelen toplam plastik oturma değeri ise 0.5 mm civarındadır. Kazık ucunda meydana gelen toplam plastik oturma değerine ise 0 diyebiliriz. Toplam plastik oturmaların çok düşük çıkasının sebebi deneyin statik yükleme deneyinden farklı olarak bir anlık bir zaman diliminde meydana gelmesidir.

Deneyde modellenen zemin modelleri ile analiz sonucunda hesaplanan G1 numaralı fore kazık statik taşıma gücü hesabı çizelge 4.27 ve çizelge 4.28'de gösterilmektedir. Çizelgelerde görldüğü gibi 7,268 kN sürtünme direnci ve 857 kN uç direnci elde edilmiştir. Bu durum kazık ucunda meydana gelen yük-oturma grafiklerinde görülebilmektedir. Kazık başına gelen yükün büyük bir kısmı sürtünme direnci ile sönümlendiği için kazık ucuna gelen yük değeri azalmıştır. Sonuçlarda da görüleceği üzere kazık uç direnci toplam direncin %10'u kadardır.



Şekil 4.27 : Kazık başında meydana gelen yük deplasman grafiği (G1).



Şekil 4.28 : Kazık ucunda meydana gelen yük deplasman grafiği (G1).

Çizelge 4.27 : Şaft ve uç zemin modeli girdisi (G1).

Şaft Zemin Modeli										
Zemin Model=TNO Model										
Tabaka No	Seviye	Derinlik (m)	Akma Gerilmesi (Kpa)	Uq1 (mm)	Uq2 (mm)	Akma faktörü -	Beta -	C1 (MNs/m^3)	C2 (MNs/m^3)	Alfa -
1	Üst	0.000	1.3	2.0	2.0	1.000	1.000	0.070	0.012	0.211
	Alt	-3.000	1.3	2.0	2.0	1.000	1.000	0.001	0.016	0.117
2	Üst	-3.000	4.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.001	0.018	0.145
	Alt	-13.500	5.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.001	0.032	0.491
3	Üst	-13.500	9.5	2.0	2.0	1.000	1.000	0.009	0.012	0.609
	Alt	-18.000	20.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.034	0.016	0.355
4	Üst	-18.000	30.7	2.0	2.0	1.000	1.000	0.183	0.026	0.575
	Alt	-22.500	328.6	2.0	2.0	1.000	1.000	0.064	0.030	0.180
5	Üst	-22.500	480.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.090	0.012	0.701
	Alt	-25.500	400.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.010	0.008	0.692
6	Üst	-25.500	800.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.250	0.045	0.300
	Alt	-34.500	600.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.300	0.068	0.228
Uç Zemin Modeli										
Zemin Model=TNO Model										
Tabaka No	Seviye	Derinlik (m)	Akma Gerilmesi (Mpa)	Uq1 (mm)	Uq2 (mm)	Akma faktörü -	Beta -	C1 (MNs/m^3)	C2 (MNs/m^3)	Alfa -
1	Üst	-25.500	6	3.1	3.1	0.100	1.000	1.046	0.352	0.511
	Alt	-34.500	6	3.6	3.6	0.100	1.000	1.046	0.399	0.511

Çizelge 4.28 : Statik direnç hesabı (P1).

Statik Direnç		
Tabaka No	Derinlik (m)	Statik Direnç (MN)
1	0.000	0.011
2	-3.500	0.134
3	-13.500	0.187
4	-18.000	1.937
5	-22.500	2.472
6	-25.500	2.526
7	-34.500	0.000

Sürtünme	7.268 (MN)
Uç	0.857 (MN)
Toplam	8.125 (MN)

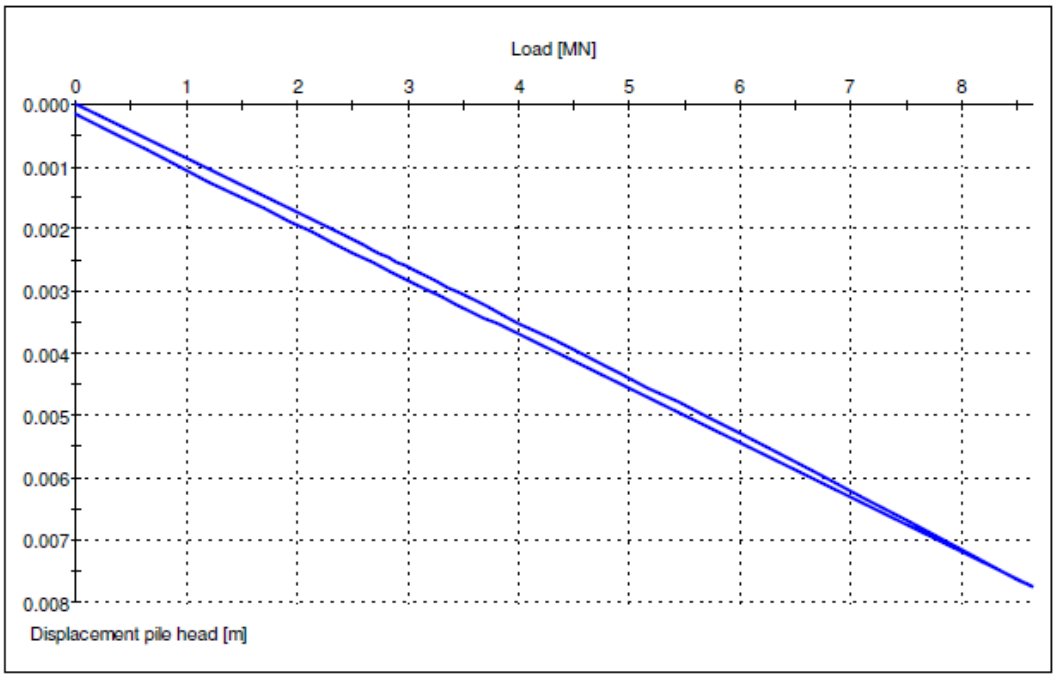
P2 numaralı fore kazığa ait sonuçlar da şekil C.16'da verilmektedir. G2 numaralı fore kazıkta yapılan dinamik deney sonucunda elde edilen yük-oturma grafikleri şekil 4.29 ve şekil 4.30'da verilmiştir. Grafiklerde görüldüğü gibi kazık başında 6,000 kN yük değerinde elde edilen oturma değeri 5.3 mm ve 8,000 kN yükte elde edilen oturma değeri ise 7.2 mm'dir.

Kazık ucunda ölçülen yük değerleri kazık başındaki yük değerlerinin ortalama %5'i kadardır. Kazık başında ölçülebilen maksimum yük değeri 8,000 kN iken kazık ucunda ölçülen maksimum yük değeri 300 kN'dur. Bu durum aradaki yük farkının zemindeki sürtünme direnci nedeni ile meydana geldiğini göstermektedir.

Kazık başında meydana gelen toplam plastik oturma değeri ise 0.5 mm civarındadır. Kazık ucunda meydana gelen toplam plastik oturma değerine ise 0 diyebiliriz. Toplam plastik oturmaların çok düşük çıkmasının sebebi deneyin statik yükleme deneyinden farklı olarak bir anlık bir zaman diliminde meydana gelmesidir.

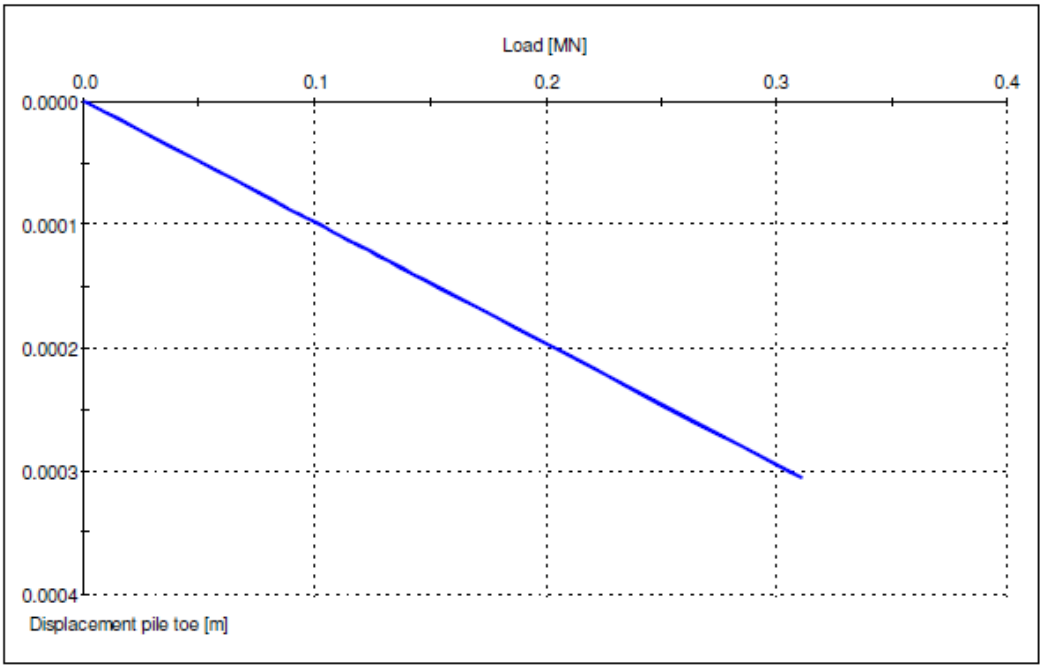
Deneyde modellenen zemin modelleri ile analiz sonucunda hesaplanan G2 numaralı fore kazık statik taşıma gücü hesabı çizelge 4.29 ve çizelge 4.30'da gösterilmektedir. Çizelgelerde görldüğü gibi 8,344 kN sürtünme direnci ve 300 kN uç direnci elde edilmiştir. Bu durum kazık ucunda meydana gelen yük-oturma grafiklerinde görülebilmektedir. Kazık başına gelen yükün büyük bir kısmı sürtünme direnci ile

sönümlendiği için kazık ucuna gelen yük değeri azalmıştır. Sonuçlarda da görüleceği üzere kazık uç direnci toplam direncin %4'ü kadardır.



(Mobilised) Static load displacement of pile head

Şekil 4.29 : Kazık başında meydana gelen yük deplasman grafiği (G2).



(Mobilised) Static load displacement of pile toe

Şekil 4.30 : Kazık ucunda meydana gelen yük deplasman grafiği (G2).

Çizelge 4.29 : Şaft ve uç zemin modeli girdisi (G2).

Şaft Zemin Modeli										
Zemin Model=TNO Model										
Tabaka No	Seviye	Derinlik [m]	Akma Gerilmesi (KPa)	Uq1 (mm)	Uq2 (mm)	Akma faktörü -	Beta -	C1 (MNs/m^3)	C2 (MNs/m^3)	Alfa -
1	Üst	0.000	3.7	2.0	2.0	1.000	1.000	0.500	0.005	0.500
	Alt	-4.000	3.4	2.0	2.0	1.000	1.000	0.010	0.005	0.500
2	Üst	-4.000	2.7	2.0	2.0	1.000	1.000	0.002	0.024	0.200
	Alt	-12.500	3.3	2.0	2.0	1.000	1.000	0.002	0.020	0.200
3	Üst	-12.500	100.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.332	0.017	1.000
	Alt	-16.500	80.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.142	0.009	1.000
4	Üst	-16.500	300.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.098	0.022	0.200
	Alt	-28.000	800.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.002	0.026	0.200
5	Üst	-28.000	500.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.008	0.058	0.200
	Alt	-37.000	577.7	2.0	2.0	1.000	1.000	0.123	0.072	0.200
Uç Zemin Modeli										
Zemin Model=TNO Model										
Tabaka No	Seviye	Derinlik (m)	Akma Gerilmesi (MPa)	Uq1 (mm)	Uq2 (mm)	Akma faktörü -	Beta -	C1 (MNs/m^3)	C2 (MNs/m^3)	Alfa -
1	Üst	-28.000	5	3.4	3.4	0.100	1.000	0.685	0.381	0.200
	Alt	-37.000	5	3.7	3.7	0.100	1.000	0.685	0.407	0.200

Çizelge 4.30 : Statik direnç hesabı (G2).

Statik Direnç		
Tabaka No	Derinlik (m)	Statik Direnç (MN)
1	0.000	0,040
2	-4.000	0,072
3	-12.500	0,924
4	-16.500	6,631
5	-28.000	0,677
6	-37.000	0,000

Sürtünme	8.344 (MN)
Uç	0.300 (MN)
Toplam	8.644 (MN)

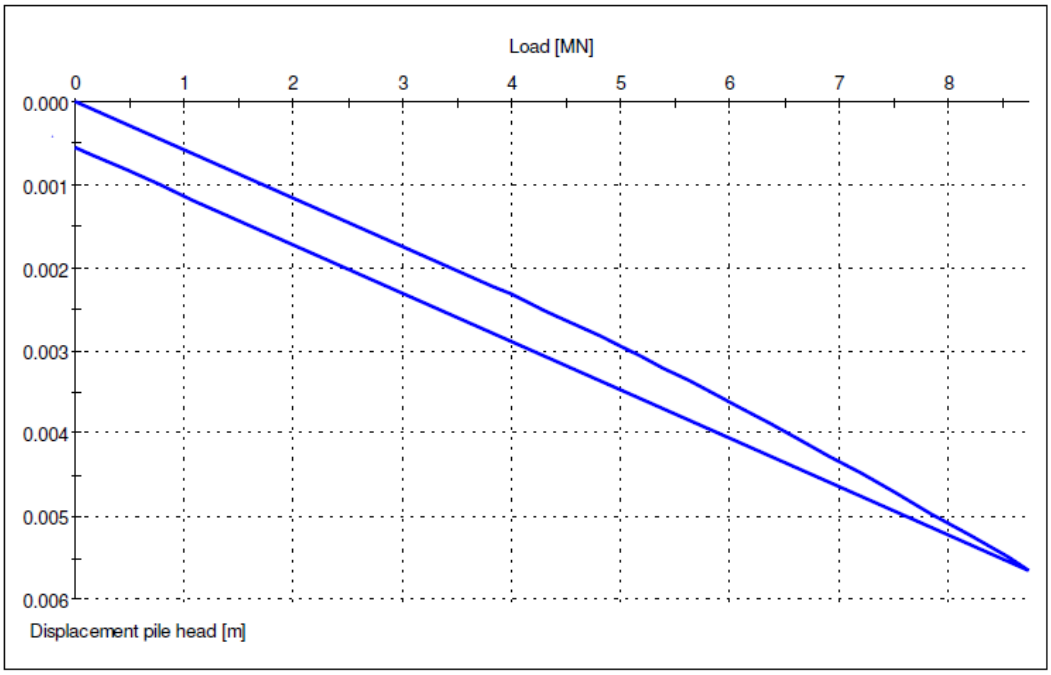
G3 numaralı fore kazığa ait sonuçlar da şekil C.20'de verilmektedir. G3 numaralı fore kazıkta yapılan dinamik deney sonucunda elde edilen yük-oturma grafikleri şekil 4.31 ve şekil 4.32'de verilmiştir. Grafiklerde görüldüğü gibi kazık başında 6,000 kN yük değerinde elde edilen oturma değeri 3.35 mm ve 8,000 kN yükte elde edilen oturma değeri ise 5.2 mm'dir.

Kazık ucunda ölçülen yük değerleri kazık başındaki yük değerlerinin ortalama %5'i kadardır. Kazık başında ölçülebilen maksimum yük değeri 8,000 kN iken kazık ucunda ölçülen maksimum yük değeri 400 kN'dur. Bu durum aradaki yük farkının zemindeki sürtünme direnci nedeni ile meydana geldiğini göstermektedir.

Kazık başında meydana gelen toplam plastik oturma değeri ise 0.5 mm civarındadır. Kazık ucunda meydana gelen toplam plastik oturma değerine ise 0 diyebiliriz. Toplam plastik oturmaların çok düşük çıkmasının sebebi deneyin statik yükleme deneyinden farklı olarak bir anlık bir zaman diliminde meydana gelmesidir.

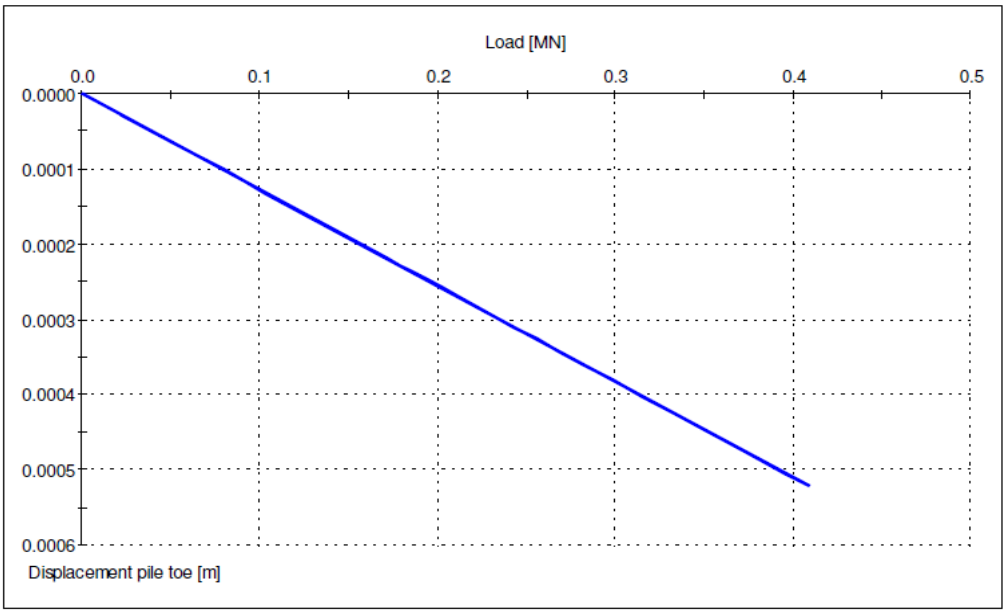
Deneyde modellenen zemin modelleri ile analiz sonucunda hesaplanan G3 numaralı fore kazık statik taşıma gücü hesabı çizelge 4.31 ve çizelge 4.32'de gösterilmektedir. Çizelgelerde görldüğü gibi 8,214 kN sürtünme direnci ve 519 kN uç direnci elde edilmiştir. Bu durum kazık ucunda meydana gelen yük-oturma grafiklerinde görülebilmektedir. Kazık başına gelen yükün büyük bir kısmı sürtünme direnci ile

sönümlendiği için kazık ucuna gelen yük değeri azalmıştır. Sonuçlarda da görüleceği üzere kazık uç direnci toplam direncin %6'sı kadardır.



(Mobilised) Static load displacement of pile head

Şekil 4.31 : Kazık başında meydana gelen yük deplasman grafiği (G3).



(Mobilised) Static load displacement of pile toe

Şekil 4.32 : Kazık ucunda meydana gelen yük deplasman grafiği (G3).

Çizelge 4.31 : Şaft ve uç zemin modeli girdisi (G3).

Şaft Zemin Modeli										
Zemin Model=TNO Model										
Tabaka No	Seviye	Derinlik [m]	Akma Gerilmesi (KPa)	Uq1 (mm)	Uq2 (mm)	Akma faktörü -	Beta -	C1 (MNs/m^3)	C2 (MNs/m^3)	Alfa -
1	Üst	0.000	21.3	2.0	2.0	1.000	1.000	0.018	0.010	0.200
	Alt	-1.500	34.9	2.0	2.0	1.000	1.000	0.038	0.022	0.200
2	Üst	-1.500	109.3	2.0	2.0	1.000	1.000	0.005	0.004	1.000
	Alt	-4.500	29.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.005	0.004	1.000
3	Üst	-4.500	39.7	2.0	2.0	1.000	1.000	0.006	0.030	0.200
	Alt	-15.000	304.9	2.0	2.0	1.000	1.000	0.129	0.028	0.200
4	Üst	-15.000	498.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.023	0.008	1.000
	Alt	-19.500	433.0	2.0	2.0	1.000	1.000	0.023	0.009	1.000
5	Üst	-19.500	76.5	2.0	2.0	1.000	1.000	0.145	0.018	0.200
	Alt	-28.500	77.1	2.0	2.0	1.000	1.000	0.151	0.020	0.200
Uç Zemin Modeli										
Zemin Model=TNO Model										
Tabaka No	Seviye	Derinlik (m)	Akma Gerilmesi (MPa)	Uq1 (mm)	Uq2 (mm)	Akma faktörü -	Beta -	C1 (MNs/m^3)	C2 (MNs/m^3)	Alfa -
1	Üst	-19.500	3	2.2	2.2	0.100	1.000	0.323	0.266	0.200
	Alt	-28.500	3	2.3	2.3	0.100	1.000	0.323	0.275	0.200

Çizelge 4.32 : Statik direnç hesabı (G3).

Statik Direnç		
Tabaka No	Derinlik (m)	Statik Direnç (MN)
1	0.000	0,040
2	-1.500	0,072
3	-4.500	0,924
4	-15.000	6,631
5	-19.500	0,677
6	-28.500	0,000

Sürtünme	8.214 (MN)
Uç	0.519 (MN)

Toplam	8.733 (MN)

Üç ayrı deney bölgelesinde imal edilen deney fore kazıklarına yapılan dinamik yükleme deneylerinden elde edilen taşıma gücü değerleri çizelge 4.33'te verilmiştir.

Çizelge 4.33 : Sinyal eşleştirme sonuçları.

Kazık No	Deney Tarihi	Sürtünme Direnci (MN)	Uç Direnci (MN)	Toplam (MN)
G1	06-04-2011	7.268	0.857	8.125
G2	29-03-2011	8.344	0.300	8.644
G3	26-03-2011	8.214	0.519	8.733

5. DEĞERLENDİRME

Üç ayrı projede yapılan statik ve dinamik yükleme deneylerine ait sonuçların karşılaştırılması ve değerlendirilmesi bu bölüm kapsamında incelenmiştir.

Statik ve dinamik yükleme deneylerinden elde edilen nihai taşıma gücü değerleri standartlarda belirtilen emniyet katsayısı değerlerine bölünerek emniyetli taşıma güçleri hesaplanmış ve bu değerler birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Projelerde yapılan birden fazla kazık yük deneylerinden farklı değerlendirme yöntemleriyle elde edilen kazık nihai taşıma gücü değerleri belirli bir emniyet katsayısına bölünerek karakteristik taşıma gücü (R_{ck}) elde edilir. TSE ENV 1997-1 Jeoteknik Tasarım-Bölüm 1- Genel Kurallar (Eurocode 7) standardında hem statik hem de dinamik yükleme deneylerinden elde edilen sonuçların deney sayıları ile ilişkili düzeltme faktörü (ξ) değerleri yer almaktadır. Bu değerler çizelge 5.1'de özetlenmiştir. Bu değeri kullanarak karakteristik taşıma gücü değeri denklem 5.1'de görüldüğü şekilde elde edilir.

$$R_{ck} = \frac{R_{cm}}{\xi} \qquad \textbf{(5.1)}$$

R_{ck} : Karakteristik taşıma gücü

R_{cm} : Deneylerden elde edilen kazık ortalama nihai taşıma gücü

ξ : Düzeltme faktörü

Çizelge 5.1 : Eurocode 7 standardındaki düzeltme faktörü değerleri.

Statik Yükleme Deneyi		Dinamik Yükleme Deneyi	
Deney Sayısı	Ortalama ξ	Deney Sayısı	Ortalama ξ
1	1.5	≥2	1.60
2	1.35	≥5	1.50
>2	1.3	≥10	1.45
		≥15	1.42
		≥20	1.40

Fore kazıkların tasarım taşıma gücü hesabında ise yukarıdaki formüle göre elde edilen karakteristik taşıma gücü değerleri emniyet katsayısına bölünür. Standartta belirtilen ortalama emniyet katsayısı değerleri çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 : Emniyet katsayısı değerleri (TSE ENV 1997-1).

Kazık Türleri	Ortalama Emniyet Katsayısı (γ_t)
Çakma Kazıklar	1.3
Sondajlı Kazıklar	1.5
Burgulu Kazıklar	1.4

$$R_{cd} = \frac{R_{ck}}{\gamma_t} \qquad \textbf{(5.2)}$$

Deneylerden elde edilen tasarım taşıma gücü (R_{cd}) denklem 5.2'de görüldüğü üzere karakteristik taşıma gücünün ortalama emniyet katsayısına (γ_t) bölünmesi ile bulunur.

TS 3167 Kazık Temellerin Hesap ve Düzenlenmesinde Genel Kurallar standardında ise sadece statik yükleme deneyinden elde edilen kazık taşıma gücü değerlerine uygulanacak emniyet katsayıları belirtilmiştir. Çizelge 5.3'te standarda göre yapılan deney sayılarına karşılık gelen emniyet katsayısı değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.3 : Emniyet katsayısıdeğerleri (TS 3167).

Statik Yükleme Deneyi	
Deney Sayısı	Emniyet katsayısı
1	2
≥2	1.75

Yukarıda belirtilen formül ve çizelgeler kullanılarak 3 ayrı proje için fore kazıkların tasarım taşıma gücü değerleri hesaplanmış ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

5.1 Libya Projesi

1 ve 2 numaralı binalarıda yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. 1 numaralı bina altında K1 no'lu kazık üzerinde yapılan statik

yükleme deneyi ile K3 no'lu kazık üzerinde yapılan dinamik yükleme deneyleri, 2 numaralı bina altındaki K2 no'lu kazık üzerinde yapılan statik yükleme deneyi ile K4 no'lu kazık üzerinde yapılan dinamik yükleme deney sonuçları birbirleriyle karşılaştırıldı.

İlk etapta elde edilen yük-oturma grafiklerinden kritik yükler altındaki değerler karşılaştırıldı. Çizelge 5.4'te görüldüğü üzere bulunan oturma değerleri birbirine yakın çıkmıştır.

Çizelge 5.4 : Statik ve dinamik yükleme deneylerinden elde edilen kritik yükler altındaki oturma değerleri.

YÜK ADIMI	**K1 (Satik Yükleme Deneyi) Toplam Oturma (mm)**	**K3 (Dinamik Yükleme Deneyi) Toplam Oturma (mm)**
3000 kN (100% DWL)	1.86	1.50
4,500 kN (100% DWL+50%SWL)	3.63	2.10
YÜK ADIMI	**K2 (Satik Yükleme Deneyi) Toplam Oturma (mm)**	**K4 (Dinamik Yükleme Deneyi) Toplam Oturma (mm)**
3000 kN (100% DWL)	1.60	1.50
4,500 kN (100% DWL+50%SWL)	2.74	2.20

Statik ve dinamik yükleme deneyi yapılan kazıklarda deney sonucunda yapılan taşıma gücü hesapları da karşılaştırıldı. Statik yükleme deneylerinden taşıma gücü hesapları genelde göçme olmadığı için Chin Kondner ve Decourt yöntemlerinden elde edilmiştir. Dinamik yükleme deneyinde ise daha önce de belirtildiği gibi TNOWAVE sinyal eşleştirme analizinden elde edilmiştir. Sonuçlar çizelge 5.5'te gösterildiği şekilde bulunmuştur. Dinamik yükleme deneylerinin anlatıldığı bölümde belirtildiği gibi K4 numaralı kazıkta uygulanan dinamik yükleme deneyi düşük enerji ile yapıldığı için diğerlerine göre kazık taşıma gücü değeri düşük çıkmıştır.

Çizelge 5.5 : Kazık nihai taşıma gücü hesapları (Statik ve dinamik yükleme deneyleri).

	Statik Yükleme Deneyi		
Kazık No	Brinch Hansen %80 (ton)	Chin Kondner (ton)	Decourt (ton)
K1	843	1111	1155
K2	-	2500	2640
	Dinamik Yükleme Deneyi		
Kazık No	Sürtünme Direnci (kN)	Uç Direnci (kN)	Toplam (kN)
K3	8785	277	9062
K4	4234	912	5146

Zemin özelliklerinden elde edilen teorik tasarım taşıma gücü hesapları çizelge 5.6'da özetlenmiştir. Çizelge 5.6'da görüldüğü gibi statik yöntemlerle elde edilen hesaplarda K1 numaralı fore kazık için tasarım taşıma gücü 250 ton olarak hesaplanmıştır. K2 numaralı kazık için ise 300 ton olarak hesaplanmıştır. Deneylerden elde edilen kazık tasarım taşıma gücü hesapları ise çizelge 5.1, çizelge 5.2 ve çizelge 5.3'te belirtilen emniyet katsayısı değerlerine göre yapılmıştır. Libya projesi kapsamında toplam 2 adet statik yükleme deneyi ve toplam 12 adet dinamik yükleme deneyi yapılmış ve bunlardan 2 tanesi birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Çeşitli yöntemlerle elde edilen nihai taşıma güçleri Çizelge 5.7'de görüldüğü üzere statik yükleme deneyleri ile elde edilen ortalama kazık nihai taşıma gücü değerleri ile dinamik yükleme deneylerinden elde edilen kazık nihai taşıma gücü değerleri TSE ENV 1997-1 standardına göre önce düzeltme faktörüne bölünerek karakteristik kazık taşıma gücü elde edilmiştir. Ardından karakteristik taşıma gücü değerleri de emniyet katsayısına bölünerek kazık tasarım taşıma güçleri bulunmuştur. Ayrıca çizelge 5.8'de yapılan statik yükleme deneylerine ait tasarım taşıma gücü değerleri TS 3167 standardına göre elde edilmiştir. TS 3167 standardında ise yapılan deney sayılarına göre emniyet katsayısı değerleri verilmiştir. Libya projesinde 2'den fazla deney yapıldığı için emniyet katsayısı olarak 1.75 değeri kullanılmıştır.

Çizelge 5.6 : Teorik kazık tasarım taşıma gücü değerleri.

Kazık No	Tasarım Taşıma Gücü (ton)
K1	250
K2	300

Çizelge 5.7 : Kazık tasarım taşıma gücü hesapları (Statik ve dinamik yükleme deneyleri).

	Statik Yükleme Deneyi				
Kazık No	Kazık Nihai Taşıma Gücü (ton)	Ortalama ξ	Karakteristik Taşıma Gücü (ton)	Emniyet Katsayısı (γ_t)	Tasarım Taşıma Gücü (ton)
K1	1050	1.35	778	1.5	519
K2	2500	1.35	1852	1.5	1235
	Dinamik Yükleme Deneyi				
Kazık No	Kazık Nihai Taşıma Gücü (ton)	Ortalama ξ	Karakteristik Taşıma Gücü (ton)	Emniyet Katsayısı (γ_t)	Tasarım Taşıma Gücü (ton)
K3	906	1.45	625	1.5	417
K4	514	1.45	354	1.5	236

Çizelge 5.8 : Kazık tasarım taşıma gücü hesapları (Statik yükleme deneyleri).

	Statik Yükleme Deneyi		
Kazık No	Kazık Nihai Taşıma Gücü (ton)	Emniyet Katsayısı (γ_t)	Tasarım Taşıma Gücü (ton)
K1	1050	1.75	600
K2	2500	1.75	1428

Elde edilen emniyetli taşıma gücü değerlerine göre 800mm çaplı ve 20m boyunda imal edilen fore kazıklar 300 ton değerindeki tasarım yükünü emniyetli bir şekilde taşırlar.

5.2 İskenderun Projesi

İskenderun Projesi kapsamında yapılan statik yükleme ve dinamik yükleme deneylerinden elde edilen kritik yükler altındaki oturma değerlerinin karşılaştırılması çizelge 5.9'da verilmiştir. Bu değerlere göre tasarım yükünden elde edilen oturma değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Deney yükü tasarım yükünün 2 katına ve daha fazla bir değere çıktığında oturma değerleri arasındaki fark artmaktadır. Bu sonuçlara göre dinamik yükleme deneyini hesaplanan tasarım taşıma gücü değerinin 2 katından fazla yük için uygulamak güvenilir değildir. Dinamik yükleme deneyleri proje kazıkları için ideal bir deneydir. Statik yükleme deneyini ise kazık göçme deneylerinde uygulamak bize daha güvenilir sonuçlar verir.

Çizelge 5.9 : Statik ve dinamik yükleme deneylerinden elde edilen kritik yükler altındaki oturma değerleri.

YÜK ADIMI	**P1 (Satik Yükleme Deneyi) Toplam Oturma (mm)**	**P1 (Dinamik Yükleme Deneyi) Toplam Oturma (mm)**
3000 kN (100% DWL)	3.03	3.20
6,000 kN (100% DWL+100%SWL)	10.66	6.90
YÜK ADIMI	**P2 (Satik Yükleme Deneyi) Toplam Oturma (mm)**	**P2 (Dinamik Yükleme Deneyi) Toplam Oturma (mm)**
3000 kN (100% DWL)	2.76	2.60
6,000 kN (100% DWL+100%SWL)	8.82	5.50
YÜK ADIMI	**P3 (Satik Yükleme Deneyi) Toplam Oturma (mm)**	**P3 (Dinamik Yükleme Deneyi) Toplam Oturma (mm)**
3000 kN (100% DWL)	2.38	1.80
6,000 kN (100% DWL+100%SWL)	8.22	4.00

İskenderun Projesi kapsamında yapılan statik yükleme ve dinamik yükleme deneylerinden elde edilen taşıma gücü hesapları da karşılaştırıldı. Göçmenin gerçekleştiği P1, P2 ve P4 numaralı fore kazıklarda göçmenin gerçekleşmediği P3 numaralı kazığa göre daha çok yöntem ile taşıma gücü hesabı yapılabilmiştir. Statik ve dinamik yükleme deneylerinden elde edilen sonuçların karşılaştırılması çizelge 5.10'da verilmiştir.

Zemin özelliklerinden elde edilen teorik tasarım taşıma gücü hesapları çizelge 5.11'de özetlenmiştir. Deneylerden elde edilen kazık tasarım taşıma gücü hesapları ise çizelge 5.1, çizelge 5.2 ve çizelge 5.3'te belirtilen emniyet katsayısı değerlerine göre yapılmıştır.

Çizelge 5.10 : Kazık taşıma gücü hesapları (Statik ve dinamik yükleme deneyleri).

	Statik Yükleme Deneyi					
Kazık No	Brinch Hansen %80 (ton)	Chin Kondner (ton)	Decourt (ton)	Davisson (ton)	De Beer (ton)	Mazurkiewicz (ton)
P1	833	1000	1029	867	750	844
P2	1092	1250	1248	1055	900	1157
P3		1428	1257	-	-	1334
P4	923	1250	1323	1122	975	

	Dinamik Yükleme Deneyi		
Kazık No	Sürtünme Direnci (kN)	Uç Direnci (kN)	Toplam (kN)
G1	8214	519	8733
G2	8344	300	8644
G3	7268	857	8125

Zemin özelliklerinden elde edilen teorik tasarım taşıma gücü hesapları çizelge 5.11'de özetlenmiştir. Çizelge 5.11'de görüldüğü gibi statik yöntemlerle elde edilen hesaplarda P1, P2, P3 ve P4 numaralı fore kazıklar için tasarım taşıma güçleri sırasıyla 160, 200, 210 ve 250 ton olarak hesaplanmıştır. Statik yükleme deneyinde elde edilen İskenderun projesi kapsamında toplam 4 adet statik yükleme deneyi ve toplam 3 adet dinamik yükleme deneyi yapılmıştır. Statik ve dinamik yükleme deneylerinden elde edilen kazık tasarım taşıma gücü değerleri çizelge 5.12'de hesaplanmıştır. Çizelge 5.3'te belirtilen TS 3167 standardındaki emniyet katsayısı değerleri kullanılarak elde edilen tasarım taşıma gücü değerleri Çizelge 5.13'te verilmiştir. P1 numaralı kazıkta 830 tonda, P2 numaralı kazıkta 1125 ton yük verildikten sonra ve P4 numaralı kazıkta ise 1050 ton değerindeki yükten sonra göçme gözlemlendiği için Chin Kondner ve Decourt yöntemleri ile hesaplanan değerler güven vermemektedir. Bu yüzden bu değerler dikkate alınmamıştır. Tasarım taşıma güçleri elde edilen en küçük değer baz alınarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.11 : Teorik kazık tasarım taşıma gücü değerleri

Kazık No	Tasarım Taşıma Gücü (ton)
P1	160
P2	200
P3	210
P4	250

Çizelge 5.12 : Kazık tasarım taşıma gücü hesapları (Statik ve dinamik yükleme deneyleri).

	Statik Yükleme Deneyi				
Kazık No	Kazık Nihai Taşıma Gücü (ton)	Ortalama ξ	Karakteristik Taşıma Gücü (ton)	Emniyet Katsayısı (γ_t)	Tasarım Taşıma Gücü (ton)
P1	833	1.30	641	1.5	427
P2	900	1.30	692	1.5	461
P3	1257	1.30	967	1.5	645
P4	923	1.30	710	1.5	473
	Dinamik Yükleme Deneyi				
Kazık No	Kazık Nihai Taşıma Gücü (ton)	Ortalama ξ	Karakteristik Taşıma Gücü (ton)	Emniyet Katsayısı (γ_t)	Tasarım Taşıma Gücü (ton)
G1	873	1.60	546	1.5	364
G2	864	1.60	540	1.5	360
G3	812	1.60	508	1.5	338

Çizelge 5.13 : Kazık tasarım taşıma gücü hesapları (Statik Yükleme Deneyleri).

	Statik Yükleme Deneyi		
Kazık No	Kazık Nihai Taşıma Gücü (ton)	Emniyet Katsayısı (γ_t)	Tasarım Taşıma Gücü (ton)
P1	833	1.75	476
P2	900	1.75	514
P3	1257	1.75	718
P4	923	1.75	527

Elde edilen emniyetli taşıma gücü değerlerine göre 800mm çaplı ve 30-45m arasında değişen boylarda imal edilen fore kazıklar 300 ton değerindeki tasarım yükünü emniyetli bir şekilde taşırlar.

5.3 Ambarlı Projesi

Ambarlı Projesi kapsamında 2 adet statik yükleme deneyi yapılmıştır. Statik yükleme deneyi sonunda her iki kazık için taşıma gücü değerleri hesaplanmıştır.

Proje kapsamında yapılan statik yükleme deneylerinden elde edilen taşıma gücü hesapları çizelge 5.14'te özetlenmiştir.

Zemin özelliklerinden elde edilen teorik tasarım taşıma gücü hesapları çizelge 5.15'te özetlenmiştir. Deneylerden elde edilen nihai taşıma gücü değerleri yapılan 2

deney sayısı için çizelge 5.1 ve 5.2'de belirtilen emniyet katsayılarına bölünerek çizelge 5.16'da verilen değerler elde edilmiştir.

Çizelge 5.14 : Kazık nihai taşıma gücü hesapları (Statik Yükleme Deneyleri).

	Deney Yöntemleri		
Kazık No	Mazurkiewicz (ton)	Chin Kondner (ton)	Decourt (ton)
T1	876	1111	1132
T2	965	1250	1311

Çizelge 5.15 : Teorik kazık tasarım taşıma gücü değerleri.

Kazık No	Tasarım Taşıma Gücü (ton)
T1	300
T2	300

Çizelge 5.16 : Kazık tasarım taşıma gücü hesapları (Statik yükleme deneyleri).

	Statik Yükleme Deneyi				
Kazık No	Kazık Nihai Taşıma Gücü (ton)	Ortalama ξ	Karakteristik Taşıma Gücü (ton)	Emniyet Katsayısı (γ_t)	Tasarım Taşıma Gücü (ton)
T1	876	1.35	649	1.5	432
T2	965	1.35	715	1.5	477

Çizelge 5.3'te belirtilen TS 3167 standardındaki emniyet katsayısı değerleri kullanılarak elde edilen tasarım taşıma gücü değerleri Çizelge 5.17'de verilmiştir.

Çizelge 5.17 : Kazık tasarım taşıma gücü hesapları (Statik yükleme deneyleri).

	Statik Yükleme Deneyi		
Kazık No	Kazık Nihai Taşıma Gücü (ton)	Emniyet Katsayısı (γ_t)	Tasarım Taşıma Gücü (ton)
T1	876	1.75	500
T2	965	1.75	552

Elde edilen emniyetli taşıma gücü değerlerine göre 1000mm çaplı ve 30m boyunda imal edilen fore kazıklar 300 ton değerindeki tasarım yükünü emniyetli bir şekilde taşırlar.

6. SONUÇ

1- Libya ve İskenderun projelerinde yapılan statik ve dinamik yükleme deneylerinden birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Oturma değerleri açısından bakıldığında çizelge 5.4 ve çizelge 5.9'da görüldüğü gibi değerler tasarım yükünde ve bu yükün 2 katı civarında sonuçlar birbirine yakınken yük fazlalaştıkça sonuçlar da birbirine uzaklaşmaktadır. Dinamik yükleme deneyinde yük arttıkça oturma değerleri statik yükleme deneyine göre azalmaktadır. Buna göre dinamik yükleme deneyinin uygulaması çalışan kazıklar için daha uygundur. Statik yükleme deneyinde çeşitli yöntemlerle elde edilen taşıma gücü değerleri de genel itibariyle birbirine yakın değerler çıkmıştır.

2- Statik yükleme deneyinde taşıma gücü değerleri çeşitli yöntemlerle elde edilmiştir. Ambarlı, İskenderun ve Libya projelerinde görüldüğü üzere farklı yöntemlerle elde edilen nihai taşıma gücü değerleri arasında fazla fark görülmemiştir. Göçme durumunun gerçekleştiği İskenderun Projesindeki P1-P2 ve P4 numaralı fore kazıklarda Chin Kondner ve Decourt yöntemlerinden elde edilen değerler göçme yükünden yüksek çıktığı için tasarım taşıma gücü hesaplarına dahil edilmemiştir.

3- Her üç projede için de kazık tasarım taşıma güçleri statik yöntemlerle elde edilmiştir. Elde edilen değerlere göre tasarım taşıma gücü 3000 kN olarak belirlenmiştir. Statik ve dinamik yükleme deneylerinden elde edilen emniyetli taşıma gücü değerlerine göre imal edilen fore kazıklar tasarım yükünü güvenli bir şekilde taşımaktadır.

4- Dinamik yükleme deneyinde statik yükleme deneyine göre daha çeşitli sonuçlar elde edebiliyoruz. Dinamik yükleme deneyinde CAPWAP analizi ile sürtünme ve uç dirançleri birbirinden ayrılırken kazık boyunca fore kazık yüzey sürtünme direnci elde edilebiliyor.

5- Dinamik yükleme deneyi statik yükleme deneyine göre daha ekonomik bir deneydir çünkü bu deneyde reaksiyon kazıklarına ihtiyaç duyulmaz. Yüksek tonajlı deneylerde dinamik yükleme deneyinin tercih edilmesi ekonomik açıdan daha uygundur. 1000 ton ve üzerinde yük uygulanan deneylerde statik yükleme deneyinin yapılabilmesi için 4 ve daha fazla reaksiyon kazığının imalatı gerekebilir. Bunun sonucunda hem para hem de zaman kaybı yaşanır. Bir diğer yandan proje yükünün 2 katından büyük olacak deneylerde güvenilirlik açısından statik yükleme deneyini uygulamak daha uygundur. Çünkü 1. paragrafta belirtildiği üzere tasarım yükünden uzaklaştıkça elde edilen değerler arasındaki fark açılmaktadır.

6- Güvenilirlik açısından ise statik yükleme deneyi, dinamik yükleme deneyine göre daha avantajlıdır. Statik yükleme deneyinde fore kazık oturma değerleri mekanik olarak ölçülürken dinamik yükleme deneyinde ise bu değer kuvvet dalgasından ölçülen hız ve ivme değerlerinin integralinden elde edilmektedir. Ayrıca bu durum 5. bölümde belirtilen Eurocode 7 standardındaki emniyet katsayısı değerlerine bakılarak da anlaşılabilmektedir. Dinamik yükleme deneyi sonuçlarında kullanılan emniyet katsayısı değerleri statik yükleme deneyinde kullanılan değerlere göre daha büyüktür.

7- Dinamik yükleme deneyinden doğru sonuçların elde edilmesi ancak işinde uzman bir ekiple mümkündür. Tecrübeli bir ekiple elde edilen dalga verilerinin eşleştirilmesi daha pratik ve daha güvenilir olacaktır. Statik yükleme deneyinin uygulaması ise dinamik yükleme deneyine göre daha az tecrübe ile yapılabilir. Yorumlama ve raporlanması ise yine tecrübeli insanlar tarafından yapılmalıdır. Statik yükleme deneyinin raporlama aşaması dinamik yükleme deneyine göre daha kolaydır. Dinamik yükleme deneyinde saha verilerini büroda düzenlemesi daha zordur. Çünkü doğru sonuçların eldesi için zemin verilerinin doğru bir şekilde girilmesi gerekir. Bu da ayrıntılı bir zemin raporu ve tecrübe gerektirir.

8- Dinamik yükleme deneyinin daha ucuz olması ve çeşitli sonuçlar elde edilebilmesinden ötürü yapılan temel altı fore kazık projelerinde statik yükleme deneyleri ile beraber uygulanabilir. Şartnamelere göre yapılacak statik yükleme deney sayılarını azaltmak amacıyla bazı statik yükleme deneyleri yerine dinamik yükleme deneyleri yapılarak hem ekonomik açıdan

fayda sağlamış oluruz hem de elde edilen çeşitli sonuçlarla hesapladığımız sürtünme ve uç dirençlerini kontrol etmiş oluruz.

KAYNAKLAR

Abdelrahman, G.E., Shaarawi, E.M., Abouzaid, K.S. (2003). Interpretation of axial pile load test results for continous flight auger piles, emerging technologies in structural engineering, Proc. of the 9th Arab Structural Engineering Conf., Nov. 29 – Dec. 1, 2003, Abu Dhabi, UAE.

ASTM D1143-07, (2007). Standard test methods for deep foundations under static axial compressive load, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

ASTM D4945-08 (2008). Standard test methods for high strain dynamic testing of piles, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

Berezantsev, V.G. ve Diğerleri (1961). Load bearing capacity and deformation of piled foundations, *Proceedings of the 5th International Conference,* ISSMFE, Vol.2, pp. 11-12, Paris.

Birand, A.A. (2007). Kazıklı Temeller, *Teknik Yayınevi,* Ankara.

Bowles, J.E. (1997). Foundation analysis and Design, *5th International Edition,* McGraw-Hill, Singapore.

Broms, B. (1981). Precast piling practice, Thomas Telford Ltd, London.

Budhu, M. (2007). Foundation engineering Volume 1 Soil Properties – Foundation Design and Construction, Pile Foundations. and Design, *5th International Edition.*

Bustamante, M. (1982). Foundation engineering Volume 1 Soil Properties – Foundation Design and Construction, Pile Foundations. and Design, *5th International Edition,* McGraw-Hill, Singapore.

Chellis, R. D., (1961). Pile Foundations, McGraw Hill, New York.

Chin, F. K., (1970). Estimation of the Ultimate Load of Pile Not Carried to Failure, *Proceedings of 2nd Southeast Asian Conference on Soil Engineering,* Singapore (Sf. 81-90).

Coduto, D. P., (2001). Foundation Design: Princples and Practices, *2nd Edition, Prentice Hall Inc.*, Upper Saddle River, New Jersey.

Davisson, M. T. (1972). High capacity piles, *Proceedings of Lecture Series on Innovations in Foundation Construction*, American Society of Civil Engineers, ASCE, Illinois Section, Chicago, March 22, (Sf. 81-112).

Decourt, L. (1999). Behaviour of foundations under working load conditions, Proceedings of the 11th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Foz DoIguassu, Brazil, August 1999, Vol. 4, (Sf. 453-488).

Düzceer, R. (2002). Kazık yükleme deneyleri ile nihai kazık taşıma kapasitesinin belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma, *İTÜ Doktora Tezi*, İstanbul.

Fellenius, B. H. (1975). Test Loading of Piles and New Proof Testing Procedure, ASCE *Journal of the Geotechnical Engineering Division* Vol. 101. No. GT9, (Sf. 855-869).

Fleming, W. G. K. (2008). Piling engineering, 3rd Edition, Taylor & Francis, London.

Fellenius, B. H. (2009). Basics of Foundation Design, ASCE *Electronic Edition,* November 2009, http://www.fellenius.net.

Goble, G.G., Likins, G.E. ve Rausche, F. (1975). Bearing capacity of piles from dynamic measurement - Final Report, *Case Western Reserve Üniversitesi,* Cleveland, Ohio.

Goldemberg, H., Goldemberg, J.J. (2000). Correlation between DLT and SLT, case histories, *Proceedings of the GeoEng conference*, Melbourne.

Hanigan, P. (1990). Dynamic monitoring and analysis of pile foundations installations, *A Continuing Education Shourt Course Text*, Deep Foundation Instıtute.

Hansen, J. B. (1963). Discussion on hyperbolic stress-strain response. Cohesive soils. American Society of Civil Engineers, ASCE, *Journal for Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Vol. 89, SM4, (Sf. 241 - 242).

Meyerhof, G. G. (1956). Penetration tests and bearing capacity of cohesionless soils, ASCE, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division* Vol. 82. No. SM1.

Meyerhof, G. G. (1976). Bearing capacity and settlement of pile foundations, ASCE, *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, Vol. 102. No. GT3, Mart, (Sf. 197-228).

Poulos, H.G. (1989). Pile behaviour – Theory and Application, *Geotechnique*, No.39 (Sf. 365-415).

Rao, K. (1976). Foundation design : theory and practice, Hoboken, N.J., Wiley.

Rausche, F., Mosses, F. ve Goble, G. (1972). Soil resistance predictions from pile dynamics, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division,* ASCE, Vol.98, No. SM9, Pro. Paper 9220, (Sf. 917-937).

Rausche, F., Goble, G. and Likins, G. (1985). Dynamic determination of pile capacity., *Journal of Geotechnical Engineering,* ASCE, Vol.111, No. 3, (Sf. 367-383).

Schmertmann, J.H. (1978). Guideliness for cone penetration test, performance and design, Report No. FHWA-TS-78-209, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.

Sliwinski Z.J. and Fleming W.G.K. (1983). The integrity and performance of bored piles, roc. of Int'l Conference on Advances in Piling and Ground Treatment for Foundation, ICE, Mar 83, London, (Sf. 211-223.)

Tomlinson, M. J. (2004). Pile design and construction practice, *E&FN Spon,* London.

Toğrol, E., Tan, A.O. (2009). Kazıklı temeller, *Birsen Yayınevi,* İstanbul.

TS ENV 1997-1, (2000). Jeoteknik Tasarım – Bölüm 1: Genel Kurallar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 3167, (1978). Kazık Temellerin Hesap ve Düzenlenmesinde Genel Kurallar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Vesic, A. S. (1977). Design of pile foundations, NCHRP Synthesis 42, *Transportation Research Board*, Washington D.C.

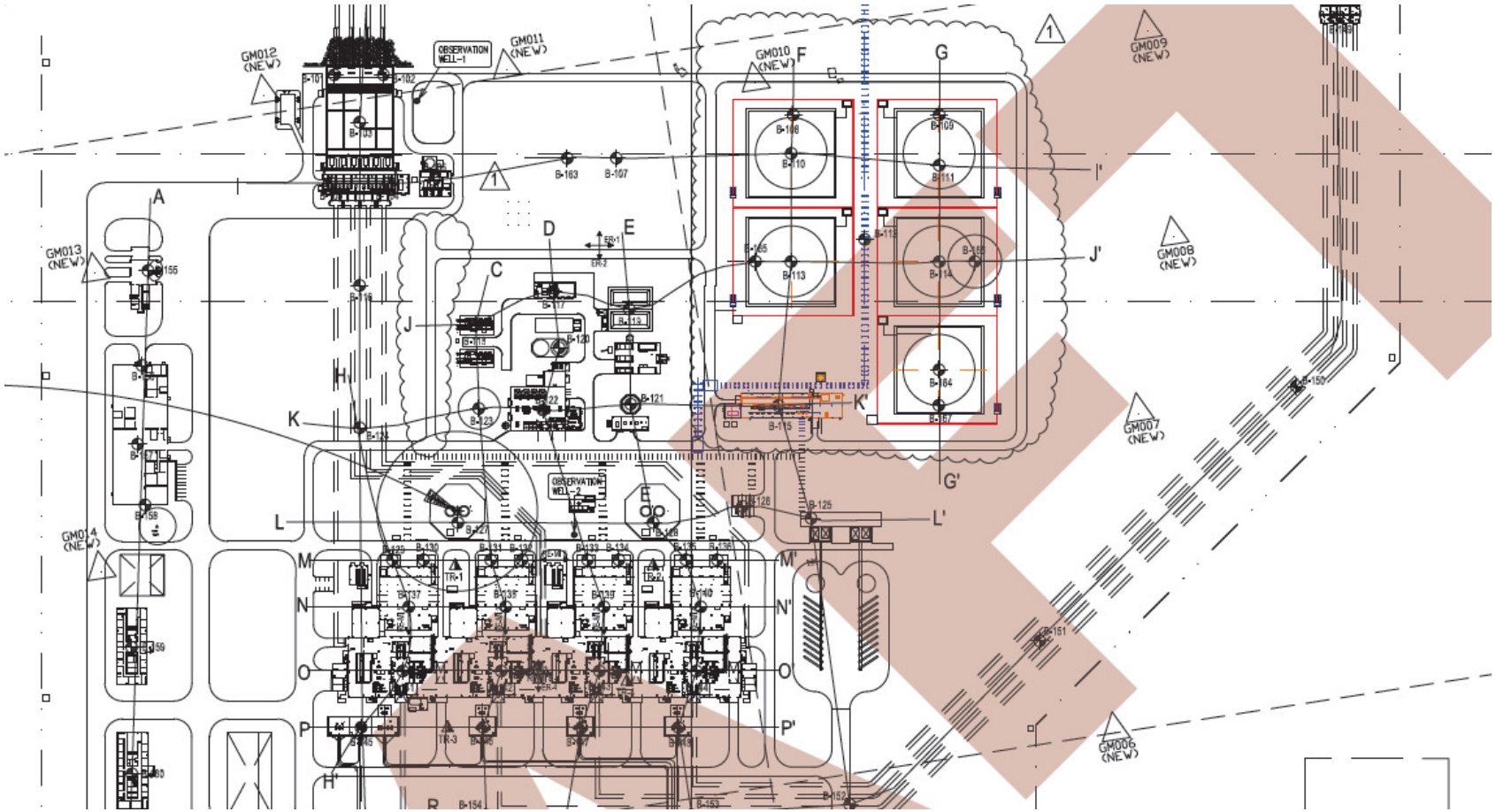
EKLER

EK A.1 : Sondaj Logları

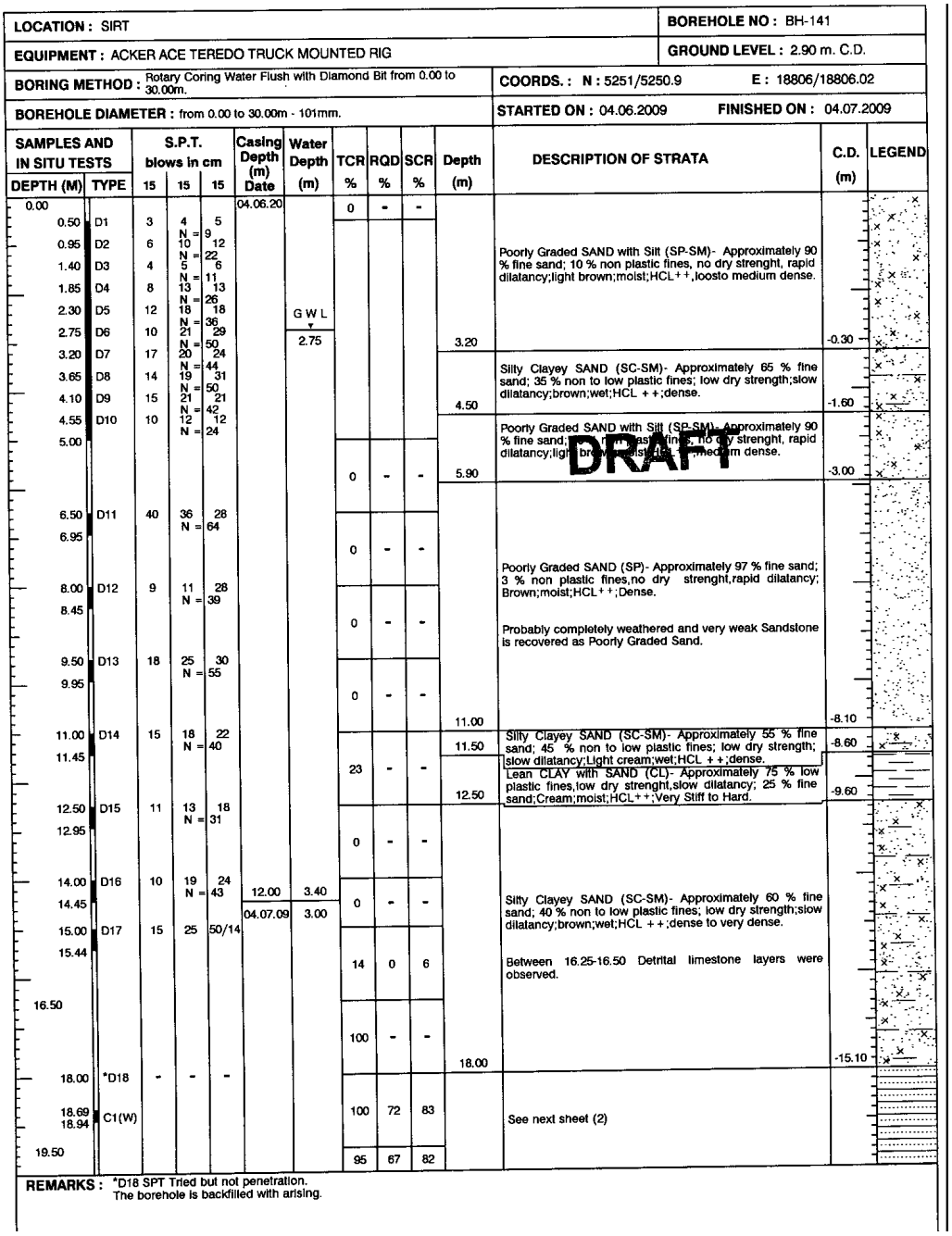
EK B.1 : Statik Yükleme Deney Sonuçları

EK C.1 : Dinamik Yükleme Deney Sonuçları

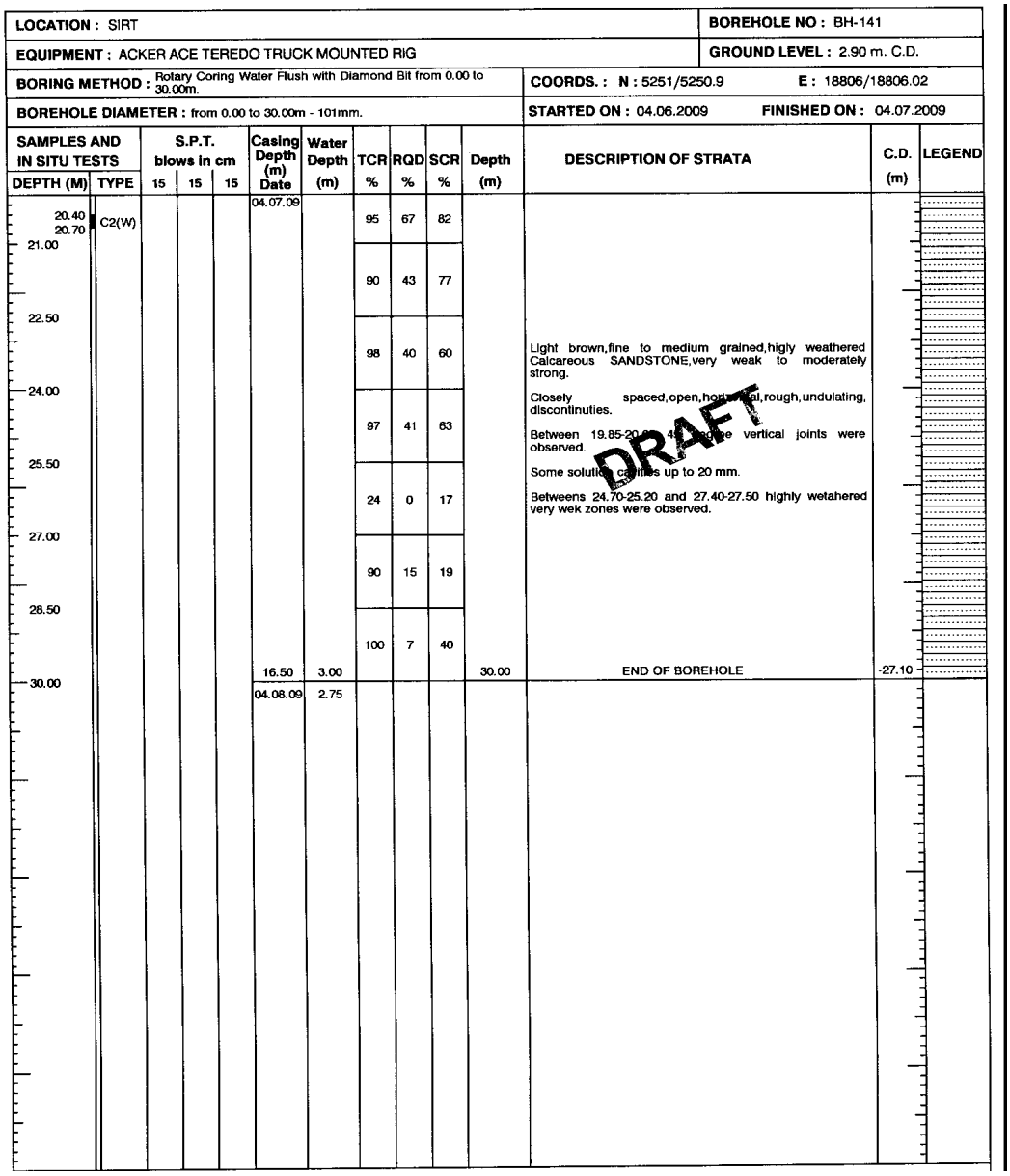
EK A.1



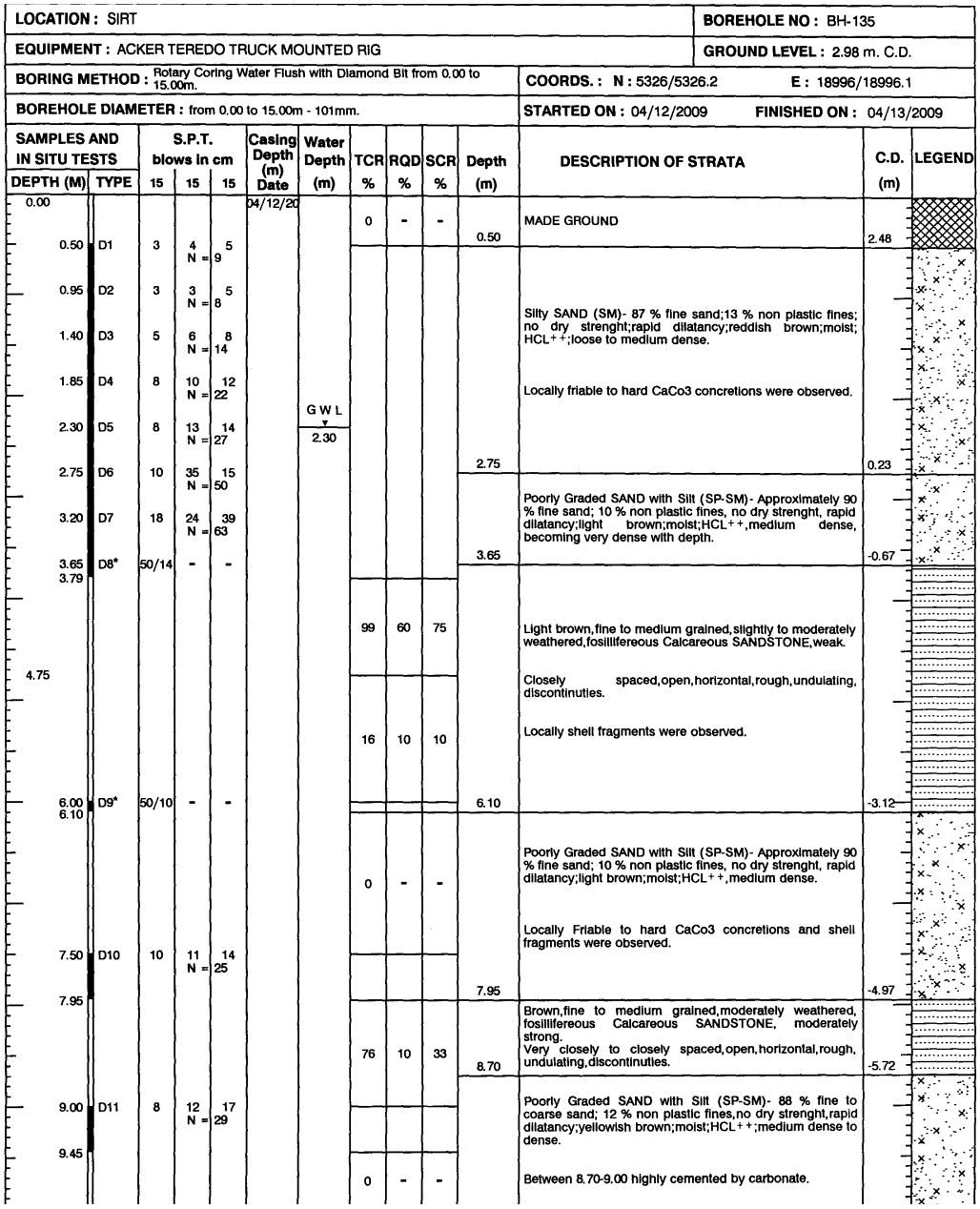
Şekil A.1 : Sondaj Yerleşim Planı (Libya Projesi)



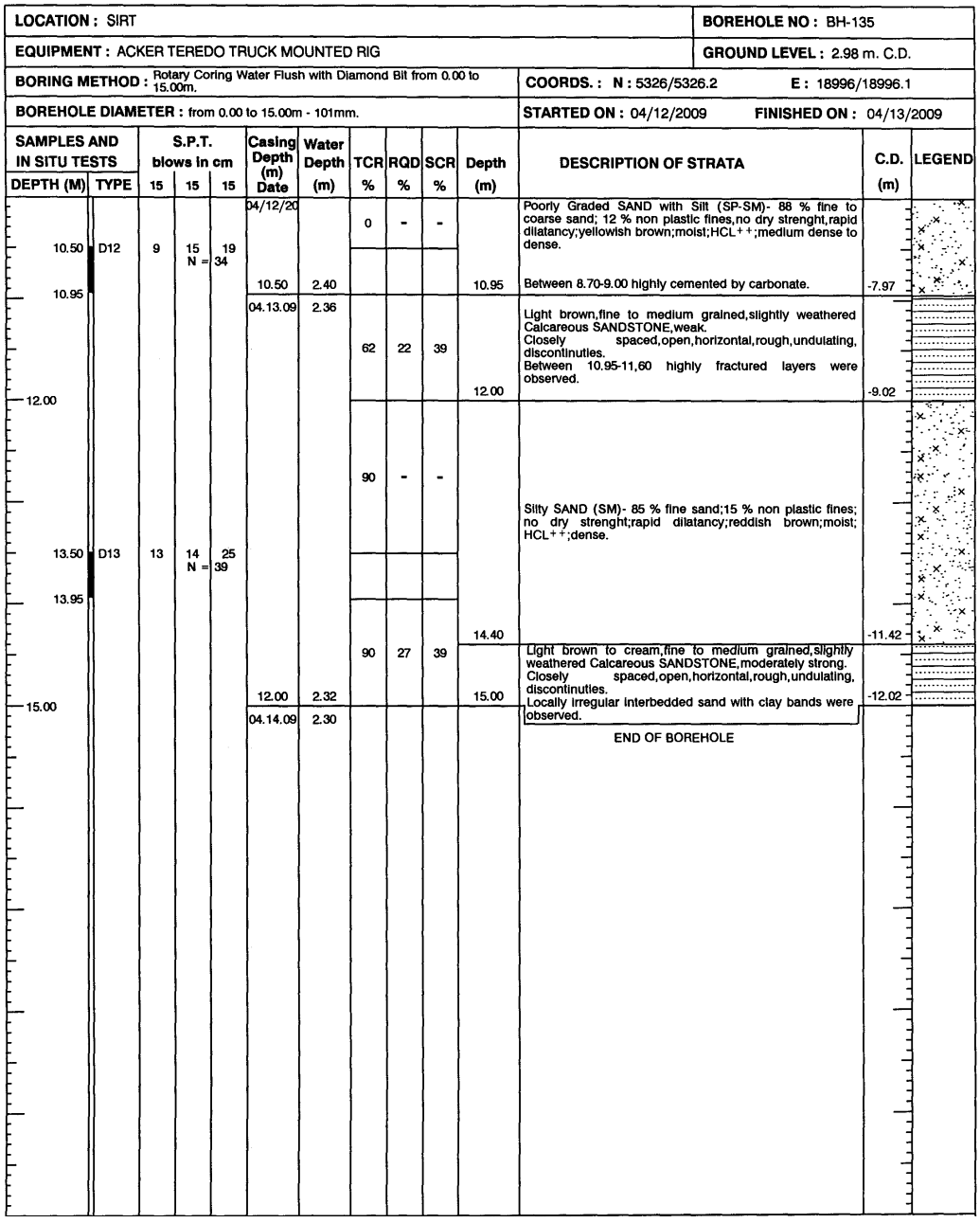
Şekil A.2 : BH-141 Sondaj Logu (K1, K3)



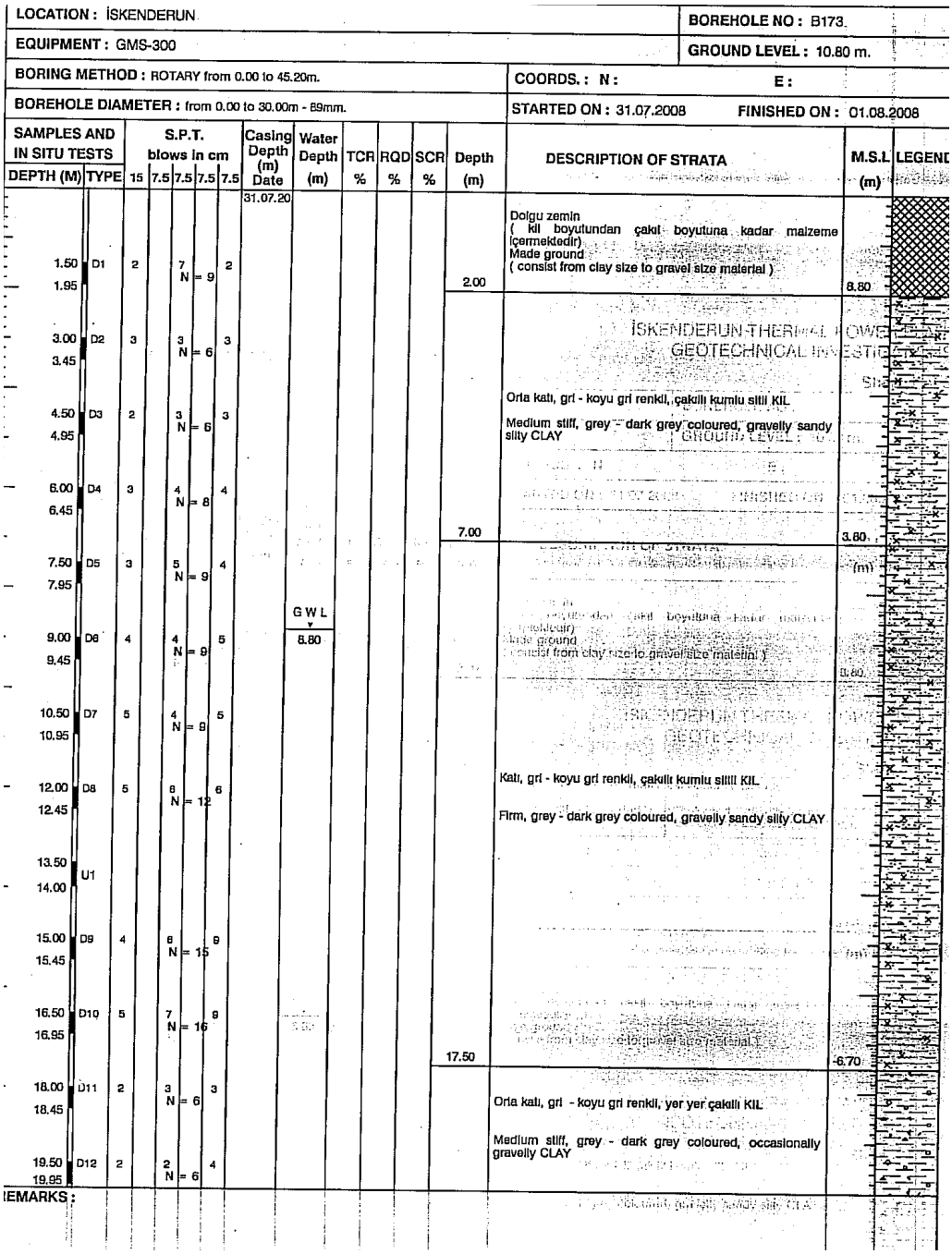
Şekil A.2 (devam): BH-141 Sondaj Logu (K1, K3)



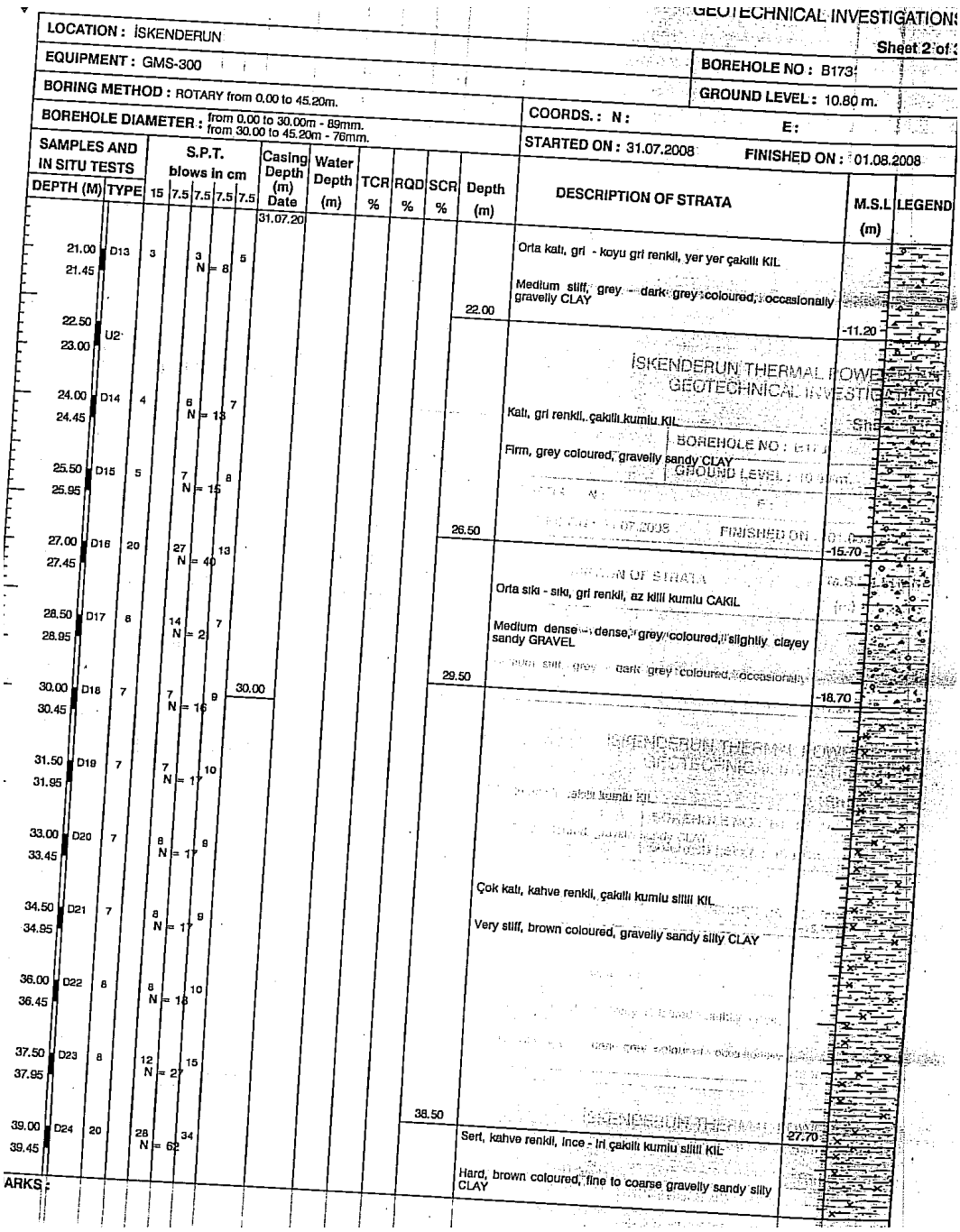
Şekil A.3 : Sondaj Logu (K2, K4)



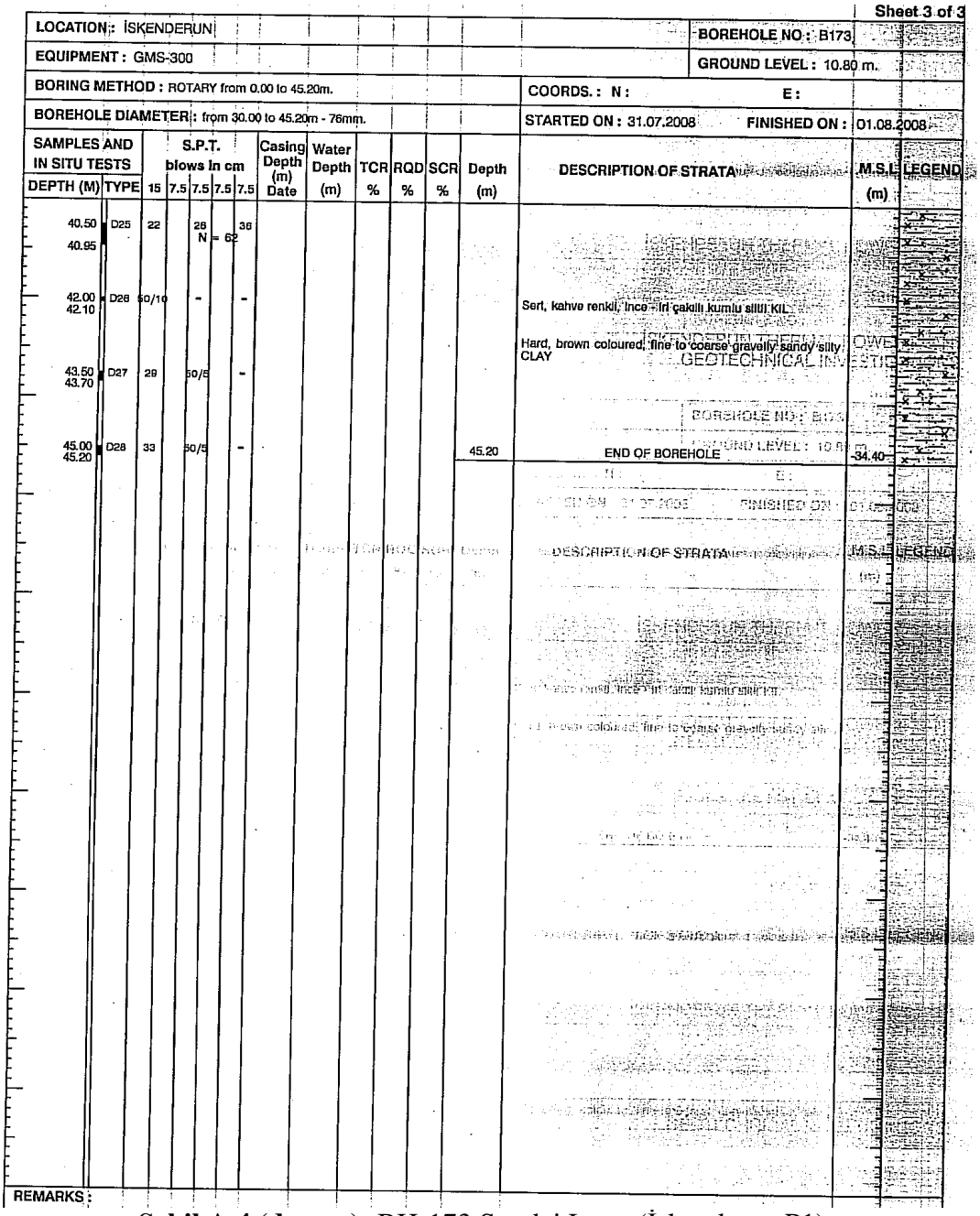
Şekil A.3 (devam): BH-135 Sondaj Logu (K2, K4)



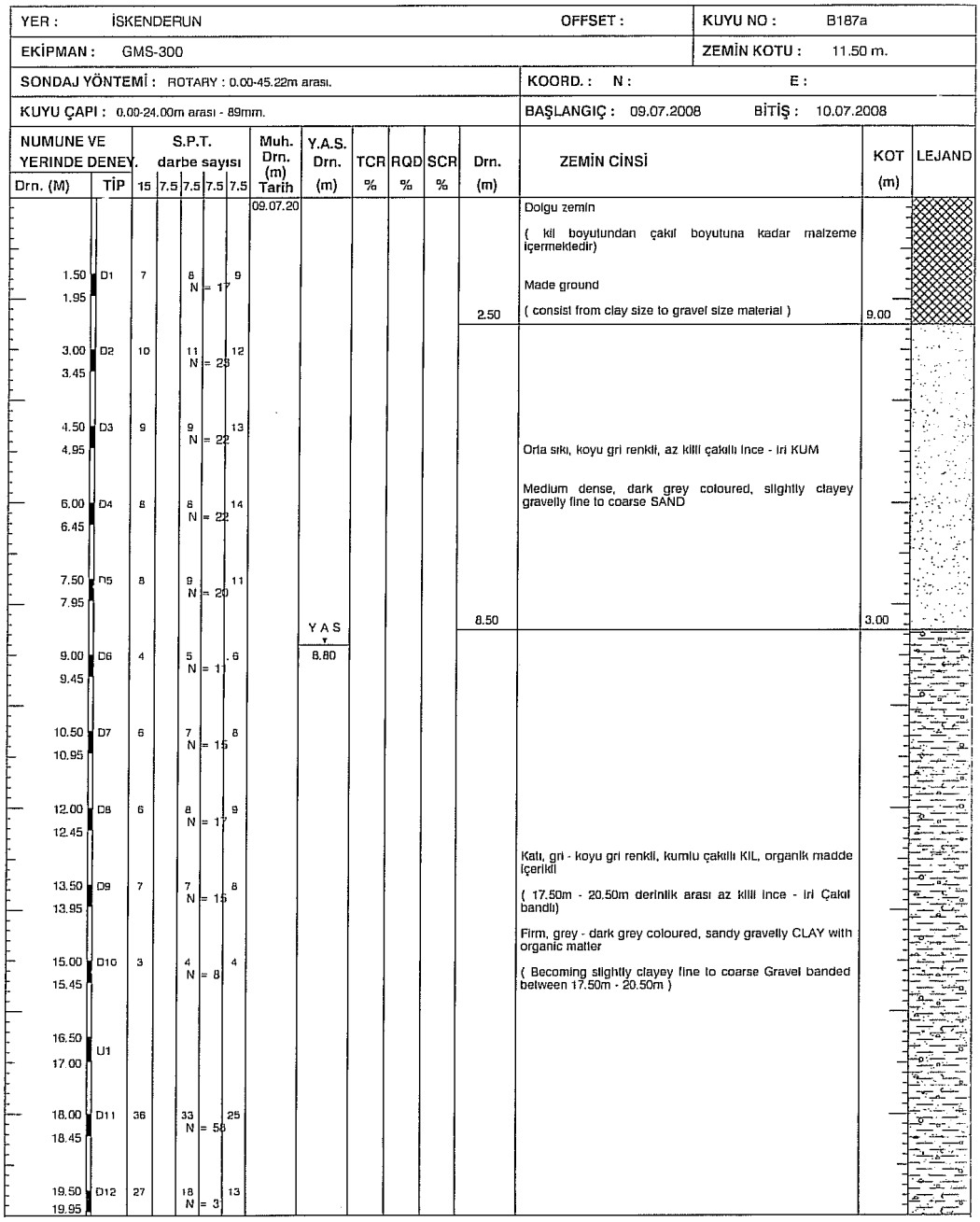
Şekil A.4 : BH-173 Sondaj Logu (İskenderun P1)



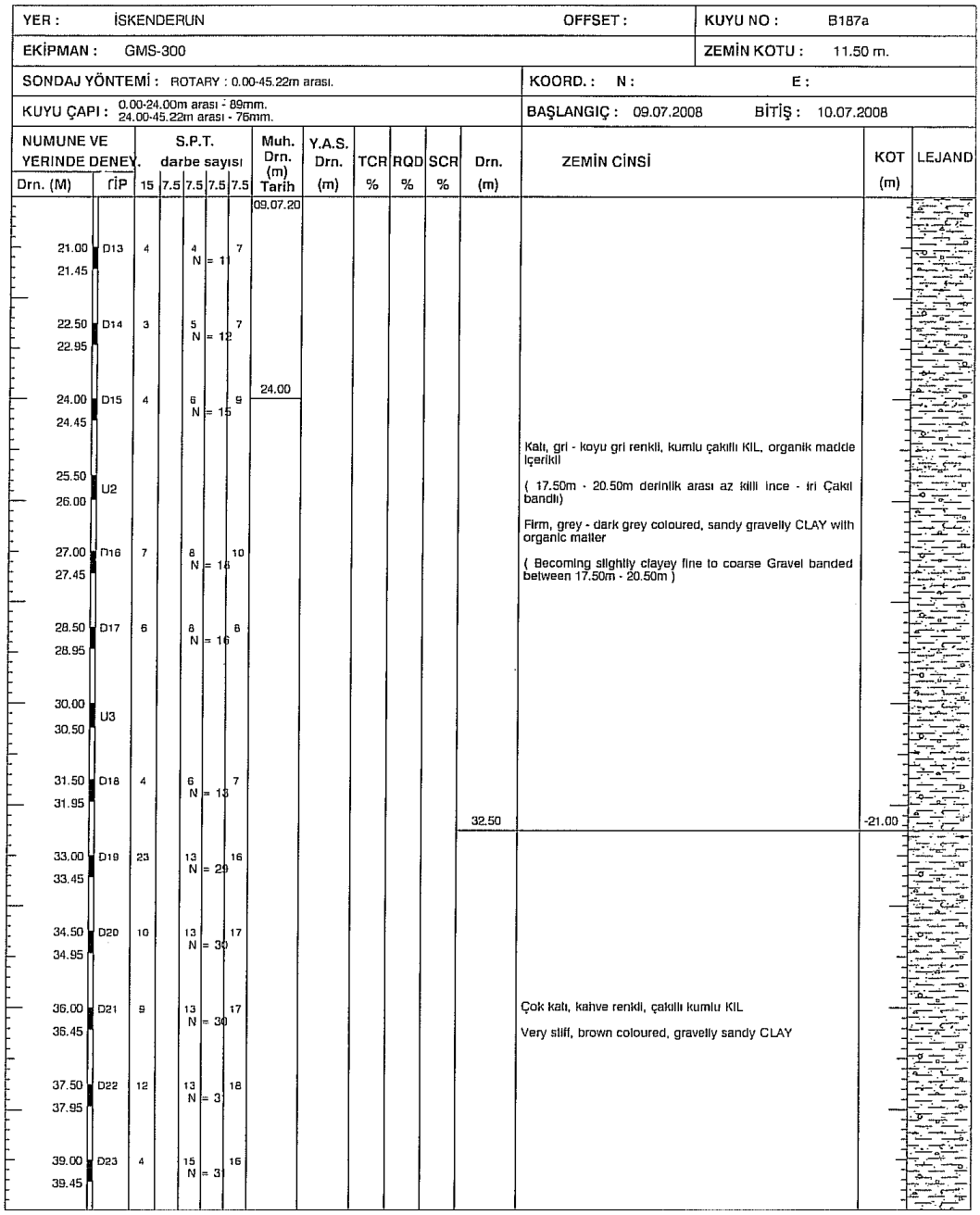
Şekil A.4 (devam): BH-173 Sondaj Logu (İskenderun P1)



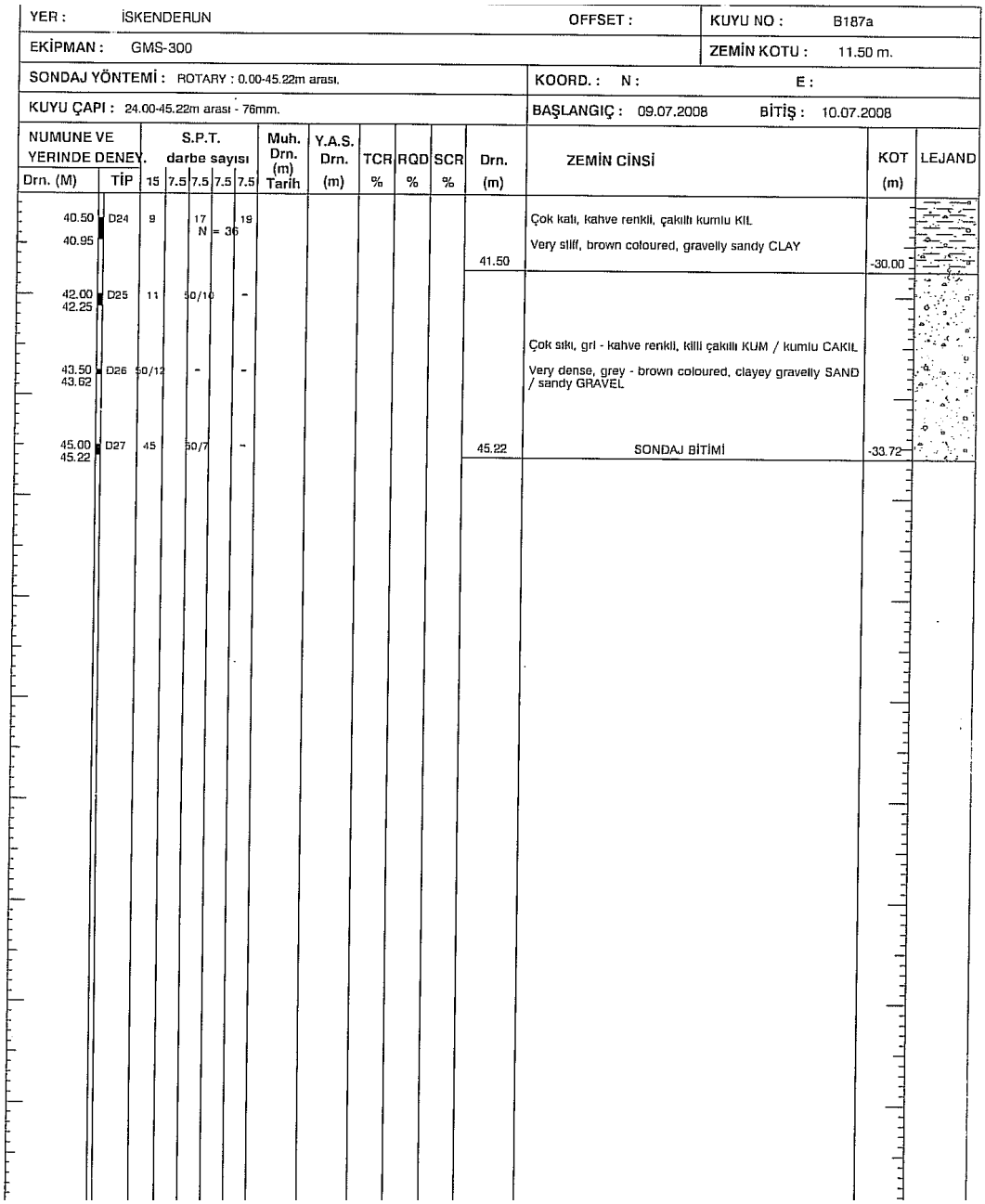
Şekil A.4 (devam): BH-173 Sondaj Logu (İskenderun P1)



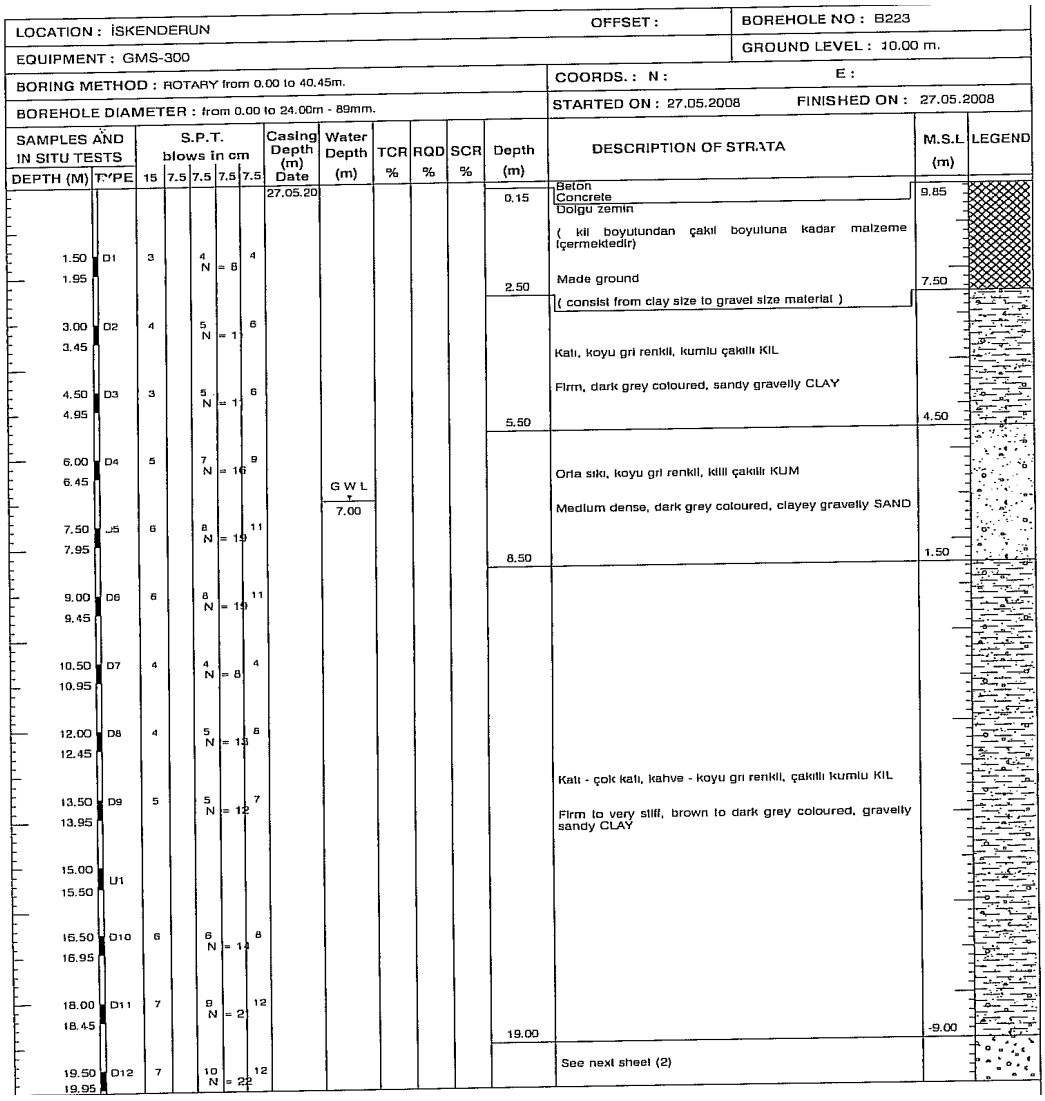
Şekil A.5 : BH-187a Sondaj Logu (İskenderun P2)



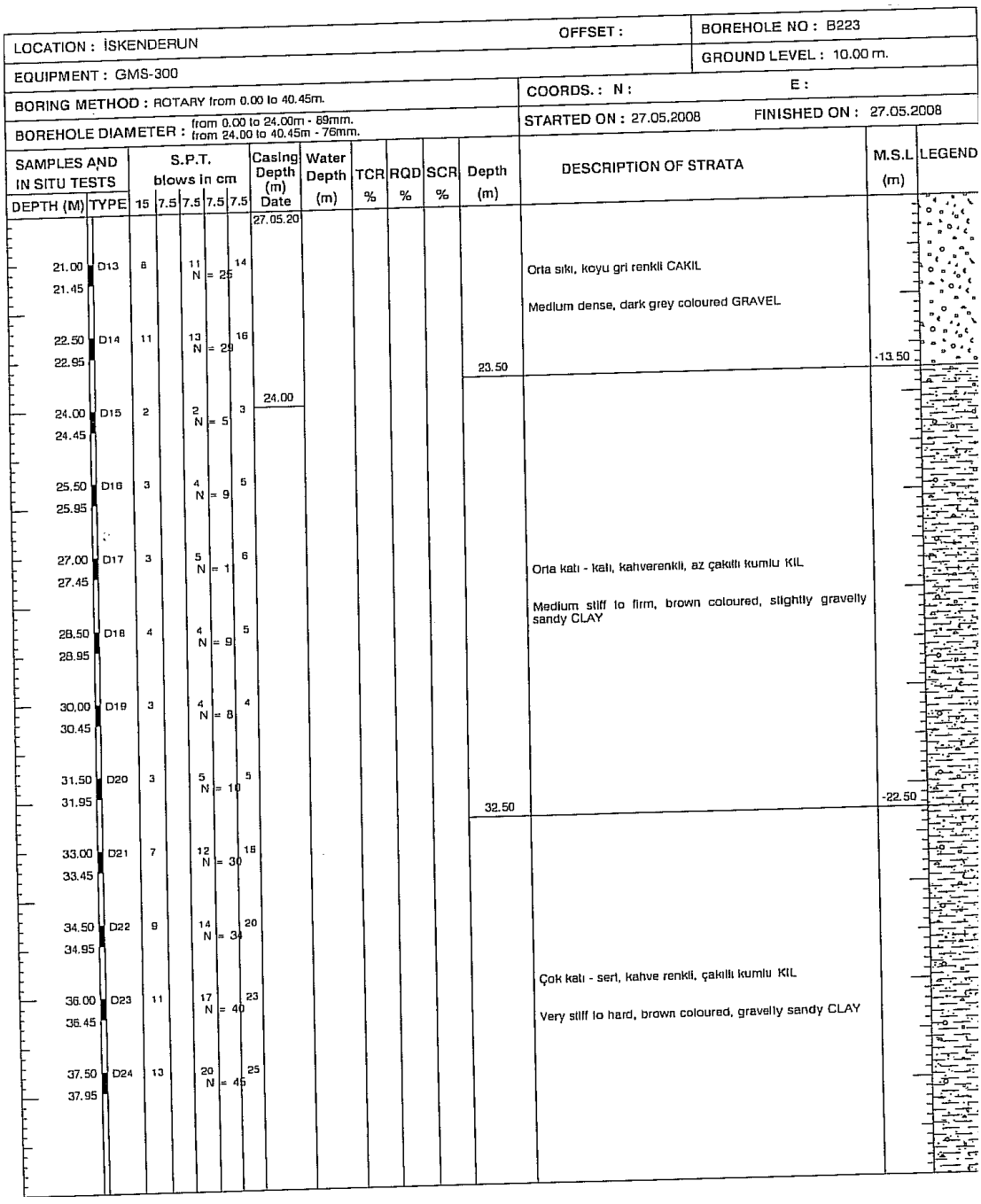
Şekil A.5 (devam): BH-187a Sondaj Logu (İskenderun P2)



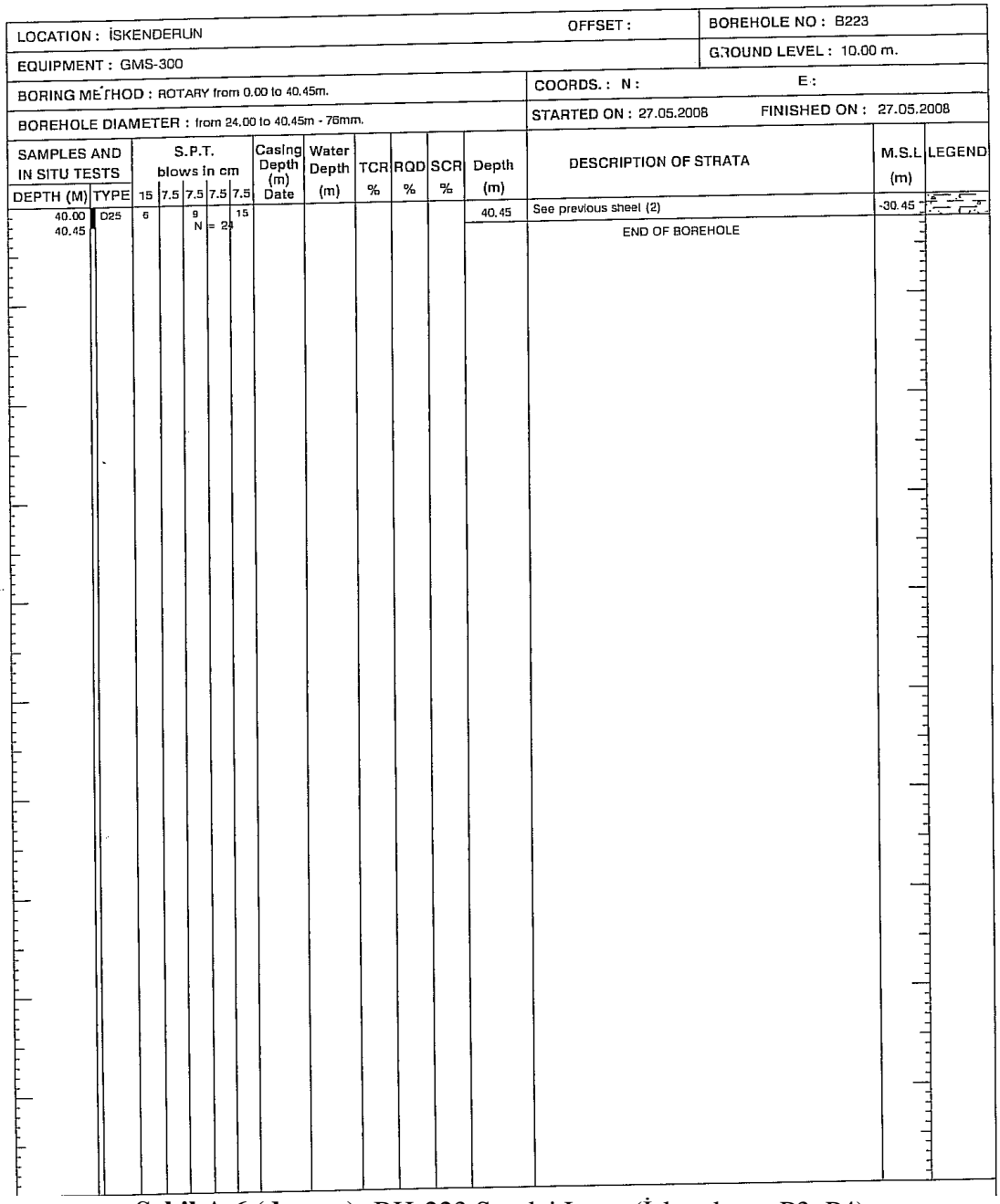
Şekil A.5 (devam): BH-187a Sondaj Logu (İskenderun P2)



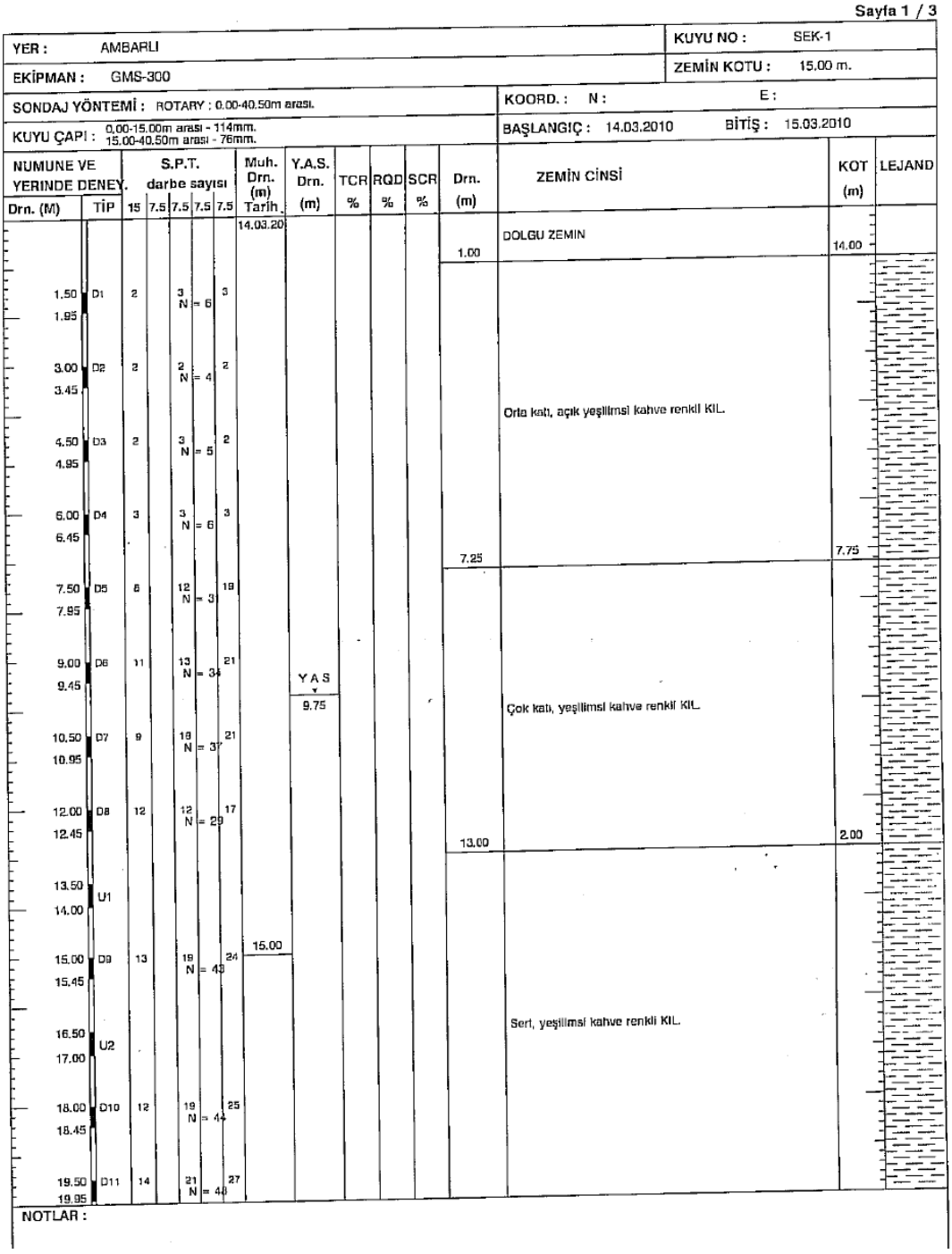
Şekil A.6 : BH-223 Sondaj Logu (İskenderun P3, P4)



Şekil A.6 (devam): BH-223 Sondaj Logu (İskenderun P3, P4)



Şekil A.6 (devam): BH-223 Sondaj Logu (İskenderun P3, P4)



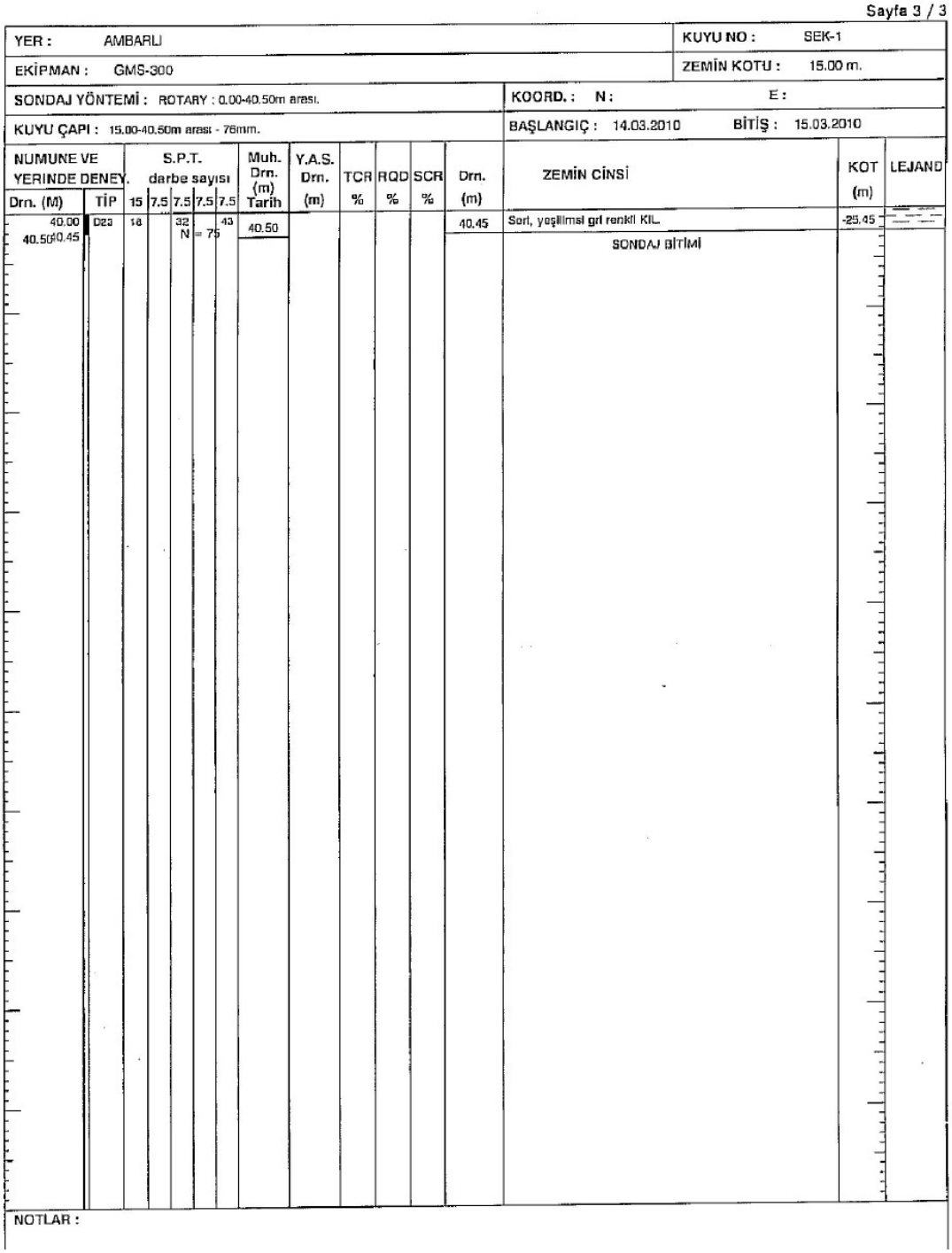
Şekil A.7 : SK1 Sondaj logu (Ambarlı T1).

YER : AMBARLI	KUYU NO : SEK-1
EKİPMAN : GMS-300	ZEMİN KOTU : 15.00 m.
SONDAJ YÖNTEMİ : ROTARY : 0.00-40.50m arası.	KOORD. : N : E :
KUYU ÇAPI : 15.00-40.50m arası - 76mm.	BAŞLANGIÇ : 14.03.2010 BİTİŞ : 15.03.2010

NUMUNE VE YERİNDE DENEY. Drn. (M)	TİP	S.P.T. darbe sayısı 15	7.5	7.5	7.5	7.5	Muh. Drn. (m) Tarih	Y.A.S. Drn. (m)	TCR %	RQD %	SCR %	Drn. (m)	ZEMİN CİNSİ	KOT (m)	LEJAND
21.00	D12	13		20	N = 46	26									
21.45													Sert, yeşilimsi kahve renkli KIL		
22.50	U3														
23.00												23.50		-8.50	
24.00	D13	13		28	N = 59	33									
24.45															
25.50	D14	14		28	N = 64	36							Sert, koyu yeşil renkli KIL, düşük plastisiteli		
25.95															
27.00	D15	13		22	N = 54	32									
27.45												28.00		-13.00	
28.50	D16	12		25	N = 60	35									
28.95															
30.00	D17	10		21	N = 57	36									
30.45															
31.50	D18	14		24	N = 62	38									
31.95															
33.00	D19	18		27	N = 64	37									
33.45													Sert, yeşilimsi gri renkli KIL		
34.50	D20	15		28	N = 66	38									
34.95															
36.00	D21	14		28	N = 65	37									
36.45															
37.50	D22	17		30	N = 70	40									
37.95															

NOTLAR :

Şekil A.7 (devam): SK1 Sondaj logu (Ambarlı T1).



YER : AMBARLI | KUYU NO : SEK-1

EKİPMAN : GMS-300 | ZEMİN KOTU : 15.00 m.

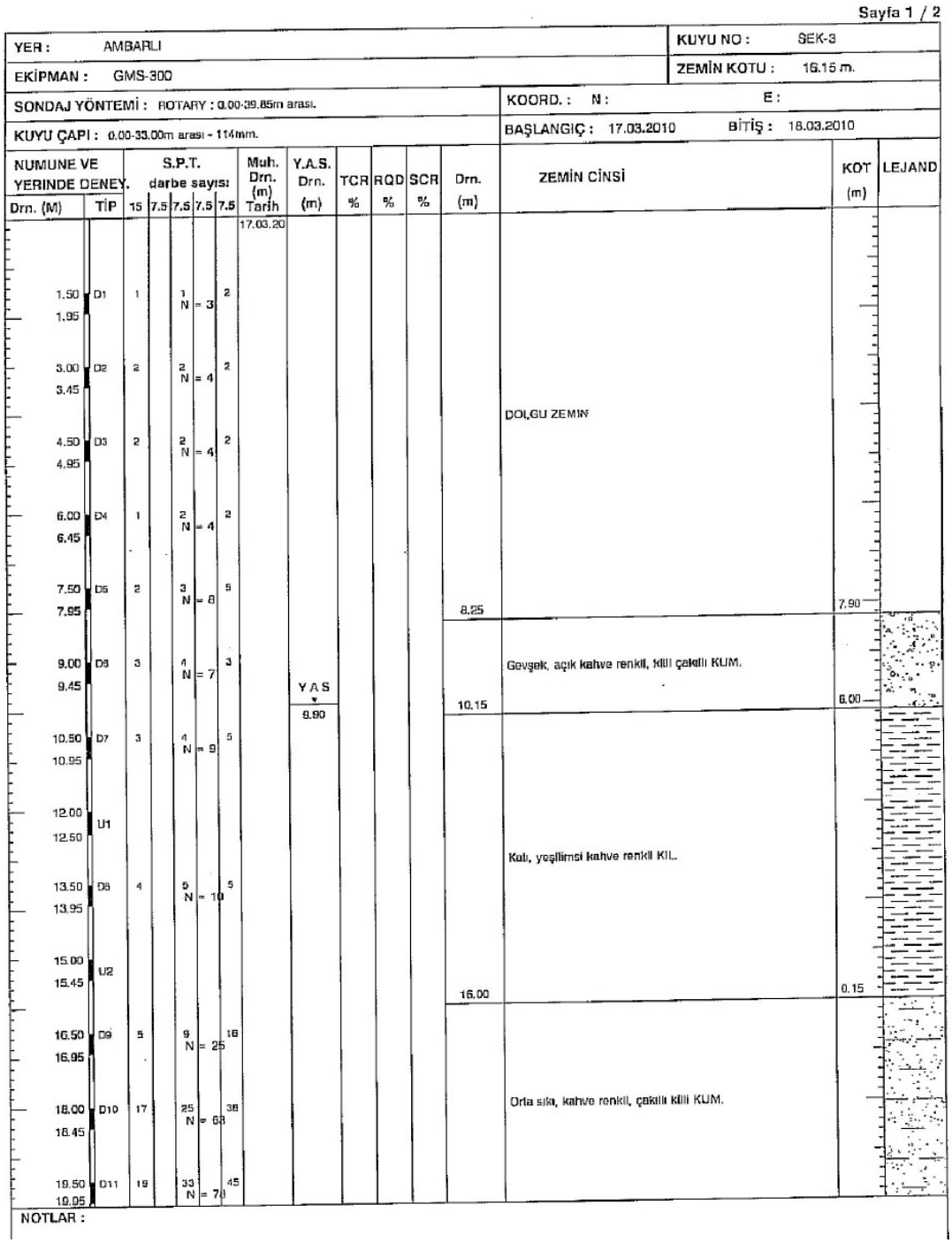
SONDAJ YÖNTEMİ : ROTARY : 0.00-40.50m arası. | KOORD. : N : E :

KUYU ÇAPI : 15.00-40.50m arası - 76mm. | BAŞLANGIÇ : 14.03.2010 BİTİŞ : 15.03.2010

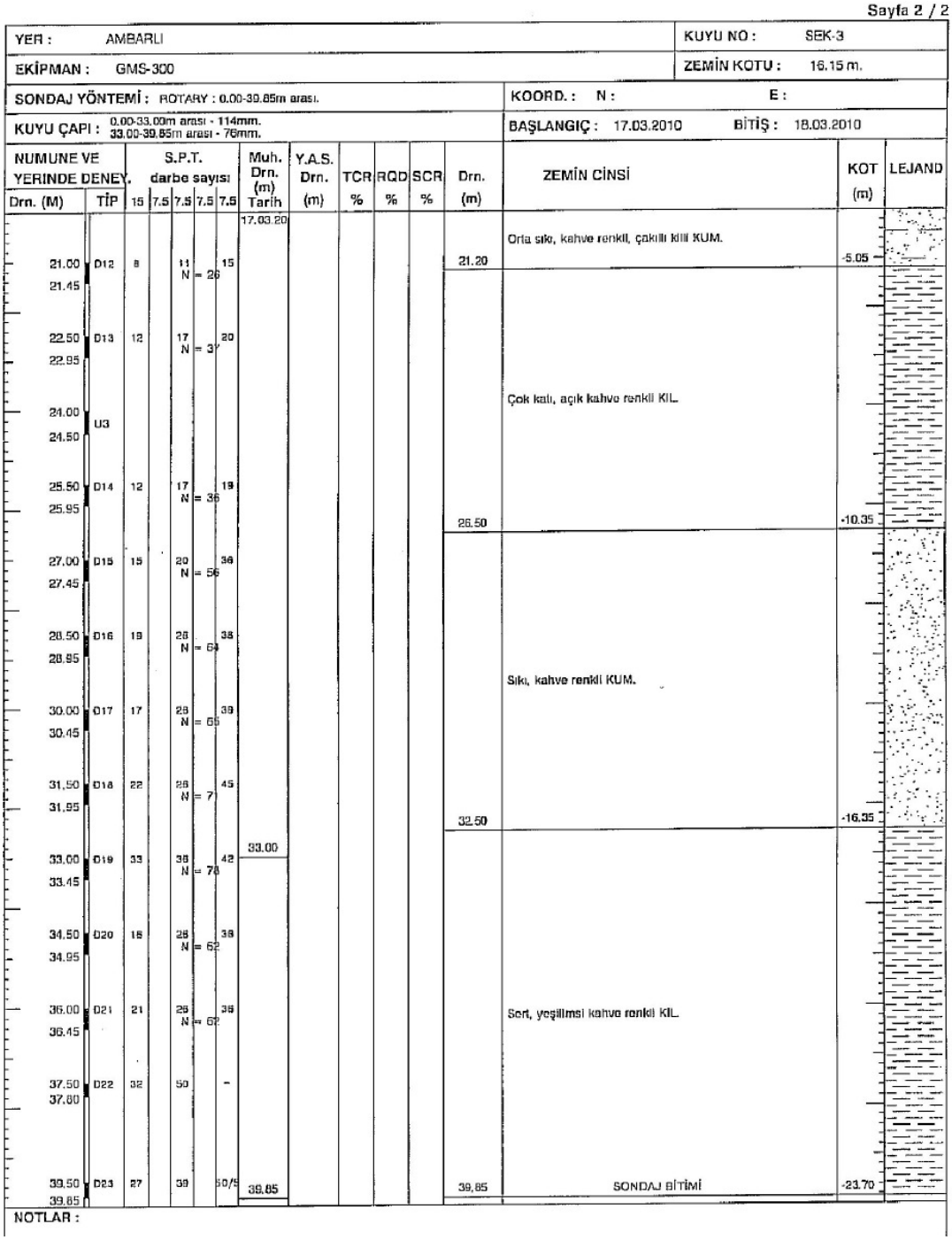
NUMUNE VE YERİNDE DENEY. Drn. (M)	TİP	S.P.T. darbe sayısı 15	7.5	7.5	7.5	7.5	Muh. Drn. (m) Tarih	Y.A.S. Drn. (m)	TCR %	RQD %	SCR %	Drn. (m)	ZEMİN CİNSİ	KOT (m)	LEJAND
40.00	D23	18		32		43	40.50					40.45	Sert, yeşilimsi gri renkli KİL	-25.45	
40.50 40.45				N = 75									SONDAJ BİTİMİ		

NOTLAR :

Şekil A.7 (devam): SK1 Sondaj logu (Ambarlı T1).



Şekil A.8 : SK3 Sondaj logu (Ambarlı T2).



Şekil A.8 (devam): SK3 Sondaj logu (Ambarlı T2).

EK B.1

Çizelge B.1 : K1 Deney sonuçları

PROJE YÜKÜ/Project Load (Ton) 300			KAZIK NO/Pile No.						TB1-P235
MAKSİMUM YÜK/Applied Load (T 450			KAZIK BOYU-ÇAPI/Pile Length-Dia.						19.5m / Ø80 cm
			KAZIK CİNSİ/Type of Pile						
DENEY YÜKÜ Test Load							ZAMAN Time		
Pump	Percentage	Applied	S1	S2	S3	ORTALAMA	OKUMA	TOPLAM	SAAT
Bar	%	Ton	(mm)	(mm)	(mm)	Average	SÜRESİ (dk)	SÜRE (dk)	Time
0	0	0.0	0.00	0.00		0.00	0	0	11:15
60	25	75	0.31	0.38		0.35	0	0	11:15
60	25	75	0.30	0.39		0.35	5	5	11:20
60	25	75	0.30	0.39		0.35	5	10	11:25
60	25	75	0.28	0.38		0.33	5	15	11:30
60	25	75	0.30	0.40		0.35	15	30	11:45
125	50	150	0.76	0.91		0.84	0	30	11:45
125	50	150	0.76	0.91		0.84	5	35	11:50
125	50	150	0.77	0.92		0.85	5	40	11:55
125	50	150	0.82	0.95		0.89	5	45	12:00
125	50	150	0.83	0.96		0.90	15	60	12:15
185	75	225	1.30	1.46		1.38	0	60	12:15
185	75	225	1.30	1.47		1.39	5	65	12:20
185	75	225	1.29	1.46		1.38	5	70	12:25
185	75	225	1.30	1.48		1.39	5	75	12:30
185	75	225	1.31	1.50		1.41	15	90	12:45
250	100	300	1.71	1.97		1.84	0	90	12:45
250	100	300	1.70	1.97		1.84	5	95	12:50
250	100	300	1.72	1.96		1.84	5	100	12:55
250	100	300	1.74	1.96		1.85	5	105	13:00
250	100	300	1.74	1.98		1.86	15	120	13:15
310	125	375	2.15	2.48		2.32	0	120	13:15
310	125	375	2.14	2.49		2.32	5	125	13:20
310	125	375	2.17	2.49		2.33	5	130	13:25
310	125	375	2.19	2.57		2.38	5	135	13:30
310	125	375	2.19	2.59		2.39	15	150	13:45
380	150	450	2.74	3.16		2.95	0	150	13:45
380	150	450	2.72	3.14		2.93	5	155	13:50
380	150	450	2.73	3.14		2.94	5	160	13:55
380	150	450	2.69	3.12		2.91	5	165	14:00
380	150	450	2.72	3.12		2.92	15	180	14:15
380	150	450	2.80	3.20		3.00	15	195	14:30
380	150	450	2.76	3.36		3.06	15	210	14:45
380	150	450	2.52	3.36		2.94	30	240	15:15
380	150	450	2.76	3.52		3.14	30	270	15:45
380	150	450	2.84	3.71		3.28	30	300	16:15
380	150	450	2.86	3.75		3.31	30	330	16:45
380	150	450	2.68	3.55		3.12	30	360	17:15
380	150	450	2.88	3.78		3.33	30	390	17:45
380	150	450	3.11	3.91		3.51	60	450	18:45
380	150	450	3.28	3.98		3.63	60	510	19:45
285	112.50	337.50	2.54	2.57		2.56	0	510	19:45
285	112.50	337.50	2.52	2.55		2.54	5	515	19:50
285	112.50	337.50	2.53	2.53		2.53	5	520	19:55
285	112.50	337.50	2.53	2.52		2.53	5	525	20:00
285	112.50	337.50	2.51	2.50		2.51	15	540	20:15
185	75	225	1.89	1.76		1.83	0	540	20:15
185	75	225	1.88	1.74		1.81	5	545	20:20

Çizelge B.1 (devam): K1 Deney sonuçları

PROJE YÜKÜ/Project Load (Ton)	300	KAZIK NO/Pile No.	TB1-P235
MAKSİMUM YÜK/Applied Load (T	450	KAZIK BOYU-ÇAPI/Pile Length-Dia.	19.5m / Ø80 Cm
		KAZIK CİNSİ/Type of Pile	

DENEY YÜKÜ Test Load							ZAMAN Time		
Pump	Percentage	Applied	S1	S2	S3	ORTALAMA	OKUMA	TOPLAM	SAAT
Bar	%	Ton	(mm)	(mm)	(mm)	Average	SÜRESİ (dk)	SÜRE (dk)	Time
185	75	225	1.88	1.75		1.82	5	550	20:25
185	75	225	1.87	1.74		1.81	5	555	20:30
185	75	225	1.86	1.74		1.80	15	570	20:45
90	37.50	112.50	1.07	0.99		1.03	0	570	20:45
90	37.50	112.50	1.06	0.97		1.02	5	575	20:50
90	37.50	112.50	1.06	0.95		1.01	5	580	20:55
90	37.50	112.50	1.05	0.93		0.99	5	585	21:00
90	37.50	112.50	1.05	0.90		0.98	15	600	21:15
0	0	0	0.48	0.38		0.43	0	600	21:15
0	0	0	0.43	0.34		0.39	5	605	21:20
0	0	0	0.39	0.26		0.33	5	610	21:25
0	0	0	0.34	0.23		0.29	5	615	21:30
0	0	0	0.30	0.20		0.25	15	630	21:45
0	0	0	0.28	0.16		0.22	15	645	22:00
0	0	0	0.28	0.12		0.20	15	660	22:15
0	0	0	0.28	0.08		0.18	30	690	22:45
0	0	0	0.28	0.08		0.18	30	720	23:15

		TARİH/Date	SAAT/Time
BAŞLAMA/Start		31.01.2010	11:15
BİTİŞ/Finish		31.01.2010	23:15

Çizelge B.2 : K2 Deney sonuçları

PROJE YÜKÜ/Project Load (Ton)	300	KAZIK NO/Pile No.							BU1-P135
MAKSİMUM YÜK/Applied Load (To	450	KAZIK BOYU-ÇAPI/Pile Length-Dia.							22m / Ø80 cm
		KAZIK CİNSİ/Type of Pile							
DENEY YÜKÜ Test Load							ZAMAN Time		
POMPA/Pump (Bar)	Uygulanan/ Applied (Ton)	S1 (mm)	S2 (mm)	S3 (mm)	S4 (mm)	ORTALAMA Average	OKUMA SÜRESİ (dk)	TOPLAM SÜRE (dk)	SAAT Time
0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	13:30
105	75	0.65	0.52	0.07	0.21	0.36	0	0	13:30
105	75	0.66	0.52	0.07	0.21	0.37	5	5	13:35
105	75	0.67	0.53	0.08	0.21	0.37	5	10	13:40
105	75	0.68	0.54	0.08	0.22	0.38	5	15	13:45
105	75	0.69	0.54	0.08	0.23	0.39	15	30	14:00
202	150	1.23	1.00	0.16	0.41	0.70	0	30	14:00
202	150	1.25	1.02	0.16	0.42	0.71	5	35	14:05
202	150	1.25	1.02	0.16	0.42	0.71	5	40	14:10
202	150	1.26	1.05	0.17	0.43	0.73	5	45	14:15
202	150	1.26	1.05	0.18	0.44	0.73	15	60	14:30
301	225	1.79	1.47	0.28	0.61	1.04	0	60	14:30
301	225	1.82	1.50	0.28	0.62	1.06	5	65	14:35
301	225	1.83	1.50	0.30	0.63	1.07	5	70	14:40
301	225	1.84	1.53	0.30	0.65	1.08	5	75	14:45
301	225	1.85	1.53	0.31	0.65	1.09	15	90	15:00
401	300	2.51	2.11	0.47	0.89	1.50	0	90	15:00
401	300	2.53	2.12	0.47	0.89	1.50	5	95	15:05
401	300	2.55	2.15	0.47	0.90	1.52	5	100	15:10
401	300	2.57	2.18	0.48	0.90	1.53	5	105	15.15
401	300	2.59	2.18	0.49	0.90	1.54	15	120	15:30
401	300	2.61	2.22	0.49	0.90	1.56	15	135	15:45
401	300	2.62	2.22	0.49	0.91	1.56	15	150	16:00
401	300	2.65	2.25	0.50	0.92	1.58	30	180	16:30
401	300	2.66	2.25	0.50	0.92	1.58	30	210	17:00
401	300	2.66	2.25	0.50	0.92	1.58	30	240	17:30
401	300	2.66	2.27	0.51	0.92	1.59	30	270	18:00
401	300	2.66	2.27	0.51	0.92	1.59	30	300	18:30
401	300	2.67	2.28	0.51	0.94	1.60	30	330	19:00
401	300	2.67	2.28	0.51	0.94	1.60	60	390	20:00
401	300	2.67	2.28	0.51	0.94	1.60	60	450	21:00
301	225	2.30	2.06	0.41	0.86	1.41	0	450	21:00
301	225	2.29	2.05	0.40	0.86	1.40	5	455	21:05
301	225	2.24	2.05	0.40	0.85	1.39	5	460	21:10
202	150	1.73	1.62	0.31	0.67	1.08	0	460	21:10
202	150	1.71	1.60	0.31	0.66	1.07	5	465	21:15
202	150	1.71	1.60	0.31	0.66	1.07	5	470	21:20
105	75	1.13	1.11	0.24	0.46	0.74	0	470	21:20
105	75	1.11	1.09	0.23	0.46	0.72	5	475	21:25
105	75	1.10	1.08	0.23	0.46	0.72	5	480	21:30
0	0	0.99	0.30	0.12	0.14	0.39	0	480	21:30
0	0	0.96	0.23	0.07	0.11	0.34	5	485	21:35
0	0	0.96	0.22	0.06	0.10	0.34	5	490	21:40
0	0	0.96	0.21	0.06	0.09	0.33	5	495	21:45
0	0	0.96	0.21	0.04	0.09	0.33	15	510	22:00
0	0	0.96	0.20	0.04	0.08	0.32	15	525	22:15
0	0	0.96	0.15	0.00	0.07	0.30	15	540	22:30
401	300	2.43	2.24	0.43	0.97	1.52	0	540	22:30

Çizelge B.2 (devam): K2 Deney sonuçları

PROJE YÜKÜ/Project Load (Ton)	300	KAZIK NO/Pile No.							BU1-P135
MAKSİMUM YÜK/Applied Load (Ton	450	KAZIK BOYU-ÇAPI/Pile Length-Dia.							22m / Ø80 cm
		KAZIK CİNSİ/Type of Pile							
DENEY YÜKÜ Test Load							ZAMAN Time		
POMPA/Pump (Bar)	Uygulanan/ Applied (Ton)	S1 (mm)	S2 (mm)	S3 (mm)	S4 (mm)	ORTALAMA Average	OKUMA SÜRESİ (dk)	TOPLAM SÜRE (dk)	SAAT Time
401	300	2.45	2.25	0.44	0.98	1.53	5	545	22:35
401	300	2.46	2.27	0.45	0.99	1.54	5	550	22:40
401	300	2.47	2.28	0.45	0.99	1.55	5	555	22:45
401	300	2.48	2.28	0.45	0.99	1.55	15	570	23:00
401	300	2.48	2.29	0.45	0.99	1.55	15	585	23:15
401	300	2.49	2.29	0.45	0.99	1.56	15	600	23:30
499	375	3.10	2.84	0.64	1.26	1.96	0	600	23:30
499	375	3.11	2.84	0.65	1.26	1.97	5	605	23:35
499	375	3.11	2.85	0.66	1.27	1.97	5	610	23:40
499	375	3.12	2.86	0.66	1.28	1.98	5	615	23:45
499	375	3.13	2.86	0.66	1.28	1.98	15	630	00:30
499	375	3.14	2.86	0.66	1.28	1.99	15	645	00:15
499	375	3.14	2.86	0.66	1.28	1.99	15	660	00:30
598	450	4.10	3.81	1.03	1.69	2.66	0	660	00:30
598	450	4.13	3.84	1.05	1.71	2.68	5	665	00:35
598	450	4.13	3.85	1.05	1.72	2.69	5	670	00:40
598	450	4.14	3.85	1.06	1.74	2.70	5	675	00:45
598	450	4.15	3.86	1.06	1.74	2.70	15	690	01:00
598	450	4.15	3.86	1.07	1.75	2.71	15	705	01:15
598	450	4.15	3.86	1.07	1.76	2.71	15	720	01:30
598	450	4.15	3.87	1.07	1.76	2.71	30	750	02:00
598	450	4.16	3.88	1.09	1.76	2.72	30	780	02:30
598	450	4.16	3.88	1.09	1.76	2.72	30	810	03:00
598	450	4.17	3.89	1.09	1.78	2.73	30	840	03:30
598	450	4.17	3.89	1.09	1.78	2.73	30	870	04:00
598	450	4.17	3.90	1.08	1.79	2.74	30	900	04:30
598	450	4.17	3.90	1.08	1.79	2.74	60	960	05:30
598	450	4.17	3.90	1.11	1.79	2.74	60	1020	06:30
499	375	4.08	3.78	0.96	1.69	2.63	0	1020	06:30
499	375	4.07	3.76	0.95	1.67	2.61	5	1025	06:35
499	375	4.06	3.76	0.94	1.67	2.61	5	1030	06:40
401	300	3.57	3.30	0.84	1.50	2.30	0	1030	06:40
401	300	3.53	3.29	0.81	1.47	2.28	5	1035	06:45
401	300	3.53	3.27	0.79	1.46	2.26	5	1040	06:50
301	225	3.09	2.90	0.69	1.27	1.99	0	1040	06:50
301	225	3.07	2.88	0.68	1.26	1.97	5	1045	06:55
301	225	3.04	2.87	0.67	1.24	1.96	5	1050	07:00
202	150	2.30	2.21	0.47	0.94	1.48	0	1050	07:00
202	150	2.29	2.21	0.46	0.93	1.47	5	1055	07:05
202	150	2.27	2.20	0.46	0.92	1.46	5	1060	07:10
105	75	2.07	1.60	0.35	0.66	1.17	0	1060	07:10
105	75	2.06	1.58	0.33	0.64	1.15	5	1065	07:15
105	75	2.05	1.56	0.33	0.64	1.15	5	1070	07:20
0	0	1.82	0.60	0.13	0.25	0.70	0	1070	07:20
0	0	1.82	0.53	0.11	0.22	0.67	5	1075	07:25
0	0	1.80	0.51	0.09	0.21	0.65	5	1080	07:30
0	0	1.78	0.51	0.09	0.21	0.65	5	1085	07:35
0	0	1.70	0.49	0.09	0.20	0.62	15	1100	07:50

Çizelge B.2 (devam): K2 Deney sonuçları

PROJE YÜKÜ/Project Load (Ton)		300		KAZIK NO/Pile No.					BU1-P135
MAKSİMUM YÜK/Applied Load (Ton		450		KAZIK BOYU-ÇAPI/Pile Length-Dia.					22m / Ø80 cm
				KAZIK CİNSİ/Type of Pile					
DENEY YÜKÜ Test Load							ZAMAN Time		
POMPA/Pump (Bar)	Uygulanan/ Applied (Ton)	S1 (mm)	S2 (mm)	S3 (mm)	S4 (mm)	ORTALAMA Average	OKUMA SÜRESİ (dk)	TOPLAM SÜRE (dk)	SAAT Time
0	0	1.66	0.47	0.08	0.20	0.60	15	1115	08:05
0	0	1.65	0.46	0.08	0.20	0.60	15	1130	08:20

	TARİH/Date	
BAŞLAMA/Sta	25.02.2010	13:30
BİTİŞ/Finish	26.02.2010	08:20

Çizelge B.3 : İskenderun P1 Deney sonuçları

Deney Yükleri		Compre.	Kazık No.				1		GROUP 1	
Project Load (Ton)		300	Kazık Boyu (M) / Çapı (cm)				35 m		Ø80cm	
Applied Load (Ton)		900	Kazık Çeşidi				FORE KAZIK			
DENEY YÜKÜ			OTURMA OKUMALARI					ZAMAN		
Basınç	Yüzde	Uygulanan	S1	S2	S3	S4	Ortalama	Okuma	TOPLAM	SAAT
Bar	%	Ton	mm	mm	mm	mm	mm	(minute)	(minute)	ZAMAN
0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	12:10
48	25	75	0.49	0.72	0.60	0.48	0.57	0	0	12:10
48	25	75	0.64	0.72	0.62	0.61	0.65	5	5	12:15
48	25	75	0.64	0.73	0.62	0.62	0.65	5	10	12:20
48	25	75	0.64	0.73	0.62	0.62	0.65	10	20	12:30
84	50	150	1.02	1.21	1.17	1.03	1.11	5	25	12:35
84	50	150	1.06	1.22	1.19	1.04	1.13	5	30	12:40
84	50	150	1.11	1.30	1.24	1.09	1.19	5	35	12:45
84	50	150	1.12	1.31	1.26	1.09	1.20	10	45	12:55
120	75	225	1.75	2.27	2.17	1.72	1.98	5	50	13:00
120	75	225	1.81	2.32	2.26	1.80	2.05	5	55	13:05
120	75	225	1.82	2.35	2.28	1.81	2.07	5	60	13:10
120	75	225	1.82	2.36	2.29	1.82	2.07	10	70	13:20
156	100	300	2.48	3.31	3.17	2.44	2.85	5	75	13:25
156	100	300	2.54	3.39	3.24	2.48	2.91	5	80	13:30
156	100	300	2.56	3.42	3.27	2.53	2.95	5	85	13:35
156	100	300	2.60	3.48	3.32	2.55	2.99	5	90	13:40
156	100	300	2.62	3.51	3.34	2.58	3.01	15	105	13:55
156	100	300	2.63	3.52	3.36	2.59	3.03	15	120	14:10
156	100	300	2.64	3.54	3.36	2.59	**3.03**	15	135	14:25
120	75	225	2.59	3.41	3.18	2.48	2.92	5	140	14:30
120	75	225	2.58	3.40	3.17	2.47	2.91	5	145	14:35
120	75	225	2.57	3.38	3.16	2.47	2.90	5	150	14:40
120	75	225	2.57	3.38	3.16	2.47	2.90	10	160	14:50
84	50	150	2.26	2.89	2.67	2.16	2.50	5	165	14:55
84	50	150	2.23	2.84	2.65	2.16	2.47	5	170	15:00
84	50	150	2.23	2.84	2.64	2.15	2.47	5	175	15:05
84	50	150	2.23	2.83	2.64	2.15	2.46	10	185	15:15
48	25	75	1.58	1.97	1.79	1.52	1.72	5	190	15:20
48	25	75	1.56	1.93	1.77	1.51	1.69	5	195	15:25
48	25	75	1.56	1.93	1.77	1.51	1.69	5	200	15:30
48	25	75	1.56	1.93	1.77	1.51	1.69	10	210	15:40
0	0	0	0.54	0.79	0.70	0.50	0.63	5	215	15:45
0	0	0	0.52	0.71	0.62	0.49	0.59	5	220	15:50
0	0	0	0.49	0.71	0.61	0.45	0.57	5	225	15:55
0	0	0	0.46	0.66	0.58	0.45	**0.54**	20	245	16:15
84	50	150	1.50	1.84	1.79	1.53	1.67	5	250	16:20
84	50	150	1.53	1.88	1.82	1.55	1.70	5	255	16:25
84	50	150	1.53	1.90	1.85	1.55	1.71	5	260	16:30
84	50	150	1.56	1.91	1.89	1.56	1.73	10	270	16:40
156	100	300	2.75	3.51	3.34	2.71	3.08	5	275	16:45
156	100	300	2.84	3.67	3.49	2.80	3.20	5	280	16:50
156	100	300	2.97	3.86	3.61	2.84	3.32	5	285	16:55
156	100	300	2.98	3.91	3.62	2.84	3.34	10	295	17:05
192	125	375	3.64	4.81	4.48	3.48	4.10	5	300	17:10
192	125	375	3.69	4.85	4.51	3.53	4.15	5	305	17:15
192	125	375	3.71	4.87	4.52	3.56	4.17	5	310	17:20
192	125	375	3.73	4.87	4.54	3.63	4.19	10	320	17:30
228	150	450	4.51	5.92	5.62	4.36	5.10	5	325	17:35
228	150	450	4.64	6.10	5.80	4.48	5.26	5	330	17:40
228	150	450	4.66	6.13	5.82	4.50	5.28	5	335	17:45

Çizelge B.3 (devam): İskenderun P1 deney sonuçları

228	150	450	4.72	6.20	5.88	4.55	5.34	10	345	17:55
228	150	450	4.74	6.23	5.91	4.57	5.36	10	355	18:05
264	175	525	5.71	7.58	7.20	5.52	6.50	5	360	18:10
264	175	525	5.86	7.79	7.42	5.64	6.68	5	365	18:15
264	175	525	5.92	7.89	7.50	5.70	6.75	5	370	18:20
264	175	525	6.10	8.03	7.64	5.87	6.91	10	380	18:30
264	175	525	6.12	8.05	7.67	5.92	6.94	10	390	18:40
300	200	600	7.29	9.68	9.34	7.15	8.37	5	395	18:45
300	200	600	7.75	10.29	9.93	7.54	8.88	5	400	18:50
300	200	600	8.02	10.46	10.09	7.67	9.06	5	405	18:55
300	200	600	8.11	10.54	10.19	7.75	9.15	5	410	19:00
300	200	600	8.31	10.70	10.32	7.91	9.31	15	425	19:15
300	200	600	8.37	10.77	10.38	7.96	9.37	15	440	19:30
300	200	600	8.45	10.83	10.45	8.04	9.44	15	455	19:45
300	200	600	8.51	10.91	10.53	8.12	9.52	30	485	20:15
300	200	600	8.54	10.93	10.56	8.14	9.54	30	515	20:45
300	200	600	8.59	11.01	10.81	8.20	9.65	30	545	21:15
300	200	600	9.10	11.64	11.23	8.68	10.16	30	575	21:45
300	200	600	9.24	11.75	11.36	8.81	10.29	60	635	22:45
300	200	600	9.35	11.82	11.46	8.94	10.39	60	695	23:45
300	200	600	9.36	11.85	11.49	8.96	10.42	60	755	00:45
300	200	600	9.45	12.03	11.58	9.03	10.52	60	815	01:45
300	200	600	9.47	12.03	11.59	9.05	10.54	60	875	02:45
300	200	600	9.50	12.06	11.63	9.09	10.57	60	935	03:45
300	200	600	9.51	12.07	11.64	9.11	10.58	60	995	04:45
300	200	600	9.52	12.08	11.64	9.12	10.59	60	1055	05:45
300	200	600	9.58	12.10	11.70	9.25	**10.66**	60	1115	06:45
228	150	450	9.57	12.00	11.59	9.24	10.60	5	1120	06:50
228	150	450	9.57	11.96	11.58	9.22	10.58	5	1125	06:55
228	150	450	9.56	11.93	11.57	9.22	10.57	5	1130	07:00
228	150	450	9.56	11.91	11.56	9.22	10.56	10	1140	07:10
156	100	300	8.83	10.80	10.38	8.51	9.63	5	1145	07:15
156	100	300	8.82	10.75	10.37	8.48	9.61	5	1150	07:20
156	100	300	8.82	10.75	10.37	8.48	9.61	5	1155	07:25
156	100	300	8.77	10.75	10.34	8.38	9.56	10	1165	07:35
84	50	150	7.26	8.86	8.48	6.99	7.90	0	1165	07:35
84	50	150	7.20	8.81	8.42	6.88	7.83	5	1170	07:40
84	50	150	7.20	8.79	8.42	6.88	7.82	5	1175	07:45
84	50	150	7.20	8.79	8.42	6.88	7.82	10	1185	07:55
0	0	0	5.35	5.95	5.72	5.01	5.51	5	1190	08:00
0	0	0	5.00	5.61	5.50	4.84	5.24	5	1195	08:05
0	0	0	4.98	5.50	5.42	4.83	5.18	5	1200	08:10
0	0	0	4.83	5.44	5.29	4.61	5.04	10	1210	08:20
0	0	0	4.73	5.40	5.21	4.47	4.95	15	1225	08:35
0	0	0	4.55	5.22	5.01	4.29	4.77	15	1240	08:50
0	0	0	4.02	5.14	4.53	3.28	**4.24**	15	1255	09:05
84	50	150	5.01	6.61	5.86	4.18	5.42	5	1260	09:10
84	50	150	5.02	6.72	5.89	4.18	5.45	5	1265	09:15
84	50	150	5.03	6.74	5.89	4.19	5.46	5	1270	09:20
84	50	150	5.04	6.77	5.93	4.19	5.48	10	1280	09:30
156	100	300	6.33	8.57	7.67	5.42	7.00	5	1285	09:35
156	100	300	6.52	8.67	7.87	5.69	7.19	5	1290	09:40
156	100	300	6.74	8.72	8.05	6.05	7.39	5	1295	09:45
156	100	300	7.06	8.83	8.25	6.49	7.66	10	1305	09:55
156	100	300	7.39	8.89	8.45	6.94	7.92	10	1315	10:05
156	100	300	7.41	8.91	8.48	7.01	7.95	10	1325	10:15
228	150	450	8.90	10.68	10.24	8.43	9.56	5	1330	10:20
228	150	450	9.02	10.80	10.35	8.51	9.67	5	1335	10:25
228	150	450	9.05	10.85	10.39	8.57	9.72	5	1340	10:30
228	150	450	9.10	10.87	10.43	8.64	9.76	10	1350	10:40

Çizelge B.3 (devam): İskenderun P1 deney sonuçları

300	200	600	10.65	12.90	12.38	10.17	11.53	5	1355	10:45
300	200	600	10.84	13.07	12.53	10.33	11.69	5	1360	10:50
300	200	600	10.94	13.16	12.61	10.44	11.79	5	1365	10:55
300	200	600	11.01	13.20	12.68	10.51	11.85	10	1375	11:05
300	200	600	11.05	13.21	12.70	10.54	11.88	10	1385	11:15
336	225	675	12.62	15.02	14.43	11.95	13.51	5	1390	11:20
336	225	675	12.77	15.19	14.61	12.15	13.68	5	1395	11:25
336	225	675	12.91	15.28	14.73	12.30	13.81	5	1400	11:30
336	225	675	13.08	15.44	14.89	12.46	13.97	10	1410	11:40
336	225	675	13.18	15.53	14.99	12.54	14.06	10	1420	11:50
336	225	675	13.22	15.60	15.02	12.57	14.10	10	1430	12:00
372	250	750	16.07	18.90	18.45	15.54	17.24	5	1435	12:05
372	250	750	17.31	20.34	19.70	16.70	18.51	5	1440	12:10
372	250	750	17.80	20.82	20.16	17.18	18.99	5	1445	12:15
372	250	750	18.70	21.74	21.06	18.03	19.88	10	1455	12:25
372	250	750	18.98	21.91	21.26	18.30	20.11	10	1465	12:35
372	250	750	19.14	22.13	21.45	18.48	20.30	10	1475	12:45
372	250	750	19.25	22.21	21.55	18.62	20.41	10	1485	12:55
372	250	750	19.30	22.27	21.58	18.65	20.45	10	1495	13:05
408	275	825						5	1500	13:10

		TARİH/Date	SAAT/Time
BAŞLAMA/Start		*23.03.2011*	*12:10*
BİTİŞ/Finish		*24.03.2011*	*13:10*

Çizelge B.4 : İskenderun P2 deney sonuçları

Deney Yükleri		Compre.	Kazık No.				2		GROUP 2	
Project Load (Ton)		300	Kazık Boyu (M) / Çapı (cm)				30 m		Ø80cm	
Applied Load (Ton)		900	Kazık Çeşidi				FORE KAZIK			
DENEY YÜKÜ			OTURMA OKUMALARI					ZAMAN		
Basınç	Yüzde	Uygulanan	S1	S2	S3	S4	Ortalama	Okuma	TOPLAM	SAAT
Bar	%	Ton	mm	mm	mm	mm	mm	(minute)	(minute)	TIME
0	0	0.0						0	0	12:25
48	25	75	0.14	0.11	0.50	0.48	0.31	5	5	12:30
48	25	75	0.15	0.21	0.52	0.49	0.34	5	10	12:35
48	25	75	0.15	0.24	0.52	0.49	0.35	10	20	12:45
84	50	150	0.41	0.56	0.91	0.83	0.68	5	25	12:50
84	50	150	0.49	0.62	1.03	0.91	0.76	5	30	12:55
84	50	150	0.51	0.66	1.05	0.92	0.79	5	35	13:00
84	50	150	0.52	0.66	1.06	0.92	0.79	10	45	13:10
120	75	225	1.16	1.46	1.92	1.65	1.55	5	50	13:15
120	75	225	1.25	1.58	2.03	1.75	1.65	5	55	13:20
120	75	225	1.26	1.58	2.04	1.78	1.67	5	60	13:25
120	75	225	1.35	1.66	2.12	1.86	1.75	10	70	13:35
120	75	225	1.39	1.76	2.19	1.89	1.81	10	80	13:45
120	75	225	1.41	1.77	2.21	1.92	1.83	10	90	13:55
156	100	300	1.86	2.31	2.91	2.54	2.41	5	95	14:00
156	100	300	1.89	2.40	2.93	2.57	2.45	5	100	14:05
156	100	300	2.00	2.49	3.00	2.64	2.53	5	105	14:10
156	100	300	2.02	2.52	3.01	2.65	2.55	5	110	14:15
156	100	300	2.23	2.68	3.12	2.82	2.71	15	125	14:30
156	100	300	2.27	2.71	3.18	2.83	2.75	15	140	14:45
156	100	300	2.27	2.72	3.18	2.88	**2.76**	15	155	15:00
120	75	225	2.22	2.57	3.06	2.75	2.65	5	160	15:05
120	75	225	2.22	2.57	3.05	2.74	2.65	5	165	15:10
120	75	225	2.21	2.57	3.05	2.73	2.64	5	170	15:15
120	75	225	2.16	2.54	3.01	2.68	2.60	10	180	15:25
84	50	150	1.92	2.15	2.52	2.28	2.22	5	185	15:30
84	50	150	1.95	2.13	2.51	2.26	2.21	5	190	15:35
84	50	150	1.91	2.11	2.50	2.26	2.20	5	195	15:40
84	50	150	1.90	2.09	2.49	2.26	2.19	10	205	15:50
48	25	75	1.68	1.74	1.99	1.85	1.82	5	210	15:55
48	25	75	1.63	1.69	1.82	1.79	1.73	5	215	16:00
48	25	75	1.63	1.69	1.82	1.79	1.73	5	220	16:05
48	25	75	1.60	1.69	1.90	1.74	1.73	10	230	16:15
0	0	0	1.09	1.11	0.89	0.82	0.98	5	235	16:20
0	0	0	1.09	1.05	0.80	0.71	0.91	5	240	16:25
0	0	0	1.09	1.05	0.80	0.69	0.91	5	245	16:30
0	0	0	1.09	1.05	0.80	0.69	**0.91**	10	255	16:40
84	50	150	1.56	1.79	1.87	1.65	1.72	5	260	16:45
84	50	150	1.62	1.85	1.89	1.68	1.76	5	265	16:50
84	50	150	1.69	1.91	1.95	1.74	1.82	5	270	16:55
84	50	150	1.72	1.94	2.00	1.81	1.87	10	280	17:05
156	100	300	2.44	2.86	3.25	2.88	2.86	5	285	17:10
156	100	300	2.44	2.86	3.25	2.88	2.86	5	290	17:15
156	100	300	2.44	2.86	3.25	2.89	2.86	5	295	17:20
156	100	300	2.44	2.87	3.25	2.90	2.87	10	305	17:30
192	125	375	2.80	3.48	3.93	3.45	3.42	5	310	17:35
192	125	375	2.83	3.54	4.01	3.52	3.48	5	315	17:40
192	125	375	2.86	3.56	4.04	3.54	3.50	5	320	17:45
192	125	375	2.89	3.59	4.05	3.55	3.52	10	330	17:55
228	150	450	3.46	4.31	4.94	4.36	4.27	5	335	18:00
228	150	450	3.56	4.41	5.12	4.53	4.41	5	340	18:05

Çizelge B.4 (devam): İskenderun P2 deney sonuçları

228	150	450	3.63	4.44	5.18	4.57	4.46	5	345	18:10
228	150	450	3.67	4.48	5.23	4.63	4.50	10	355	18:20
264	175	525	4.38	5.28	6.36	5.58	5.40	5	360	18:25
264	175	525	4.60	5.55	6.70	5.96	5.70	5	365	18:30
264	175	525	4.69	5.66	6.81	6.11	5.82	5	370	18:35
264	175	525	4.81	5.75	6.93	6.23	5.93	10	380	18:45
264	175	525	4.85	5.77	6.97	6.28	5.97	10	390	18:55
300	200	600	5.73	6.80	8.30	7.63	7.12	5	395	19:00
300	200	600	5.95	6.96	8.47	7.82	7.30	5	400	19:05
300	200	600	6.10	7.12	8.62	7.98	7.46	5	405	19:10
300	200	600	6.23	7.25	8.82	8.17	7.62	5	410	19:15
300	200	600	6.32	7.35	8.92	8.29	7.72	15	425	19:30
300	200	600	6.39	7.43	9.02	8.39	7.81	15	440	19:45
300	200	600	6.45	7.48	9.08	8.46	7.87	15	455	20:00
300	200	600	6.52	7.55	9.15	8.54	7.94	30	485	20:30
300	200	600	6.74	7.77	9.41	8.78	8.18	30	515	21:00
300	200	600	6.81	7.84	9.49	8.88	8.26	30	545	21:30
300	200	600	6.87	7.91	9.51	8.90	8.30	30	575	22:00
300	200	600	7.00	8.05	9.68	9.07	8.45	60	635	23:00
300	200	600	7.06	8.11	9.73	9.14	8.51	60	695	00:00
300	200	600	7.08	8.12	9.75	9.15	8.53	60	755	01:00
300	200	600	7.10	8.15	9.79	9.19	8.56	60	815	02:00
300	200	600	7.11	8.16	9.81	9.22	8.58	60	875	03:00
300	200	600	7.23	8.29	9.94	9.31	8.69	60	935	04:00
300	200	600	7.26	8.33	9.99	9.36	8.74	60	995	05:00
300	200	600	7.32	8.38	10.04	9.41	8.79	60	1055	06:00
300	200	600	7.35	8.40	10.08	9.46	**8.82**	60	1115	07:00
228	150	450	7.29	8.25	10.00	9.45	8.75	5	1120	07:05
228	150	450	7.29	8.24	9.99	9.44	8.74	5	1125	07:10
228	150	450	7.28	8.23	9.99	9.44	8.74	5	1130	07:15
228	150	450	7.28	8.23	9.99	9.44	8.74	10	1140	07:25
156	100	300	6.82	7.60	9.05	8.61	8.02	0	1140	07:25
156	100	300	6.80	7.51	9.03	8.59	7.98	5	1145	07:30
156	100	300	6.80	7.50	9.02	8.58	7.98	5	1150	07:35
156	100	300	6.80	7.50	9.02	8.58	7.98	10	1160	07:45
84	50	150	6.02	6.42	7.52	7.30	6.82	0	1160	07:45
84	50	150	6.00	6.37	7.48	7.22	6.77	5	1165	07:50
84	50	150	5.98	6.34	7.45	7.20	6.74	5	1170	07:55
84	50	150	5.96	6.33	7.43	7.16	6.72	10	1180	08:05
0	0	0	4.55	4.57	4.84	4.75	4.68	0	1180	08:05
0	0	0	4.53	4.57	4.80	4.69	4.65	5	1185	08:10
0	0	0	4.47	4.51	4.75	4.62	4.59	5	1190	08:15
0	0	0	4.35	4.37	4.61	4.49	4.46	10	1200	08:25
0	0	0	4.32	4.32	4.57	4.48	4.42	15	1215	08:40
0	0	0	4.32	4.32	4.57	4.48	4.42	15	1230	08:55
0	0	0	4.32	4.32	4.56	4.46	**4.42**	20	1250	09:15
84	50	150	4.73	5.22	6.10	5.76	5.45	5	1255	09:20
84	50	150	4.79	5.22	6.12	5.78	5.48	5	1260	09:25
84	50	150	4.79	5.22	6.13	5.80	5.49	5	1265	09:30
84	50	150	4.79	5.22	6.14	5.84	5.50	10	1275	09:40
156	100	300	5.36	6.07	7.58	7.08	6.52	5	1280	09:45
156	100	300	5.42	6.12	7.63	7.12	6.57	5	1285	09:50
156	100	300	5.42	6.12	7.64	7.19	6.59	5	1290	09:55
156	100	300	5.42	6.13	7.64	7.20	6.60	10	1300	10:05
228	150	450	6.48	7.36	9.12	8.42	7.85	5	1305	10:10
228	150	450	6.30	7.36	9.20	8.49	7.84	5	1310	10:15
228	150	450	6.32	7.38	9.24	8.67	7.90	5	1315	10:20
228	150	450	6.32	7.38	9.25	8.68	7.91	10	1325	10:30
300	200	600	7.12	8.11	10.43	9.86	8.88	5	1330	10:35
300	200	600	7.28	8.41	10.56	9.90	9.04	5	1335	10:40

Çizelge B.4 (devam): İskenderun P2 deney sonuçları

300	200	600	7.45	8.70	10.80	10.04	9.25	5	1340	10:45
300	200	600	7.60	8.95	10.96	10.12	9.41	10	1350	10:55
300	200	600	7.64	9.02	11.01	10.13	9.45	10	1360	11:05
336	225	675	8.33	9.92	12.05	11.05	10.34	5	1365	11:10
336	225	675	8.60	10.20	12.37	11.26	10.61	5	1370	11:15
336	225	675	8.65	10.27	12.46	11.45	10.71	5	1375	11:20
336	225	675	8.67	10.27	12.60	11.62	10.79	10	1385	11:30
336	225	675	8.71	10.28	12.62	11.63	10.81	10	1395	11:40
372	250	750	9.70	11.46	14.09	12.96	12.05	5	1400	11:45
372	250	750	10.09	11.92	14.69	13.62	12.58	5	1405	11:50
372	250	750	10.26	12.12	14.97	13.87	12.81	5	1410	11:55
372	250	750	10.44	12.33	15.18	14.09	13.01	10	1420	12:05
372	250	750	10.56	12.45	15.30	14.24	13.14	10	1430	12:15
372	250	750	10.60	12.50	15.35	14.28	13.18	10	1440	12:25
408	275	825	11.95	13.91	17.11	16.08	14.76	5	1445	12:30
408	275	825	12.41	14.45	18.09	16.98	15.48	5	1450	12:35
408	275	825	12.60	14.65	18.09	16.98	15.58	5	1455	12:40
408	275	825	13.02	15.11	18.66	17.57	16.09	10	1465	12:50
408	275	825	13.26	15.39	18.87	17.82	16.34	10	1475	13:00
408	275	825	13.36	15.46	19.01	17.95	16.45	10	1485	13:10
408	275	825	13.44	15.34	19.12	18.05	16.49	10	1495	13:20
444	300	900	16.35	18.33	22.33	21.35	19.59	5	1500	13:25
444	300	900	16.73	19.01	23.41	22.35	20.38	5	1505	13:30
444	300	900	17.16	19.46	23.84	22.92	20.85	5	1510	13:35
444	300	900	17.46	19.75	24.18	23.29	21.17	10	1520	13:45
444	300	900	17.69	20.02	24.40	23.46	21.39	10	1530	13:55
444	300	900	17.71	20.05	24.47	23.56	21.45	10	1540	14:05
444	300	900	17.76	20.10	24.52	23.59	21.49	10	1550	14:15
480	325	975	22.66	25.00	30.55	29.70	26.98	5	1555	14:20
480	325	975	24.11	26.79	32.28	31.62	28.70	5	1560	14:25
480	325	975	24.55	27.12	32.60	31.85	29.03	5	1565	14:30
480	325	975	25.07	27.67	33.30	32.60	29.66	10	1575	14:40
480	325	975	25.60	28.22	33.91	33.28	30.25	10	1585	14:50
480	325	975	25.95	28.61	34.30	33.64	30.63	10	1595	15:00
480	325	975	26.18	28.80	34.51	33.87	30.84	10	1605	15:10
480	325	975	26.25	28.88	34.58	33.96	30.92	10	1615	15:20
480	325	975	26.39	29.05	34.72	34.11	31.07	10	1625	15:30
480	325	975	26.45	29.12	34.82	34.21	31.15	10	1635	15:40
480	325	975	26.57	29.29	34.92	34.30	31.27	10	1645	15:50
480	325	975	26.58	29.29	34.94	34.33	31.29	10	1655	16:00
515	350	1,050	31.75	35.05	40.75	40.14	36.92	5	1660	16:05
515	350	1,050	33.27	36.05	42.55	42.22	38.52	5	1665	16:10
515	350	1,050	34.01	36.91	43.30	42.75	39.24	5	1670	16:15
515	350	1,050	35.87	38.91	45.54	43.15	40.87	10	1680	16:25
515	350	1,050	36.13	39.07	45.74	43.55	41.12	20	1700	16:45
515	350	1,050	36.27	39.20	45.87	43.66	41.25	10	1710	16:55
515	350	1,050	36.37	39.31	45.97	43.77	41.36	10	1720	17:05
515	350	1,050	36.49	39.41	46.05	43.89	41.46	10	1730	17:15
515	350	1,050	36.51	39.43	46.06	43.94	41.49	10	1740	17:25
551	375	1,125	53.52	56.73	65.06	63.44	59.69	20	1760	17:45
551	375	1,125	53.89	57.02	65.44	63.65	60.00	5	1765	17:50
551	375	1,125	54.32	57.47	65.82	63.96	60.39	5	1770	17:55
551	375	1,125	56.37	59.53	68.49	66.20	62.65	10	1780	18:05
551	375	1,125	57.30	60.49	69.31	67.20	63.58	10	1790	18:15
551	375	1,125	57.51	60.73	69.55	67.48	63.82	10	1800	18:25
551	375	1,125	57.70	60.83	69.66	67.63	63.96	10	1810	18:35
551	375	1,125	57.76	60.89	69.74	67.67	64.02	10	1820	18:45
551	375	1,125	57.83	60.97	69.74	67.70	64.06	10	1830	18:55
515	350	1,050	57.85	60.99	69.75	67.85	64.11	0	1830	18:55
515	350	1,050	57.85	60.99	69.75	67.85	64.11	5	1835	19:00

Çizelge B.4 (devam): İskenderun P2 deney sonuçları

515	350	1,050	57.85	61.00	69.76	67.95	64.14	5	1840	19:05
515	350	1,050	57.86	61.01	69.78	67.95	64.15	10	1850	19:15
444	300	900	57.86	61.03	69.81	68.05	64.19	0	1850	19:15
444	300	900	57.86	61.03	69.81	68.05	64.19	5	1855	19:20
444	300	900	57.86	61.03	69.81	68.05	64.19	5	1860	19:25
444	300	900	57.86	61.03	69.81	68.05	64.19	10	1870	19:35
372	250	750	57.87	60.72	69.47	66.68	63.69	0	1870	19:35
372	250	750	57.87	60.70	69.44	66.68	63.67	5	1875	19:40
372	250	750	57.87	60.70	69.43	66.65	63.66	5	1880	19:45
372	250	750	57.87	60.69	69.42	66.65	63.66	10	1890	19:55
300	200	600	57.30	59.76	68.18	65.61	62.71	0	1890	19:55
300	200	600	57.28	59.71	68.13	65.58	62.68	5	1895	20:00
300	200	600	57.27	59.70	68.12	65.56	62.66	5	1900	20:05
300	200	600	57.26	59.69	68.11	65.54	62.65	10	1910	20:15
228	150	450	56.55	58.64	66.59	64.27	61.51	0	1910	20:15
228	150	450	56.52	58.59	66.54	64.17	61.46	5	1915	20:20
228	150	450	56.51	58.56	66.49	64.15	61.43	5	1920	20:25
228	150	450	56.48	58.51	66.46	64.10	61.39	10	1930	20:35
156	100	300	55.57	57.23	64.59	62.37	59.94	0	1930	20:35
156	100	300	55.55	57.19	64.52	62.27	59.88	5	1935	20:40
156	100	300	55.52	57.11	64.46	62.22	59.83	5	1940	20:45
156	100	300	55.48	57.09	64.42	62.19	59.80	10	1950	20:55
84	50	150	54.41	55.53	62.02	59.90	57.97	0	1950	20:55
84	50	150	54.35	55.41	61.86	59.73	57.84	5	1955	21:00
84	50	150	54.32	55.38	61.80	59.67	57.79	5	1960	21:05
84	50	150	54.28	55.33	61.72	59.61	57.74	10	1970	21:15
0	0	0	51.15	52.70	57.04	55.07	53.99	5	1975	21:20
0	0	0	51.07	52.61	56.79	54.93	53.85	5	1980	21:25
0	0	0	50.99	52.50	56.74	54.80	53.76	5	1985	21:30
0	0	0	50.98	52.46	56.64	54.75	53.71	10	1995	21:40

		TARİH/Date	SAAT/Time
BAŞLAMA/Start		*16.03.2011*	*12:25*
BİTİŞ/Finish		*18.03.2011*	*21:40*

Çizelge B.5 : İskenderun P3 deney sonuçları

Deney Yükleri		Compre.	Kazık No.				3		*GROUP 3*	
Project Load (Ton)		300	Kazık Boyu (M) / Çapı (cm)				40 m		Ø80cm	
Applied Load (Ton)		900	Kazık Çeşidi				FORE KAZIK			
DENEY YÜKÜ			OTURMA OKUMALARI					ZAMAN		
Basınç	Yüzde	Uygulanan	S1	S2	S3	S4	Ortalama	Okuma	TOPLAM	SAAT
Bar	%	Ton	mm	mm	mm	mm	mm	(minute)	(minute)	TIME
0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	16:40
48	25	75	0.10	0.13	0.10	0.09	0.11	5	5	16:40
48	25	75	0.11	0.13	0.10	0.09	0.11	5	10	16:45
48	25	75	0.11	0.13	0.10	0.09	0.11	5	15	16:50
84	50	150	0.63	0.65	0.51	0.51	0.58	5	20	16:55
84	50	150	0.68	0.70	0.54	0.54	0.62	5	25	17:00
84	50	150	0.70	0.71	0.56	0.56	0.63	5	30	17:05
84	50	150	0.72	0.73	0.58	0.58	0.65	5	35	17:10
120	75	225	1.43	1.40	1.14	1.19	1.29	10	45	17:20
120	75	225	1.49	1.45	1.18	1.22	1.34	5	50	17:25
120	75	225	1.52	1.49	1.21	1.25	1.37	5	55	17:30
120	75	225	1.53	1.49	1.21	1.25	1.37	5	60	17:35
120	75	225	1.54	1.51	1.22	1.26	1.38	5	65	17:40
156	100	300	2.44	2.33	1.92	2.10	2.20	5	70	17:45
156	100	300	2.57	2.46	2.04	2.16	2.31	5	75	17:50
156	100	300	2.60	2.50	2.06	2.18	2.34	5	80	17:55
156	100	300	2.62	2.51	2.07	2.19	2.35	5	85	18:00
156	100	300	2.63	2.54	2.07	2.19	2.36	15	100	18:15
156	100	300	2.65	2.55	2.07	2.20	2.37	15	115	18:30
156	100	300	2.66	2.57	2.08	2.22	2.38	15	130	18:45
120	75	225	2.66	2.47	2.03	2.22	2.35	5	135	18:50
120	75	225	2.65	2.46	2.03	2.22	2.34	5	140	18:55
120	75	225	2.65	2.45	2.01	2.22	2.33	5	145	19:00
120	75	225	2.63	2.43	1.99	2.22	2.32	10	155	19:10
84	50	150	2.04	1.89	1.58	1.70	1.80	5	160	19:15
84	50	150	2.01	1.80	1.56	1.65	1.76	5	165	19:20
84	50	150	1.93	1.80	1.46	1.59	1.70	5	170	19:25
84	50	150	1.93	1.80	1.46	1.59	1.70	10	180	19:35
48	25	75	1.24	1.18	0.98	1.00	1.10	5	185	19:40
48	25	75	1.20	1.14	0.95	0.96	1.06	5	190	19:45
48	25	75	1.20	1.14	0.95	0.95	1.06	5	195	19:50
48	25	75	1.08	1.09	0.85	0.95	0.99	10	205	20:00
0	0	0	0.74	0.65	0.56	0.60	0.64	5	210	20:05
0	0	0	0.71	0.62	0.54	0.58	0.61	5	215	20:10
0	0	0	0.69	0.61	0.52	0.57	0.60	5	220	20:15
0	0	0	0.69	0.61	0.51	0.56	0.59	10	230	20:25
84	50	150	1.48	1.42	1.13	1.17	1.30	10	240	20:35
84	50	150	1.54	1.49	1.18	1.20	1.35	5	245	20:40
84	50	150	1.54	1.50	1.19	1.20	1.36	5	250	20:45
84	50	150	1.55	1.51	1.20	1.21	1.37	10	260	20:55
156	100	300	2.93	2.77	2.24	2.42	2.59	5	265	21:00
156	100	300	2.94	2.78	2.24	2.44	2.60	5	270	21:05
156	100	300	2.95	2.79	2.24	2.44	2.61	5	275	21:10
156	100	300	2.98	2.83	2.28	2.46	2.64	10	285	21:20
192	125	375	3.85	3.65	2.91	3.18	3.40	10	295	21:30
192	125	375	3.97	3.76	2.98	3.27	3.50	5	300	21:35
192	125	375	4.00	3.78	3.00	3.33	3.53	5	305	21:40
192	125	375	4.04	3.81	3.04	3.34	3.56	10	315	21:50
228	150	450	5.01	4.68	3.72	4.12	4.38	10	325	22:00
228	150	450	5.20	4.89	3.84	4.28	4.55	5	330	22:05
228	150	450	5.24	4.90	3.87	4.32	4.58	5	335	22:10

Çizelge B.5 (devam): İskenderun P3 deney sonuçları

228	150	450	5.27	4.95	3.90	4.33	4.61	10	345	22:20
264	175	525	6.37	5.98	4.65	5.19	5.55	10	355	22:30
264	175	525	6.61	6.19	4.82	5.38	5.75	5	360	22:35
264	175	525	6.63	6.21	4.84	5.41	5.77	5	365	22:40
264	175	525	6.68	6.26	4.88	5.44	5.82	10	375	22:50
300	200	600	7.94	7.48	5.65	6.34	6.85	10	385	23:00
300	200	600	8.30	7.70	5.87	6.60	7.12	5	390	23:05
300	200	600	8.37	7.76	5.90	6.64	7.17	5	395	23:10
300	200	600	8.41	7.78	5.90	6.65	7.19	5	400	23:15
300	200	600	8.46	7.84	5.93	6.68	7.23	15	415	23:30
300	200	600	8.50	7.86	5.95	6.70	7.25	15	430	23:45
300	200	600	8.56	7.92	5.99	6.76	7.31	15	445	00:00
300	200	600	8.65	8.01	6.05	6.82	7.38	30	475	00:30
300	200	600	8.70	8.05	6.08	6.85	7.42	30	505	01:00
300	200	600	8.72	8.07	6.10	6.86	7.44	30	535	01:30
300	200	600	8.84	8.24	6.20	6.94	7.56	30	565	02:00
300	200	600	8.90	8.24	6.20	6.96	7.58	60	625	03:00
300	200	600	8.93	8.27	6.22	6.98	7.60	60	685	04:00
300	200	600	8.96	8.30	6.25	7.01	7.63	60	745	05:00
300	200	600	8.97	8.30	6.25	7.01	7.63	60	805	06:00
300	200	600	9.21	8.65	6.51	7.15	7.88	60	865	07:00
300	200	600	9.39	8.65	6.63	7.50	8.04	60	925	08:00
300	200	600	9.42	8.82	6.65	7.50	8.10	60	985	09:00
300	200	600	9.47	8.93	6.73	7.50	8.16	60	1045	10:00
300	200	600	9.66	8.93	6.73	7.56	8.22	60	1105	11:00
228	150	450	8.30	7.15	5.87	7.37	7.17	0	1105	11:00
228	150	450	8.29	7.13	5.85	7.34	7.15	5	1110	11:05
228	150	450	8.27	7.11	5.83	7.32	7.13	5	1115	11:10
228	150	450	8.26	7.10	5.82	7.29	7.12	10	1125	11:20
156	100	300	7.30	6.40	5.10	6.14	6.24	0	1125	11:20
156	100	300	7.15	6.29	4.95	6.01	6.10	5	1130	11:25
156	100	300	7.14	6.29	4.93	5.98	6.09	5	1135	11:30
156	100	300	7.14	6.29	4.92	5.96	6.08	10	1145	11:40
84	50	150	5.47	4.85	3.75	4.54	4.65	0	1145	11:40
84	50	150	5.35	4.71	3.66	4.44	4.54	5	1150	11:45
84	50	150	5.34	4.71	3.66	4.44	4.54	5	1155	11:50
84	50	150	5.33	4.70	3.66	4.43	4.53	10	1165	12:00
0	0	0	2.96	2.55	1.07	2.56	2.29	0	1165	12:00
0	0	0	2.87	2.47	0.99	2.49	2.21	5	1170	12:05
0	0	0	2.83	2.44	0.95	2.45	2.17	5	1175	12:10
0	0	0	2.80	2.42	0.93	2.44	2.15	10	1185	12:20
84	50	150	4.02	3.66	2.80	3.34	3.46	5	1190	12:25
84	50	150	4.08	3.69	2.85	3.41	3.51	5	1195	12:30
84	50	150	4.09	3.70	2.86	3.41	3.52	5	1200	12:35
84	50	150	4.09	3.70	2.86	3.42	3.52	10	1210	12:45
156	100	300	5.86	5.37	4.18	4.83	5.06	5	1215	12:50
156	100	300	5.89	5.39	4.20	4.84	5.08	5	1220	12:55
156	100	300	5.91	5.41	4.22	4.85	5.10	5	1225	13:00
156	100	300	5.95	5.41	4.26	4.89	5.13	10	1235	13:10
228	150	450	7.64	7.06	5.47	6.22	6.60	5	1240	13:15
228	150	450	7.68	7.11	5.50	6.24	6.63	5	1245	13:20
228	150	450	7.71	7.14	5.52	6.25	6.66	5	1250	13:25
228	150	450	7.73	7.17	5.52	6.27	6.67	10	1260	13:35
300	200	600	9.42	8.73	6.72	7.61	8.12	5	1265	13:40
300	200	600	9.48	8.78	6.73	7.63	8.16	5	1270	13:45
300	200	600	9.53	8.83	6.78	7.69	8.21	5	1275	13:50
300	200	600	9.56	8.86	6.79	7.70	8.23	10	1285	14:00
336	225	675	10.61	9.82	7.55	8.51	9.12	5	1290	14:05
336	225	675	10.76	9.98	7.60	8.59	9.23	5	1295	14:10
336	225	675	10.84	10.05	7.63	8.62	9.29	5	1300	14:15

Çizelge B.5 (devam): İskenderun P3 deney sonuçları

336	225	675	10.92	10.11	7.68	8.70	9.35	10	1310	14:25
336	225	675	10.96	10.13	7.69	8.72	9.38	10	1320	14:35
372	250	750	12.58	11.17	8.33	9.55	10.41	10	1330	14:45
372	250	750	12.62	11.56	8.52	9.81	10.63	5	1335	14:50
372	250	750	12.71	11.62	8.54	9.85	10.68	5	1340	14:55
372	250	750	12.81	11.74	8.60	9.93	10.77	10	1350	15:05
372	250	750	12.88	11.75	8.60	9.93	10.79	10	1360	15:15
372	250	750	12.99	11.87	8.62	9.94	10.86	40	1400	15:55
372	250	750	13.12	11.97	8.63	9.96	10.92	50	1450	16:45
408	275	825	14.54	13.26	9.45	10.95	12.05	5	1455	16:50
408	275	825	14.70	13.36	9.46	11.00	12.13	5	1460	16:55
408	275	825	14.78	13.40	9.46	11.05	12.17	5	1465	17:00
408	275	825	14.98	13.56	9.55	11.15	12.31	10	1475	17:10
408	275	825	15.13	13.78	9.65	11.17	12.43	10	1485	17:20
408	275	825	15.30	13.88	9.68	11.24	12.53	10	1495	17:30
408	275	825	15.94	14.37	9.84	11.59	12.94	60	1555	18:30
408	275	825	16.35	14.70	10.03	11.84	13.23	20	1575	18:50
408	275	825	16.46	14.75	10.05	11.89	13.29	60	1635	19:50
408	275	825	16.57	14.87	10.08	11.93	13.36	90	1725	21:20
444	300	900	17.40	15.65	10.45	12.33	13.96	5	1730	21:25
444	300	900	17.46	15.69	10.51	12.40	14.02	5	1735	21:30
444	300	900	17.47	15.69	10.55	12.45	14.04	5	1740	21:35
444	300	900	17.53	15.74	10.60	12.50	14.09	10	1750	21:45
444	300	900	17.56	15.76	10.63	12.52	14.12	10	1760	21:55
444	300	900	17.97	16.10	10.77	12.70	14.39	30	1790	22:25
444	300	900	18.10	16.27	10.87	12.84	14.52	60	1850	23:25
372	250	750	18.10	16.08	10.67	12.81	14.42	0	1850	23:25
372	250	750	18.10	16.07	10.65	12.81	14.41	5	1855	23:30
372	250	750	18.10	16.07	10.65	12.81	14.41	5	1860	23:35
372	250	750	18.10	16.07	10.65	12.81	14.41	10	1870	23:45
300	200	600	16.94	14.91	9.76	11.88	13.37	0	1870	23:45
300	200	600	16.91	14.89	9.74	11.86	13.35	5	1875	23:50
300	200	600	16.88	14.87	9.72	11.85	13.33	5	1880	23:55
300	200	600	16.88	14.87	9.71	11.84	13.33	10	1890	00:05
228	150	450	15.13	13.19	8.36	10.34	11.76	0	1890	00:05
228	150	450	15.07	13.14	8.34	10.32	11.72	5	1895	00:10
228	150	450	14.96	13.06	8.25	10.23	11.63	5	1900	00:15
228	150	450	14.95	13.06	8.24	10.23	11.62	10	1910	00:25
156	100	300	12.56	10.85	6.63	8.36	9.60	0	1910	00:25
156	100	300	12.49	10.78	6.59	8.30	9.54	5	1915	00:30
156	100	300	12.47	10.76	6.57	8.28	9.52	5	1920	00:35
156	100	300	12.41	10.74	6.55	8.26	9.49	10	1930	00:45
84	50	150	9.63	8.29	4.84	6.24	7.25	0	1930	00:45
84	50	150	9.60	8.26	4.84	6.23	7.23	5	1935	00:50
84	50	150	9.57	8.24	4.83	6.21	7.21	5	1940	00:55
84	50	150	9.52	8.21	4.82	6.19	7.19	10	1950	01:05
0	0	0	5.61	4.80	3.05	3.96	4.36	0	1950	01:05
0	0	0	5.27	4.60	2.97	3.70	4.14	5	1955	01:10
0	0	0	5.17	4.55	2.90	3.64	4.07	5	1960	01:15
0	0	0	5.12	4.50	2.86	3.60	4.02	10	1970	01:25

		TARİH/Date	SAAT/Time
BAŞLAMA/Start		*12.03.2011*	*16:40*
BİTİŞ/Finish		*14.03.2011*	*01:25*

Çizelge B.6 : İskenderun P4 deney sonuçları.

Deney Yükleri		Compre.	Kazık No.				4		*GROUP 4*	
Project Load (Ton)		300	Kazık Boyu (M) / Çapı (cm)				45 m		Ø80cm	
Applied Load (Ton)		900	Kazık Çeşidi				FORE KAZIK			
DENEY YÜKÜ			OTURMA OKUMALARI					ZAMAN		
Basınç	Yüzde	Uygulanan	S1	S2	S3	S4	Ortalama	Okuma	TOPLAM	SAAT
Bar	%	Ton	mm	mm	mm	mm	mm	(minute)	(minute)	TIME
0	0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	13:30
48	25	75	0.28	0.52	0.65	0.40	0.46	5	5	13:30
48	25	75	0.30	0.55	0.67	0.41	0.48	5	10	13:35
48	25	75	0.33	0.58	0.70	0.43	0.51	10	20	13:45
84	50	150	0.89	1.36	1.50	0.94	1.17	5	25	13:50
84	50	150	0.95	1.40	1.55	0.95	1.21	5	30	13:55
84	50	150	0.97	1.40	1.55	0.96	1.22	5	35	14:00
84	50	150	0.97	1.41	1.56	0.96	1.23	10	45	14:10
120	75	225	1.64	2.30	2.45	1.85	2.06	5	50	14:15
120	75	225	1.66	2.31	2.49	1.92	2.10	5	55	14:20
120	75	225	1.69	2.33	2.51	1.96	2.12	5	60	14:25
120	75	225	1.69	2.33	2.52	1.98	2.13	10	70	14:35
156	100	300	2.67	3.49	3.66	3.00	3.21	5	75	14:40
156	100	300	2.70	3.52	3.71	3.06	3.25	5	80	14:45
156	100	300	2.70	3.52	3.72	3.08	3.26	5	85	14:50
156	100	300	2.71	3.54	3.74	3.09	3.27	5	90	14:55
156	100	300	2.73	3.58	3.75	3.10	3.29	15	105	15:10
156	100	300	2.74	3.61	3.76	3.10	3.30	15	120	15:25
156	100	300	2.78	3.64	3.80	3.12	**3.34**	15	135	15:40
120	75	225	2.68	3.52	3.75	3.05	3.25	5	140	15:45
120	75	225	2.65	3.47	3.70	3.04	3.22	5	145	15:50
120	75	225	2.64	3.47	3.70	3.04	3.21	5	150	15:55
120	75	225	2.64	3.47	3.69	3.04	3.21	10	160	16:05
84	50	150	2.21	2.88	3.12	2.57	2.70	5	165	16:10
84	50	150	2.18	2.82	3.10	2.56	2.67	5	170	16:15
84	50	150	2.17	2.82	3.09	2.56	2.66	5	175	16:20
84	50	150	2.16	2.80	3.08	2.56	2.65	10	185	16:30
48	25	75	1.59	2.09	2.34	1.95	1.99	0	185	16:30
48	25	75	1.57	2.08	2.32	1.94	1.98	5	190	16:35
48	25	75	1.57	2.07	2.32	1.94	1.98	5	195	16:40
48	25	75	1.52	2.06	2.32	1.89	1.95	10	205	16:50
0	0	0	0.81	1.01	1.17	1.45	1.11	0	205	16:50
0	0	0	0.70	0.95	1.05	1.45	1.04	5	210	16:55
0	0	0	0.70	0.95	1.05	1.45	1.04	5	215	17:00
0	0	0	0.69	0.91	1.05	1.35	**1.00**	10	225	17:10
84	50	150	1.65	2.19	2.41	1.96	2.05	5	230	17:15
84	50	150	1.66	2.20	2.42	2.03	2.08	5	235	17:20
84	50	150	1.68	2.22	2.44	2.03	2.09	5	240	17:25
84	50	150	1.69	2.23	2.45	2.03	2.10	10	250	17:35
156	100	300	2.88	3.69	3.87	3.25	3.42	5	255	17:40
156	100	300	2.95	3.75	3.90	3.28	3.47	5	260	17:45
156	100	300	2.96	3.77	3.91	3.28	3.48	5	265	17:50
156	100	300	2.96	3.77	3.91	3.28	3.48	10	275	18:00
192	125	375	3.71	4.74	4.75	3.95	4.29	5	280	18:05
192	125	375	3.74	4.79	4.78	3.98	4.32	5	285	18:10
192	125	375	3.77	4.82	4.81	3.99	4.35	5	290	18:15
192	125	375	3.79	4.84	4.84	4.04	4.38	10	300	18:25
228	150	450	4.79	6.05	5.97	4.72	5.38	5	305	18:30
228	150	450	4.92	6.15	6.09	4.73	5.47	5	310	18:35
228	150	450	4.94	6.20	6.13	4.74	5.50	5	315	18:40
228	150	450	4.98	6.23	6.17	4.78	5.54	10	325	18:50

Çizelge B.6 (devam): İskenderun P4 deney sonuçları.

264	175	525	5.90	7.37	7.19	5.36	6.46	5	330	18:55
264	175	525	6.00	7.46	7.39	5.40	6.56	5	335	19:00
264	175	525	6.15	7.65	7.48	5.52	6.70	5	340	19:05
264	175	525	6.20	7.70	7.50	5.53	6.73	10	350	19:15
300	200	600	7.31	9.15	8.81	6.52	7.95	5	355	19:20
300	200	600	7.48	9.34	8.99	6.55	8.09	5	360	19:25
300	200	600	7.50	9.39	9.03	6.57	8.12	5	365	19:30
300	200	600	7.56	9.48	9.12	6.62	8.20	5	370	19:35
300	200	600	7.63	9.57	9.20	6.65	8.26	15	385	19:50
300	200	600	7.69	9.67	9.28	6.70	8.34	15	400	20:05
300	200	600	7.72	9.69	9.30	6.71	8.36	15	415	20:20
300	200	600	7.75	9.72	9.34	6.75	8.39	30	445	20:50
300	200	600	7.99	10.00	9.59	6.95	8.63	30	475	21:20
300	200	600	8.04	10.05	9.63	6.98	8.68	30	505	21:50
300	200	600	8.05	10.09	9.65	7.00	8.70	30	535	22:20
300	200	600	8.10	10.17	9.74	7.06	8.77	60	595	23:20
300	200	600	8.16	10.22	9.80	7.09	8.82	60	655	00:20
300	200	600	8.17	10.14	9.83	7.10	8.81	60	715	01:20
300	200	600	8.20	10.28	9.84	7.10	8.86	60	775	02:20
300	200	600	8.21	10.29	9.85	7.11	8.87	60	835	03:20
300	200	600	8.26	10.35	9.92	7.17	8.93	60	895	04:20
300	200	600	8.32	10.40	9.97	7.23	8.98	60	955	05:20
300	200	600	8.33	10.40	9.97	7.24	8.99	60	1015	06:20
300	200	600	8.37	10.42	9.99	7.26	**9.01**	60	1075	07:20
228	150	450	8.20	10.15	9.79	7.10	8.81	0	1075	07:20
228	150	450	8.20	10.12	9.79	7.10	8.80	5	1080	07:25
228	150	450	8.20	10.12	9.78	7.09	8.80	5	1085	07:30
228	150	450	8.18	10.09	9.76	7.07	8.78	10	1095	07:40
156	100	300	7.17	8.78	8.70	6.35	7.75	0	1095	07:40
156	100	300	7.12	8.75	8.68	6.34	7.72	5	1100	07:45
156	100	300	7.10	8.72	8.66	6.32	7.70	5	1105	07:50
156	100	300	7.08	8.70	8.65	6.31	7.69	10	1115	08:00
84	50	150	5.21	6.46	6.56	4.71	5.74	0	1115	08:00
84	50	150	5.17	6.41	6.52	4.69	5.70	5	1120	08:05
84	50	150	5.13	6.38	6.49	4.65	5.66	5	1125	08:10
84	50	150	5.08	6.34	6.45	4.59	5.62	10	1135	08:20
0	0	0	3.10	3.55	3.64	2.57	3.22	0	1135	08:20
0	0	0	2.73	3.16	3.28	2.30	2.87	5	1140	08:25
0	0	0	2.69	3.10	3.19	2.23	2.80	5	1145	08:30
0	0	0	2.65	3.06	3.12	2.16	2.75	10	1155	08:40
0	0	0	2.59	2.99	3.06	2.10	2.69	15	1170	08:55
0	0	0	2.46	2.95	2.84	1.77	**2.51**	20	1190	09:15
84	50	150	3.79	4.70	4.38	2.80	3.92	0	1190	09:15
84	50	150	3.80	4.71	4.39	2.81	3.93	5	1195	09:20
84	50	150	3.80	4.73	4.39	2.81	3.93	5	1200	09:25
84	50	150	3.81	4.78	4.43	2.81	3.96	10	1210	09:35
156	100	300	5.32	6.64	6.21	4.22	5.60	0	1210	09:35
156	100	300	5.49	6.72	6.33	4.31	5.71	5	1215	09:40
156	100	300	5.57	6.80	6.39	4.39	5.79	5	1220	09:45
156	100	300	5.63	6.86	6.43	4.41	5.83	10	1230	09:55
228	150	450	7.11	8.79	8.18	5.64	7.43	0	1230	09:55
228	150	450	7.13	8.80	8.20	5.65	7.45	5	1235	10:00
228	150	450	7.15	8.81	8.23	5.66	7.46	5	1240	10:05
228	150	450	7.19	8.89	8.27	5.69	7.51	10	1250	10:15
300	200	600	8.65	10.75	10.00	7.07	9.12	0	1250	10:15
300	200	600	8.67	10.80	10.04	7.09	9.15	5	1255	10:20
300	200	600	8.72	10.84	10.07	7.11	9.19	5	1260	10:25
300	200	600	8.77	10.90	10.14	7.18	9.25	10	1270	10:35
300	200	600	8.81	10.92	10.18	7.25	9.29	10	1280	10:45
336	225	675	9.95	12.27	11.41	6.19	9.96	0	1280	10:45

Çizelge B.6 (devam): İskenderun P4 deney sonuçları.

336	225	675	10.00	12.33	11.47	8.22	10.51	5	1285	10:50
336	225	675	10.20	12.54	11.70	8.39	10.71	5	1290	10:55
336	225	675	10.29	12.62	11.79	8.42	10.78	10	1300	11:05
336	225	675	10.32	12.72	11.83	8.44	10.83	10	1310	11:15
372	250	750	11.42	14.18	13.12	9.20	11.98	5	1315	11:20
372	250	750	11.74	14.58	13.45	9.41	12.30	5	1320	11:25
372	250	750	11.85	14.70	13.60	9.56	12.43	5	1325	11:30
372	250	750	12.05	14.91	13.88	9.87	12.68	10	1335	11:40
372	250	750	12.06	14.94	13.91	9.88	12.70	10	1345	11:50
408	275	825	13.75	17.21	15.88	11.04	14.47	5	1350	11:55
408	275	825	13.97	17.52	16.16	11.15	14.70	5	1355	12:00
408	275	825	14.04	17.62	16.25	11.18	14.77	5	1360	12:05
408	275	825	14.11	17.74	16.38	11.23	14.87	10	1370	12:15
408	275	825	14.13	17.76	16.41	11.26	14.89	10	1380	12:25
408	275	825	14.17	17.81	16.45	11.27	14.93	10	1390	12:35
444	300	900	16.23	21.06	19.19	12.77	17.31	15	1405	12:50
444	300	900	16.32	21.28	19.41	12.90	17.48	5	1410	12:55
444	300	900	16.32	21.35	19.47	12.92	17.52	5	1415	13:00
444	300	900	16.42	21.46	19.56	12.93	17.59	10	1425	13:10
444	300	900	16.50	21.56	19.68	13.02	17.69	10	1435	13:20
444	300	900	16.50	21.58	19.70	13.04	17.71	10	1445	13:30
480	325	975	18.32	24.70	22.37	14.41	19.95	10	1455	13:40
480	325	975	18.38	24.95	22.52	14.45	20.08	5	1460	13:45
480	325	975	18.44	25.05	22.61	14.48	20.15	5	1465	13:50
480	325	975	18.51	25.35	22.90	14.57	20.33	10	1475	14:00
480	325	975	18.58	25.46	23.01	14.59	20.41	10	1485	14:10
480	325	975	18.60	25.53	23.08	14.60	20.45	10	1495	14:20
515	350	1,050					56.99	0	1495	14:20

		TARİH/Date	SAAT/Time
BAŞLAMA/Start		*30.03.2011*	*13:30*
BİTİŞ/Finish		*31.03.2011*	*14:20*

Çizelge B.7 : Ambarlı T1 deney sonuçları.

Tarih	Zaman Döngüsü	Saat	Manometre Okumaları (bar)	Eşdeğer Yük (Tons)	Oturma Okumaları (mm)				Ortalama Oturma (mm)	Notlar
					A	B	C	D		
04.08.2010	00:00	14:00	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
04.08.2010	00:00	14:00	36,0	60,0	0,12	0,10	0,04	0,11	-0,09	
04.08.2010	00:15	14:15	"	"	0,13	0,11	0,07	0,12	-0,11	
04.08.2010	00:30	14:30	"	"	0,12	0,12	0,09	0,11	-0,11	
04.08.2010	00:30	14:30	86,0	120,0	0,31	0,32	0,25	0,33	-0,30	
04.08.2010	00:45	14:45	"	"	0,35	0,34	0,27	0,33	-0,32	
04.08.2010	01:00	15:00	"	"	0,35	0,36	0,31	0,35	-0,34	
04.08.2010	01:00	15:00	138,0	180,0	0,61	0,62	0,57	0,61	-0,60	
04.08.2010	01:15	15:15	"	"	0,65	0,68	0,59	0,66	-0,65	
04.08.2010	01:30	15:30	"	"	0,67	0,70	0,63	0,68	-0,67	
04.08.2010	01:30	15:30	190,0	240,0	1,00	1,06	0,97	1,01	-1,01	
04.08.2010	01:45	15:45	"	"	1,04	1,09	0,99	1,03	-1,04	
04.08.2010	02:00	16:00	"	"	1,07	1,11	1,03	1,09	-1,08	32C
04.08.2010	02:00	16:00	242	300,0	1,51	1,44	1,64	1,50	-1,52	
04.08.2010	02:30	16:30	"	"	1,62	1,67	1,57	1,56	-1,61	
04.08.2010	03:00	17:00	"	"	1,66	1,76	1,60	1,60	-1,66	
04.08.2010	03:30	17:30	"	"	1,68	1,76	1,60	1,61	-1,66	
04.08.2010	04:00	18:00	"	"	1,69	1,78	1,66	1,63	-1,69	
04.08.2010	04:30	18:30	"	"	1,71	1,79	1,67	1,66	-1,71	
04.08.2010	05:00	19:00	"	"	1,74	1,80	1,69	1,68	-1,73	
04.08.2010	06:00	20:00	"	"	1,75	1,84	1,66	1,69	-1,74	28C
04.08.2010	07:00	21:00	"	"	1,76	1,85	1,66	1,69	-1,74	
04.08.2010	08:00	22:00	"	"	1,76	1,85	1,66	1,69	-1,74	
04.08.2010	08:00	22:00	190,0	240,0	1,61	1,72	1,57	1,53	-1,61	
04.08.2010	08:05	22:05	"	"	1,61	1,72	1,57	1,53	-1,61	
04.08.2010	08:10	22:10	"	"	1,61	1,72	1,57	1,53	-1,61	
04.08.2010	08:10	22:10	138,0	180,0	1,48	1,52	1,38	1,39	-1,44	27C
04.08.2010	08:15	22:15	"	"	1,47	1,47	1,37	1,37	-1,42	
04.08.2010	08:20	22:20	"	"	1,47	1,47	1,36	1,36	-1,42	
04.08.2010	08:20	22:20	86	120,0	1,25	1,24	1,13	1,15	-1,19	
04.08.2010	08:25	22:25	"	"	1,24	1,22	1,12	1,14	-1,18	
04.08.2010	08:30	22:30	"	"	1,23	1,22	1,12	1,13	-1,18	
04.08.2010	08:30	22:30	36,0	60,0	0,90	0,87	0,79	0,81	-0,84	
04.08.2010	08:35	22:35	"	"	0,88	0,86	0,77	0,79	-0,83	
04.08.2010	08:40	22:40	"	"	0,87	0,85	0,76	0,78	-0,82	
04.08.2010	08:40	22:40	0,0	0,0	0,65	0,62	0,56	0,54	-0,59	
04.08.2010	08:55	22:55	"	"	0,60	0,58	0,52	0,50	-0,55	
04.08.2010	09:10	23:10	"	"	0,59	0,55	0,51	0,49	-0,54	
04.08.2010	09:10	23:10	36	60	0,70	0,69	0,61	0,61	-0,65	
04.08.2010	09:25	23:25	"	"	0,70	0,69	0,61	0,61	-0,65	
04.08.2010	09:40	23:40	"	"	0,70	0,69	0,61	0,61	-0,65	
04.08.2010	09:40	23:40	86,0	120,0	1,00	1,06	0,96	0,91	-0,98	
04.08.2010	09:55	23:55	"	"	1,01	1,07	0,97	0,92	-0,99	
05.08.2010	10:10	00:10	"	"	1,01	1,07	0,97	0,92	-0,99	
05.08.2010	10:10	00:10	138,0	180,0	1,25	1,35	1,24	1,17	-1,25	
05.08.2010	10:25	00:25	"	"	1,26	1,36	1,25	1,18	-1,26	
05.08.2010	10:40	00:40	"	"	1,28	1,36	1,26	1,19	-1,27	
05.08.2010	10:40	00:40	190,0	240,0	1,49	1,64	1,51	1,41	-1,51	
05.08.2010	10:55	00:55	"	"	1,51	1,66	1,52	1,43	-1,53	
05.08.2010	11:10	01:10	"	"	1/5 1,52	1,68	1,53	1,44	-1,54	

Çizelge B.7 (devam): Ambarlı T1 deney sonuçları.

Tarih	Zaman Döngüsü	Saat	Manometre Okumaları (bar)	Eşdeğer Yük (Tons)	Oturma Okumaları (mm)				Ortalama Oturma (mm)	Notlar
					A	B	C	D		
05.08.2010	11:10	01:10	242	300,0	1,72	1,96	1,83	1,63	-1,79	
05.08.2010	11:25	01:25	"	"	1,72	1,97	1,85	1,65	-1,80	
05.08.2010	11:40	01:40	"	"	1,73	1,98	1,86	1,66	-1,81	
05.08.2010	11:40	01:40	294	360,0	2,17	2,45	2,21	2,04	-2,22	
05.08.2010	11:55	01:55	"	"	2,18	2,46	2,23	2,06	-2,23	
05.08.2010	12:10	02:10	"	"	2,19	2,47	2,25	2,07	-2,25	
05.08.2010	12:10	02:10	345	420,0	2,72	2,96	2,71	2,59	-2,75	
05.08.2010	12:25	02:25	"	"	2,78	3,00	2,75	2,61	-2,79	
05.08.2010	12:40	02:40	"	"	2,83	3,06	2,81	2,71	-2,85	
05.08.2010	12:40	02:40	397	480,0	3,60	3,81	3,51	3,41	-3,58	
05.08.2010	12:55	02:55	"	"	3,73	3,91	3,61	3,53	-3,70	
05.08.2010	13:10	03:10	"	"	3,80	3,96	3,66	3,59	-3,75	
05.08.2010	13:10	03:10	449	540,0	4,35	4,53	4,23	4,13	-4,31	
05.08.2010	13:25	03:25	"	"	4,50	4,69	4,33	4,28	-4,45	
05.08.2010	13:40	03:40	"	"	4,53	4,76	4,36	4,31	-4,49	
05.08.2010	13:40	03:40	501	600,0	5,37	5,61	5,23	5,12	-5,33	
05.08.2010	14:10	04:10	"	"	5,57	5,81	5,39	5,29	-5,52	
05.08.2010	14:40	04:40	"	"	5,63	6,06	5,43	5,33	-5,61	
05.08.2010	15:10	05:10	"	"	5,67	5,93	5,49	5,37	-5,62	
05.08.2010	15:40	05:40	"	"	5,68	5,94	5,50	5,38	-5,63	
05.08.2010	16:10	06:10	"	"	5,70	5,96	5,51	5,39	-5,64	
05.08.2010	16:40	06:40	"	"	5,71	5,97	5,53	5,41	-5,66	
05.08.2010	17:40	07:40	"	"	5,72	5,99	5,55	5,42	-5,67	
05.08.2010	18:40	08:40	"	"	5,74	6,03	5,59	5,48	-5,71	29C
05.08.2010	19:40	09:40	"	"	5,77	6,06	5,63	5,41	-5,72	
05.08.2010	20:40	10:40	"	"	5,78	6,07	5,62	5,50	-5,74	
05.08.2010	21:40	11:40	"	"	5,80	6,11	5,63	5,51	-5,76	30C
05.08.2010	22:40	12:40	"	"	5,80	6,11	5,66	5,51	-5,77	
05.08.2010	23:40	13:40	"	"	5,81	6,14	5,68	5,51	-5,79	
05.08.2010	24:40	14:40	"	"	5,81	6,15	5,70	5,52	-5,80	
05.08.2010	25:40	15:40	"	"	5,82	6,17	5,71	5,52	-5,81	
05.08.2010	26:40	16:40	"	"	5,82	6,17	5,72	5,54	-5,81	
05.08.2010	26:40	16:40	449	540	5,80	6,16	5,71	5,51	-5,80	
05.08.2010	26:45	16:40	"	"	5,80	6,16	5,71	5,51	-5,80	
05.08.2010	26:50	16:45	"	"	5,80	6,15	5,71	5,51	-5,79	
05.08.2010	26:50	16:50	449	480	5,50	5,88	5,44	5,28	-5,53	
05.08.2010	26:55	16:50	"	"	5,49	5,87	5,44	5,26	-5,52	
05.08.2010	27:00:00	16:55	"	"	5,49	5,86	5,43	5,25	-5,51	
05.08.2010	27:00:00	17:00	345	420	5,33	5,58	5,17	5,01	-5,27	
05.08.2010	27:05:00	17:00	"	"	5,33	5,58	5,16	5,01	-5,27	
05.08.2010	27:10:00	17:05	"	"	5,32	5,57	5,15	5,01	-5,26	
05.08.2010	27:10:00	17:10	294	360	4,97	5,22	4,81	4,64	-4,91	
05.08.2010	27:15:00	17:10	"	"	4,96	5,21	4,80	4,62	-4,90	
05.08.2010	27:20:00	17:15	"	"	4,95	5,21	4,79	4,62	-4,89	
05.08.2010	27:20:00	17:20	242	300	4,75	4,95	4,56	4,41	-4,67	
05.08.2010	27:25:00	17:20	"	"	4,73	4,90	4,56	4,41	-4,65	
05.08.2010	27:30:00	17:25	"	"	4,71	4,90	4,54	4,39	-4,64	
05.08.2010	27:35:00	17:30	190	240	4,71	4,88	4,53	4,35	-4,62	
05.08.2010	27:40:00	17:35	"	"	4,30	4,48	3,17	4,01	-3,99	
05.08.2010	27:40:00	17:40	"	"	2/5 4,30	4,46	3,15	3,99	-3,98	

Çizelge B.7 (devam): Ambarlı T1 Deney sonuçları.

Tarih	Zaman Döngüsü	Saat	Manometre Okumaları (bar)	Eşdeğer Yük (Tons)	Oturma Okumaları (mm)				Ortalama Oturma (mm)	Notlar
					A	B	C	D		
05.08.2010	27:45:00	17:40	449,0	180,0	3,85	3,96	2,91	3,48	-3,55	
05.08.2010	27:50:00	17:45	"	"	3,83	3,93	2,90	3,48	-3,54	
05.08.2010	27:50:00	17:50	"	"	3,78	3,89	2,89	3,45	-3,50	
05.08.2010	27:55:00	17:50	86,0	120,0	3,34	3,42	2,33	2,98	-3,02	
05.08.2010	28:00:00	17:55	"	"	3,28	3,39	2,31	2,95	-2,98	
05.08.2010	28:00:00	18:00	"	"	3,28	3,39	2,31	2,94	-2,98	
05.08.2010	28:05:00	18:00	36,0	60,0	3,03	3,09	1,81	2,72	-2,66	
05.08.2010	28:10:00	18:05	"	"	3,01	3,07	1,81	2,71	-2,65	
05.08.2010	28:10:00	18:10	"	"	3,00	3,06	1,80	2,70	-2,64	
05.08.2010	28:25:00	18:10	0,0	0,0	2,21	2,32	1,06	1,86	-1,86	
05.08.2010	28:40:00	18:25	"	"	2,04	2,11	0,92	1,74	-1,70	
05.08.2010	28:55:00	18:40	"	"	2,04	2,03	0,85	1,66	-1,65	
05.08.2010	28:55:00	18:55	"	"	2,03	2,03	0,85	1,65	-1,64	
05.08.2010	29:10:00	18:55	36,0	60,0	2,17	2,24	1,04	1,89	-1,84	
05.08.2010	29:25:00	19:10	"	"	2,19	2,25	1,04	1,89	-1,84	
05.08.2010	29:25:00	19:25	"	"	2,19	2,25	1,04	1,89	-1,84	
05.08.2010	29:40:00	19:25	86,0	120,0	2,55	2,66	1,45	2,26	-2,23	
05.08.2010	29:55:00	19:40	"	"	2,56	2,67	1,46	2,27	-2,24	
05.08.2010	29:55:00	19:55	"	"	2,56	2,67	1,46	2,28	-2,24	
05.08.2010	30:10:00	19:55	138,0	180,0	2,96	3,11	1,86	2,63	-2,64	
05.08.2010	30:25:00	20:10	"	"	2,97	3,16	2,86	2,66	-2,91	
05.08.2010	30:25:00	20:25	"	"	2,97	3,16	2,86	2,66	-2,91	
05.08.2010	30:40:00	20:25	190,0	240,0	3,37	3,59	3,09	3,09	-3,29	
05.08.2010	30:55:00	20:40	"	"	3,39	3,61	3,21	3,10	-3,33	
05.08.2010	30:55:00	20:55	"	"	3,40	3,62	3,31	3,11	-3,36	30C
05.08.2010	31:10:00	20:55	242,0	300,0	3,78	4,08	3,73	3,51	-3,78	
05.08.2010	31:25:00	21:10	"	"	3,81	4,09	3,75	3,51	-3,79	
05.08.2010	31:25:00	21:25	"	"	3,81	4,13	3,76	3,53	-3,81	
05.08.2010	31:40:00	21:25	294,0	360,0	4,30	4,63	4,26	4,01	-4,30	
05.08.2010	31:55:00	21:40	"	"	4,32	4,66	4,31	4,03	-4,33	
05.08.2010	31:55:00	21:55	"	"	4,33	4,66	4,32	4,04	-4,34	
05.08.2010	32:10:00	21:55	345,0	420,0	4,70	5,09	4,71	4,43	-4,73	
05.08.2010	32:25:00	22:10	"	"	4,72	5,11	4,73	4,45	-4,75	
05.08.2010	32:25:00	22:25	"	"	4,75	5,15	4,77	4,49	-4,79	
05.08.2010	32:40:00	22:25	397,0	480,0	5,18	5,57	5,17	4,87	-5,20	
05.08.2010	32:55:00	22:40	"	"	5,21	5,62	5,20	4,91	-5,24	
05.08.2010	32:55:00	22:55	"	"	5,25	5,67	5,22	4,94	-5,27	
05.08.2010	33:10:00	22:55	449,0	540,0	6,57	6,02	6,54	5,29	-6,11	
05.08.2010	33:25:00	23:10	"	"	6,60	6,07	6,59	5,31	-6,14	
05.08.2010	33:25:00	23:25	"	"	6,61	6,09	6,61	5,60	-6,23	
05.08.2010	33:40:00	23:25	501,0	600,0	7,14	6,67	7,15	5,81	-6,69	
05.08.2010	33:55:00	23:40	"	"	7,20	6,69	7,18	5,85	-6,73	
05.08.2010	33:55:00	23:55	"	"	7,25	6,71	7,21	5,89	-6,77	
05.08.2010	34:10:00	23:55	552,0	660,0	7,78	7,21	7,43	6,72	-7,29	
06.08.2010	34:25:00	00:10	"	"	7,90	7,36	7,51	6,89	-7,42	
06.08.2010	34:25:00	00:25	"	"	7,80	7,41	7,51	7,11	-7,46	28C
06.08.2010	34:40:00	00:25	604,0	720,0	8,03	8,46	8,91	7,64	-8,26	
06.08.2010	34:55:00	00:40	"	"	8,26	8,71	9,17	7,79	-8,48	
06.08.2010	34:55:00	00:55	"	"	8,30	8,66	9,20	7,81	-8,49	
06.08.2010	35:25:00	00:55	673,0	800,0	10,21	10,71	10,11	10,71	-10,44	27C

Çizelge B.7 (devam): Ambarlı T1 deney sonuçları.

Tarih	Zaman Döngüsü	Saat	Manometre Okumaları (bar)	Eşdeğer Yük (Tons)	Oturma Okumaları (mm)				Ortalama Oturma (mm)	Notlar
					A	B	C	D		
06.08.2010	35:55:00	01:25	"	"	10,53	11,04	10,31	11,01	-10,72	
06.08.2010	36:25:00	01:55	"	"	10,70	11,09	11,34	11,05	-11,05	
06.08.2010	36:55:00	02:25	"	"	11,00	11,14	11,38	11,09	-11,15	
06.08.2010	37:25:00	02:55	"	"	11,20	11,18	11,41	11,13	-11,23	
06.08.2010	37:55:00	03:25	"	"	11,35	11,22	11,45	11,17	-11,30	
06.08.2010	38:25:00	03:55	"	"	11,50	11,26	11,49	11,21	-11,37	
06.08.2010	38:55:00	04:55	"	"	11,65	11,29	11,53	11,25	-11,43	
06.08.2010	39:55:00	05:55	"	"	11,80	11,33	11,56	11,27	-11,49	
06.08.2010	40:55:00	06:55	"	"	11,90	11,36	11,58	11,29	-11,53	
06.08.2010	41:55:00	07:55	"	"	11,93	11,40	11,60	11,33	-11,57	
06.08.2010	42:55:00	08:55	"	"	11,95	11,44	11,62	11,37	-11,60	
06.08.2010	43:55:00	09:55	"	"	11,97	11,48	11,64	11,42	-11,63	
06.08.2010	44:55:00	10:55	"	"	11,98	11,51	11,66	11,45	-11,65	
06.08.2010	45:55:00	11:55	"	"	11,99	11,53	11,69	11,47	-11,67	
06.08.2010	46:55:00	12:55	"	"	11,99	11,55	11,71	11,48	-11,68	
06.08.2010	46:55:00	12:55	604,0	720,0	11,89	11,39	11,56	11,36	-11,55	
06.08.2010	47:00:00	13:00	"	"	11,80	11,37	11,54	11,34	-11,51	
06.08.2010	47:05:00	13:05	"	"	11,77	11,35	11,52	11,00	-11,41	
06.08.2010	47:05:00	13:05	552,0	660,0	11,75	11,24	11,41	11,16	-11,39	
06.08.2010	47:10:00	13:10	"	"	11,73	11,22	11,38	11,14	-11,37	
06.08.2010	47:15:00	13:15	"	"	11,70	11,20	11,36	11,12	-11,35	
06.08.2010	47:15:00	13:15	501,0	600,0	11,59	11,09	11,24	11,01	-11,23	
06.08.2010	47:20:00	13:20	"	"	11,57	11,08	11,23	11,00	-11,22	
06.08.2010	47:25:00	13:25	"	"	11,55	11,07	11,22	10,98	-11,21	
06.08.2010	47:25:00	13:25	449,0	540,0	11,30	11,76	10,91	10,69	-11,17	
06.08.2010	47:30:00	13:30	"	"	11,28	11,75	10,90	10,68	-11,15	
06.08.2010	47:35:00	13:35	"	"	11,26	11,74	10,89	10,66	-11,14	
06.08.2010	47:35:00	13:35	397,0	480,0	10,96	10,39	10,56	10,36	-10,57	
06.08.2010	47:40:00	13:40	"	"	10,94	10,38	10,55	10,35	-10,56	
06.08.2010	47:45:00	13:45	"	"	10,92	10,37	10,54	10,34	-10,54	
06.08.2010	47:45:00	13:45	345,0	420,0	10,50	9,91	10,14	9,91	-10,12	
06.08.2010	47:50:00	13:50	"	"	10,48	9,90	10,13	9,90	-10,10	
06.08.2010	47:55:00	13:55	"	"	10,46	9,89	10,12	9,89	-10,09	
06.08.2010	47:55:00	13:55	294,0	360,0	9,95	9,31	9,51	9,29	-9,52	
06.08.2010	48:00:00	14:00	"	"	9,92	9,30	9,50	9,28	-9,50	
06.08.2010	48:05:00	14:05	"	"	9,90	9,29	9,49	9,27	-9,49	
06.08.2010	48:05:00	14:05	242,0	300,0	9,40	8,96	7,98	8,81	-8,79	
06.08.2010	48:10:00	14:10	"	"	9,38	8,95	7,97	8,80	-8,78	
06.08.2010	48:15:00	14:15	"	"	9,36	8,94	7,96	8,78	-8,76	
06.08.2010	48:15:00	14:15	190,0	240,0	8,73	8,46	7,34	8,06	-8,15	
06.08.2010	48:20:00	14:20	"	"	8,71	8,45	7,33	8,05	-8,14	
06.08.2010	48:25:00	14:25	"	"	8,69	8,44	7,32	8,04	-8,12	
06.08.2010	48:25:00	14:25	138,0	180,0	8,00	8,26	6,51	7,31	-7,52	
06.08.2010	48:30:00	14:30	"	"	7,98	8,25	6,50	7,30	-7,51	
06.08.2010	48:35:00	14:35	"	"	7,96	8,24	6,49	7,29	-7,50	
06.08.2010	48:35:00	14:35	86,0	120,0	7,30	7,56	5,86	6,66	-6,85	
06.08.2010	48:40:00	14:40	"	"	7,28	7,55	5,85	6,65	-6,83	
06.08.2010	48:45:00	14:45	"	"	7,26	7,54	5,84	6,64	-6,82	

4/5

Çizelge B.7 (devam): Ambarlı T1 deney sonuçları.

Tarih	Zaman Döngüsü	Saat	Manometre Okumaları (bar)	Eşdeğer Yük (Tons)	Oturma Okumaları (mm)				Ortalama Oturma (mm)	Notlar
					A	B	C	D		
06.08.2010	48:45:00	14:45	36,0	60,0	6,70	5,96	4,26	5,03	-5,49	
06.08.2010	48:50:00	14:50	"	"	6,68	5,95	4,25	5,02	-5,48	
06.08.2010	48:55:00	14:55	"	"	6,66	5,94	4,24	5,01	-5,46	
06.08.2010	48:55:00	14:55	0,0	0,0	5,35	5,61	3,91	4,66	-4,88	
06.08.2010	49:00:00	15:00	"	"	5,33	5,60	3,90	4,65	-4,87	
06.08.2010	49:05:00	15:05	"	"	5,32	5,59	3,89	4,64	-4,86	
06.08.2010	49:10:00	15:10	"	"	5,31	5,58	3,88	4,63	-4,85	
06.08.2010	49:15:00	15:15	"	"	5,31	5,58	3,88	4,63	-4,85	

Çizelge B.8 : Ambarlı T2 deney sonuçları.

Tarih	Zaman Döngüsü	Saat	Manometre Okumaları (bar)	Eşdeğer Yük (Tons)	Oturma Okumaları (mm)				Ortalama Oturma (mm)	Notlar
					A	B	C	D		
13.08.2010	00:00	14:30	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
13.08.2010	00:00	14:30	36	60	0,19	0,17	0,19	0,19	0,19	
13.08.2010	00:15	14:45	"	"	0,22	0,20	0,22	0,22	0,22	
13.08.2010	00:30	15:00	"	"	0,26	0,25	0,26	0,25	0,26	
13.08.2010	00:30	15:00	86	120	0,39	0,36	0,39	0,37	0,38	
13.08.2010	00:45	15:15	"	"	0,40	0,39	0,40	0,40	0,40	
13.08.2010	01:00	15:30	"	"	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
13.08.2010	01:00	15:30	138	180	0,68	0,65	0,65	0,66	0,66	
13.08.2010	01:15	15:45	"	"	0,70	0,67	0,67	0,68	0,68	
13.08.2010	01:30	16:00	"	"	0,75	0,72	0,71	0,72	0,73	
13.08.2010	01:30	16:00	190	240	1,02	1,00	1,00	1,01	1,01	
13.08.2010	01:45	16:15	"	"	1,07	1,04	1,02	1,03	1,04	
13.08.2010	02:00	16:30	"	"	1,09	1,05	1,03	1,05	1,06	
13.08.2010	02:00	16:30	242	300	1,45	1,40	1,36	1,40	1,40	
13.08.2010	02:30	17:00	"	"	1,55	1,50	1,41	1,45	1,48	
13.08.2010	03:00	17:30	"	"	1,62	1,55	1,42	1,47	1,52	
13.08.2010	03:30	18:00	"	"	1,62	1,57	1,43	1,48	1,53	
13.08.2010	04:00	18:30	"	"	1,64	1,50	1,49	1,50	1,53	
13.08.2010	04:30	19:00	"	"	1,65	1,61	1,50	1,52	1,57	
13.08.2010	05:00	19:30	"	"	1,67	1,63	1,52	1,53	1,59	
13.08.2010	06:00	20:30	"	"	1,67	1,63	1,52	1,53	1,59	
13.08.2010	07:00	21:30	"	"	1,68	1,64	1,52	1,54	1,60	
13.08.2010	08:00	22:30	"	"	1,69	1,67	1,53	1,55	1,61	
13.08.2010	08:00	23:30	190	240	1,61	1,61	1,48	1,48	1,55	
13.08.2010	08:05	23:35	"	"	1,60	1,60	1,47	1,48	1,54	
13.08.2010	08:10	23:40	"	"	1,59	1,60	1,46	1,48	1,53	
13.08.2010	08:10	23:40	138	180	1,43	1,45	1,32	1,33	1,38	
13.08.2010	08:15	23:45	"	"	1,42	1,44	1,30	1,30	1,37	
13.08.2010	08:20	23:50	"	"	1,42	1,44	1,30	1,30	1,37	
13.08.2010	08:20	23:50	86	120	1,11	1,15	0,98	1,00	1,06	
13.08.2010	08:25	23:55	"	"	1,09	1,14	0,97	0,98	1,05	
14.08.2010	08:30	00:00	"	"	1,09	1,14	0,96	0,98	1,04	
14.08.2010	08:30	00:00	36	60	0,80	0,90	0,70	0,72	0,78	
14.08.2010	08:35	00:05	"	"	0,80	0,89	0,68	0,69	0,77	
14.08.2010	08:40	00:10	"	"	0,80	0,89	0,68	0,69	0,77	
14.08.2010	08:40	00:10	0	0	0,56	0,62	0,42	0,46	0,52	
14.08.2010	08:55	00:25	"	"	0,53	0,60	0,40	0,44	0,49	
14.08.2010	09:10	00:40	"	"	0,48	0,58	0,38	0,43	0,47	
14.08.2010	09:10	00:40	36	60	0,63	0,68	0,51	0,54	0,59	
14.08.2010	09:25	00:55	"	"	0,64	0,71	0,52	0,54	0,60	
14.08.2010	09:40	01:10	"	"	0,64	0,71	0,52	0,54	0,60	
14.08.2010	09:40	01:10	86	120	0,75	0,81	0,63	0,66	0,71	
14.08.2010	09:55	01:25	"	"	0,76	0,82	0,63	0,66	0,72	
14.08.2010	10:10	01:40	"	"	0,76	0,82	0,64	0,66	0,72	
14.08.2010	10:10	01:40	138	180	1,08	1,13	0,94	0,96	1,03	
14.08.2010	10:25	01:55	"	"	1,09	1,16	0,96	0,98	1,05	
14.08.2010	10:40	02:10	"	"	1,10	1,16	0,98	0,98	1,06	
14.08.2010	10:40	02:10	190	240	1,44	1,44	1,28	1,32	1,37	
14.08.2010	10:55	02:25	"	"	1,46	1,46	1,30	1,34	1,39	
14.08.2010	11:10	02:40	"	"	1,46	1,46	1,31	1,35	1,40	

1/5

Çizelge B.8 (devam): Ambarlı T2 deney sonuçları.

Tarih	Zaman Döngüsü	Saat	Manometre Okumaları (bar)	Eşdeğer Yük (Tons)	Oturma Okumaları (mm)				Ortalama Oturma (mm)	Notlar
					A	B	C	D		
14.08.2010	11:10	02:40	242	300	1,73	1,69	1,55	1,59	1,64	
14.08.2010	11:25	02:55	"	"	1,75	1,71	1,56	1,60	1,66	
14.08.2010	11:40	03:10	"	"	1,76	1,72	1,56	1,61	1,66	
14.08.2010	11:40	03:10	294	360	2,01	1,92	1,78	1,83	1,89	
14.08.2010	11:55	03:25	"	"	2,02	1,94	1,80	1,85	1,90	
14.08.2010	12:10	03:40	"	"	2,04	1,96	1,83	1,88	1,93	
14.08.2010	12:10	03:40	345	420	2,48	2,36	2,21	2,29	2,34	
14.08.2010	12:25	03:55	"	"	2,50	2,50	2,24	2,30	2,39	
14.08.2010	12:40	04:10	"	"	2,53	2,51	2,26	2,32	2,41	
14.08.2010	12:40	04:10	397	480	3,00	3,01	2,78	2,80	2,90	
14.08.2010	12:55	04:25	"	"	3,03	3,03	2,80	2,82	2,92	
14.08.2010	13:10	04:40	"	"	3,06	3,05	2,82	2,85	2,95	
14.08.2010	13:10	04:40	449	540	3,53	3,44	3,21	3,29	3,37	
14.08.2010	13:25	04:55	"	"	3,55	3,45	3,23	3,31	3,39	
14.08.2010	13:40	05:10	"	"	3,59	3,48	3,27	3,33	3,42	
14.08.2010	13:40	05:10	501	600	4,17	4,02	3,89	3,92	4,00	
14.08.2010	14:10	05:40	"	"	4,23	4,08	3,93	3,96	4,05	
14.08.2010	14:40	06:10	"	"	4,25	4,10	3,95	3,98	4,07	
14.08.2010	15:10	06:40	"	"	4,26	4,11	3,96	3,99	4,08	
14.08.2010	15:40	07:10	"	"	4,26	4,11	3,96	4,00	4,08	
14.08.2010	16:10	07:40	"	"	4,27	4,13	3,97	4,00	4,09	
14.08.2010	16:40	08:10	"	"	4,27	4,13	3,97	4,01	4,10	
14.08.2010	17:40	09:10	"	"	4,29	4,15	4,02	4,04	4,13	
14.08.2010	18:40	10:10	"	"	4,30	4,18	4,08	4,09	4,16	
14.08.2010	19:40	11:10	"	"	4,31	4,19	4,11	4,13	4,19	
14.08.2010	20:40	12:10	"	"	4,33	4,21	4,17	4,19	4,23	
14.08.2010	21:40	13:10	"	"	4,34	4,23	4,19	4,21	4,24	
14.08.2010	22:40	14:10	"	"	4,35	4,25	4,19	4,22	4,25	
14.08.2010	23:40	15:10	"	"	4,40	4,30	4,24	4,25	4,30	
14.08.2010	24:40	16:10	"	"	4,41	4,32	4,25	4,25	4,31	
14.08.2010	25:40	17:10	"	"	4,42	4,35	4,25	4,26	4,32	
14.08.2010	26:40	18:10	"	"	4,51	4,42	4,27	4,27	4,37	
14.08.2010	26:40	18:10	449	540	4,44	4,38	4,20	4,20	4,31	
14.08.2010	26:45	18:15	"	"	4,44	4,38	4,20	4,20	4,31	
14.08.2010	26:50	18:20	"	"	4,44	4,36	4,19	4,19	4,30	
14.08.2010	26:50	18:20	449	480	4,19	4,13	3,98	3,96	4,07	
14.08.2010	26:55	18:25	"	"	4,19	4,13	3,98	3,96	4,07	
14.08.2010	27:00	18:30	"	"	4,18	4,12	3,97	3,95	4,06	
14.08.2010	27:00	18:30	345	420	3,94	3,91	3,78	3,75	3,85	
14.08.2010	27:05	18:35	"	"	3,94	3,91	3,78	3,75	3,85	
14.08.2010	27:10	18:40	"	"	3,94	3,91	3,78	3,75	3,85	
14.08.2010	27:10	18:40	294	360	3,68	3,67	3,55	3,51	3,60	
14.08.2010	27:15	18:45	"	"	3,67	3,66	3,54	3,51	3,60	
14.08.2010	27:20	18:50	"	"	3,66	3,66	3,54	3,50	3,59	
14.08.2010	27:20	18:50	242	300	3,36	3,38	3,27	3,22	3,31	
14.08.2010	27:25	18:55	"	"	3,35	3,37	3,26	3,21	3,30	
14.08.2010	27:30	19:00	"	"	3,34	3,36	3,25	3,21	3,29	
14.08.2010	27:30	19:00	190	240	2,96	3,02	2,91	2,85	2,94	
14.08.2010	27:35	19:05	"	"	2,95	3,01	2,90	2,83	2,92	
14.08.2010	27:40	19:10	"	"	2/5 2,94	3,01	2,90	2,82	2,92	

Çizelge B.8 (devam): Ambarlı T2 deney sonuçları.

Tarih	Zaman Döngüsü	Saat	Manometre Okumaları (bar)	Eşdeğer Yük (Tons)	Oturma Okumaları (mm)				Ortalama Oturma (mm)	Notlar
					A	B	C	D		
14.08.2010	27:40	19:10	138	180	2,56	2,64	2,56	2,48	2,56	
14.08.2010	27:45	19:15	"	"	2,55	2,62	2,55	2,47	2,55	
14.08.2010	27:50	19:20	"	"	2,53	2,60	2,54	2,46	2,53	
14.08.2010	27:50	19:20	86	120	2,18	2,28	2,21	2,11	2,20	
14.08.2010	27:55	19:25	"	"	2,15	2,25	2,20	2,09	2,17	
14.08.2010	28:00	19:30	"	"	2,14	2,25	2,20	2,09	2,17	
14.08.2010	28:00	19:30	36	60	1,81	1,93	1,89	1,78	1,85	
14.08.2010	28:05	19:35	"	"	1,77	1,90	1,87	1,76	1,83	
14.08.2010	28:10	19:40	"	"	1,76	1,90	1,86	1,75	1,82	
14.08.2010	28:10	19:40	0	0	1,48	1,58	1,55	1,46	1,52	
14.08.2010	28:25	19:55	"	"	1,41	1,53	1,50	1,42	1,47	
14.08.2010	28:40	20:10	"	"	1,39	1,51	1,49	1,40	1,45	
14.08.2010	28:55	20:25	"	"	1,34	1,46	1,46	1,38	1,41	
14.08.2010	28:55	20:25	36	60	1,45	1,57	1,58	1,48	1,52	
14.08.2010	29:10	20:40	"	"	1,47	1,58	1,59	1,50	1,54	
14.08.2010	29:25	20:55	"	"	1,48	1,58	1,59	1,51	1,54	
14.08.2010	29:25	20:55	86	120	1,61	1,73	1,74	1,63	1,68	
14.08.2010	29:40	21:10	"	"	1,61	1,73	1,74	1,63	1,68	
14.08.2010	29:55	21:25	"	"	1,61	1,73	1,75	1,64	1,68	
14.08.2010	29:55	21:25	138	180	1,79	1,90	1,89	1,79	1,84	
14.08.2010	30:10	21:40	"	"	1,80	1,91	1,90	1,79	1,85	
14.08.2010	30:25	21:55	"	"	1,80	1,91	1,91	1,80	1,86	
14.08.2010	30:25	21:55	190	240	2,20	2,30	2,28	2,25	2,26	
14.08.2010	30:40	22:10	"	"	2,21	2,31	2,29	2,26	2,27	
14.08.2010	30:55	22:25	"	"	2,23	2,31	2,30	2,26	2,28	
14.08.2010	30:55	22:25	242	300	2,59	2,65	2,61	2,60	2,61	
14.08.2010	31:10	22:40	"	"	2,60	2,66	2,62	2,62	2,63	
14.08.2010	31:25	22:55	"	"	2,61	2,66	2,64	2,63	2,64	
14.08.2010	31:25	22:55	294	360	2,90	2,91	2,86	2,87	2,89	
14.08.2010	31:40	23:10	"	"	2,92	2,91	2,87	2,88	2,90	
14.08.2010	31:55	23:25	"	"	2,94	2,92	2,88	2,89	2,91	
14.08.2010	31:55	23:25	345	420	3,21	3,25	3,20	3,23	3,22	
14.08.2010	32:10	23:40	"	"	3,23	3,26	3,21	3,24	3,24	
14.08.2010	32:25	23:55	"	"	3,26	3,27	3,23	3,25	3,25	
15.08.2010	32:25	23:55	397	480	3,65	3,62	3,56	3,60	3,61	
15.08.2010	32:40	00:10	"	"	3,67	3,64	3,57	3,61	3,62	
15.08.2010	32:55	00:25	"	"	3,69	3,66	3,59	3,63	3,64	
15.08.2010	32:55	00:25	449	540	4,08	4,01	3,93	3,98	4,00	
15.08.2010	33:10	00:40	"	"	4,09	4,03	3,96	4,00	4,02	
15.08.2010	33:25	00:55	"	"	4,11	4,05	3,98	4,01	4,04	
15.08.2010	33:25	00:55	501	600	4,42	4,32	4,23	4,30	4,32	
15.08.2010	33:40	01:10	"	"	4,43	4,33	4,23	4,31	4,33	
15.08.2010	33:55	01:25	"	"	4,45	4,34	4,25	4,32	4,34	
15.08.2010	33:55	01:25	552	660	4,97	4,85	4,80	4,83	4,86	
15.08.2010	34:10	01:40	"	"	4,99	4,87	4,82	4,85	4,88	
15.08.2010	34:25	01:55	"	"	5,01	4,90	4,85	4,86	4,91	
15.08.2010	34:25	01:55	604	720	5,41	5,27	5,23	5,30	5,30	
15.08.2010	34:40	02:10	"	"	5,45	5,31	5,27	5,32	5,34	
15.08.2010	34:55	02:25	"	"	5,48	5,33	5,28	5,33	5,36	
15.08.2010	34:55	02:25	673	800	6,48	6,35	6,29	6,31	6,36	

3/5

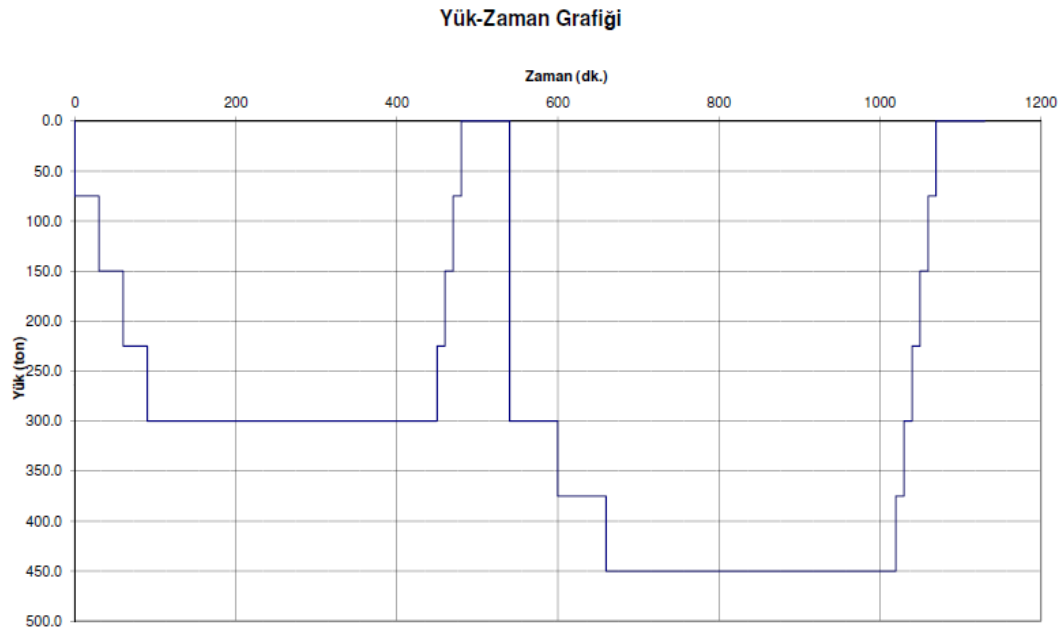
Çizelge B.8 (devam): Ambarlı T2 deney sonuçları.

Tarih	Zaman Döngüsü	Saat	Manometre Okumaları (bar)	Eşdeğer Yük (Tons)	Oturma Okumaları (mm)				Ortalama Oturma (mm)	Notlar
					A	B	C	D		
15.08.2010	35:25	02:55	"	"	6,51	6,39	6,34	6,32	6,39	
15.08.2010	35:55	03:25	"	"	6,51	6,40	6,35	6,32	6,40	
15.08.2010	36:25	03:55	"	"	6,51	6,41	6,37	6,33	6,41	
15.08.2010	36:55	04:25	"	"	6,51	6,41	6,37	6,33	6,41	
15.08.2010	37:25	04:55	"	"	6,51	6,41	6,37	6,34	6,41	
15.08.2010	37:55	05:25	"	"	6,52	6,41	6,38	6,34	6,41	
15.08.2010	38:55	06:25	"	"	6,52	6,42	6,38	6,34	6,42	
15.08.2010	39:55	07:25	"	"	6,53	6,42	6,39	6,34	6,42	
15.08.2010	40:55	08:25	"	"	6,54	6,43	6,41	6,35	6,43	
15.08.2010	41:55	09:25	"	"	6,55	6,44	6,41	6,37	6,44	
15.08.2010	42:55	10:25	"	"	6,56	6,45	6,42	6,38	6,45	
15.08.2010	43:55	11:25	"	"	6,57	6,46	6,44	6,40	6,47	
15.08.2010	44:55	12:25	"	"	6,59	6,48	6,46	6,43	6,49	
15.08.2010	45:55	13:25	"	"	6,60	6,50	6,49	6,45	6,51	
15.08.2010	46:55	14:25	"	"	6,60	6,51	6,49	6,46	6,52	
15.08.2010	46:55	14:25	604	720	6,51	6,45	6,42	6,40	6,45	
15.08.2010	47:00	14:30	"	"	6,50	6,44	6,41	6,39	6,44	
15.08.2010	47:05	14:35	"	"	6,50	6,44	6,41	6,39	6,44	
15.08.2010	47:05	14:35	552	660	6,46	6,39	6,36	6,33	6,39	
15.08.2010	47:10	14:40	"	"	6,45	6,38	6,35	6,33	6,38	
15.08.2010	47:15	14:45	"	"	6,45	6,38	6,35	6,33	6,38	
15.08.2010	47:15	14:45	501	600	6,21	6,16	6,15	6,11	6,16	
15.08.2010	47:20	14:50	"	"	6,20	6,16	6,14	6,10	6,15	
15.08.2010	47:25	14:55	"	"	6,20	6,15	6,14	6,10	6,15	
15.08.2010	47:25	14:55	449	540	5,92	5,90	5,89	5,84	5,89	
15.08.2010	47:30	15:00	"	"	5,91	5,90	5,89	5,83	5,88	
15.08.2010	47:35	15:05	"	"	5,91	5,89	5,89	5,83	5,88	
15.08.2010	47:35	15:05	397	480	5,61	5,61	5,62	5,56	5,60	
15.08.2010	47:40	15:10	"	"	5,61	5,60	5,61	5,55	5,59	
15.08.2010	47:45	15:15	"	"	5,60	5,60	5,60	5,54	5,59	
15.08.2010	47:45	15:15	345	420	5,30	5,29	5,31	5,21	5,28	
15.08.2010	47:50	15:20	"	"	5,27	5,28	5,30	5,20	5,26	
15.08.2010	47:55	15:25	"	"	5,27	5,28	5,29	5,20	5,26	
15.08.2010	47:55	15:25	294	360	4,90	4,94	4,95	4,85	4,91	
15.08.2010	48:00	15:30	"	"	4,88	4,92	4,94	4,85	4,90	
15.08.2010	48:05	15:35	"	"	4,87	4,90	4,94	4,83	4,89	
15.08.2010	48:05	15:35	242	300	4,47	4,54	4,56	4,44	4,50	
15.08.2010	48:10	15:40	"	"	4,44	4,50	4,54	4,43	4,48	
15.08.2010	48:15	15:45	"	"	4,43	4,49	4,53	4,43	4,47	
15.08.2010	48:15	15:45	190	240	4,15	4,20	4,23	4,14	4,18	
15.08.2010	48:20	15:50	"	"	4,12	4,16	4,20	4,11	4,15	
15.08.2010	48:25	15:55	"	"	4,12	4,15	4,19	4,10	4,14	
15.08.2010	48:25	15:55	138	180	3,70	3,75	3,77	3,68	3,73	
15.08.2010	48:30	16:00	"	"	3,68	3,72	3,75	3,67	3,71	
15.08.2010	48:35	16:05	"	"	3,66	3,70	3,74	3,65	3,69	
15.08.2010	48:35	16:05	86	120	3,20	3,27	3,31	3,21	3,25	
15.08.2010	48:40	16:10	"	"	3,18	3,25	3,29	3,20	3,23	
15.08.2010	48:45	16:15	"	"	3,17	3,24	3,29	3,19	3,22	

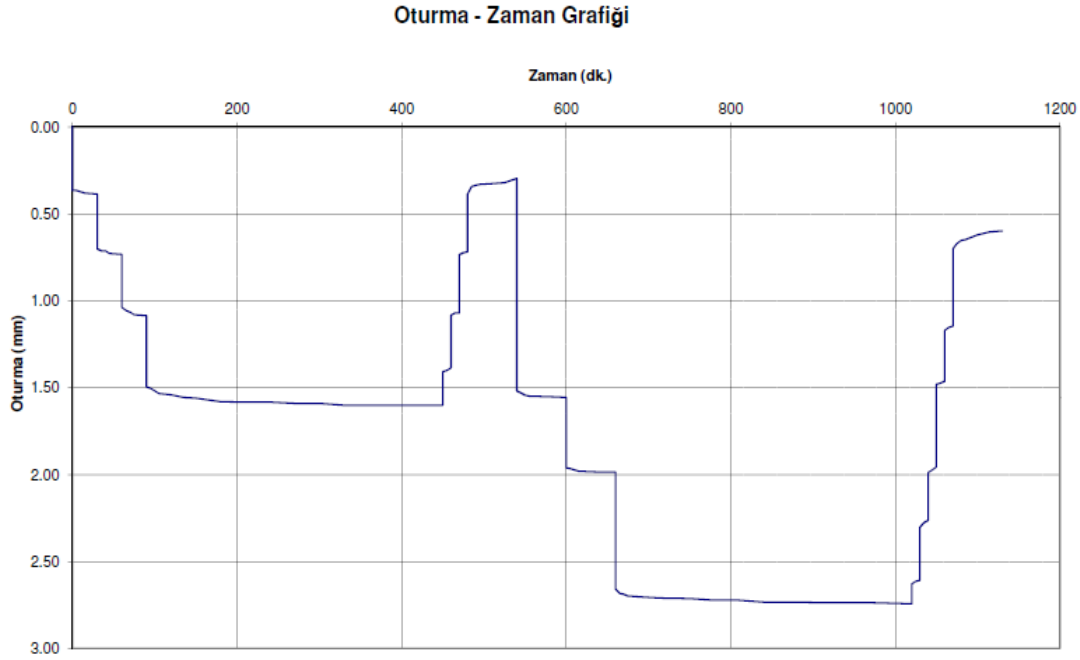
4/5

Çizelge B.8 (devam): Ambarlı T2 deney sonuçları.

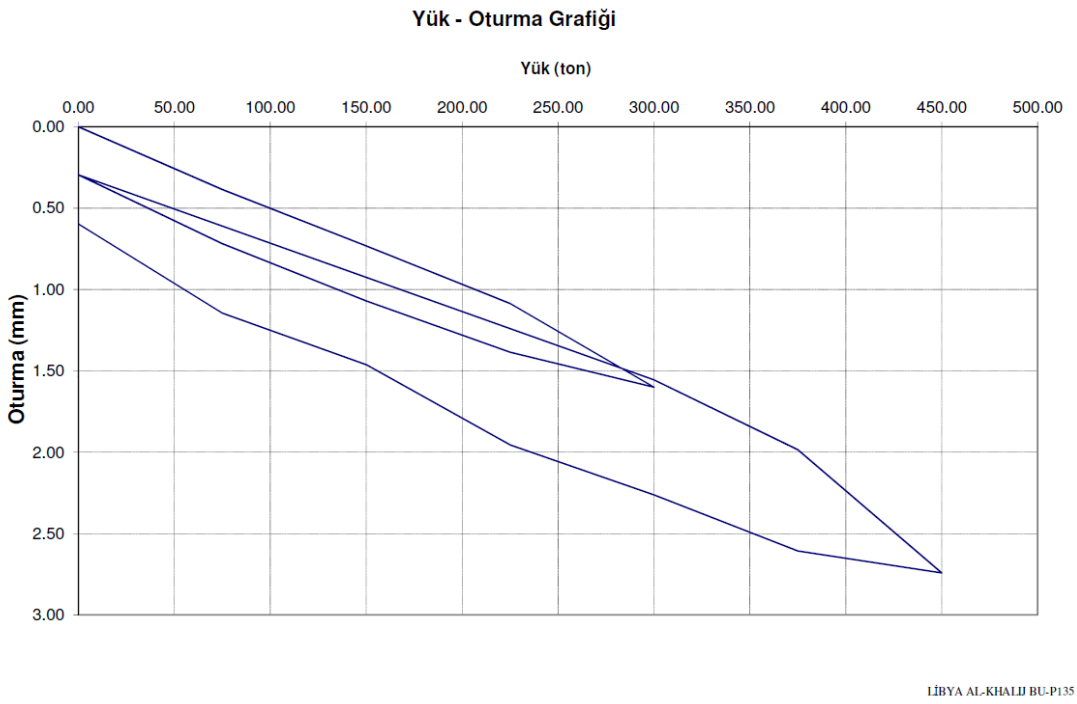
Tarih	Zaman Döngüsü	Saat	Manometre Okumaları (bar)	Eşdeğer Yük (Tons)	Oturma Okumaları (mm)				Ortalama Oturma (mm)	Notlar
					A	B	C	D		
15.08.2010	48:45	16:15	36	60	2,82	2,89	2,91	2,81	2,86	
15.08.2010	48:50	16:20	"	"	2,80	2,89	2,88	2,79	2,84	
15.08.2010	48:55	16:25	"	"	2,79	2,88	2,88	2,79	2,84	
15.08.2010	48:55	16:25	0	0	2,38	2,41	2,42	2,38	2,40	
15.08.2010	49:10	16:40	"	"	2,29	2,34	2,34	2,31	2,32	
15.08.2010	49:25	16:55	"	"	2,25	2,30	2,31	2,27	2,28	
15.08.2010	49:40	17:10	"	"	2,24	2,29	2,30	2,25	2,27	
15.08.2010	49:55	17:25	"	"	2,24	2,28	2,29	2,25	2,27	



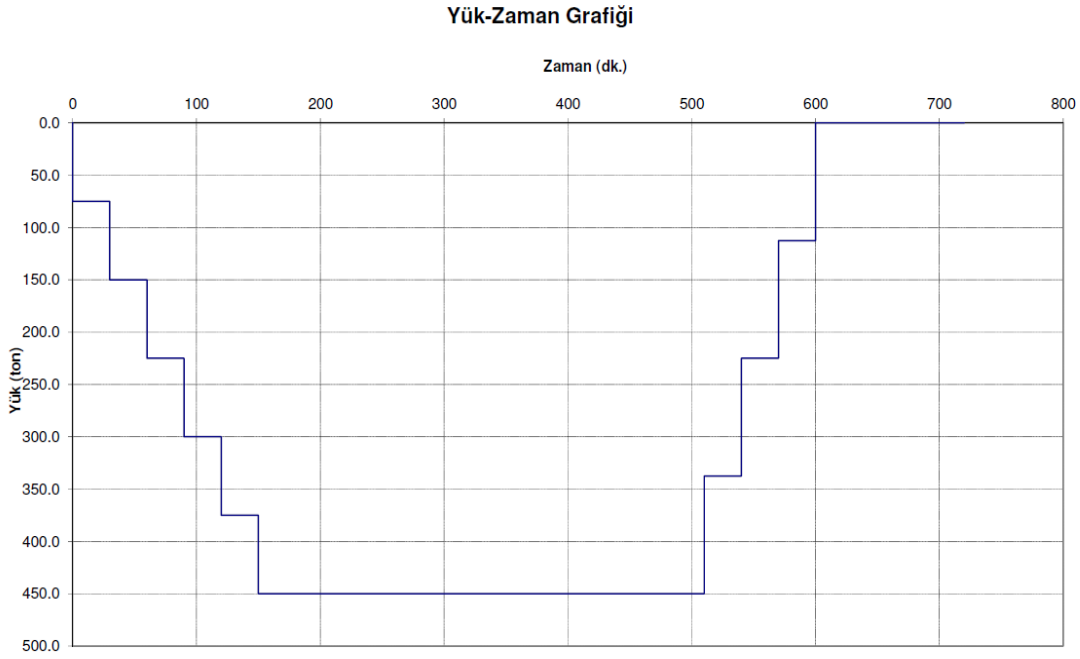
Şekil B.1 : Yük-Zaman grafiği (K2).



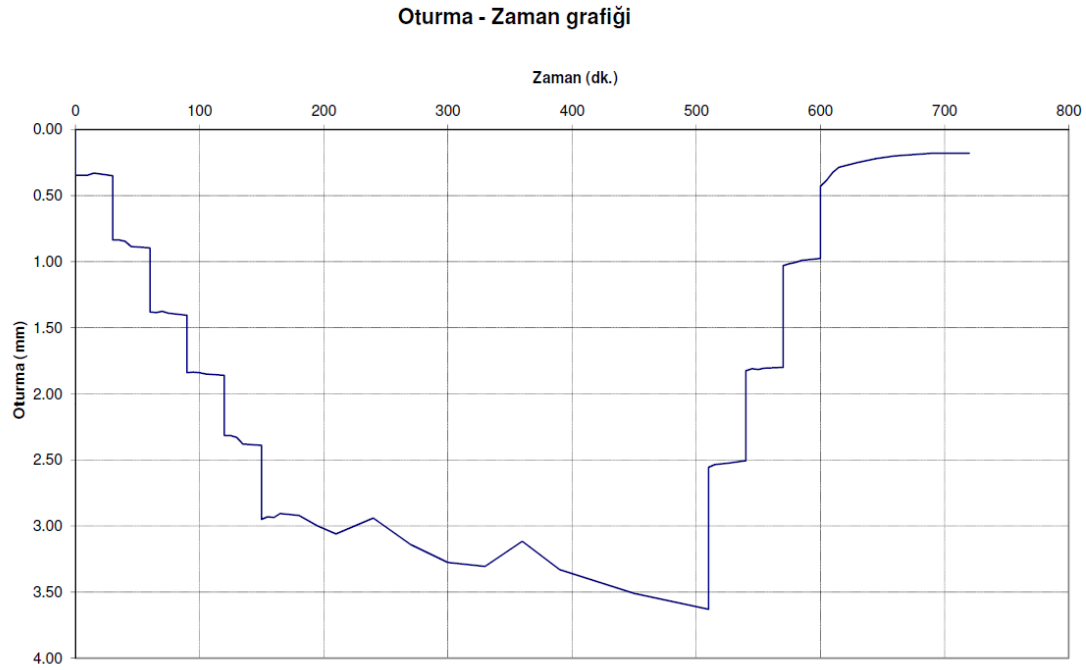
Şekil B.2 : Oturma-Zaman grafiği (K2).



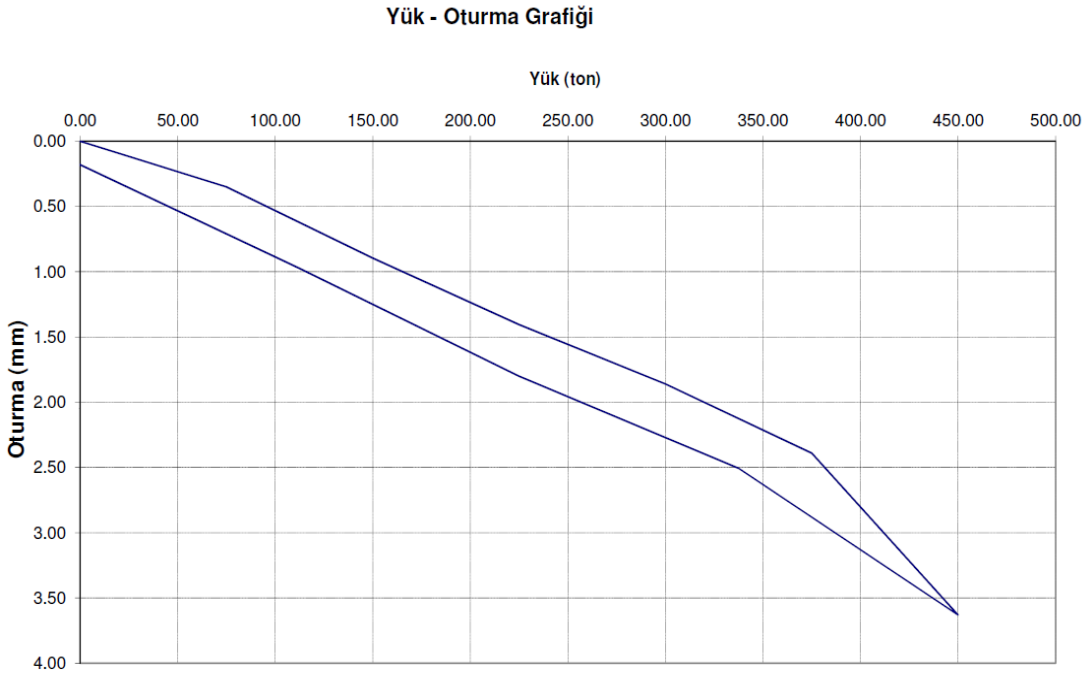
Şekil B.3 : Yük-Oturma grafiği (K2).



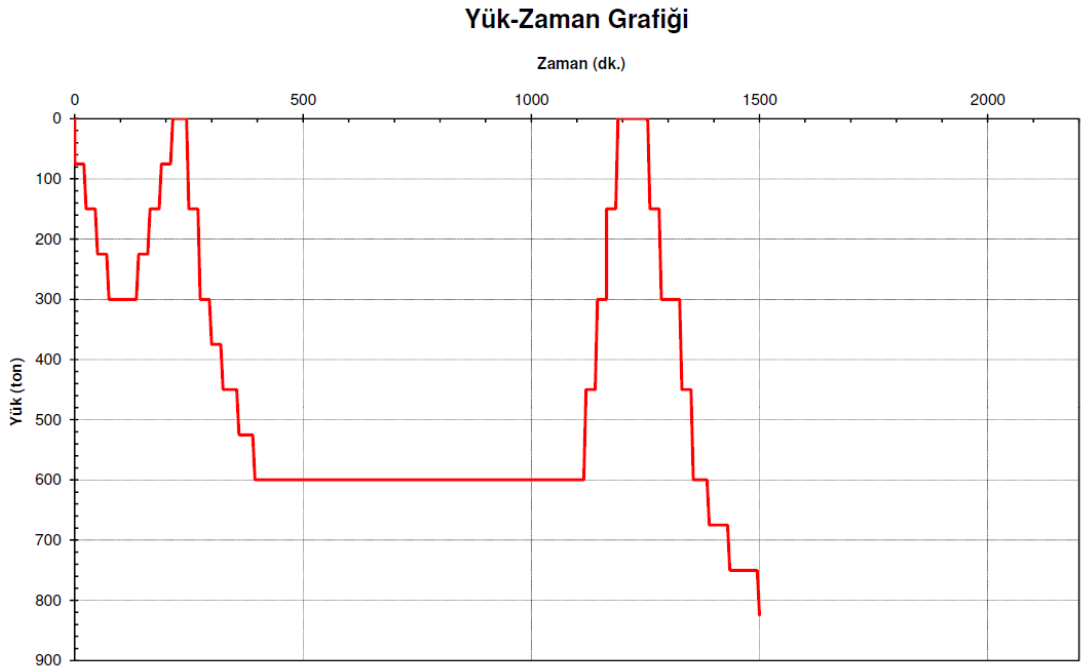
Şekil B.4 : Yük-Zaman grafiği (K1).



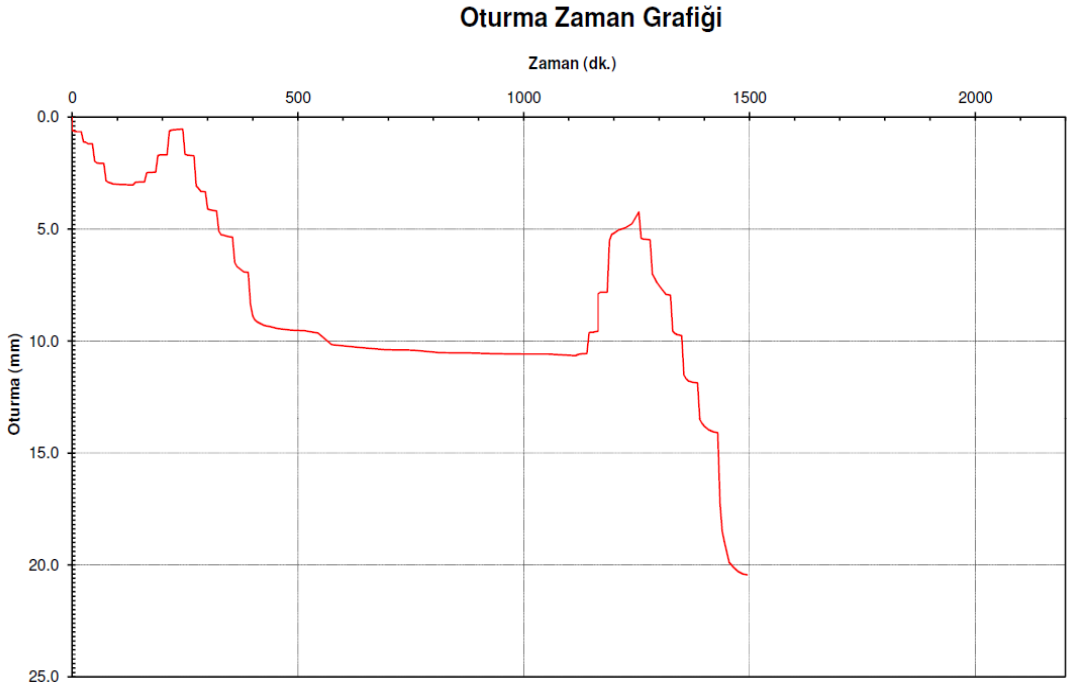
Şekil B.5 : Oturma-Zaman grafiği (K1).



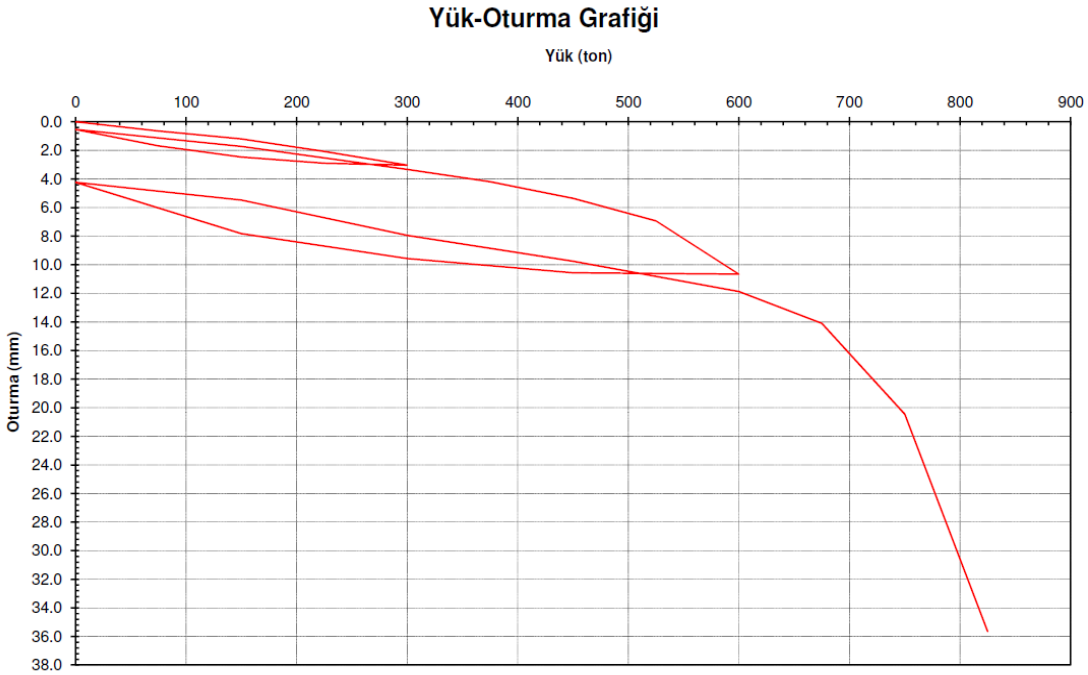
Şekil B.6 : Yük-Oturma grafiği (K1).



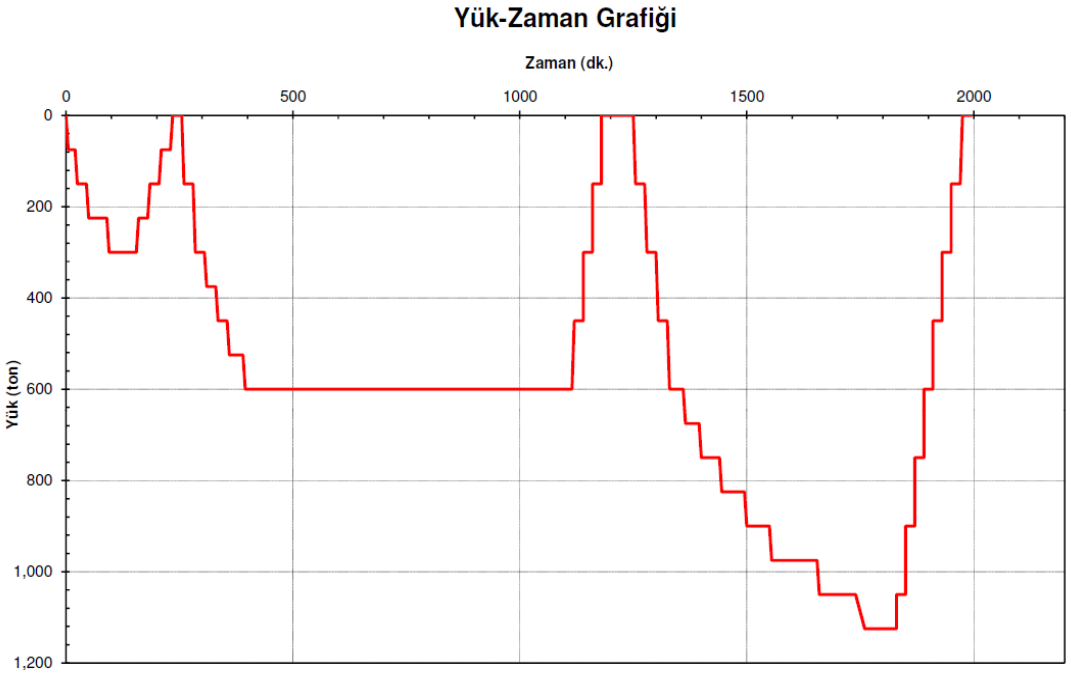
Şekil B.7 : Yük-Zaman grafiği (P1).



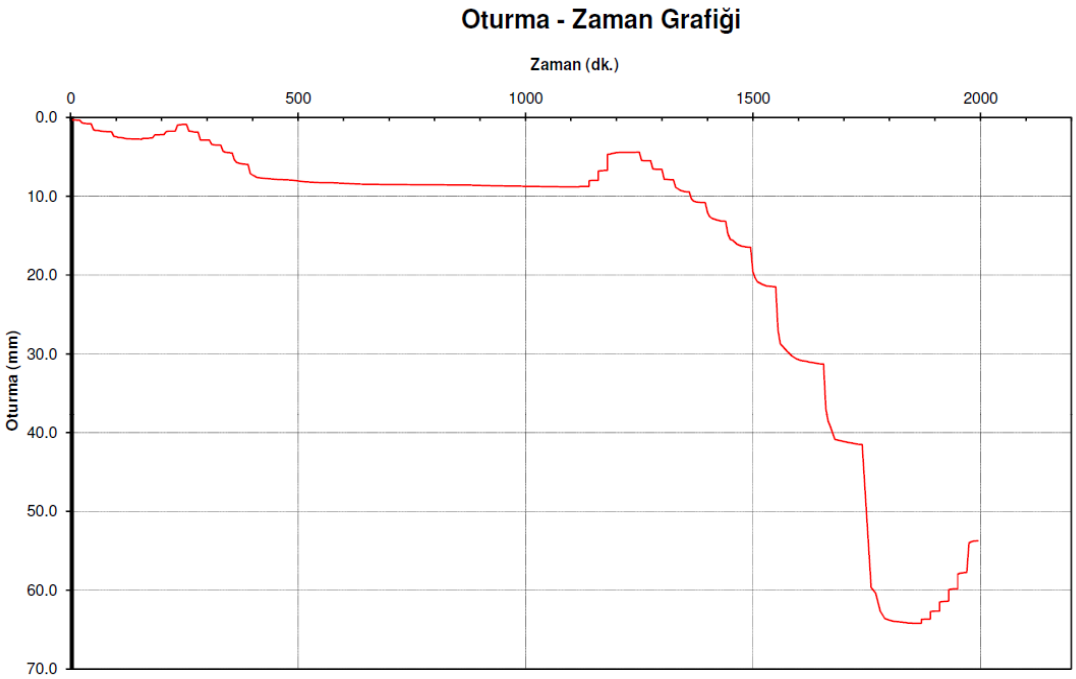
Şekil B.8 : Oturma-Zaman grafiği (P1).



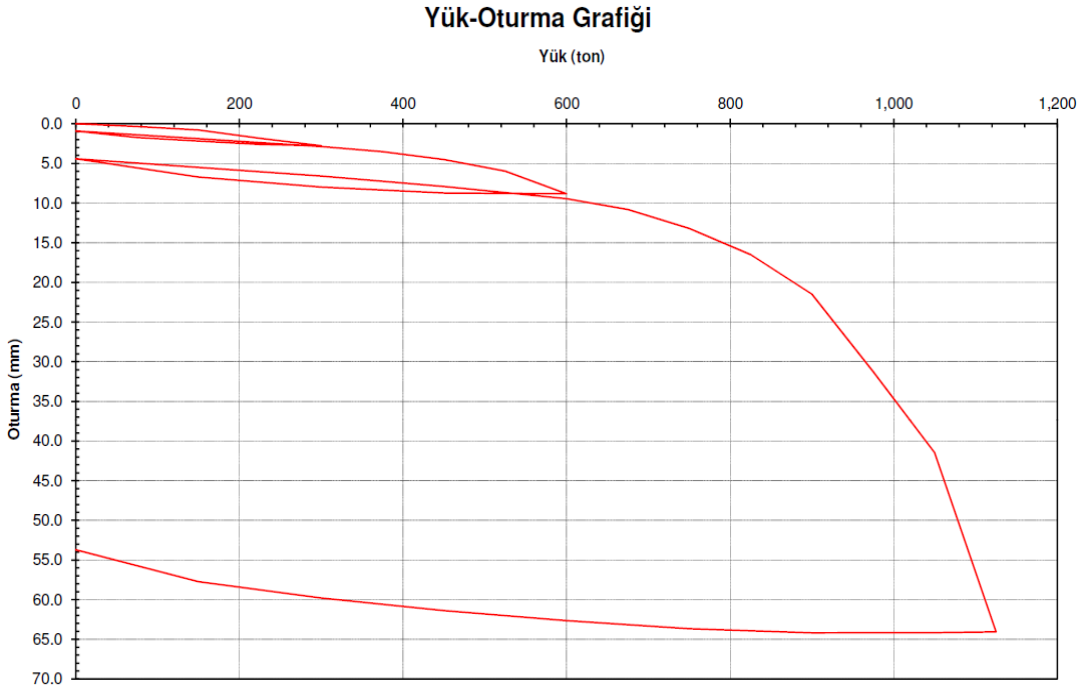
Şekil B.9 : Yük-Oturma grafiği (P1).



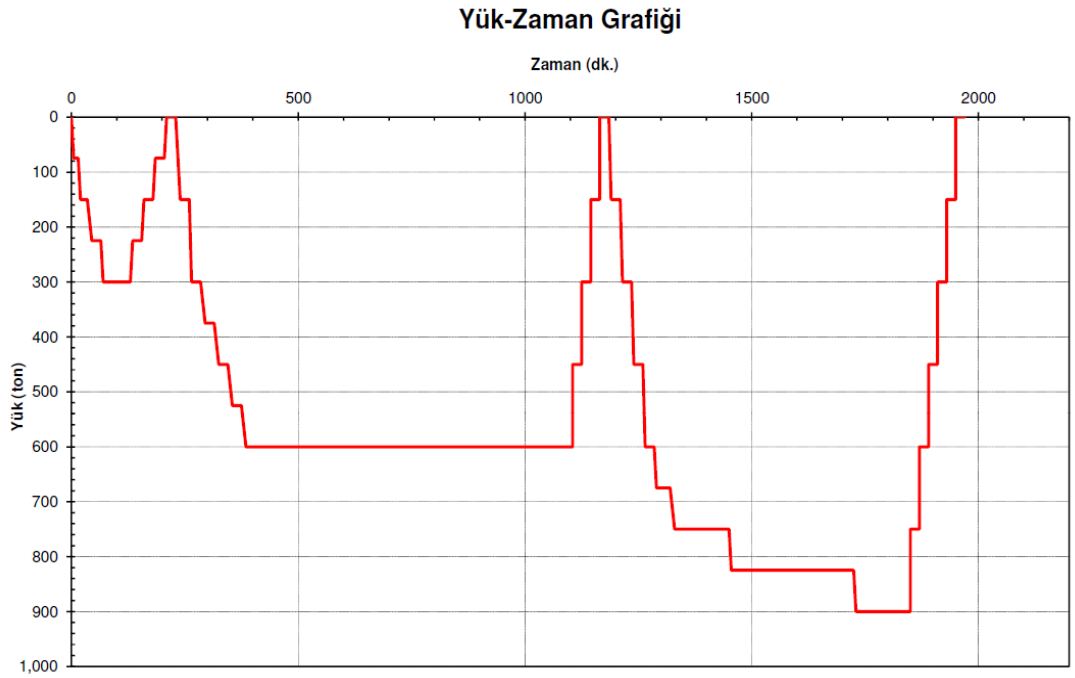
Şekil B.10 : Yük-Zaman grafiği (P2).



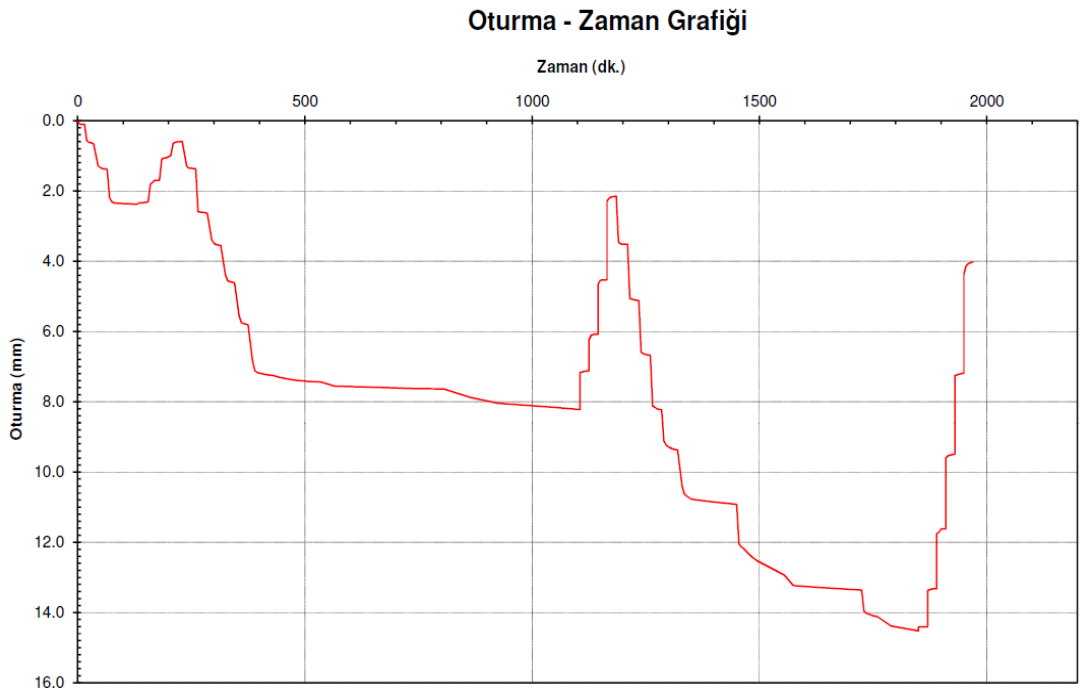
Şekil B.11 : Oturma-Zaman grafiği (P2).



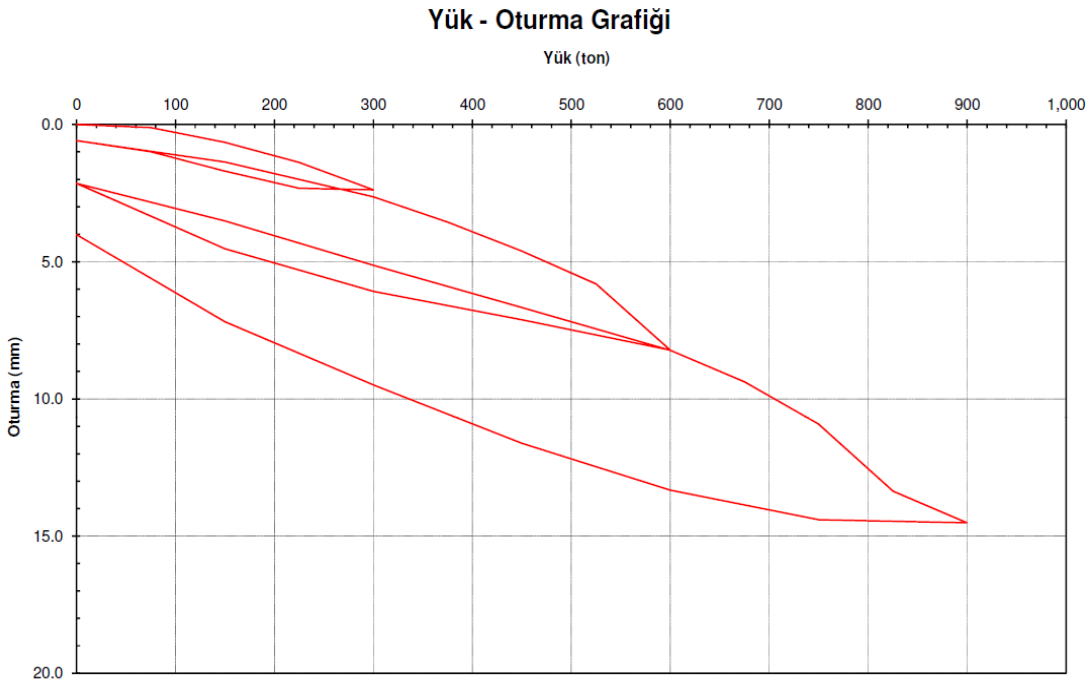
Şekil B.12 : Yük-Oturma grafiği (P2).



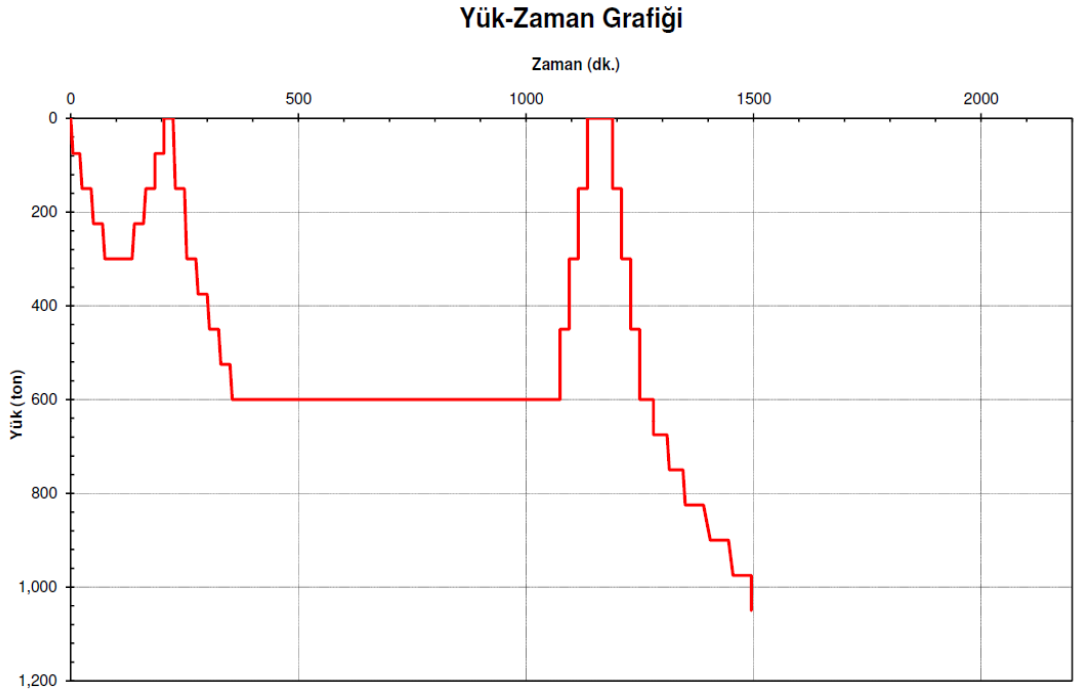
Şekil B.13 : Yük-Zaman grafiği (P3).



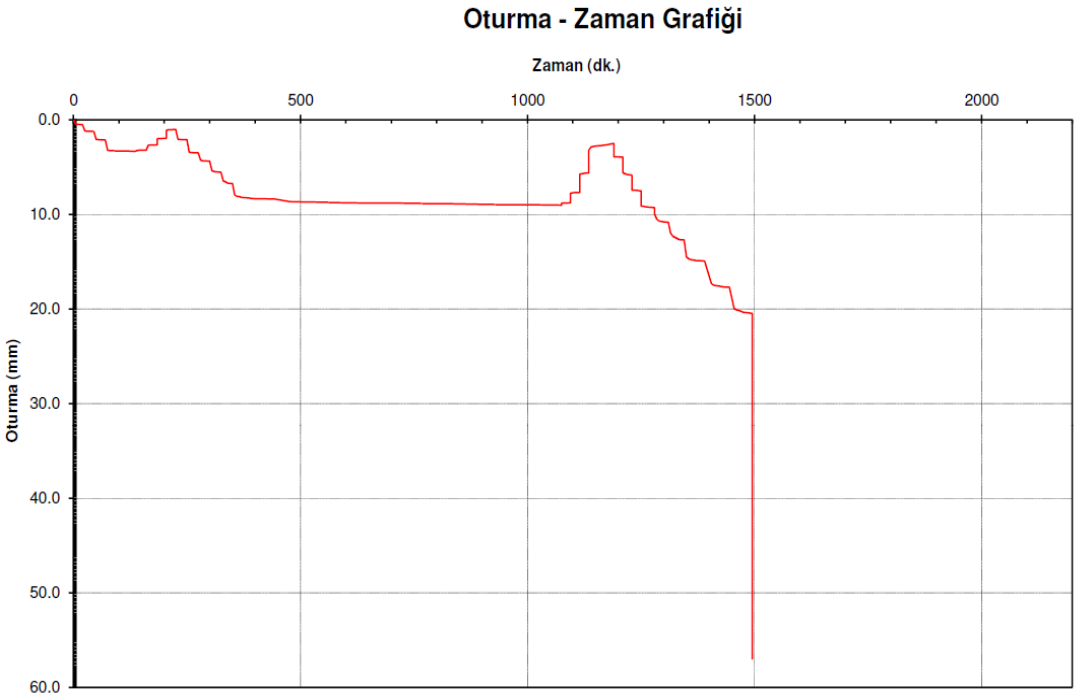
Şekil B.14 : Oturma-Zaman grafiği (P3).



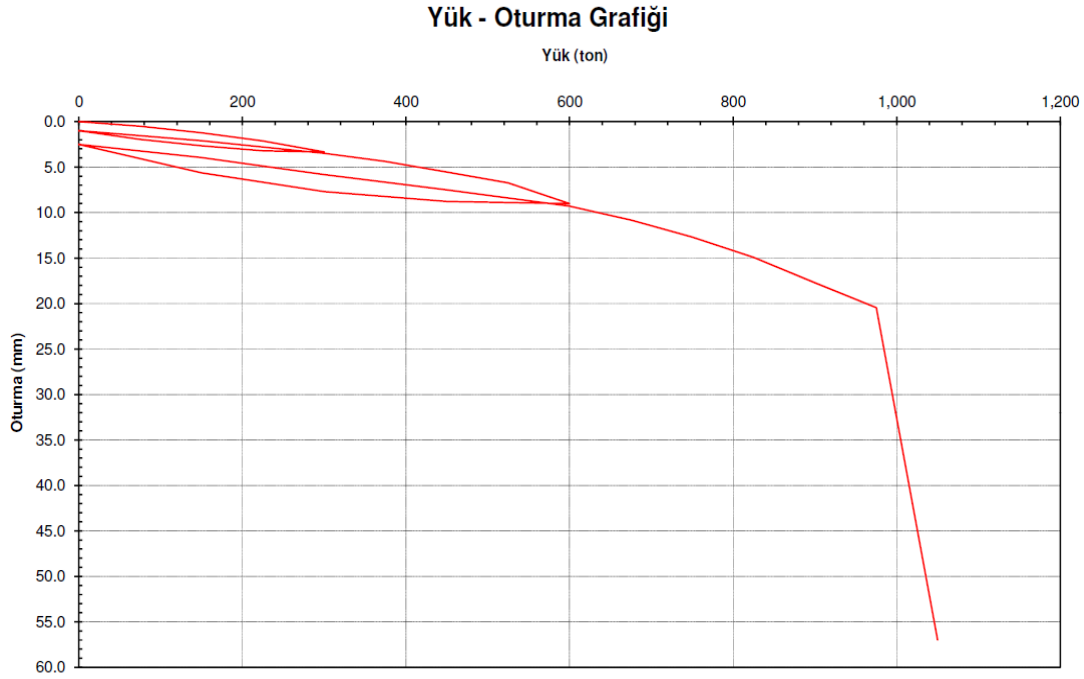
Şekil B.15 : Yük-Oturma grafiği (P3).



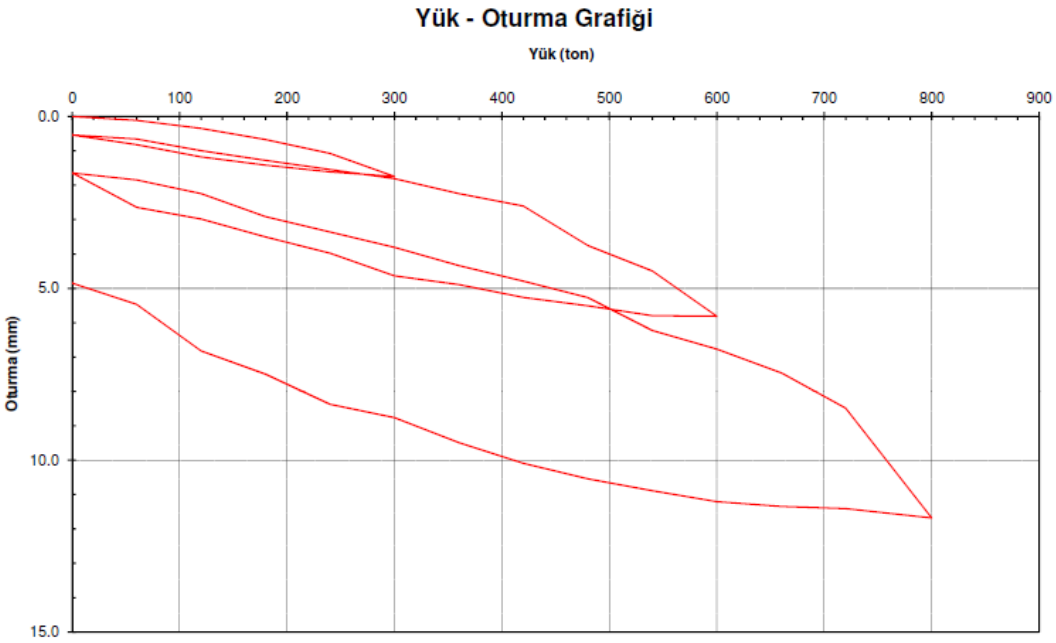
Şekil B.16 : Yük-Zaman grafiği (P4).



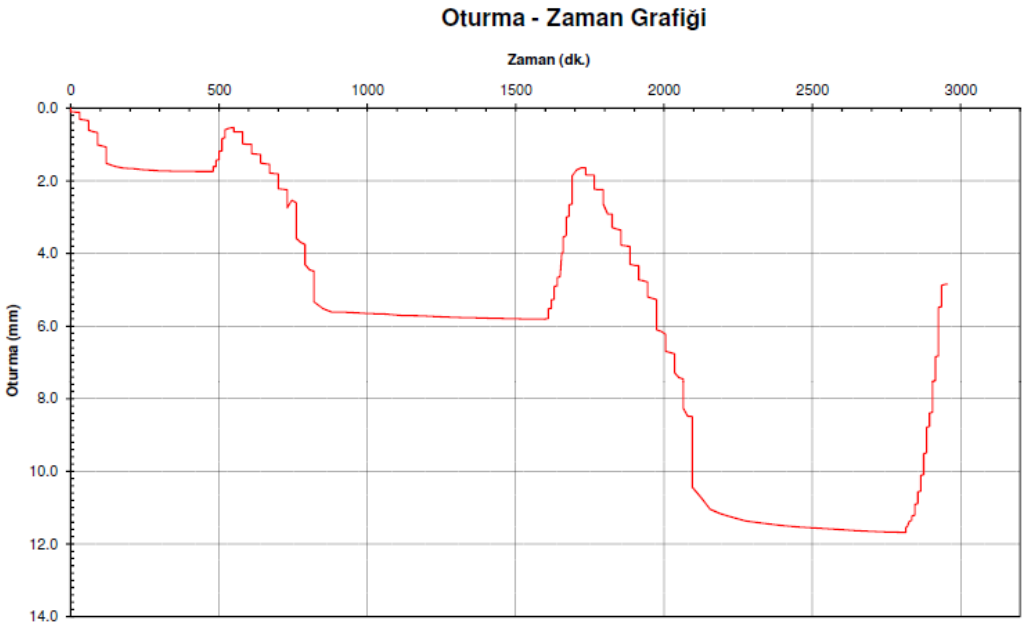
Şekil B.17 : Oturma-Zaman grafiği (P4).



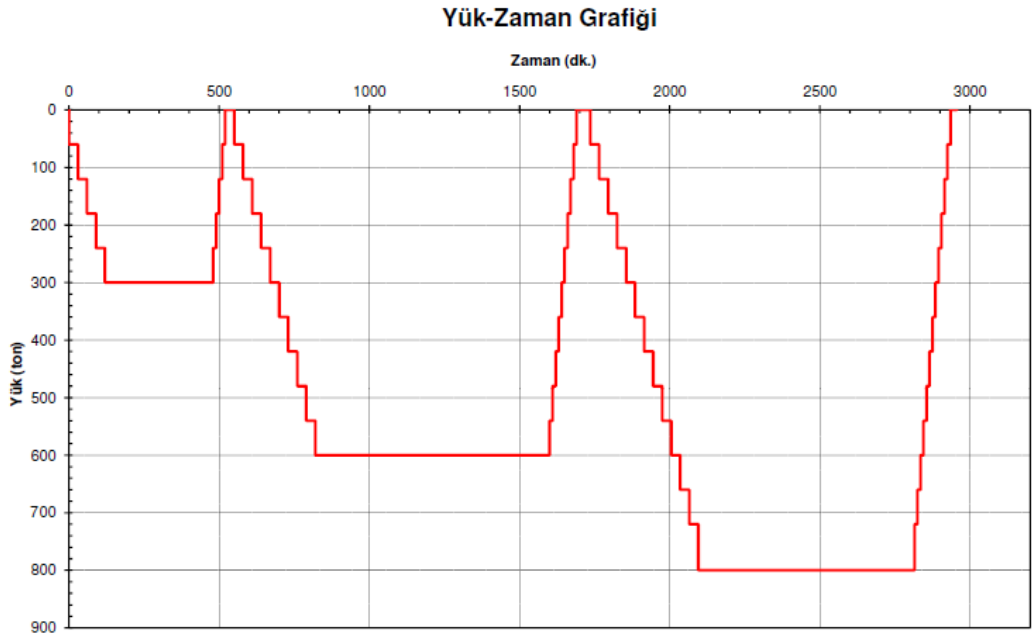
Şekil B.18 : Yük-Oturma grafiği (P4).



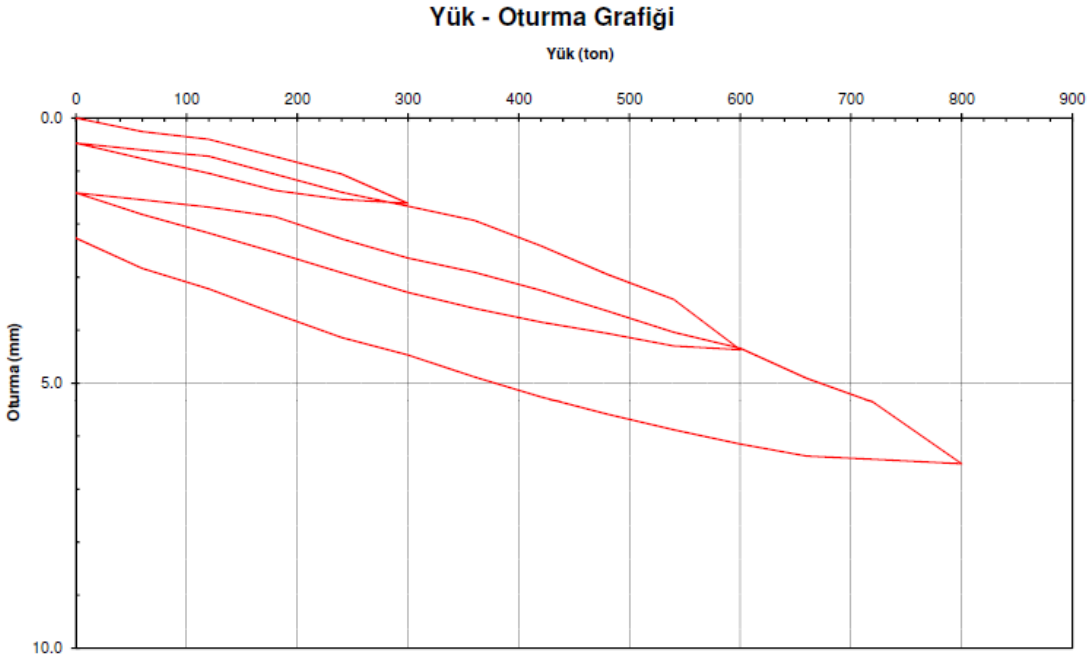
Şekil B.19 : Yük-Oturma grafiği (T1).



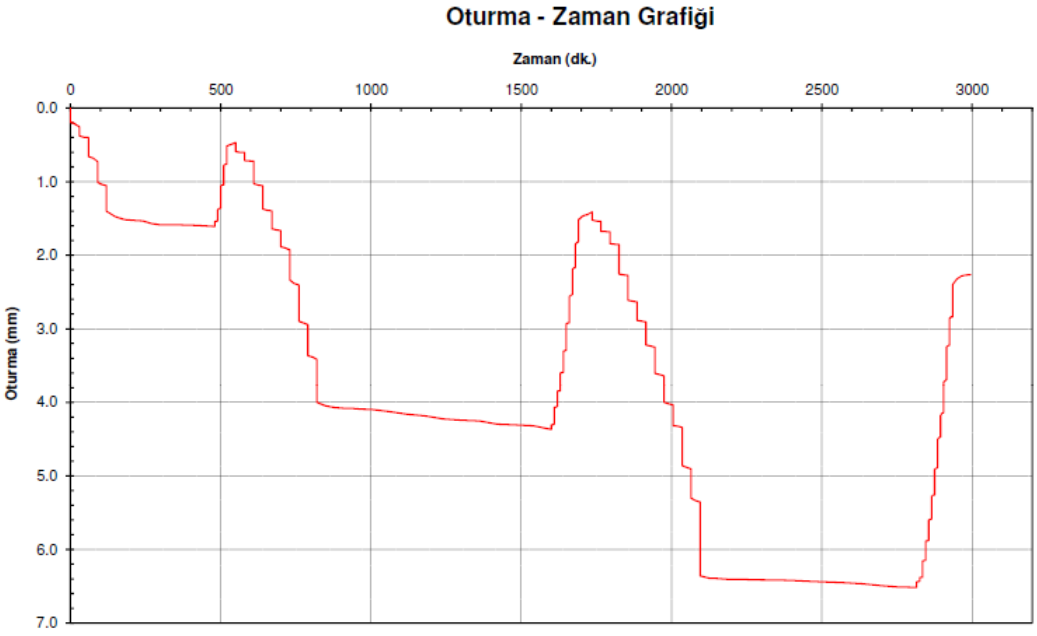
Şekil B.20 : Oturma-Zaman grafiği (T2).



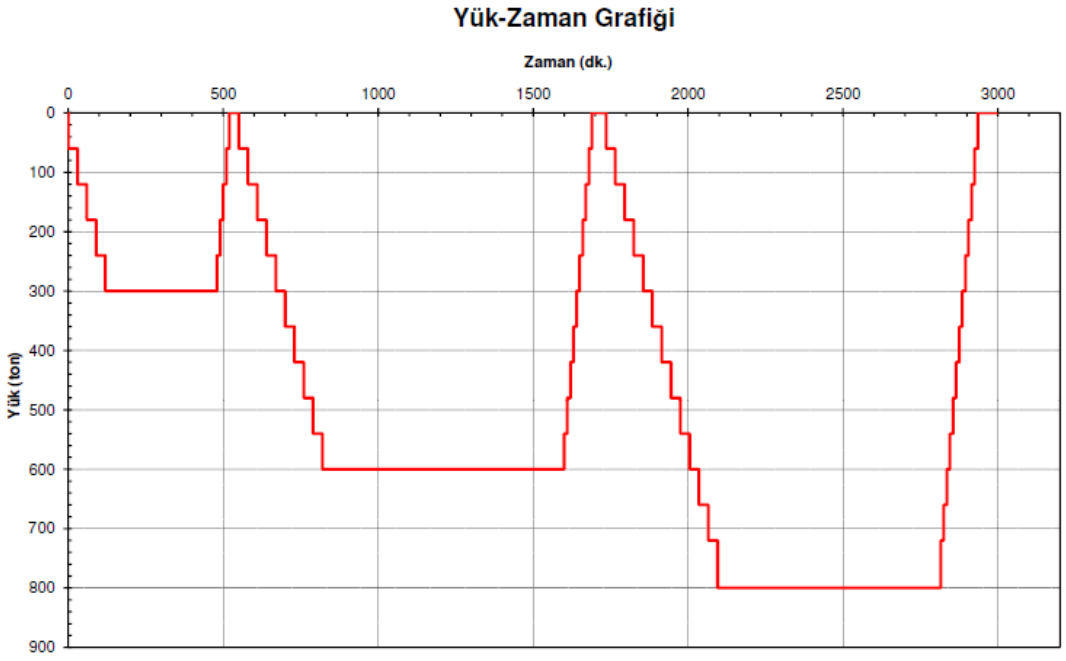
Şekil B.21 : Yük-Zaman grafiği (T1).



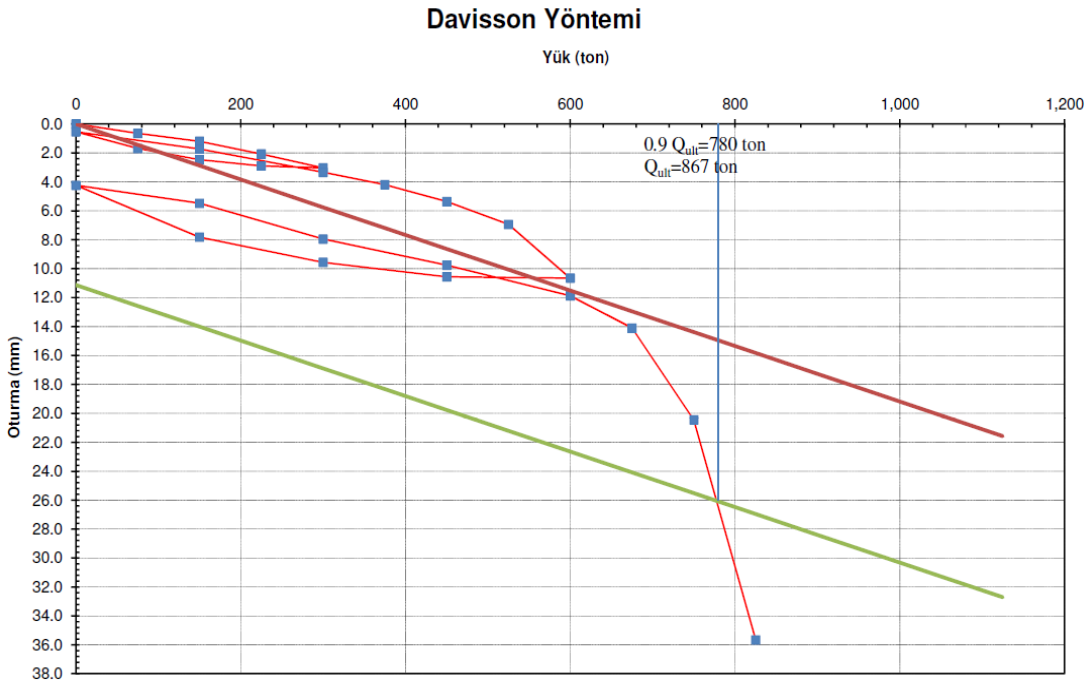
Şekil B.22 : Yük-Oturma grafiği (T2).



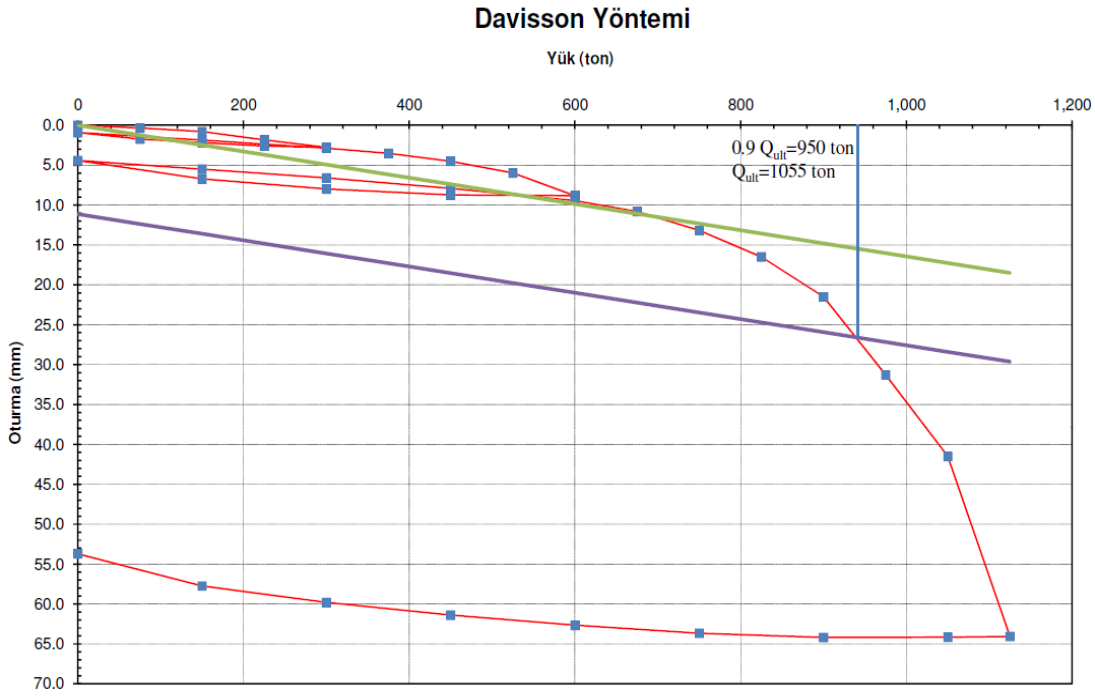
Şekil B.23 : Oturma-Zaman grafiği (T2).



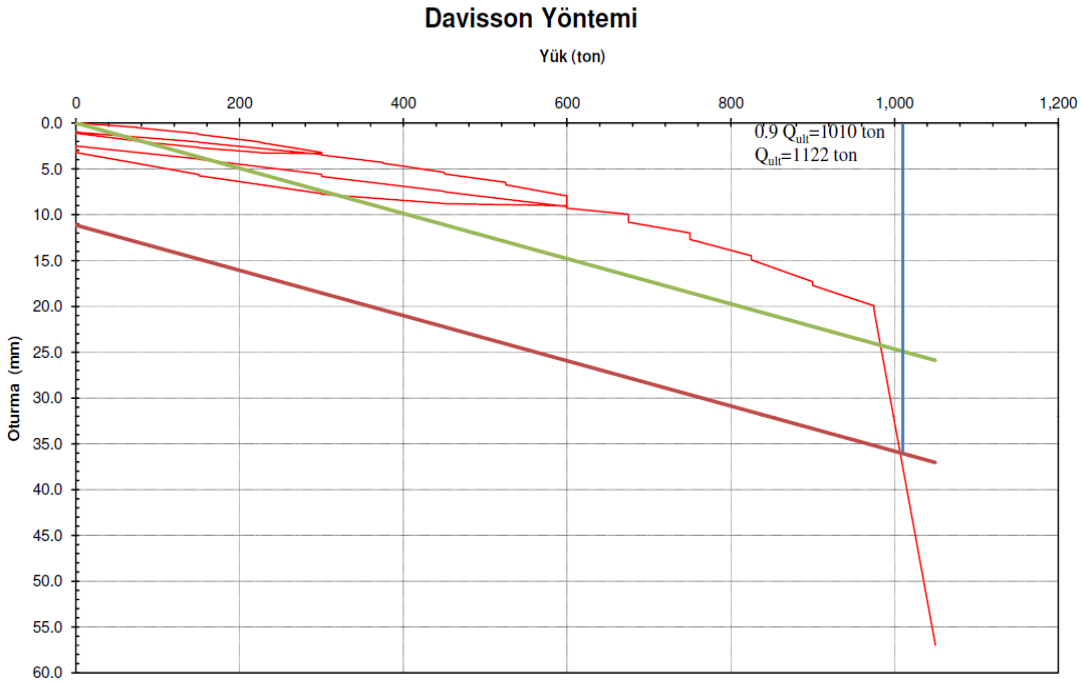
Şekil B.24 : Yük-Zaman grafiği (T2).



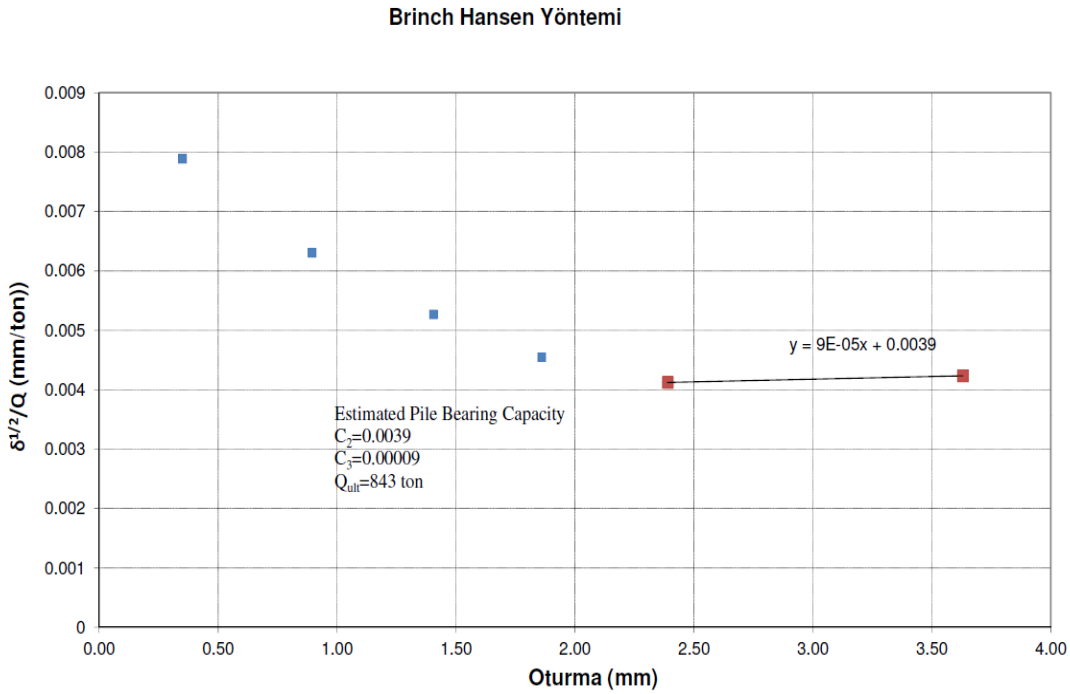
Şekil B.25 : Davisson Yöntemi (P1).



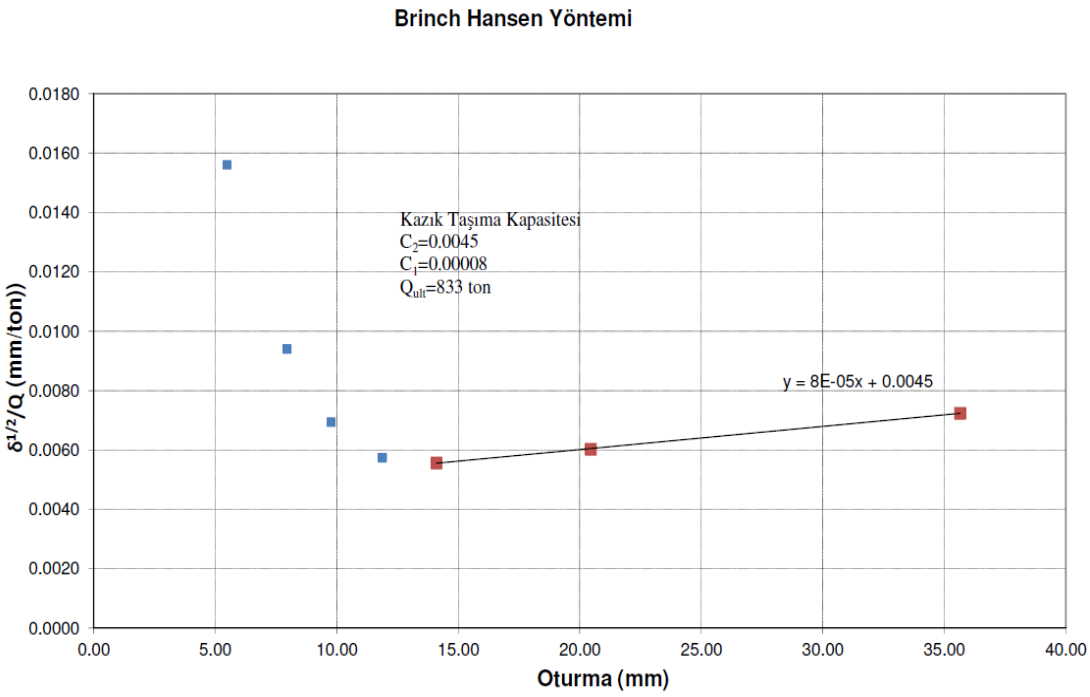
Şekil B.26 : Davisson Yöntemi (P2).



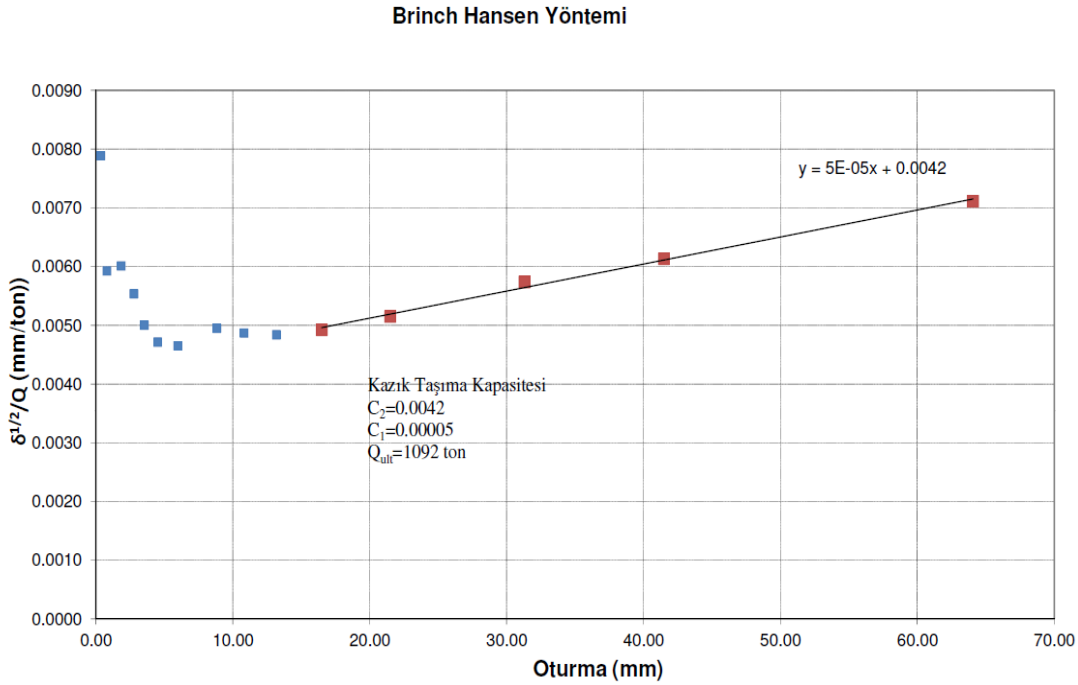
Şekil B.27 : Davisson Yöntemi (P4).



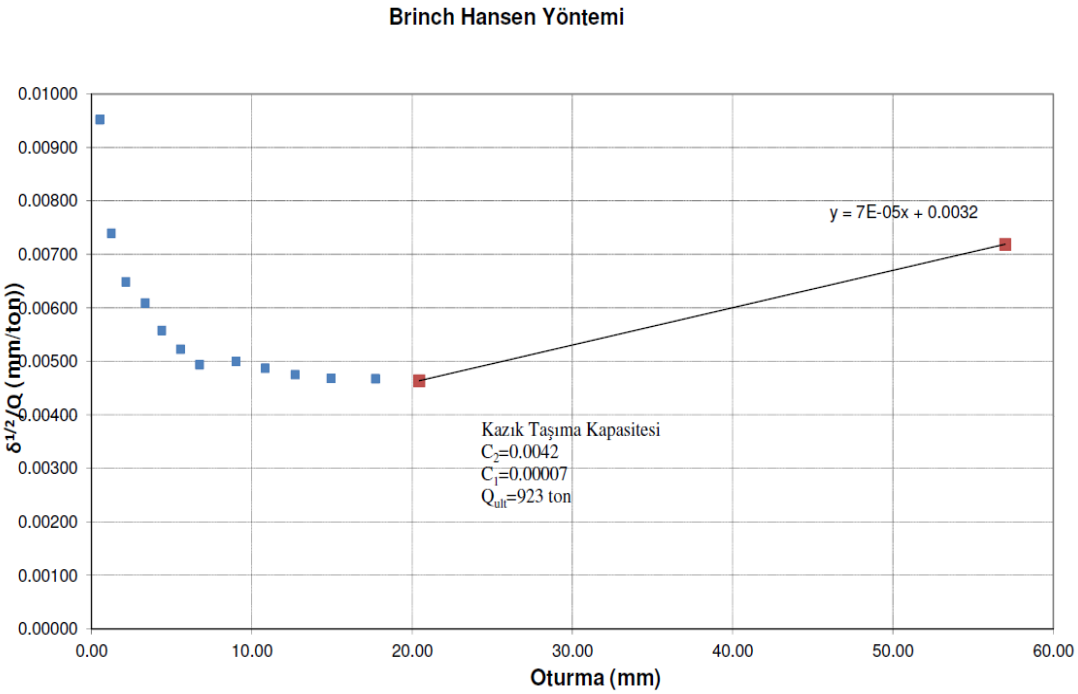
Şekil B.28 : Brinch Hansen Yöntemi (K1).



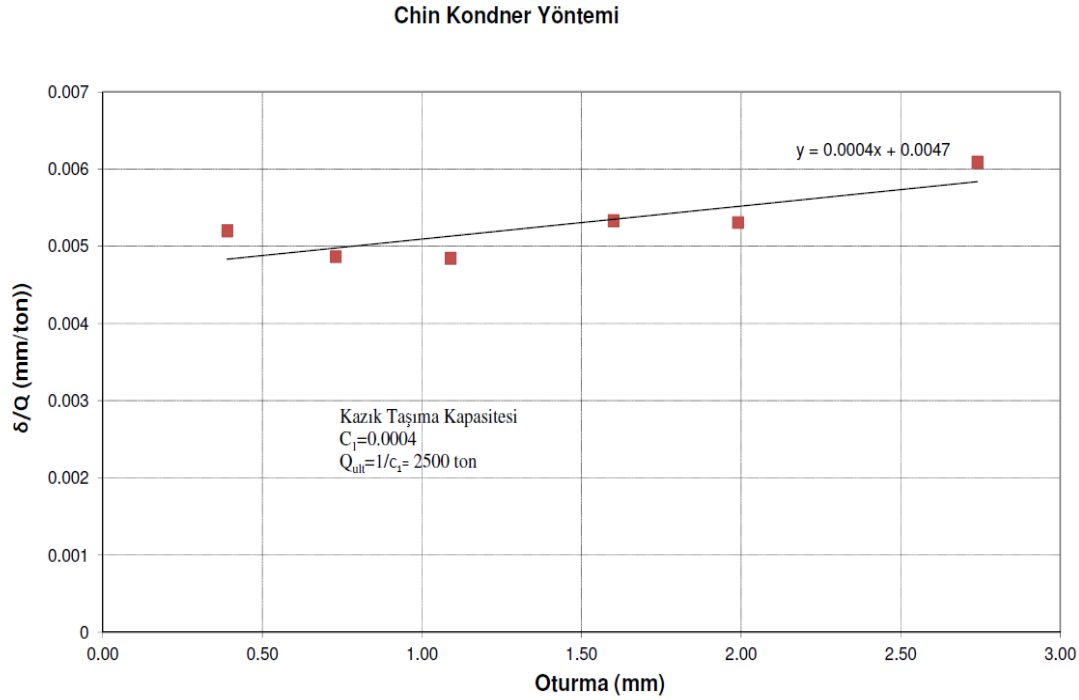
Şekil B.29 : Brinch Hansen Yöntemi (P1).



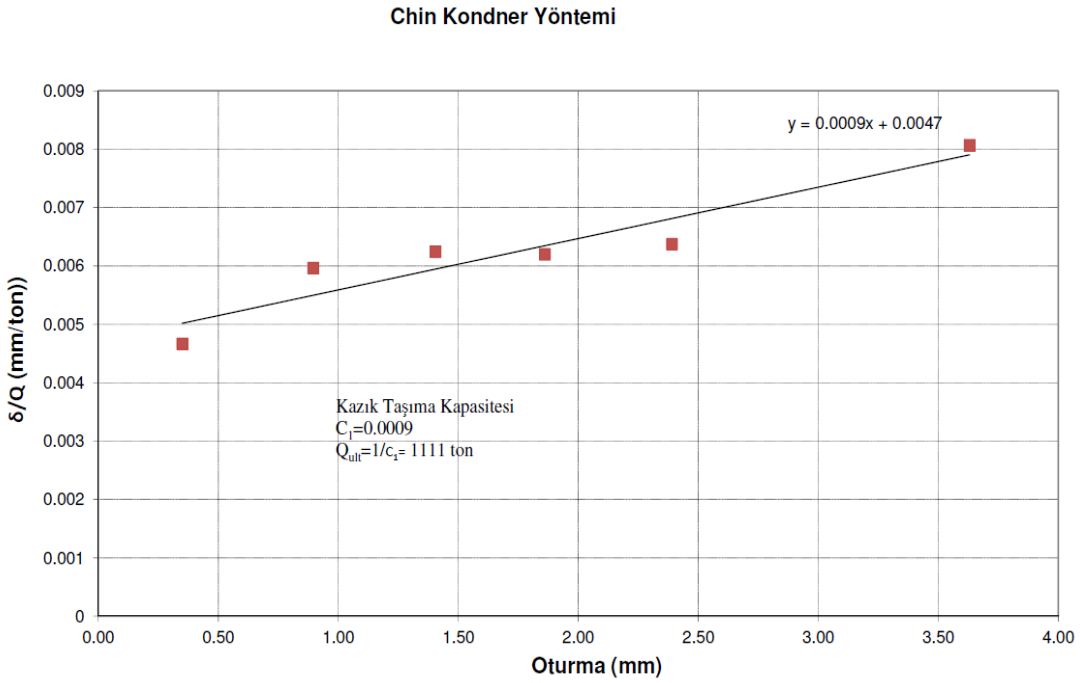
Şekil B.30 : Brinch Hansen Yöntemi (P2).



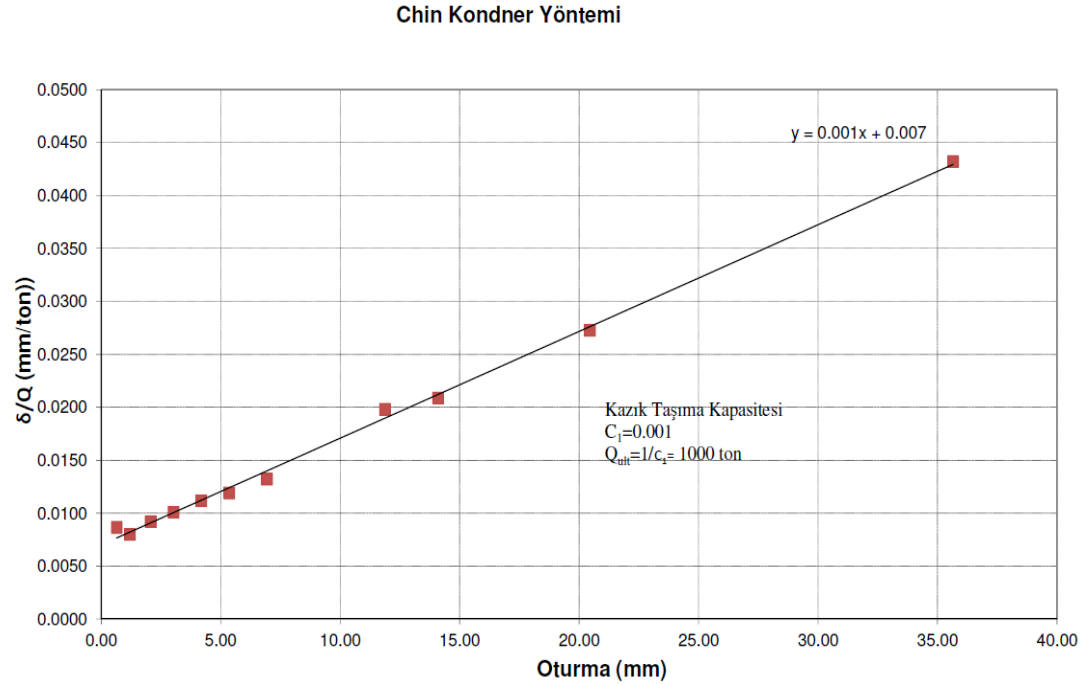
Şekil B.31 : Brinch Hansen Yöntemi (P4).



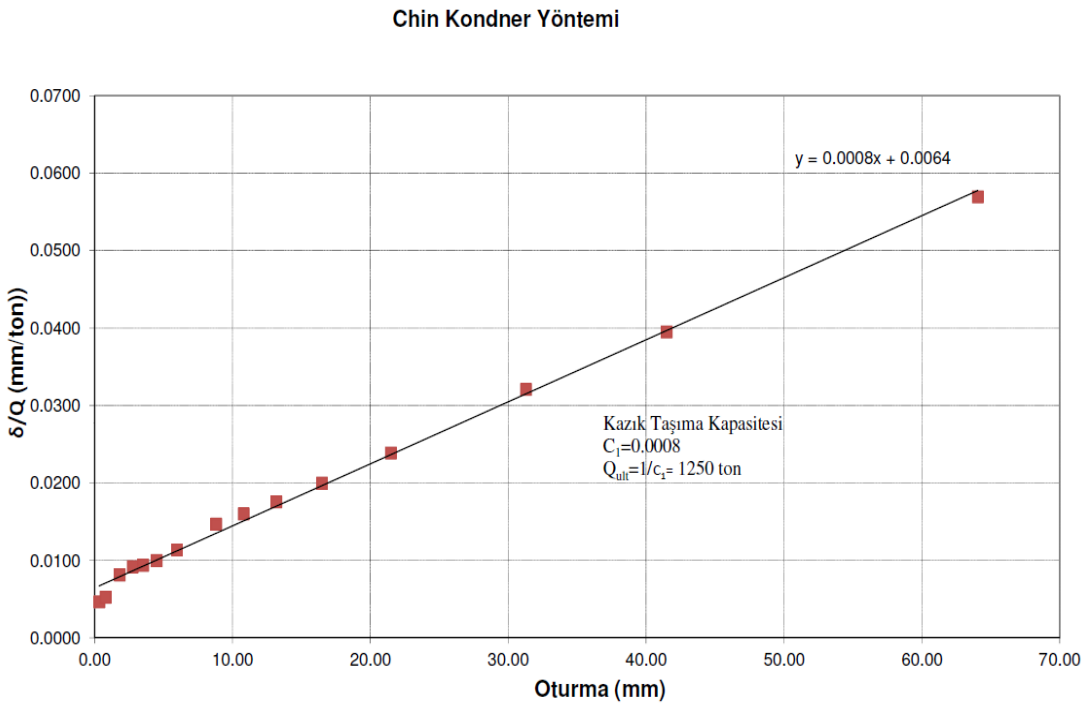
Şekil B.32 : Chin-Kondner Yöntemi (K2).



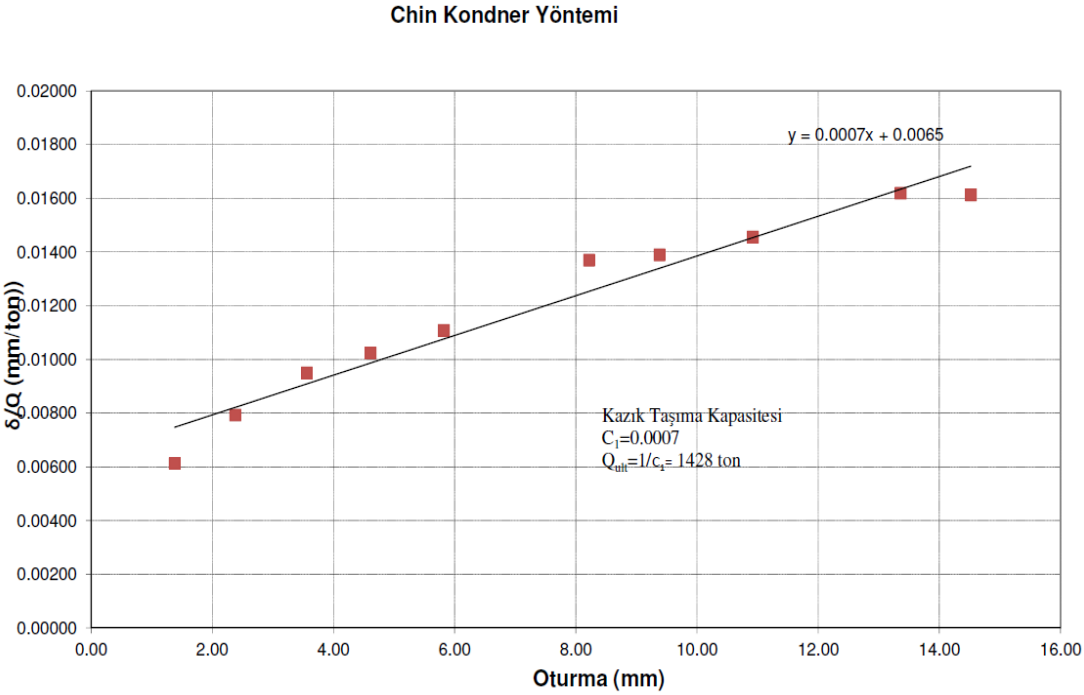
Şekil B.33 : Chin-Kondner Yöntemi (K1).



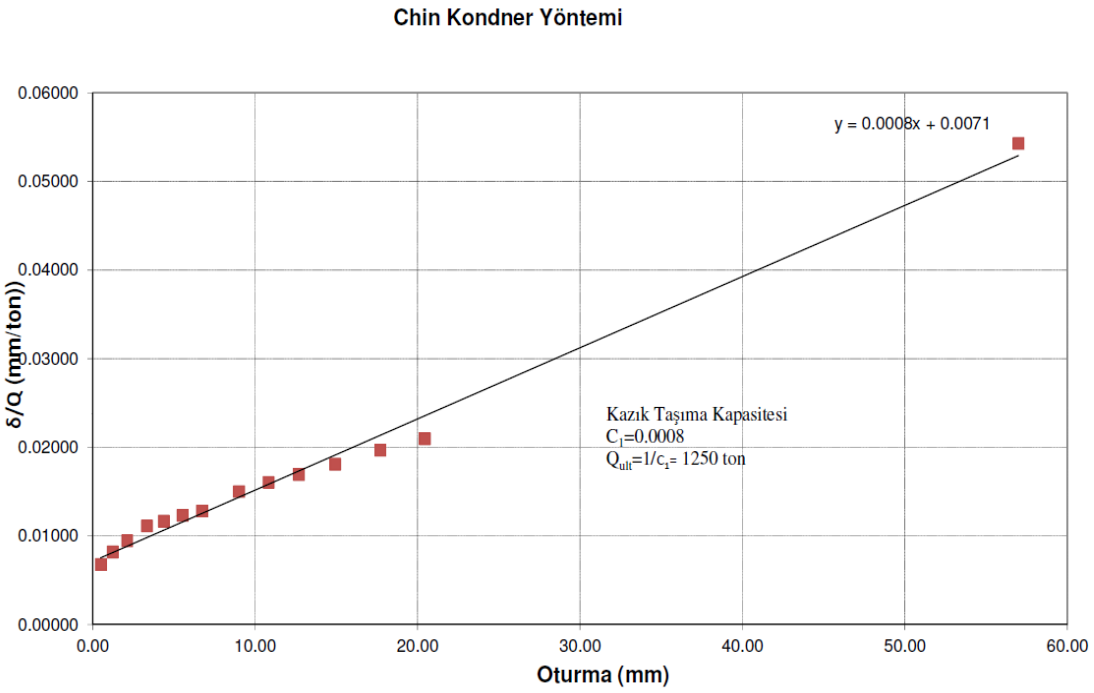
Şekil B.34 : Chin-Kondner Yöntemi (P1).



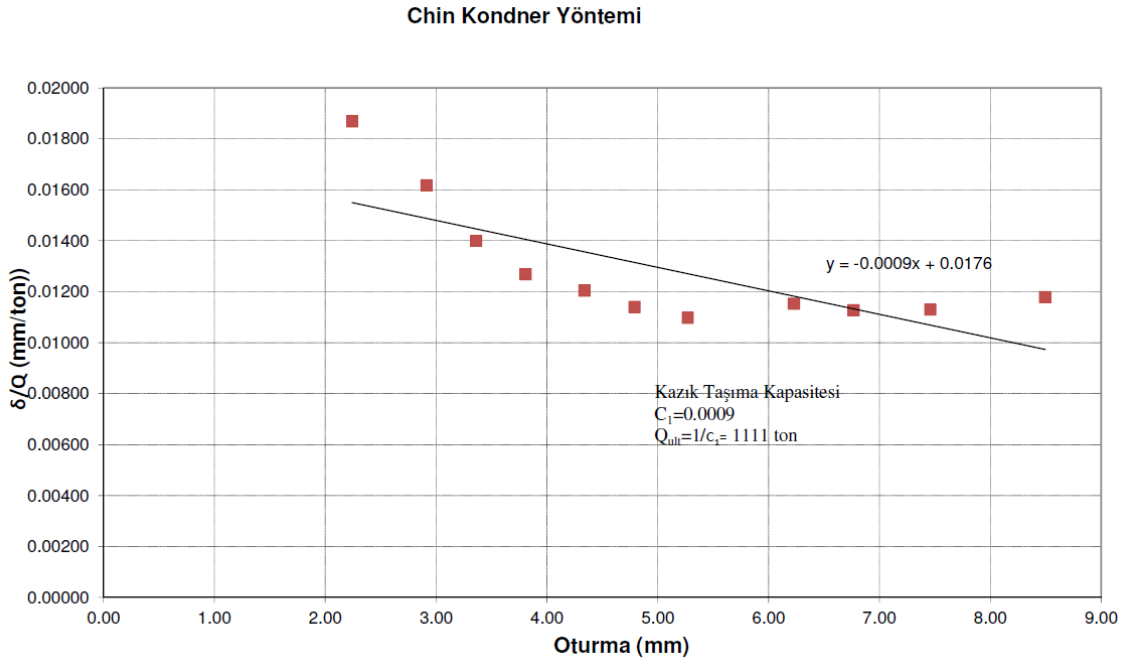
Şekil B.35 : Chin-Kondner Yöntemi (P2).



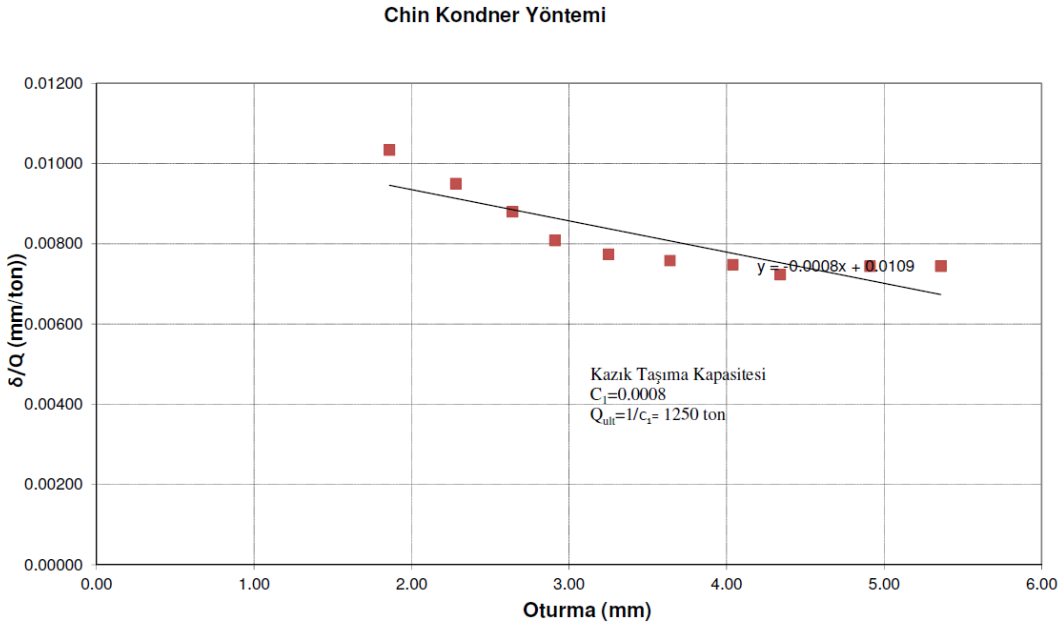
Şekil B.36 : Chin-Kondner Yöntemi (P3).



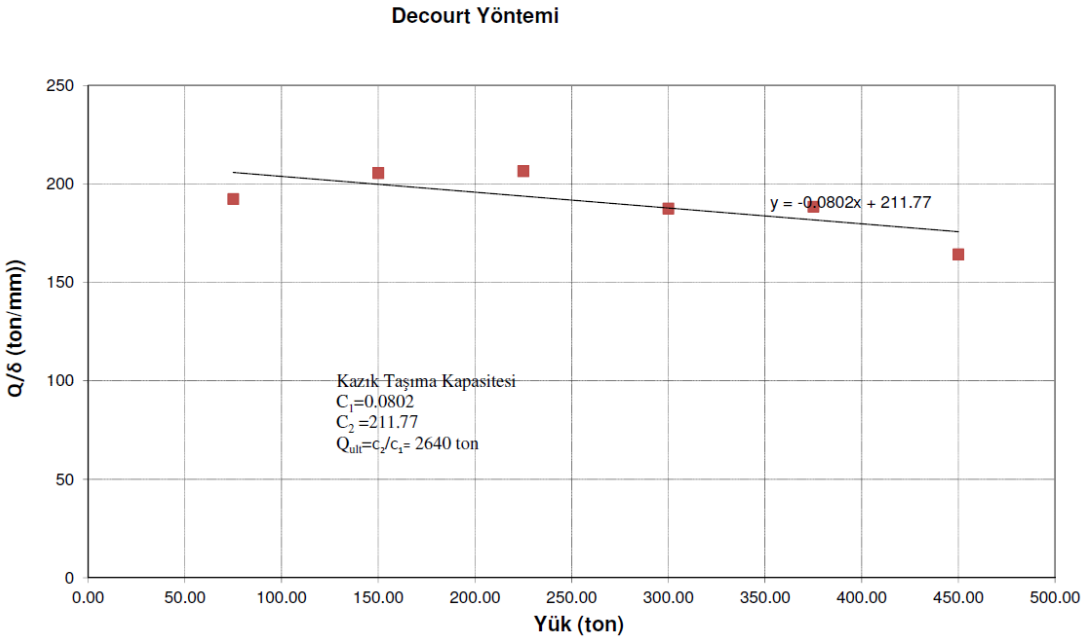
Şekil B.37 : Chin-Kondner Yöntemi (P4).



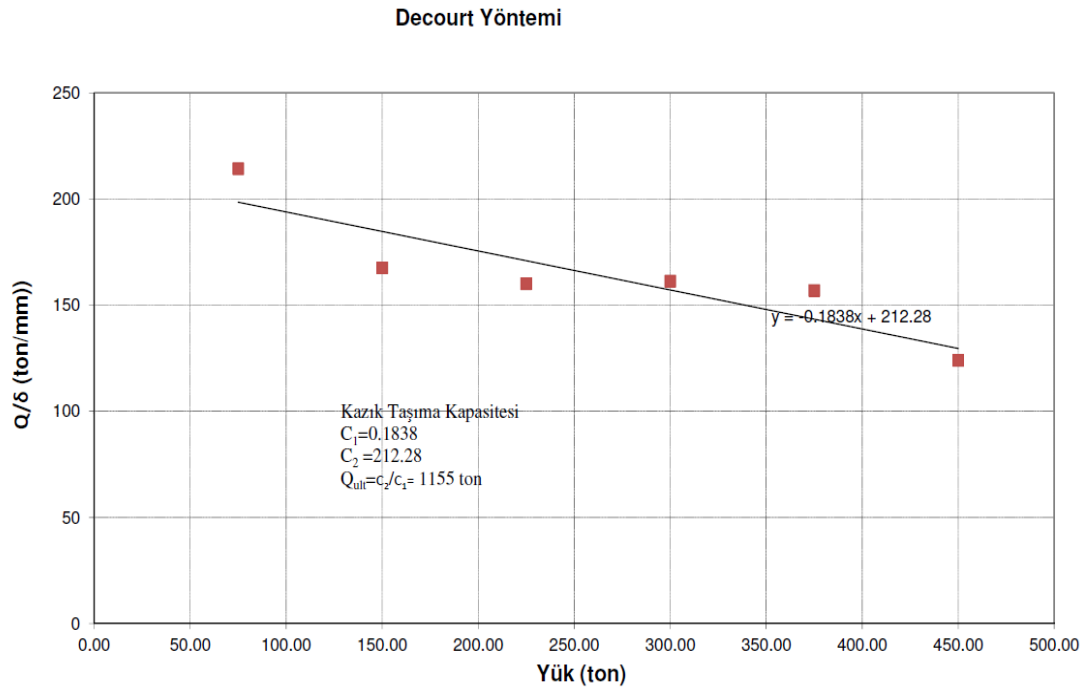
Şekil B.38 : Chin-Kondner Yöntemi (T1).



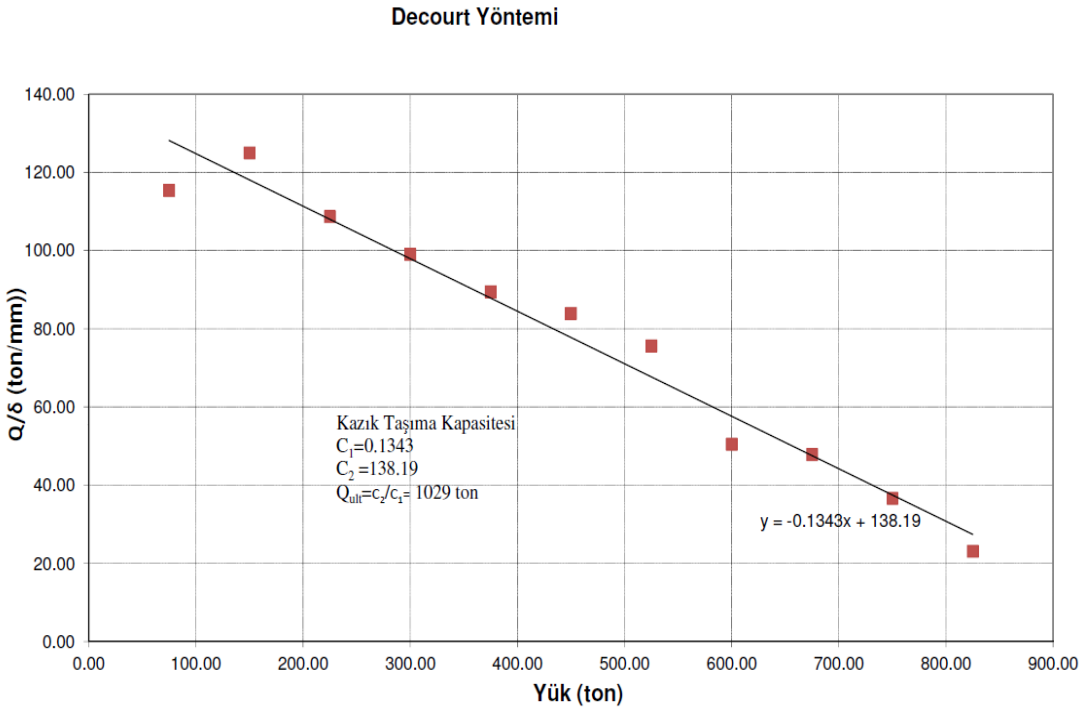
Şekil B.39 : Chin-Kondner Yöntemi (T2).



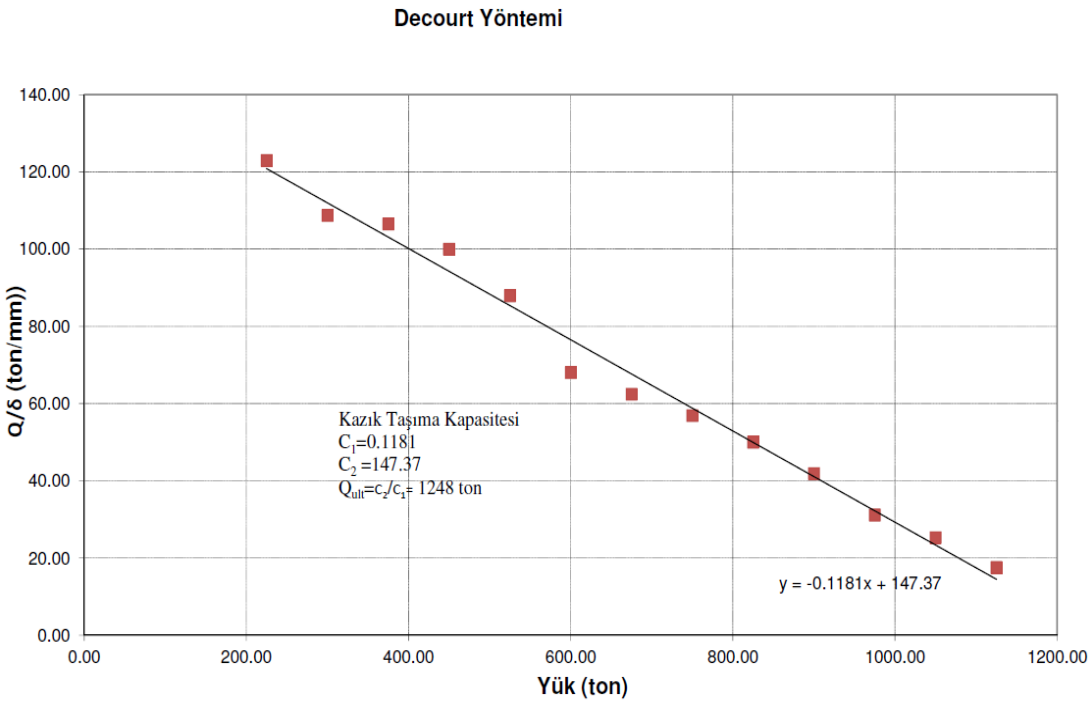
Şekil B.40 : Decourt Yöntemi (K2).



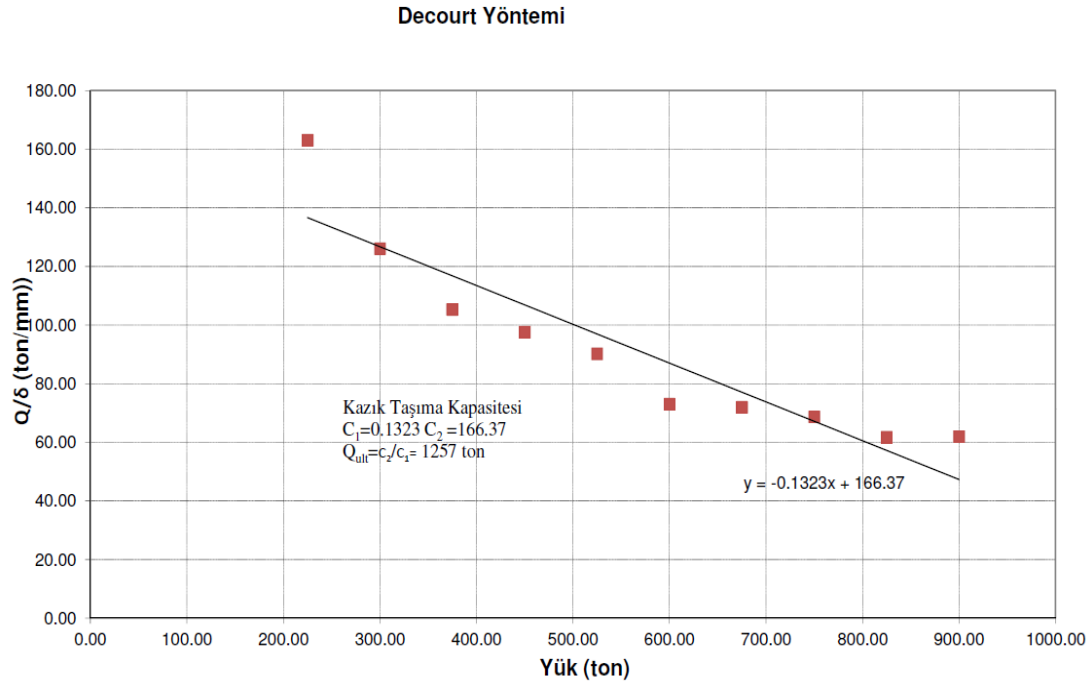
Şekil B.41 : Decourt Yöntemi (K1).



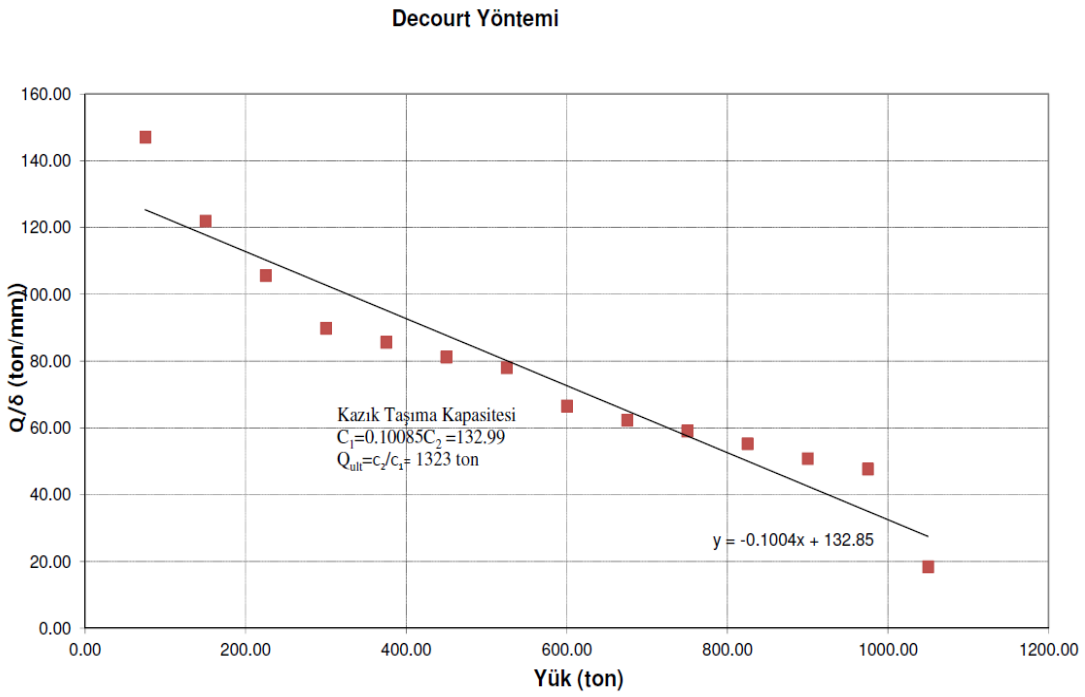
Şekil B.42 : Decourt Yöntemi (P1).



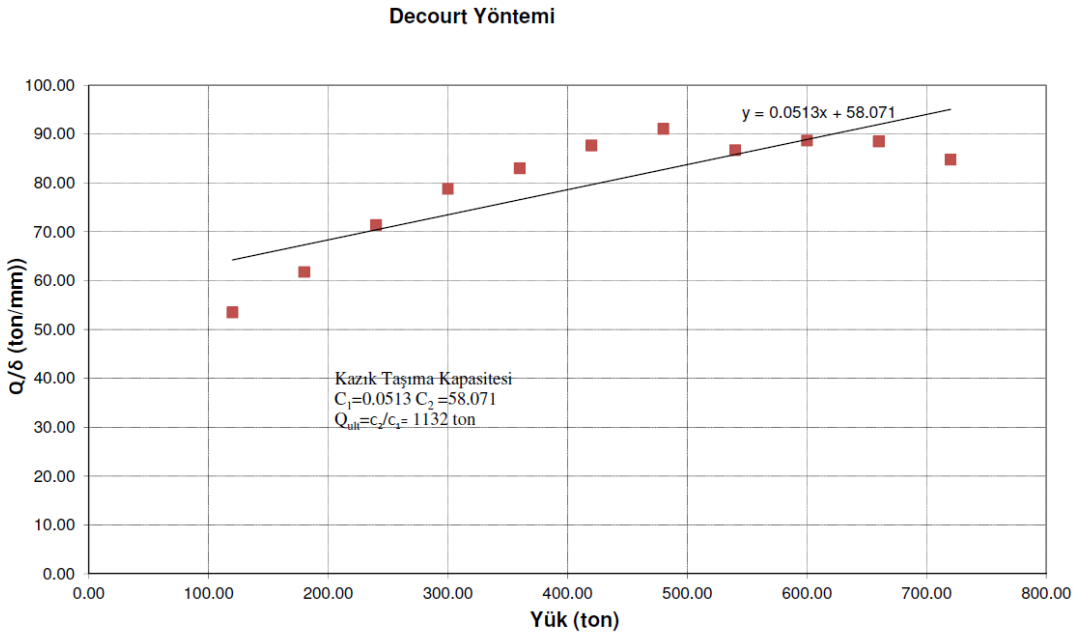
Şekil B.43 : Decourt Yöntemi (P2).



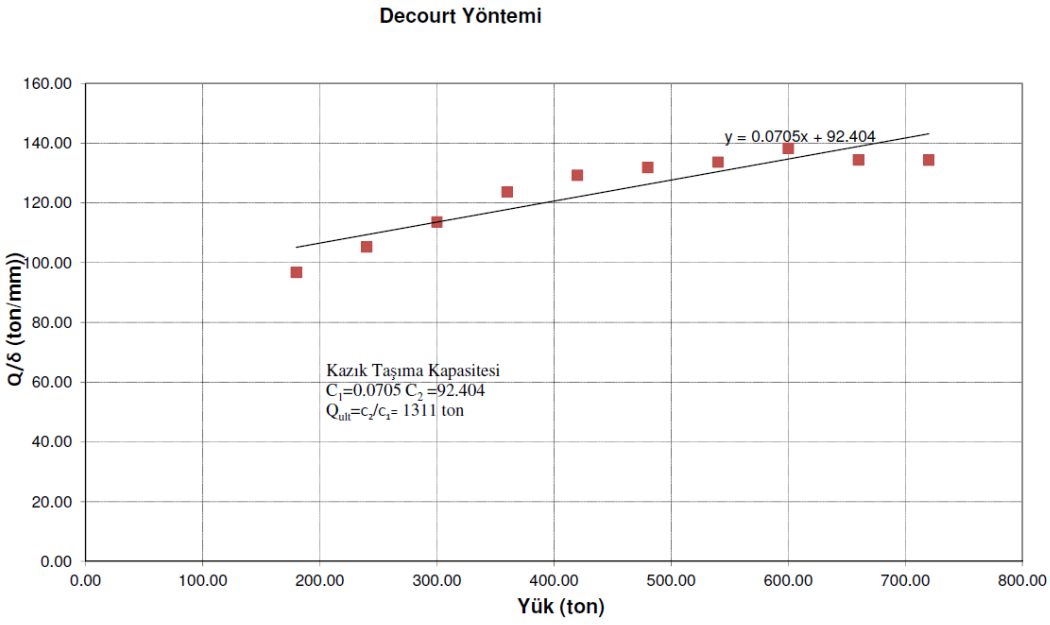
Şekil B.44 : Decourt Yöntemi (P3).



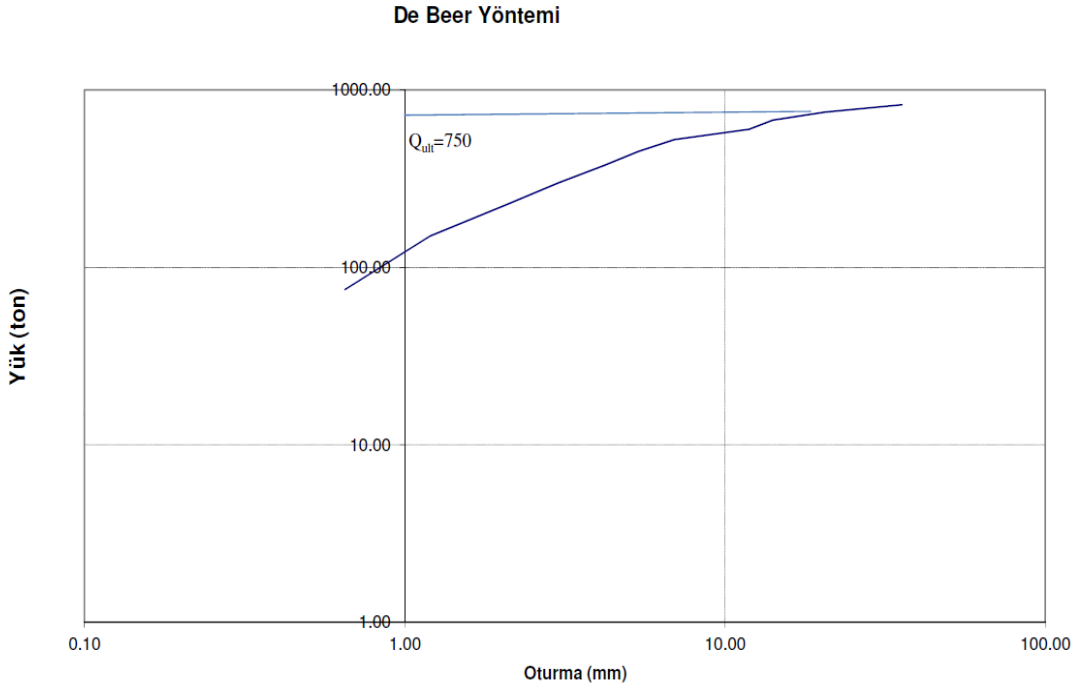
Şekil B.45 : Decourt Yöntemi (P4).



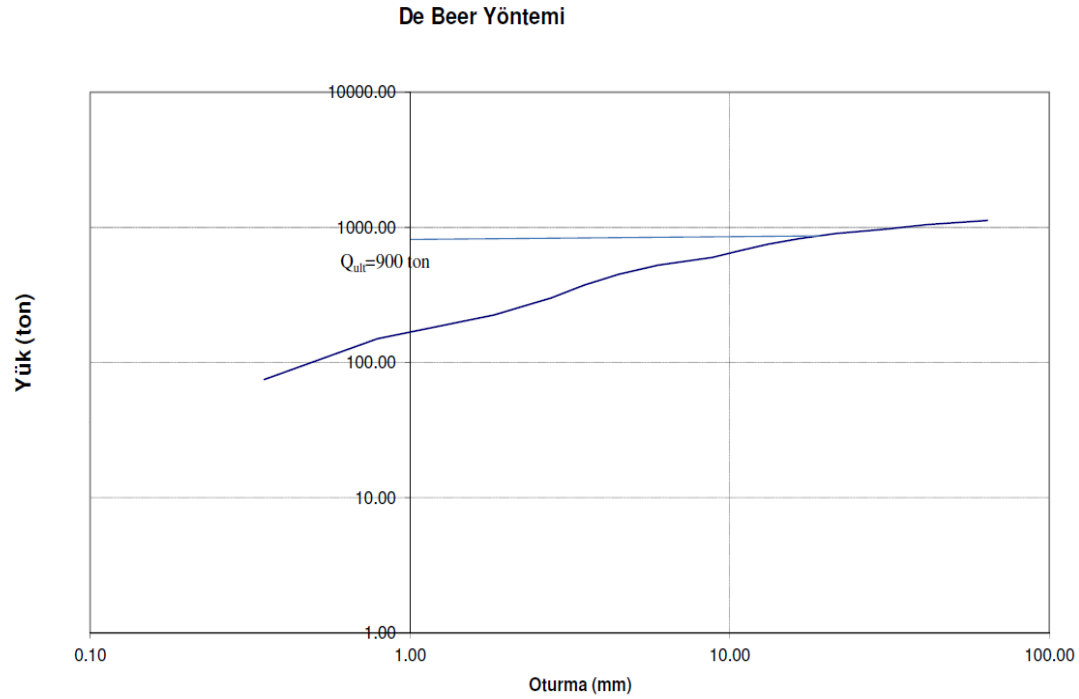
Şekil B.46 : Decourt Yöntemi (T1).



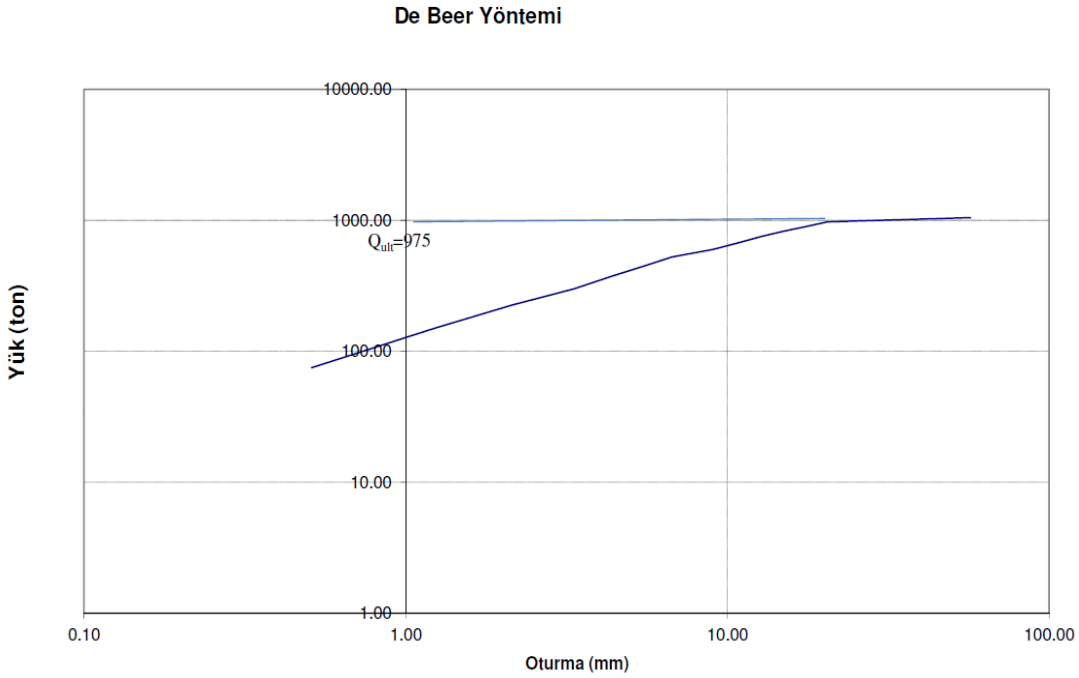
Şekil B.47 : Decourt Yöntemi (T2).



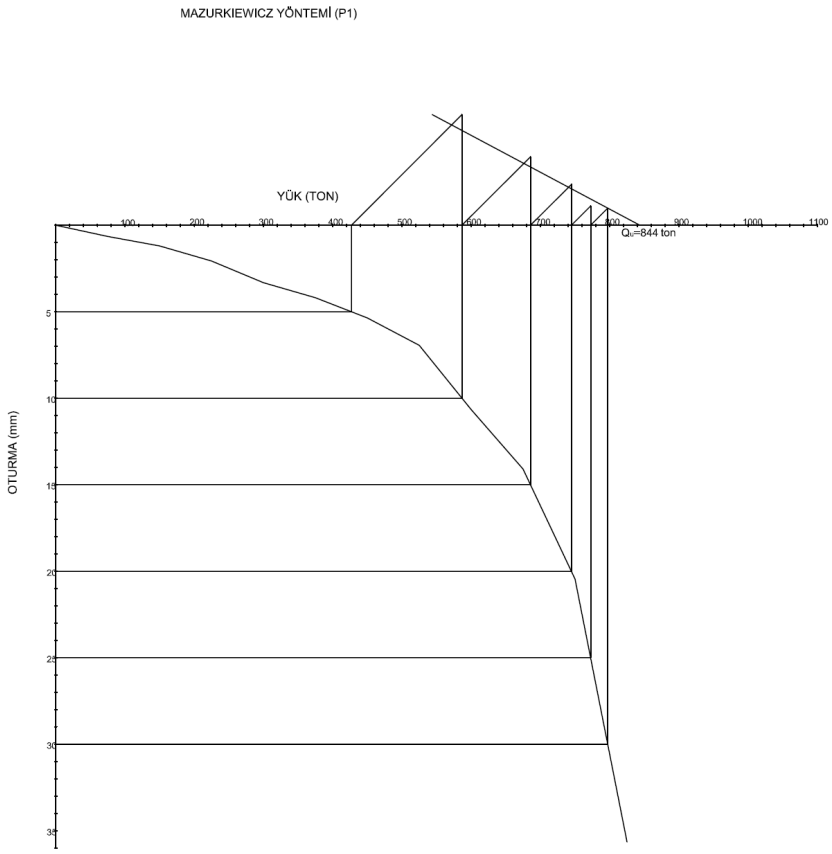
Şekil B.48 : De Beer Yöntemi (P1).



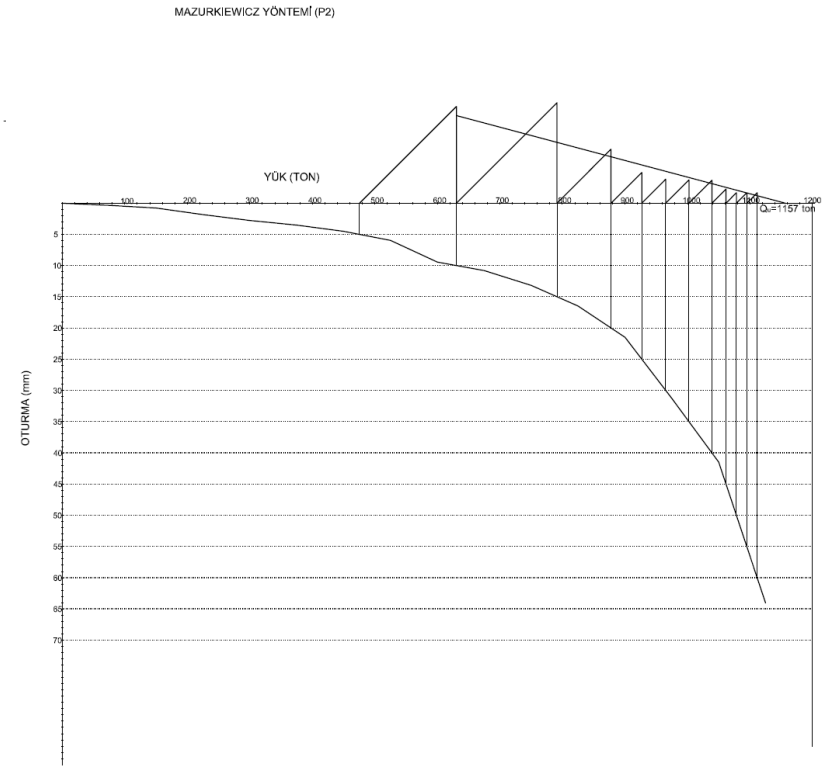
Şekil B.49 : De Beer Yöntemi (P2).



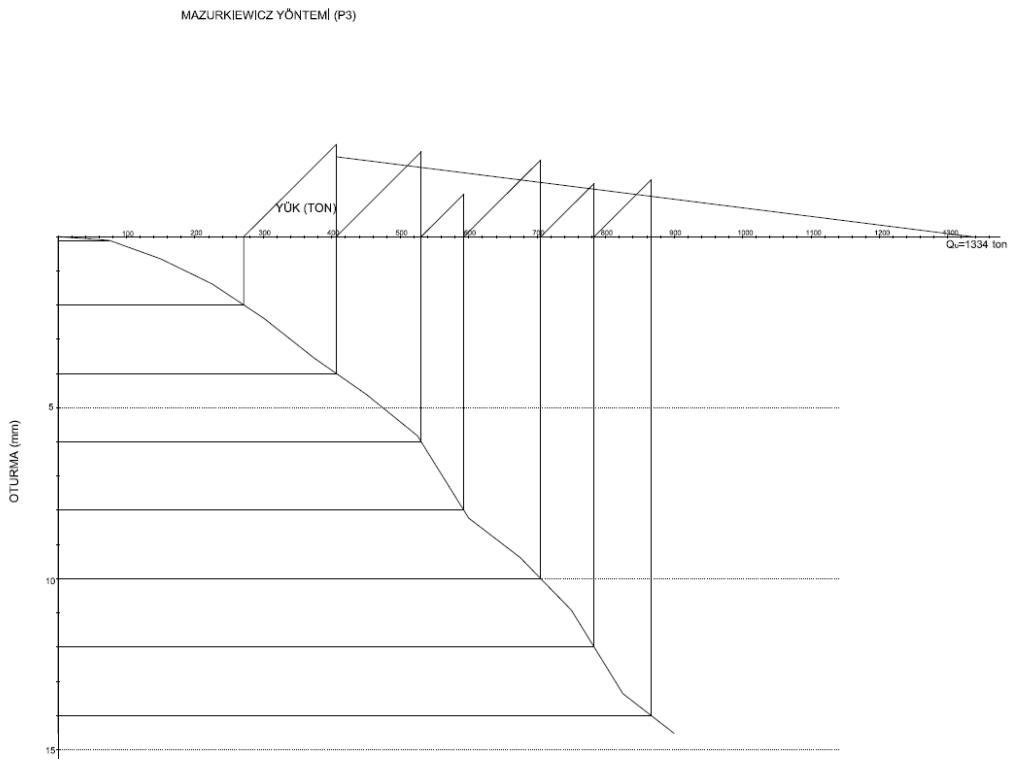
Şekil B.50 : De Beer Yöntemi (P4).



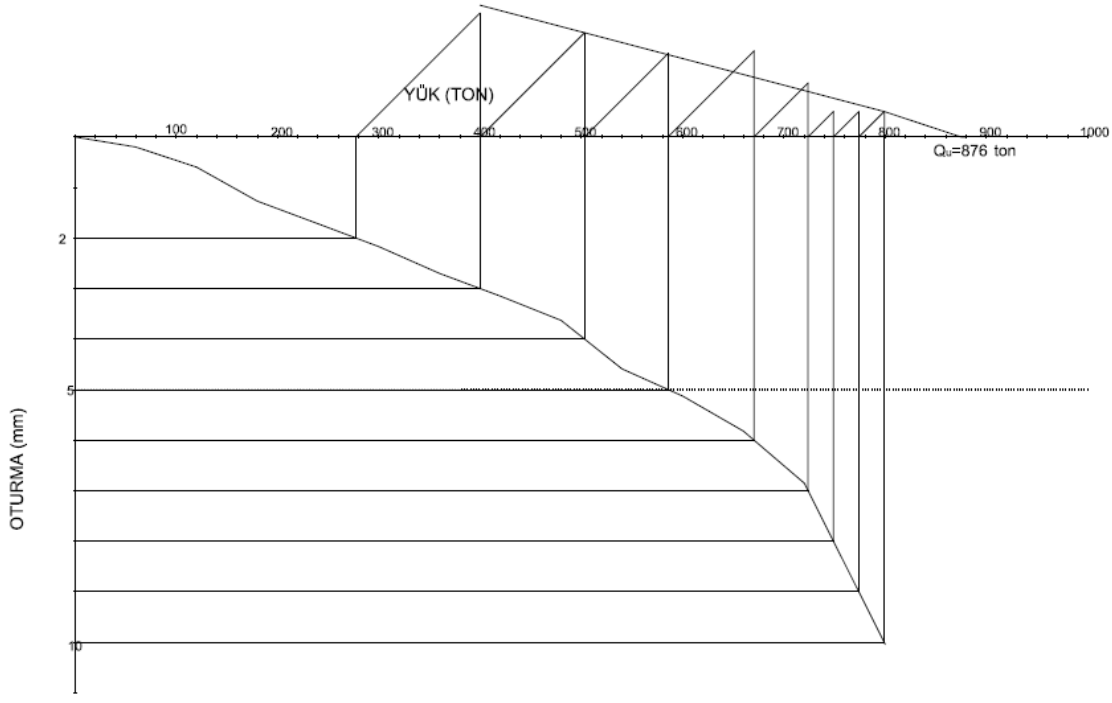
Şekil B.51 : Mazurkiewicz Yöntemi (P1).



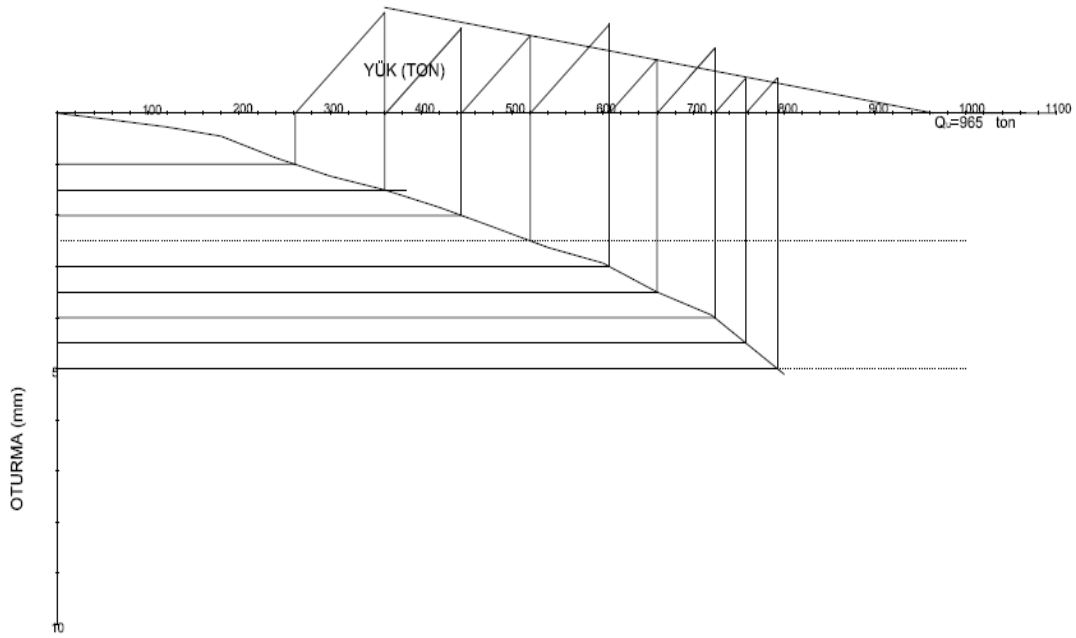
Şekil B.52 : Mazurkiewicz Yöntemi (P2).



Şekil B.53 : Mazurkiewicz Yöntemi (P3).

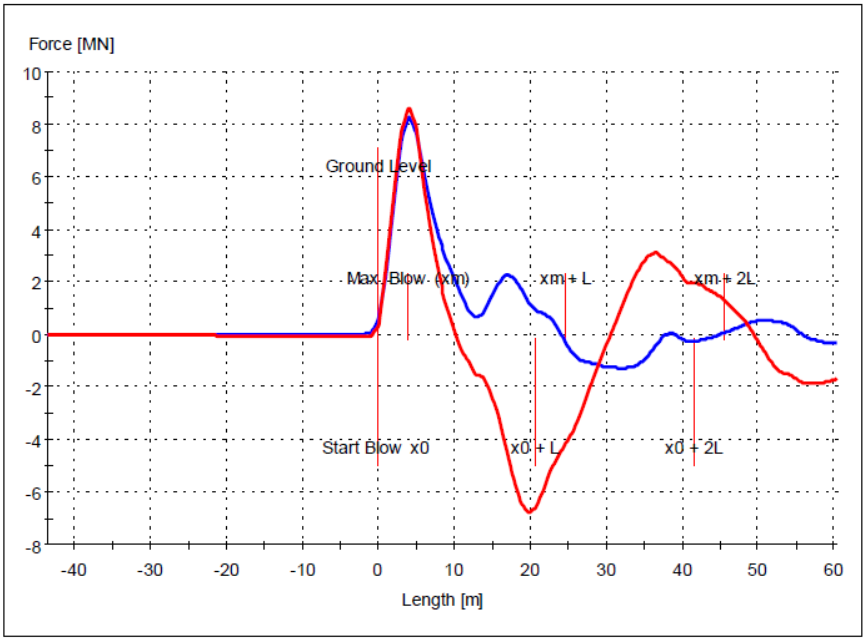


Şekil B.54 : Mazurkiewicz Yöntemi (T1).

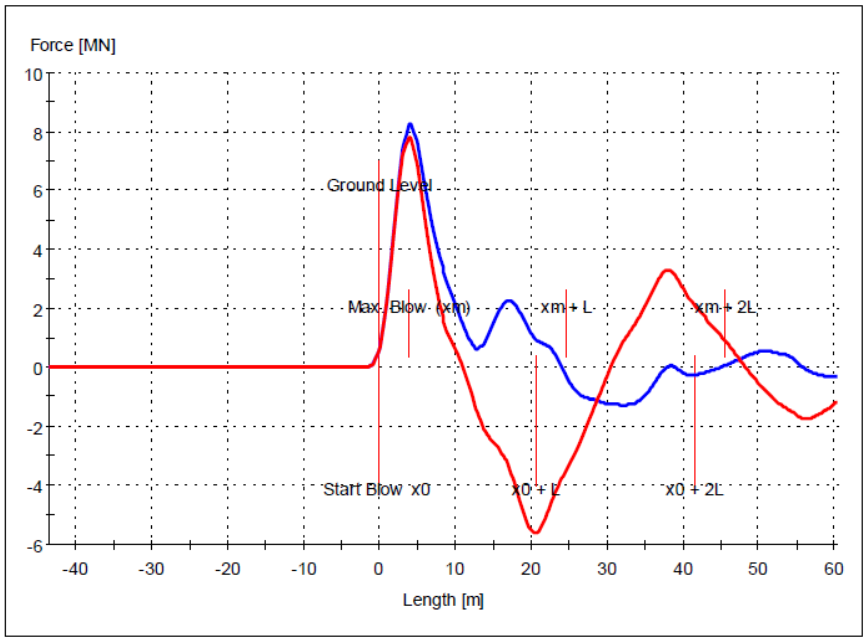


Şekil B.55 : Mazurkiewicz Yöntemi (T2).

EK C.1

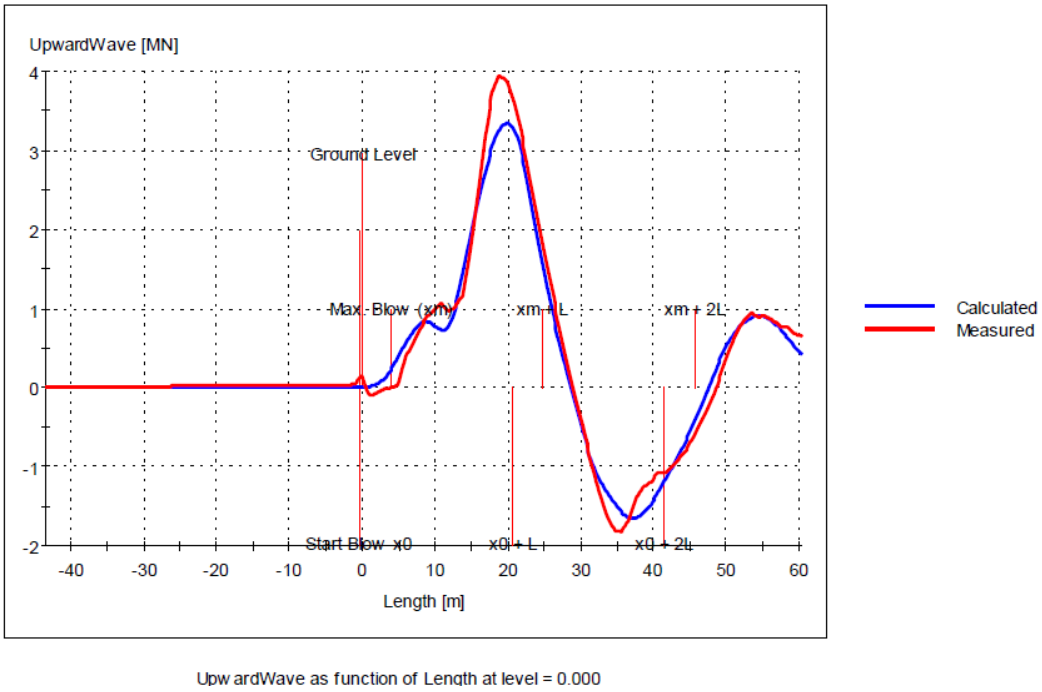


Measured Force and Velocity times Impedance at level = 0.000

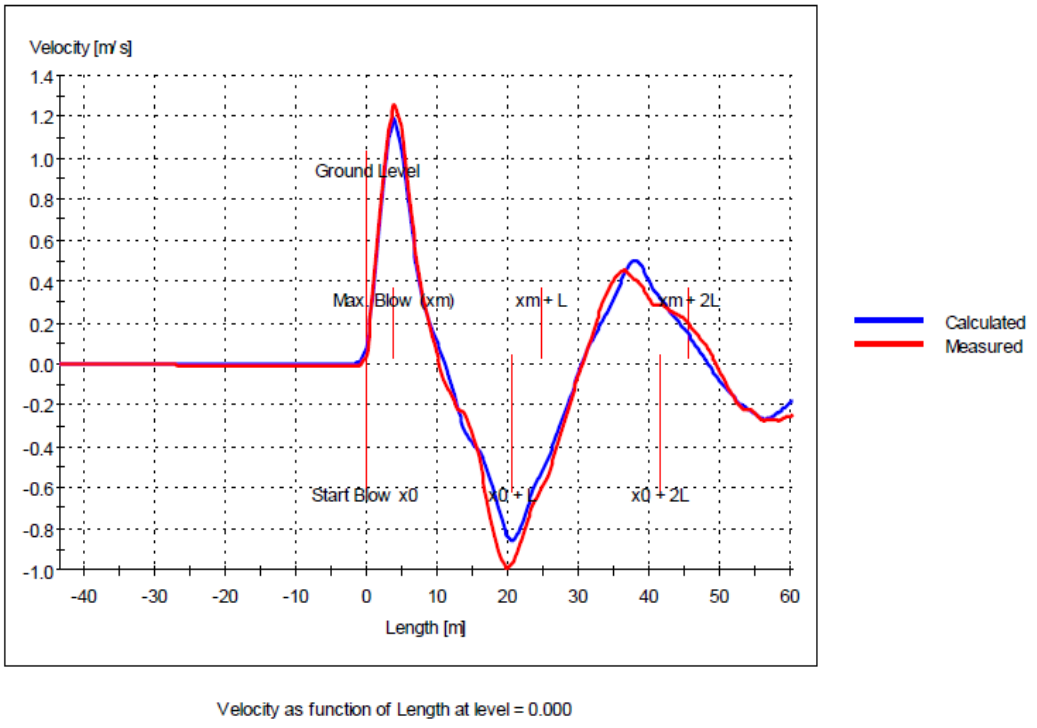


Force and Velocity times Impedance as function of Length at level = 0.000

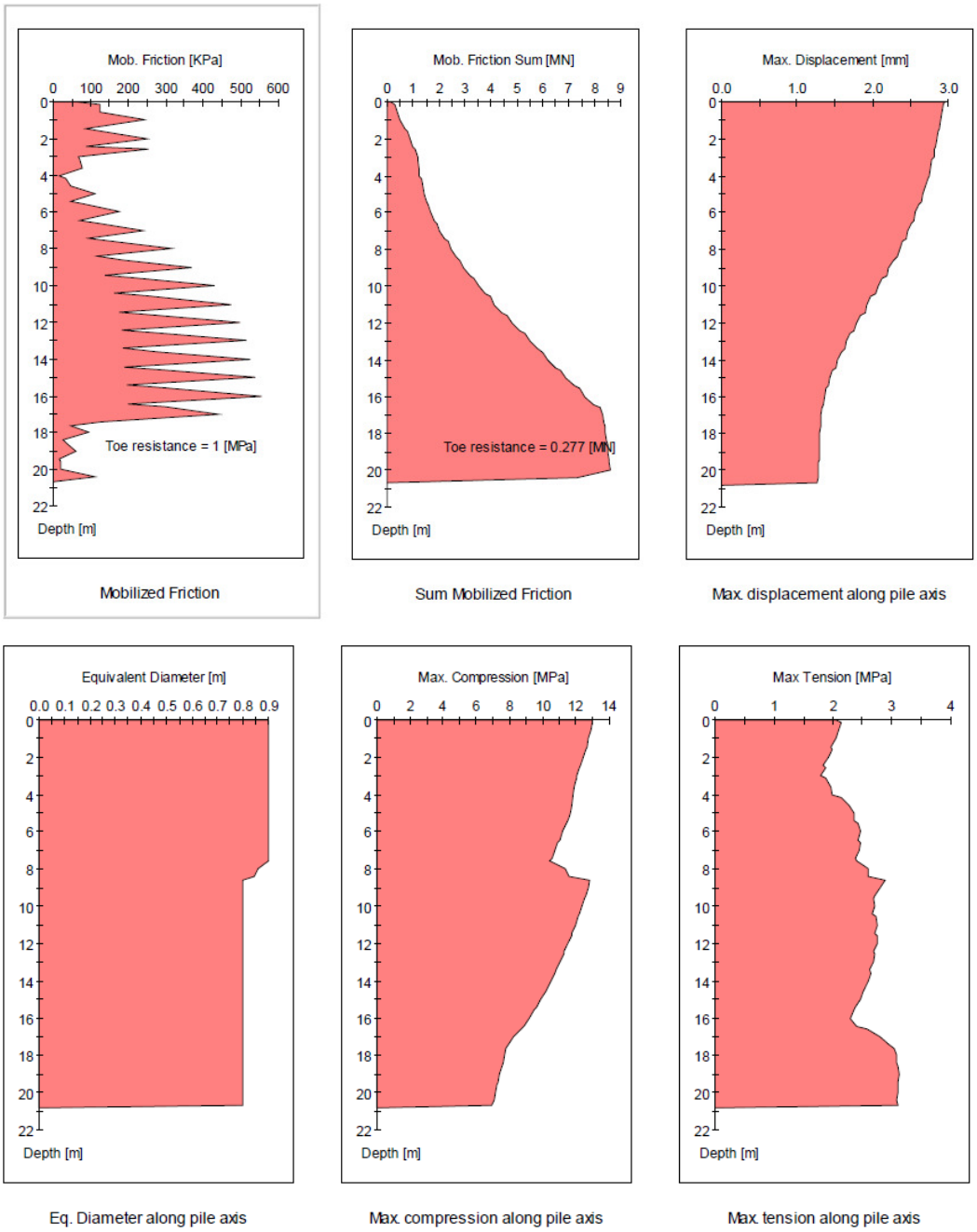
Şekil C.1 : Kuvvet ve Hız x İmpedans ölçümleri / Ölçülen ve hesaplanan F-Zv-Zaman sinyalleri (K3).



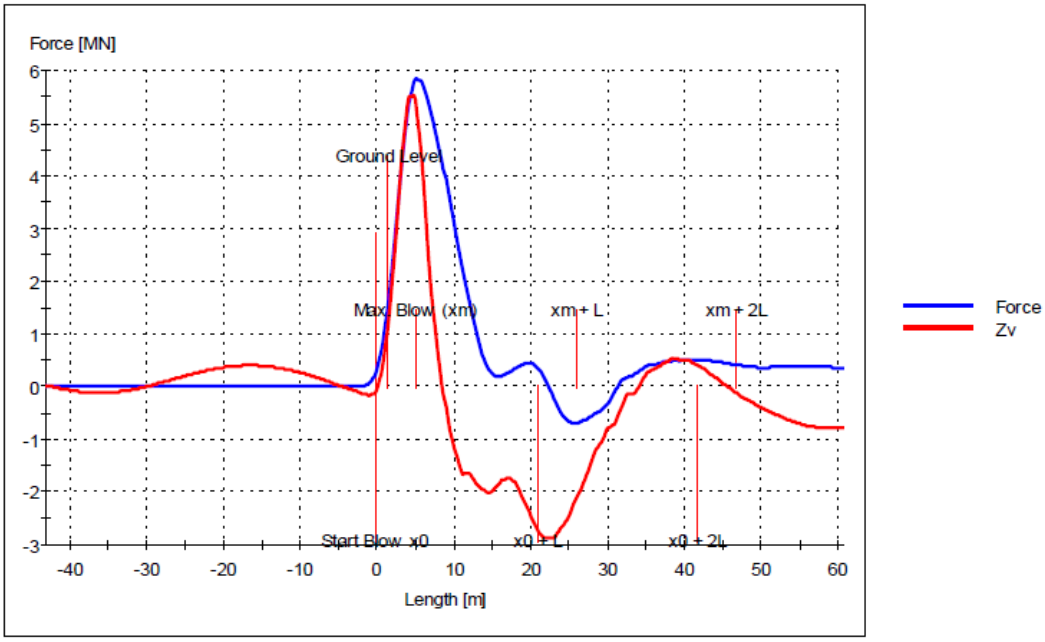
Şekil C.2 : Yukarı seyahat eden dalga-Kazık boyu grafiği (K3).



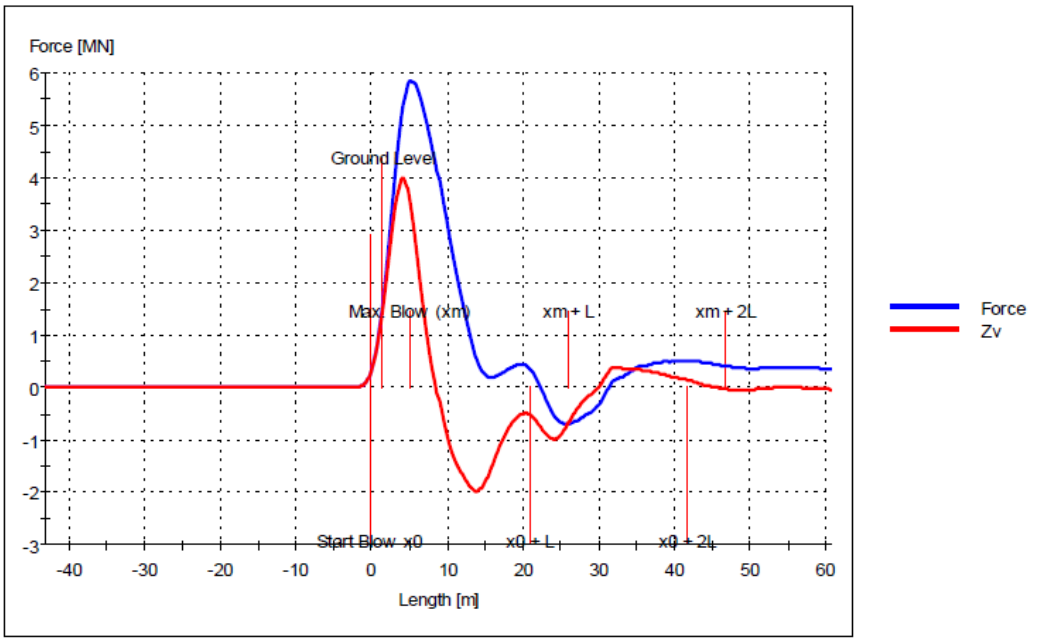
Şekil C.3 : Hız-Kazık Boyu Grafiği (K3).



Şekil C.4 : Derinlikle değişen sürtünme direnci/sürtünme kuvveti/maksimum deplasman/eşdeğer çap/maksimum basınç/maksimum çekme (K3).

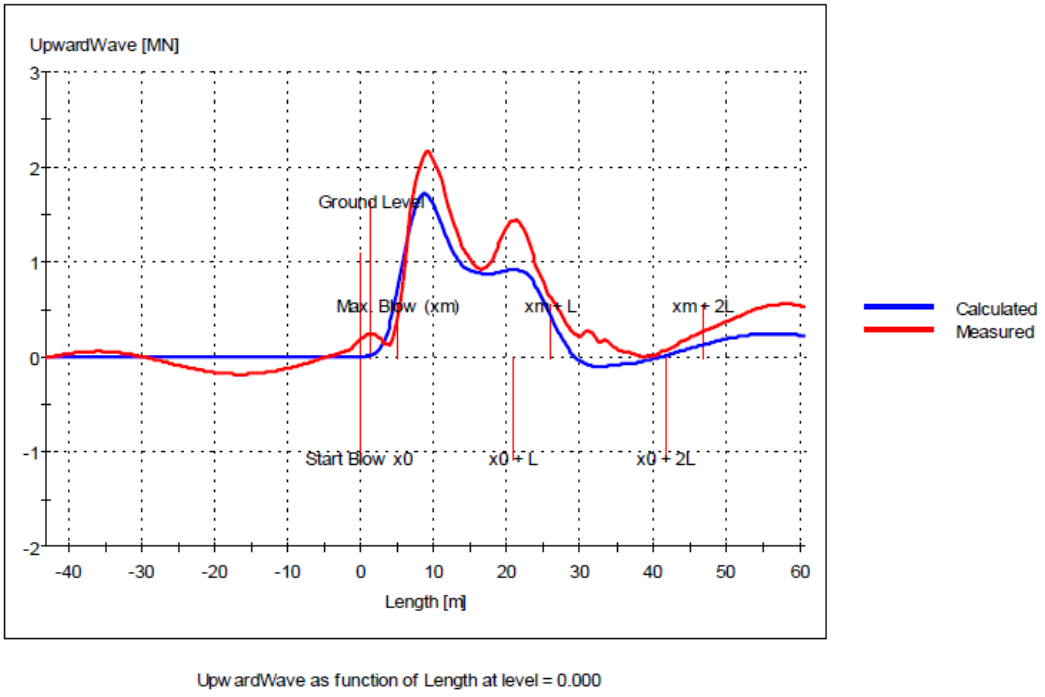


Measured Force and Velocity times Impedance at level = 0.000

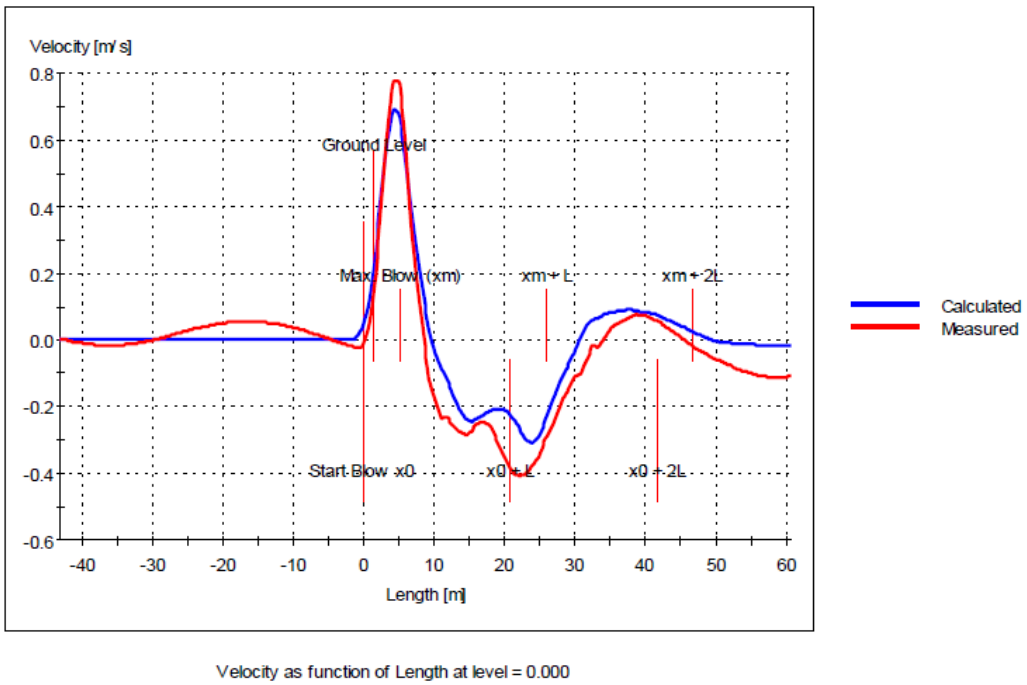


Force and Velocity times Impedance as function of Length at level = 0.000

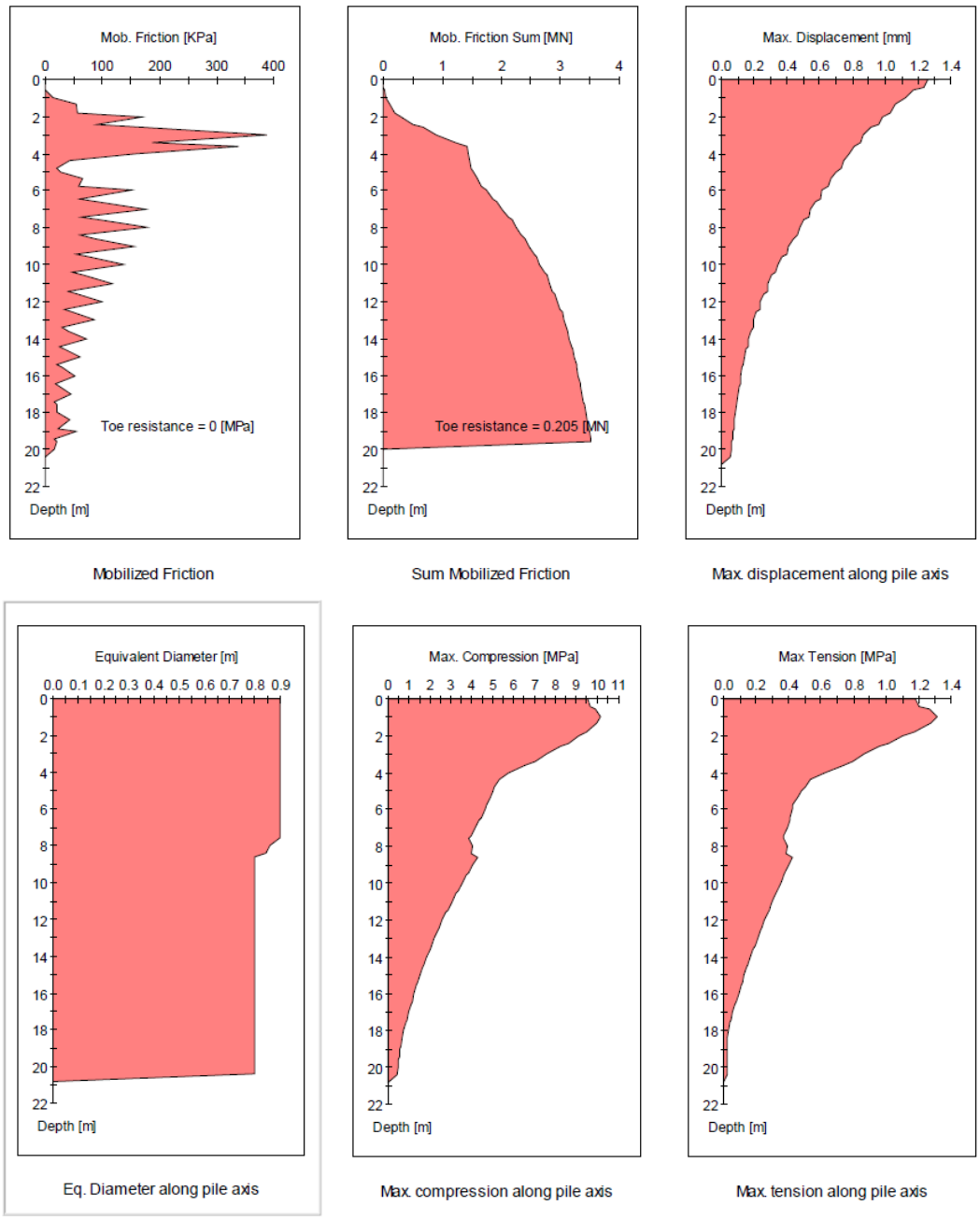
Şekil C.5 : Kuvvet ve Hız x İmpedans ölçümleri / Ölçülen ve hesaplanan F-Zv-Zaman sinyalleri (K4).



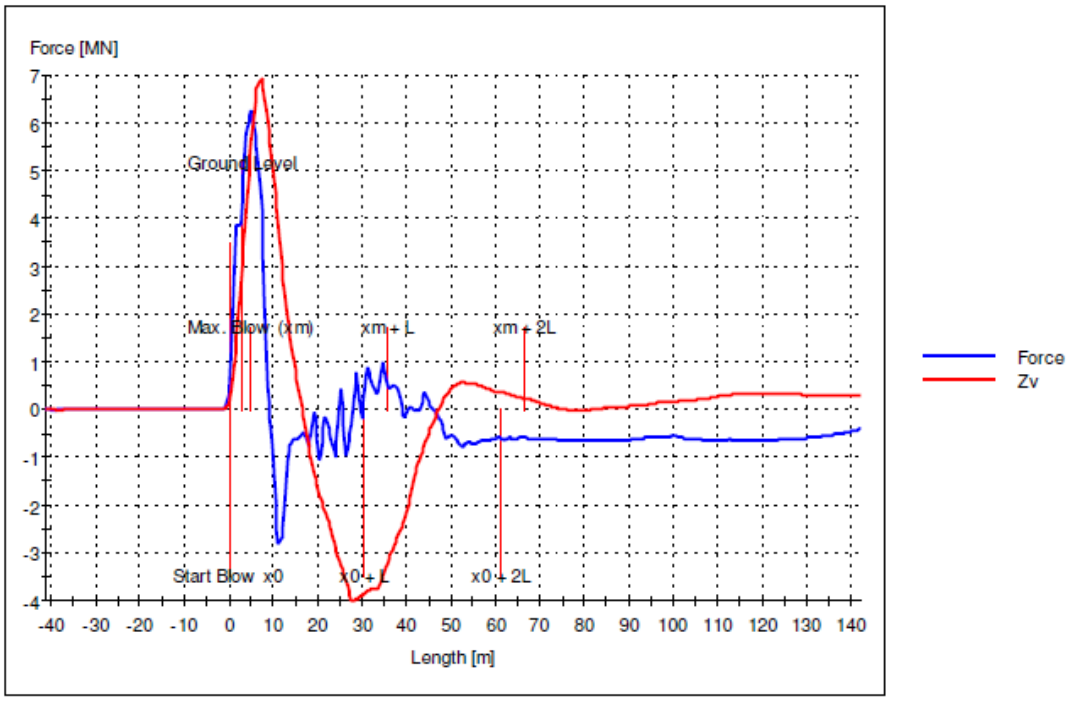
Şekil C.6 : Yukarı seyahat eden dalga-Kazık boyu grafiği (K4).



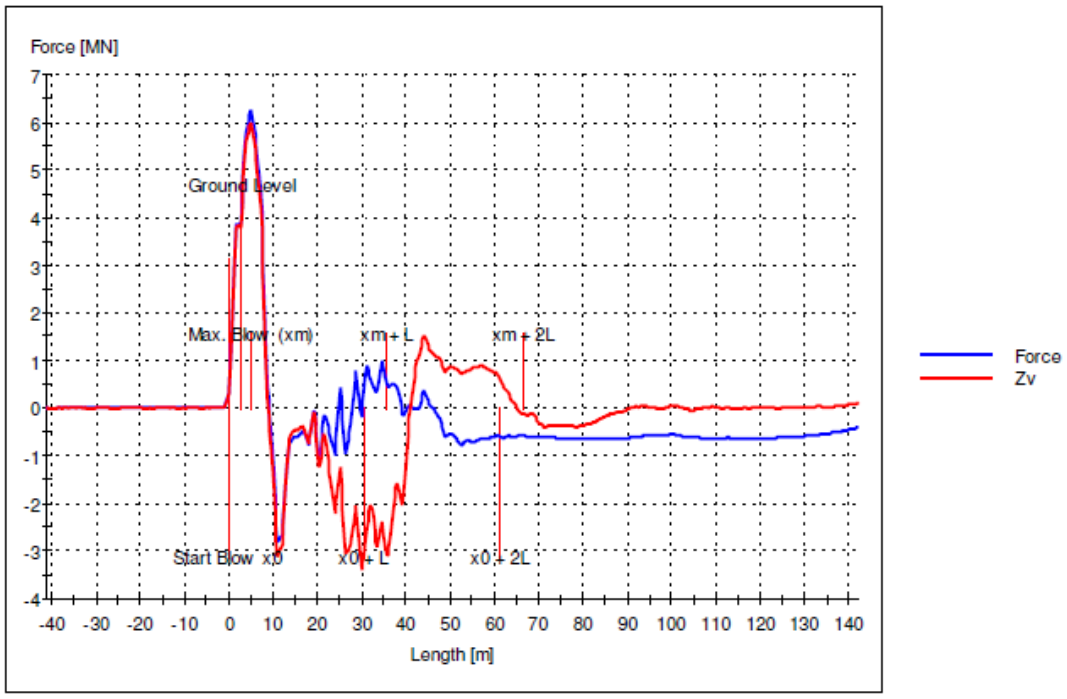
Şekil C.7 : Hız dalgası-Kazık boyu grafiği (K4).



Şekil C.8 : Derinlikle değişen sürtünme direnci/sürtünme kuvveti/maksimum deplasman/eşdeğer çap/maksimum basınç/maksimum çekme (K4).

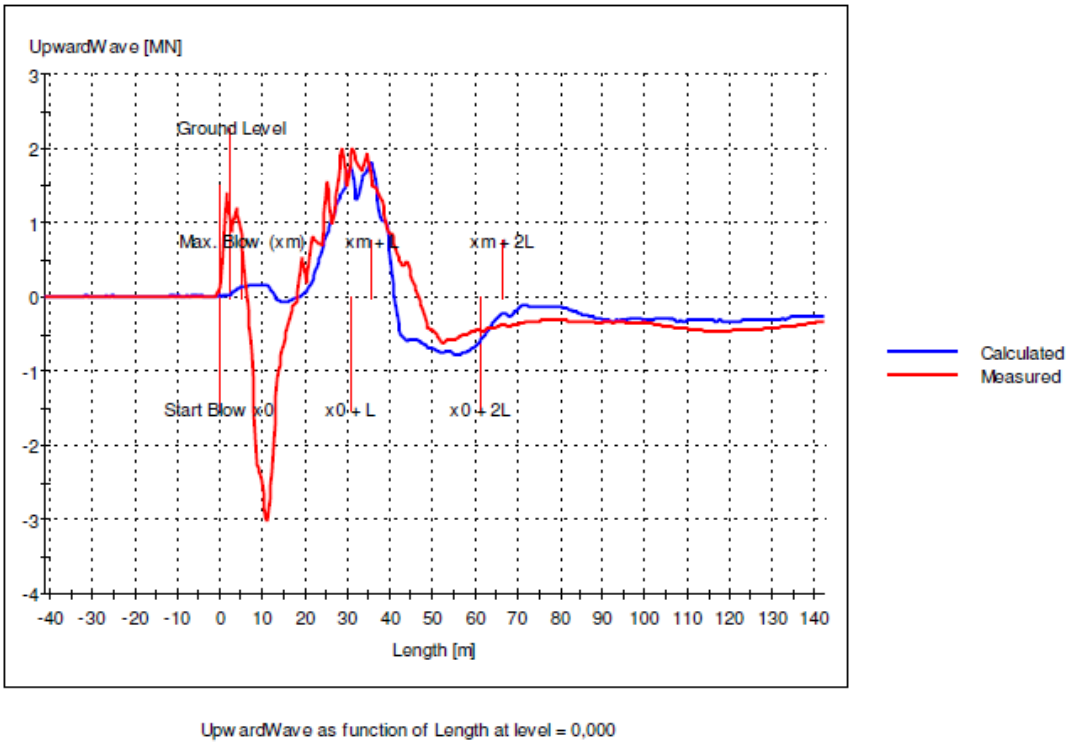


Measured Force and Velocity times Impedance at level = 0,000

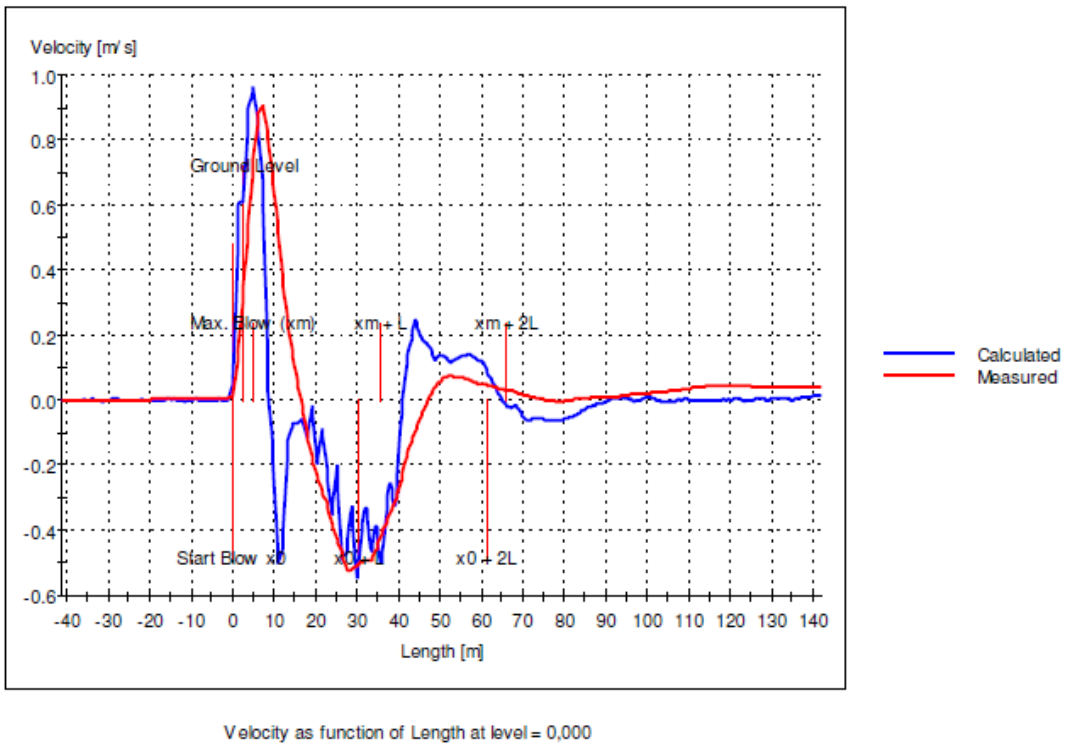


Force and Velocity times Impedance as function of Length at level = 0,000

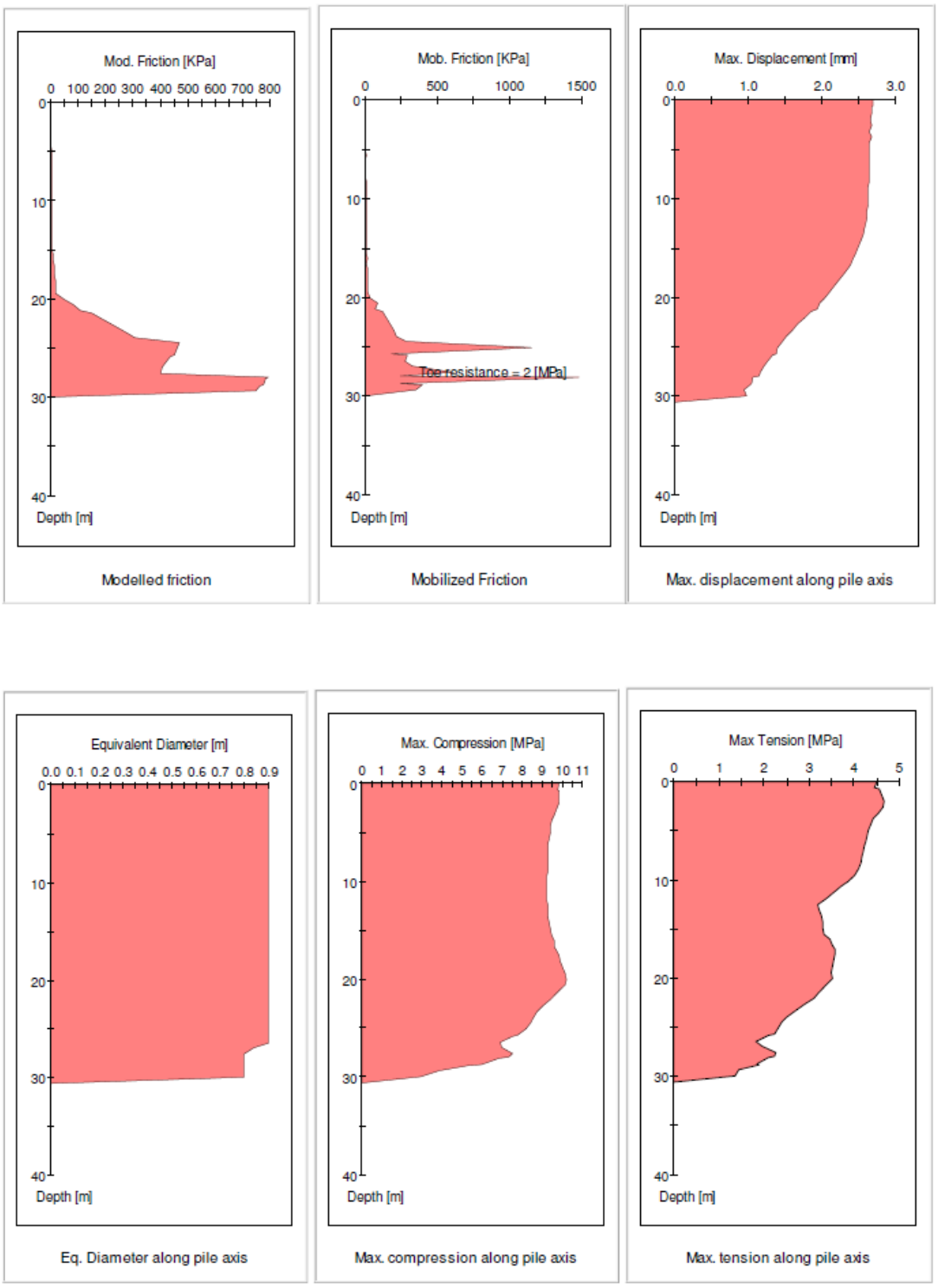
Şekil C.9 : Kuvvet ve Hız x İmpedans ölçümleri / Ölçülen ve hesaplanan F-Zv-Zaman sinyalleri (G1).



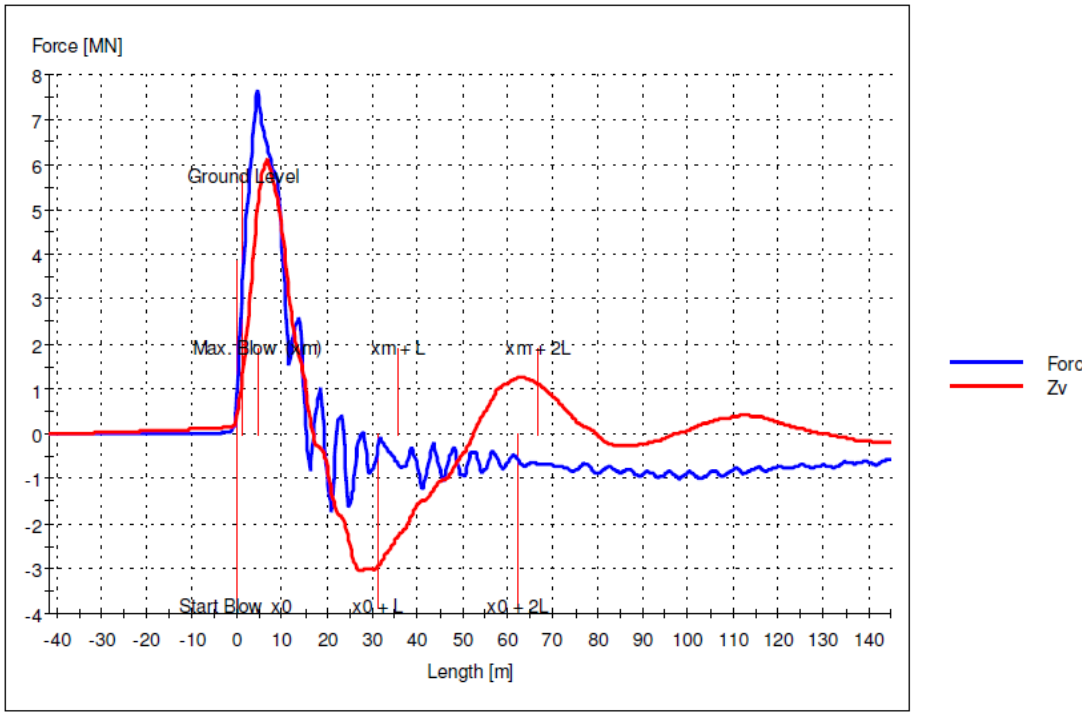
Şekil C.10 : Yukarı seyahat eden dalga-Kazık boyu grafiği (G1).



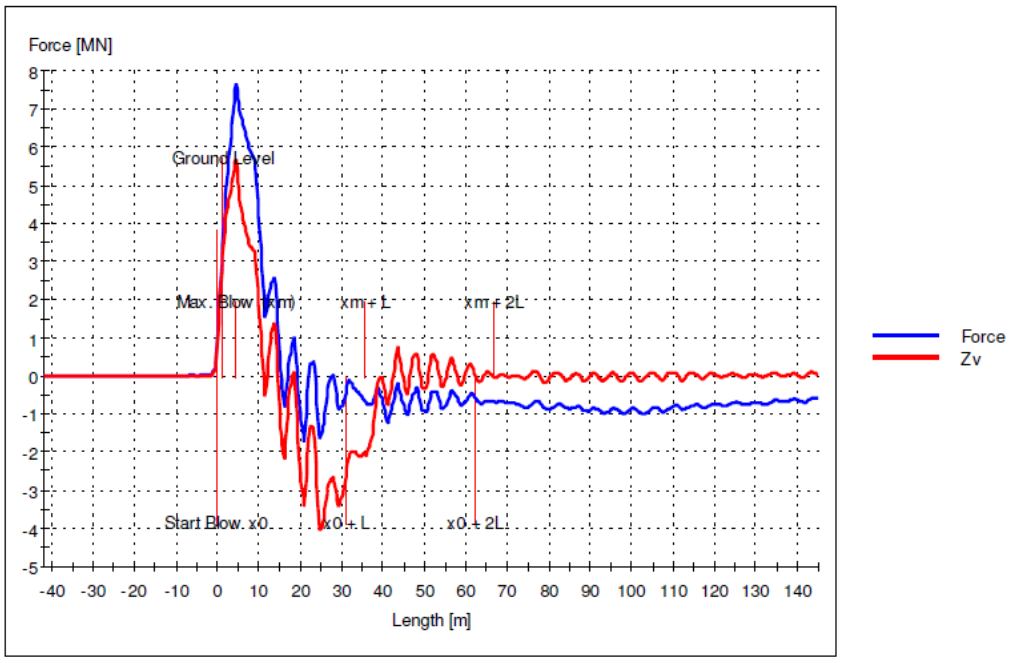
Şekil C.11 : Hız dalgası-Kazık boyu grafiği (G1).



Şekil C.12 : Derinlikle değişen sürtünme direnci/sürtünme kuvveti/maksimum deplasman/eşdeğer çap/maksimum basınç/maksimum çekme (G1).

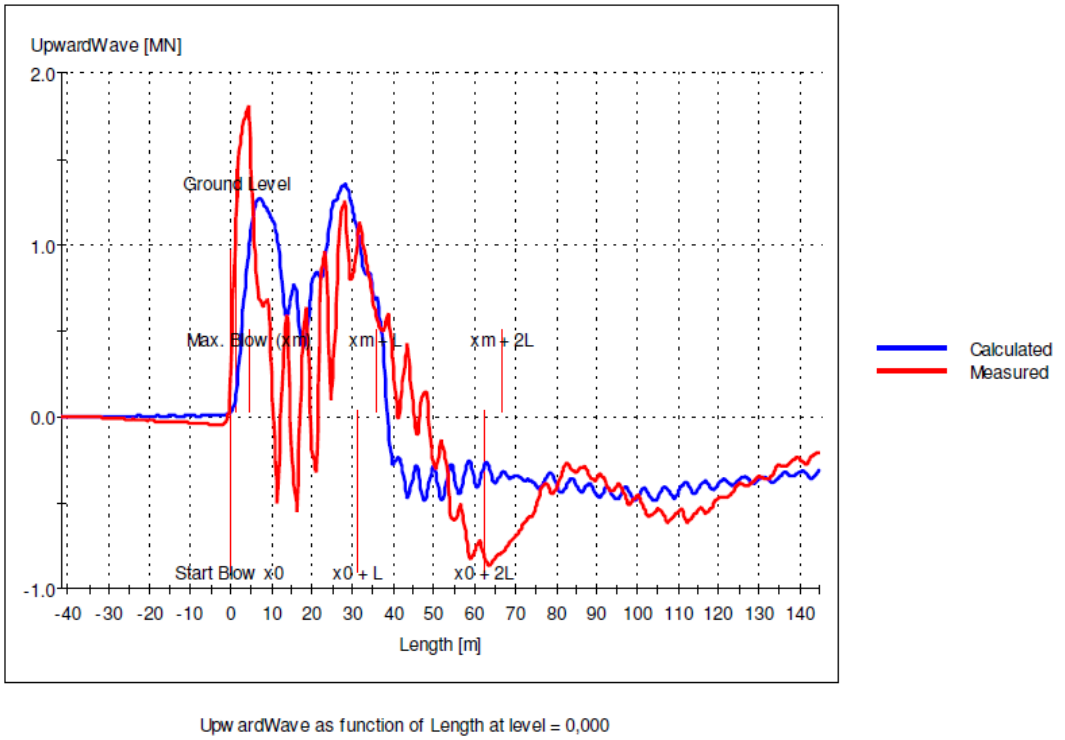


Measured Force and Velocity times Impedance at level = 0,000

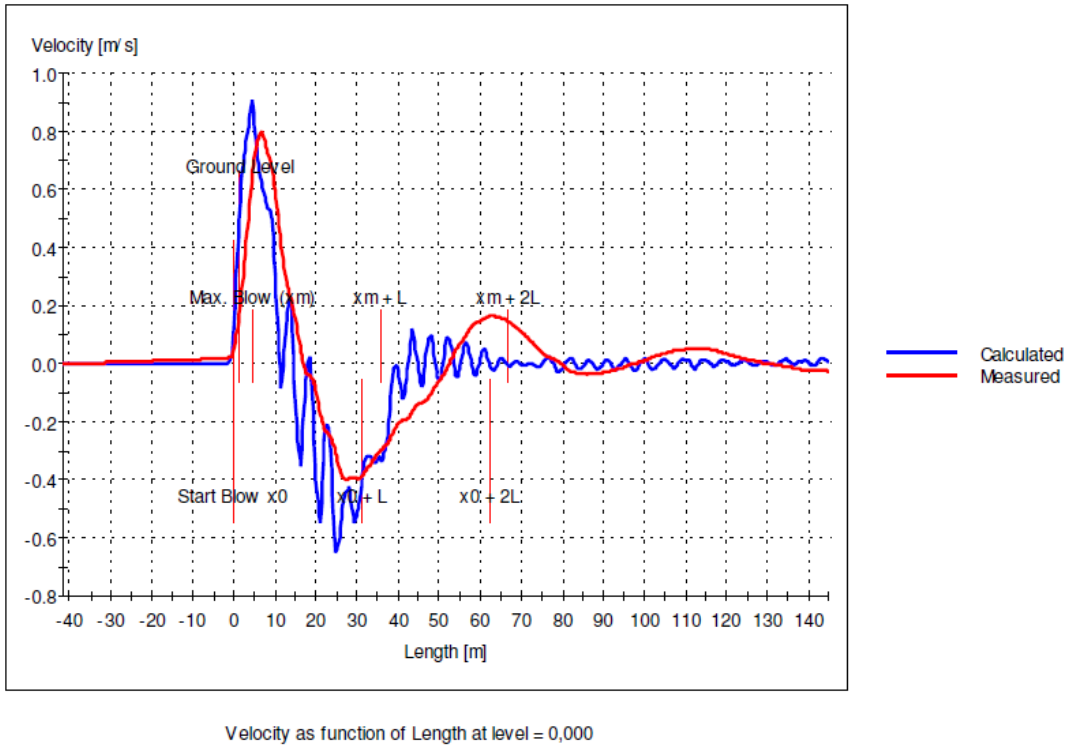


Force and Velocity times Impedance as function of Length at level = 0,000

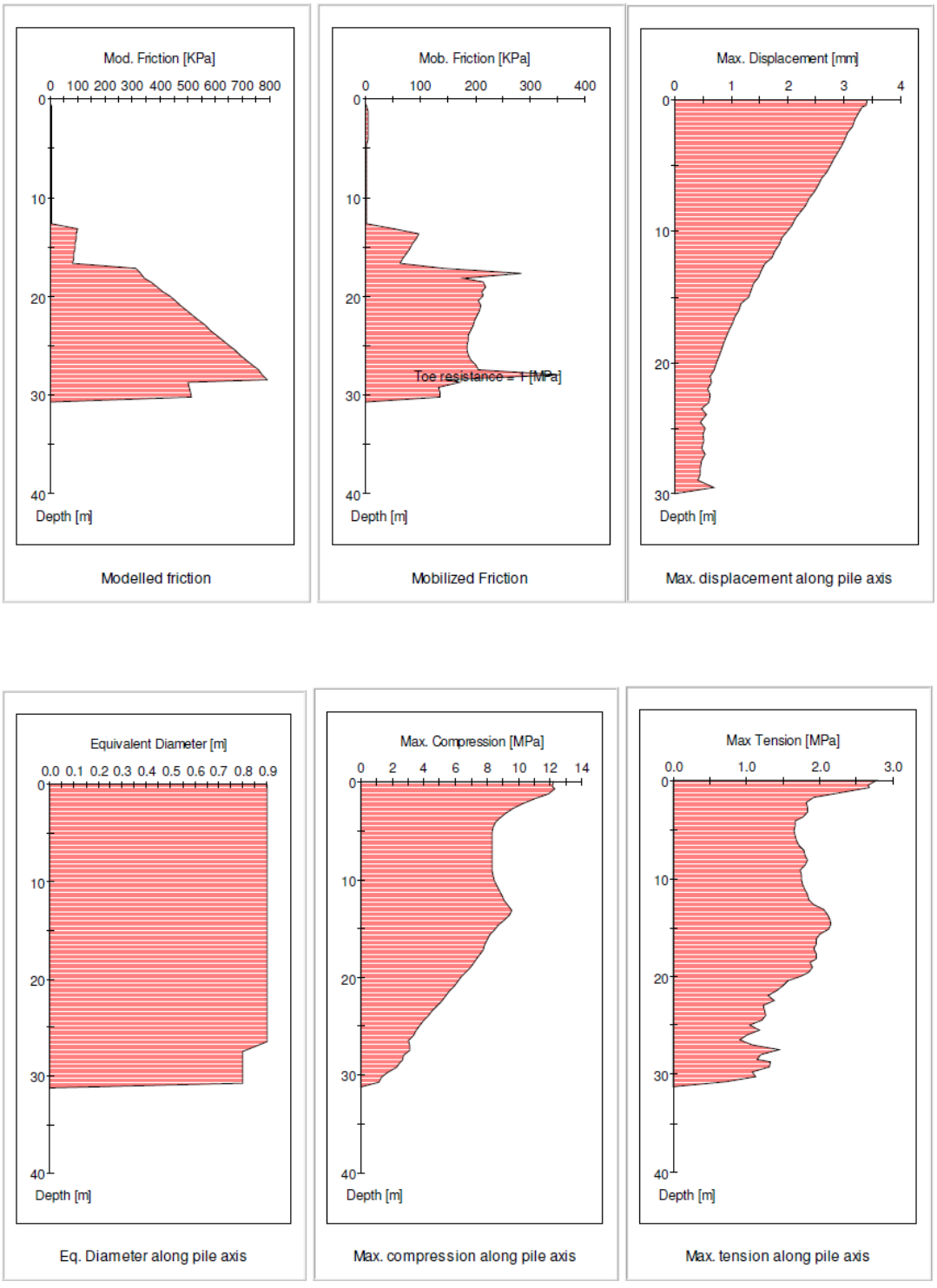
Şekil C.13 : Kuvvet ve Hız x İmpedans ölçümleri / Ölçülen ve hesaplanan F-Zv-Kazık boyu sinyalleri (G2).



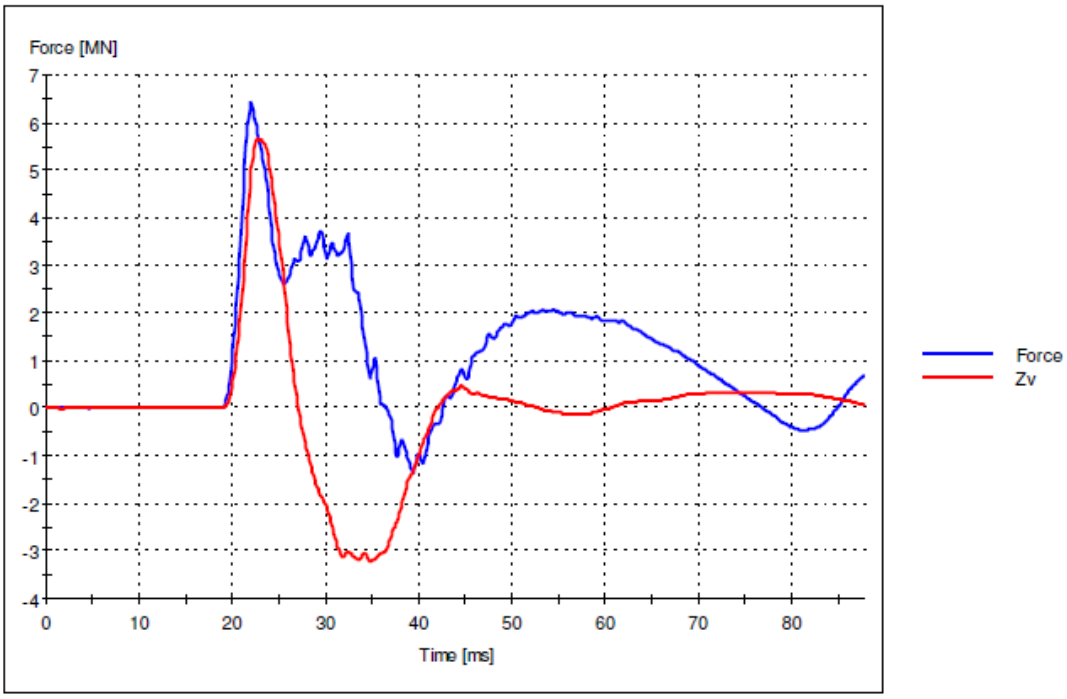
Şekil C.14 : Yukarı seyahat eden dalga-Kazık boyu grafiği (G2)



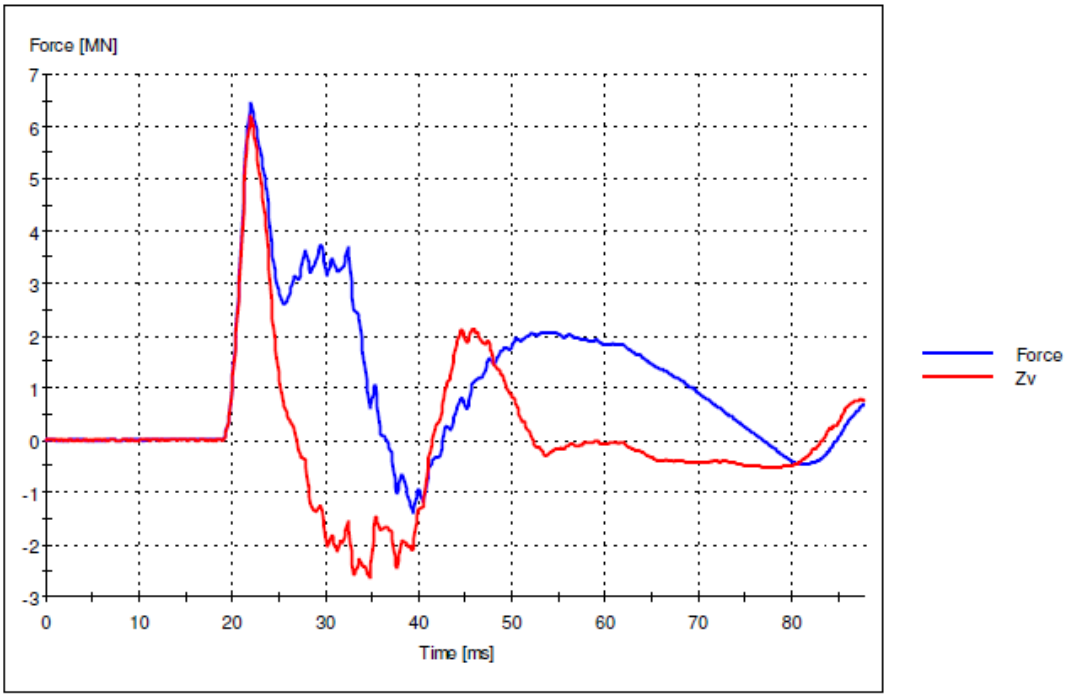
Şekil C.15 : Hız dalgası-Kazık boyu grafiği (G2)



Şekil C.16 : Derinlikle değişen sürtünme direnci/sürtünme kuvveti/maksimum deplasman/eşdeğer çap/maksimum basınç/maksimum çekme (G2)

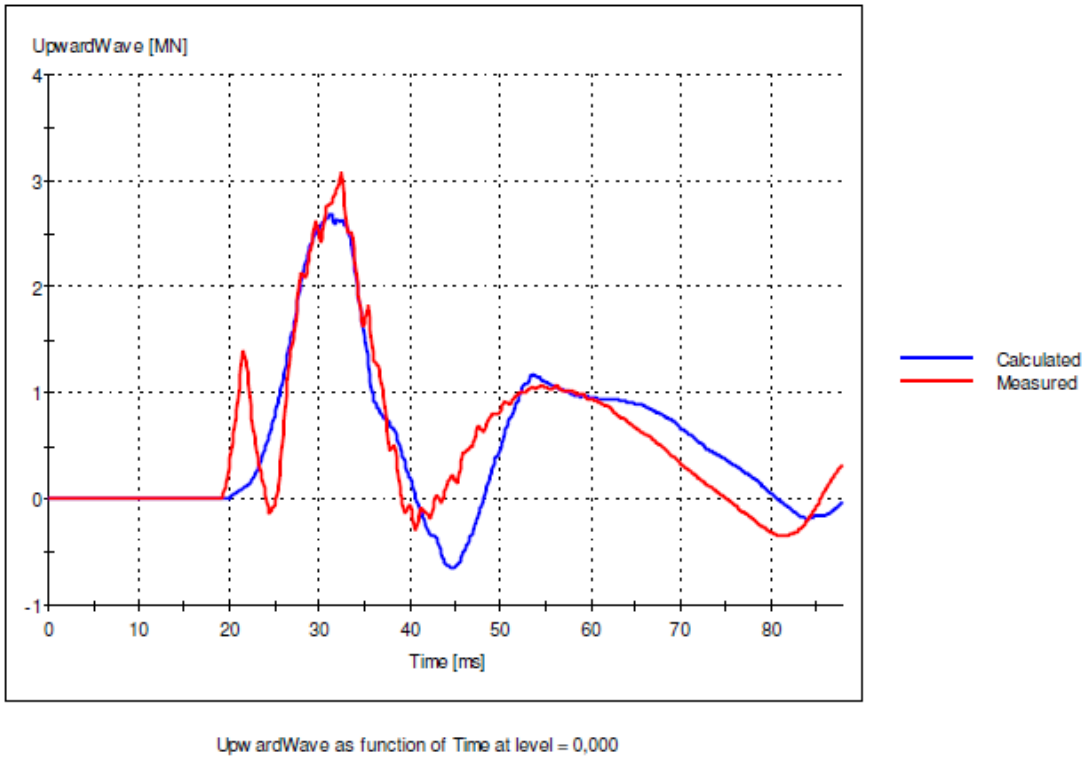


Measured Force and Velocity times Impedance at level = 0,000

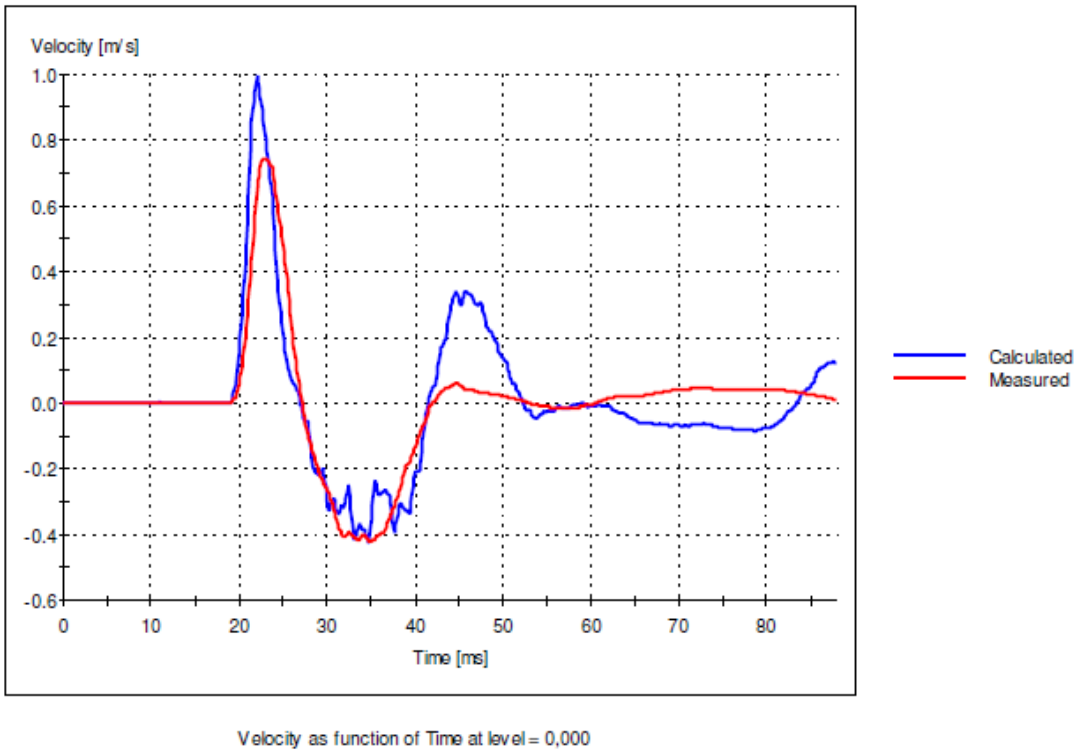


Force and Velocity times Impedance as function of Time at level = 0,000

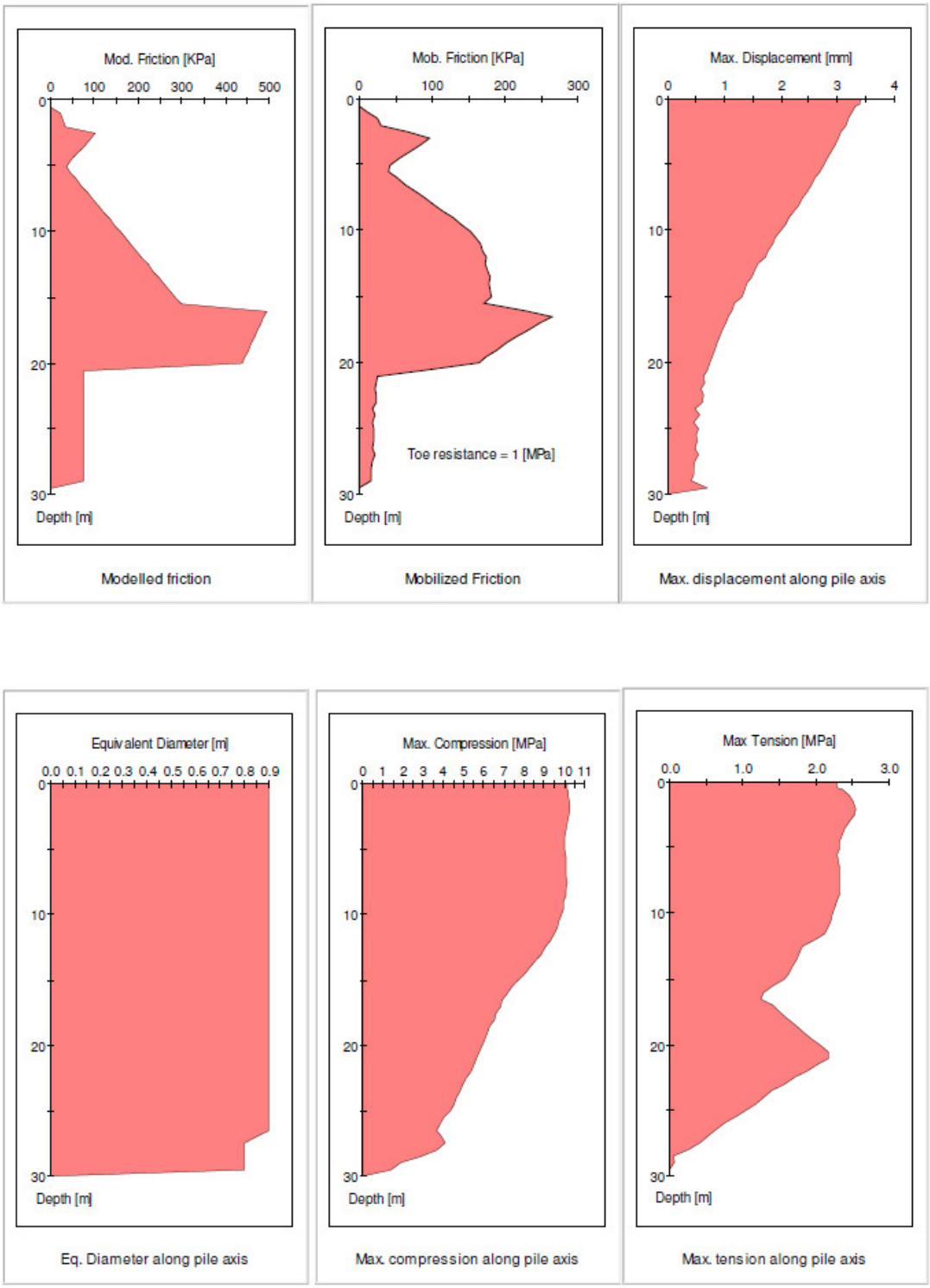
Şekil C.17 : Kuvvet ve Hız x İmpedans ölçümleri / Ölçülen ve hesaplanan F-Zv-Kazık boyu sinyalleri (G3).



Şekil C.18 : Yukarı seyahat eden dalga-Kazık boyu grafiği (G3)



Şekil C.19 : Hız dalgası-Kazık boyu grafiği (G3)



Şekil C.20 : Derinlikle değişen sürtünme direnci/sürtünme kuvveti/maksimum deplasman/eşdeğer çap/maksimum basınç/maksimum çekme (G3).

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Mustafa MERT

Doğum Yeri ve Tarihi: Eskişehir / 05.01.1987

Adres: İcadiye Mah. Hacıraif Sk. No:24/11 Bağlarbaşı Üsküdar/İSTANBUL

E-Posta: mustafamertten@gmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği Bölümü

Mesleki Deneyim:

18.01.2009 – 12.12.2010 : TGC Yapı Ticaret Ltd. Şti.

12.12.2010 - …….. : Temeltaş İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş.