

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YATAY YÜKLÜ DÜŞEY KAZIKLARIN
HESAP ESASLARI VE SONLU ELEMANLAR
YÖNTEMİYLE MODELLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Kubilay SAVAŞERİ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : GEOTEKNİK

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Zeki GÜNDÜZ

Eylül 2006

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YATAY YÜKLÜ DÜŞEY KAZIKLARIN
HESAP ESASLARI VE SONLU ELEMANLAR
YÖNTEMİYLE MODELLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Kubilay SAVAŞERİ

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜH.

Enstitü Bilim Dalı : GEOTEKNİK

Bu tez 18 / 09 /2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Zeki GÜNDÜZ
Jüri Başkanı

Prof. Dr. Hasan ARMAN
Üye

Yrd. Doç. Dr. Seyhan FIRAT
Üye

ÖNSÖZ

Kazıklar ve kazıklı temeller yüzyıllardan beri insanoğlu tarafından yapı yüklerinin zemine güvenle taşıtılmadığı durumlarda kullanılmaktadır. Kazıklar, düşey basınç, düşey çekme ve yatay yöndeki yükleri karşılamak amacıyla inşa edilmektedir. Son 50 yıl içinde tekil kazık ve kazık grupları üzerinde güvenilir tasarım yöntemleri geliştirmek için çok yoğun ve kapsamlı analitik ve deneysel çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çok sayıdaki model ve gerçek deneylerden kazık zemin davranışının analizi açısından önemli bilgiler elde edilmiştir. Analitik çalışmalar, düşey yük altında kazık taşıma gücünün, yatay yük altında kazık yer değiştirmesinin tahmini, dinamik yükler altında kazığın reaksiyonu ve sürekli don etkisi altında kazık davranışının anlaşılmasına yöneliktir. Nümerik yöntemler sonlu farklar ve sonlu elemanlar tekniklerini ve uygulamalarını içermektedir. Yapılan çok sayıdaki model ve gerçek deneylerden de önemli bilgiler elde edilmiştir. Bunlardan elde edilen bilgiler farklı zemin türlerinde, farklı yükleme koşullarında ve farklı çevre koşullarında tasarım yöntemlerinin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada kullanım alanı her geçen gün artan yatay yüklü kazıkların davranışlarının sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak incelenmesi öngörülmüştür. Tez çalışması süresince emeği geçen başta tez danışmanım Doç. Dr. Zeki GÜNDÜZ'e, tez çalışmamda kullandığım Allpile programının Türkiye'ye getirilmesinde olağanüstü emek harcayan sayın Prof. Dr. Hasan ARMAN'a ve diğer Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarına, araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve benden desteğini esirgemeyen mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İstanbul 2006

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY.....	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Kazık Temeller ve Kullanım Alanları.....	1
1.2. Tezin Amacı.....	2
BÖLÜM 2.	
YATAY YÜKLÜ KAZIKLAR VE HESAP YÖNTEMLERİ.....	3
2.1. Tarihsel Gelişim ve Mevcut Yöntemler.....	3
2.1.1. Elastisite teorisi yöntemi	6
2.1.2. Sonlu elemanlar yöntemi.....	6
2.1.3. Yatak Katsayısı Yöntemi (Winkler metodu, P-Y analizi).....	7
BÖLÜM 3.	
KOHEZYONSUZ ZEMİNLERDE YATAY YÜKLÜ KAZIKLARIN YATAK	16
KATSAYISI YÖNTEMİYLE ÇÖZÜMÜ	
3.1. Giriş.....	16
3.2. Serbest Başlı Kazıklar.....	18
3.3. Tutulu Başlı Kazıklar.....	27
3.4. Uzun Kazıklar.....	28
BÖLÜM 4.	

YATAY YÜKLÜ KAZIKLARDA DENEY SONUÇLARI İLE ANALİTİK SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI.....	39
4.1. Giriş.....	39
4.2. Kazık Yatay Yükleme Deneyi ve Deney Sonuçları.....	40
4.2.1. Fore Kazık İmalatı.....	41
4.2.2. TP1 Test Kazığı İmalatı.....	42
4.2.3. TP2 Test Kazığı İmalatı.....	42
4.2.4. TP3 Test Kazığı İmalatı.....	43
4.2.5. TP4 Test Kazığı İmalatı.....	43
4.2.6. Kazık Yatay Yükleme Deneyinin Yapılması.....	43
4.2.7. Kazık Bütünlük Deneyleri (Crosshole).....	45
4.3. Deney Sonuçlarının Bilgisayar Programları İle Karşılaştırılması.....	46
4.3.1. SAP2000 İle Yatay Yüklü Kazık Analizi.....	46
4.3.1.1. Programa sistemin Tanıtılması.....	47
4.3.1.2. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	53
4.3.2. Allpile Programı İle Yatay Yüklü Kazık Analizi.....	56
4.3.2.1. Programa sistemin Tanıtılması.....	58
4.3.2.2. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	64
4.3.3. Plaxis Programı İle Yatay Yüklü Kazık Analizi.....	67
4.3.3.1. Programa sistemin Tanıtılması.....	68
4.3.3.2. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	70
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	74
KAYNAKLAR.....	
EKLER.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	131

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Yatay yüklü kazık ve zemin tepkisi (Poulous and Davis 1980)....	4
Şekil 2.2 Winkler zemin modeli.....	7
Şekil 2.3 Yatak katsayısı yöntemine göre kazığa zemin tepkisi.....	7
Şekil 2.4 Zemin tepkisi - ötelenmesi (p-y) grafiği.....	8
Şekil 2.5 Normalize edilmiş k_h/k_{hmax} eğrileri (Mwindo 1992).....	10
Şekil 2.6 k_h/k_{hmax} oranının Kesme Birim Deformasyonu ile değişimi.....	13
Şekil 2.7 P-Y Analizi-Broms Yöntemi Karşılaştırılması (Rachel 2003).....	14
Şekil 3.1 Kazık çevre basıncı (a) yüklenmeden önce (b)yüklenmeden sonra...	16
Şekil 3.2 Kohezyonsuz zeminde yatay yüklü bir kazık.....	17
Şekil 3.3 Serbest başlı (a) kısa ve (b) uzun kazık davranışı.....	17
Şekil 3.4 Kohezyonsuz zeminde serbest başlı kazık davranışı.....	18
Şekil 3.5 A_y Katsayısı için Eğri korelasyonu.....	22
Şekil 3.6 B_y Katsayısı için Eğri korelasyonu.....	22
Şekil 3.7 A_s Katsayısı için Eğri korelasyonu.....	23
Şekil 3.8 B_s Katsayısı için Eğri korelasyonu.....	23
Şekil 3.9 A_m Katsayısı için Eğri korelasyonu.....	24
Şekil 3.10 B_m Katsayısı için Eğri korelasyonu.....	24
Şekil 3.11 A_v Katsayısı için Eğri korelasyonu.....	25
Şekil 3.12 B_v Katsayısı için Eğri korelasyonu.....	25
Şekil 3.13 A_p Katsayısı için Eğri korelasyonu.....	26
Şekil 3.14 B_p Katsayısı için Eğri korelasyonu.....	26
Şekil 3.15 Tutulu başlı kazık.....	27
Şekil 3.16 Yatay ötelenme – Kazık boyu ilişkisi.....	28
Şekil 3.17 P-y eğrisi çiziminde kullanılacak A katsayısı.....	31
Şekil 3.18 P-y eğrisi çiziminde kullanılacak B katsayısı.....	31
Şekil 3.19 Tipik p-y eğrisi.....	32
Şekil 4.1 Deney kazıkları ve sondaj yerleri koordinatları.....	40
Şekil 4.2 Reaksiyon kazıklarının test kazıkları çevresindeki yerleşimi.....	41
Şekil 4.3 Yatay yükleme deneyi sistem planı ve kesitleri.....	44
Şekil 4.4 SAP 2000 programı için hazırlanmış bilgisayar modeli.....	48
Şekil 4.5 Doğrusal elastik plastik davranış.....	49

Şekil 4.6 Düzeltilmiş yatay yatak katsayısı değerlerinin kazık boyunca Dağılımı.....	51
Şekil 4.7 SAP 2000 kazık modelinde, yüke bağlı kazık başındaki Deplasmanlar.....	53
Şekil 4.8 Kazık kafasında, SAP2000 programı yükleme-deplasman eğrisi İle deney yükleme-deplasman eğrisinin karşılaştırılması.....	54
Şekil 4.9 Allpile programı akış diyagramı.....	57
Şekil 4.10 Allpile programı kazık tipi seçim penceresi.....	58
Şekil 4.11 Allpile programı kazık zemin ilişkisini gösterir pencere.....	59
Şekil 4.12 Allpile programı kazık kesitine ait statik bilgilerin girildiği Pencere.....	60
Şekil 4.13 Allpile programında kazık yükleme bilgilerinin gösterildiği Pencere.....	61
Şekil 4.14 Allpile programında zemin özelliklerinin girildiği pencere.....	62
Şekil 4.15 Allpile kazık modelinde, yüke bağlı kazık başındaki Deplasmanlar.....	64
Şekil 4.16 Kazık kafasında, Allpile programı yükleme-deplasman eğrisi ile Deney yükleme-deplasman eğrisinin karşılaştırılması.....	65
Şekil 4.17 Plaxis programı kazık-zemin modeli.....	68
Şekil 4.18 Plaxis programında kazık-zemin modelinin sonlu elemanlar ağına Çevrilmiş hali.....	68
Şekil 4.19 Plaxis programına yük aşamalarının tanıtılması.....	69
Şekil 4.20 Plaxis kazık modelinde, yüke bağlı kazık başındaki deplasmanlar	70
Şekil 4.21 Kazık kafasında, Plaxis programı yükleme-deplasman eğrisi ile Deney yükleme-deplasman eğrisinin karşılaştırılması.....	71
Şekil 4.22 Plaxis programında kazık kenarında görülen zemin örselenmesi...	72

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1	Kohezyonsuz zeminler için önerilen n_h değerleri.....	9
Tablo 2.2	a ve b sayıları (Mwindo 1992).....	11
Tablo 2.3	$k_{h_{mak}}$ ve $n_{h_{mak}}$ değerleri (Prakash ve Kumar 1996).....	12
Tablo 2.4	Yeraltı suyu düzeltme faktörleri.....	12
Tablo 2.5	P-Y Analizi -Broms Yöntemi Karşılaştırılması (Rachel 2003)...	14
Tablo 3.1	A ve B katsayıları Reese – Matlock (1956).....	20
Tablo 3.2	Zemin sıkılıklarına göre örnek problem için bulunan sonuçlar....	35
Tablo 3.3	Zemin sıkılıklarına göre ikinci örnek problem için bulunan sonuçlar.....	38
Tablo 4.1	Model kazık için yatay yay sabitlerinin bulunması.....	52
Tablo 5.1	Örnek problem için değişik zemin sıkılıklarında taşınan yük, moment, kesme kuvveti'nin karşılaştırılması.....	75
Tablo 5.2	İkinci örnek problem için değişik zemin sıkılıklarında taşınan yük, moment, kesme kuvveti'nin karşılaştırılması.....	75

ÖZET

Anahtar Kelimeler : yatay yüklü kazıklar, sonlu elemanlar, yatak katsayısı yaklaşımı, kazık yatay yükleme deneyi

Kazıklar, esas olarak, yapı yüklerini zemin derin tabakalarına taşıtmak amacı ile kullanılan bir derin temel çeşididir. Zemin yüzüne yakın tabakalar, yapı yüklerini göçmeden veya aşır oturmalar yapmaksızın taşıyabilecek bir yüzeysel temel teşkiline elverişli değilse derin temel tercih edilir.

Önceleri, yaygın olarak düşey yük taşımada kullanılan kazıklar günümüzde yatay yüklerin taşınmasında da kullanılmaktadır. Yatay yük taşıyan kazıkların çözümü için iki farklı temel anlayış vardır. Bu temel anlayışlardan ilki; kazığın taşıyabileceği en büyük yatay yükü bulmayı esas alırken ikincisi kazıkta en büyük yanal ötelenmeye sebep olacak olan yanal kuvveti hesaplamaktır. İzin verilebilecek en büyük yatay ötelenmeye, taşınabilecek en büyük yatay yükten daha önce ulaşıldığı için ikinci anlayış daha gerçekçidir.

Günümüzde kazıkların yatay yükler altındaki davranışlarının analizi yapılırken kullanılan klasik diferansiyel denklemlerin yanında, gelişen teknoloji ile oluşan bilgisayar programları, bu tür problemlere daha hızlı ve detaylı çözümler getirebilmektedir. Ancak kullanıcı bir problemi bilgisayar programı ile analiz ederken, analiz için kullanacağı parametrelerin doğruluğuna emin olmalıdır. Aksi takdirde gerçekten uzak, farazi sonuçlarla karşılaşabileceğini dolayısıyla hesap sonucu değerlerle, gerçek değerler arasında ciddi farklılıklar çıkabileceği gerçeğini unutmamalıdır.

Bu tezde; Kohezyonsuz zeminler için kazık-zemin etkileşimi incelenmiş ve kazık çalışma prensipleri incelenip, kohezyonsuz zeminlerdeki yatay yüklü kazıklar hakkında yapılmış analiz, deney ve model testlerin sonuçlarından yararlanarak tekil kazıkların analizinde kullanılan mevcut katsayı ve faktörler yeni veriler yardımıyla geliştirilmiştir. Bunun yanında gerçekte yapılan bir yatay yükleme deneyi sonuçları ile bu deneyin yapıldığı bölgedeki zemin etüt raporlarından elde edilen zemin parametreleri kullanılarak deneyde kullanılan kazık üç adet değişik bilgisayar programı ile çözümlenip gerçek değerlerle teorik değerler karşılaştırılmıştır.

THE ANALYSIS ESSENTIALS OF LATERALLY LOADED PILES AND MODELLING THEM WITH FINITE ELEMENT METHOD

SUMMARY

Key words: Laterally loaded piles, finite elements, subgrade reaction method, laterally loaded pile experiment.

Essentially piles are a kind of deep foundation which is used for transferring the structure loads safely to the deep ground layers. Deep foundation is preferred if the surface layers aren't suitable to carry the structure loads without collapsing or excessive settlements.

Although in general piles have been used prevalently only for axial loading, now it is possible to use them for lateral loading also. There are two main approaches to solve laterally loaded piles. The first one is; computing the ultimate lateral resistance and the second is; computing the lateral force that causes the maximum allowable deflection. The second approach is more realistic because pile reaches the maximum allowable deflection before the ultimate lateral resistance.

In addition to the classical differential equations methods that are used to compute the lateral loaded piles attitudes nowadays there are various computer programs. Although these programs solve the problems faster and give more accurate results, the program user must be sure with the parameters and data that he/she inputs. Other wise the results may be far from reality and mislead the user about the structure.

In this thesis; pile-soil interaction for cohesionless soils and pile working fundamentals had studied by the literature published about analysis, model tests and experiments made for laterally loaded piles in cohesionless soils. As a result of all studies factors and coefficients which are used in single pile and pile group analysis improved. Besides a laterally loaded pile experiment have done in a cohesionless soil. The results of this experiment, the soil research reports and the parameters of the region where the experiment has done used in three different computer programs (SAP 2000, Allpile, Plaxis) to compute and to compare with the theoretic results.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Kazık Temeller ve Kullanım Alanları

Yüksek katlı binalar ve köprü, rıhtım benzeri yapılar kendi ağırlıklarının ve maruz kaldıkları dış yüklerin büyüklüğü ile bu yükleri taşıyabilecek zemin tabakalarının derinlerde olması sebebiyle; daha gelişmiş, karmaşık ve derin temellere ihtiyaç duyarlar. Bu tip yapılar için, kazık temeller en önemli çözüm seçeneği olarak yıllar önce uygulanmaya başlamıştır.

Kazık temel uygulamasının uygun bir çözüm olabileceği durumlar şöyle sıralanabilir:

- 1- Yeterli taşıma gücüne sahip olan zemin tabakalarının derinde olması
- 2- Yüzeysel zemin tabakalarının yetersiz, çok değişken veya çok eğimli olması
- 3- Zemin oturmalarının kabul edilebilir değerden büyük olduğu veya binanın farklı oturmalara çok hassas olması
- 4- Büyük yatay ve/veya eğimli yüke maruz kalan yapılarda

Bu tip durumlarda projelendirilecek olan kazık temeller çeşitli tip ve büyüklükte olabilir. Kazık temel, ihtiyaca göre tek bir kazıktan oluşabildiği gibi daha fazla kazıkla da projelendirilebilir.

Başlarda kazık temeller sadece düşey yük taşımak için kullanılırken zamanla yapılan birçok araştırma ve uygulama, kazıkların yatay yükleri taşımada da kullanılabileceğini göstermiştir (Bowles 1988). Zaten büyük dikey yükler taşıyan temellerin bu yükler sebebiyle oluşacak yatay gerilmelere karşı da dayanıklı olması gerektiği açıktır. Günümüzde kazıklar hem yatay hem de düşey yüklerin taşınmasında kullanılmaktadır.

Yatay yüklü kazıkların başlıca kullanım alanları olarak; rüzgar yükü alan yapılar, köprü ayakları, gemilerden kaynaklanan yanal yüklere maruz kalan limanlar, istinat duvarları, yamaçlarda stabilite uygulamaları sayılabilir.

1.2. Tezin Amacı

Yatay yük taşıyan kazıkların çözümü için iki farklı temel anlayış vardır. Bu temel anlayışlardan ilki, kazığın taşıyabileceği en büyük yatay yükü bulmayı ve bunu güvenlik katsayısı ile azaltmayı esas alırken ikincisi kazıkta en büyük yanal ötelenmeye sebep olacak olan yatay kuvveti hesaplamaktır.

Günümüzde yatay yüklü kazıkların analizi, bu konuya hizmet eden bilgisayar programlarının artışıyla daha pratik hale gelmiştir. Programların kullanıcı ara birimlerinin kolaylığı, çözümü kolaylaştırmasına rağmen, kullanıcının hassasiyeti ve tecrübesi çözüm sonuçlarının değerlendirilmesi aşamasında önem kazanmaktadır.

Yatay yüklü kazıkların analiz yöntemleri ve tekil kazık uygulamaları üzerine yoğunlaşan bu çalışmanın amaçlarını şöyle listeleyebiliriz:

- 1- Kohezyonsuz zeminlerde yatay yüklü kazıklar hakkında yapılmış analiz, deney ve model testlerin sonuçlarından yararlanarak tekil kazıkları Winkler Yöntemi kullanarak klasik yöntemlerle incelemek.
- 2- Bu inceleme sonucunda tekil kazıkların hesabında kullanılan katsayı ve faktörleri geliştirmek.
- 3- Yatay yükleme deneyi yapılmış bir test kazığında, deney esnasında kazık başında bulunan deplasmanların; bu deneyin yapıldığı zemin profilini Winkler yayları, sonlu farklar ve sonlu elemanlar yöntemlerini kullanıp bilgisayar programlarına tanıtarak, deney sonuçları ile analiz sonuçlarını karşılaştırmak.

BÖLÜM 2. YATAY YÜKLÜ KAZIKLAR ve HESAP YÖNTEMLERİ

2.1. Tarihsel Gelişim ve Mevcut Yöntemler

Yatay yüklü kazıkların geçmişi yaklaşık olarak 45-50 yıl öncesine Terzaghi'nin 1955 yılında yatay yüklemeler için, Winkler'in zemini birbirine sonsuz yakınlıktaki yaylarla temsil eden modelini kullanmasına kadar götürülebilmesine rağmen bu konudaki en önemli gelişmeler son 25-30 yıl içerisinde gerçekleşmiştir.

Yatay yüklü bir kazık hesabında aşağıda listelenen üç konuda çok dikkatli olunmalıdır:

- 1- Zemin kaldırabileceğinden daha fazla bir gerilmeye maruz kalmamalıdır
- 2- Kazık ötelenmeleri kabul edilebilir düzeyde kalmalıdır
- 3- Yapısal bütünlük garanti altına alınmalıdır

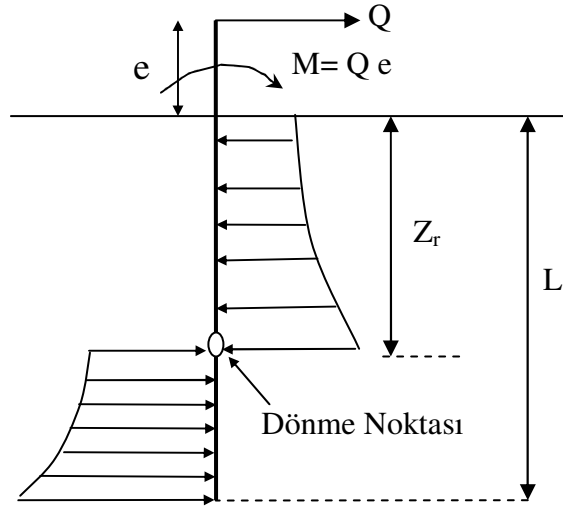
Yatay yük taşıyan kazıkların çözümü için iki farklı temel anlayış geliştirilmiştir:

- 1- Kazığın taşıyabileceği en büyük yatay yükü bulmayı ve bunu güvenlik katsayısı ile azaltmayı esas almak
- 2- Kazıkta en büyük yanal ötelenmeye sebep olacak olan yatay kuvveti hesaplamaktır

İlk anlayışı esas alarak yatay yüklü kazık çözümleri öneren yöntemlerden en önemlileri; Brinch Hansen (1961) ve Broms (1964) yöntemleridir.

Brinch Hansen (1961) tarafından önerilen yöntem, zemin basıncına dayalı bir çözüm yöntemi olup daha ziyade kohezyonlu zeminler için elverişlidir. Dönme noktasının

(Şekil 2.1) tespiti deneme-yanılma çözümleri gerektirir (Yıldırım 2002).



Şekil 2.1 Yatay yüklü kazık ve zemin tepkisi (Poulos and Davis 1980)

Brinch Hansen (1961) tarafından önerilen yöntem, yatay yüklü kazığın çözümüne statik olarak yaklaşır ve yatay yükleme sonucunda oluşan aktif ve pasif bölgeler yardımıyla soruna çözüm arar. Kazığın taşıyabileceği en büyük yükü ve momenti aşağıdaki integral çözümlemesi ile bulur.

$$Q_u = \int_0^{z_r} p_u \, dz - \int_z^L p_u \, dz \quad (2.1)$$

$$M_u = Q_u e = - \int_0^{z_r} p_u \, dz \, z - \int_z^L p_u \, dz \, z \quad (2.2)$$

Burada

Q_u : Taşınabilen en büyük yük,

M_u : Taşınabilen en büyük moment,

Z : Dönme noktası,

P_u : En büyük zemin tepkisi dir.

Dönme noktası momentin sıfır olduğu nokta olarak tanımlanır ve bulunur. Dönme noktasının tespitinden sonra son taşıma gücü yatay dengeden hesaplanır.

Broms (1964) yöntemi de zemin basıncına dayalı olarak kazık nihai taşıma gücünü hesaplamaya çalışır. Zeminin tamamen kohezyonsuz veya tamamen kohezyonlu kabul edilmesi gerektiğinden yöntem tabakalı zeminlerde uygulanamaz bütün kazık uzunlukları için uygun olan yöntemin bu sebeple kısıtlı bir kullanım alanı vardır (Yıldırım 2002).

Broms (1964) kazıkları kısa (rijit) ve uzun (bükülebilir) olarak sınıflandırarak ayrı ayrı çözümlenmiştir. Broms (1964) eşitliklerde kullanılan kazıkların uzun veya kısa oluşuna aşağıdaki Şekilde tanımlanan bükülebilirlik faktörleri yardımıyla karar vermektedir.

$$\text{Kohezyonsuz zeminlerde} \quad T = (EI / n_h)^{1/5} \quad (2.3)$$

$$\text{Kohezyonlu zeminlerde} \quad R = (EI / k_s B)^{1/4} \quad (2.4)$$

Eşitliklerdeki

E: kazık elastisite modülü,

I: Kazık atalet momenti,

n_h ve k_s : sırasıyla kohezyonsuz ve kohezyonlu zeminler için yatak katsayısıdır.

L kazık boyunun bu faktörlere oranına göre kazıklar aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

$$L / T \leq 2 \quad \text{ve} \quad L / R \leq 2 \quad \text{ise} \quad \text{kısa (rijit)}$$

$$L / T \geq 4 \quad \text{ve} \quad L / R \geq 3,5 \quad \text{ise} \quad \text{uzun (bükülebilir)}$$

Broms (1964) tarafından tanımlanan bu bükülebilirlik faktörleri ve gruplandırma sistematığı, ikinci anlayışı benimsemiş olan ve tezin de uygulama yöntemi olarak

seçtiği “Yatak Katsayısı Yöntemi” tarafından da aynen kabul edilmiş ve kullanılmıştır. Broms (1964) yöntemi çeşitli zemin türleri ve kazık boyları için değişik çözümler önermiştir.

İkinci anlayışı kabul edip buna göre çözüm öneren yöntemlerin başlıcaları şunlardır:

- 1- Elastisite Teorisi Yöntemi
- 2- Sonlu Elemanlar Yöntemi
- 3- Yatak Katsayısı Yöntemi (Winkler Metodu, p-y Analizi)

2.1.1. Elastisite teorisi yöntemi

Bu yaklaşımı, teoriyi, yatay yüklü kazıklar için etkin biçimde ilk kullanan Poulos (1971) olmuştur. Zemin; elastik bir süreklilik olarak tanımlandığı için bu yaklaşımla, boyut ve şekilleri ne olursa olsun her tür zemin içindeki kazıkların analizi yapılabilir, çözümlenebilir bir hal alır (Poulos 1980).

Yatay kuvvet ve moment etkisindeki kazıkların moment ve ötelenmelerinin saptanmasında elastik ortam yaklaşımı teorikte daha gerçekçidir. Zemin ötelenmesi (dolayısıyla kazık ötelenmesi) yatay yükler için Mindlin eşitliklerinden yararlanılarak hesaplanır.

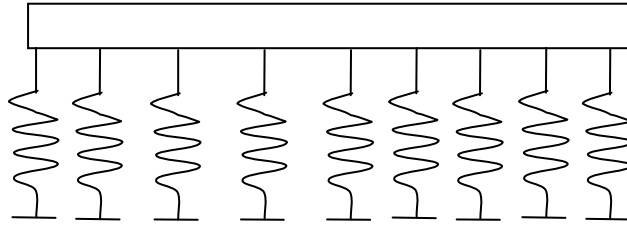
Poulos ve Davis (1980) kazık başının durumuna, yükleme çeşitlerine, zemin çeşitlerine vb. şartlar için çeşitli eşitlikler geliştirmişlerdir.

2.1.2. Sonlu elemanlar yöntemi

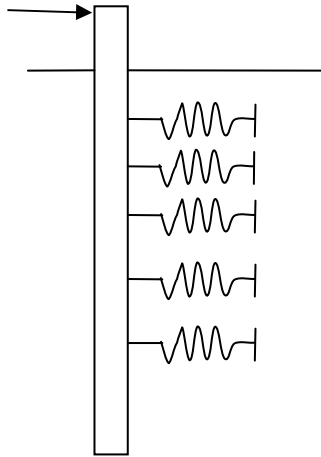
Sonlu elemanlar yöntemi de elastisite teorisine dayalı olan nümerik bir çözümleme yöntemidir. Sonlu elemanlar yöntemi, zemini; üç boyutlu yarı elastik bir süreklilik olarak tanımlar. Sonlu elemanlar yöntemi daha çok; zeminin lineer olmayan davranışını hesaba katabildiği ve herhangi bir eksenel yük kombinasyonunun çözümüne olanak vermesi nedeniyle, üç boyutta veri hesapları için çok uzun zaman gerektirse de özellikle analiz ve araştırma amaçlı kullanımda kullanışlıdır.

2.1.3. Yatak Katsayısı Yöntemi (Winkler metodu, p-y analizi)

Yatak katsayısı yönteminin temeli, Winkler'in 1867 yılında önerdiği zemin modelidir. Winkler zemin modeline göre; Şekil 2.2'de de görüldüğü üzere, zemin; birbirine çok yakın sonsuz sayıda yayla temsil edilebilir. Yatay yüklü kazıklar zeminde duran kirişler gibi düşünülebilir (Şekil 2.3).



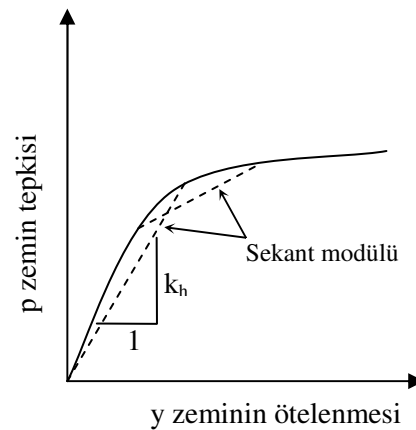
Şekil 2.2 Winkler zemin modeli



Şekil 2.3 Yatak katsayısı yöntemine göre kazığa zemin tepkisi

Winkler'in bu zemin modelini yatay yüklü kazıklar için ilk kullanan kişi Terzaghi'dir (1955). Bu yayların sıkışabilirlik katsayısı olan k_h aynı zamanda zemin modülü veya yatak katsayısı olarak adlandırılır ve bir noktadaki zemin tepkisi p 'nin o noktada kazığın yer değiştirmesi y 'ye oranı olarak tariflenir (Şekil 2.4). Formülü ise şöyledir :

$$k_h = p / y \quad (2.5)$$



Şekil 2.4 Zemin tepkisi - ötelenmesi (p-y) grafiği

Yatay yüklü kazıkların hesabında yatak katsayısı k_h 'ın doğru hesaplanması çok önemli olduğundan bu konuda birçok araştırma ve çalışma yapılmış ve öneriler sunulmuştur .

Eğer zemin tam elastik bir malzeme olsaydı k_h bütün zemin boyunca sabit olurdu ancak biz bunun böyle olmadığını biliyoruz. Terzaghi (1955)'ye göre normal konsolide ve kohezyonsuz zeminlerde yatak katsayısı derinlikle doğrusal olarak değişir, normal konsolide ve kohezyonsuz zeminler için

$$k_h = n_h x \quad (2.6)$$

ile hesaplanabilir. Burada

x : Zemin yüzeyinden itibaren derinlik,

n_h : Yatak katsayısı değişim sabiti

olup değişik araştırmacılar tarafından değişik n_h değerleri önerilmiştir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 Kohezyonsuz zeminler için önerilen n_h değerleri

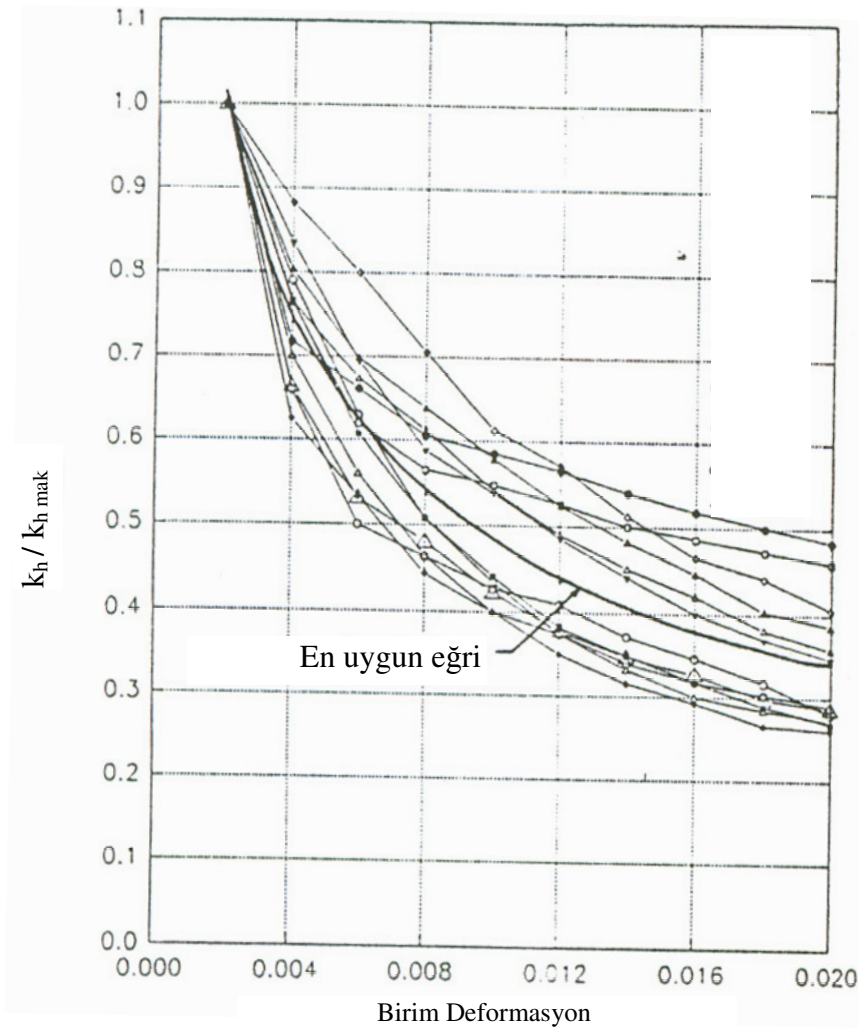
Kumda Sıklık	Gevşek (15-35)	Orta-Sıkı (35-65)	Sıkı (65-85)
Terzaghi (1955) kN/m^3	706-2092	2092-7063	7063-13855
Reese (1974) kuru kN/m^3	6785	24425	61065
Reese (1974) batık kN/m^3	5433	16300	33959
Das (1990) kuru kN/m^3	1800 -2200	5500 – 7000	15000 - 18000
Das (1990) batık kN/m^3	1000-1400	3500-4500	9000-12000

Terzaghi'nin bu formülasyonu, kabulü yaygın olarak kullanılsa da Gill ve Demars (1970), Poulos ve Davis (1980), Matlock ve Reese (1960) gibi değişik araştırmacılar tarafından doğrusal olmayan, hiperbolik k_h eşitlikleri geliştirilmiştir.

Mwindo (1992) kumlu zeminlerde 22 yatay yükleme deneyi yaparak yatak katsayısı ile kesme birim deformasyonu arasında ampirik formüller geliştirmiştir (şekil 2.5).

Yine bu deney sonuçlarına göre k_{hmax} değeri 1m de 0.002 birim deformasyon değerine ulaşıldığında elde edilmektedir ve k_h değeri için aşağıdaki eşitlik önerilmektedir :

$$k_h / k_{hmax} = a \gamma^{-b} \quad (2.7)$$



Şekil 2.5 Normalized edilmiş k_h/k_{hmax} eğrileri (Mwindo 1992)

Şekilde görülen en uygun eğri $k_h / k_{hmax} = 0,052 \gamma^{-0,48}$ dir.

formülde kullanılan a ve b değerleri kazık cinsine bağlı olarak Tablo 2.2 de listelenmiştir. Kazık başı yüklemesinde; kesme birim deformasyonu γ , kazık başındaki ötelenme y ile ilişkilidir.

Kagawa ve Kraft (1980)' a göre kazık ötelenmesinin %70 inden fazlası kazık yarı çapının iki katı mesafedeki bölgede gerçekleşir ve bu sebepten kesme birim deformasyonundaki artış bu bölgedeki kazık-zemin ilişkisinden kaynaklanır.

Tablo 2.2 a ve b sayıları Mwindo(1992)

Kazık Cinsi	Zemin	a	b
Ahşap	Orta-sıkı kum	0,12	-0,36
	Gevşek kum	0,009	-0,77
Çelik	Orta-sıkı kum	0,07	-0,43
H Şekilli –çelik	Orta-sıkı kum	0,05	-0,5
Çakma Kazık	Orta-sıkı kum	0,035	-0,54

Eşitlik 2.7 de aynı birim deformasyon için (γ =sabit) Tablo 2.2 deki a,b sayıları uygun cins kazıklar için yazılırsa; k_h/ k_{hmax} oranının orta-sıkı kumdaki Ahşap kazıklarda en büyük olduğu diğer bir değişle bu durumda zemin tepkisinin (yay sıkışabilirlik katsayısı) en büyük değere diğer durumlara göre daha yakın olduğu görülmektedir.

Eşitlik 2.7 haricinde, Mwindo (1992) yaptığı bu deneylerle kesme birim deformasyonu γ ve y ötelenme değerleri arasında aşağıdaki eşitliği önermiştir:

$$\gamma = \frac{y(1 + \nu)}{2,5B} \quad (2.8)$$

Burada;

B: kazık yarıçapı veya genişliği,

ν : poisson oranıdır.

Kum zeminler için poisson oranını 0,35 olarak kabul ettiğimizde formül eşitlik 2.9 daki hali alır (Prakash ve Kumar 1996).

$$\gamma = \frac{y}{1,85B} \quad (2.9)$$

Mwindo (1992) da Terzaghi (1955) gibi kohezyonsuz zeminlerde herhangi bir noktadaki k_h değerini x derinlik olmak üzere $k_h = n_h x$ olarak açıklamıştır.

Tablo 2.3 ise $x = 1\text{m}$ derinliği için k_h ' in maksimum değerini ve $k_h = n_h \cdot x$ formülünden hareketle yine $x = 1\text{m}$ için kumlu zeminde yer altı su seviyesi zemindeyken $n_{h\text{mak}}$ değerini göstermektedir.

Tablo 2.3 $k_{h\text{mak}}$ ve $n_{h\text{mak}}$ değerleri Prakash ve Kumar (1996)

Zemin Cinsi	$k_{h\text{mak}}$ (kN/m ²)	Derinlik (m)	$n_{h\text{mak}}$ (kN/m ²)
Sıkı Kum	40000-80000	1	40000-80000
Orta-Sıkı Kum	21500-45500	1	21500-45500
Gevşek Kum	4050-10800	1	4050-10800

Eğer yeraltı su seviyesi zemin yüzeyinde değilse bu değerlerin Alizadeh ve Davisson (1970) ile Prakash ve Kumar (1996) tarafından önerilen ve Tablo 2.4 de gösterilen katsayılar yardımıyla düzeltilmesi gerekir.

Tablo 2.4 Yeraltı suyu düzeltme faktörleri

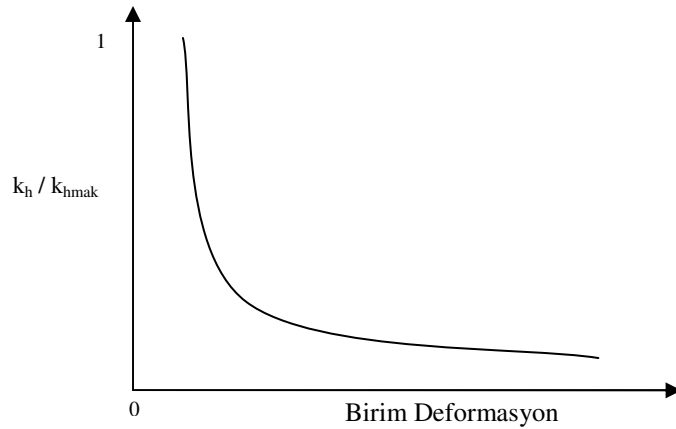
Yeraltı suyunun yeri	Düzeltilme faktörü
Zemin yüzeyinde	1,00
Zemin yüzeyinden 3,05-4,57m aşağıda	1,67
Zemin yüzeyinden 4,57m veya daha fazla aşağıda	2,00
0-3,05m arası düzeltme faktörleri için 1 ile 1,67 arasında derinlikle doğrusal tahminler yapılabilir	

Daha önce de belirtildiği gibi n_h ve k_h yeraltı suyu seviyesinden etkilenmektedir. Eğer su seviyesi zemin yüzeyinden daha aşağıdaysa n_h ve k_h kapilarite basıncına bağlı olarak artar (Alizadeh ve Davisson 1970).

Yine Alizadeh ve Davisson (1970)'a göre zemin profilinin üst kısmı (3,05 m-4,57 m arası) kazık hareketini belirlemektedir. Bu önerme ve yeraltı suyu etkisi düşünüldüğünde yer altı suyunun seviyesine bağlı olarak n_h ve k_h için şu önerileri yapmışlardır:

- 1- Eğer test sırasında yeraltı su seviyesi 4,57m veya daha derinde ise yüzeydeki n_h değeri için bulunan değer $\%50$ si
- 2- Eğer yeraltı su seviyesi 3,05m - 4,57 m arası ise bulunan değer $\%60$ ı
- 3- Eğer yeraltı su seviyesi 0 - 3,05m arasındaysa zemin yüzeyi için 1, 3,05m için 0,6 katsayıları esas alınarak ilgili derinlik için yaklaşım yapılabilir.

Tüm bu düzeltmeler sırasında yeraltı suyu seviyesinin değişebileceği dikkate alınarak güvenli bölgede kalınacak şekilde düzeltme faktörlerinin uygulanması doğru olacaktır.



Şekil 2.6 $k_h/k_{h\text{mak}}$ oranının Kesme Birim Deformasyonu ile değişimi

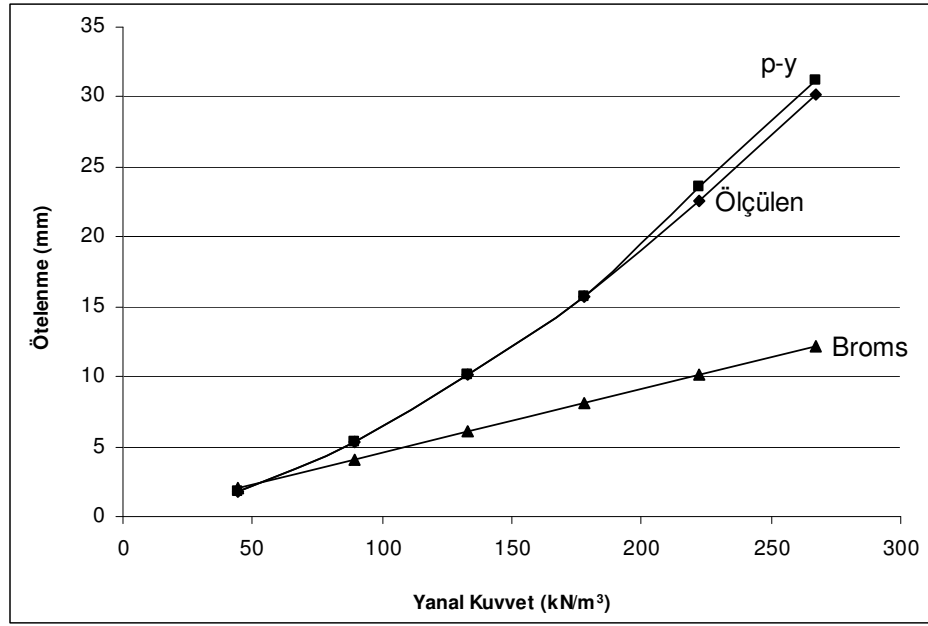
Buraya kadar anlatılan iki anlayış özellikle kohezyonlu zeminler için karşılaştırıldığında, yatay yük taşıyan kazıklarda oluşan deformasyon ve yer değiştirme zeminin deformasyon ve yer değiştirmesine eşit olduğu için kazıklarda; nihai taşıma gücüne çoğunlukla daha sonra ulaşılır bu yüzden önemli olan nihai taşıma gücü değil en büyük deformasyondur. Bu sebeple yatay yük taşıyan kazıklar için önerilen yöntemlerden deformasyonu esas alarak çözüm öneren yöntemler (ikinci anlayış) daha gerçekçidir ve günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır .

Örneğin Chad M. Rachel (2003); Mustang adasına ait kum zemininde Reese (1974) tarafından yapılan deneyi, Broms yöntemi ve ikinci anlayış grubunda olan Yatak Katsayısı Yöntemi (Winkler Metodu, p-y analizi) ile tekrar analiz edip, aşağıdaki tabloda sunmuştur (Tablo 2.5).

Tablo 2.5 p-y Analizi - Broms Yöntemi Karşılaştırılması (Rachel 2003)

Yatay Kuvvet	Ötelenme Değerleri (mm)		
	kN	Ölçülen	p-y Analizi
44	1,78	1,78	2,03
89	5,33	5,33	4,06
133	10,16	10,16	6,10
178	15,75	15,75	8,13
222	22,60	23,62	10,16
267	30,22	31,24	12,20

Tablo 2.5 de verilen değerlerle çizilen Şekil 2.7'den de anlaşıldığı üzere yatak katsayısı yöntemi zemini süreksiz bir yapı olarak kabul edip analiz yapsa da bu sonuca önemli bir etki yapmamakta ve daha gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir.



Şekil 2.7 P-Y Analizi - Broms Yöntemi Karşılaştırılması (Rachel 2003)

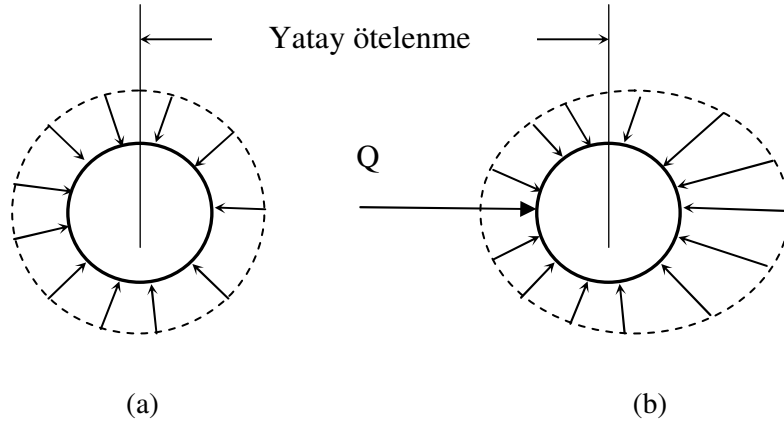
Reese (1974) bunu; Matlock (1970)'in yaptığı deneyler sonucunda öne sürdüğü, bir noktadaki zemin tepkisini etkileyen en önemli etkenin sadece o noktadaki kazık ötelenmesi olduğu açıklamasına dayandırır.

Dolayısıyla zemin böyle noktasal olarak p-y eğrileri (yaylar, yay katsayıları) cinsinden ifade edilirse bütün zemin için geçerli yapı oluşturulmuş olur.

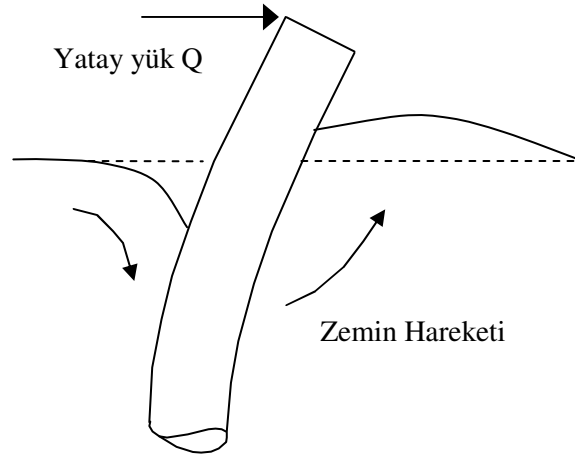
BÖLÜM 3. KOHEZYONSUZ ZEMİNLERDE YATAY YÜKLÜ KAZIKLARIN YATAK KATSAYISI YÖNTEMİYLE ÇÖZÜMÜ

3.1. Giriş

Yüksüz bir kazıkta üniform ve simetrik bir çevresel basınç varken (Şekil 3.1 (a)), bu kazığa bir Q yatay yükü etkidiğinde (Şekil 3.2) bu üniformluk bozulur. Yüksüz bir kazığa yatay bir yük uygulandığında kazık arkasındaki kuvvet azalırken kazık önündeki kuvvet artar (Reese 1974) (Şekil 3.1 (b)).

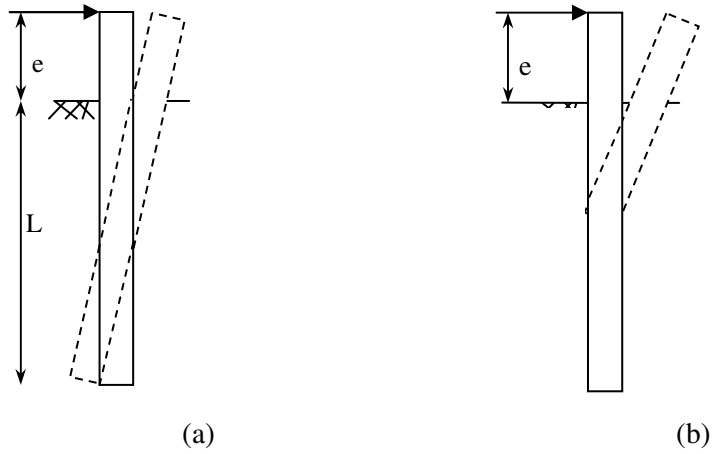


Şekil 3.1 Kazık çevre basıncı (a) yüklemeye önce
(b) yüklemeye sonra



Şekil 3.2 Kohezyonsuz zeminde yatay yüklü bir kazık

Yatak katsayısı yöntemine göre kazıktaki deformasyon; kazığa, kazık başında etkiyen Q_g ve M_g nedeniyle oluşur. Yöntemde çözümler kazık başının durumuna (serbest-tutulu) ve kazık boyuna göre (kısa-uzun) önerilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Serbest başlı (a) kısa kazık davranışı
(b) uzun kazık davranışı

3.2. Serbest Başlı Kazıklar

Daha öncede belirtildiği gibi yatak katsayısı yaklaşımı Winkler'in zemin modelinden yararlanarak; yatay yüklü kazığı elastik bir ortamdaki kiriş olarak çözümlenmektedir, bu çözümlenmeye göre zemin birbirine çok yakın yaylarla temsil edilir. Bu öngörü sonucunda kirişler için geçerli olan aşağıdaki eşitlik yatay yüklü kazıklar içinde geçerli olmaktadır. Serbest başlı kısa ve uzun kazık şekilleri Şekil 3.3 de gösterilmiştir.

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} + p = 0 \quad (3.1)$$

Yukarıdaki formülde

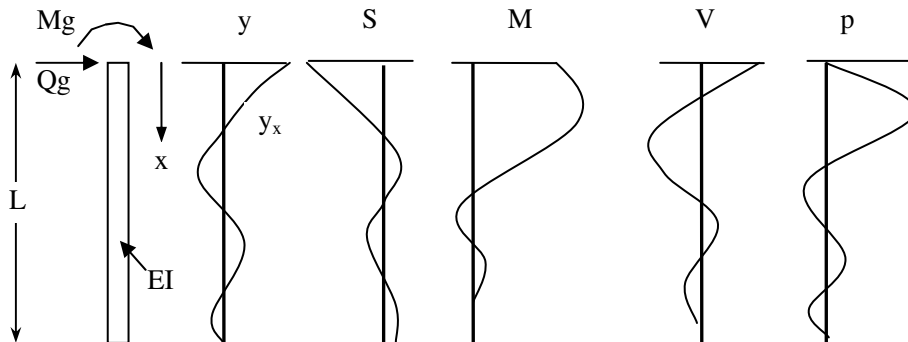
E: Kazığın elastisite modülü,

I: Atalet momentidir.

Bu formülde eşitliğin her iki tarafı EI ya bölünerek ve p yerine eşitlik 2.5 den yararlanarak $p = k_h y$ yazılırsa eşitlik 3.1 eşitlik aşağıdaki hale dönüşür.

$$\frac{d^4 y}{dx^4} + \frac{k_h y}{EI} = 0 \quad (3.2)$$

Kohezyonsuz bir zeminde serbest başlı bir kazığın davranışı; kazıktaki ötelenme y, bu ötelenmenin derinlikle değişimi S yani $S = dy/dx$, oluşan moment M, kesme kuvveti V ve zeminin direnci p olmak üzere Şekil 3.4 deki gibidir.



Şekil 3.4 Kohezyonsuz zeminde serbest başlı kazık davranışı

Buradan hareketle,

A: yatay Qg yükü için ötelenme katsayısı,

B: Mg momenti için ötelenme katsayısı olmak üzere aşağıdaki eşitlikler bulunabilir .

$$y = A_y \frac{Qg T^3}{EI} + B_y \frac{Mg T^2}{EI} \quad (3.3)$$

$$S = A_s \frac{Qg T^2}{EI} + B_s \frac{Mg T}{EI} \quad (3.4)$$

$$M = A_m Qg T + B_m Qg \quad (3.5)$$

$$V = A_v Qg + B_v \frac{Mg}{T} \quad (3.6)$$

$$p = A_p \frac{Qg}{T} + B_p \frac{Mg}{T^2} \quad (3.7)$$

Formüllerde kullanılan T, ikinci bölümde de anlatılan Broms (1964) tarafından önerilmiş bükülebilirlik faktörüdür. Formülü ise kohezyonsuz zeminler için eşitlik 2.3 te de gösterildiği gibi $T = (EI / n_h)^{1/5}$ dir.

A ve B katsayıları; $z = x / T$ olan derinlik katsayısına bağlı olarak Reese – Matlock (1956) tarafından verilmiştir ve Tablo 3.1 de listelenmiştir.

Tablo 3.1 A ve B katsayıları (Reese – Matlock 1956)

Z(M)	A _Y	B _Y	A _S	B _S	A _M	B _M	A _V	B _V	A _P	B _P
0,0	2,435	1,623	- 1,623	-1,75	0	1	1	0	0	0
0,2	2,112	1,293	- 1,603	-1,55	0,198	0,999	0,956	-0,028	- 0,422	- 0,259
0,4	1,796	1,003	- 1,545	- 1,351	0,379	0,987	0,84	-0,095	- 0,718	- 0,401
0,6	1,496	0,752	- 1,454	- 1,156	0,532	0,96	0,677	-0,181	- 0,897	- 0,451
0,8	1,216	0,540	- 1,335	- 0,968	0,649	0,914	0,489	-0,27	- 0,973	- 0,432
1,0	0,962	0,364	- 1,197	- 0,792	0,727	0,852	0,295	-0,35	- 0,962	- 0,364
1,2	0,738	0,223	- 1,047	- 0,629	0,767	0,775	0,109	-0,414	- 0,885	- 0,268
1,4	0,544	0,112	- 0,893	- 0,482	0,772	0,688	- 0,056	-0,456	- 0,761	- 0,157
1,6	0,381	0,029	- 0,741	- 0,354	0,746	0,594	- 0,193	-0,477	- 0,609	- 0,047
1,8	0,247	-0,030	- 0,596	- 0,245	0,696	0,498	- 0,298	-0,476	- 0,445	0,054
2,0	0,142	-0,070	- 0,464	- 0,155	0,628	0,404	- 0,371	-0,456	- 0,283	0,14
3,0	- 0,075	-0,089	0,04	0,057	0,225	0,059	- 0,349	-0,213	0,226	0,268
4,0	- 0,050	-0,028	0,052	0,049	0	- 0,042	- 0,106	0,017	0,201	0,112
≥5,0	- 0,009	0,000	0,025	0,011	- 0,033	- 0,026	0,013	0,029	0,046	- 0,002

Bu katsayılar için özellikle elektronik ortamlarda kullanmak amacıyla “Microsoft Excel” programı yardımıyla eğri korelasyonu yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Bu eşitlikler kullanılırken Reese – Matlock (1956) tarafından $z > 5$ değerleri için $z = 5$ alındığı unutulmamalıdır.

$$A_y = -0,0003z^6 + 0,0083z^5 - 0,0768z^4 + 0,2725z^3 - 0,0692z^2 - 1,6068z + 2,4347 \quad (3.8)$$

$$B_y = -0,0004z^6 + 0,0078z^5 - 0,0465z^4 + 0,0549z^3 + 0,4693z^2 - 1,7438z + 1,6229 \quad (3.9)$$

$$A_s = 0,0013z^6 - 0,0166z^5 + 0,0938z^4 - 0,3585z^3 + 0,783z^2 - 0,0771z - 1,6206 \quad (3.10)$$

$$B_s = -0,0004z^6 + 0,003z^5 + 0,0082z^4 - 0,1069z^3 + 0,0699z^2 + 0,9845z - 1,7496 \quad (3.11)$$

$$A_m = 0,002z^6 - 0,0336z^5 + 0,2041z^4 - 0,4783z^3 + 0,0349z^2 + 0,9979z + 0,0002 \quad (3.12)$$

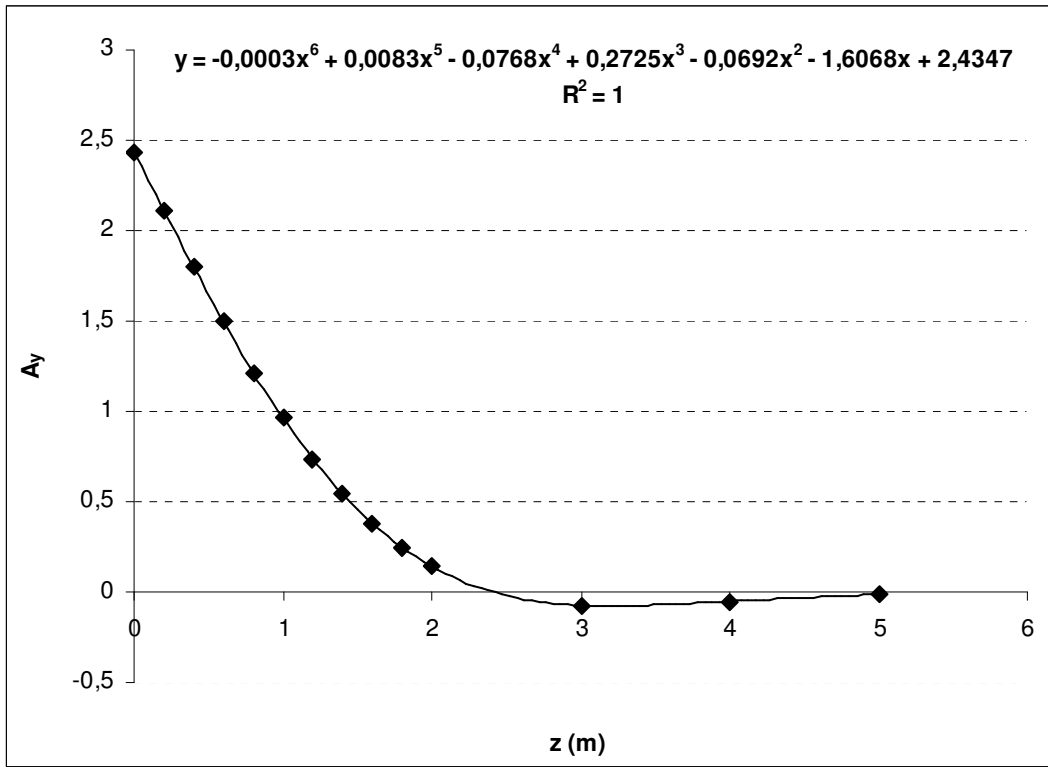
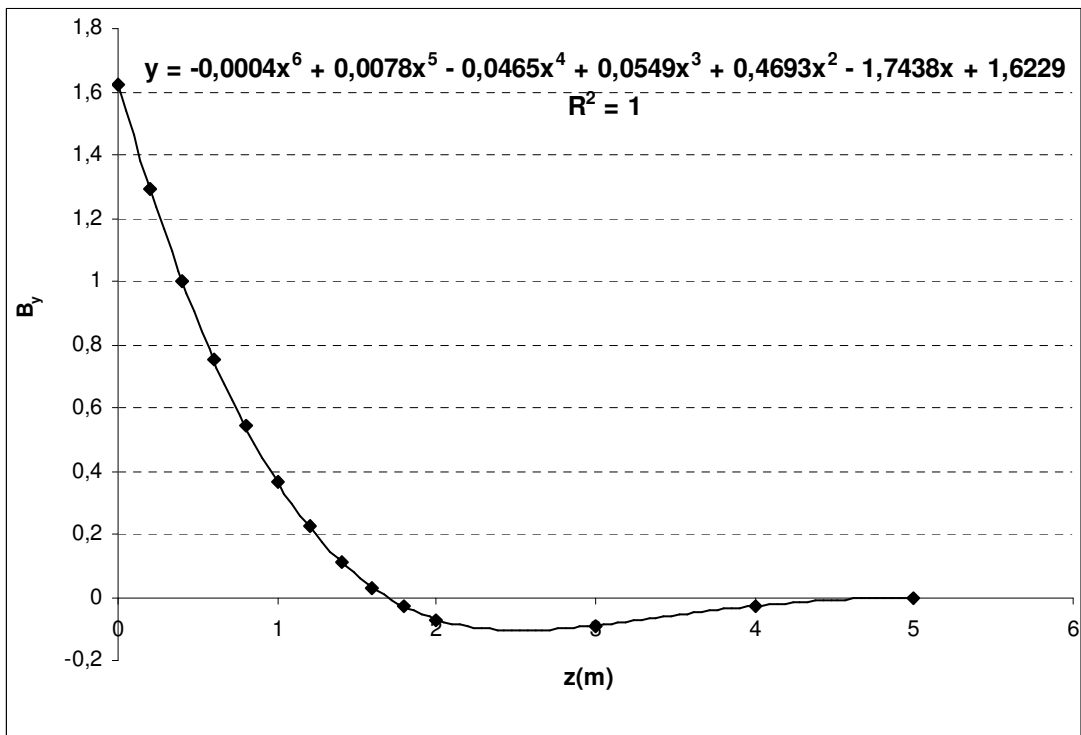
$$B_m = 0,0016z^6 - 0,0236z^5 + 0,1231z^4 - 0,2219z^3 - 0,0401z^2 + 0,0129z + 0,9998 \quad (3.13)$$

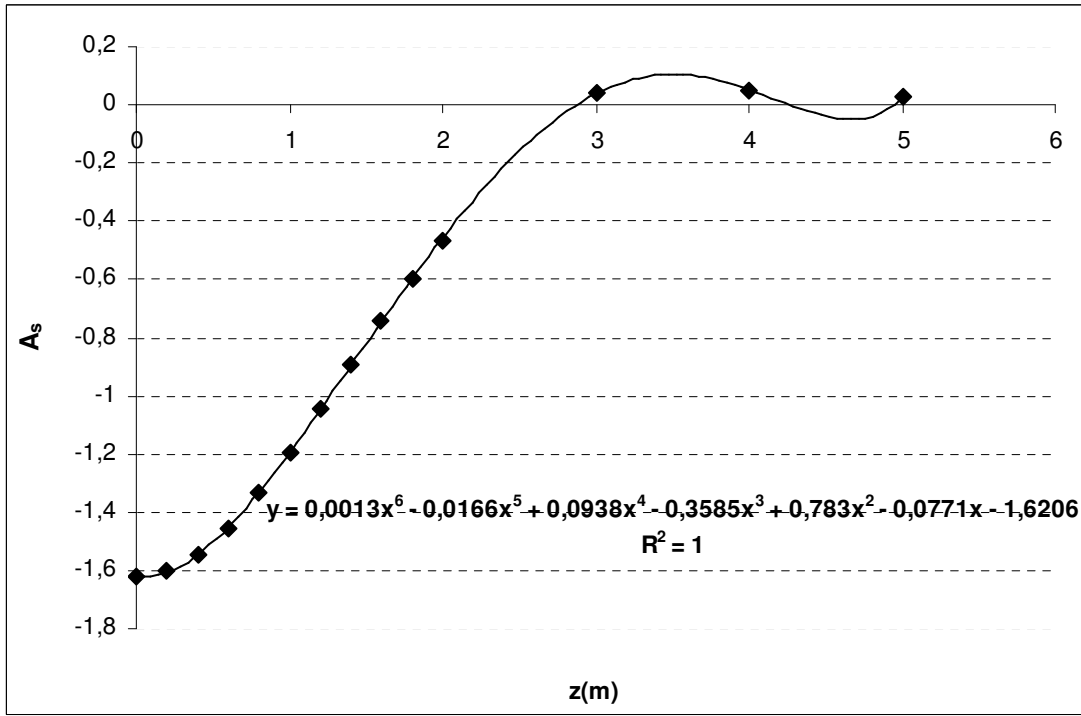
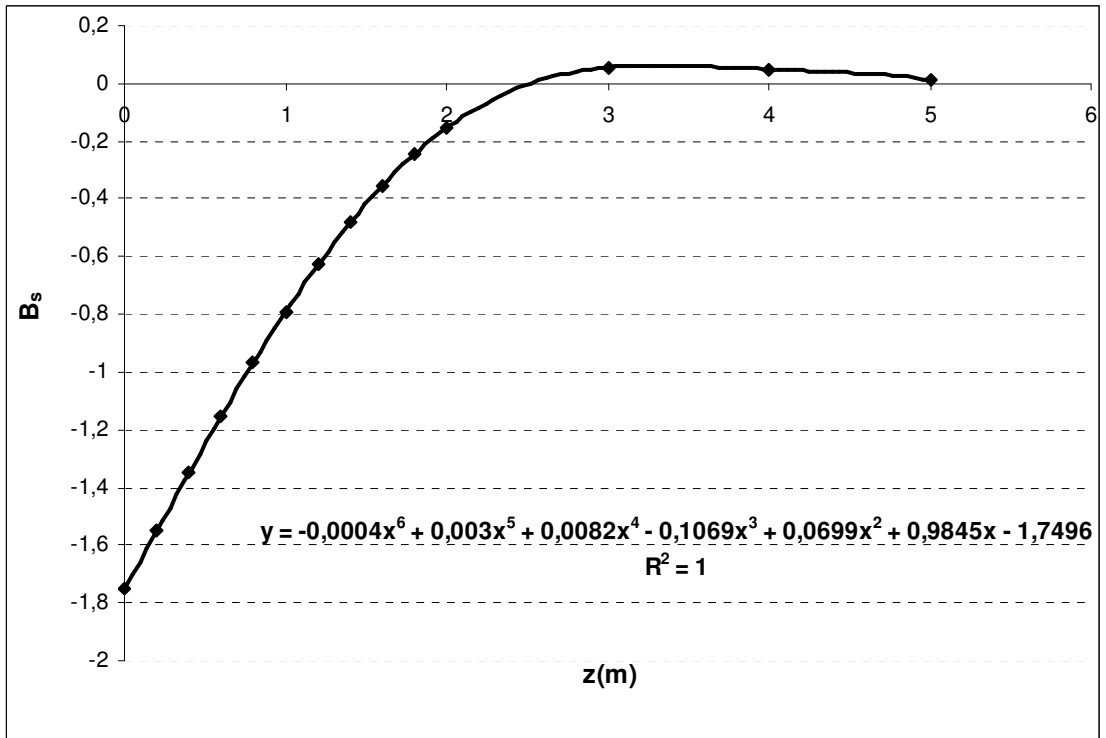
$$A_v = -0,0001z^6 + 0,0121z^5 - 0,1611z^4 + 0,7821z^3 - 1,3781z^2 + 0,0401z + 0,999 \quad (3.14)$$

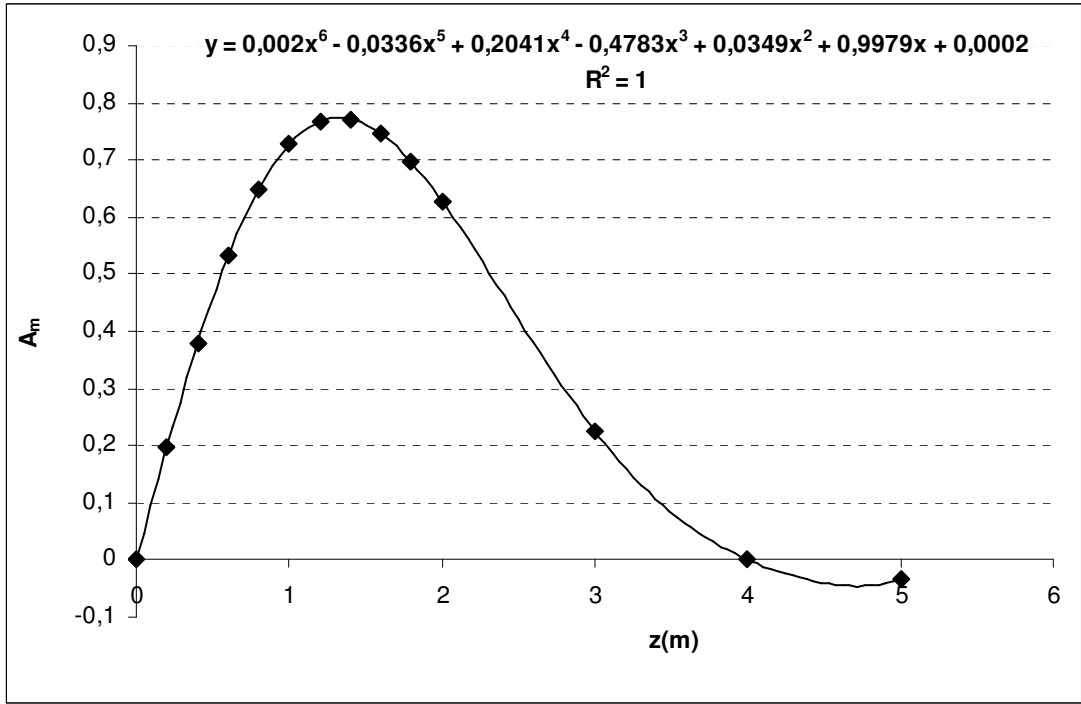
$$B_v = -0,0018z^6 + 0,0317z^5 - 0,2227z^4 + 0,7196z^3 - 0,8998z^2 + 0,0231z - 0,0007 \quad (3.15)$$

$$A_p = -0,0037z^6 + 0,049z^5 - 0,1915z^4 - 0,0491z^3 + 1,6879z^2 - 2,4549z + 0,0008 \quad (3.16)$$

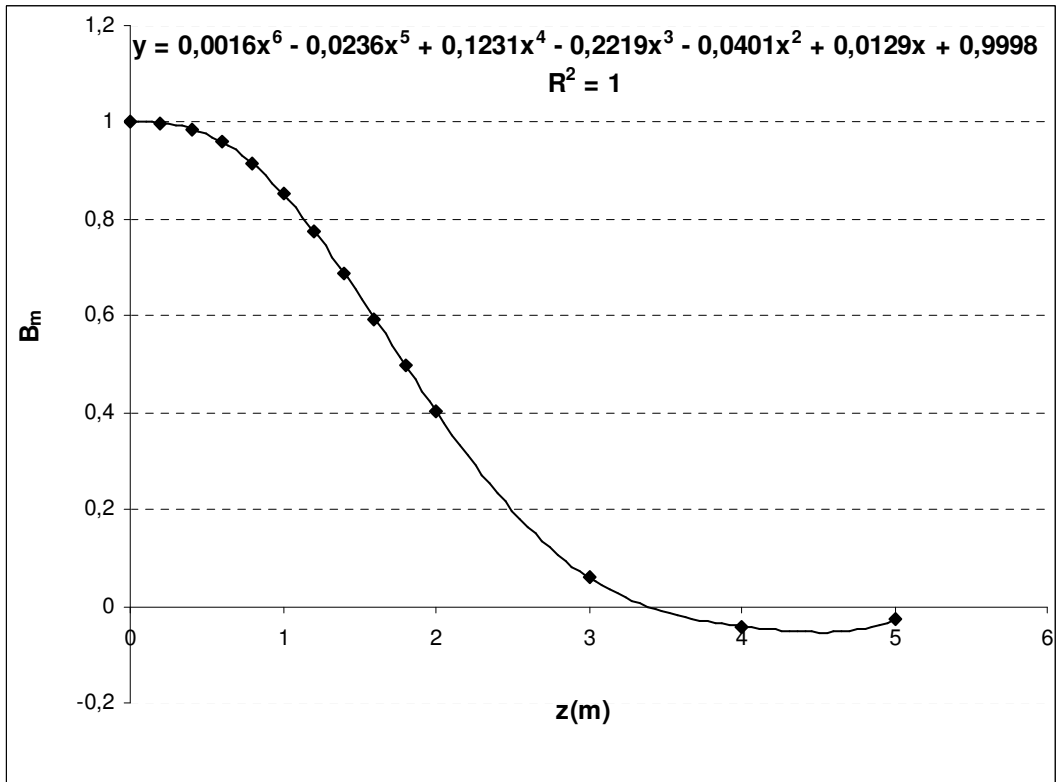
$$B_p = -0,001z^6 + 0,0063z^5 + 0,0604z^4 - 0,635z^3 + 1,8542z^2 - 1,6493z + 0,0006 \quad (3.17)$$

Şekil 3.5 A_y Katsayısı için eğri korelasyonuŞekil 3.6 B_y Katsayısı için eğri korelasyonu

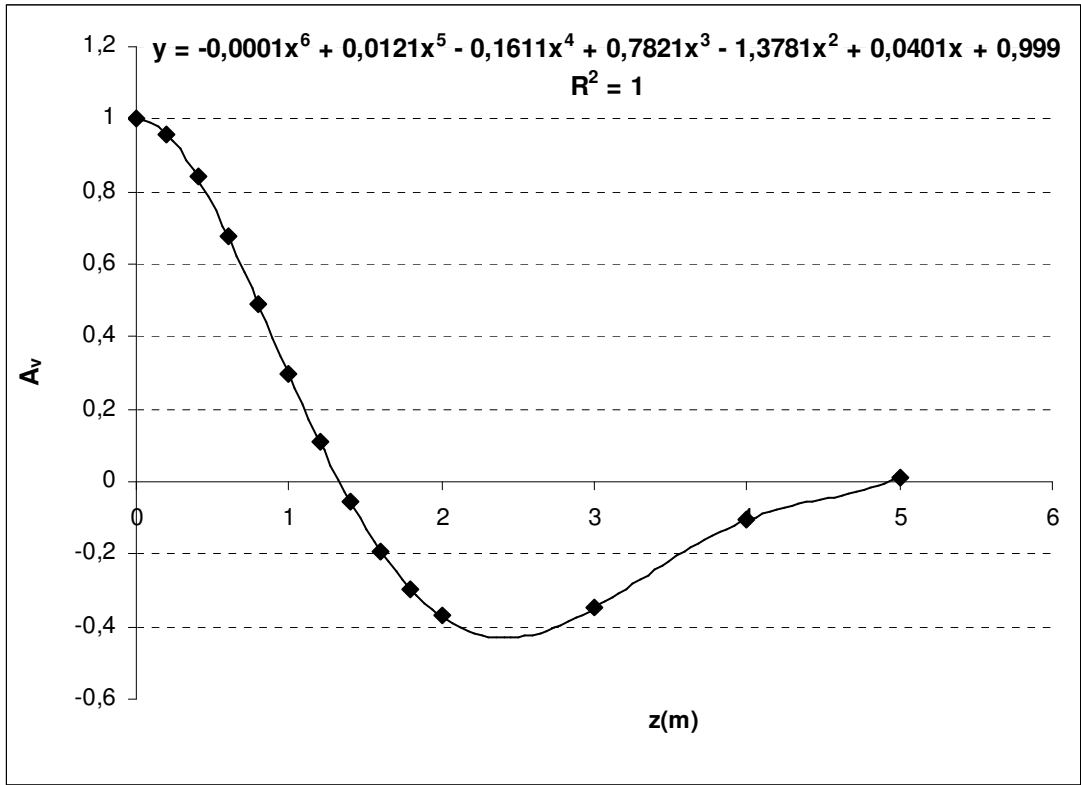
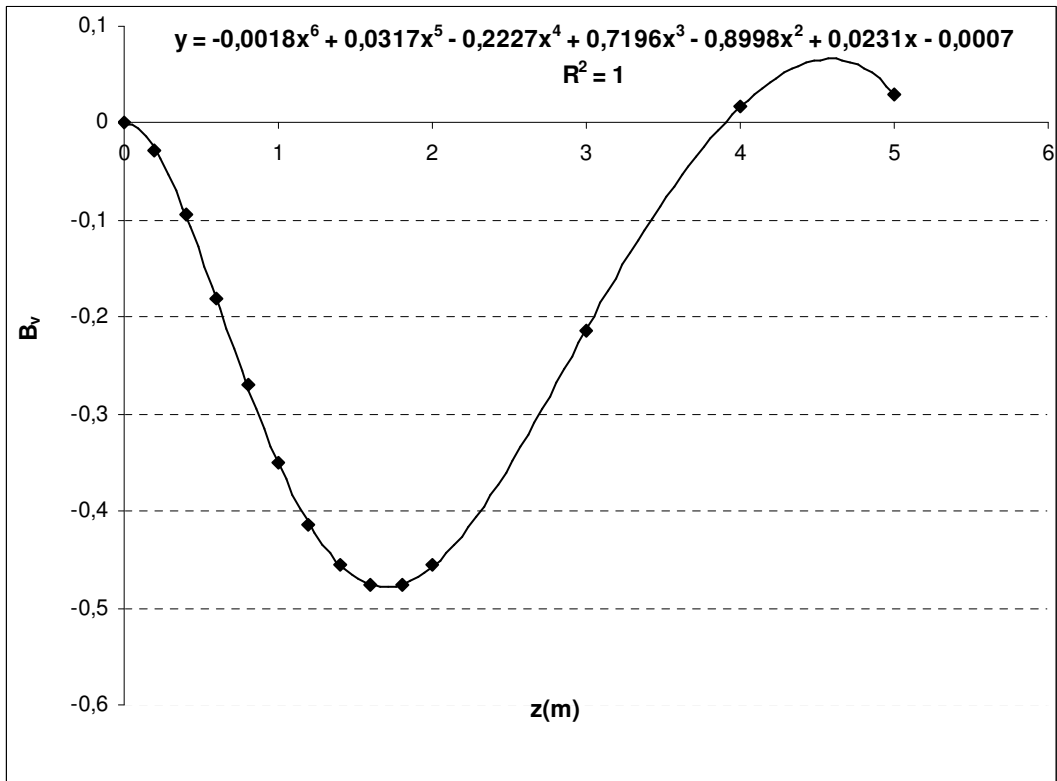
Şekil 3.7 A_s Katsayısı için eğri korelasyonuŞekil 3.8 B_s Katsayısı için eğri korelasyonu

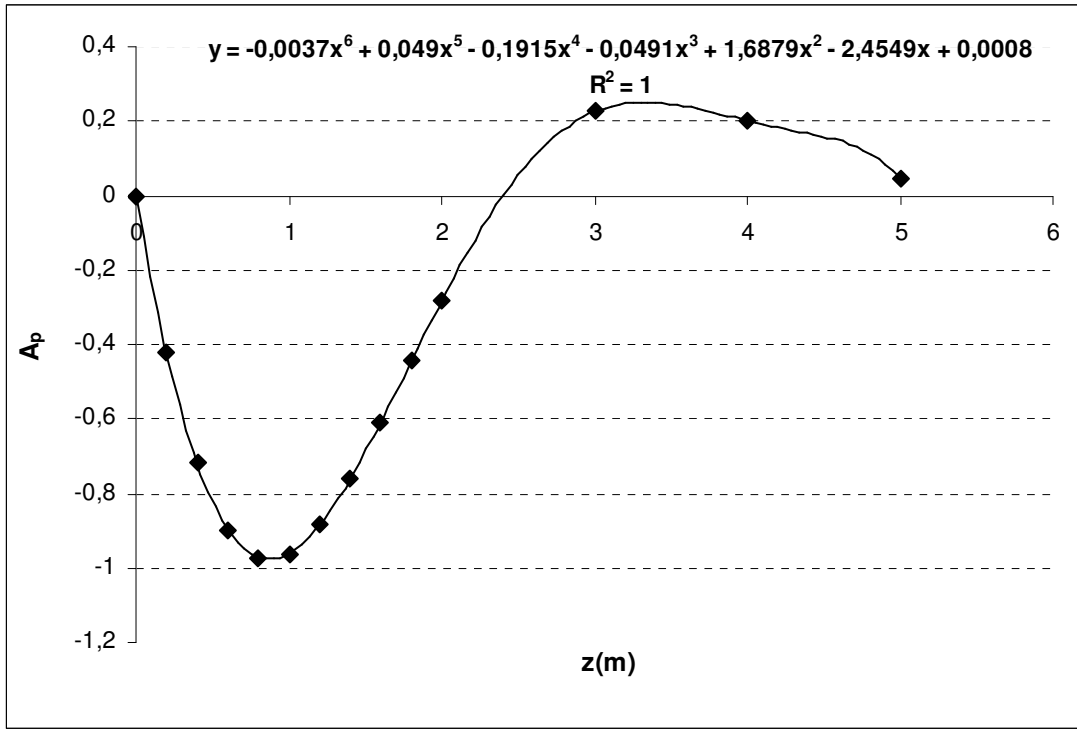
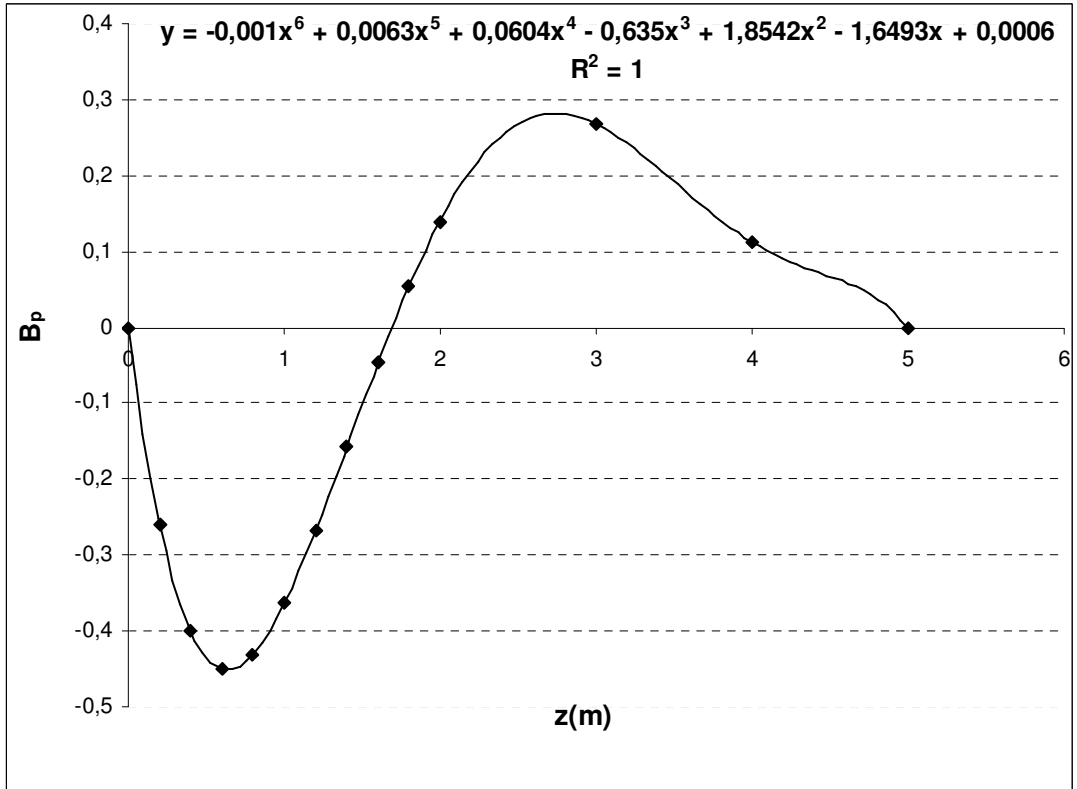


Şekil 3.9 A_m Katsayısı için eğri korelasyonu



Şekil 3.10 B_m Katsayısı için eğri korelasyonu

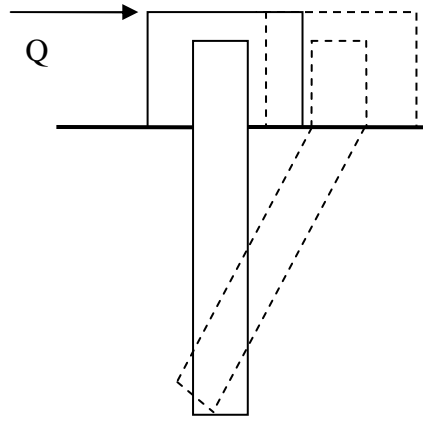
Şekil 3.11 A_v Katsayısı için eğri korelasyonuŞekil 3.12 B_v Katsayısı için eğri korelasyonu

Şekil 3.13 A_p Katsayısı için eğri korelasyonuŞekil 3.14 B_p Katsayısı için eğri korelasyonu

3.3. Tutulu başlı kazıklar

Eğer kazık tutulu başlı ise kazık başında deformasyon olmayacağından $S= 0$ eşitliğinden zemin yüzeyi için $\beta= -0,93$ olan boyutsuz tutululuk faktörü β bulunur (Prakash 1962).

$$\frac{Mg}{Qg T} = \frac{-A_s}{B_s} = \beta \quad (3.18)$$



Şekil 3.15 Tutulu başlı kazık

3.18 eşitliğinden Mg değeri çekilir ve 3.3 eşitliğinde yerine koyulursa tutulu başlı kazıkta yatay ötelenme değeri için eşitlik 3.18 kullanılabilir.

$$y = (A_y - 0,93B_y) \frac{Q T^3}{EI} \quad (3.19)$$

($A_y - 0,93B_y$) ifadesi C_y olarak ifade edilirse eşitlik 3.19, eşitlik 3.20 halini alır.

$$y = C_y \frac{Q T^3}{EI} \quad (3.20)$$

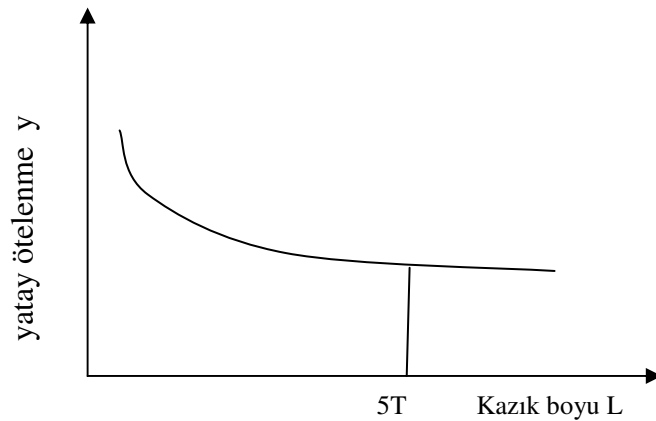
Eğer kazık başında tam bir tutululuk sağlanamazsa λ sağlanan tutululuk yüzdesi olmak üzere eşitlik 3.19 aşağıdaki şekilde kullanılmalıdır (Prakash ve Sharma 1990).

$$y = (A_y - 0,93 \lambda B_y) \frac{Q T^3}{EI} \quad (3.21)$$

3.4. Uzun kazıklar

Yatak katsayısı yaklaşımı çözüm önerileri; zeminin kohezyonlu olup olmadığına, kazık başının tutulu veya serbest olmasına, kazık çeşidine (kısa-uzun) göre geliştirilmiştir. Şimdiye kadar anlatılan çözümler kısa kazıklar için geçerli olmakla beraber uzun kazıklarda da hemen hemen aynı mantıkla çözüm yapılır.

Yapılan araştırmalar göstermiştir ki uygulanan sabit bir yatay yük için kazık uzunluğunun artması yatay ötelenmeyi azaltmakta ve kazık boyu $5T$ yi geçtiğinde kazık uzun kazık gibi davranmaktadır



Şekil 3.16 Yatay ötelenme – kazık boyu ilişkisi

Yatak katsayısı yönteminin zemini Winkler'in zemin modeliyle açıkladığını, Winkler zemin modeli'nin tam olarak doğru olmadığını çünkü bu modelle yük-zemin tepkisi ilişkisini lineer kabul ettiğimizi ancak bunun gerçekte doğru olmadığını belirtmiştik, bu varsayım hatası p-y eğrileri analizi çalışmasıyla (Matlock 1970, Reese vd. 1974, Reese ve Welch 1975, Bhushan vd. 1979, Prakash ve Kumar 1996) giderilmiştir. Bu yöntem dışında temel mantık olarak p-y ile aynı olan ve yine Prakash ve Kumar (1996) tarafından önerilen çözüm sistemi (analitik yöntem) mevcuttur (Arsoy 1996).

Prakash ve Kumar (1996) tarafından önerilen çözüm sistematığı de Mwindo (1992)'nin yaptığı deney sonuçlarına dayanmaktadır. Gerek p-y gerekse de analitik yöntem k_h için tahmini bir değer alması ve kısıtlı bir veriye dayanıyor olması sebebiyle dikkatli kullanılmalıdır.

Analitik yöntemin uygulama adımları şöyle açıklanabilir:

- 1- k_{hmax} değeri kumun görelî sıklığına göre tahmin edilir (Tablo 2.3)
- 2- Zemin yüzeyi için bir ötelenme değeri tahmin edilir
- 3- Eşitlik 2.3 te kullanmak için n_h değeri aşağıdaki gibi tespit edilir
 - a- k_h / k_{hmax} oranı eşitlik 2.7 ten hesaplanır
 - b- k_{hmax} bu oranla bölünür ve 2. adımda kabul edilen ötelenme değeri için k_h hesaplanmış olur.
 - c- Son olarak bu k_h değerinin derinliğe bölünmesi (ilgili yöntemde derinlik 1m dir) bize n_h değerini verir.
- 4- 2. adımda tahmin edilen ötelenme değeri ve 3.adımda hesaplanan n_h değerleri için eşitlik 2.3 kullanılarak bükülebilirlik faktörü T hesaplanır.
- 5- Eşitlik 3.3, eşitlik 3.19, eşitlik 3.21 kullanılarak çözüme ulaşılır.

p-y analizinde ise kohezyonsuz zeminler için p-y eğrilerinin çizimi için Reese (1984) tarafından önerilen prosedür ise şöyledir.

- 1- Arazi ve laboratuvar deneyleriyle içsel sürtünme açısı ϕ ve birim hacim ağırlığı γ tespit edilir.
- 2- Zemin tepkisi hesabında kullanılmak üzere $\alpha = \phi/2$, $\beta = 45 + \phi/2$, $K_o = 0,4$ ve $K_a = \tan^2 (45 - \frac{1}{2} \phi)$ hesaplanır

3- En büyük zemin tepkisi hesaplanır

a- zemin civarı için

$$P_{cr} = \gamma \times \left[\frac{K_o \times \tan \phi \sin \beta}{\tan(\beta - \phi)} + \frac{\tan \beta}{\tan(\beta - \phi)} (D + x \tan \beta \tan \alpha) \right] + K_o \times \tan \beta (\tan \phi \sin \beta - \tan \alpha) K_a D$$

b- büyük derinlikler için

$$P_{cd} = K_a D \gamma \times (\tan^8 \beta - 1) + K_o D \gamma \tan \phi \tan^4 \beta$$

eşitliklerde x derinlik, D kazık çapıdır.

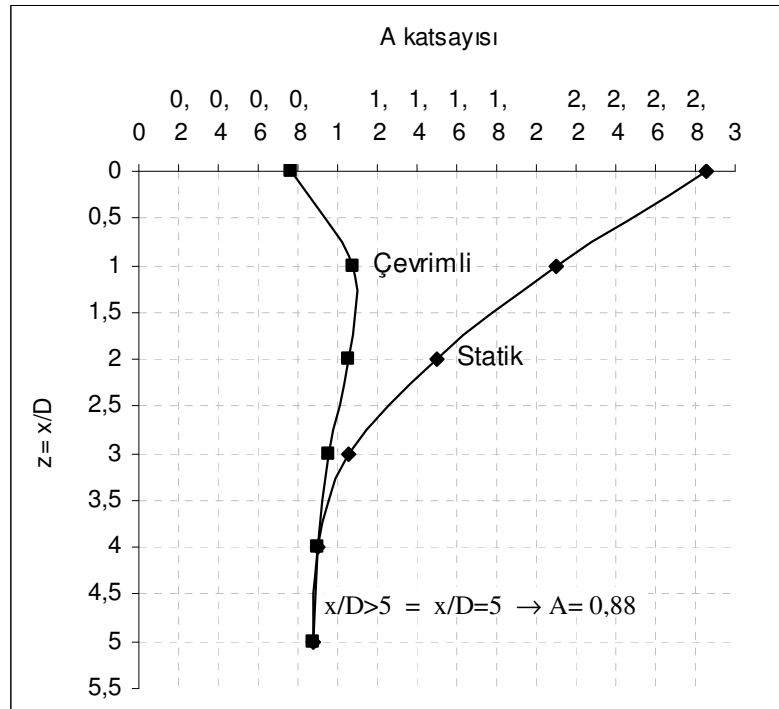
4- $P_{cr} = P_{cd}$ olan x derinliği bulunur, hesap yapılmak istenen x derinliği bu değerden büyükse P_{cd} küçükse P_{cr} kullanılır.

5- Yükün çevrimli veya statik olma durumuna göre Şekil 3.17 ve Şekil 3.18 den alınacak uygun A, B katsayıları ve seçilen derinliğe göre uygun P_c (P_{cr} veya P_{cd}) değeri ile ;

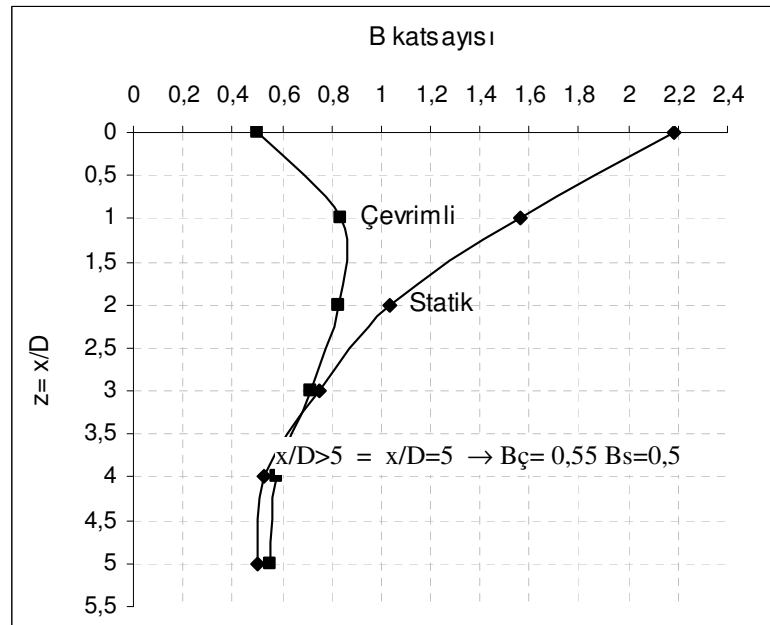
önce $y_u = 3D/80$ hesaplanır ve bu değer için P_u değeri $P_u = A P_c$ eşitliği ile bulunur ve Şekil 3.19 daki gibi işaretlenir (Şekil 3.19 da u).

sonra $y_m = D/60$ hesaplanır ve bu değer için P_m değeri $P_m = B P_c$ eşitliği ile bulunur ve Şekil 3.19 daki gibi işaretlenir (Şekil 3.19 da m).

ve bu iki nokta bir doğru ile birleştirilir.



Şekil 3.17 p-y eğrisi çiziminde kullanılacak A katsayısı



Şekil 3.18 p-y eğrisi çiziminde kullanılacak B katsayısı

- 6- 5. adımda y_u ve y_m arasına çizilen doğrunun eğimi m aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$m = \frac{P_u - P_m}{y_u - y_m}$$

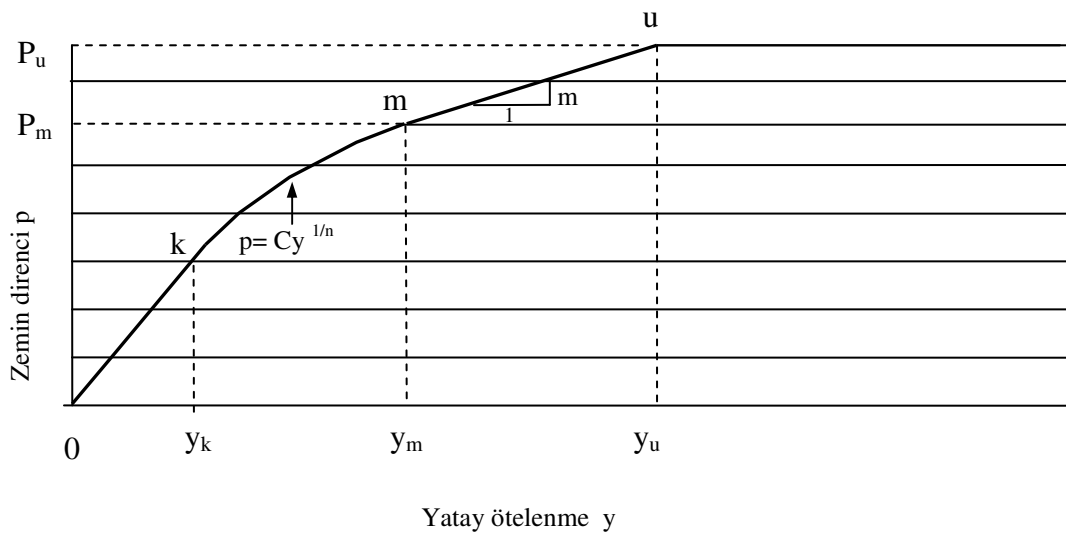
sonra zemine uygun bir n_h değeri seçilip, $n = \frac{P_m}{m y_m}$ ve $C = \frac{P_m}{(y_m)^{\frac{1}{n}}}$

hesaplanır ve bunlar yardımıyla y_k aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$y_k = \left(\frac{C}{n_h x} \right)^{\frac{n}{n-1}}$$

bu y_k değeri $p = Cy^{1/n}$ de yerine koyularak ilgili zemin direnci bulunur.

- 7- Orijinden 6. adımla hesaplanan noktaya doğru çizilir ve 5. adımda ve 6. adımda çizilen doğrular parabolle birleştirilir.



Şekil 3.19 Tipik p-y eğrisi

Bu noktada kazık gruplarına geçmeden önce örnek bir soru üzerinde sırasıyla gevşek, orta-sıkı, sıkı kumlu zemindeki bir kazık için üst sınır n_h değerlerini kullanarak taşınabilecek yükü, en büyük momenti ve kesme kuvvetini bularak bu zeminleri karşılaştıralım:

Örneğin 20 m uzunluğunda 500 mm çapındaki 200 GPa elastisite modülü olan bir kazığın sırasıyla gevşek, orta-sıkı, sıkı kumlu zemine çakılacağını varsayalım ve kazık başı ötelenmesi 7 mm olması halinde serbest başlı ve yarı tutulu başlı durumda taşınabilecek yükü, en büyük momenti ve kesme kuvvetini bulalım;

Bütün zemin türlerindeki ortak veriler:

$$I = \pi (0,5)^4 / 64 = 0,003 \text{ m}^4 \quad EI = 0,6 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2 \text{ olarak hesaplanır.}$$

En büyük Kesme kuvveti $z=0$ (bkz. Tablo 3.1) için bulunur ve Q_g 'ye eşittir dolayısıyla bulunan Q_g ler aynı zamanda en büyük kesme kuvvetleri olacaktır.

Gevşek kum için çözüm :

$$n_h = 10800 \text{ kN/m}^3 \text{ (bkz. Tablo 2.3)} \quad T = (0,6 \cdot 10^6 / 10800)^{1/5} = 2,23 \text{ m}$$

en büyük ötelenme kazık başında olacağı için $z = 0$ için $A_y = 2,435$
(bkz. Tablo 3.1)

$$y = A_y \frac{Q_g T^3}{EI} + B_y \frac{M_g T^2}{EI} \quad (\text{Moment olmadığından } B_y \frac{M_g T^2}{EI} = 0)$$

$$0,007 = 2,435 \frac{Q_g (2,23)^3}{0,6 \cdot 10^6} \Rightarrow Q_g = 155 \text{ kN serbest başlı halde}$$

$$\text{Yarı tutulu başlılık halinde ise } y = (A_y - 0,93 \lambda B_y) \frac{Q T^3}{EI}$$

$$0,007 = 1,68 \frac{Q_g (2,23)^3}{0,6 \cdot 10^6} \Rightarrow Q_g = 225 \text{ kN yarı tutulu hal } (\lambda = 0,5)$$

Bu yükler için en büyük momentler ise

$$z = 1,4 \text{ m için } A_m = 0,722 \Rightarrow M = A_m Q_g T = 0,722 \cdot 155 \cdot 2,23 = 250 \text{ kNm}$$

$$z = 1,4 \text{ m için } A_m = 0,722 \Rightarrow M = A_m Q_g T = 0,722 \cdot 225 \cdot 2,23 = 363 \text{ kNm}$$

Orta-sıkı kum için çözüm :

$$n_h = 45500 \text{ kN/m}^3 \text{ (bkz.Tablo 2.3)} \quad T = (0,6 \cdot 10^6 / 45500)^{1/5} = 1,67 \text{ m}$$

en büyük ötelenme kazık başında olacağı için

$$z = 0 \text{ için } A_y = 2,435 \text{ (bkz.Tablo 3.1)}$$

$$y = A_y \frac{Q_g T^3}{EI} + B_y \frac{M_g T^2}{EI} \quad (\text{Moment olmadığından } B_y \frac{M_g T^2}{EI} = 0)$$

$$0,007 = 2,435 \frac{Q_g (1,67)^3}{0,6 \cdot 10^6} \Rightarrow Q_g = 370 \text{ kN serbest başlı halde}$$

$$\text{Yarı tutulu başlılık halinde ise } y = (A_y - 0,93 \lambda B_y) \frac{Q T^3}{EI}$$

$$0,007 = 1,68 \frac{Q_g (1,67)^3}{0,6 \cdot 10^6} \Rightarrow Q_g = 537 \text{ kN yarı tutulu hal } (\lambda = 0,5)$$

Bu yükler için en büyük momentler ise

$$z = 1,4 \text{ m için } A_m = 0,722 \Rightarrow M = A_m Q_g T = 0,722 \cdot 370 \cdot 1,67 = 446 \text{ kNm}$$

$$z = 1,4 \text{ m için } A_m = 0,722 \Rightarrow M = A_m Q_g T = 0,722 \cdot 537 \cdot 1,67 = 647 \text{ kNm}$$

Sıkı kum için çözüm :

$$n_h = 80000 \text{ kN/m}^3 \text{ (bkz.Tablo 2.3)} \quad T = (0,6 \cdot 10^6 / 80000)^{1/5} = 1,49 \text{ m}$$

en büyük ötelenme kazık başında olacağı için $z = 0$ için $A_y = 2,435$
(bkz.Tablo 3.1)

$$y = A_y \frac{Q_g T^3}{EI} + B_y \frac{M_g T^2}{EI} \quad (\text{Moment olmadığından } B_y \frac{M_g T^2}{EI} = 0)$$

$$0,007 = 2,435 \frac{Q_g (1,49)^3}{0,6 \cdot 10^6} \Rightarrow Q_g = 521 \text{ kN serbest başlı halde}$$

$$\text{Yarı tutulu başlılık halinde ise } y = (A_y - 0,93 \lambda B_y) \frac{Q T^3}{EI}$$

$$0,007 = 1,68 \frac{Q_g (1,49)^3}{0,6 \cdot 10^6} \Rightarrow Q_g = 756 \text{ kN yarı tutulu hal } (\lambda = 0,5)$$

Bu yükler için en büyük momentler ise

$$z = 1,4 \text{ m için } A_m = 0,722 \Rightarrow M = A_m Q_g T = 0,722 \cdot 521 \cdot 1,49 = 560 \text{ kNm}$$

$$z = 1,4 \text{ m için } A_m = 0,722 \Rightarrow M = A_m Q_g T = 0,722 \cdot 756 \cdot 1,49 = 813 \text{ kNm}$$

Tablo 3.2 Zemin sıklıklarına göre örnek problem için bulunan sonuçlar

ZEMİN	KAZIK BAŞININ DURUMU					
	Serbest Başlı			Tutulu Başlı		
	Q _g (kN)	M _{mak} (kNm)	V _{mak} (kN)	Q _g (kN)	M _{mak} (kNm)	V _{mak} (kN)
Gevşek kum	155	250	155	225	363	225
Orta-sıkı kum	370	446	370	537	647	537
Sıkı kum	521	560	521	756	813	756

Aynı soruda kazık çapını 700 mm yaparak diğer verileri sabit tutup gevşek, orta-sıkı, sıkı kum zeminler için soruyu yenilersek soru şu hali alır;

20 m uzunluğunda 700 mm çapındaki 200 GPa elastisite modülü olan bir kazığın sırasıyla gevşek, orta-sıkı, sıkı kumlu zemine çakılacağını varsayalım ve kazık başı

ötelenmesi 7 mm olması halinde serbest başlı ve yarı tutulu başlı durumda taşınabilecek yükü, en büyük momenti ve kesme kuvvetini bulalım

Bütün zemin türlerindeki ortak veriler:

$$I = \pi (0,7)^4 / 64 = 0,012 \text{ m}^4 \quad EI = 2,4 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2 \text{ olarak hesaplanır.}$$

En büyük Kesme kuvveti $z=0$ (bkz. Tablo 3.1) için bulunur ve Q_g 'ye eşittir dolayısıyla bulunan Q_g ler aynı zamanda en büyük kesme kuvvetleri olacaktır.

Gevşek kum için çözüm :

$$n_h = 10800 \text{ kN/m}^3 \text{ (bkz. Tablo 2.3)} \quad T = (2,4 \cdot 10^6 / 10800)^{1/5} = 2,95 \text{ m}$$

en büyük ötelenme kazık başında olacağı için $z = 0$ için $A_y = 2,435$
(bkz. Tablo 3.1)

$$y = A_y \frac{Q_g T^3}{EI} + B_y \frac{M_g T^2}{EI} \quad (\text{Moment olmadığından } B_y \frac{M_g T^2}{EI} = 0)$$

$$0,007 = 2,435 \frac{Q_g (2,95)^3}{2,4 \cdot 10^6} \Rightarrow Q_g = 269 \text{ kN serbest başlı halde}$$

$$\text{Yarı tutulu başlılık halinde ise } y = (A_y - 0,93 \lambda B_y) \frac{Q T^3}{EI}$$

$$0,007 = 1,68 \frac{Q_g (2,95)^3}{2,4 \cdot 10^6} \Rightarrow Q_g = 390 \text{ kN yarı tutulu hal } (\lambda = 0,5)$$

Bu yükler için en büyük momentler ise

$$z = 1,4 \text{ m için } A_m = 0,722 \Rightarrow M = A_m Q_g T = 0,722 \cdot 269 \cdot 2,95 = 572 \text{ kNm}$$

$$z = 1,4 \text{ m için } A_m = 0,722 \Rightarrow M = A_m Q_g T = 0,722 \cdot 390 \cdot 2,95 = 830 \text{ kNm}$$

Orta-sıkı kum için çözüm :

$$n_h = 45500 \text{ kN/m}^3 \text{ (bkz. Tablo 2.3)} \quad T = (2,4 \cdot 10^6 / 45500)^{1/5} = 2,21 \text{ m}$$

en büyük ötelenme kazık başında olacağı için $z = 0$ için $A_y = 2,435$
(bkz.Tablo 3.1)

$$y = A_y \frac{Q_g T^3}{EI} + B_y \frac{M_g T^2}{EI} \quad (\text{Moment olmadığından } B_y \frac{M_g T^2}{EI} = 0)$$

$$0,007 = 2,435 \frac{Q_g (2,21)^3}{2,4 \cdot 10^6} \Rightarrow Q_g = 639 \text{ kN serbest başlı halde}$$

$$\text{Yarı tutulu başlılık halinde ise } y = (A_y - 0,93 \lambda B_y) \frac{Q T^3}{EI}$$

$$0,007 = 1,68 \frac{Q_g (2,21)^3}{2,4 \cdot 10^6} \Rightarrow Q_g = 926 \text{ kN yarı tutulu hal } (\lambda = 0,5)$$

Bu yükler için en büyük momentler ise

$$z = 1,4 \text{ m için } A_m = 0,722 \Rightarrow M = A_m Q_g T = 0,722 \cdot 639 \cdot 2,21 = 1020 \text{ kNm}$$

$$z = 1,4 \text{ m için } A_m = 0,722 \Rightarrow M = A_m Q_g T = 0,722 \cdot 926 \cdot 2,21 = 1478 \text{ kNm}$$

Sıkı kum için çözüm :

$$n_h = 80000 \text{ kN/m}^3 \text{ (bkz.Tablo 2.3)} \quad T = (2,4 \cdot 10^6 / 80000)^{1/5} = 1,97 \text{ m}$$

en büyük ötelenme kazık başında olacağı için $z = 0$ için $A_y = 2,435$
(bkz.Tablo 3.1)

$$y = A_y \frac{Q_g T^3}{EI} + B_y \frac{M_g T^2}{EI} \quad (\text{Moment olmadığından } B_y \frac{M_g T^2}{EI} = 0)$$

$$0,007 = 2,435 \frac{Q_g (1,97)^3}{2,4 \cdot 10^6} \Rightarrow Q_g = 902 \text{ kN serbest başlı halde}$$

$$\text{Yarı tutulu başlılık halinde ise } y = (A_y - 0,93 \lambda B_y) \frac{Q T^3}{EI}$$

$$0,007 = 1,68 \frac{Qg (1,97)^3}{2,4 \cdot 10^6} \Rightarrow Qg = 1307 \text{ kN yarı tutulu hal } (\lambda = 0,5)$$

Bu yükler için en büyük momentler ise

$$z = 1,4 \text{ m için } A_m = 0,722 \Rightarrow M = A_m Qg T = 0,722 \cdot 902 \cdot 1,97 = 1283 \text{ kNm}$$

$$z = 1,4 \text{ m için } A_m = 0,722 \Rightarrow M = A_m Qg T = 0,722 \cdot 1307 \cdot 1,97 = 1860 \text{ kNm}$$

Tablo 3.3 Zemin sıklıklarına göre ikinci örnek problem için bulunan sonuçlar

ZEMİN	KAZIK BAŞININ DURUMU					
	Serbest Başlı			Tutulu Başlı		
	Qg (kN)	M _{mak} (kNm)	V _{mak} (kN)	Qg (kN)	M _{mak} (kNm)	V _{mak} (kN)
Gevşek kum	269	572	269	390	830	390
Orta-sıkı kum	639	1020	639	926	1478	926
Sıkı kum	902	1283	902	1307	1860	1307

BÖLÜM 4. YATAY YÜKLÜ KAZIKLARDA DENEY SONUÇLARI İLE ANALİTİK SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

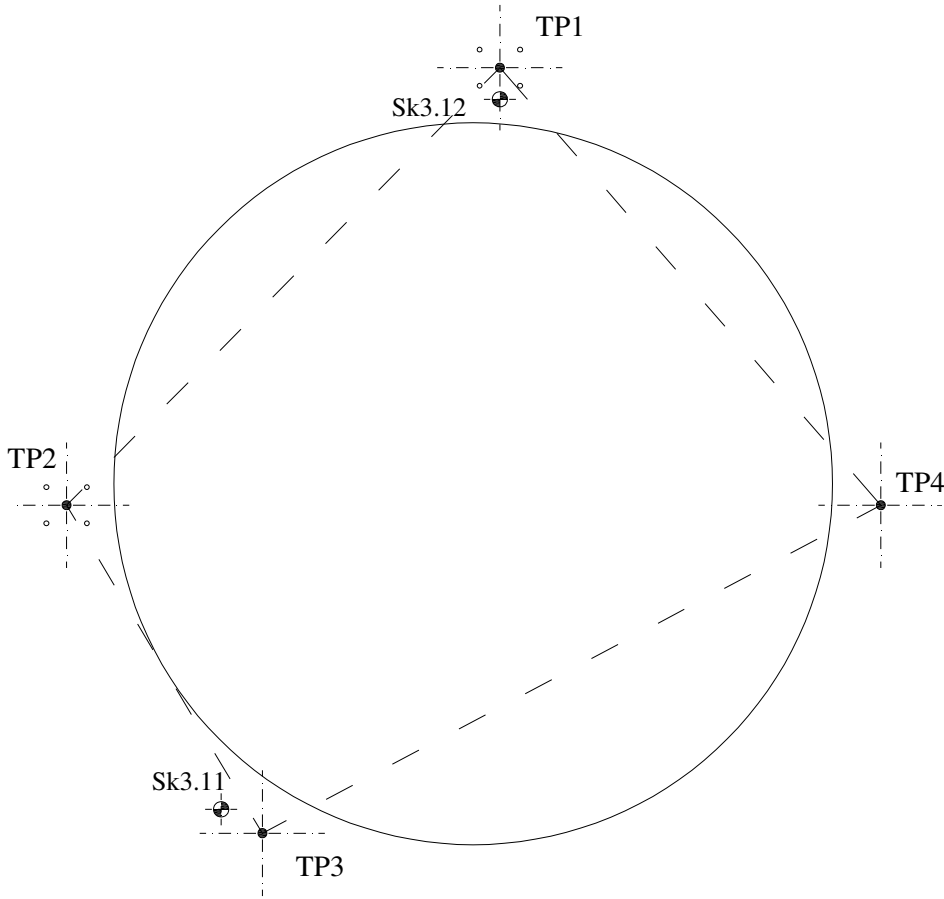
4.1. Giriş

Günümüzde kullanılan birçok bilgisayar programı, imalat öncesi yapıyla ve yapının uygulanacağı bölgeyle alakalı bilgiler ışığında yapının gerçeğe yakın yapacağı davranışını bize izah edebilmektedir. Bu programlarla, yapıya ait malzeme özellikleri, çeşitliliği ve sınır şartları uygun yükleme kombinasyonları ile tanıtılarak yapının nihai davranışlarını görmek buna uygun kesitler seçebilmek mümkün olabilmektedir. Bu programların bir çoğu inşaat ve geoteknik mühendisliğinde yükleme, gerilme-şekil değiştirme, konsolidasyon, taşıma gücü, zemin dinamiği ve genel olarak dinamik davranış, malzeme çeşitliliği olan (lineer, lineer olmayan izotropik, ortotropik, anizotropik v.s.) problemlerde kullanılabilir. 70'li yıllardan itibaren sonlu elemanlar yöntemi gerek teorik gerekse uygulama alanlarında büyük gelişmeler göstermiştir.

Geoteknik mühendisliğinde karmaşık problemlerin çözümü için geleneksel kapalı form çözümleri kullanmak yerine sonlu elemanlar yönteminin kullanılması ile problemler daha rahat analiz edilebilmiş ve sistem içerisindeki zafiyetler daha net anlaşılabilirdiği için çözüm noktasında bölgesel tedbirler alınarak ekonomik çözümlere de gidilebilmiştir. Bu bölümün devamında ZETAŞ A.Ş. tarafından Ege Gaz A.Ş.' ye yapılan fore kazık yatay yükleme deneyinin sonuçlarını, 3 ayrı bilgisayar programı kullanarak deney sonuçları ile program sonuçlarının karşılaştırılmasına yönelik bir çalışma sunulacaktır.

4.2. Kazık Yatay Yükleme Deneyi ve Deney Sonuçları

Ege Gaz A.Ş.' ye ait Ali Ağa Tesislerinde inşa edilecek 140.000 m³ kapasiteli T103 tankı altına yapılacak temel sistemi projelendirilmesi öncesinde, yükleme deneyi kapsamında 4 adet (TP1,TP2,TP3,TP4) fore kazık imal edilmiştir. Kazıkların yatay ve düşey taşıma kapasitelerinin ve yapacakları maksimum ötelenmelerin ölçülebilmesi amacıyla, tankın oturacağı bölgede teşkil edilmiş 4 adet deney kazığından 2 tanesinde yatay ve düşey yükleme deneyi yapılmıştır. Şekil 4.1 de yerleştirilecek tankın konumuna göre deney kazıklarının ve sondaj koordinatlarının aplikasyonu görülmektedir.



Şekil 4.1 Deney kazıkları ve sondaj yerleri koordinatları

Yükleme deneyleri yapılmadan önce TP1 test kazığı merkezinden 1.2m. güneyde 3/12 sondajı, TP3 test kazığı merkezinden 3m. Kuzey batıda 3/11 sondajları yapılmıştır. Bu sondajlara ait logları Ek-1 de sunulmuştur.

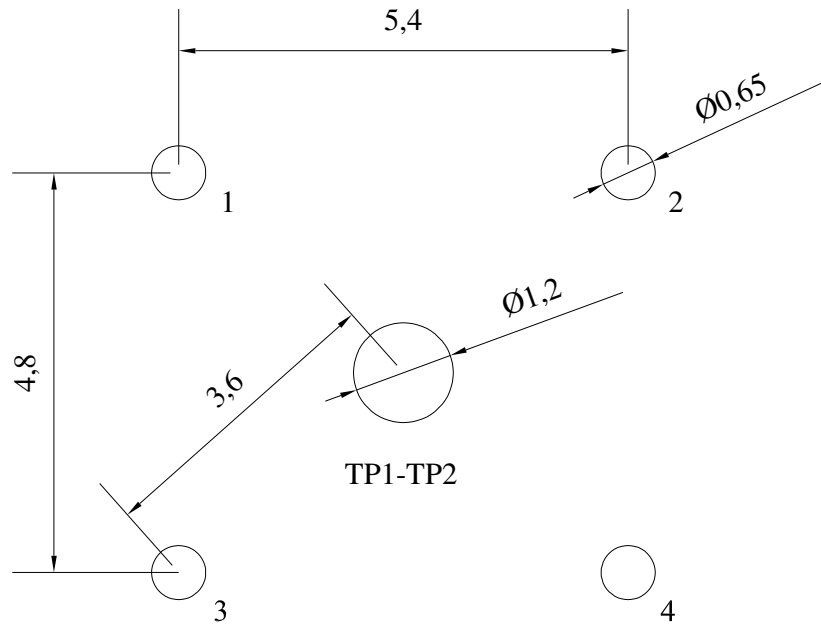
Zemin etüt raporuna göre T103 sahasında aşağıdaki birimler mevcuttur.

- 7.5 – 9.0 m. kalınlığında dolgu N30=8-50
- 2.5 – 4.0 m. kalınlığında organik balçık (silt-kum) N30=1-2 (dolgu öncesi)
N30=4-16 (dolgu sonrası)
- 40m. den fazla kalınlıkta tuf kayaç (yaklaşık ilk 3metresi ayrılmış olup kil ara tabakalıdır. TCR-RQD değerleri düşük, yüksek derecede çatlaklıdır.)

Fore kazık çalışmalarının yapıldığı platform kotu +5.35 ile +6.25 kotları arasında değişmektedir. Buna bağlı olarak çalışma platformundan itibaren tuf katmanı derinlikleri TP1 için 11.60m., TP2 için 15.50m., TP3 için 15.50m., TP4 için 9.60m. olarak değişmektedir.

4.2.1. Fore Kazık İmalatları

Yükleme deneylerinin gerçekleştirildiği kazıklar 120cm. çapında olup bunlardan TP1 16.90m. boyunda, TP2 kazığı ise 20.65m. boyunda imal edilmiştir. Test kazıkları 4'er adet 65cm. çapında reaksiyon kazıkları ile birlikte imal edilmiştir. Şekil 4.2 de reaksiyon kazıklarının test kazıkları çevresindeki aplikasyonu görülmektedir.



Şekil 4.2 Reaksiyon kazıklarının test kazıkları çevresindeki yerleşimi

Bu kazıklar yatay yükleme testinde, yatay yükün temini için reaksiyon kazığı olarak kullanılmıştır. Reaksiyon kazıkları tüfe 5-6m. soketlenerek uygun mesnet şartlarını sağlaması öngörülmüştür. Diğer TP3 ve TP4 numaralı 120cm. çaplı fore kazıklar zemin koşulları ve imalat koşullarının belirlenmesi ve ayrıca yukarıda belirtilen TP1 ve TP2 nolu deney kazıklarının deney esnasında göçmesi durumunda alternatif deney elemanı olması amacı ile imal edilmişlerdir.

4.2.2. TP1 Test Kazığı İmalatı

TP1 kazığı sahanın kuzeyinde tank temel alanı kenarında bulunmaktadır. Tüfe kadar muhafaza borusu sürülerek ilerlenmiştir. Yer altı suyu ile karşılaşmamıştır. Delgi işlemi, dolgu zemin geçilerek 5.2m. tuf zemine kazığın soketlenmesi ile tamamlanmıştır. Foraj 2 saat sürmüş, devamında beton borusu ile beton dökümüne geçilmiştir. Tuf formasyonu içerisinde bazı derinliklerde kova (bucked) ile ilerlenmesi mümkün olmamıştır. Karotiyer ve auger kullanılarak delgiye devam edilmiştir. İmalat aşamasında, kuyu içinde herhangi bir sıvı (bentonit, su) kullanılmamıştır. Test ve reaksiyon kazıkları ile ilgili imalat raporları Ek-2'de sunulmuştur.

4.2.3. TP2 Test Kazığı İmalatı

TP2 kazığı sahanın batısında tank temeli alanı kenarında bulunmaktadır. Bu fore kazık, deniz-kara birleşiminde yapılmış olan anroşmanın kara tarafındaki kısmen bazalttan oluşmuş bir bölgede yer almaktadır. -6.15 kotu ile tuf katmanı üst kotu olan -10.35 kotları arasında tamamen bazalt bloklara foraj yapılmıştır. Bu bölgedeki kısmi bazalt çekirdeğinden ötürü muhafaza borusu sürülmesi ve bu blokların temizlenmesi foraj işlemini zorlaştırmıştır. Tuf formasyonu içerisinde bazı derinliklerde kova (bucked) ile ilerlenmesi mümkün olmamıştır. Karotiyer ve auger kullanılarak delgiye devam edilmiştir. İmalat aşamasında, kuyu içinde herhangi bir sıvı (bentonit, su) kullanılmamıştır.

4.2.4. TP3 Test Kazığı İmalatı

TP3 kazığı sahanın güneyinde tank temel alanı kenarında bulunmaktadır. Tüfe kadar muhafaza borusu sürülerek ilerlenmiştir. Yer altı suyu ile karşılaşılmamıştır. Delgi işlemi, dolgu zemin geçilerek 4.85m. tuf zemine kazığın soketlenmesi ile tamamlanmıştır. Forajın son 50cm. sinde tuf katmanı içerisinde su gelişi gözlenmiştir. Kuyu cidarında göçme veya tabanda çökel olmadığı anlaşıldıktan sonra ebtan dökümüne geçilmiştir. Tuf formasyonu içerisinde bazı derinliklerde kova (bucked) ile ilerlenmesi mümkün olmamıştır. Karotiyer ve auger kullanılarak delgiye devam edilmiştir. İmalat aşamasında, kuyu içinde herhangi bir sıvı (bentonit, su) kullanılmamıştır.

4.2.5. TP4 Test Kazığı İmalatı

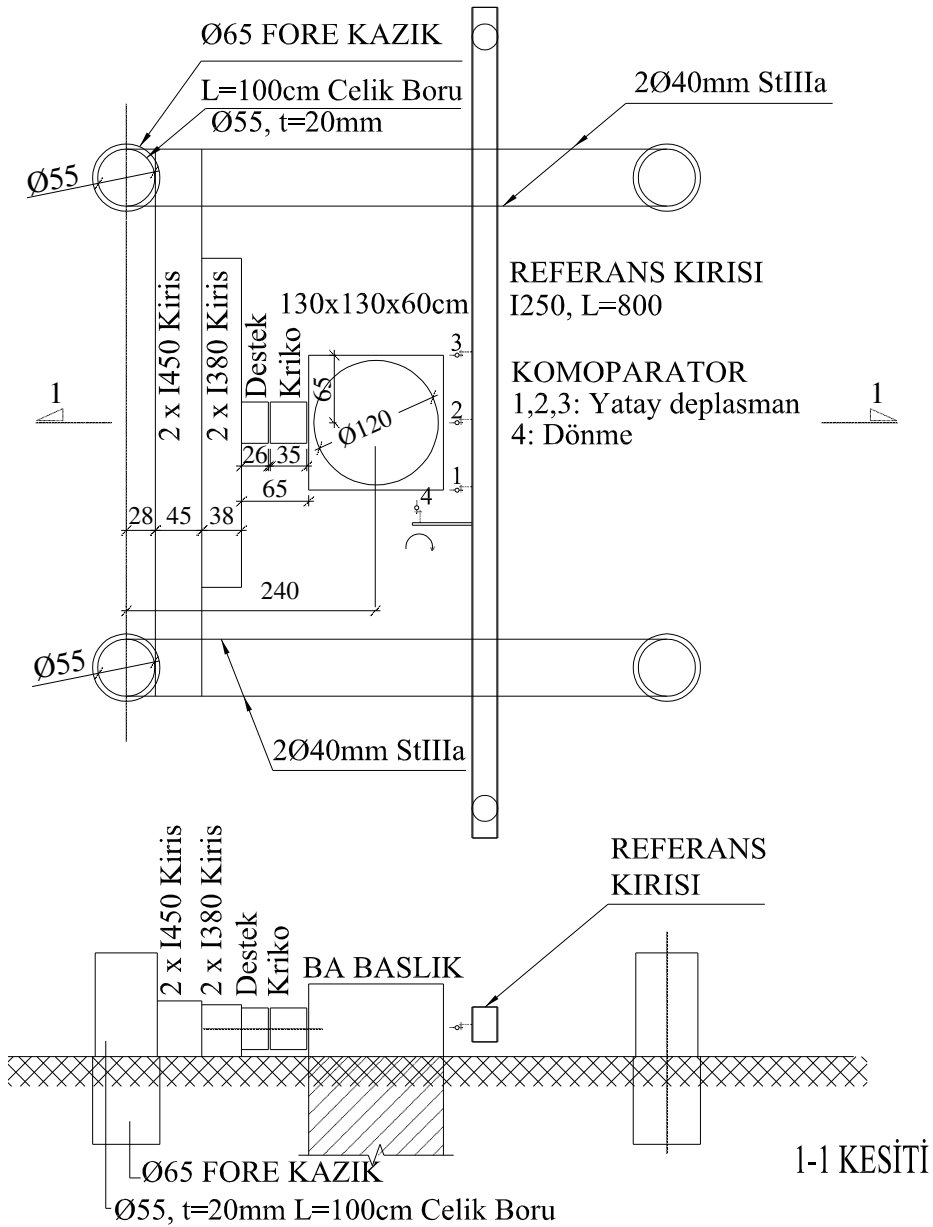
TP4 kazığı sahanın doğusunda tank temel alanı kenarında bulunmaktadır. Dolgu zemin geçilerek tuf katmanına girilmiş. Tuf katmanından su gelmesi münasebeti ile foraj ile birlikte kuyu taban kotunun 80.cm üst kotuna kadar muhafaza borusu sürülmeye devam edilmiştir. Tuf katmanından su akışı başlayarak, kuyu içinde 7-8m. ye kadar suyun yükseldiği gözlenmiştir. Delgi işlemi, dolgu zemin geçilerek 4.50m. tuf zemine kazığın soketlenmesi ile tamamlanmıştır. Foraj 2.5 saatte tamamlanarak beton borusu ile beton dökümüne geçilmiştir.

Bu foraj işleminde tuf formasyonunun sarı renkli ve sert tabakalı olduğu gözlenmiştir. Tuf formasyonu içerisinde bazı derinliklerde kova (bucked) ile ilerlenmesi mümkün olmamıştır. Karotiyer ve auger kullanılarak delgiye devam edilmiştir. İmalat aşamasında, kuyu içinde herhangi bir sıvı (bentonit, su) kullanılmamıştır.

4.2.6. Kazık Yatay Yükleme Deneyinin Yapılması

Yatay yükleme deneyi, bir önceki bölümlerde de izah edildiği üzere TP1 ve TP2 no'lu kazıklarda yapılmıştır. Deneylerde iki adet 65cm. çaplı reaksiyon kazığı yatay yükün uygulanabilmesi amacıyla mesnet görevi görmüştür. Deney yükü 250 ton kapasiteli krika ile uygulanmıştır. Krika düzleminde kazık başlığı üzerinden, yükün

uygulandığı yüze paralel karşı yüzden, orta ve kenarlardan olmak üzere toplam üç noktadan yatay deplasmanlar ölçülmüştür. Yatay deplasmanların ölçüldüğü komşu dik kenarlardan başlıkta oluşabilecek eksantrik yükleme ile meydana gelebilecek dönme değerleri dördüncü bir komparatör ile kontrol amacıyla ölçülmüştür (Şekil 4.3, Şekil 4.4). Deneyin maksimum yükü (DVL, design verification load) 80 tondur. Yüke bağlı zaman deformasyon tabloları Ek-3' de sunulmuştur.



Şekil 4.3 Yatay yükleme deneyi sistem planı ve kesitleri

Yükleme deneyi esnasında imalat aşamalarını gösteren şantiye fotoğrafları Ek-4 de sunulmuştur.

4.2.7. Kazık Bütünlük Deneyleri (Crosshole)

Sahada uygulanan “ Crosshole Sonic Logging” (CSL) yönteminde, paralel tüpler içerisine yerleştirilen sondalar vasıtası ile kazık betonuna ultrasonik atışlar göndererek, imalatı yapılan kazığın yapısal sürekliliği tayin edilebilir. Olası süreksizliklerin veya kusurların konum ve boyutları bulunabilir.

Test esnasında iki adet probe (“transmitter” ve “receiver”) kazık içerisine, kazık imalatı esnasında yerleştirilen ve daha sonra içi su ile doldurulan horular içerisine bırakılarak kazık boyunca sabit hızla yukarı yönde çekilir. Çekilme esnasında “transmitter” probe tarafından sık aralıklar ile sonik dalgalar gönderilir. Beton içinde ilerleyen bu dalgalar “receiver” probe tarafından algılanır. Test sonrasında bu algılama zamanı (first arrival time—FAT) değerlerine ait grafikler, test cihazı ile verilen özel yazılım kullanılarak bilgisayar çıktısı olarak elde edilir.

Yapısal açıdan sağlıklı olan bir kazık (kazık betonu) içerisinde “FAT” değerleri tüm kazık boyunca sürekli olmalıdır. Üzerinde test yapılan kazık betonu içerisinde yapısal bir kusur olması durumunda (çatlak, boşluk vs.) söz konusu FAT değeri grafiklerde sonsuza ıraksamış olarak gösterilmektedir. Bunun anlamı “receiver-transmitter” arası iletim zamanının sonsuz olduğu, diğer bir deyişle yapısal kusur nedeni ile sonik dalgaların hiç iletilemediğidir.

Bu deney sonucunda elde edilen loglarda hiçbir dalga varış zamanında bir kusur görülmemiştir. Dolayısıyla “Multi Tube Sonic” testleri sonuçları dikkate alınarak üzerinde test yapılan tüm kazıkların yapısal açıdan sağlıklı olduğu, içerisinde boşluk, süreksizlik veya çatlak olmadığı kanaatine varılmıştır.

4.3. Deney Sonuçlarının Bilgisayar Programları İle Karşılaştırılması

Bu bölümde Bölüm 4.2.' de izah edilen TP-2 no'lu kazığa ait deney sonuçlarının bilgisayar sonuçları ile karşılaştırılmasına yönelik bir çalışma yapılacaktır. Deneyin yapıldığı bölgenin zemin etüt sonuçlarından istifade edilerek, zemin modeli bilgisayar programına girilip, kazık modellenerek deney esnasında yapılan yatay kuvvet değerleri, yatay yük olarak bilgisayar modeline etki ettirilecek ve çıkan sonuçlar deney sonuçları ile karşılaştırılacaktır.

Deney sonuçlarının bilgisayar sonuçları ile karşılaştırılması işleminde, SAP2000, Allpile ve Plaxis olmak üzere 3 farklı bilgisayar program kullanılacaktır. İlerdeki bölümlerde sırasıyla analiz için kullanılacak bilgisayar programları kısaca tanıtıldıktan sonra çözüm için hazırlanan model izah edilerek, her bir program için çözüm sonucu bulunan değerler deney sonucu çıkan değerler ile karşılaştırılacaktır.

4.3.1. SAP2000 İle Yatay Yüklü Kazık Analizi

SAP2000 Programı genel olarak üç boyutlu yapıların lineer, nonlineer, statik ve dinamik yükler altında çözümlenmesi ve boyutlandırılmasına yönelik olarak hazırlanmış, sonlu elemanlar yöntemiyle çalışan bir programdır.

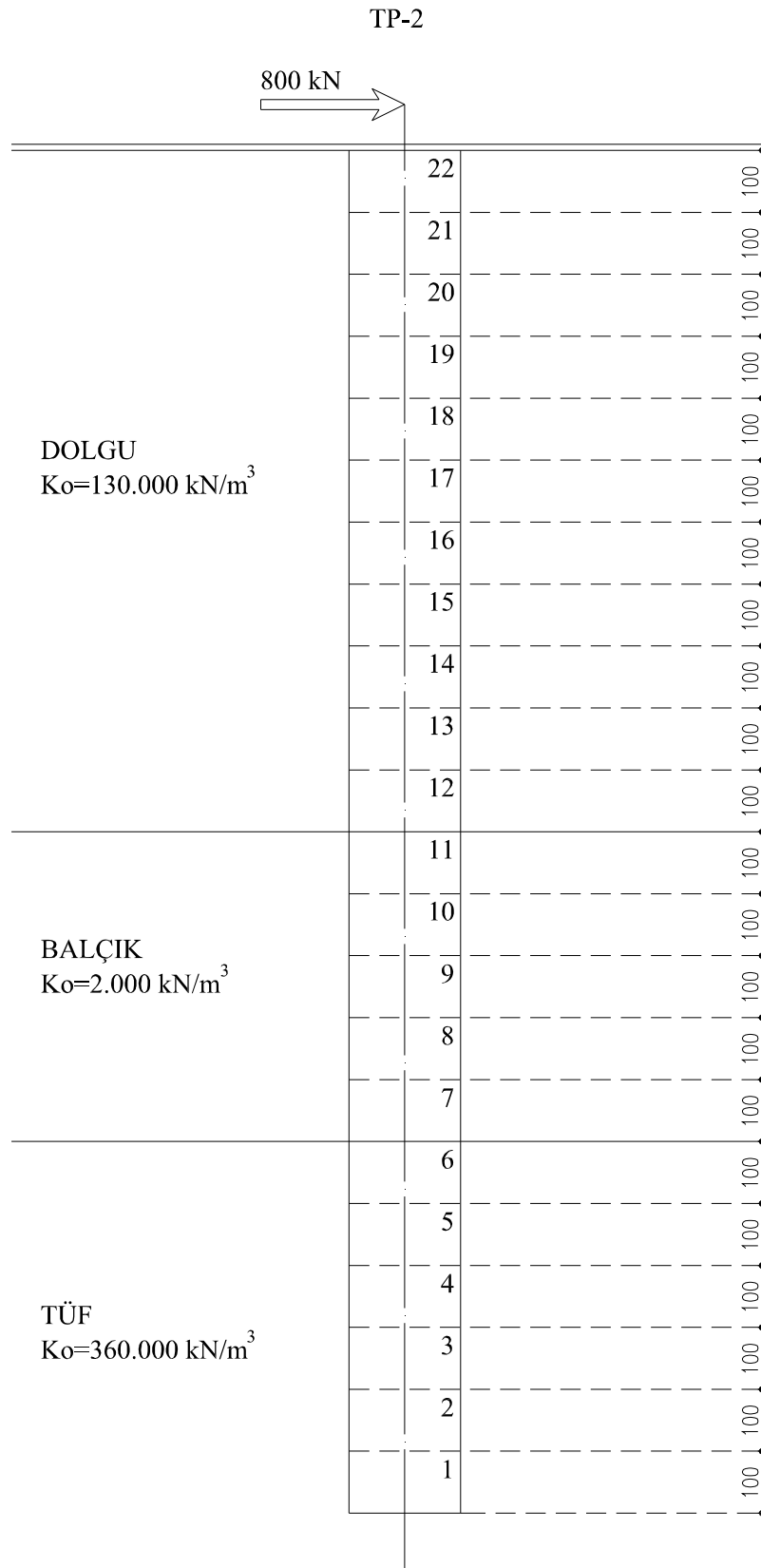
SAP2000 bünyesinde; kuvvet ve deplasman yükü, prizmatik olmayan çubuk nesnelere, sadece çekmeye çalışan çaprazlar, art - germeli tendonlar, çok hassas kabuk nesnelere, Eigen ve Ritz modal analizi, simetrik olmayan yapılar için çok sayıda koordinat sistemleri, birçok farklı düğüm noktası şartı (bağımlılığı) atama seçeneği, bağımsız tanımlanmış sonlu nesne modellerinin birleştirilmesi, tam çiftli 6x6 yay rijitliği ve aynı işlemde birden çok dinamik analizin kombine edilebilmesi veya zarflanabilmesi, yük katarları analizi özellikleri, sonlu eleman tekniğinin tamamını, etkin frekans alanında analiz (hem düzgün doğrusal ve hem güç-spektral-yoğunluğu tipleri) ve zaman alanında analizi (time-history) seçenekleridir. Çok sayıda taban tahrikli zemin hareketleri gibi yapısal problemleri çözebilmektedir.

Çubuk nesnelere, fiber mafsallarda, kablo (halat) davranışında, non-lineer kabuk elemanlarında ve geometrik nonlinearitede kullanılmak üzere (boşluklar (gap), kancalar (hook), izolatörler, damperler, çoklu-lineer plastik mafsallar gibi) lineer olmayan bağlantı nesnelere ile çoklu-lineer plastik mafsallar ekleyerek arttırabilir. Ayrıca malzeme ve geometrik etkilerden kaynaklanabilecek nonlinearlik özelliğini dikkate alan Statik hesap teknikleri (Statik Non-lineer Hesaplama) ki bunlar; Statik İtme Analizi, modal süperpozisyon ve doğrudan-entegrasyon yöntemi kullanılarak Zaman Alanında Hesaplama, burkulma analizi, frekans etki alanında hesaplama yapabilir.

4.3.1.1. Programa Sistemin Tanıtılması

SAP2000 programında modellenecek kazık elemanı, bu programa 120 cm. çapında bir betonarme çubuk elemanı olarak tanıtılmıştır. Zemin profili ise her katman için zemin etütlerinden elde edilen düşey yatak katsayılarının, winker yöntemine göre modeldeki düğüm noktaları arası mesafeleri ile optimize edilerek, bu noktalara yatayda yaylar tanımlamak suretiyle gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.4). İmalatta kullanılan kazıkların malzeme bilgileri; beton: BS30 ($f_{cd}=20.000\text{kN/m}^2$), donatı: BÇIII ($f_{yd}=365.000\text{kN/m}^2$) şeklindedir. Dolayısıyla programa çubuk elemanlarda kullanılacak malzeme cinsi girilirken aşağıdaki değerler dikkate alınmıştır.

Betonarme betonu birim hacim ağırlığı	:	25 kN/m ³
Betonarme betonu elastisite modülü (E_c)	:	31.800.000 kN/m ³
Poisson Oranı	:	0.2
Beton basınç dayanımı (f_c')	:	20.000 kN/m ²
Çekme donatısı dayanımı (f_y)	:	365.000 kN/m ²
Kayma donatısı dayanımı (f_{ys})	:	365.000 kN/m ²
Beton kayma hesap dayanımı (f_{cs})	:	20.000 kN/m ²

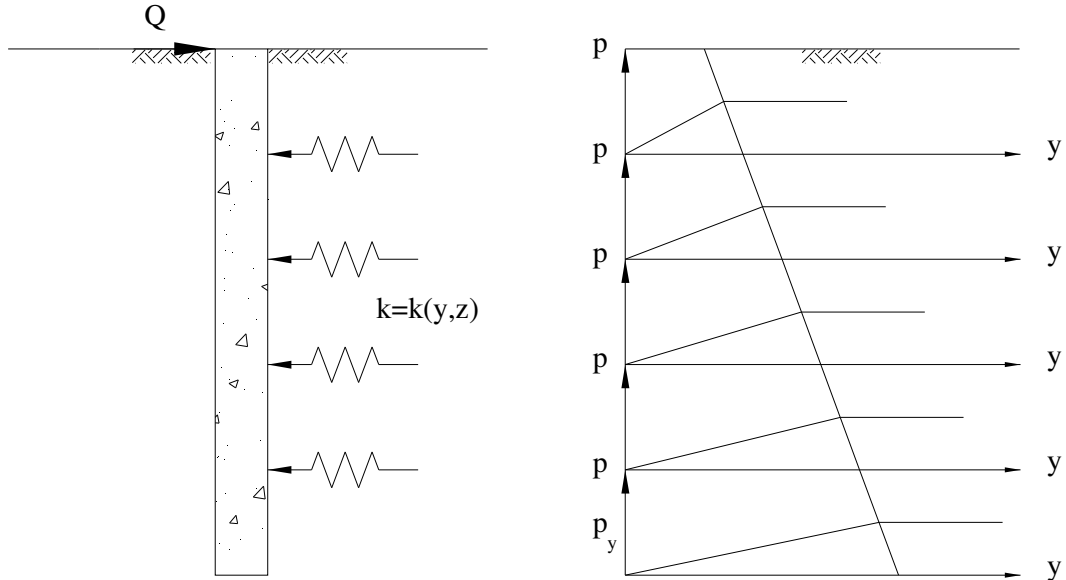


Şekil 4.4 SAP 2000 programı için hazırlanmış bilgisayar modeli

Sistemde yatay ötelenmeleri belirleyecek olan yatay yay katsayıları bulunurken, Winkler'in 1867 yılında önerdiği zemin modelinin, Terzaghi (1955) tarafından kazıklara uyarlanmış halinden faydalanılmıştır. Yatay yük taşıyan bir kazık ötelenirken kendisini taşıyan zemine yüklenecektir. Yukarıda da izah edildiği gibi bu etkileşimi ifade edebilmek için zemin; kazık boyunca belirli aralıklarla yerleştirilen ve uygulanan yükü sıkışarak üstlenen yaylarla temsil edilir. Bu yayların zemini temsilinde iki önemli husus bulunmaktadır. Birincisi yay sertliğinin (rijitliğinin) derinliğe göre değişmesi, ikincisi ise belli bir derinlikteki yayın sertliğinin ötelenme ile değişmesidir. Yukarıda anlatılan davranış aşağıdaki genel ifade ile gösterilebilir.

$$p = k(z,y) y \quad (4.1)$$

Bu durumları temsil eden eğrilere p-y eğrileri adı verilir. Şekil 4.5 de doğrusal elastik plastik davranışı temsil eden yay elemanlarının yer aldığı durum gösterilmektedir. Bu durum, özellikle granüler zeminler ve yumuşak killi-siltli zeminlerin davranışını temsil etmek için çokça kullanılan bir modeldir.



Şekil 4.5 Doğrusal elastik plastik davranış

. Şekil 4.5 de gösterilen kazıkta, bir yayın bulunduğu düğüm noktası elemanına p yanal basıncının uygulandığı düşünülerek (4.1) denklemi yatak katsayısının derinlikle değişimini de içermek üzere şu şekilde yazılabilir.

$$p = k_0 z^n y \quad (4.2)$$

veya $k(z,y)$ nin değişimi şekil 4.5 deki ilişkiden hareket edilerek şu şekilde yazılabilir.

$$k_y = k_0 z^{0.5} \quad (4.3)$$

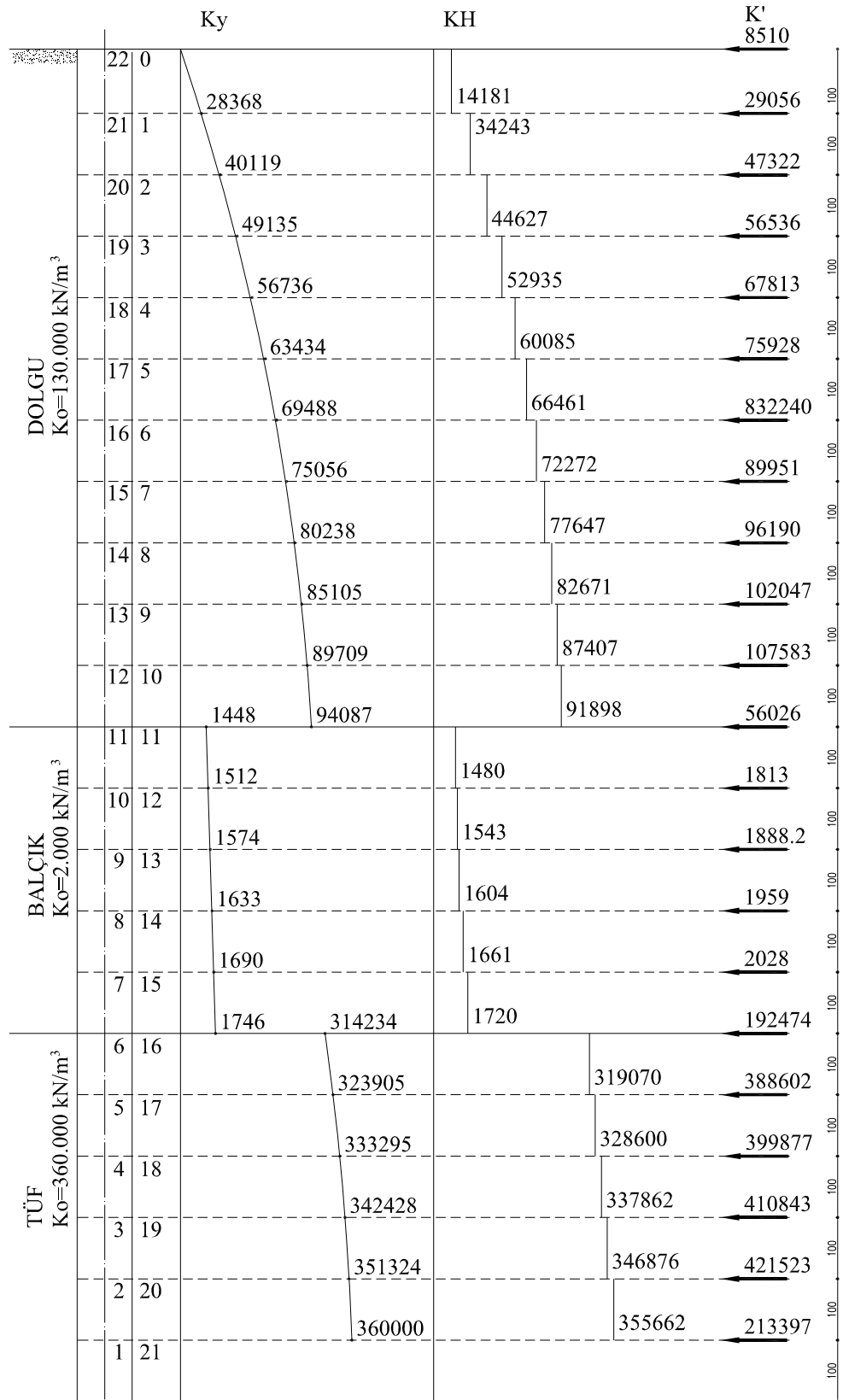
Yukarıdaki formülde

k_y : Derinliğe bağlı olarak değişen yatay yatak katsayısı.

k_0 : Düşey yatak katsayısı.

z : Yayın uygulanacağı noktanın kazık başlığına mesafesinin toplam kazık boyuna oranıdır (L'/L).

Yukarıdaki bağıntıdan hareketle bu formülü çalışmamızda uygularsak şekil 4.6 da K_y sütunu altında görülen eğri elde edilir. Parabolik bir eğri olarak beliren bu eğriyi, alan yöntemi kullanarak düğüm noktalarına dağıtmak oldukça zordur. Dolayısıyla derinliğe bağlı olarak her bir düğüm noktasındaki yatay yatak katsayısını bulabilmek için, (4.3) formülünden elde edilen değerlerin işlenmiş olduğu şekil 4.6 da görülen alanları basite indirgeyerek KH sütunu altındaki grafiği elde edebiliriz. Bunun sonucunda yatay yatak katsayı değerlerinin kazık üzerindeki dağılımı, Terzaghi'nin (1955) önerdiği şekilde, derinlikle artan yay değerleri olarak zemin-kazık modeline dağıtılmış olur.



Şekil 4.6 Düzeltilmiş yatay yatak katsayısı değerlerinin kazık boyunca dağılımı

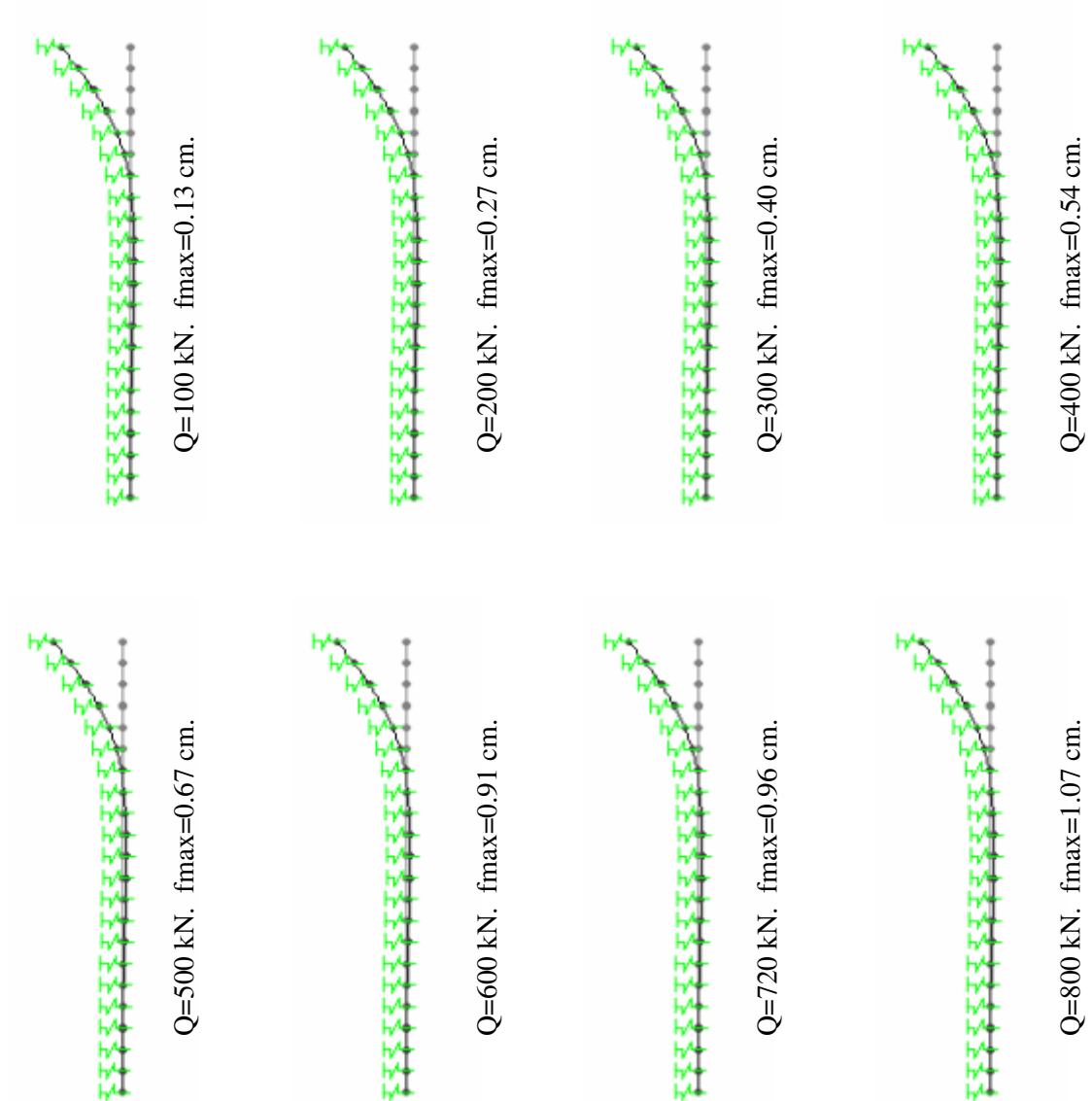
Yukarıda izah ettiğimiz düşey yatak katsayısı değerlerinin, yatay yatak katsayılarına çevrilerek, yatay yay sabitlerinin bulunması işlemi Tablo 4.1 de detaylı olarak izah edilmiştir. Tabloda K_o değerleri, her bir katman için zemin etütlerinden elde edilen düşey yatak katsayısı değeri, K_y değerleri, kazığın; Winkler yay modeline göre (4.3) formülünden elde edilen ve parabolik bir eğri olarak beliren yatay yatak katsayısı değerleridir. K_h değerleri, kazık-zemin modelinde bir noktaya gelen yatay yay sabiti değerinin hesabını yapabilmek için basitleştirilmiş yatay yatak katsayısı değerleridir (Şekil 4.7). Program için düğüm noktalarına gelen yay sabitleri (K'); basitleştirilmiş yatay yay katsayısının (K_h), kazık modelinin iki düğüm noktası arasındaki mesafesi (1m.) ve kazık çapı (1.2m.) ile çarpılarak, X-Z düzleminde çözülen kazık modeline, kN/m biriminde girilmiş yatay yay sabiti değerleridir.

Tablo 4.1 Model kazık için yatay yay sabitlerinin bulunması

Nokta No	L	$\frac{z}{L/\sum L}$	K_o	K_y $K_o \cdot z^{0.5}$	K_h $\frac{(K_{y1} + K_{y2})}{2}$	K $\frac{(K_{h1} + K_{h2}) \cdot D \cdot \Delta h}{2}$
	(m)	L/tL	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kN/m)
1	21	1	360000	360000,0	355662,0	213397,2
2	20	0,952	360000	351324,0	346876,2	421522,9
3	19	0,905	360000	342428,3	337861,8	410842,8
4	18	0,857	360000	333295,2	328600,0	399877,1
5	17	0,810	360000	323904,7	319070,0	388602,0
6	16	0,762	360000 2000	1746 314234	1720,2	192474,1
7	15	0,714	2000	1690,3	1661,7	2029,1
8	14	0,667	2000	1633,0	1603,3	1959,0
9	13	0,619	2000	1573,6	1542,7	1887,6
10	12	0,571	2000	1511,9	1480,0	1813,6
11	11	0,524	2000 130000	94087 1448	91898,0	56026,8
12	10	0,476	130000	89708,5	87406,7	107582,8
13	9	0,429	130000	85105,0	82671,4	102046,9
14	8	0,381	130000	80237,7	77646,6	96190,8
15	7	0,333	130000	75055,5	72271,7	89951,0
16	6	0,286	130000	69487,9	66460,7	83239,5
17	5	0,238	130000	63433,5	60085,1	75927,5
18	4	0,190	130000	56736,7	52936,0	67812,7
19	3	0,143	130000	49135,4	44627,1	58537,9
20	2	0,095	130000	40118,9	34243,6	47322,4
21	1	0,048	130000	28368,3	14184,2	20546,2
22						8510,5

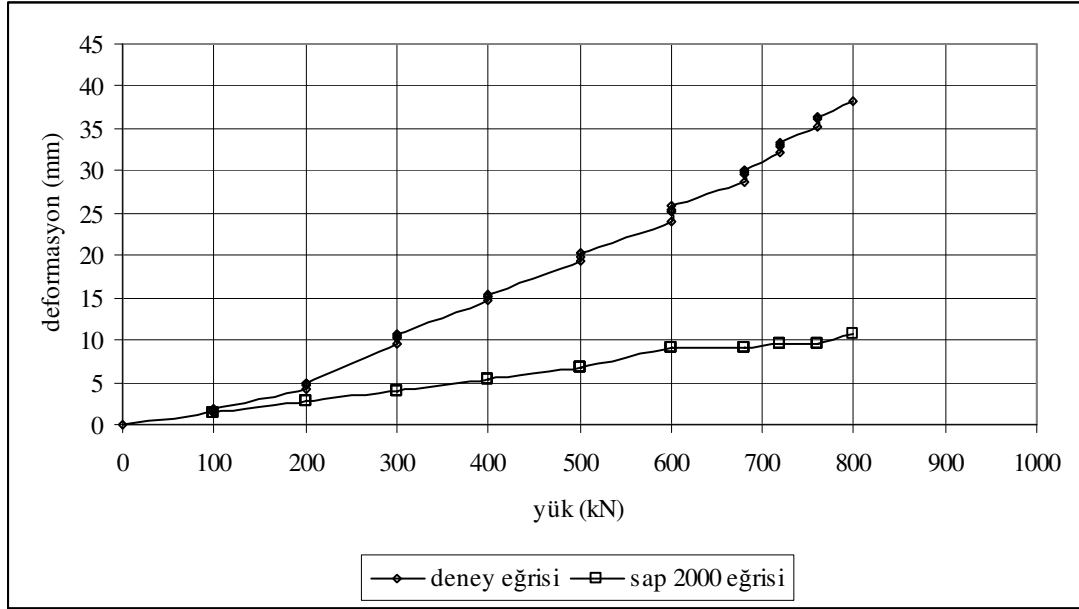
4.3.1.2. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yatay yükleme deneyi esnasında kazık başlığına Ek-3 verilen zaman aralıklarında uygulanan 10, 20, 30, 40, 50, 60, 68, 72 ve 80 tonluk yatay kuvvetler, bilgisayar programındaki kazık modelinin 22 no' lu düğüm noktasına etki ettirilip kazık üst başlığındaki deformasyonlar ölçülmüştür. Şekil 4.7 de SAP 2000 programında etki ettirilen bu yüklere karşılık 22 no'lu düğüm noktasındaki (kazık kafası) deformasyonlarının değerleri görülmektedir. Bu değerler, ayrıca uygulanan tüm yükler için, SAP2000 modelinde bulunan bütün düğüm noktalarının deplasmanını gösterir program çıkışı dosyası olarak Ek-5 de verilmiştir.



Şekil 4.7 SAP 2000 kazık modelinde, yüke bağlı kazık başındaki deplasmanlar

Analiz sonuçlarından elde edilen, yüke bağlı olarak kazık kafasındaki deplasmanları gösteren eğri ile deney sonucu elde edilen yükleme-deplasman eğrilerinin karşılaştırılmış hali şekil 4.8 da verilmiştir.



Şekil 4.8 Kazık kafasında, SAP2000 programı yükleme-deplasman eğrisi ile deney yükleme-deplasman eğrisinin karşılaştırılması.

Şekilde de görüldüğü gibi SAP2000 programında, yüke bağlı olarak değişen deplasman değerleri ile gerçek deplasman değerleri arasında yükleme şiddetinin artımıyla çoğalan deplasman farklılıkları vardır. Deney esnasında ilk yükleme olan 10t. luk yatay yükleme sonucunda okunan ilk değer 0.13 cm. SAP 2000 de bulunan 0.133 cm. değeri ile aynıdır. Deneyin devamında, bahsedilen 10t. luk yatay yükleme sisteme 20 dakika boyunca uygulanmış mukabilinde deplasman değeri 0.18 cm. ye kadar çıkmıştır. Deneyin devamında sırasıyla uygulanan diğer yüklere bağlı olarak deplasman miktarları da SAP 2000 programında bulunan değerlerden her yükleme aşaması için artan oranda fazla çıkmıştır. Yatay yükleme deneyi yapılırken her yükleme sonrası kazık 10 dakika ile 1 saat arasında değişen sabit yüke maruz bırakılmıştır. Sisteme yükleme yapıldıktan sonra diğer yükleme geçilirken yük boşaltması yapılmayıp her bir yük bir sonra gelen yüke ilave edilerek uygulanmıştır.

Karşılaştırma esnasında oluşan deplasman farklılıklarının muhtemel sebeplerini aşağıdaki gibi açıklayabiliriz.

- 1- Zeminin homojen ve izotrop olmayışı. Ancak winker yaylarının tespiti yapılırken zemin her bir katman için homojen ve izotrop özellikte kabul edilmiştir.
- 2- Bilgisayar modelinde kazık için tanımlanan malzeme bilgileri ile, deney kazığının malzeme değerleri arasında oluşabilecek farklılıklar. Bundan oluşabilecek deplasman farklılıkları girilen yay değerlerinin rijitliği dikkate alındığında ihmal edilebilir düzeydedir, ancak konu edilen deplasman farklılıklarının boyutları da küçük olduğundan malzeme değerleri arasında olması muhtemel farklılıklar da dikkate alınmalıdır.
- 3- Deney kazığının döküm esnasında derinliğe bağlı olarak kesit özelliklerinin değişebilmesi.
- 4- Deney esnasında, uygulanan yatay yüklemelerden sonra, kazıkta yük boşaltılması yapılmadan sisteme sürekli tekrarlı yüklerin uygulanması. SAP 2000 kazık modeline yükler uygulanırken bir sonraki yüklemenin bir önceki yüklemeye bir ilişkisi yoktur. Yani bir önceki yüklemeden oluşan kalıcı deformasyonlar buna bağlı olabilecek yay değerlerindeki küçülmeler bir sonraki yük bilgisinde tanımlanmamıştır. Ancak deney sonunda yatay yükün tamamıyla boşaltılmasıyla kazık kafasında ortalama 1.83 cm.lik kalıcı deformasyon ölçülmüştür. Bu deformasyon miktarı, deney esnasında 80t. luk yatay yük değerinin oluşturduğu 4.25cm. lik deformasyon miktarından çıkarıldığında oluşan son yük-deformasyon eğrisinin, modeldeki deplasman eğrisine daha da yaklaştığını görebiliriz.
- 5- Yaşlanma etkisinin hesaplarda ihmal edilmesi. Bilgisayar programıyla çözülen modeldeki deplasman değerleri ani sehim değerleridir. Ancak deney yaklaşık 5 saatte yapılmıştır. Modelde verilen mesnetlerin elastik oluşu, yaşlanma değerlerinin de dikkate alınmasını gerektirebilir.
- 6- Kazık başlığının bulunduğu bölgede zeminin örselenmesi. Kazığın imalatı esnasında veya yatay yüklemelerin yapılmaya başlanmasıyla kazık başlığının bulunduğu bölgedeki zemin profilinde mutlaka bir örselenme olur. Bu örselenmeden ötürü de zemin bu bölgede (zemin üzerinden itibaren ilk 50 cm ile 1m. arası) yatay ve düşey taşıyıcılığını kaybeder veya bu taşıyıcılık oldukça azalır. Karşılaştırmamızda çıkan deplasman farklılıklarının oluşmasındaki en

önemli sebep olarak bunu verebiliriz. Dolayısıyla özellikle zemin profilinin ilk 50cm.sindeki yay değerlerini sıfırlayarak veya azaltarak kazık modelinin oluşturulması gerçeğe çok yakın sonuçlar verecektir.

Yukarıda izah edilen sebeplerin varlığına rağmen, bu çalışmada program sonucu deplasmanlar ile gerçek deplasmanlar arasındaki farklılıklar sistemin dizaynını etkileyebilecek farklılıklar değildir. Hesaplamalarda yapı zemin ilişkisi için kullanılan güvenlik sayılarının büyüklükleri dikkate alındığında neredeyse analiz sonucunda gerçeğe çok yakın değerlerin bulunduğu görülmüştür. Deplasmanların derinliğe bağlı olarak azalması da bu farklılıkların ihmal edilebileceğini göstermektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, deplasmanları ve reaksiyonları direkt etkilemesi bakımından zemin profilinin çok dikkatli olarak sisteme tanıtılması gerekliliğidir. Dolayısıyla bu da ancak sonuçlarına güvenilir zemin etütleri ile teşkil edilebilmektedir.

4.3.2. Allpile Programı İle Yatay Yüklü Kazık Analizi

Allpile programı her türlü tekil ve grup kazıkların, değişik zemin profillerinde ve ön görülecek değişik yükleme seçeneklerine göre yatay ve düşey analizlerini yapılabilen kazık-zemin arasındaki ilişkiye göre sonlu farklar yöntemiyle çalışan, statik analiz programıdır. Sadece kazık analizi için geliştirilmiş olan bu program; COM624 adlı, kazıkların yatay deplasmanlarının ve statik analiz sonuçlarının bulunması amacıyla Texas Üniversitesi tarafından FHWA(Federal Highway Administration-America) için geliştirilmiş, p-y eğrileri yöntemiyle çalışan bilgisayar programının analiz motorunu kullanır. Dolayısıyla Allpile programı kapsamında COM624 programı içinde veri transferine imkan veren bir alt bölüm bulunmaktadır.

Kullanıcıya, zemin profili, kazık türü ve kazık statik özellikleri, yükleme şekilleri gibi kazık çözümü için gerekli olan bilgileri, kolaylıkla girmesini sağlayan bir menü sistemi sunulmuştur. Allpile programı yatay yüklü kazık hesabı yaparken aşağıdaki lineer olmayan diferansiyel denklemi referans alır.

$$EI \frac{d^4 y}{dz^4} + Q \frac{d^2 y}{dz^2} - R - P_q = 0 \quad (4.4)$$

Yukarıdaki formülde

Q: Kazık üzerine gelen eksenel yük.

y : Kazığın derinliğe bağlı olarak yaptığı yatay ötelenme niktarı.

z : Kazık başlık bölgesinden itibaren derinlik

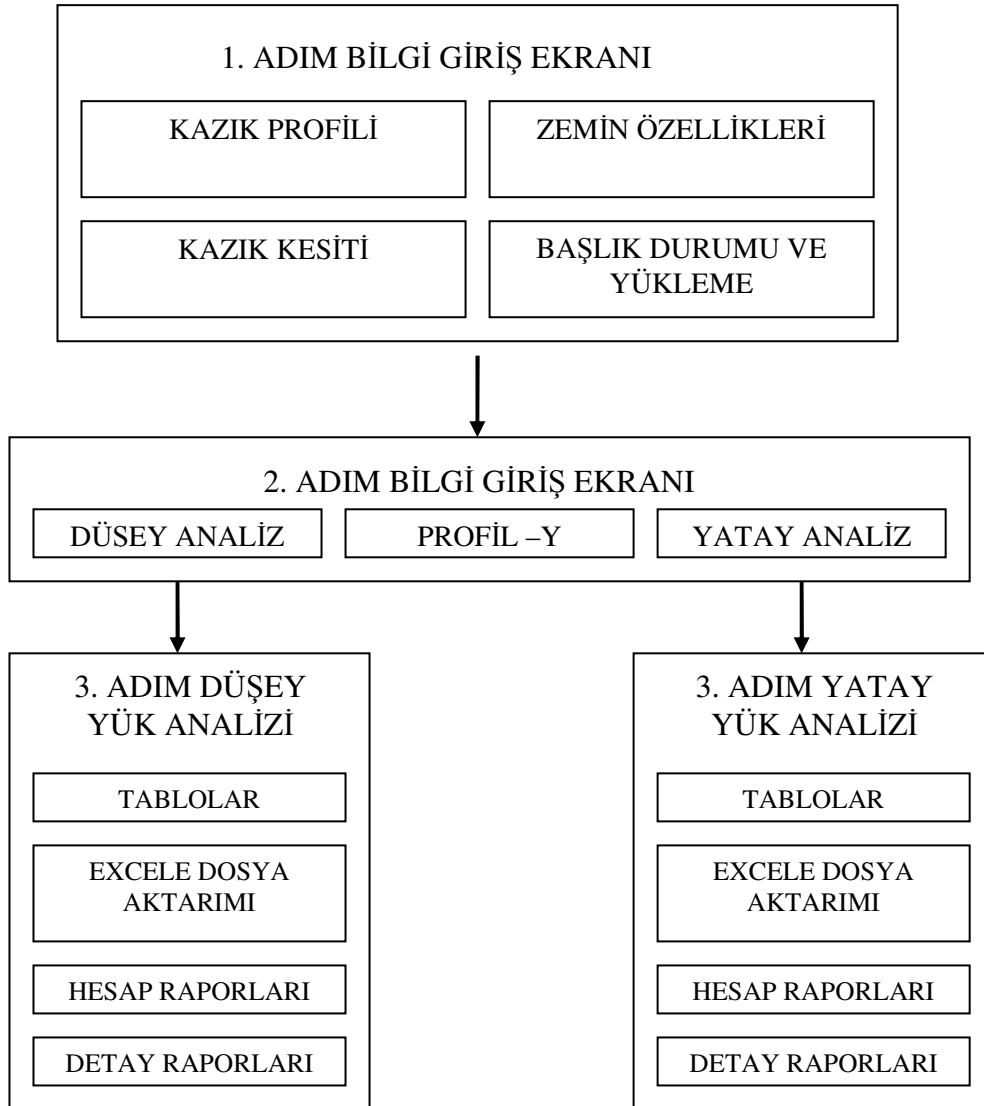
R: Zemin gerilmesinin kazık birim uzunluğundaki değeri.

E: Kazık elastisite modülü

I : Kazık atalet momenti

P_q : Kazık boyunca uygulanan yatay yayılı yük miktarı.

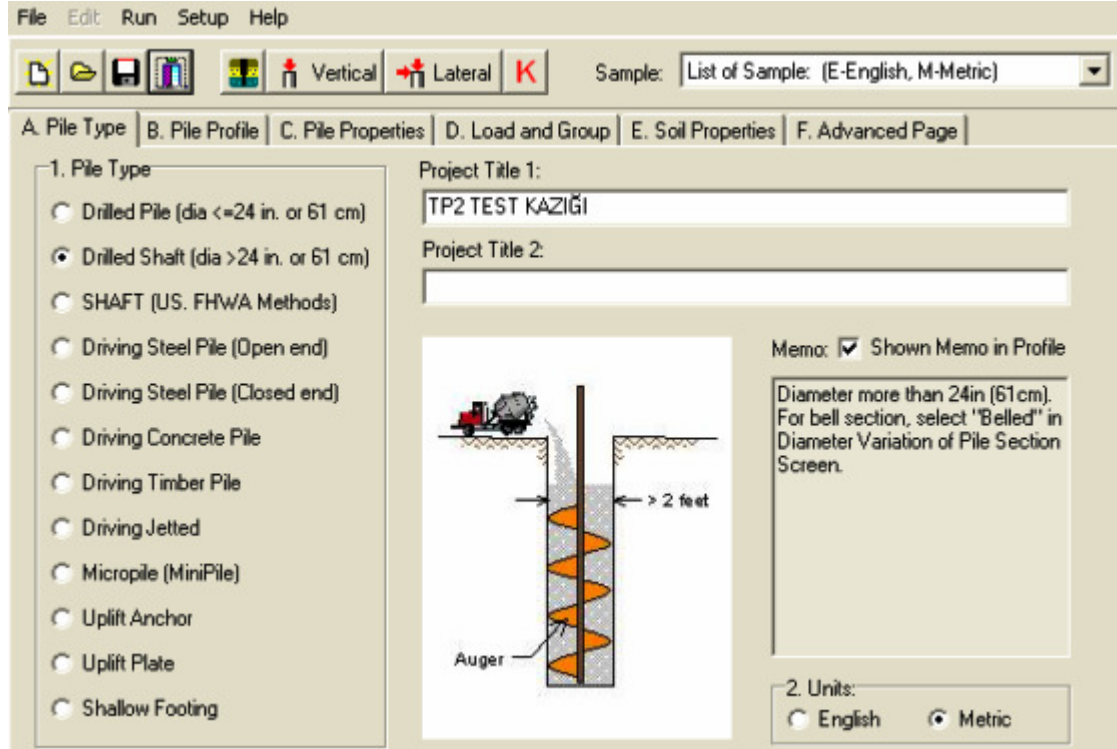
Programın çalışma esnasında kullandığı akış diyagramı şekil 4.9 da verilmiştir.



Şekil 4.9 Allpile programı akış diyagramı

4.3.2.1. Programa Sistemin Tanıtılması

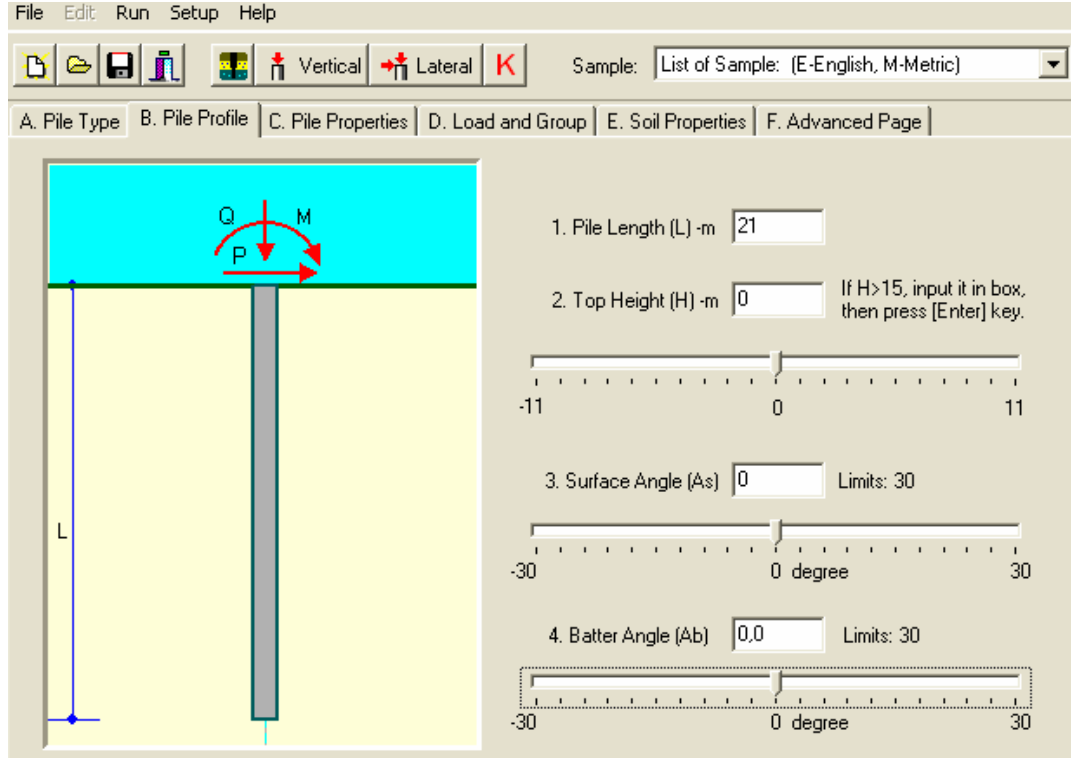
Programa sistemin tanıtılması, bilgisayar programının ön gördüğü altı adet pencereye bilgi girişi yapılarak gerçekleştirilmektedir. Bunlardan birinci pencere olan ve kazık tipinin seçildiği pencerede (şekil 4.10), program kullanıcıya, 12 adet kazık tipinden birisinin seçilebileceği zengin bir kazık kütüphanesi sunmuştur.



Şekil 4.10 Allpile programı kazık tipi seçim penceresi

Deneylerde kullanılan kazık tipimiz 120cm. çapında fore kazıktır. Dolayısıyla bu kazık türü programda ikinci sırada yer alan, genişliği 61cm. den büyük yerinde dökme kazıklar sınıfına girmektedir. Ayrıca bu pencereden analizin İngiliz birimlerine göre veya metrik birimlere göre yapılmasına olanak veren bir bölüm vardır. Herhangi bir birimde devam ederken, çalışma aşamasında diğer birime geçilirse program otomatik olarak birimler arası çevrim işlemini gerçekleştirir.

İkinci pencerede, kazık zemin ilişkisi ve kazığın zemin içinde konumlandırılmasına imkan veren bilgileri girilebilir (şekil 4.11).



Şekil 4.11 Allpile programı kazık zemin ilişkisini gösterir pencere

Burada;

P: Kazık üzerindeki yatay yük

Q: Kazık üzerindeki düşey yük

M: Kazık üzerindeki moment değeri

L: Kazığın derinliği,

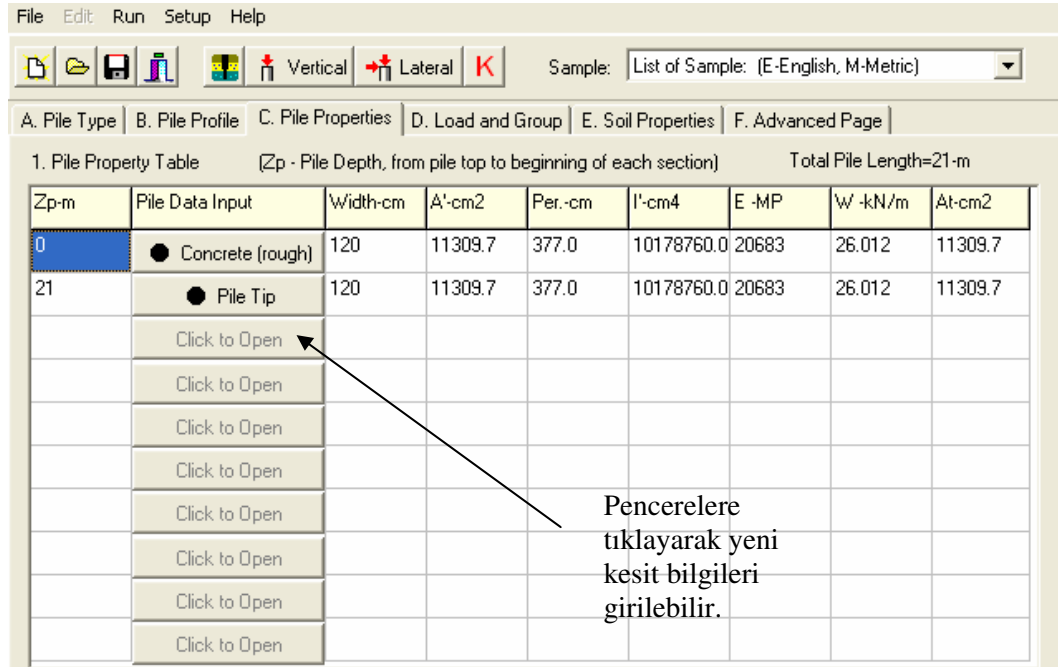
H: kazık başlığının zemin üstünden itibaren yüksekliği (örneğimizde bu değer sıfırdır.)

As: zemin profilindeki yüzey eğrilik değeri.

Ab: kazık alt başlığının kazık eksenine yaptığı açı.

Kazık modelimizde kullanılan değerler şekil 4.11 de görülmektedir.

Üçüncü pencerede kullanıcı, kullanacağı kazığa ait statik kesitleri oluşturabilir ve isterse kazığın derinliği boyunca bu kazığa değişik kesitler tanımlayabilir (şekil 4.12).



Şekil 4.12 Allpile programı kazık kesitine ait statik bilgilerin girildiği pencere

Burada;

Zp: Zemin yüzeyinden itibaren derinliğe bağlı olarak kazık uzunluğu boyunca kazık kesitindeki değişikliklerin girilebileceği kazık boyu.

Pile Data: kazık bilgi girişi için kullanılan sütundur. Bu sütunun altında kazık tipinin ve malzeme değerlerinin otomatik olarak oluşturulmasına imkan veren pencereleri açan düğmeler bulunmaktadır.

Width (genişlik) : kare kazıklarda kazık genişliğinin, dairesel kazıklarda kazık çapının girilmesine imkan veren sütundur.

A' : Efektif kazık alanıdır.

Per : azık çevresini uzunluğudur.

I' : Kazığa ait atalet momentidir.

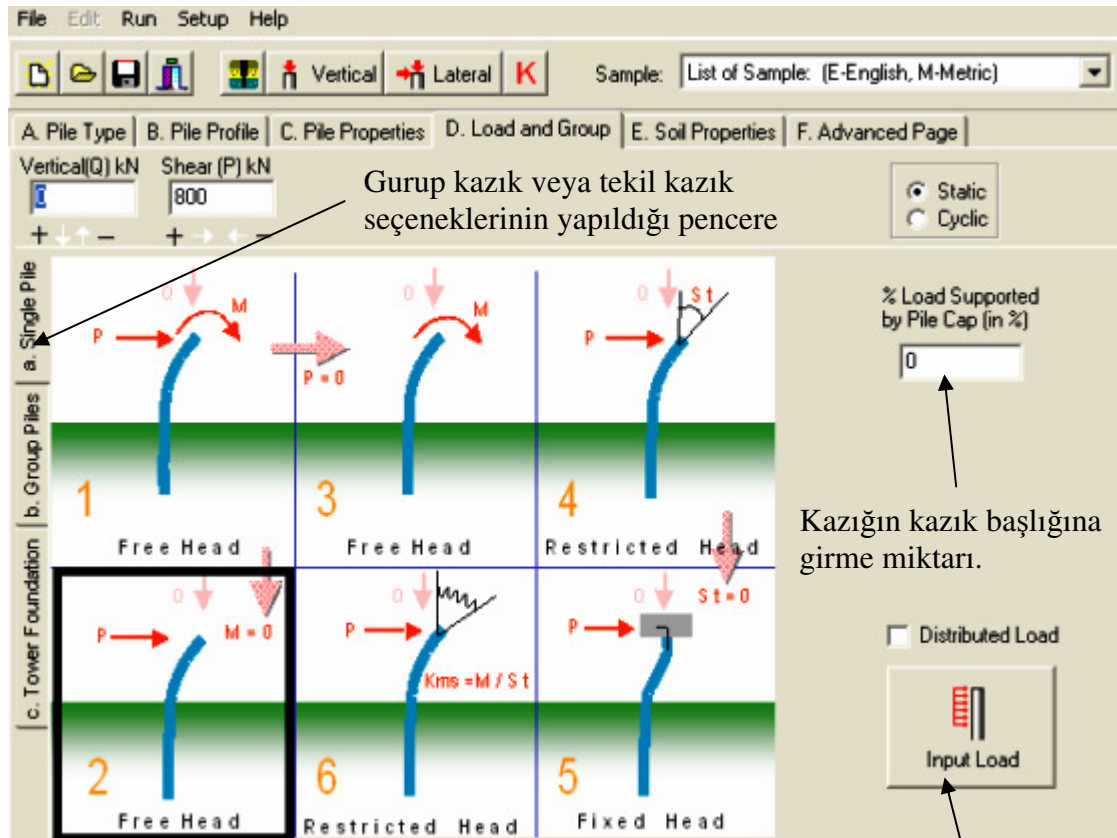
E : Kazığa ait elastisite modülüdür.

W : kazığın bir metresinin ağırlığıdır.

At: Kazık toplam alanıdır. (boşluklu kazıklarda At ve A' değerleri farklılıklar gösterir)

Örneğimizde kullandığımız kazık modelinde, derinlikle kazık kesiti değişmemektedir. Dolayısıyla kazığa ait bilgiler zemin üstünden itibaren kazık altına kadar aynı statik kesitlere sahiptir. Kazık modelimiz için kullanılan değerler şekil 4.12 de görülmektedir.

Dördüncü pencerede program, kullanıcıya kazığa; kazık başlığında oluşan reaksiyonların durumuna göre yük girebilmesi için altı ayrı yöntem sunar. Bununla beraber aynı pencere içinde çözülecek kazığın tekil kazık, grup kazık, kule temeli olması durumuna göre değişiklik gösteren analiz seçenekleri sunar (şekil 4.13).

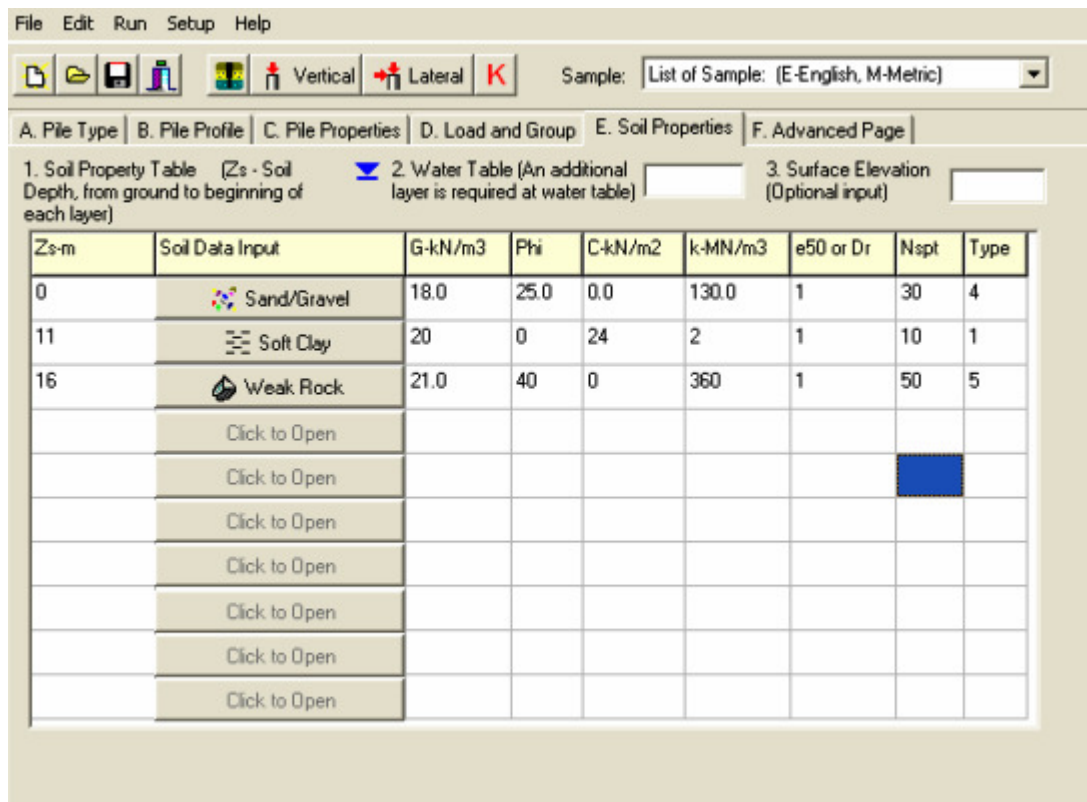


Şekil 4.13 Allpile programında kazık yükleme bilgilerinin gösterildiği pencere

Kazık üzerine yayılı yük girilebilmesine olanak sağlayan düğme.

Bizim kazık modelimiz, tekil kazık sınıfına girip, serbest başlı ve sadece yatay ötelenmeye maruz bırakılmıştır (2 no'lu pencere). Seçilen pencereye uygun olarak beliren yükleme değerlerinden, Q (yatay yük) değerine sırasıyla 10, 20, 30, 40, 50, 60, 68, 72 ve 80 tonluk yükler yüklenerek oluşan model kazık başlığındaki deplasmanlar ölçülecektir.

Beşinci pencerede kullanıcı, kazık hesabı yapacağı zemin katmanlarının jeolojik özelliklerini ve zemine ait yeraltı su seviyesini girebilir (şekil 4.14).



Şekil 4.14 Allpile programında zemin özelliklerinin girildiği pencere

Bu pencere yardımıyla kullanıcı, modelinde 10 adet farklı katman kullanılabilir.

Burada;

Gwt: yer altı suyunun zemin üst kotundan derinliğidir. Eğer yer altı suyu kazık alt kotundan aşağıdaysa bu bölümü doldurmaya gerek yoktur.

Zs: Zemin katmanlarının başlangıç kotunun girildiği sütundur. Katman zemin üst kotundan itibaren başlangıç kotları yazılarak zemin profili programa tanıtılmış olunur.

Soil Data (zemin bilgileri): zemin tipinin girilmesine imkan veren bölümdür. Düğmenin seçilmesi ile birlikte içinde standart zemin tiplerinin bulunduğu bir pencere açılır. Kullanıcı eğer modelleyeceği zeminle ilgili detaylı bilgiye sahip değilse bu pencere yardımıyla, yaklaşık zemin değerlerini seçebilir. Seçtiği zemin modeline ait zemin parametreleri şekil 4.15 de görülen, 3 ile 9. sütunlara otomatik olan işlenir.

Phi : Kayma direnç açısı.

C : Zemine ait kohezyon değeri.

K : Zemin yatak katsayısı

e_{50} ve Dr: Eğer zemin silt, kil veya kaya ise e_{50} değeri zeminin, p-y eğrisinde %50 deformasyonuna karşılık gelen gerilme değeridir. Dr ise kumlu zeminlerde zemin relatif sıkılığını gösterir değerdir. Sadece bilgi amaçlı olarak verilir, analizlerde kullanılmaz.

Nspt : Standart penetrasyon deneyi sonucu. (Programda bu değer 76.2 cm.den bırakılan 623 N. Ağırlığındaki bir tokmağın, zemine 305mm. girebilmesi için gereken vuruş sayısıdır.)

bu pencerede kazık modelimiz için kullanılan değerler şekil 4.14 de görülmektedir.

Altıncı pencerede kullanıcı, kazık hesabında kullanacağı standart parametrelerde değişiklik yapabilir. Kazıkta çevre sürtünmesiyle veya negatif sürtünmeyle oluşan tesirleri arttırıp azaltabilir yaptığı yüklemeleri belli oranlarda arttırıp azaltabilir veya kazığın yapacağı maksimum deplasmanları sınırlandırabilir.

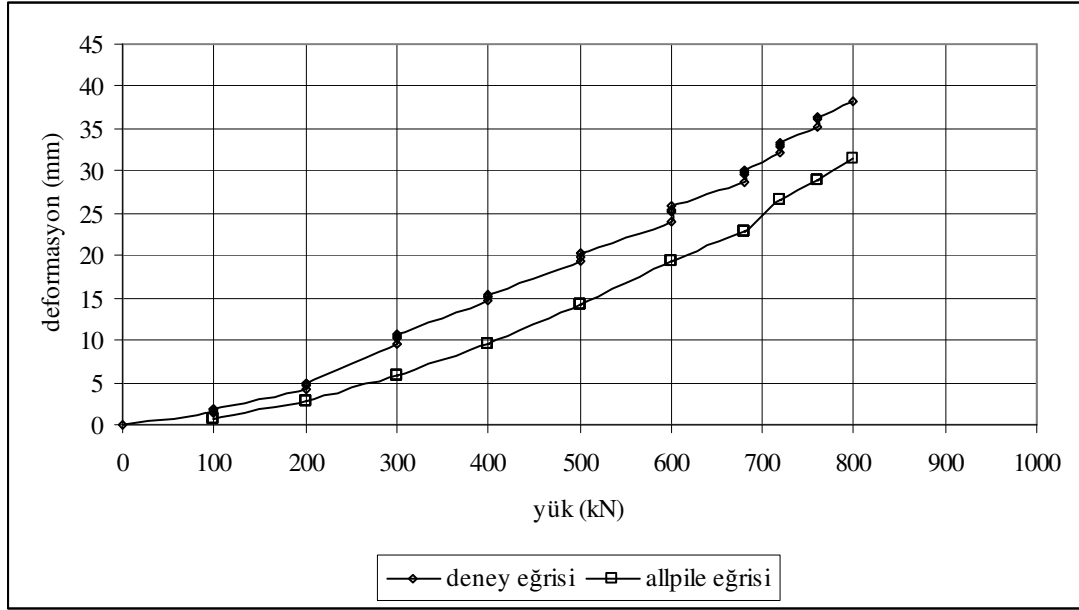
4.3.2.2. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yatay yükleme deneyi esnasında kazık başlığına Ek-3 de verilen zaman aralıklarında uygulanan 10, 20, 30, 40, 50, 60, 68, 72 ve 80 tonluk yatay kuvvetler, bilgisayar programındaki kazık modeline bölüm 4.3.2.1 de izah edildiği gibi etki ettirilip kazık üst başlığındaki deformasyonlar ölçülmüştür. Şekil 4.15 da Allpile programına ait yukarıdaki yüklemelere bağlı olarak kazık başındaki deplasman miktarları görülmektedir. Programa ait her bir yükleme için oluşan analiz sonuçları Ek-6 da verilmiştir.



Şekil 4.15 Allpile kazık modelinde, yüke bağlı kazık başındaki deplasmanlar

Analiz sonuçlarından elde edilen, yüke bağlı olarak kazık kafasındaki deplasmanları gösteren eğri ile deney sonucu elde edilen yükleme-deplasman eğrilerinin karşılaştırılmış hali şekil 4.16 de verilmiştir.



Şekil 4.16 Kazık kafasında, Allpile programı yükleme-deplasman eğrisi ile deney yükleme-deplasman eğrisinin karşılaştırılması.

Şekilde 4.16 de görüldüğü gibi Allpile programında, yüke bağlı olarak değişen deplasman değerleri ile gerçek deplasman değerleri arasında oldukça küçük farklılıklar vardır. Deneyin ilk aşaması olan 10t. luk yatay yükleme sonucunda okunan ilk değer 0.13 cm. Allpile programında bulunan 0.08 cm. değeri neredeyse aynıdır. Deneyin devamında yapılan diğer yüklemelere bağlı olarak oluşan deplasmanlarda ise SAP2000 modelinde bulunan değerlerden gerçeğe daha yakın değerler bulunmuştur. Bunun başlıca sebebi olarak zemin-kazık ilişkisinin sonlu farklar yöntemiyle sisteme tanıtılarak, yay katsayıların yanında zemin özelliklerinin de hesaba katılması faktörünü söyleyebiliriz. Özellikle birinci yüklemekten sonra gelen yüklemelerde gerçek ile teori arasında yaklaşık 0.5-0.6 cm. civarındaki deplasman farklılıkları diğer tüm yüklemeler için bozulmamıştır. Karşılaştırma esnasında oluşan deplasman farklılıklarının muhtemel sebeplerini aşağıdaki gibi açıklayabiliriz.

- 1- Zeminin homojen ve izotrop olmayışı. Ancak Allpile modeline zemin özellikleri girilirken, zemin her bir katman için homojen ve izotrop özellikte kabul edilmiştir.
- 2- Bilgisayar modelinde kazık için tanımlanan malzeme bilgileri ile, deney kazığının malzeme değerleri arasında oluşabilecek farklılıklar.
- 3- Deney esnasında, uygulanan yatay yüklemelerden sonra, kazıkta yük boşaltması yapılmadan sisteme sürekli tekrarlı yüklerin uygulanması. Allplie programında da, SAP 2000 kazık modelinde olduğu gibi yükler uygulanırken bir sonraki yüklemenin bir önceki yüklemeye bir alakası yoktur. Yani bir önceki yüklemeden oluşan kalıcı deformasyonlar buna bağlı olabilecek zemin parametrelerindeki değişimler dikkate alınmamıştır.
- 4- Yaşlanma etkisinin hesaplarda ihmal edilmesi. Bilgisayar programıyla çözülen modeldeki deplasman değerleri ani sehim değerleridir. Ancak deney yaklaşık 5 saatte yapılmıştır. Modelde verilen mesnetlerin elastik oluşu, yaşlanma değerlerinin de dikkate alınmasını gerektirebilir.
- 5- Kazık başlığının bulunduğu bölgede zeminin örselenmesi. Kazığın imalatı esnasında kazık başlığının bulunduğu bölgedeki zemin profilinde mutlaka bir örselenme olur. Bu örselenmeden ötürü de zemin bu bölgede (zemin üzerinden itibaren ilk 50 cm ile 1m. arası) yatay ve düşey taşıyıcılığını kaybeder veya bu taşıyıcılık oldukça azalır. Karşılaştırmamızda çıkan deplasman farklılıklarının oluşmasındaki en önemli sebep olarak bunu verebiliriz.

Yukarıda izah edilen sebeplerin varlığına rağmen, bir önceki çalışmada da olduğu gibi, bu çalışmada program sonucu deplasmanlar ile gerçek deplasmanlar arasındaki farklılıklar sistemin dizaynını etkileyebilecek farklılıklar değildir. Zemin çalışmalarında yapı zemin ilişkisi için kullanılan güvenlik sayılarının büyüklükleri dikkate alındığında neredeyse analiz sonucunda gerçeğe çok yakın değerlerin bulunduğu görülmüştür. Deplasmanların derinliğe bağlı olarak azalması da bu farklılıkların ihmal edilebileceğini göstermektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, deplasmanları ve reaksiyonları direkt etkilemesi bakımından zemin profilinin çok dikkatli olarak sisteme tanıtılması gerekliliğidir. Bu çalışmada, analitik sonuçların deney sonuçlarına yakın çıkmasında zemin etüt raporları doğruluğunu kabul ettirmiştir.

4.3.3. Plaxis Programı İle Yatay Yüklü Kazık Analizi

Plaxis programı, sonlu elemanlar yöntemiyle çalışan, geoteknik mühendisliğinde stabilite ve deformasyonla alakalı tüm problemleri çözebilmek amacıyla hazırlanmış bir paket programdır. Bir imalatın başlangıcından bitimine kadar ki aşamalarda, yapılan kazılar, iksalar, ankrajlamalar vb. sistemin duraylılığını sağlayacak veya bozacak bütün imalat aşamaları programa girilebilir. Bu aşamalardaki yapı zemin ilişkileri görülebilir ve bunlara daha imalata başlamadan önce nasıl müdahale edilebileceği konusunda bir fikir edinilebilir.

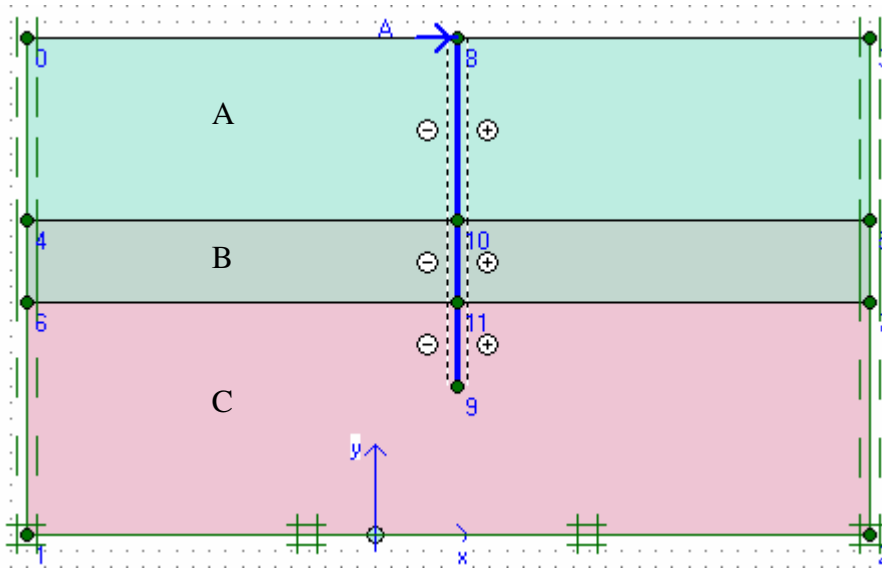
Programa bilgi girişi yapılırken, programın iki boyutta çalıştığı unutulmamalıdır. Dolayısıyla analiz sonucu bulunan değerler, analizi yapılacak elemanın veya zeminin bir metresinde oluşan değerlerdir. Bu program kullanılarak zeminin karakteristik özellikleri beş ayrı şekilde tanımlanabilir. Bunlar; zeminin lineer elastik davranışına göre, mohr coulomb yöntemine göre, sert zemin olmasına göre, yumuşak zemin olmasına göre veya kullanıcının kendisinin tanımladığı zemin parametrelerine göre farklı karakteristikte sayısız zemin modeli oluşturulabilir.

Program hesap aşamasında yer altı suyu durumunu da dikkate alır. Yer altı suyunun imalat aşamasında çekilmesi, oluşan konsolidasyonlarla zeminin alacağı son durumlar program tarafından hesap edilebilir.

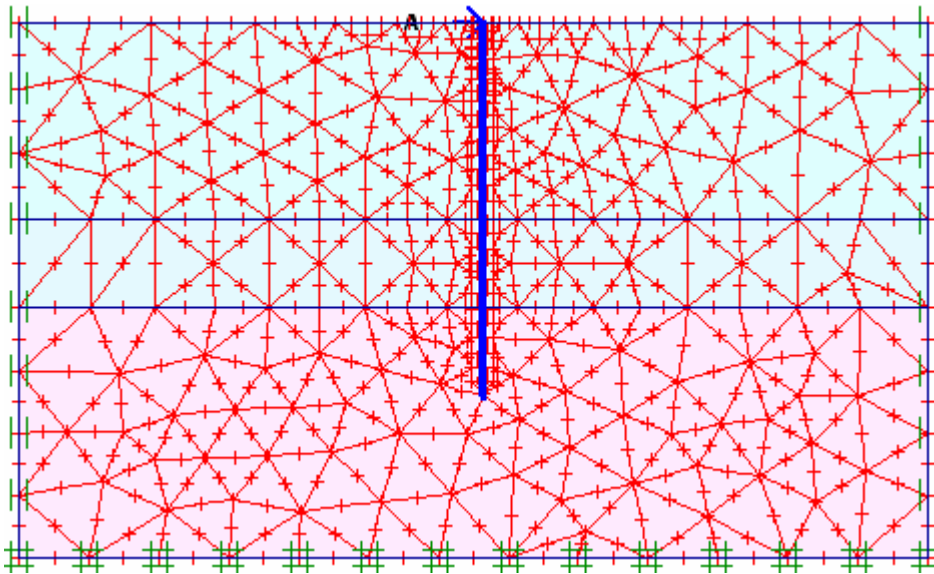
Bu program kullanılarak sisteme deprem yüklemeleri yapılabilir, dolayısıyla deprem esnasındaki yapı-zemin etkileşimleri incelenebilir. Program plastik hesap yapabildiğinden ötürü analiz aşamaları da yükleme şekline göre aşama aşama incelenilebilir. Yukarıdaki bölümlerde de izah edildiği gibi, kullandığımız test kazığına deney aşamasında uygulanan yükler modelde de aşama aşama yüklenecektir. Bu sayede deneydekine benzer bir yükleme şekli gerçekleştirilecek zemin kazık arasındaki yüke bağlı değişen davranışların gerçeğe daha yakın incelenmesi sağlanmış olacaktır.

4.3.3.1. Programa Sistemin Tanıtılması

Zemin modeli ve model içinde bulunan yapı elemanları sisteme grafik ortamda tanıtıldıktan sonra (şekil 4.17) program bu modeli otomatik olarak sonlu elemanlar ağına çevirir (şekil 4.18).



Şekil 4.17 Plaxis programı kazık-zemin modeli



Şekil 4.18 Plaxis programında kazık-zemin modelinin sonlu elemanlar ağına çevrilmiş hali

Kullanıcı, kazık çevresine tanımlayacağı ilave düğüm noktaları ile bu bölgeyi daha fazla sonlu eleman ağına bölüp, kazık-zemin ilişkisini daha hassas olarak hesaplayabilir. Plaxis için oluşturulan modelde, diğer modellerde de olduğu gibi zemin bilgileri, yapılan zemin etüt sonuçlarından faydalanılarak programa girilmiştir. Şekil 4.17 de görülen ve A,B,C bölgeleri Mohr-Coulomb modeli kullanılarak, kazık ise programa “beam” (kiriş) elemanı kullanılarak tanımlanmıştır. Programda kazık kafasına “A” yükü olarak görülen 800 kN’luk yükleme yapılmıştır. Bu yüklemeyi aşamalara ayırmak amacıyla programın ilerleyen bölümünde bulunan hesaplama modülü kullanılmıştır. Hesaplama modülünde bulunan “multiplier” (çarpan) penceresinde her bir yüklemenin nihai yüklemeye oranı girilerek sisteme yükleme aşamaları belirlenmiş olur. Örneğin deney kazığında birinci yükleme olarak 100 kN luk yatay yük değeri, birinci aşama olarak programa girilirken; nihai yük değeri 800 kN olduğu için 100/800 oranında Σ -Mload A değeri olarak programa tanımlanmış olur (Şekil 4.19). Dolayısıyla nihai yük olan 800 kN luk yatay yükün çarpanında 1 dir.

Yük çarpanı

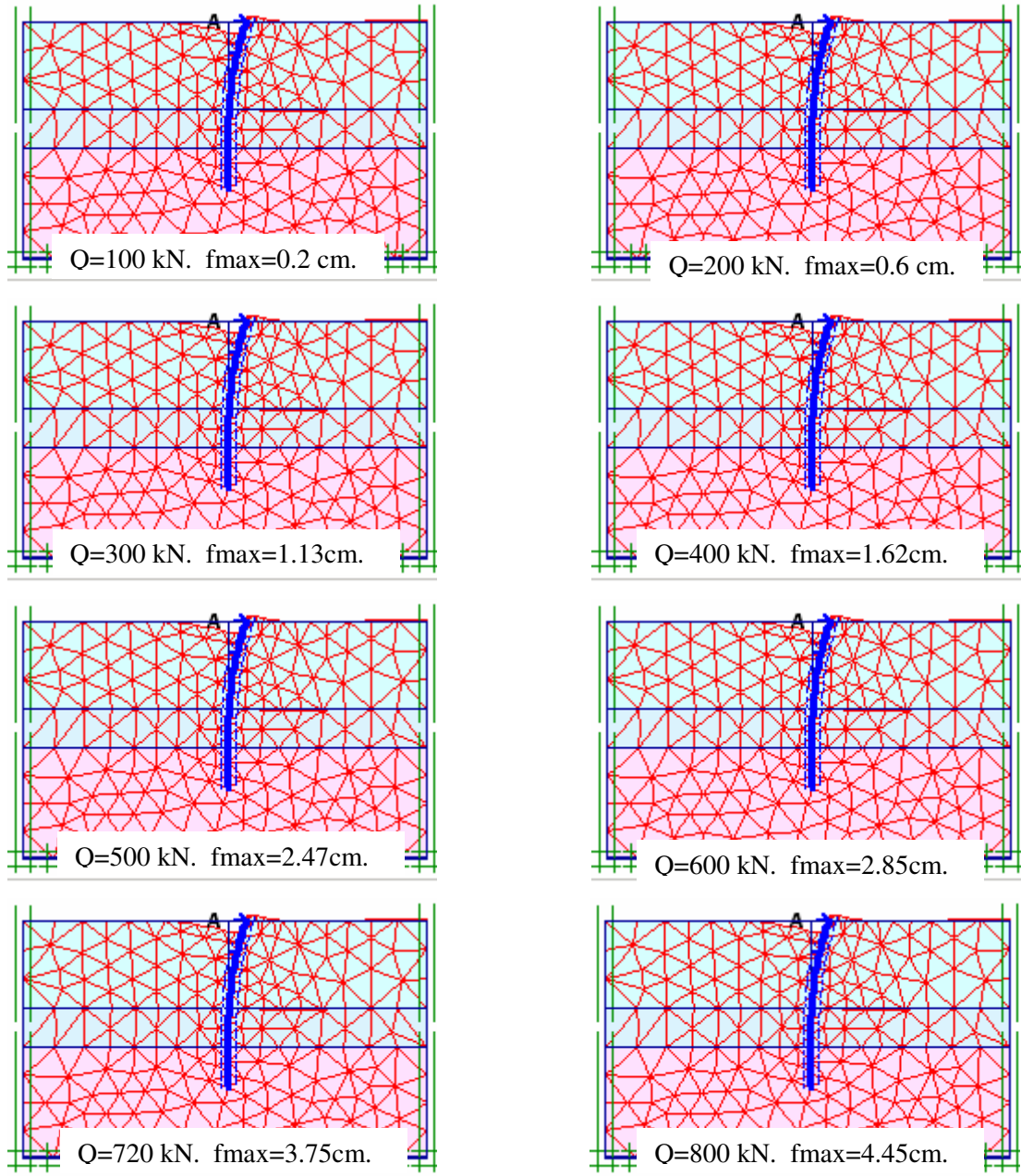
Yük aşamaları

Identification	Phase no.	Start from	Calculation	Loading input	First	Last	Water
Initial phase	0	0	N/A	N/A	0	0	0
✓ 100kN	1	0	Plastic	Total multipliers	1	8	0
✓ 200kN	2	1	Plastic	Total multipliers	9	20	0
✓ 300kN	3	2	Plastic	Total multipliers	21	34	0
✓ 400kN	4	3	Plastic	Total multipliers	35	44	0
✓ 500kN	5	4	Plastic	Total multipliers	45	51	0
✓ 600kN	6	5	Plastic	Total multipliers	52	61	0
✓ 680kN	7	6	Plastic	Total multipliers	62	68	0
✓ 720kN	8	7	Plastic	Total multipliers	69	72	0
✓ 760kN	9	8	Plastic	Total multipliers	73	78	0
✓ 800kN	10	9	Plastic	Total multipliers	79	84	0

Şekil 4.19 Plaxis programına yük aşamalarının tanıtılması.

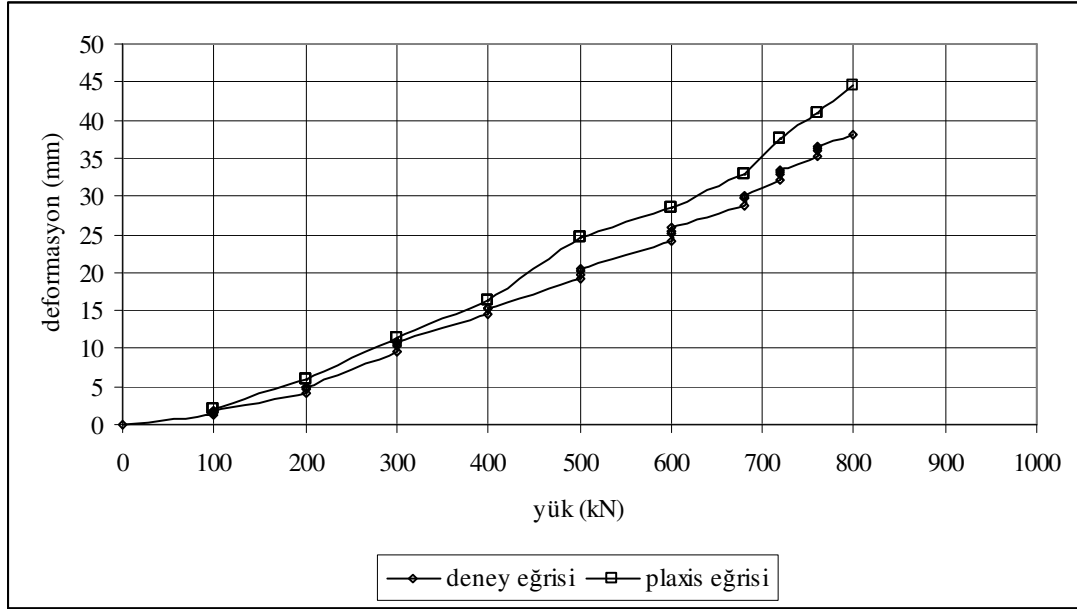
4.3.3.2. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yatay yükleme deneyi esnasında kazık başlığına Ek-3 de verilen zaman aralıklarında uygulanan 10, 20, 30, 40, 50, 60, 68, 72 ve 80 tonluk yatay kuvvetler , bilgisayar programındaki kazık modeline bölüm 4.3.3.1 de izah edildiği gibi etki ettirilip kazık üst başlığındaki deformasyonlar ölçülmüştür. Şekil 4.20 de Allpile programına ait yukarıdaki yüklemelere bağlı olarak kazık başındaki deplasman miktarları görülmektedir. Programa ait her bir yükleme için oluşan analiz sonuçları Ek-7 de verilmiştir.



Şekil 4.20 Plaxis kazık modelinde, yüke bağlı kazık başındaki deplasmanlar

Analiz sonuçlarından elde edilen, yüke bağlı olarak kazık kafasındaki deplasmanları gösteren eğri ile deney sonucu elde edilen yükleme-deplasman eğrilerinin karşılaştırılmış hali şekil 4.21 de verilmiştir.



Şekil 4.21 Kazık kafasında, Plaxis programı yüklem-deplasman eğrisi ile deney yüklem-deplasman eğrisinin karşılaştırılması.

Şekilde 4.21 de görüldüğü gibi Plaxis programında, yüke bağlı olarak değişen deplasman değerleri ile gerçek deplasman değerleri neredeyse aynıdır. Deneyin ilk aşaması olan 100 kN. luk yatay yüklem sonucunda okunan nihai değer 0.18 cm., Plaxis programında bulunan 0.20 cm. değeri ile, deneyin son aşamasında uygulanan 800 kN. luk yatay yüklem sonucunda okunan 4.25 cm., Plaxis programında bulunan 4.45 cm. değeri ile aynıdır denebilir. Deneyde yapılan diğer yüklemelere bağlı olarak oluşan deplasmanlarda da gerçeğe yakın değerler okunmuştur. Bunun başlıca sebebi olarak, Allpile programında da olduğu gibi, Plaxis programında da zemin parametrelerini tanımlarken kullanılan Mohr-Coulmb parametreleri ile zemin profilinin sisteme daha hassas olarak tanımlanabilmesini söyleyebiliriz. Bunun haricinde programda zemin parametrelerinin, derinlikle değişmesine yönelik artış oranlarının girildiği, gelişmiş zemin parametre girişi bölümü de bulunmaktadır.

Bir önceki örneklerde izah edilen ve kazığın deplasmanını etkilemesi muhtemel en önemli sebep olarak gösterilen zemindeki örselenme durumu, diğer programlarda dikkate alınmamıştır. Ancak SAP2000 programında bütün bilgiler kullanıcının insiyatifiyle girildiğinden dolayı, kullanıcı kazık kafasına tanımladığı ilk yay değerini hesap sonucu bulduğu yay değerinden daha küçük tutarak veya kazığın ilk 20cm. ile 50cm. sinde herhangi bir yay tanımlaması yapmayarak bu sorunu aşabileceği ifade edilmişti.

Plaxis programında diğer programlarda da olduğu gibi kullanıcı, uygulamanın yapıldığı bölgeye ait zemin profiline hakim olmak zorundadır.

BÖLÜM 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda varılan sonuçları maddeler halinde sıralamak gerekirse ;

- 1- Yatay yüklü kazıklar konusu 50-55 yıl öncesine Terzaghi'nin 1955 yılında yatay yüklü kazıklar için "Winkler Zemin Modeli"ni kullanmasına kadar götürülebilse de bu konu üzerinde son 25-30 yıldır daha verimli çalışmalar yapılmıştır.
- 2- Yatay yüklü kazıkların çözümlenmesinde taşınabilecek en büyük yükü ve izin verilebilecek kazık yatay ötelenmesini esas alarak çözüm öneren yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden ikincisi yani izin verilebilecek en büyük yatay ötelenmeyi esas alan yöntemler, izin verilebilecek en büyük yatay ötelenmeye, taşınabilecek en büyük yatay yükten daha önce ulaşıldığı için daha gerçekçidir.
- 3- Sınır k_n değerleri için gevşek, orta-sıkı, sıkı kum zeminlerin örnek bir problemle (bkz. Sayfa 32-37) karşılaştırması sonucu elde edilen sonuçlar şöyledir:
 - Aynı tip kazık için değişen zemin sıklıklarında inceleme yapıldığında gevşek kum için; gerek serbest başlı gerekse de tutulu başlı durumdaki yük, moment ve kesme kuvvetleri baz alınıp 1 kabul edilirse aşağıdaki tablo elde edilebilir:

Tablo 5.1 Örnek problem için değişik zemin sıklıklarında taşınan yük, moment, kesme kuvveti'nin karşılaştırılması

ZEMİN	KAZIK BAŞININ DURUMU					
	Serbest Başlı			Tutulu Başlı		
	Qg (kN)	M _{mak} (kNm)	V _{mak} (kN)	Qg (kN)	M _{mak} (kNm)	V _{mak} (kN)
Gevşek kum	1	1	1	1	1	1
Orta-sıkı kum	2,39	1,78	2,39	2,39	1,78	2,39
Sıkı kum	3,36	2,24	3,36	3,36	2,24	3,36

- Aynı soru için bu kez sadece kazık çapı büyütüldüğünde ve yine değişen zemin sıklıkları için inceleme yapıldığında gevşek kum için; gerek serbest

başlı gerekse de tutulu başlı durumdaki yük, moment ve kesme kuvvetleri baz alıp 1 kabul edilirse aşağıdaki tablo elde edilebilir:

Tablo 5.2 İkinci örnek problem için değişik zemin sıklıklarında taşınan yük, moment, kesme kuvveti'nin karşılaştırılması

ZEMİN	KAZIK BAŞININ DURUMU					
	Serbest Başlı			Tutulu Başlı		
	Q _g (kN)	M _{mak} (kNm)	V _{mak} (kN)	Q _g (kN)	M _{mak} (kNm)	V _{mak} (kN)
Gevşek kum	1	1	1	1	1	1
Orta-sıkı kum	2,37	1,78	2,37	2,37	1,78	2,37
Sıkı kum	3,35	2,24	3,35	3,35	2,24	3,35

- Örnek problem için oluşturulan iki tablo incelendiğinde

- Her iki kazık çapı büyüklüğü ve kazık başı durumu içinde, zeminin; gevşek kum yerine orta sıkı kum olması taşınabilecek yükü yaklaşık 2,4 katına, gevşek kum yerine sıkı kum olması ise 3,4 katına çıkarmıştır.
- Kazık çapındaki %40 lık bir artışın zeminin gevşek kum yerine sıkı kum olmasına eşit bir etki yaptığı görülür.
- Kazık başının serbest başlı yerine yarı tutulu olması %45 oranında fazla bir yük taşınmasını sağlamıştır.

4- Kazıklı sistemlerin analizi için son yıllarda geliştirilmiş bilgisayar programları, kullanıcıya analiz esnasında hem kolaylık sağlamakta, hemde hassas çözümleri elde etme konusunda faydalı olmaktadır. Ancak kullanıcı, kazık analizleri sonucunda çıkan verileri yorumlayacak tecrübe ve bilgiye sahip olmalıdır. Aksi takdirde, genellikle özellikli yapılarda ihtiyaç duyulan kazıklı temellerin yanlış projelendirilmesi ve imalatı, üst yapının tahmin edilen davranışlarının dışında davranışlar göstermesine sebep olacaktır. Bu da tamir edilemez, edilse dahi büyük maddi sorunlara sebebiyet verecek sonuçlar doğurabilir.

Yapılan araştırmalar, gelişen bilgisayar teknolojisi, konunun daha iyi aydınlatılması için olanak vermesine rağmen bu konuda çalışan mühendislerin hesaplamalarda her zaman güvenli bölgede kalacak şekilde çalışmalarını son derecede önemlidir.

- 5- Mühendis bir problemi bilgisayar programı ile çözerken, seçtiği programın özellikle çözmek istediği probleme doğrudan cevap verecek bir program olmasına özen göstermelidir. Kullanıcının problemi programa kolay tanıtılması, bilgi girişi veya sonuçların incelenmesi aşamasında olması muhtemel hataları azaltmış olur.
- 6- 4. bölümde detaylı olarak ifade edildiği gibi, bir kazık hesabı yapılırken, kazığın uygulanacağı zemine ait parametrelerin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Kazığın yatay ötelenme miktarını belirleyen yatak katsayısının yanında, zeminin diğer parametrelerinin de kazığın yatay deplasmanlarını etkileyebileceği unutulmamalıdır.
- 7- Winkler yayları kullanılarak yapılan yatay yüklü kazık hesaplarında, yay katsayıları hesaplanırken, zemin üstünde kazık imalatı esnasında oluşan örselenmeler dikkate alınmalıdır. Yaptığımız çalışmada, zemin yüzeyinden 50-75 cm. lerde zeminin yatay tutuculuğunun sıfırlanması veya yatay kazık sabitinin azaltılması ile kullanıcının gerçeğe daha yakın sonuçlar bulabileceği görülmüştür.
- 8- 7. maddede ifade edilen mesele, sonlu farklar veya sonlu elemanlar yöntemleriyle çözüm yaparken de dikkate alınmalıdır. Eğer kullanıcı kullandığı programda, yapmış olduğu yüklemeye beraber kazık üst başlığı çevresinde, zeminde örselenmeler görüyorsa, imalat aşamasında oluşan ve veya sistemi zora sokmayacak başka bir örselenme durumunu göz ardı edebilir. Ancak her halükarda yukarıda da izah ettiğimiz gibi kazık projelendirmesi yapan mühendislerin, bu tür sorunlarla karşılaşmalarını için belli bir güvenlik sayısı ile çalışması gerekmektedir.

- 9- Sonlu elemanlar yöntemiyle zemin profili tanımlanarak yapılan analizde, kazık çevresindeki zemin hareketlerini daha iyi anlayabilmek amacıyla, kazık çevresindeki sonlu elemanlar ağına yeni düğüm noktaları eklenerek, analiz hassaslaştırılabilir. Bu ağın sıklığına göre kazık çevresindeki gerilme ve deplasmanlar da küçük oranlarda değişmektedir. Nitekim Plaxis programıyla sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan analizde, kazık çevresindeki sonlu eleman ağı arttırılmadan önce bulunan yatay deplasman değeri, All pile programı ile bulunan deplasman değeri ile neredeyse aynı çıkmıştır. Kazık çevresindeki sonlu eleman ağının sayısı arttırıldıktan sonra çözüm gerçeğe daha çok yaklaşmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Toğrol, E., “Kazıklı Temeller .”, s.70, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2002
- [2] Yıldırım, S., Özaydın K., “Derin temeller zemin mekaniği ve temel mühendisliği 5. Ulusal kon.”, s.234, ODTÜ , Ankara, 1994
- [3] Adachi, T., Kimura, M., and Kobayashi, H., “ Behavior of laterally loaded pile groups in dense sand.” Intl. Conf. Centrifuge 94, Singapore, p. 509-514.,1994.
- [4] Alizadeh, M., and Davisson, M. T., “ Lateral load test on piles - Arkansas RiverProject.” ASCE J. of Geotechnical Engineering, Vol 96, SM5, p. 1583-1603, 1970.
- [5] Arsoy, S., “Non-Linear prediction of pile Group Deflections under Lateral loads in sand ” University of Missouri – Rolla, p. 122, Thesis, 1996.
- [6] Arsoy, S., Prakash, S., “ Evaluating group action of piles under lateral loads in sand.” International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, İstanbul 27-31 August 2001, A.A. Balkenor Publishers, p.835-837.,2001.
- [7] Broms, B. B., “Lateral resistance of piles in cohesionless soils.” ASCE Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division Proceedings (JSMFD), 90 (SM3), p. 123- 156,1964.
- [8] Brown, D. A., Morrison, C., and Reese, L. C., “ Lateral load behaviour of pile group in sand.” ASCE Journal of Geotechnical Engineering, 114(11), 1261-1276.,1988.
- [9] Chen, L. T., Poulos, H. G., and Hull, T. S., “ Model tests on pile groups subjected to lateral soil movement.” Research Report No. R729, Univ. of Sydney, Dept. of CE., 1996
- [10] Feagin, L. B., “ Lateral pile-loading tests.” Transactions, ASCE, Vol. 102, p. 236-254, 1937.
- [11] Franke, E., " Group action between vertical piles under horizontal loads. " W.F. Van Impe, ed., A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, p. 83 - 93.,1988.
- [12] Gandhi, S. R., and Selvam, S., “Group effect on driven piles under lateral load.” ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 123 (8), p. 702-709., 1997.

- [13] Gill, H. L. and Demars, K. R., "Displacement of Laterally Loaded Structures in Nonlinearly Responsive Soil." Technical Report R-670, U.S. Naval Civil Engineering Laboratory, California.,1970.
- [14] Hansen, B., "The ultimate resistance of rigid piles against transversal forces." Bulletin No. 12, Danish Geotechnical Institute, Copenhagen.,1961.
- [15] Hetenyi, M., "Beams on Elastic Foundation", University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan, 1942.
- [16] Kagawa, T.,Kraft, L.M. " Lateral Load-Deflection Relations of Piles Subjected to Dynamic Loadings " Soils and Foundations, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering,vol 20, december 1980, p. 19-34, 1980
- [17] Kotthaus, M., Grundhoff, T., and Jessberger, H. L., " Single piles and pile rows subjected to static and dynamic lateral load." Centrifuge 94, editors: Leung, Lee and Tan, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, p. 497-502.,1994.
- [18] Lieng, J. T., "A model for group behavior of laterally loaded piles." Offshore Technology Conference, Houston, TX, p. 377-394., 1989.
- [19] Matlock, H., and Reese, L. C., "Generalized solutions for laterally loaded piles." ASCE Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, 86 (SM5), p.63- 91.,1960.
- [20] McVay, M., Casper, R., and Shang, T., "Lateral response of three-row groups in loose to dense sands at 3D and 5D pile spacing." ASCE Journal of Geotechnical Engineering, 121(5), p. 436-441.,1995
- [21] Mokwa,L.R."Investigation of the Resistance of Pile Caps to Lateral Loading" Virginia Polytechnic Institute and State University, p. 383, Thesis, 1999
- [22] Morrison, C., and Reese, L. C., "A lateral-load test of full-scale pile group in sand." GR86-1, FHWA, Washington D.C., 1986.
- [23] Poulos, H. G., and Davis, E. H., " Pile Foundation Analysis and Design ", John Wiley and Sons, New York.,1980.
- [24] Rachel, C. M., "An Investigation And Comparison Of Accepted Design Methodologies For The Analysis Of Laterally Loaded Foundations." University of New Orleans, p. 142, Thesis, 2003.
- [25] Ruesta, P. F., and Townsend, F. C., " Evaluation of laterally loaded pile group." ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 123(12), p. 1153-1174.,1997.
- [26] Terzaghi, K., " Evaluation of coefficient of subgrade reaction." Geotechnique, 5(4), p.297-326.,1955.

- [27] Sarsby, R. W., “The behavior of model pile groups subjected to lateral loads.” 38th Canadian Geotechnical Conference, Theory and Practice in FoundationEngineering, Bolton, England, 1985.
- [28] Shamsheer, P.,and Sanjeev, K. “Nonlinear Lateral pile Deflection Prediction in sands.” ASCE Journal of Geotechnical Engineering, February 1996, p 130-138.,1996.
- [29] Shibata, T., Yashima, A., and Kimura, M., “ Model tests and analyses of laterallyloaded pile groups.” Soils and Foundations, 29(1), p 31-44.,1989.
- [30] O'Neill, M. W., “Group action in offshore piles.” Proc. Specialty Conference on Geotechnical Eng. in Offshore Practice, ASCE, Houston, TX, 25-64.,1983.
- [31] Yıldırım, S., “Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı.”, s.465, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2002
- [32] Sarı, D., “Kohezyonsuz zeminlerde yatay yüklü kazıkların ve kazık gruplarının incelenmesi.”, s.32, Yüksek lisans tezi Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2005
- [33] Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş., “Egegaz A.Ş. Aliğa Terminal Tank T-103 kazık yükleme deneyi” Yatay yükleme deneyi raporu, İzmir
- [34] Birand, A., “Kazıklı Temeller”, s193-195, Teknik Yayın Evi, Ankara, 2001

EKLER

EK-1

Tp-1, Tp-2 Deney Kazıklarına Ait Sondaj Logları

Ek 1-A


TEMEL SONDAJ KUYU LOGU												Sayfa	1				
EGE TEMEL SONDAJCILIK SAN. VE TIC. LTD. STI.	Proje Adı	EGE GAZ A.Ş.			Başlangıç Tarihi				Rotary	Osman TUNCER	Yeraltı suyu ölçüm	Tarih	Derinliği	14.00 m			
	Yeni	ALIAGA			Bitiş Tarihi												
	İli	İZMİR			Makina Tipi				İmzası	Derinliği	14.00 m						
	Kodu	Z			Sondör												
	Koordinatı	X 070.625			Logu Hazırlayan	Jeo Y.M. Semih ÇAKICI			Tanımlama								
Derinliği	Y 120.3			Santive Mühendisi													
Derinliği	40.00 m			Proje Mühendisi													
Derinlik (m)	Gündüz Saat	Kuyu çapı (kesit içi dışı)	Mühafaza borusu	Sondaj suyu rengi (%)	Lügeon dereyi	Basıncısız su dereyi	Vane Dereyi	Standart Penetrasyon Dereyi	Kaya nitelikleri	Kırılma Yüzdesi (%)	ROD (%)	Çatlak Sıklığı (m)	Ayrışma derecesi	Örnek alınan seviyeler	Jeolojik Kesit	Tanımlama	
																	Darbe sayısı
02.03.2002						4.5											
3																	
4																	
5																	
6						402.0											
7																	
8																	
9																	
10																	
11						475.5											
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
(LÜGEON)		(RGD)		(W)		(M)											
<1	Geçimsiz	0-25	Cok Zayıf	W-1	Taze avrısız	<1	Masif										
1-5	Az Geçimli	25-50	Zayıf	W-2	Az avrısız	1-3	Az çatlaklı-kırıktı										
5-25	Geçimli	50-75	Orta	W-3	Orta derecede avrısız	3-10	Kırıktı										
>25	Cok Geçimli	75-100	İyi	W-4	Cok avrısız	10-20	Cok çatlaklı-kırıktı										
		90-100	Cok İyi	W-5	Tanecikli avrısız	>20	Parçalı										

EK 1-B

TEMEL SONDAJ KUYU LOGU												Sayfa 2					
EGE TEMEL SONDAJ ÇILIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	Proje Adı	EGE GAZ A.Ş.			Başlangıç Tarihi				3/11		Yeraltı suyu ölçüm						
	Yeri	ALIAGA			Bitiş Tarihi						Tarih						
	İli	İZMİR			Makina Tipi	Rotary					Denliği 14.00 m						
	Kötu	Z				Sondör	Osman TUNCER										
	Koordinatı	X				Logu Hazırlayan	Jeo.Y.M. Semih ÇAKICI										
	Y				Santive Mühendisi												
		Derinliği 40.00 m			Proje Mühendisi												
Derinlik (m)	İlerleme (m)	Su seviyesi	Mühafaza borusu	Sondaj suyu rengi (%)	Lugeon deneyi	Basıncısız su deneyi	Vane Deneyi	Standart Penetrasyon Deneyi	Kaya ntelikden	Karot Yüzdesi (%)	RQD (%)	Çatlak Sıklığı (/ m)	Ayrışma derecesi	Ornek alınan seviyeler	Jeoolojik Kesit	Tanımlama	
																	Basınc. (kg/cm ²)
22	05.05.2002									86						TUF	Aşırı çatlaklı, sarımsı renkli
24										90						TUF	Az çatlaklı, sarımsı renkli
26	06.05.2002									80	15					TUF	Az çatlaklı, sarımsı renkli
28										75	7					TUF	Çatlaklı, çatlak araları oksitli
30	07.05.2002									100	14					TUF	Çatlaklı, çatlak araları oksitli
32										85						TUF	Sarımsı renkli
34										100	11					TUF	Çatlaklı, çatlak araları oksitli
36	08.05.2002									100	22					TUF	Gri renkli, iri kristalli,
38										100	15					TUF	az killeşmiş
40										80	38					TUF	
										85	11					TUF	
										85	13					TUF	Sarımsı kahverengi
										90	36					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	
										100	22					TUF	
										100	28					TUF	
										100	15					TUF	


EK 1-C

P.01

ISVEREN CLIENT EGEGAZ A.S.		 ZETAS ZEMİN TEKNOLOJİSİ A.Ş.		SONDAJ BOREHOLE		SK 3/12											
SAYFA/PAGES : 1 / 2				SONDAJ LOGU / BOREHOLE LOG		SONDOR DRILLER											
PROJE ADI/PROJECT NAME :																	
SONDAJ YERİ/BORING LOCATION : ALIAGA																	
KİLOMETRE/KILOMETER :				MUH. BOR. DER./CASING DEPTH (m) :													
SONDAJ DERİNLİĞİ/BOREHOLE DEPTH (m) : 30.00				BAŞ. BIT. TARİHİ/START-FINISH DATE :													
SONDAJ KOTU/BOREHOLE ELEVATION (m) : 5.66				KOORDİNAT/COORDINATE (N-S) :													
YERALTI SUYU/GROUNDWATER (m) : 12.00				KOORDİNAT/COORDINATE (E-W) :													
Sonda Derinliği Boring Depth (m)	Nümunne Cinsi Sample Type	Manevra Boyu Run (m)	Standart Penetrasyon Deneyi Standard Penetration Test					JEOTEKNİK TANIMLAMA GEOTECHNICAL DESCRIPTION	Profil / Profile	Dayanıklılık / Strength	Ayrışma / Weathering	Kırık %30 / Fracture %30	Karat % / Core Recovery	ROD. %			
			DARBE SAYISI No. of BLOWS			GRAFIK GRAPH											
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	10	20	30	40	50						
1																	
2																	
3																	
4																	
5	SPT1	4.50	6	4	5	9											
6		4.95															
7																	
8																	
9	SPT2	9.00	4	6	5	11											
10		9.45															
11	SPT3	10.50	2	3	3	6											
12		10.95															
13	SPT4	12.00	9	13	18	31											
14	SPT5	12.50	6	30	40	70											
15		12.95															
16	KAROT1	12.65														12	12
17																	
18	KAROT2	15.00														92	35
DOLGU Beton, tuğla parçaları, kilitli, andezit ve bazalt blokları içermektedir. 4.5-5.0 m arası kum ve çakıl boyutlu malzeme gozlenmiştir.																	
KUM Kahve-yeşil renkli, gevsek-orta sıklıkta, pek az ince çakıl içerikli, ince taneli kum.																	
TUF-KİL Kahve-yeşil renkli, çok ayrılmış, zayıf dayanımlıdır. 17.1-17.4 m'ler arası orta katı kıvamında kil bantı gözlenmiştir.																	
ISI / JOB	UNVANI/TITLE	ADI-SOYADI NAME-SURNAME					İMZA SIGNATURE		TARİH DATE								
YAPAN LOGGED BY	SONDAJ MUHENDİSİ DRILLING ENGINEER	E.GONCER															
KONTROL CHECKED BY	SONDAJ SEFİ DRILLING CHIEF	M.EKİM															

ZETAS? EGEGAZ GP? ZETAS GDT

EK 1-D

ISVEREN CLIENT EGEGAZ A.S.		 ZETAS ZEMİN TEKNOLOJİSİ A.Ş.		SONDAJ BOREHOLE		SK 3/12										
SAYFA/PAGES : 2 / 2		SONDAJ LOGU / BOREHOLE LOG				SONDÖR DRILLER										
PROJE ADI/PROJECT NAME :																
SONDAJ YERİ/BORING LOCATION : ALIAGA																
KİLOMETRE/KILOMETER :				MUH. BÖR. DER./CASING DEPTH (m) :												
SONDAJ DERİNLİĞİ/BOREHOLE DEPTH (m) : 30.00				BAS. BIT. TARİHİ/START-FINISH DATE :												
SONDAJ KOTU/BOREHOLE ELEVATION (m) : 5.65				KOORDİNAT/COORDINATE (N-S) y :												
YERALTI SUYU/GROUNDWATER (m) : 12.00				KOORDİNAT/COORDINATE (E-W) x :												
Sonda Derinliği / Boring Depth (m)	Numune Cinsi / Sample Type	Manevra Boyu / Run (m)	Standart Penetrasyon Deneyi / Standard Penetration Test					JEOTEKNİK TANIMLAMA / GEOTECHNICAL DESCRIPTION	Profil / Profile	Dayanım / Strength	Ayrışma / Weathering	Kırık % / Fracture % 30	Koruma % / Core Recovery	RCD %		
			DARBE SAYISI / No. of BLOWS			GRAFIK / GRAPH										
			0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N	10	20	30	40	50					
17	KAROT3	18.50														
18		18.00														
19	KAROT4															
20	KAROT5	19.50														
21		21.00														
22	KAROT6															
23		22.50														
24	KAROT7															
25		24.00														
26	KAROT8															
27		25.50														
28	KAROT9															
29		27.00														
30	KAROT10															
		28.50														
	KAROT11															
		30.00														
				KUYU SONU/BOREHOLE DEPTH (m) : 30.00												
ISI / JOB		UNVANI/TITLE		ADI-SOYADI NAME-SURNAME		İMZA SIGNATURE		TARİH DATE								
YAPAN LOGGED BY		SONDAJ MUHENDİSİ DRILLING ENGINEER		E.GONCER												
KONTROL CHECKED BY		SONDAJ SEFİ DRILLING CHIEF		M.EKİM												

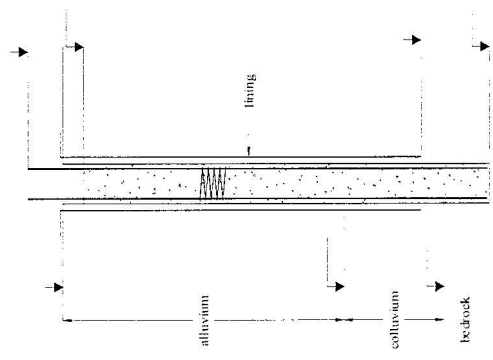
ZETAS, EGEGAZ ŞİŞ. ZETAS ÇİT.

TOTAL P.02

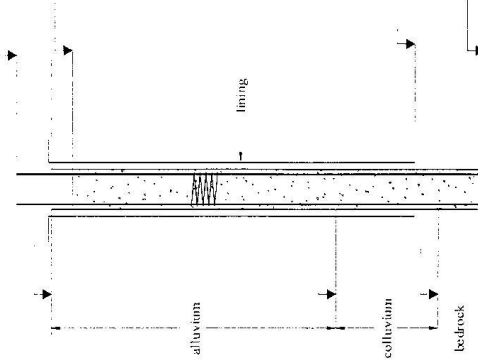
EK-2

Test Ve Reaksiyon Kazıkları İle İlgili İmalat Raporları,

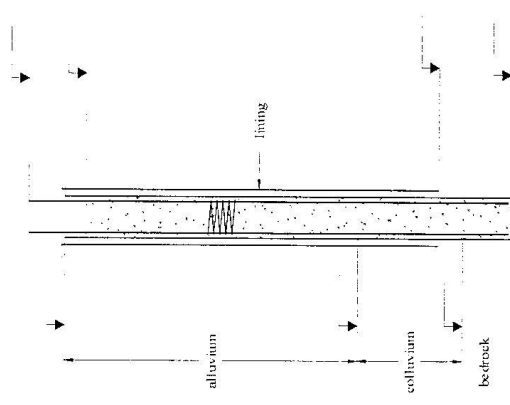
EGEGAZ A.Ş. ALIĞA TERMİNALI PROJECT T-103 φ 1200 mm DIA. BORED PILE REPORT - BP 01		ZETAS ZEMİN TEKNOLOJİSİ A.Ş.	
1	Kazık No./Pile no.	TP 1	
2	Delgi Çapı/Dia.	1200	
3	Delgi Başlangıç (tarih/saat)/Boring start (date/time)	13:00	Lining top Level 6.25 Working Platform Level 5.65
4	Delgi Bitiş (tarih/saat)/Boring finish (date/time)	15:00	Drilling Length from The Lining Top Level 17.50 Tuff level from The Lining Top Level 12.20
5	Delgi Derinliği/Boring depth	16.90	Pile Toe Level -11.25
6	Muhafaza Borusu Derinliği/Lining length	13.30	Drilling Length from The Working Platform 16.90
7	Tüfte (ayrışmış) Delgi Boyu /Penetration into Tuff	5:30	Reinforcement Top Level 6.25 Reinforcement Length 17.4 Vertical Length 22 ad. φ 32 Tuff Level -5.95 Penetration into Tuff 5:30
8	Bentonit Kullanımı/Support fluid used		Working Platform Level 5.65
9	Donatı/Reinforcement		Some levels of tuff formation can not be penetrated by bucket
10	Yerleştirme tarihi/Installation date		Drilling continued with core barrel and auger
11	Ağırlık/Uzunluk /Weight/length	/ - 17.40	
12	Seviye (üst/alt)/Level (top/bottom)	+ 6.25 / - 11.15	
13	Tremie		
14	No./Ad.	8	
15	Uzunluk /Length	20.00	
16	Beton/Concrete		
17	Beton döküm tarihi/Date of concreting	17:00	
18	Teorik hacim /Theoretical volume	19.0	
19	Dökülen hacim/Factual volume	22.25	
20	Numuneler/Samples		
		YÜKLENİCİ/SUB-CONTRACTOR	MAIN CONTRACTOR
		CONTRACT ADMINISTRATOR	

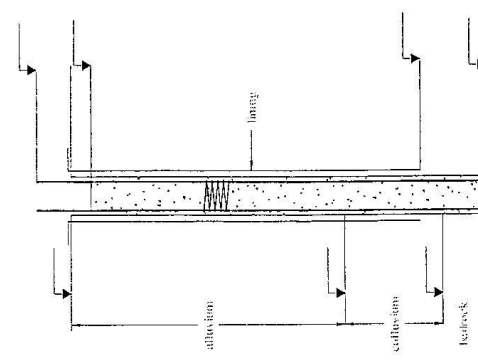


EGEGAZ A.Ş. ALIĞA TERMINALI PROJECT T-103 φ 1200 mm DIA. BORED PILE REPORT - BP 01		ZETA S ZEMİN TEKNOLOJİSİ A.Ş.	
1	Kazık No./Pile no.	TP 2	
2	Delgi Çapı/Dia. mm	1200	
3	Delgi Başlangıç (tarih/saat)/Boring start (date/time)	09:00	Lining top Level 5.95 Working Platform Level 5.35
4	Delgi Bitiş (tarih/saat)/Boring finish (date/time)	17:30	Drilling Length from The Lining Top Level 21.25 Tuff level from The Lining Top Level 16.10
5	Delgi Derinliği/Boring depth m	20.65	Pile Toe Level -15.30
6	length m	18.00	Drilling Length from The Working Platform 20.65
7	Tüfte (ayrışmış) Delgi Boyu /Penetration into Tuff m	5.15	Reinforcement Top Level 5.95 Reinforcement Length 22.4 Vertical Length 22 ad. φ 32
8	Bentonit Kullanımı/Support fluid used	-	Tuff Level -10.15 Penetration into Tuff 5.15 Working Platform Level 5.35
9	Donatı/Reinforcement		
9	Yerleştirme tarihi/Installation date		
10	Ağırlık/Uzunluk /Weight/length kg / m	/ 22.40	
11	Sewiye (üst/alt)/Level (top/bottom)	+ 5.35 / - 15.30	
12	Trenite		
12	No./Ad.		
13	Beton/Concrete		
13	Uzunluk /Length m		
14	Beton döküm tarihi/Date of concreting	20.20	Some levels of tuff formation can not be penetrated by bucket
15	Teorik hacim /Theoretical volume m3	23.3	Drilling continued with core barrel and auger
16	Dökülen hacim/Factual volume m3	32.00	
17	Nümuneler/Samples		
		YÜKLENİCİ/SUB-CONTRACTOR	MAIN CONTRACTOR
		CONTRACT ADMINISTRATOR	



EGEGAZ A.Ş. ALIĞA TERMİNALİ PROJECT T-103 φ 1200 mm DIA. BORED PILE REPORT - BP 01		ZETAS ZEMİN TEKNOLOJİSİ A.Ş.	
1	Kazık No./Pile no.	TP 3	
2	Delgi Çapı/Dia. mm	1200	
3	Delgi Başlangıç (tarih/saat)/Boring start (date/time)	18:00	
4	Delgi Bitiş (tarih/saat)/Boring finish (date/time)	17:00	
5	Delgi Derinliği/Boring depth m	20.35	
6	Muhafaza Borusu Derinliği/Lining length m	16.00	
7	Tüfte (ayrışmış) Delgi Boyu /Penetration into Tuff m	5.00	
8	Bentonit Kullanımı/Support fluid used	-	
9	Donatı/Reinforcement Yerleşirme tarihi/Installation date		
10	Ağırlık/Uzunluk /Weight/length kg / m	20.25 / 14.55	
11	Sewiye (üst/alt)/Level (top/bottom)	+ 5.80 / - 14.55	
12	Trenite No./Ad.		
13	Uzunluk /Length m		
14	Beton/Concrete Beton döküm tarihi/Date of concreting	19:35	
15	Teorik hacim /Theoretical volume m ³	23.0	
16	Dökülen hacim/Factual volume m ³	26.00	
17	Numuneler/Samples		
<p>Notes:</p> <p>Lining top Level 6.4 Working Platform Level 5.8</p> <p>Drilling Length from The Lining Top Level 20.95 Tuff level from The Lining Top Level 16.10</p> <p>Pile Toe Level -14.55</p> <p>Drilling Length from The Working Platform 20.35</p> <p>Reinforcement Top Level 6.4 Reinforcement Length 20.25 Vertical Length 22 ad. φ 32</p> <p>Tuff Level -9.70 Penetration into Tuff 4.85</p> <p>Working Platform Level 5.80</p> <p>Some levels of tuff formation can not be penetrated by bucket</p> <p>Drilling continued with core barrel and auger</p>			
		<p>YÜKLENİCİ/SUB-CONTRACTOR</p>	
		<p>MAIN CONTRACTOR</p>	
		<p>CONTRACT ADMINISTRATOR</p>	

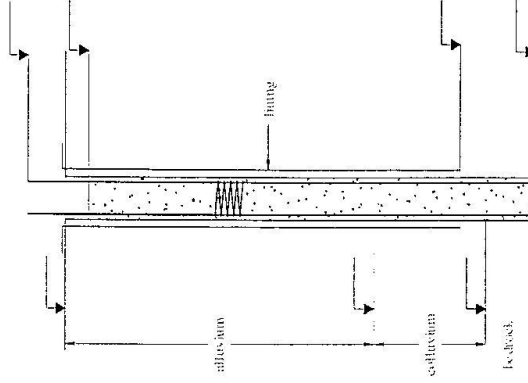
EGEGAZ A.Ş. ALIĞA TERMINALI PROJECT T-103		ZETAS ZEMİN TEKNOLOJİSİ A.Ş.	
φ 1200 mm DIA. BORED PILE REPORT - BP 01			
1	Kazık No./Pile no.	TP-4	
2	Deği Çapı/Dia. mm	1200	
3	Deği Başlangıç (tarih/saat)/Boring start. (date/time)		09:48
4	Deği Bitiş (tarih/saat)/Boring finish (date/time)		12:15
5	Deği Derinliği/Boring depth. m		14.10
6	Muhafaza Borusu Derinliği/Lining length. m		13.30
7	Tüfte (ayrışmış) Deği Boyu /Penetration into Tuff. m		4.50
8	Bentonit Kullanımı/Support fluid used		
9	Donatı/Reinforcement Yerleşime tarihi/Installation date		
10	Ağırlık/Uzunluk /Weight/length		/ 14.00
11	Seviye (üst/alt)/Level (top/bottom)		+ 6.85 / - 07.15
12	Trennie No./Ad.		
13	Beton/Concrete Uzunluk /Length. m		
14	Beton döküm tarihi/Date of concreting		15:50
15	Teorik hacim /Theoretical volume m ³		15.6
16	Dökülen hacim/Factual volume m ³		18.50
17	Numuneler/Samples		
Notes :		 <p>Lining top Level 6.85 Working Platform Level 6.25 Drilling Length from The Lining Top Level 14.70 Tuff level from The Lining Top Level 10.20 Pile Toe Level -7.85 Drilling Length from The Working Platform 14.10 Reinforcement Top Level 6.85 Reinforcement Length 14 Vertical Length 22 ad. φ 32 Tuff Level -3.35 Penetration into Tuff 4.50 Working Platform Level 6.25 Tuff yellow coloured, partly hard layer Some levels of tuff formation can not be penetrated by bucket Drilling continued with core barrel and auger</p>	
YÜKLENİCİ/SUB-CONTRACTOR		MAIN CONTRACTOR	
YÜKLENİCİ/SUB-CONTRACTOR		CONTRACT ADMINISTRATOR	

EGEGAZ A.Ş. ALIĞA TER. STATİK KAZIK YÜK. VE ARAZİ TESTLERİ		ZETAŞ ZEMİN TEKNOLOJİSİ A.Ş.	
φ 650 mm ÇAPLI FORE KAZIK İMALAT RAPORU - BP 01			
1	Kazık No.	TP 1 / 4	
2	Delgi Çapı	mm	650
3	Delgi Başlangıç (tarih/saat)		18:30
4	Delgi Bitiş (tarih/saat)		09:30
5	Delgi Derinliği	m	18,80
6	Muhafaza Borusu Derinliği	m	13,50
7	Tüfte (ayrışmış) Delgi Boyu	m	6,80
8	Bentonit Kullanımı		
9	Donatı		
9	Yerleştirme tarihi		
10	Ağırlık/Uzunluk	kg / m	/ - 19,40
11	Seviye (üst/alt)		+ 6,65 / - 12,75
	Tremie		
12	No.	Ad.	8
13	Uzunluk	m	20,00
	Beton		
14	Beton döküm tarihi		11:30
15	Teorik hacim	m ³	6,2
16	Dökülen hacim	m ³	8,50
17	Numuneler		
<p>Notlar:</p> <p>Muh. Borusu üst kotu : 6,65 Çalışma Platformu kotu : 5,65 Muh. Üst kotundan delgi derinliği : 19,80 Muh. den tüf (ayrışmış) derinliği : 13,00</p> <p>Kazık uç kotu : -13,15 Çalışma Platformundan delgi derinliği : 18,8 Donatı kafesi üst kotu : 6,65</p> <p>Donatı kafesi boyu : 19,4 Boyuna donatı : 12 ad. φ 32 Tüf kotu : -6,35 Tüfte yapılan delgi boyu : 6,8</p> <p>Çalışma platformu kotu + 5.65 alınmıştır.</p> <p>2-3 m. den sonra mevcut taşı doğru nedeniyle delgi uzun sürücü ve muh. Borusu indirmek sıkıntılı oldu. Tüfte bazı derinliklerde bucketle ilerlemek mümkün olmadı. Karotiyer ve auger kullanarak delgi devam ettirildi.</p>			
			
		<p>İŞVEREN</p>	
		<p>KONTROL</p>	
		<p>YÜKLENİCİ</p>	

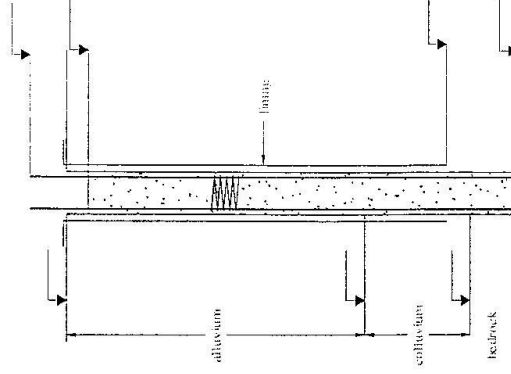
EGEGAZ A.Ş. ALIĞA TER. STATİK KAZIK YÜK. VE ARAZİ TESTLERİ		ZETAŞ ZEMİN TEKNOLOJİSİ A.Ş.	
φ 650 mm ÇAPLI FORE KAZIK İMALAT RAPORU - BP 01			
1	Kazık No.	TP 2 / 2	
2	Delgi Çapı	650	
3	Delgi Başlangıç (tarih/saat)	16:00	
4	Delgi Bitiş (tarih/saat)	10:15	
5	Delgi Derinliği	22,30	
6	Muhafaza Borusu Derinliği	16,50	
7	Tüfte (ayrışmış) Delgi Boyu	6,8	
8	Bentonit Kullanımı	-	
9	Donatı		
9	Yerleştirme tarihi		
10	Ağırlık/Uzunluk	kg / m	/ 22,40
11	Seviye (üst/alt)		+ 6.35 / - 16.05
	Tremie		
12	No.	Ad.	10
13	Uzunluk	m	23,00
	Beton		
14	Beton döküm tarihi		12:15
15	Teorik hacim	m ³	7,4
16	Dökülen hacim	m ³	13,00
17	Numuneler		
		<p>Notlar: Muh. Borusu üst kotu : + 6.35 Çalışma Platformu kotu : + 5.35 Muh. Üst kotundan delgi derinliği : 23.30 m. Muh.'dan tüf (ayrışmış) derinliği : 16.50 m. Kazık uç kotu : - 16.95 Çalışma Platformundan delgi derinliği : 22.30 m. Donatı kafesi üst kotu : + 6.35 Donatı kafesi boyu : 22.40 m. Boyuna donatı : 12 ad. φ 32 Tüf kotu : - 10.15 Tüfte yapılan delgi boyu : 6.80 m.</p> <p>Çalışma platformu kotu + 5.35 alınmıştır.</p> <p>2-3 m. den sonra mevcut taşlı dolgu nedeniyle delgi uzun sürdü ve muh. Borusu indirmek sıkıntılı oldu. Tüfte bazı derinliklerde buckette ilerlemek mümkün olmadı. Karotiyer ve auger kullanarak delgi devam ettirildi.</p> <p>Taşlı bölgelerdeki yıkıntı ve genişlemeler nedeniyle 11. m³ istenen beton yetmedi ve ilave 2 m³ daha beton istendi.</p>	
		<p>YÜKLENİCİ</p>	
		<p>KONTROL</p>	
		<p>İŞVEREN</p>	

EGEGAZ A.Ş. ALIĞA TER. STATİK KAZIK YÜK. VE ARAZİ TESTLERİ			
φ 650 mm ÇAPLI FORE KAZIK İMALAT RAPORU - BP 01			
1	Kazık No.	TP 2 / 3	
2	Delgi Çapı	mm	650
3	Delgi Başlangıç (tarih/saat)		15:00
4	Delgi Bitiş (tarih/saat)		10:45
5	Delgi Derinliği	m	21,90
6	Muhafaza Bonusu Derinliği	m	16,50
7	Tüfte (ayrışmış) Delgi Boyu	m	6,4
8	Bentonit Kullanımı		-
9	Donatı		
9	Yerleştirme tarihi		
10	Ağırlık/Uzunluk	kg / m	/ 22,40
11	Seviye (üst/alt)		+ 6.35 / - 16.05
	Tremie		
12	No.	Ad.	10
13	Uzunluk	m	23,00
	Beton		
14	Beton döküm tarihi		13:15
15	Teorik hacim	m ³	7,3
16	Dökülen hacim	m ³	11,00
17	Numuneler		
<p>Notlar: Muh. Borusu Üst Kotu : + 6.35 Çalışma Platformu kotu : + 5.35 Muh. Üst kotundan delgi derinliği : 22.90 m. Muh.'dan tüf (ayrışmış) derinliği : 16.50 m.</p> <p>Kazık uç kotu : - 16.55 Çalışma Platformundan delgi derinliği : 21.90 m. Donatı kafesi üst kotu : + 6.35 Donatı kafesi boyu : 22.40 m. Boyuna donatı : 12 ad. φ 32 Tüf kotu : - 10.15 Tüfte yapılan delgi boyu : 6.40 m.</p> <p>Çalışma platformu kotu + 5.35 alınmıştır.</p> <p>2-3 m. den sonra mevcut taşı dolgu nedeniyle delgi uzun sürdü ve muh. Borusu indirmek sıkıntılı oldu. Tüfte bazı derinliklerde bucketle ilerlemek mümkün olmadı. Karotiyer ve auger kullanarak delgi devam ettirildi.</p>			
YÜKLENİCİ		KONTROL	
İŞVEREN			

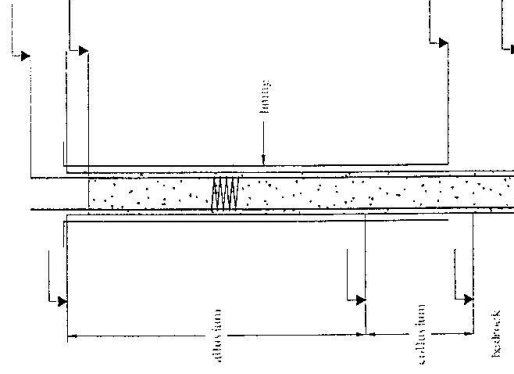
EGEGAZ A.Ş. ALIĞA TER. STATİK KAZIK YÜK. VE ARAZİ TESTLERİ			ZETAŞ ZEMİN TEKNOLOJİSİ A.Ş.	
φ 650 mm ÇAPLI FORE KAZIK İMALAT RAPORU - BP 01				
1	Kazık No.	TP 2 / 4	Notlar: Muh. Borusu üst kotu : + 6.35	
2	Delgi Çapı	650 mm	Çalışma Platformu kotu : + 5.35	
3	Delgi Başlangıç (tarih/saat)	18:30	Muh. Üst kotundan delgi derinliği : 23.20 m.	
4	Delgi Bitiş (tarih/saat)	10:30	Muh. dan tuf (ayrışmış) derinliği : 17.00 m.	
5	Delgi Derinliği	22,20 m	Kazık uç kotu : - 16.85	
6	Muhafaza Borusu Derinliği	16,50 m	Çalışma Platformundan delgi derinliği : 22.20 m.	
7	Tüfte (ayrışmış) Delgi Boyu	6,2 m	Donatı kafesi üst kotu : + 6.35	
8	Bentonit Kullanımı	-	Donatı kafesi boyu : 22.40 m.	
9	Donatı		Boyuna donatı : 16 ad. φ 32	
10	Yerleştirme tarihi		Tuf kotu : - 10.65	
11	Ağırlık/Uzunluk	kg / m	Tüfte yapılan delgi boyu : 6.20 m.	
12	Seviye (Üst/alt)	+ 6.35 / - 16.05		
13	Tremie			
14	No.	Ad.	Çalışma platformu kotu + 5.35 alınmıştır.	
15	Uzunluk	m	2-3 m. den sonra mevcut taşlı dolgu nedeniyle delgi uzun sürdü ve muh. Borusu indirmek sıkıntılı oldu.	
16	Beton		Tüfte bazı derinliklerde bucketle ilerlemek mümkün olmadı. Karotiyer ve auger kullanılarak delgi devam etti	
17	Beton döküm tarihi	13:00		
	Teorik hacim	m3		
	Dökülen hacim	m3		
	Numuneler			
			İŞVEREN	
			KONTROL	
			YÜKLENİCİ	



EGEGAZ A.Ş. ALIĞA TER. STATİK KAZIK YÜK. VE ARAZİ TESTLERİ		ZETAŞ ZEMİN TEKNOLOJİSİ A.Ş.	
φ 650 mm ÇAPLI FORE KAZIK İMALAT RAPORU - BP 01			
1	Kazık No.	TP 1 / 1	
2	Delgi Çapı	mm	650
3	Delgi Başlangıç (tarih/saat)		17:30
4	Delgi Bitiş (tarih/saat)		10:30
5	Delgi Derinliği	m	19,05
6	Muhafaza Borusu Derinliği	m	13,50
7	Tüfte (ayrışmış) Delgi Boyu	m	7,05
8	Bertonit Kullanımı		-
Notlar:			
Muh. Borusu üst kotu : 6,65 Çalışma Platformu kotu : 5,65 Muh. Üst kotundan delgi derinliği : 20,05 Muh.'dan tüf (ayrışmış) derinliği : 13,00			
Kazık uç kotu : -13,40 Çalışma Platformundan delgi derinliği : 19,05 Donatı kafesi üst kotu : 6,65			
Donatı kafesi boyu : 19,4 Boyuna donatı : 12 ad. φ 32 Tüf kotu : -6,35 Tüfte yapılan delgi boyu : 7,05			
Çalışma platformu kotu + 5.65 alınmıştır.			
2-3 m. den sonra mevcut taşlı dolgu nedeniyle delgi uzun sürdü ve muh. Borusu indirmek sıkıntılı oldu. Tüfte bazı derinliklerde bucketle ilerlemek mümkün olmadı. Karotiyer ve auger kullanarak delgi devam ettirildi.			
9	Yerleşime tarihi		
10	Ağırlık/Uzunluk	kg / m	/ - 19,40
11	Seviye (üst/at)		+ 6.65 / - 12.90
Tremie			
12	No.	Ad.	8
13	Uzunluk	m	20,00
Beton			
14	Beton döküm tarihi		13:10
15	Teorik hacim	m ³	6,3
16	Dökülen hacim	m ³	9,50
17	Numuneler		
YÜKLENİCİ		KONTROL	
İŞVEREN			



EGEGAZ A.Ş. ALIĞA TER. STATİK KAZIK YÜK. VE ARAZİ TESTLERİ		ZETAŞ ZEMİN TEKNOLOJİSİ A.Ş.	
φ 650 mm ÇAPLI FORE KAZIK İMALAT RAPORU - BP 01			
1	Kazık No.	TP 1 / 2	
2	Delgi Çapı	650	
3	Delgi Başlangıç (tarih/saat)	12:15	
4	Delgi Bitiş (tarih/saat)	15:15	
5	Delgi Derinliği	m 19,10	
6	Muhafaza Borusu Derinliği	m 13,50	
7	Tüfte (ayrışmış) Delgi Boyu	m 7,10	
8	Bentonit Kullanımı	-	
Notlar:			
Muh. Borusu üst kotu : 6,65			
Çalışma Platformu kotu : 5,65			
Muh. Üst kotundan delgi derinliği : 20,10			
Muh. dan tüf (ayrışmış) derinliği : 13,00			
Kazık uç kotu : -13,45			
Çalışma Platformundan delgi derinliği : 19,1			
Donatı kafesi üst kotu : 6,65			
Donatı kafesi boyu : 19,4			
Boyuna donatı : 12 ad. φ 32			
Tür kotu : -6,35			
Tüfte yapılan delgi boyu : 7,1			
Çalışma platformu kotu + 5.65 alınmıştır.			
2-3 m. den sonra mevcut taşı delgi nedeniyle delgi uzun			
stüdü ve muh. Borusu indirmek sıkıntılı oldu.			
Tüfte bazı derinliklerde bucketle ilerlemek mümkün			
olmadı. Karotiyer ve auger kullanarak delgi devam ettirildi.			
9	Yerleştirme tarihi		
10	Ağırlık/Uzunluk	kg / m	/ - 19,40
11	Seviye (üst/alt)		+ 6.65 / - 12.75
Tremie			
12	No.	Ad.	8
13	Uzunluk	m	20,00
Beton			
14	Beton döküm tarihi		16:30
15	Teorik hacim	m3	6,3
16	Dökülen hacim	m3	8,50
17	Numuneler		
		YÜKLENİCİ	
		KONTROL	
		İŞVEREN	



EK-3

Kazık Yatay Yükleme Deneyine Ait Yükleme Deplasman Eğrileri

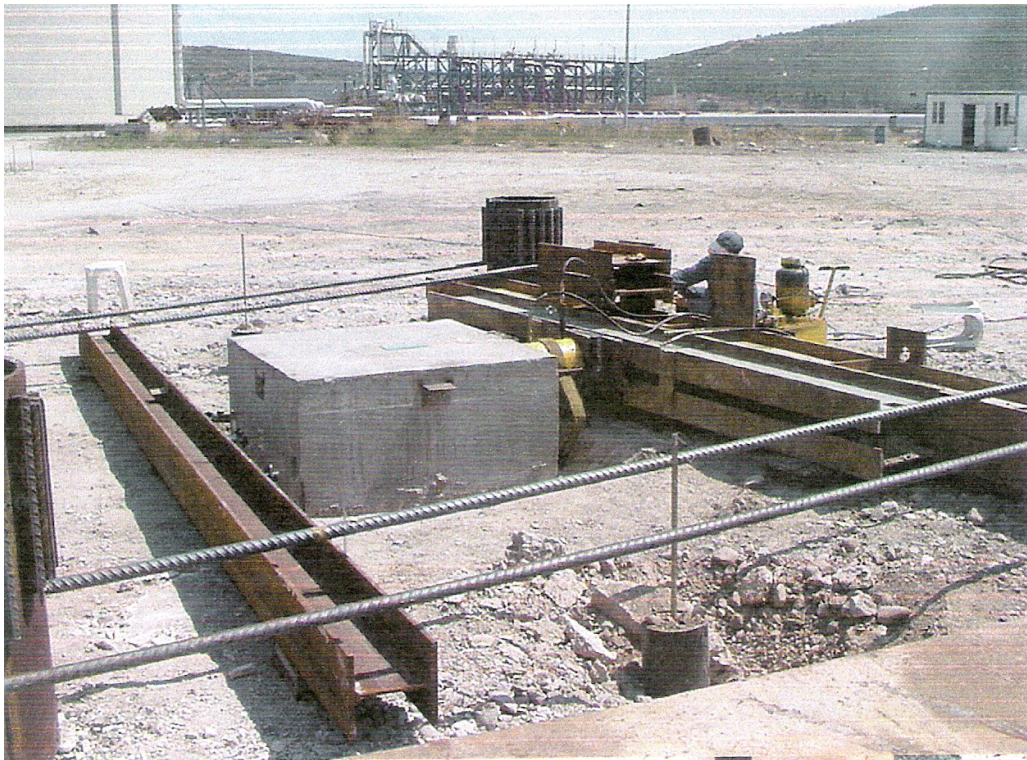
EK 3-A

ZETAS ZEMİN İNCELEMELERİ A.Ş.		EGE-GAZ A.Ş. - ALIĞA TESİSLERİ/PLANT							Tarih/Date				
Yer/Location EGE GAZ T103		YATAY YÜKLEME DENEYİ/LATERAL LOAD TEST							İşveren/Employer				
Süre/Duration 5:00 Sa./Ho.		Kazık/Pile no.	TP2				Mühendis/Engineer		D.KOÇAK				
Yük/Load 80 ton		Kotu/Level	+5.35				Yüklenici/Contractor		ZETAŞ				
zaman/time			yük/load		dial-gauge okumaları/readings					toplam deplasman/ total displacement, mm	depl.hız/di spl.rate, mm/hr	diğer/other	
gerçek/re al	test	kademe/ stage	ton	kg/cm ²	1	2	3	4	ortalama/ average			1	2
13:50	00:00	00:00	0	0	0	0	0		0.00			25.00	
13:50	00:00	00:00	10	32.28	0.14	0.14	0.11		0.13			25.00	
13:55	00:05	00:05	10		0.17	0.17	0.14		0.16			25.00	
14:05	00:15	00:10	10		0.22	0.19	0.15		0.19			25.00	
14:10	00:20	00:20	10		0.21	0.18	0.15		0.18			25.00	
14:10	00:20	00:00	20	64.56	0.46	0.43	0.38		0.42			25.00	
14:15	00:25	00:05	20		0.51	0.48	0.43		0.47			25.00	
14:20	00:30	00:10	20		0.52	0.48	0.43		0.48			25.00	
14:30	00:40	00:20	20		0.53	0.49	0.43		0.48			25.00	
14:30	00:40	00:00	30	92.36	1.02	0.98	0.89		0.96			25.00	
14:35	00:45	00:05	30		1.1	1.05	0.94		1.03			25.00	
14:40	00:50	00:10	30		1.12	1.08	0.97		1.06			25.00	
14:50	01:00	00:20	30		1.15	1.09	0.99		1.08			24.98	
14:50	01:00	00:00	40	123.15	1.55	1.48	1.34		1.46			24.98	
14:55	01:05	00:05	40		1.61	1.54	1.4		1.52			24.99	
15:00	01:10	00:10	40		1.61	1.54	1.4		1.52			25.00	
15:10	01:20	00:20	40		1.62	1.55	1.42		1.53			25.02	
15:10	01:20	00:00	50	148.81	2.04	1.96	1.78		1.93			25.02	
15:15	01:25	00:05	50		2.1	2.01	1.84		1.98			25.02	
15:20	01:30	00:10	50		2.14	2.05	1.86		2.02			25.02	
15:30	01:40	00:20	50		2.16	2.07	1.9		2.04			25.02	
15:30	01:40	00:00	60	176.84	2.55	2.45	2.24		2.41			25.02	
15:35	01:45	00:05	60		2.66	2.55	2.32		2.51			25.02	
15:40	01:50	00:10	60		2.69	2.57	2.34		2.53			25.02	
15:50	02:00	00:20	60		2.71	2.6	2.47		2.59			25.04	
15:50	02:00	00:00	68	200	3.03	2.91	2.67		2.87			25.04	
15:55	02:05	00:05	68		3.14	3.01	2.75		2.97			25.05	
16:00	02:10	00:10	68		3.16	3.03	2.78		2.99			25.06	
16:10	02:20	00:20	68		3.19	3.05	2.8		3.01			25.07	
16:10	02:20	00:00	72	212	3.38	3.25	2.99		3.21			25.08	
16:15	02:25	00:05	72		3.49	3.33	3.06		3.29			25.07	
16:20	02:30	00:10	72		3.5	3.35	3.07		3.31			25.08	
16:30	02:40	00:20	72		3.54	3.37	3.1		3.34			25.08	
16:30	02:40	00:00	76	224.27	3.73	3.58	3.29		3.53			25.08	
16:35	02:45	00:05	76		3.82	3.65	3.36		3.61			25.09	
16:40	02:50	00:10	76		3.84	3.67	3.37		3.63			25.09	
16:50	03:00	00:20	76		3.85	3.68	3.39		3.64			25.10	
16:50	03:00	00:00	80	236.07	4.04	3.85	3.56		3.82			25.10	
16:55	03:05	00:05	80		4.11	3.94	3.62		3.89			25.10	
17:05	03:15	00:15	80		4.14	3.98	3.67		3.93			25.11	
17:15	03:25	00:25	80		4.24	4.11	3.78		4.04			25.17	
17:35	03:45	00:45	80		4.32	4.19	3.81		4.11			25.22	
17:50	04:00	01:00	80		4.48	4.31	3.96		4.25			25.23	
17:50	04:00	00:00	60	176.84	4.33	4.16	3.84		4.11			25.23	
17:55	04:05	00:05	60		4.32	4.16	3.82		4.10			25.23	
18:00	04:10	00:10	60		4.32	4.16	3.82		4.10			25.25	
18:00	04:10	00:00	40	123.15	3.88	3.74	3.46		3.69			25.23	
18:05	04:15	00:05	40		3.86	3.72	3.44		3.67			25.21	
18:10	04:20	00:10	40		3.86	3.71	3.43		3.67			25.21	
18:10	04:20	00:00	20	64.56	3.16	3.01	2.76		2.98			25.20	
18:15	04:25	00:05	20		3.11	2.98	2.74		2.94			25.20	
18:20	04:30	00:10	20		3.1	2.96	2.72		2.93			25.20	
18:20	04:30	00:00	0	0	2.6	1.5	1.4		1.83			25.20	
18:35	04:45	00:15	0	0	2.3	1.26	1.14		1.57			25.20	
18:50	05:00	00:30	0	0	2.27	1.22	1.1		1.53			25.20	

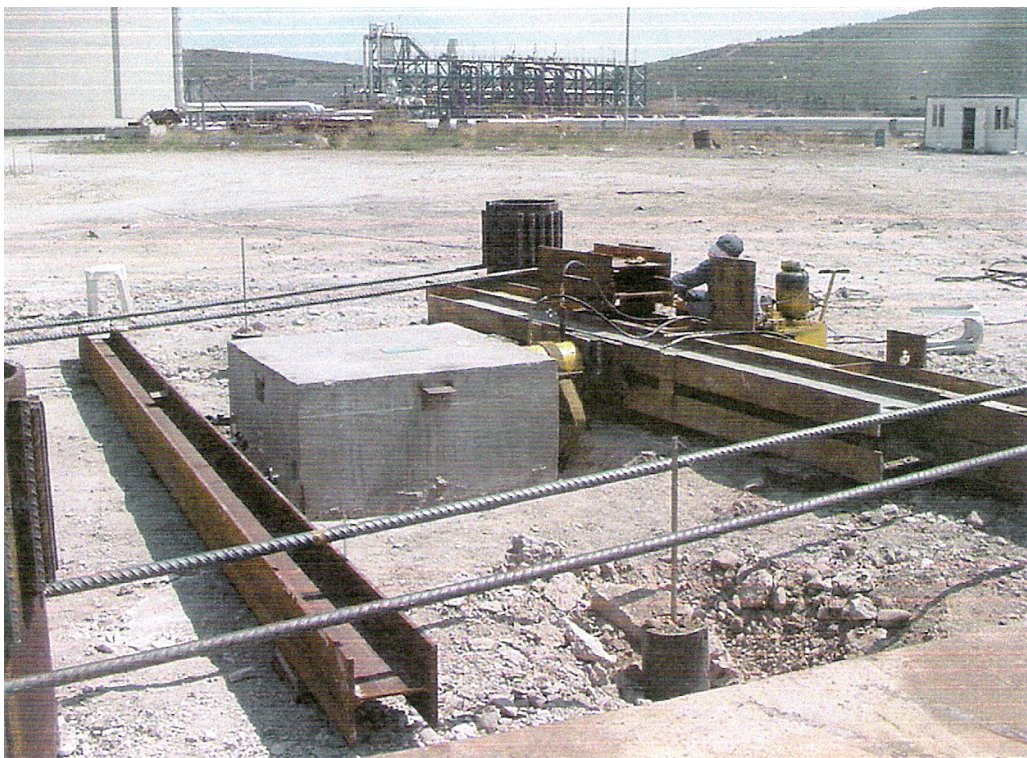
EK-4

Yükleme Deneyi Esnasında İmalat Aşamalarını Gösteren Şantiye Fotoğrafları

EK 4-A



EK 4-B



EK 4-C



EK 4-D



EK 4-E



EK 4-F



EK-5

SAP2000 Programı Analiz Sonuçları

Table: Joint Displacements

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	cm	cm	cm	Radians	Radians	Radians
1	I10	LinStatic	-0,000527	0,000000	0,000000	0,000000	1,933E-06	0,000000
1	I20	LinStatic	-0,001053	0,000000	0,000000	0,000000	3,865E-06	0,000000
1	I30	LinStatic	-0,001580	0,000000	0,000000	0,000000	5,798E-06	0,000000
1	I40	LinStatic	-0,002106	0,000000	0,000000	0,000000	7,730E-06	0,000000
1	I50	LinStatic	-0,002633	0,000000	0,000000	0,000000	9,663E-06	0,000000
1	I68	LinStatic	-0,003581	0,000000	0,000000	0,000000	0,000013	0,000000
1	I72	LinStatic	-0,003792	0,000000	0,000000	0,000000	0,000014	0,000000
1	I76	LinStatic	-0,004002	0,000000	0,000000	0,000000	0,000015	0,000000
1	I80	LinStatic	-0,004213	0,000000	0,000000	0,000000	0,000015	0,000000
2	I10	LinStatic	-0,000336	0,000000	0,000000	0,000000	2,106E-06	0,000000
2	I20	LinStatic	-0,000672	0,000000	0,000000	0,000000	4,212E-06	0,000000
2	I30	LinStatic	-0,001008	0,000000	0,000000	0,000000	6,319E-06	0,000000
2	I40	LinStatic	-0,001344	0,000000	0,000000	0,000000	8,425E-06	0,000000
2	I50	LinStatic	-0,001679	0,000000	0,000000	0,000000	0,000011	0,000000
2	I68	LinStatic	-0,002284	0,000000	0,000000	0,000000	0,000014	0,000000
2	I72	LinStatic	-0,002418	0,000000	0,000000	0,000000	0,000015	0,000000
2	I76	LinStatic	-0,002553	0,000000	0,000000	0,000000	0,000016	0,000000
2	I80	LinStatic	-0,002687	0,000000	0,000000	0,000000	0,000017	0,000000
3	I10	LinStatic	-0,000114	0,000000	0,000000	0,000000	2,846E-06	0,000000
3	I20	LinStatic	-0,000227	0,000000	0,000000	0,000000	5,691E-06	0,000000
3	I30	LinStatic	-0,000341	0,000000	0,000000	0,000000	8,537E-06	0,000000
3	I40	LinStatic	-0,000455	0,000000	0,000000	0,000000	0,000011	0,000000
3	I50	LinStatic	-0,000568	0,000000	0,000000	0,000000	0,000014	0,000000
3	I68	LinStatic	-0,000773	0,000000	0,000000	0,000000	0,000019	0,000000
3	I72	LinStatic	-0,000818	0,000000	0,000000	0,000000	0,000020	0,000000
3	I76	LinStatic	-0,000864	0,000000	0,000000	0,000000	0,000022	0,000000
3	I80	LinStatic	-0,000909	0,000000	0,000000	0,000000	0,000023	0,000000
4	I10	LinStatic	0,000221	0,000000	0,000000	0,000000	4,442E-06	0,000000
4	I20	LinStatic	0,000441	0,000000	0,000000	0,000000	8,884E-06	0,000000
4	I30	LinStatic	0,000662	0,000000	0,000000	0,000000	0,000013	0,000000
4	I40	LinStatic	0,000883	0,000000	0,000000	0,000000	0,000018	0,000000
4	I50	LinStatic	0,001103	0,000000	0,000000	0,000000	0,000022	0,000000
4	I68	LinStatic	0,001501	0,000000	0,000000	0,000000	0,000030	0,000000
4	I72	LinStatic	0,001589	0,000000	0,000000	0,000000	0,000032	0,000000
4	I76	LinStatic	0,001677	0,000000	0,000000	0,000000	0,000034	0,000000
4	I80	LinStatic	0,001765	0,000000	0,000000	0,000000	0,000036	0,000000
5	I10	LinStatic	0,000763	0,000000	0,000000	0,000000	6,831E-06	0,000000
5	I20	LinStatic	0,001526	0,000000	0,000000	0,000000	0,000014	0,000000
5	I30	LinStatic	0,002289	0,000000	0,000000	0,000000	0,000020	0,000000
5	I40	LinStatic	0,003052	0,000000	0,000000	0,000000	0,000027	0,000000
5	I50	LinStatic	0,003815	0,000000	0,000000	0,000000	0,000034	0,000000
5	I68	LinStatic	0,005189	0,000000	0,000000	0,000000	0,000046	0,000000
5	I72	LinStatic	0,005494	0,000000	0,000000	0,000000	0,000049	0,000000
5	I76	LinStatic	0,005799	0,000000	0,000000	0,000000	0,000052	0,000000
5	I80	LinStatic	0,006105	0,000000	0,000000	0,000000	0,000055	0,000000
6	I10	LinStatic	0,001584	0,000000	0,000000	0,000000	9,417E-06	0,000000
6	I20	LinStatic	0,003168	0,000000	0,000000	0,000000	0,000019	0,000000
6	I30	LinStatic	0,004752	0,000000	0,000000	0,000000	0,000028	0,000000
6	I40	LinStatic	0,006336	0,000000	0,000000	0,000000	0,000038	0,000000
6	I50	LinStatic	0,007919	0,000000	0,000000	0,000000	0,000047	0,000000
6	I68	LinStatic	0,010770	0,000000	0,000000	0,000000	0,000064	0,000000
6	I72	LinStatic	0,011404	0,000000	0,000000	0,000000	0,000068	0,000000
6	I76	LinStatic	0,012037	0,000000	0,000000	0,000000	0,000072	0,000000
6	I80	LinStatic	0,012671	0,000000	0,000000	0,000000	0,000075	0,000000
7	I10	LinStatic	0,002657	0,000000	0,000000	0,000000	0,000011	0,000000

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	cm	cm	cm	Radians	Radians	Radians
7	I20	LinStatic	0,005315	0,000000	0,000000	0,000000	0,000023	0,000000
7	I30	LinStatic	0,007972	0,000000	0,000000	0,000000	0,000034	0,000000
7	I40	LinStatic	0,010629	0,000000	0,000000	0,000000	0,000045	0,000000
7	I50	LinStatic	0,013286	0,000000	0,000000	0,000000	0,000056	0,000000
7	I68	LinStatic	0,018070	0,000000	0,000000	0,000000	0,000077	0,000000
7	I72	LinStatic	0,019132	0,000000	0,000000	0,000000	0,000081	0,000000
7	I76	LinStatic	0,020195	0,000000	0,000000	0,000000	0,000086	0,000000
7	I80	LinStatic	0,021258	0,000000	0,000000	0,000000	0,000090	0,000000
8	I10	LinStatic	0,003856	0,000000	0,000000	0,000000	0,000012	0,000000
8	I20	LinStatic	0,007713	0,000000	0,000000	0,000000	0,000024	0,000000
8	I30	LinStatic	0,011569	0,000000	0,000000	0,000000	0,000036	0,000000
8	I40	LinStatic	0,015425	0,000000	0,000000	0,000000	0,000048	0,000000
8	I50	LinStatic	0,019282	0,000000	0,000000	0,000000	0,000060	0,000000
8	I68	LinStatic	0,026223	0,000000	0,000000	0,000000	0,000081	0,000000
8	I72	LinStatic	0,027766	0,000000	0,000000	0,000000	0,000086	0,000000
8	I76	LinStatic	0,029308	0,000000	0,000000	0,000000	0,000091	0,000000
8	I80	LinStatic	0,030851	0,000000	0,000000	0,000000	0,000095	0,000000
9	I10	LinStatic	0,005059	0,000000	0,000000	0,000000	0,000011	0,000000
9	I20	LinStatic	0,010118	0,000000	0,000000	0,000000	0,000023	0,000000
9	I30	LinStatic	0,015178	0,000000	0,000000	0,000000	0,000034	0,000000
9	I40	LinStatic	0,020237	0,000000	0,000000	0,000000	0,000045	0,000000
9	I50	LinStatic	0,025296	0,000000	0,000000	0,000000	0,000057	0,000000
9	I68	LinStatic	0,034403	0,000000	0,000000	0,000000	0,000077	0,000000
9	I72	LinStatic	0,036426	0,000000	0,000000	0,000000	0,000082	0,000000
9	I76	LinStatic	0,038450	0,000000	0,000000	0,000000	0,000086	0,000000
9	I80	LinStatic	0,040474	0,000000	0,000000	0,000000	0,000091	0,000000
10	I10	LinStatic	0,006142	0,000000	0,000000	0,000000	9,495E-06	0,000000
10	I20	LinStatic	0,012284	0,000000	0,000000	0,000000	0,000019	0,000000
10	I30	LinStatic	0,018426	0,000000	0,000000	0,000000	0,000028	0,000000
10	I40	LinStatic	0,024567	0,000000	0,000000	0,000000	0,000038	0,000000
10	I50	LinStatic	0,030709	0,000000	0,000000	0,000000	0,000047	0,000000
10	I68	LinStatic	0,041765	0,000000	0,000000	0,000000	0,000065	0,000000
10	I72	LinStatic	0,044221	0,000000	0,000000	0,000000	0,000068	0,000000
10	I76	LinStatic	0,046678	0,000000	0,000000	0,000000	0,000072	0,000000
10	I80	LinStatic	0,049135	0,000000	0,000000	0,000000	0,000076	0,000000
11	I10	LinStatic	0,006977	0,000000	0,000000	0,000000	6,366E-06	0,000000
11	I20	LinStatic	0,013954	0,000000	0,000000	0,000000	0,000013	0,000000
11	I30	LinStatic	0,020931	0,000000	0,000000	0,000000	0,000019	0,000000
11	I40	LinStatic	0,027909	0,000000	0,000000	0,000000	0,000025	0,000000
11	I50	LinStatic	0,034886	0,000000	0,000000	0,000000	0,000032	0,000000
11	I68	LinStatic	0,047445	0,000000	0,000000	0,000000	0,000043	0,000000
11	I72	LinStatic	0,050235	0,000000	0,000000	0,000000	0,000046	0,000000
11	I76	LinStatic	0,053026	0,000000	0,000000	0,000000	0,000048	0,000000
11	I80	LinStatic	0,055817	0,000000	0,000000	0,000000	0,000051	0,000000
12	I10	LinStatic	0,007443	0,000000	0,000000	0,000000	1,328E-06	0,000000
12	I20	LinStatic	0,014886	0,000000	0,000000	0,000000	2,656E-06	0,000000
12	I30	LinStatic	0,022329	0,000000	0,000000	0,000000	3,983E-06	0,000000
12	I40	LinStatic	0,029772	0,000000	0,000000	0,000000	5,311E-06	0,000000
12	I50	LinStatic	0,037215	0,000000	0,000000	0,000000	6,639E-06	0,000000
12	I68	LinStatic	0,050613	0,000000	0,000000	0,000000	9,029E-06	0,000000
12	I72	LinStatic	0,053590	0,000000	0,000000	0,000000	9,560E-06	0,000000
12	I76	LinStatic	0,056568	0,000000	0,000000	0,000000	0,000010	0,000000
12	I80	LinStatic	0,059545	0,000000	0,000000	0,000000	0,000011	0,000000
13	I10	LinStatic	0,007298	0,000000	0,000000	0,000000	-7,461E-06	0,000000
13	I20	LinStatic	0,014595	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000015	0,000000
13	I30	LinStatic	0,021893	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000022	0,000000
13	I40	LinStatic	0,029191	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000030	0,000000
13	I50	LinStatic	0,036488	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000037	0,000000
13	I68	LinStatic	0,049624	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000051	0,000000

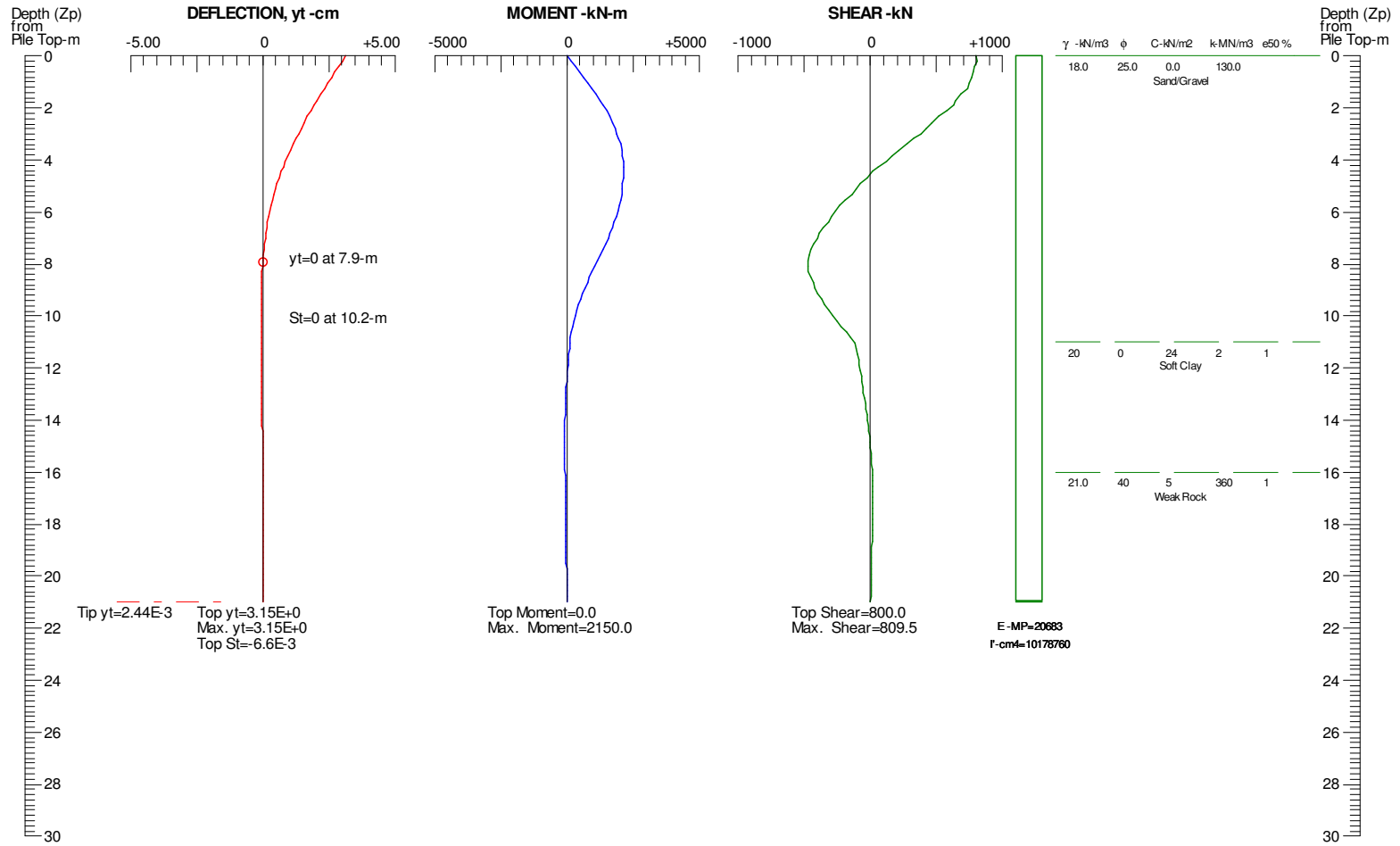
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	cm	cm	cm	Radians	Radians	Radians
13	I72	LinStatic	0,052543	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000054	0,000000
13	I76	LinStatic	0,055462	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000057	0,000000
13	I80	LinStatic	0,058382	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000060	0,000000
14	I10	LinStatic	0,006041	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000022	0,000000
14	I20	LinStatic	0,012082	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000045	0,000000
14	I30	LinStatic	0,018123	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000067	0,000000
14	I40	LinStatic	0,024164	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000090	0,000000
14	I50	LinStatic	0,030205	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000112	0,000000
14	I68	LinStatic	0,041078	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000152	0,000000
14	I72	LinStatic	0,043495	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000161	0,000000
14	I76	LinStatic	0,045911	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000170	0,000000
14	I80	LinStatic	0,048328	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000179	0,000000
15	I10	LinStatic	0,002940	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000045	0,000000
15	I20	LinStatic	0,005881	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000091	0,000000
15	I30	LinStatic	0,008821	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000136	0,000000
15	I40	LinStatic	0,011761	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000182	0,000000
15	I50	LinStatic	0,014702	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000227	0,000000
15	I68	LinStatic	0,019994	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000309	0,000000
15	I72	LinStatic	0,021171	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000328	0,000000
15	I76	LinStatic	0,022347	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000346	0,000000
15	I80	LinStatic	0,023523	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000364	0,000000
16	I10	LinStatic	-0,002920	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000078	0,000000
16	I20	LinStatic	-0,005839	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000156	0,000000
16	I30	LinStatic	-0,008759	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000234	0,000000
16	I40	LinStatic	-0,011678	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000312	0,000000
16	I50	LinStatic	-0,014598	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000391	0,000000
16	I68	LinStatic	-0,019853	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000531	0,000000
16	I72	LinStatic	-0,021021	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000562	0,000000
16	I76	LinStatic	-0,022189	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000594	0,000000
16	I80	LinStatic	-0,023357	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000625	0,000000
17	I10	LinStatic	-0,012540	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000120	0,000000
17	I20	LinStatic	-0,025081	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000240	0,000000
17	I30	LinStatic	-0,037621	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000361	0,000000
17	I40	LinStatic	-0,050161	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000481	0,000000
17	I50	LinStatic	-0,062702	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000601	0,000000
17	I68	LinStatic	-0,085274	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000818	0,000000
17	I72	LinStatic	-0,090290	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000866	0,000000
17	I76	LinStatic	-0,095307	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000914	0,000000
17	I80	LinStatic	-0,100323	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000962	0,000000
18	I10	LinStatic	-0,026853	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000170	0,000000
18	I20	LinStatic	-0,053706	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000340	0,000000
18	I30	LinStatic	-0,080559	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000510	0,000000
18	I40	LinStatic	-0,107412	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000680	0,000000
18	I50	LinStatic	-0,134265	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000850	0,000000
18	I68	LinStatic	-0,182600	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001156	0,000000
18	I72	LinStatic	-0,193341	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001224	0,000000
18	I76	LinStatic	-0,204083	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001292	0,000000
18	I80	LinStatic	-0,214824	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001360	0,000000
19	I10	LinStatic	-0,046498	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000223	0,000000
19	I20	LinStatic	-0,092996	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000446	0,000000
19	I30	LinStatic	-0,139494	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000670	0,000000
19	I40	LinStatic	-0,185992	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000893	0,000000
19	I50	LinStatic	-0,232490	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001116	0,000000
19	I68	LinStatic	-0,316186	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001518	0,000000
19	I72	LinStatic	-0,334785	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001607	0,000000
19	I76	LinStatic	-0,353384	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001697	0,000000
19	I80	LinStatic	-0,371983	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001786	0,000000
20	I10	LinStatic	-0,071554	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000273	0,000000
20	I20	LinStatic	-0,143108	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000546	0,000000

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	cm	cm	cm	Radians	Radians	Radians
20	I30	LinStatic	-0,214661	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000818	0,000000
20	I40	LinStatic	-0,286215	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001091	0,000000
20	I50	LinStatic	-0,357769	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001364	0,000000
20	I68	LinStatic	-0,486566	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001855	0,000000
20	I72	LinStatic	-0,515187	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001964	0,000000
20	I76	LinStatic	-0,543809	0,000000	0,000000	0,000000	-0,002073	0,000000
20	I80	LinStatic	-0,572430	0,000000	0,000000	0,000000	-0,002183	0,000000
21	I10	LinStatic	-0,101253	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000309	0,000000
21	I20	LinStatic	-0,202506	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000619	0,000000
21	I30	LinStatic	-0,303759	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000928	0,000000
21	I40	LinStatic	-0,405012	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001237	0,000000
21	I50	LinStatic	-0,506265	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001547	0,000000
21	I68	LinStatic	-0,688520	0,000000	0,000000	0,000000	-0,002104	0,000000
21	I72	LinStatic	-0,729021	0,000000	0,000000	0,000000	-0,002227	0,000000
21	I76	LinStatic	-0,769522	0,000000	0,000000	0,000000	-0,002351	0,000000
21	I80	LinStatic	-0,810023	0,000000	0,000000	0,000000	-0,002475	0,000000
22	I10	LinStatic	-0,133756	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000323	0,000000
22	I20	LinStatic	-0,267513	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000646	0,000000
22	I30	LinStatic	-0,401269	0,000000	0,000000	0,000000	-0,000969	0,000000
22	I40	LinStatic	-0,535026	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001292	0,000000
22	I50	LinStatic	-0,668782	0,000000	0,000000	0,000000	-0,001615	0,000000
22	I68	LinStatic	-0,909544	0,000000	0,000000	0,000000	-0,002197	0,000000
22	I72	LinStatic	-0,963047	0,000000	0,000000	0,000000	-0,002326	0,000000
22	I76	LinStatic	-1,016549	0,000000	0,000000	0,000000	-0,002455	0,000000
22	I80	LinStatic	-1,070052	0,000000	0,000000	0,000000	-0,002584	0,000000

EK-6

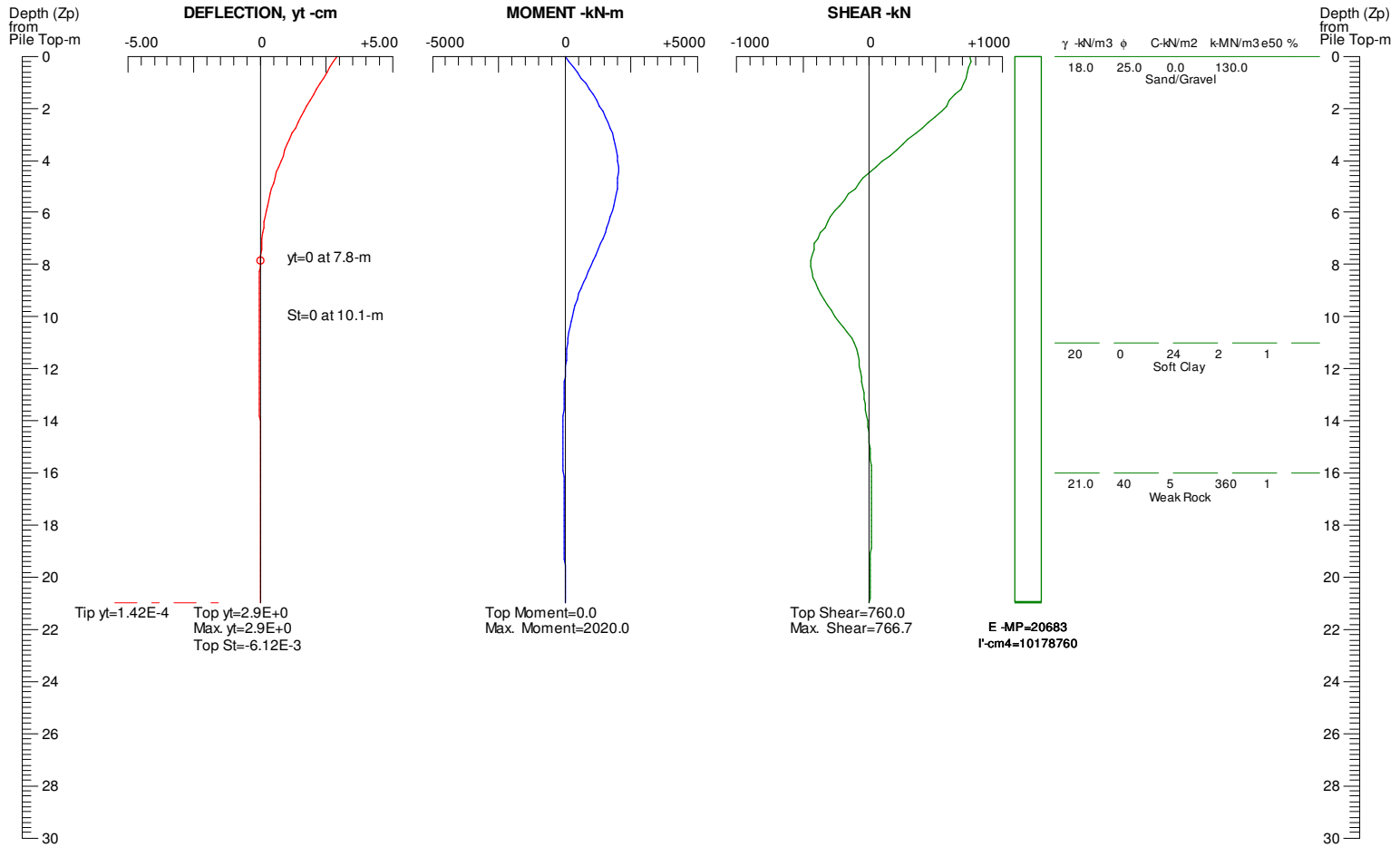
Allpile Programı Analiz Sonuçları

PILE DEFLECTION & FORCE vs DEPTH
Single Pile, Khead=2, Kbc=1

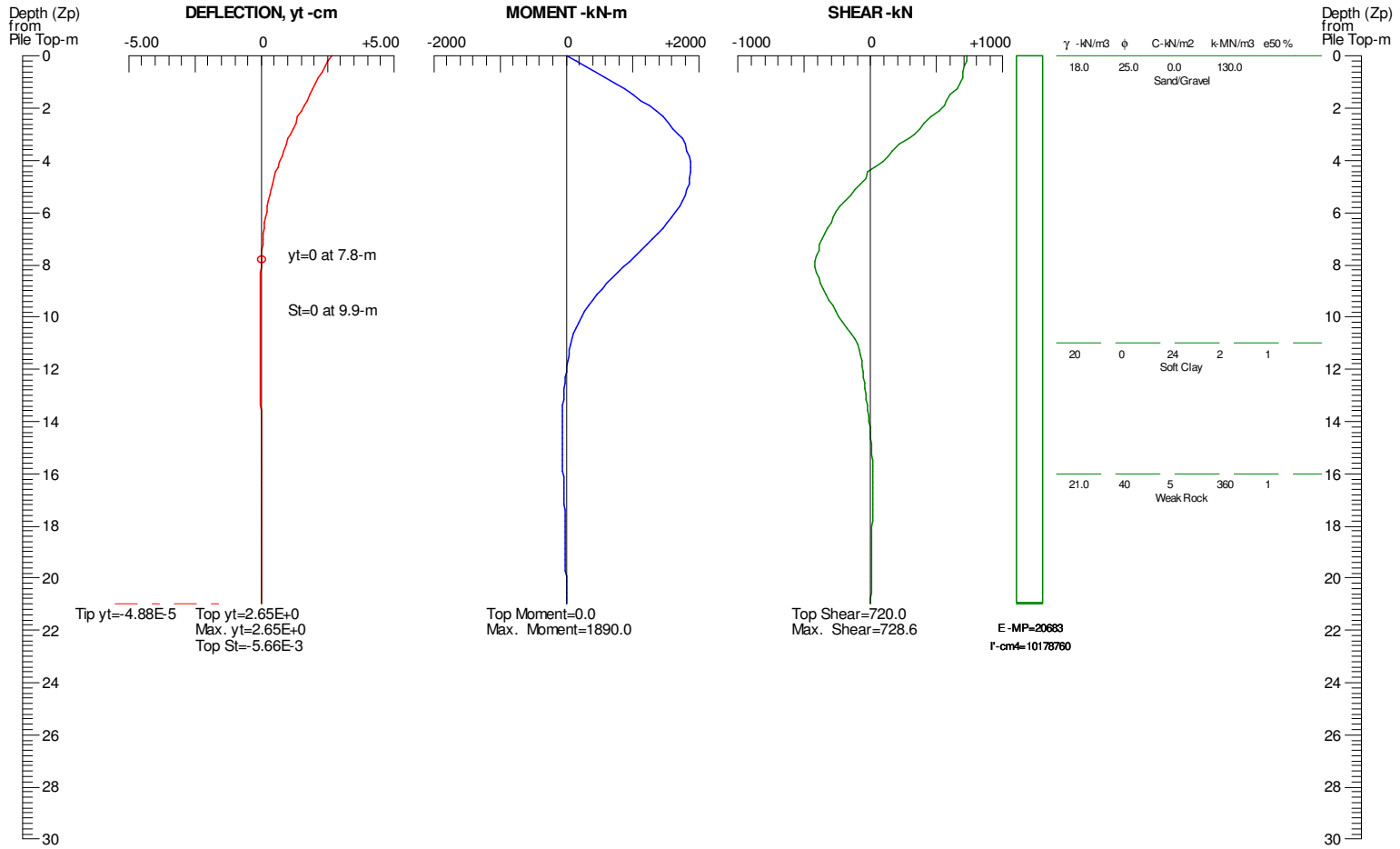


PILE DEFLECTION & FORCE vs DEPTH

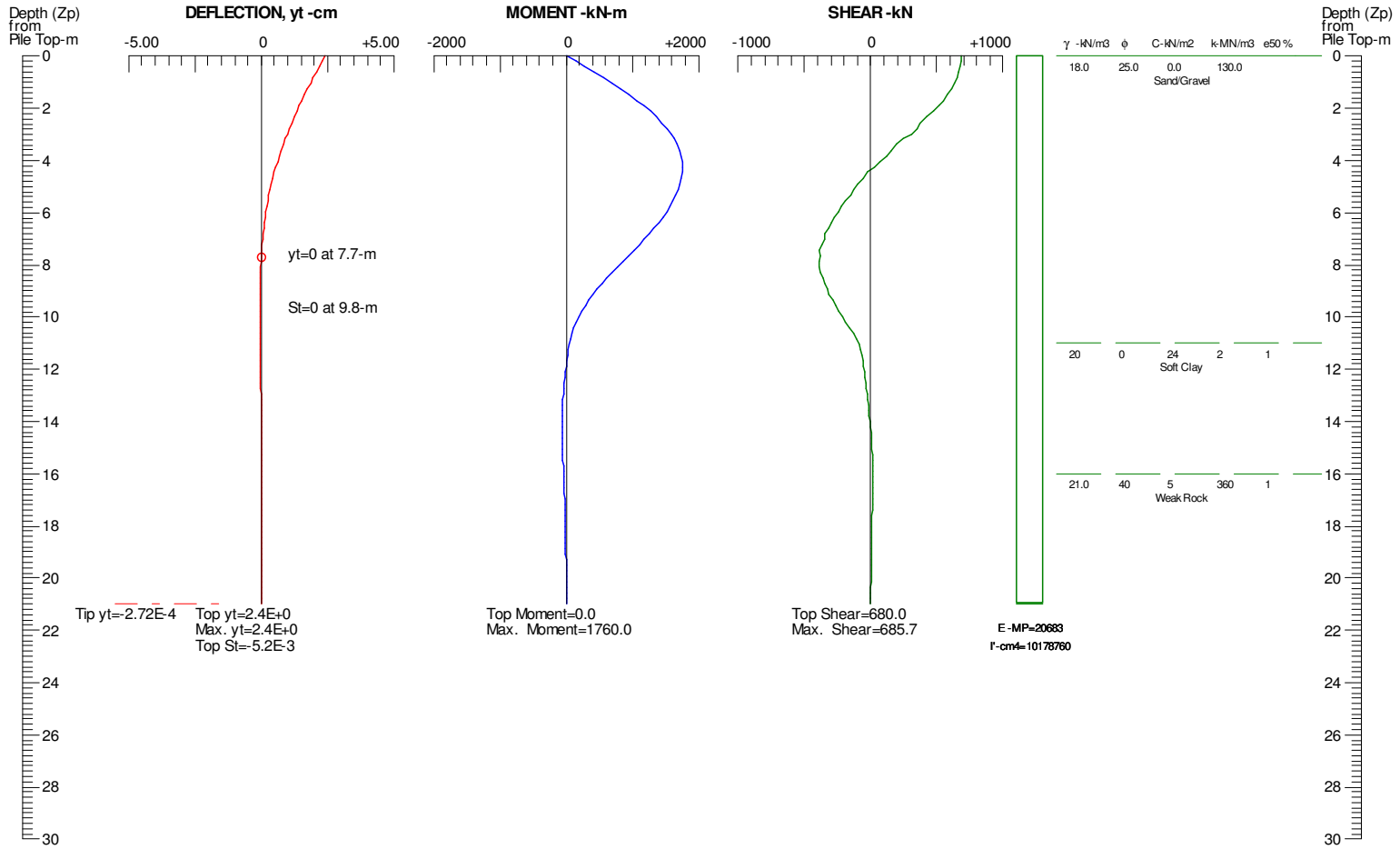
Single Pile, Khead=2, Kbc=1



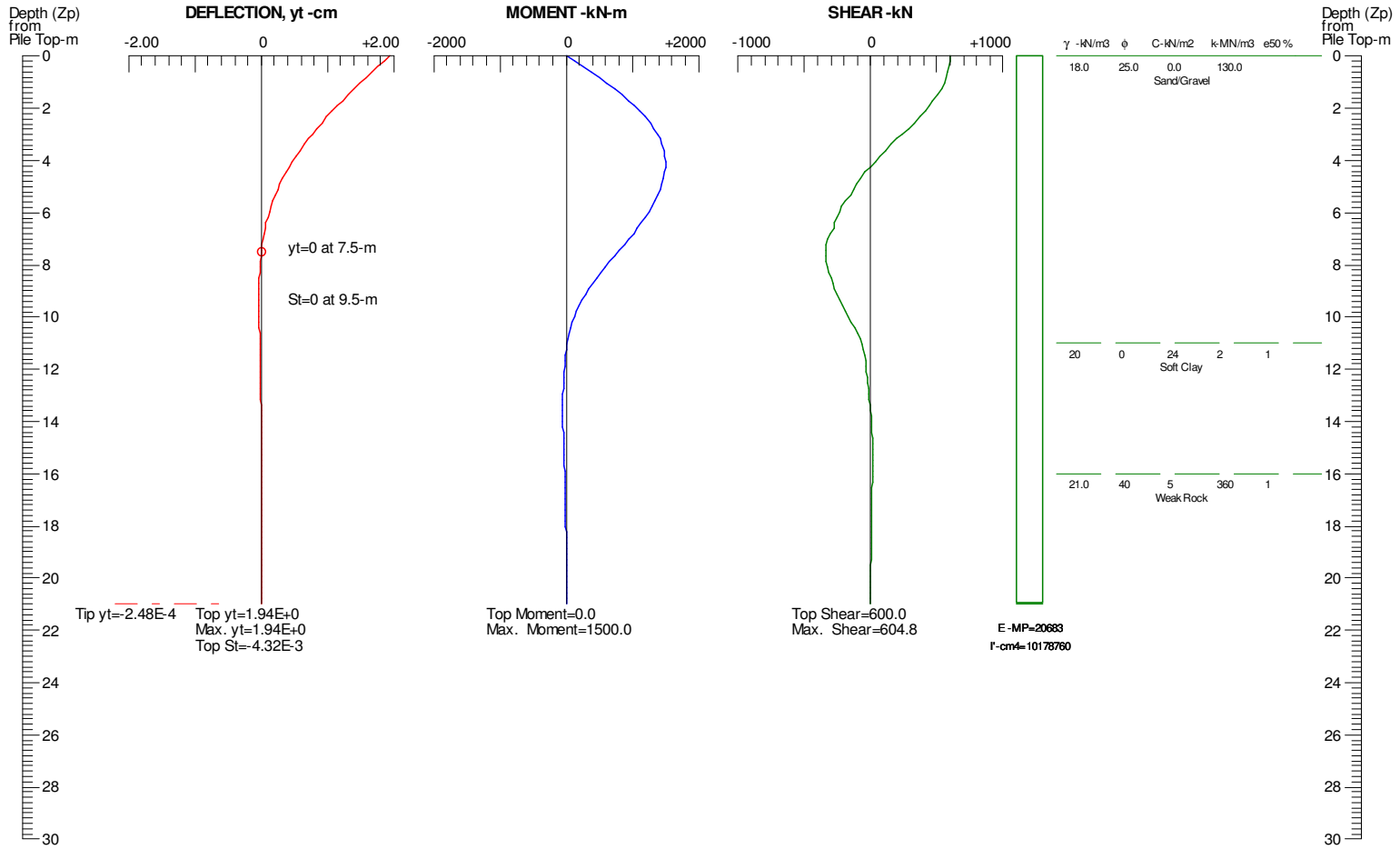
PILE DEFLECTION & FORCE vs DEPTH
Single Pile, Khead=2, Kbc=1



PILE DEFLECTION & FORCE vs DEPTH
Single Pile, Khead=2, Kbc=1

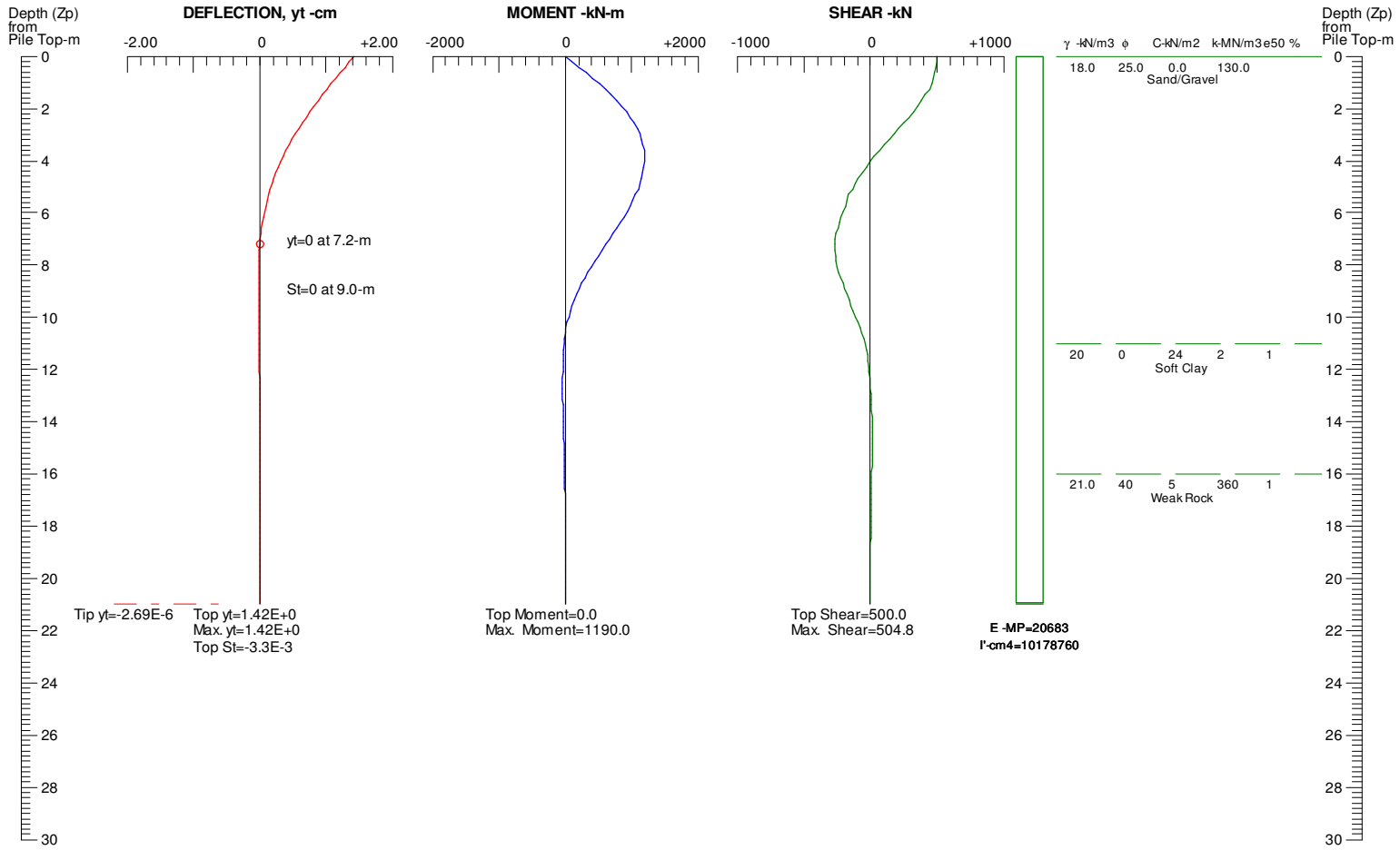


PILE DEFLECTION & FORCE vs DEPTH
Single Pile, Khead=2, Kbc=1

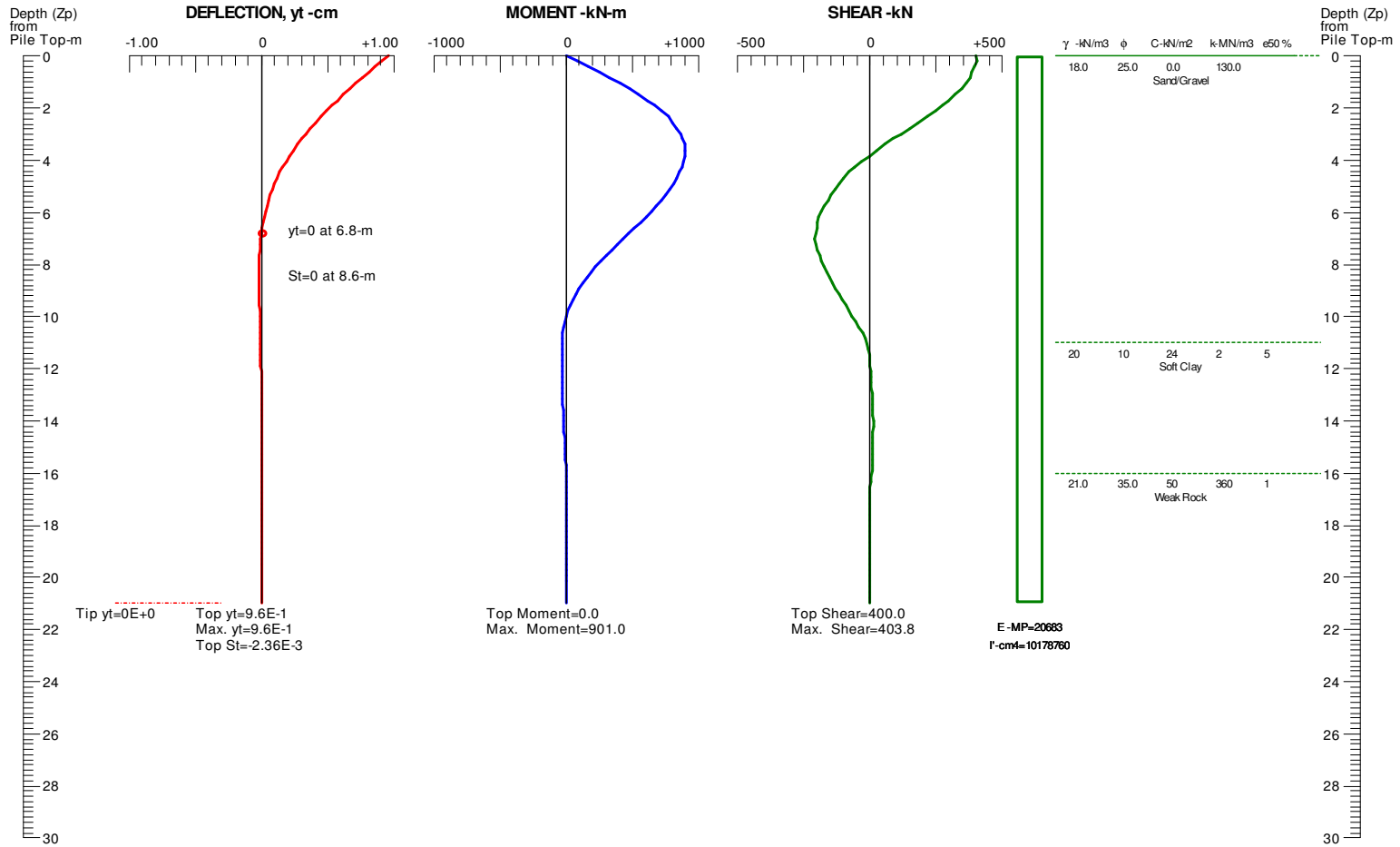


PILE DEFLECTION & FORCE vs DEPTH

Single Pile, Khead=2, Kbc=1

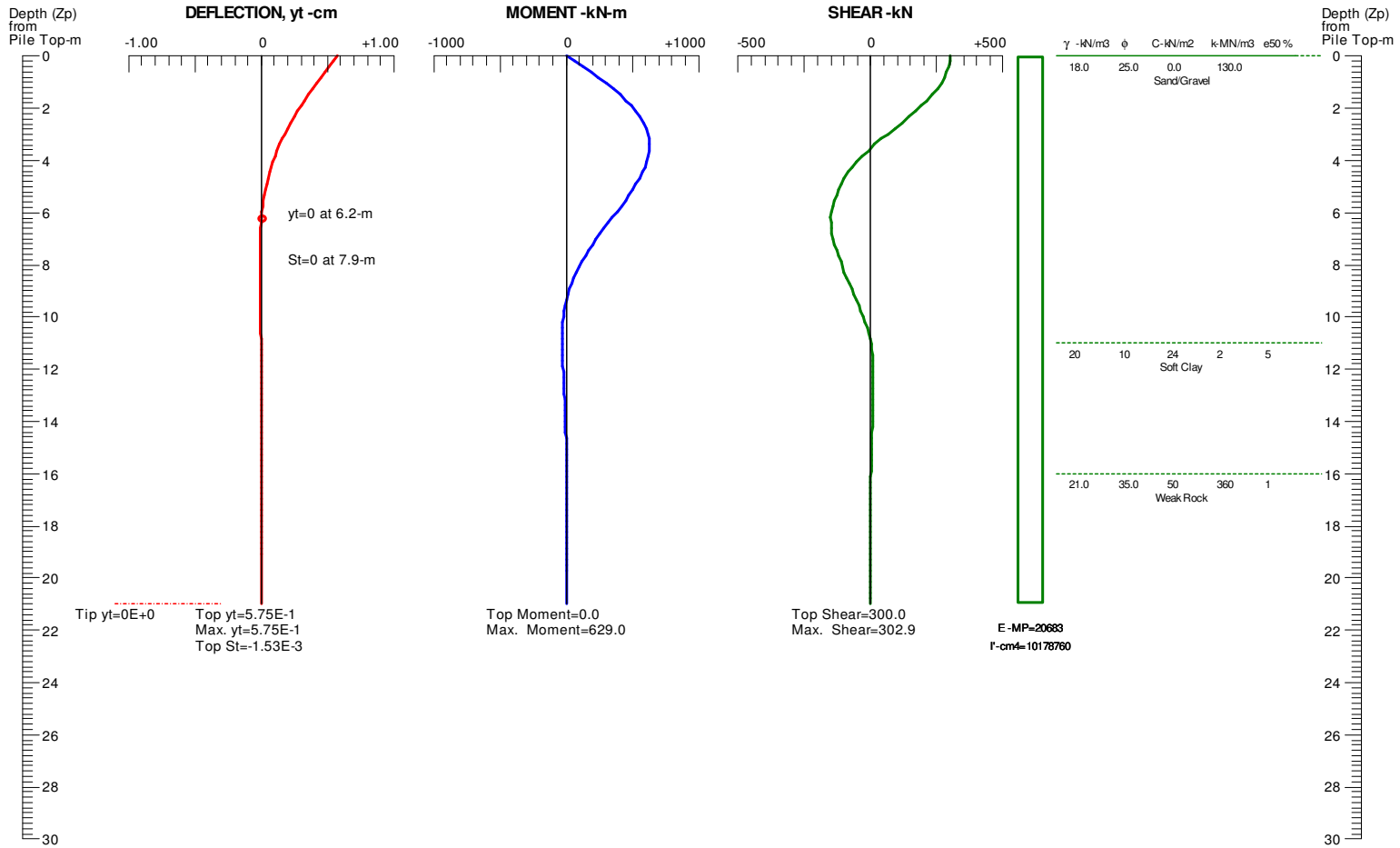


PILE DEFLECTION & FORCE vs DEPTH
Single Pile, Khead=2, Kbc=1

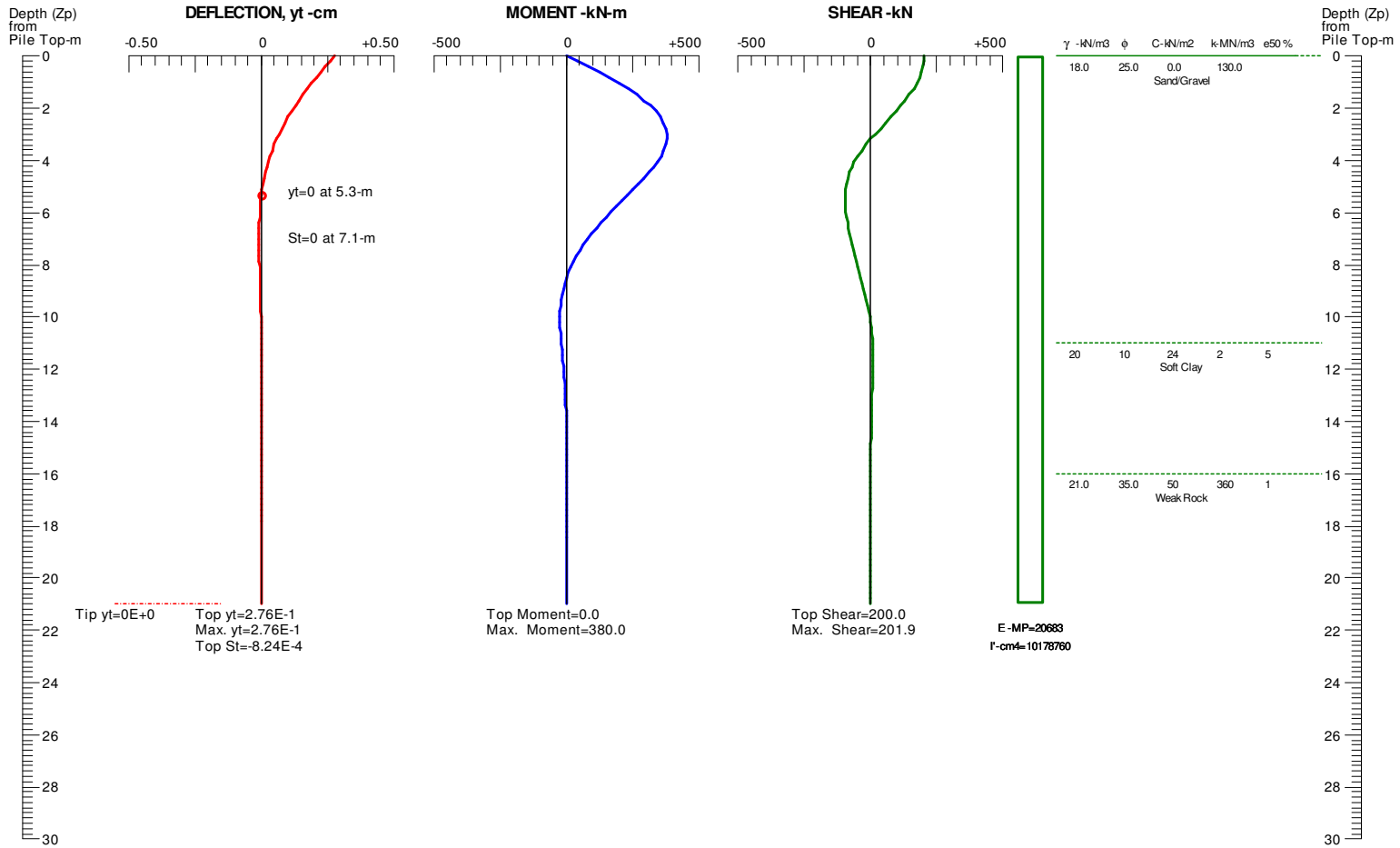


PILE DEFLECTION & FORCE vs DEPTH

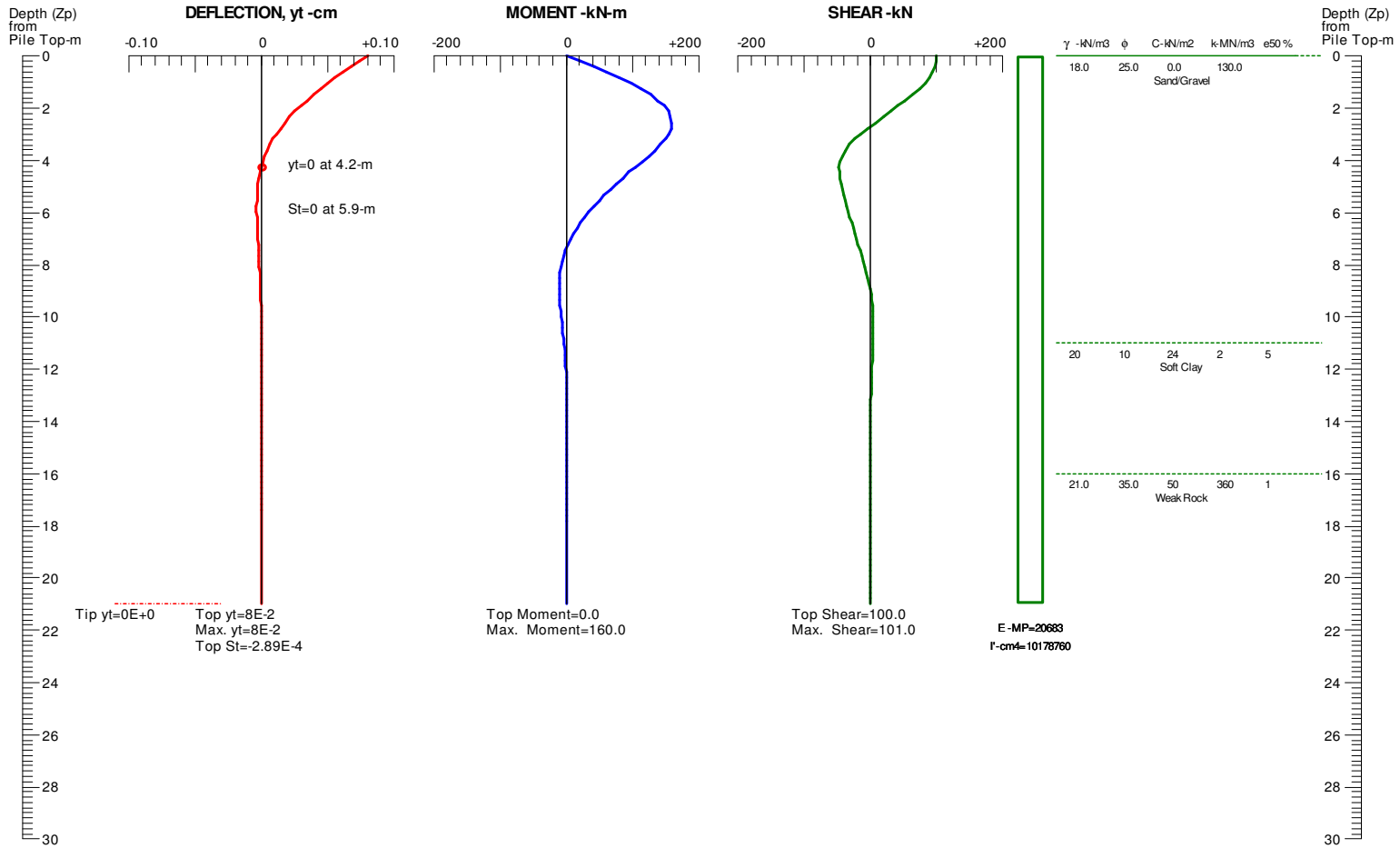
Single Pile, Khead=2, Kbc=1



PILE DEFLECTION & FORCE vs DEPTH Single Pile, Khead=2, Kbc=1

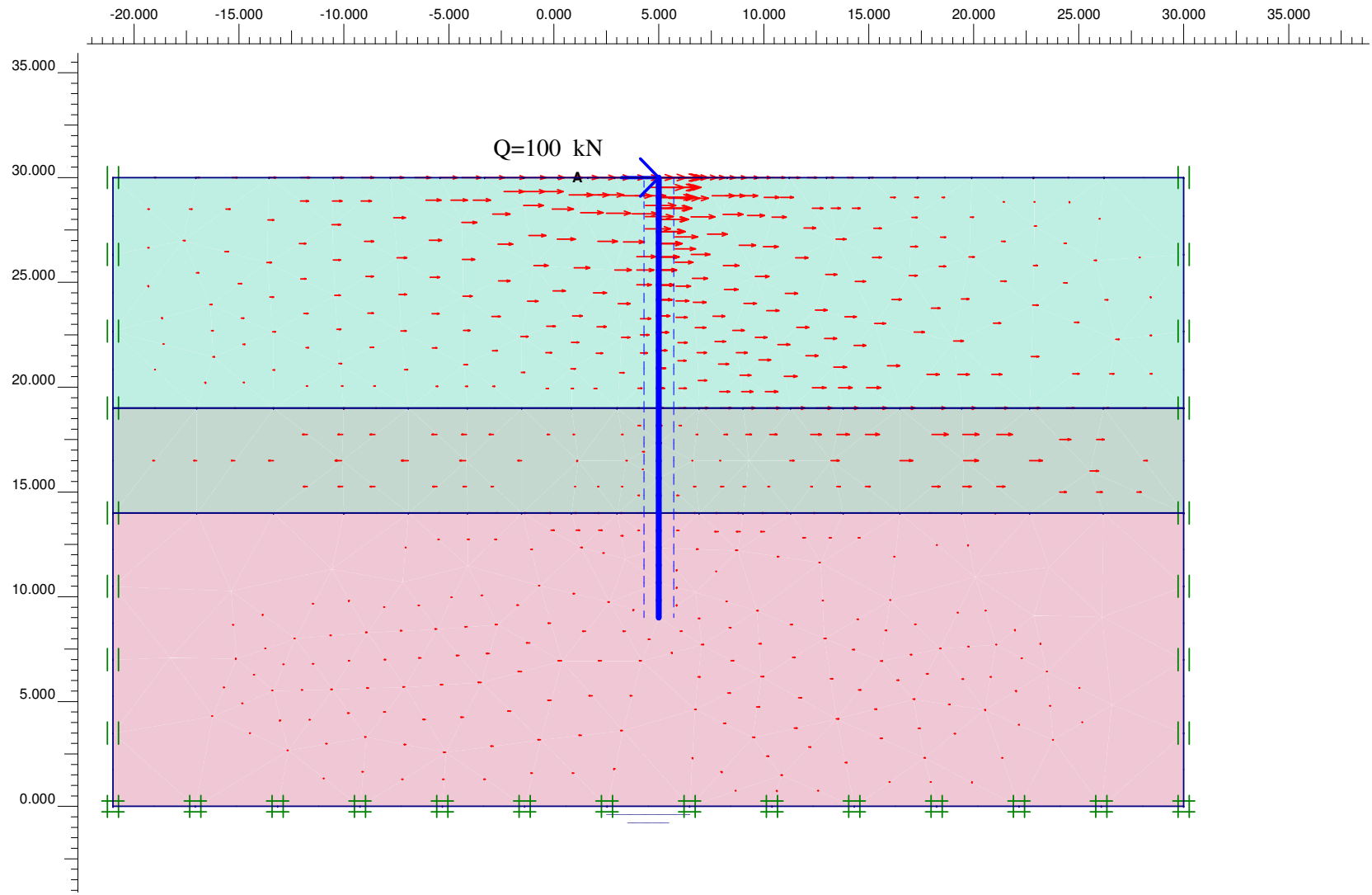


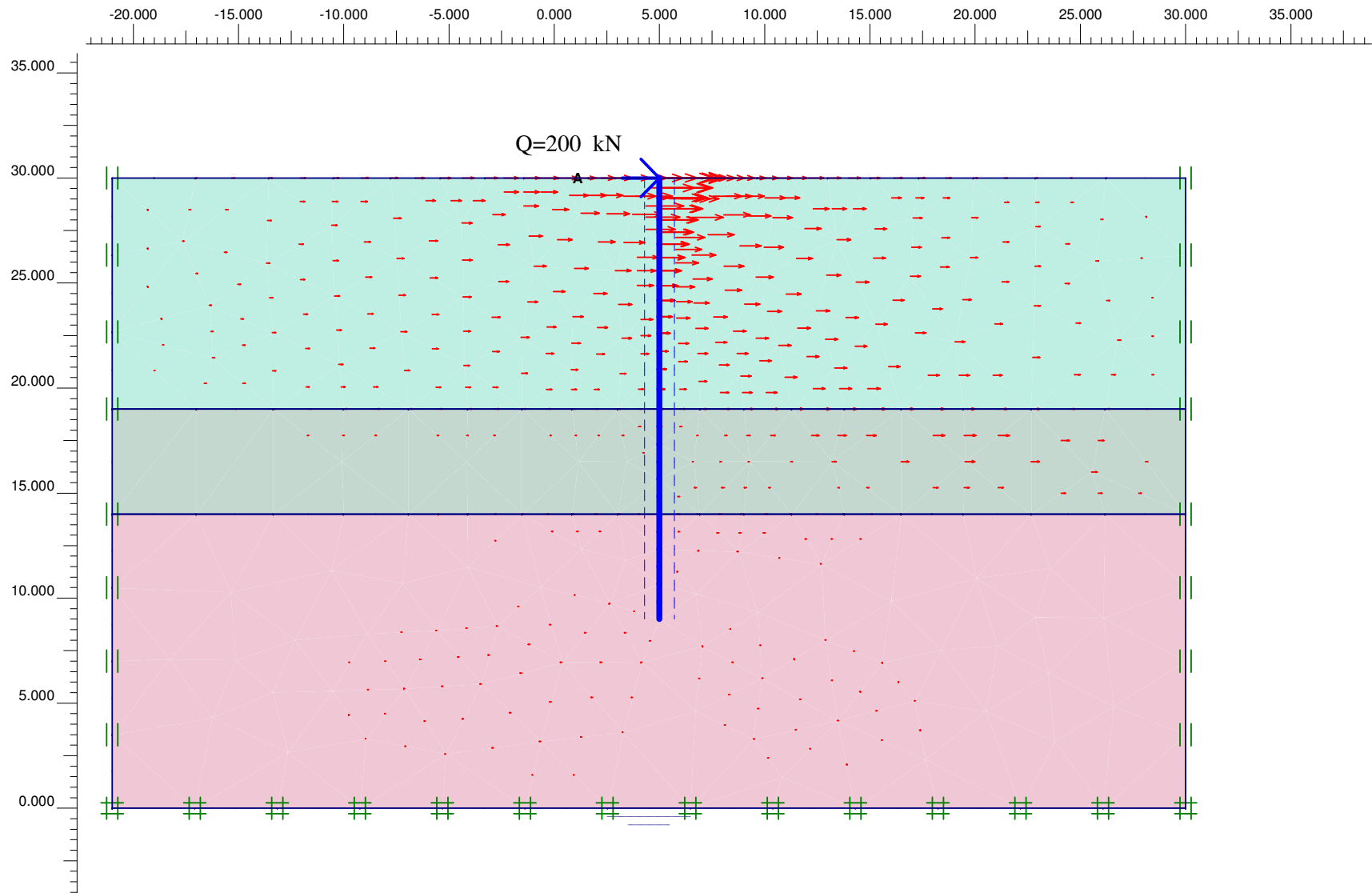
PILE DEFLECTION & FORCE vs DEPTH Single Pile, Khead=2, Kbc=1

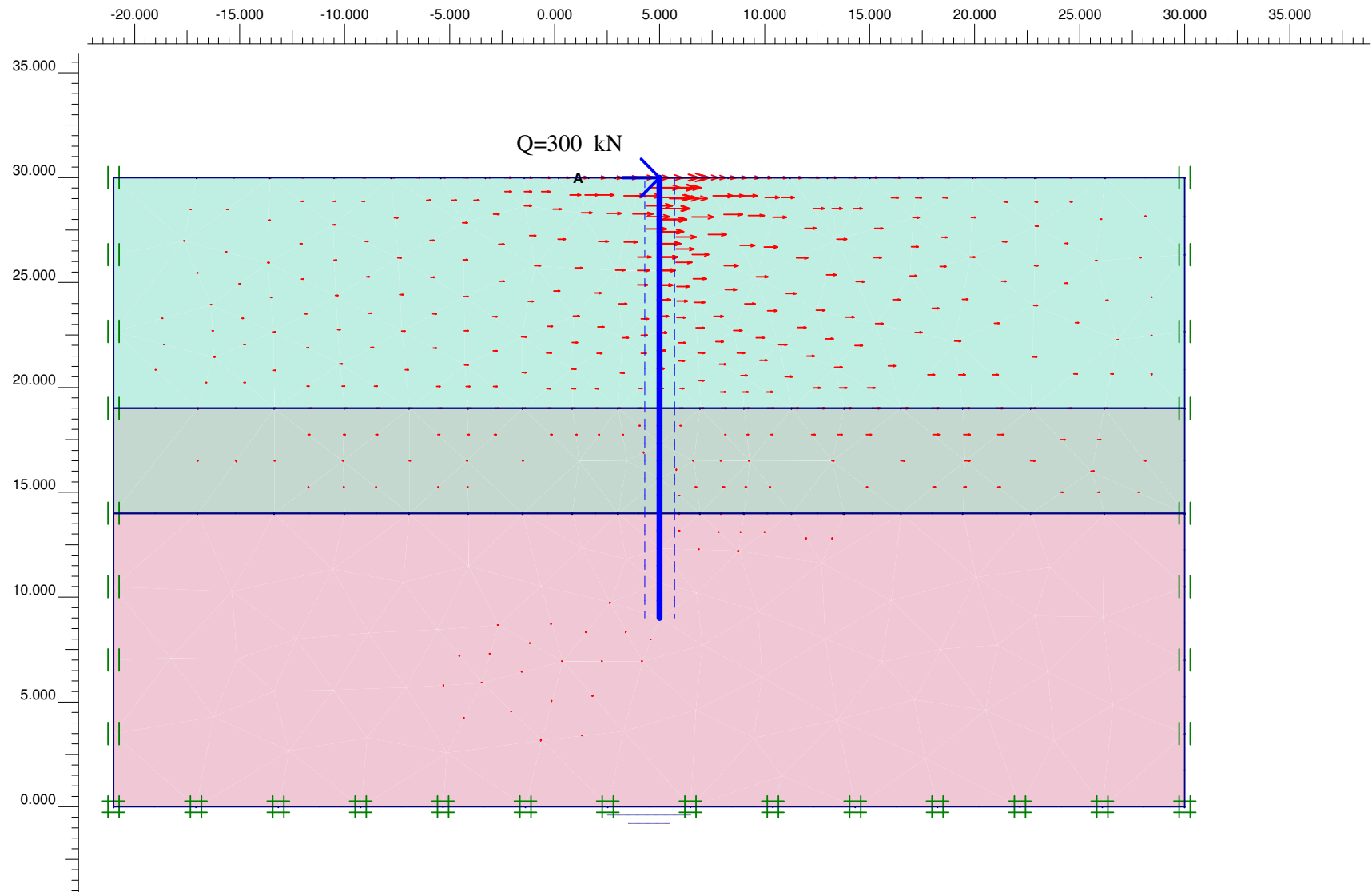


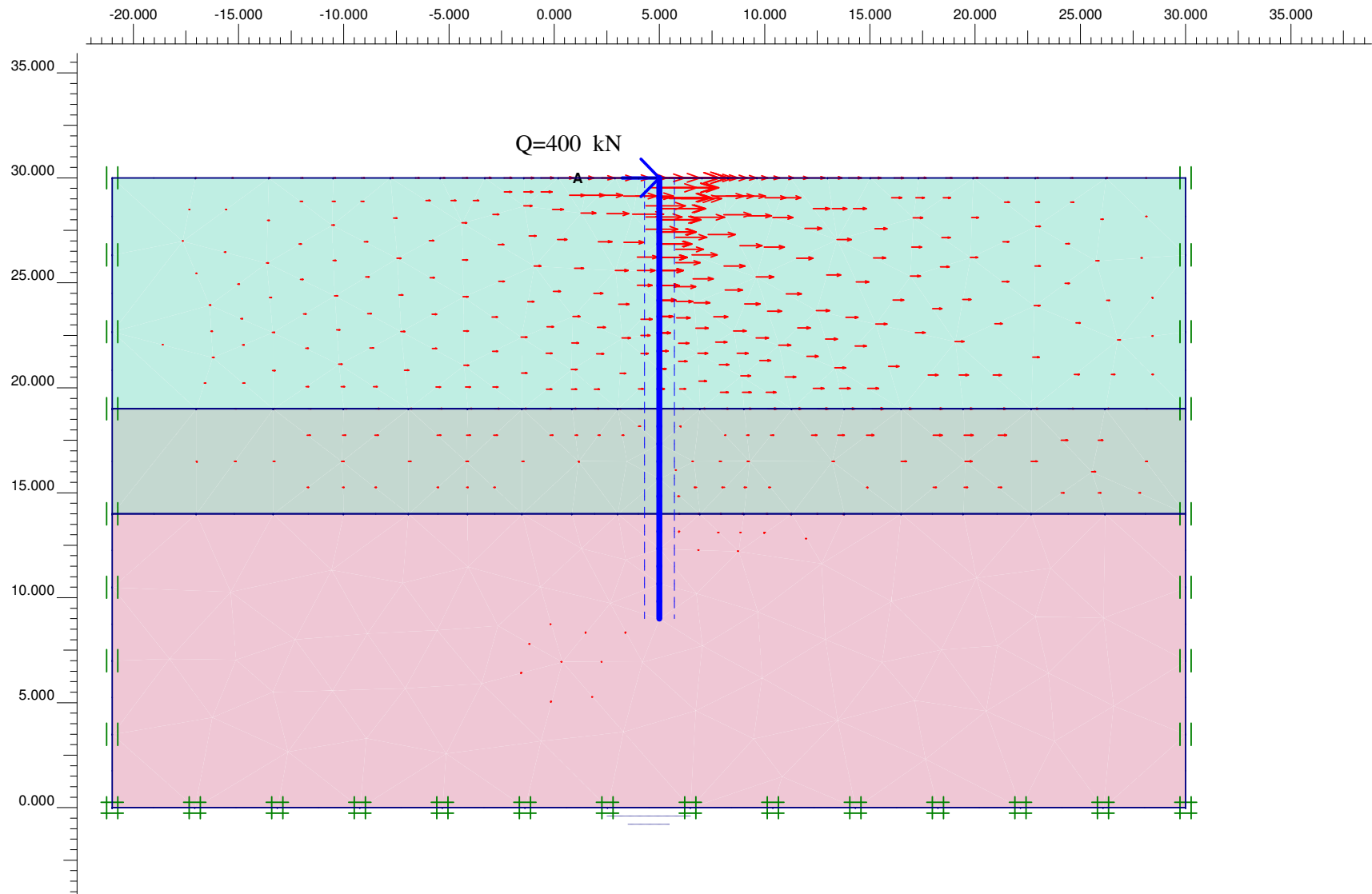
EK-7

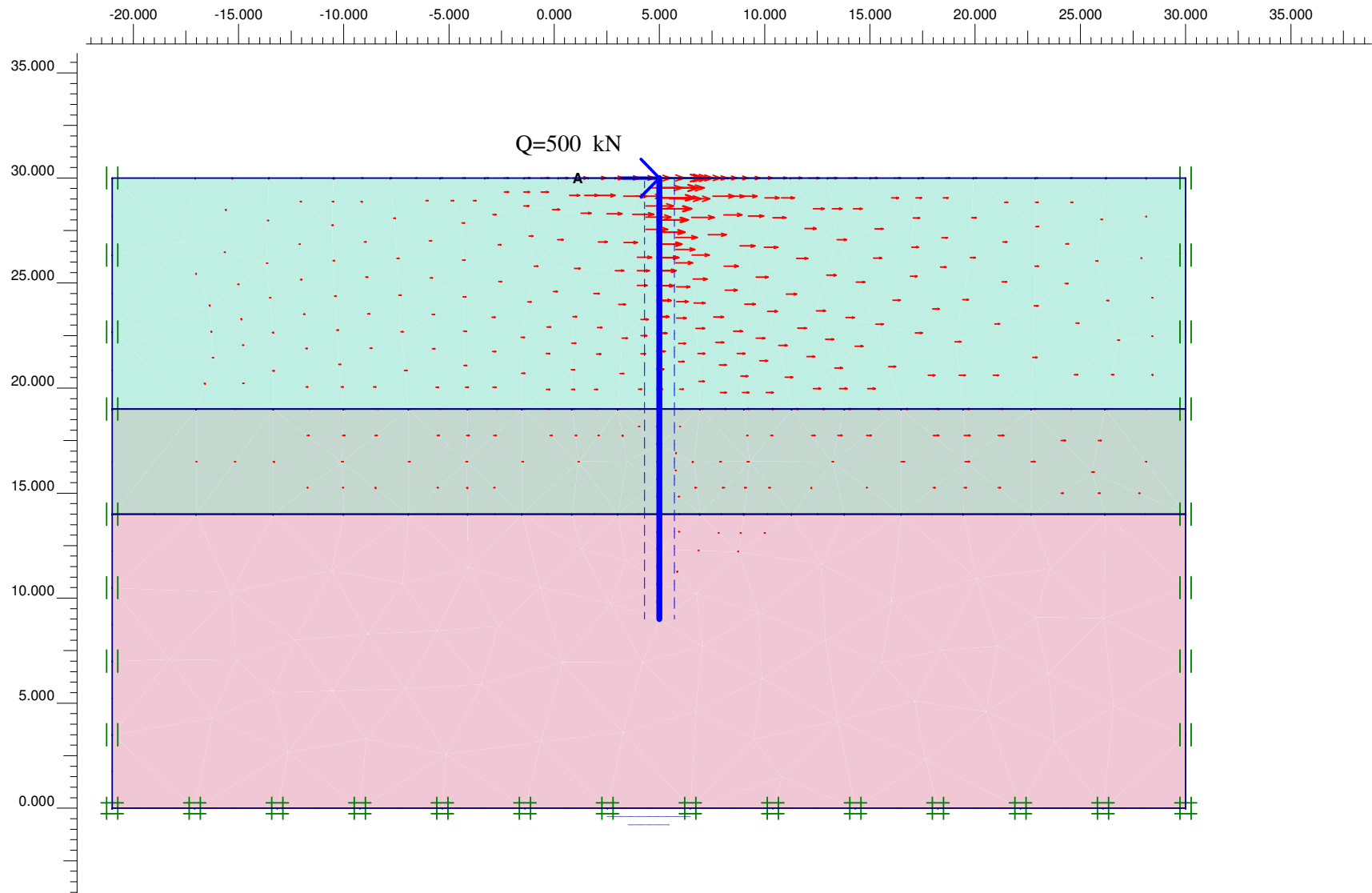
Plaxis Programı Analiz Sonuçları

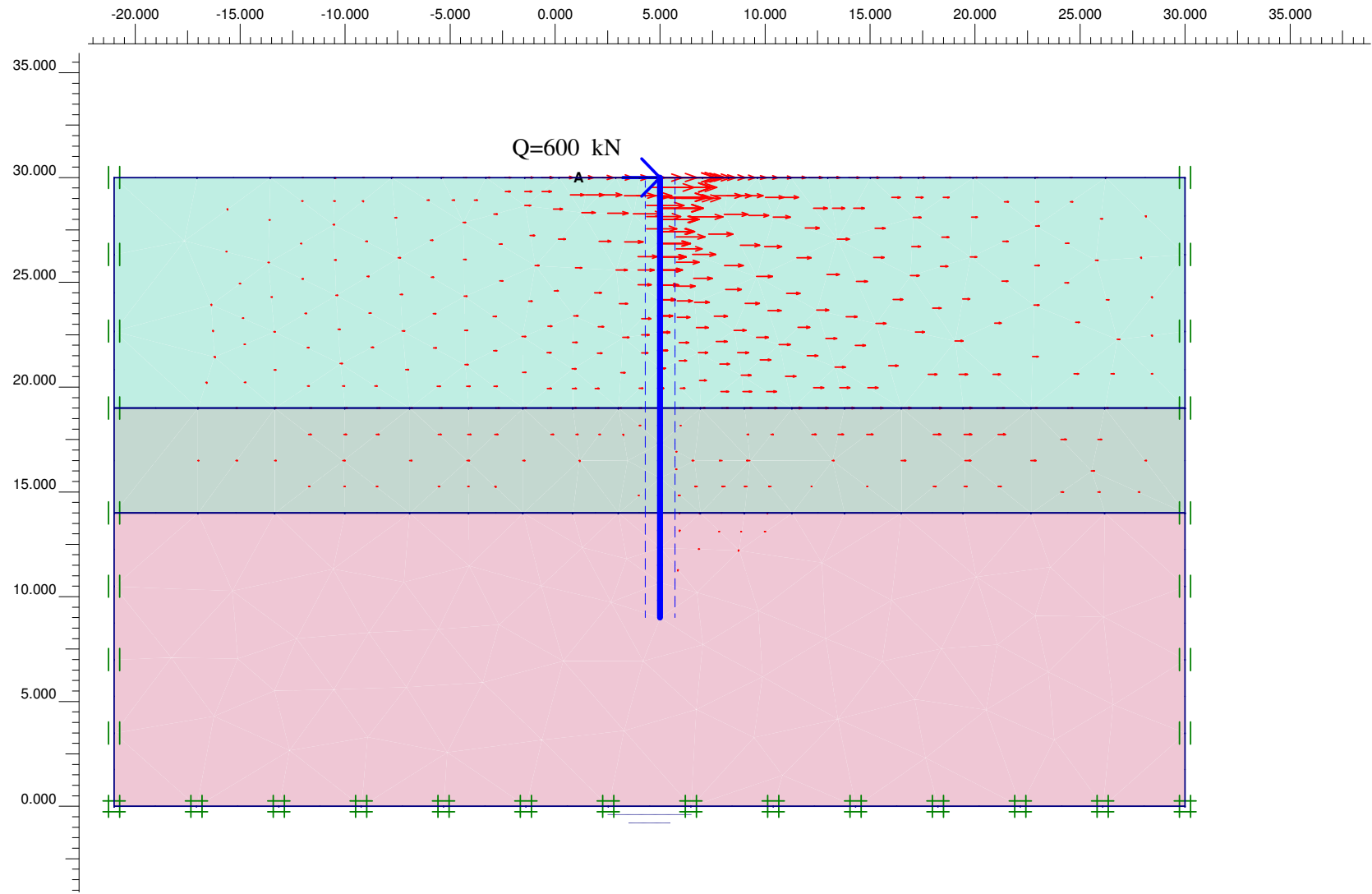


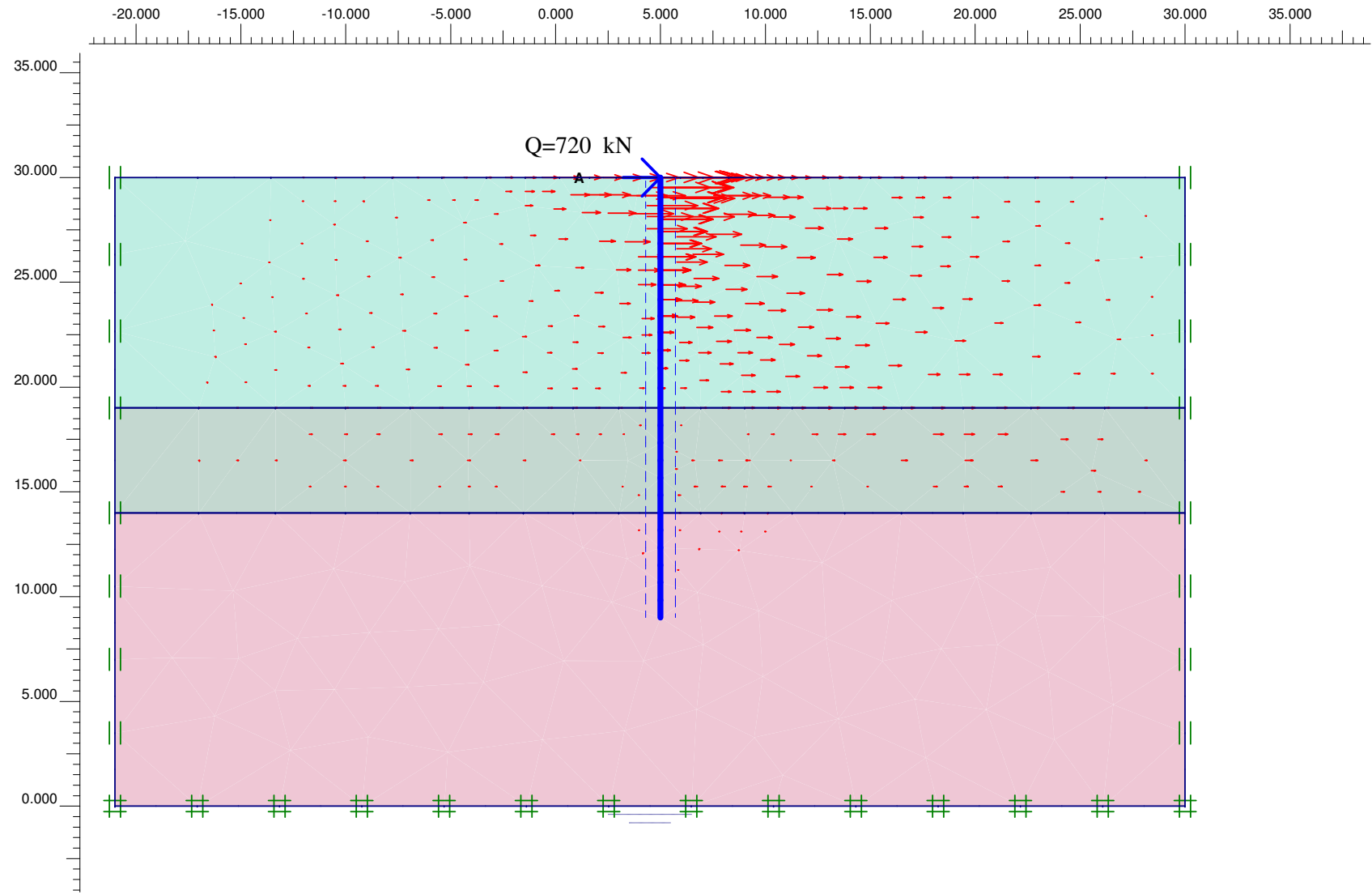




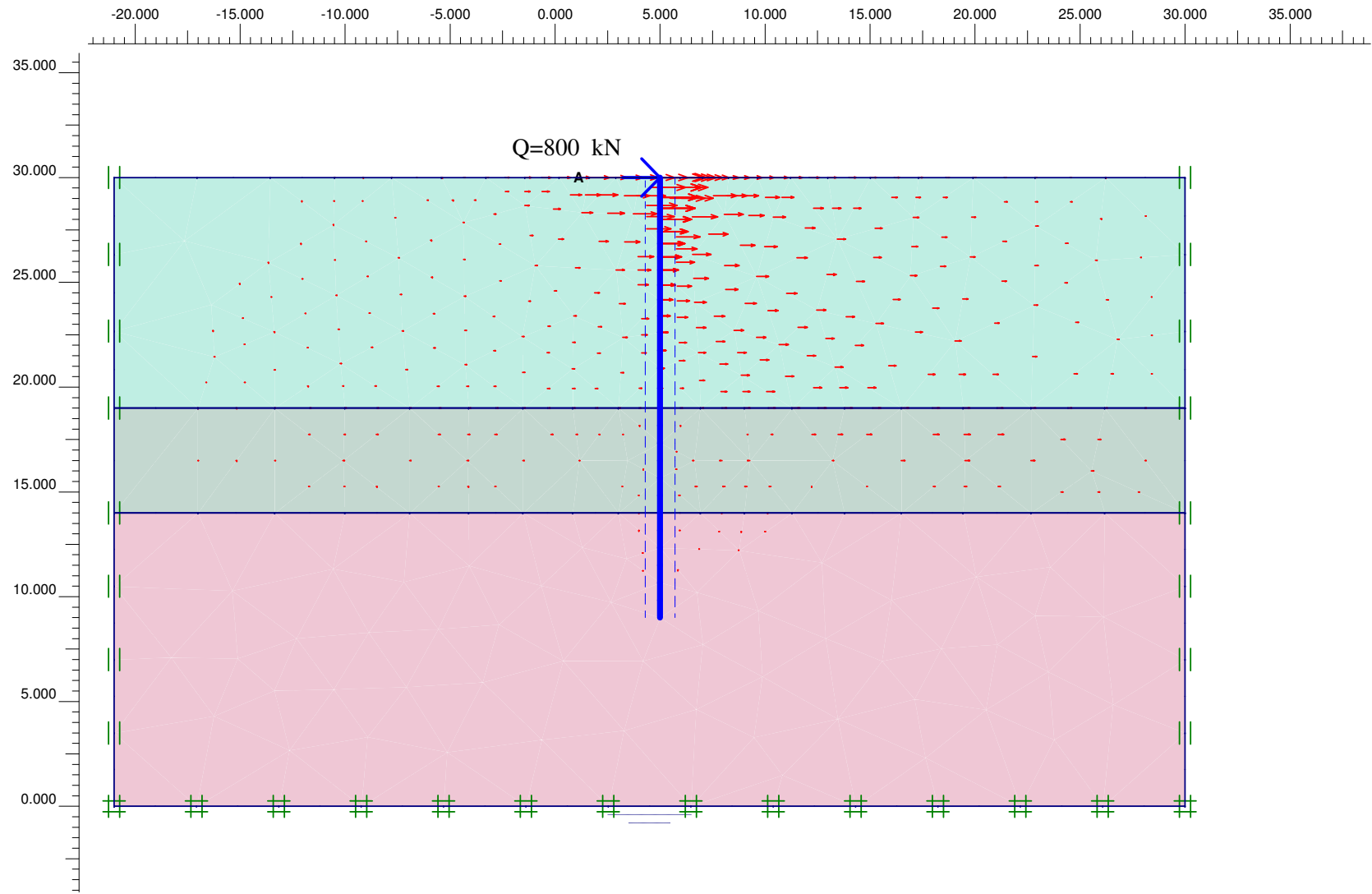








Horizontal displacements
Extreme horizontal displacement $37,54 \cdot 10^{-3} \text{ m}$



ÖZGEÇMİŞ

Kubilay SAVAŞERİ, 15.01.1973 yılında Konya'da doğdu. İlk öğrenimini İstanbul Beylerbeyi İlkokulunda, orta öğrenimini Beylerbeyi Lisesinde tamamladı. 1991 yılında İ.T.Ü. Sakarya Mühendislik fakültesine girdi. 1995 yılında üniversiteden mezun oldu. Halen bir inşaat firmasında üst yapı mühendisi olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.