

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DESTEKLİ DERİN KAZILARDA YAPILAN
İNKLİNOMETRİK ÖLÇÜMLER İLE SONLU
ELEMENLAR ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

İnşaat Mühendisi Elif ENGİN

**FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Geoteknik Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sönmez YILDIRIM

İSTANBUL, 2008

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DESTEKLİ DERİN KAZILARDA YAPILAN
İNKLINOMETRİK ÖLÇÜMLER İLE SONLU
ELEMENLAR ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

İnşaat Mühendisi Elif ENGİN

**FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Geoteknik Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Savunma Tarihi	: 20 Haziran 2008
Tez Danışmanı	: Prof. Dr. Sönmez YILDIRIM (YTÜ)
Jüri Üyeleri	: Prof. Dr. Kutay ÖZAYDIN (YTÜ)
	: Prof. Dr. Mete İNCECİK (İTÜ)

İSTANBUL, 2008

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	i
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. DESTEKLİ DERİN KAZILAR	3
2.1 Sığ ve Derin Kazılarda Kaza ve Göçme Nedenleri	4
2.2 Derin Kazıların Tasarımında Özen Gereken Hususlar	5
2.3 Arazinin Tanımlanması	8
2.3.1 Jeolojik Ön İnceleme	8
2.3.2 Arazi Keşif Çalışması	8
2.3.3 Zemin İncelenmesi	9
2.3.4 Laboratuar Deneyleri	11
2.3.4.1 Zeminlerde Yapılması Önerilen Deneyler.....	11
Krip Olasılığı.....	12
Paslanma Olasılığı	13
2.3.4.2 Kayalarda Yapılması Önerilen Deneyler.....	13
2.3.5 Son Yapılabilirlik Değerlendirmesi	14
2.4 İksa Sistemi Seçimi	14
2.4.1 Ağırlık Tipi Duvarlar	15
2.4.2 İçten Destekli Duvarlar	20
2.4.2.1 Donatılı Zemin Duvarlar	21
2.4.2.2 Zemin Çivili Duvarlar	23
2.4.3 Dıştan Destekli Duvarlar	26
2.4.3.1 Konsol Perdeler	26
2.4.3.2 Palplanş Perdeler	28
2.4.3.3 Ankrajlı Perdeler.....	30

Ankraj Tasarımının Genel Prensipleri.....	32
Çok Sıralı Ankrajlı Duvarların Tasarımı	32
3. DESTEKLİ DERİN KAZILARIN ALETSEL GÖZLEMİ.....	37
3.1 Genel Bilgiler	37
3.2 İnklinometre.....	39
3.3 İnklinometrenin Genel Özellikleri.....	39
3.4 İnklinometre Borusunun Yerleştirilmesi	41
3.4.1 İnklinometre Borusu	41
3.4.2 Borunun Yerleştirilmesi	42
3.5 Gözlemin Yapılması	44
3.6 İnklinometre Ölçümlerine Ait Hesaplamalar	45
3.7 Grafiklerin Çizdirilmesi.....	46
3.7.1 Artan Yerdeğiştirme Grafiği.....	47
3.7.2 Kümülatif Yerdeğiştirme Grafiği	47
3.7.3 Yerdeğiştirme –Zaman Grafiği.....	48
4. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ.....	49
4.1 Programın Genel Özellikleri.....	50
4.1.1 Noktalar	50
4.1.2 Çizgiler	51
4.1.3 Hücre	51
4.2 Programın Kullanımı	51
4.2.1 Kirişler	53
4.2.2 Mafsallar.....	54
4.2.3 Geotekstiller.....	54
4.2.4 Arayüzeyler	54
4.2.5 Ankrajlar	54
4.2.6 Sabitlemeler	55
4.2.7 Kuvvetler	55
4.2.8 Malzemenin tanımlanması.....	55
4.3 Plaxis Paket Programı İle Hesaplama Yapılması	58
5. İNCELENEN ÖRNEK: GÖZTEPE MEDİCAL PARK HASTANESİ DESTEKLİ DERİN KAZI İKSASI.....	60
5.1 Genel Bilgiler	60
5.1.1 İnşaat Alanı.....	60
5.1.2 Zemin Profili.....	61
5.1.3 Yeraltı Suyu Durumu.....	63
5.2 Derin Temel Kazısı ve İksa Sistemi	63
5.2.1 Plaxis Yazılımı ile İksa Sistemi Analizi	64
6. SONUÇLAR.....	73
KAYNAKLAR.....	76
EKLER	78

Ek 1	Zemin etüdü	79
Ek 2	İksa sistemi projeleri.....	105
Ek 3	Sonlu elemanlar yöntemi ile iksa sisteminin projelendirilmesi (Kesit 1).....	122
Ek 4	Sonlu elemanlar yöntemi ile iksa sisteminin projelendirilmesi (Kesit 4).....	146
Ek 5	Kesit 4 duyarlılık analizi – SA 2	161
Ek 6	Kesit 4 duyarlılık analizi – SA 3	165
Ek 7	Kesit 4 duyarlılık analizi – SA 4	169
Ek 8	Kesit 4 duyarlılık analizi – SA 5	173
Ek 9	Kesit 4 duyarlılık analizi – SA 6	177
Ek 10	Kesit 4 duyarlılık analizi – SA 7	181
Ek 11	Kesit 4 duyarlılık analizi – SA 8	185

ÖZGEÇMİŞ	189
-----------------------	------------

SİMGE LİSTESİ

A	Aktivite
A_s	Ankraj kesit alanı (m ²)
c	Zeminin kohezyonu
c_m	Mobilize olan kohezyon ($c_m = c / F_{cm}$)
C_U	Üniformluk sayısı
D_r	Relatif sıkılık
E	Toprak basıncı
E_m	Presyometre modülü
F_s	Güvenlik katsayısı
H	Duvar yüksekliği
I_C	Kıvam indeksi
I_L	Likidite indeksi
I_p	Plastisite indeksi
I_s	Nokta yükleme indeksi
k_s	Yatak katsayısı
L	İnklinometre ölçüm boyu
LI	Likitlik indeksi
N_{30}	SPT darbe sayısı
RDG	Sapma miktarı
RST	Büzülme, ısı nedeniyle oluşan kuvvetler
s	Çökme miktarı
s_u	Drenajsız kayma dayanımı
w	Doğal su içeriği
w_0	Başlangıç su içeriği
w_L	Likit limit su içeriği
w_n	Doğal su içeriği
w_p	Plastik limit su içeriği
μ	Sürtünme katsayısı
μ^*	Görünen sürtünme sayısı
α_Q	Zemin-enjeksiyon sıyrılma direnci faktörü
δ_h	Duvar tepesindeki yatay yer değiştirmesi
δ_o	Duvar arkasında yatay yüzey yer değiştirmesi
δ_v	Duvar tepesindeki düşey yer değiştirmesi

$\Delta\sigma$	Gerilme artışı
ϕ	Zeminin sürtünme açısı
ϕ_m	Mobilize olan sürtünme açısı ($\phi_m = \phi / F_{\phi m}$)
γ	Birim hacim ağırlığı
ν	Poisson oranı
σ'	Efektif gerilme
σ'_p	Efektif gerilme
σ'_v	Efektif örtü yükü
σ'_{v0}	Günümüz örtü yükü
σ'_{vc}	Kritik basınç veya önkonsolidasyon basıncı
θ	Algılayıcının uzun ekseninin düşeyle yapmış olduğu sapma açısı

KISALTMA LİSTESİ

FHWA Amerika Birleşik Devletleri Otoyollar İdaresi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Kazı dolayısıyla oluşan gerilme boşalması (Sağlamer,1986)	3
Şekil 2.2 Arazi etütleri için yapılacak sondajlar hakkında öneri (Sabatini, P.J., et al.1999)....	10
Şekil 2.3 Ağırlık tipi duvar tipleri	16
Şekil 2.4 Taş duvar yapımı	17
Şekil 2.5 Farklı modüler sistemler ile inşa edilen sandık duvarlar (FHWA, 2007)	18
Şekil 2.6 Gabyon duvarlara ait malzeme ve duvar tiplerine ilişkin farklı fotoğraflar (Phi Yapı, 2006).....	20
Şekil 2.7 Donatılı zemin duvarlara ait detaylar (Reinforced Earth Company, 2007)	22
Şekil 2.8 Zemin çivili duvarların yapım aşamaları (Byrne, R.J. et al., 1998)	24
Şekil 2.9 Zemin çivili duvar imalatının değişik aşamalarına ait fotoğraflar	25
Şekil 2.10 Zemin çivili duvar	26
Şekil 2.11 Konsol fore kazıklardan teşkil edilmiş iksa sistemleri.....	28
Şekil 2.12 Çelik palplanşlar ve palplanş duvarlar	29
Şekil 2.13 İstanbul’da ankrajlı perde ile desteklenen H = 42.0m derinlikte kazı çukuru (Taşyapı, 2007)	30
Şekil 2.14 Ankrajlı perdelerdeki göçme biçimleri (FHWA IF-99-015, 1999).....	34
Şekil 2.15 Terzaghi-Peck yanal toprak basıncı zarfları.....	35
Şekil 3.1 İnklinometre Ölçüm Seti	40
Şekil 3.2 İnklinometre aygıtı ile düşeyden sapmanın ölçümü.....	41
Şekil 3.3 İnklinometre borusunun detayları	42
Şekil 3.4 İnklinometre borusunun yerleştirilmesi.....	44
Şekil 3.5 İnklinometre prensibi ve hesaplamalar.....	46
Şekil 3.6 Artan yerdeğiştirme grafiği, (a) A yönünde, (b) B yönünde	47
Şekil 3.7 Kümülatif yerdeğiştirme grafiği, (a) A yönünde, (b) B yönünde.....	48
Şekil 3.8 Yerdeğiştirme - zaman grafiği (Graham, 1989)	48
Şekil 4.1 Plaxis genel ayarlar kontrol penceresi.....	52
Şekil 4.2 Plaxis genel ayarlar penceresi, analiz limitleri ve birimler	52
Şekil 4.3 Geometrik ve zemin modelinin tanımlandığı pencere	53
Şekil 4.4 Plaxis yazılımı geometri modülüne ait araç çubukları	53
Şekil 4.5 Malzeme parametrelerinin tanımlandığı ana pencere	56
Şekil 4.6 Zeminin mühendislik parametreleri	56
Şekil 4.7 Zemin mühendislik parametreleri	57
Şekil 4.8 Zemin-yapısal eleman etkileşiminin tanımlandığı arayüz ayarları	57

Şekil 4.9 Çubuk düzlem eleman sonlu elemanlar parametreleri	58
Şekil 5.1 Kazı sınırı ve çevre yapılar.....	61
Şekil 5.2 Kesit 1 İksa Kesiti	66
Şekil 5.3 Kesit 4 İksa Kesiti	66
Şekil 5.4 Çeşitli zeminlerde yapılan kazılarda gözlenen yatay deplasman duvar yüksekliği ilişkisine ait diyagram (Clough ve O'Rourke, 1990).....	67
Şekil 5.5 Kesit 1 bölgesinden ölçüm alan 1 nolu inklinometre	67
Şekil 5.6 Kesit 1 Gözlenen ve tahmin edilen yer değiştirmelerin karşılaştırması.....	68
Şekil 5.7 Kesit 4 bölgesinden ölçüm alan 3 nolu inklinometre	70
Şekil 5.8 Zemin parametrelerinin duyarlılık üzerine etkisi	70
Şekil 5.9 Kesit 4 Gözlenen ve tahmin edilen yer değiştirmelerin karşılaştırması.....	71
Şekil 5.10 Kesit 4 Duyarlılık analizleri ile inklinometre okumalarının karşılaştırılması.....	72

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Agresivite potansiyelinin belirlenmesi için yapılan deneyler ve kritik değerler (Byrne et al., 1998)	13
Çizelge 5.1 Dolgu tabakasına ait mühendislik parametreleri	62
Çizelge 5.2 Az kumlu siltli kil tabakasına ait mühendislik parametreleri	62
Çizelge 5.3 Kaya tabakasına ait mühendislik parametreleri	62
Çizelge 5.4 Kaya tabakasına ait mühendislik parametreleri	69

ÖNSÖZ

Yaptığım çalışmalar boyunca benden değerli yardımını ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım, değerli hocam, Sayın Prof. Dr. Sönmez YILDIRIM'a teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimim sırasında engin bilgilerini paylaşan ve bu tezin altyapısını inşa eden Yıldız Teknik Üniversitesi Geoteknik Anabilim Dalı öğretim üyelerine teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında her türlü desteği sağlayan başta Sayın İnş. Müh. İhsan MERT'e ve bu çalışma kapsamında vaka analizi olarak incelenen iksa yapısı ile ilgili bilgileri paylaşan TAŞZEMİN A.Ş. 'ye ve yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın gerçekleşmesi esnasında maddi, manevi tüm desteklerini gördüğüm aileme ve her zaman yanımda oldukları için dostlarıma teşekkür ederim.

İstanbul, Haziran 2008

ÖZET

Bu tez kapsamında destekli derin kazıların sonlu elemanlar yazılımı kullanılarak yapılan tasarımı ile inklinometre ile belirlenen iksa sisteminin deplasmanlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

Terzaghi ve Peck tarafından önerilen ve günümüzde yapılan araştırmalar ile de desteklenen destekli kazılara etkiyen toprak basıncı zarflarının kullanımı sonlu elemanlar analizi ile tasarımlarda kısmen terk edilmiştir. Sonlu elemanlar ile yapılan tasarımlarda toprak basıncı iksa sistemini oluşturan elemanların ve zeminin rijitliğine bağlı deformasyonlara göre mobilize olmaktadır. Sonlu elemanlar analizi yapan programlarda sükunetteki toprak basıncı katsayıları kullanılarak modellerin kazı öncesindeki yanal toprak basınçları belirlenirken yanal yer değiştirmeyi etkileyen poisson oranı ve elastisite modülüne bağlı olarak kazı sırasında mobilize olan yanal toprak basıncı hesaplanabilmektedir.

Zemin ve temel mühendisliğinde sonlu elemanlar yöntemi kullanarak analiz yapan bir çok program bulunmasına karşın Plaxis V8 paket programı en yaygın program olarak öne çıkmaktadır.

Bu tez kapsamında Plaxis V8 bilgisayar yazılımı kullanılarak derin bir kazının tasarımı yapılmıştır. Sonlu elemanlar analizlerinin kullanımının yaygınlaşmasına karşı sonuçlarının doğruluğu konusunda günümüzde azımsanmayacak kadar soru işareti bulunmaktadır. Gerek bu programlar ile yapılan tasarımların doğruluğunun belirlenmesi gerek tasarımdan bağımsız olarak derin kazı çevresinde oluşan deformasyonların ve hasarların belirlenmesi için kazı öncesinde iksa sisteminin aletsel gözlemi için bir plan yapılması günümüzde zorunlu olmuştur. Bu doğrultuda iksa duvarlarının yanal deplasmanlarının ölçümü için inklinometre tesis edilmesi en etkili gözlem yöntemi olarak ortaya çıkmıştır.

Tasarım sonrasında inklinometre ölçümlerinden yararlanarak tasarımı değiştirmek ve kazının iksa sistemine ve dolaylı olarak çevre yapılara etkilerinin incelenmesi olanaklı olmaktadır. Bu tez çalışmasında, tasarım aşamasında iksa sisteminde oluşması beklenen deplasmanlar ile inklinometre ölçüm sonuçları karşılaştırılmış ve söz konusu deplasmanların uyum içinde olduğu görülmüştür.

ABSTRACT

In this thesis, supported deep excavations are designed with the help of finite element software is studied. The results of the finite element code are compared with the displacements of the retaining wall obtained from in-situ inclinometer results.

The proposed method of Terzaghi-Peck lateral earth pressure envelope acting to the supported excavations are not used in designing with finite element codes. Lateral earth pressure comes out according to the elements used in wall and deformations related to soil rigidity in finite element calculations. Lateral earth pressures before excavation are obtained from lateral earth coefficient at rest. Moreover, lateral earth pressures mobilized during the excavation are calculated by the poisson ratio and elasticity values, which affect the lateral deformations in finite element software.

There are many finite element software used in geotechnical and foundation engineering, however, Plaxis V8 is one of the widely used programs.

Using PLAXIS V8 software, a supported deep excavation is modeled. Although finite element analysis is widely used in geotechnics, there are many questions about the reliability of the results. Whether used in verification of software or determining the lateral deformations, hazard level around the excavation independent from the analysis, planning of in-situ measurements become a restriction. Therefore, inclinometer installation is very efficient tool to detect lateral deformations.

Modifying the designs and calculating the effects of deformations to the structures near the excavations is possible by the help of inclinometer results. In this thesis, deformations that is predicted from finite element analysis and inclinometer measurements are compared. In conclusion, it is observed that results are in accordance with the in-situ measurements.

1. GİRİŞ

Derin kazıların desteklenmesinde uygulandığı bilinen en eski yöntem, M.Ö. 200' lü yıllarda çift sıra ahşap kazıklarla oluşturulan dairesel batardolar içerisinde köprü ayaklarının inşa edilmesidir. Bu yöntemde iki sıra kazık arasındaki boşluk kil ile doldurularak sızdırmazlık sağlanmıştır. 20. yüzyılın başlarına kadar da ahşap kazıklar benzer amaçlarla kullanılmış, daha sonra bu tarihlerden başlayarak sanayi devriminin bir sonucu olarak hızlı bir kentleşme yaşanmıştır.

Özellikle eski ve büyük şehirlerdeki mevcut yapı stokunun yetersizliği, tarihi yapıların korunması gereği, arazi maliyetlerinin yüksek oluşu, nüfus artışı gibi sebeplerden dolayı iskan ve ulaşımda gün geçtikçe problemler ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde olduğu gibi, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ekonomik güce bağlı olarak yüksek katlı yapıların inşasının yanında yeraltında birden fazla bodrum kata sahip binaların, metro istasyonlarının, yer altı depolarının, otoyolların, yer altı raylı sistemlerinin inşasında niceliksel ve niteliksel gelişmeler yaşanmaktadır. Yer altı yapılarının inşasında yaşanan bu gelişmeler mülki idarelerin sağladığı izinler ile kazı ve iksa makinelerindeki teknolojik gelişim ve derin kazıların ekonomik ve güvenli inşa edilebilmesi için gereken bilgi düzeyine ulaşılması ile mümkün olmuştur.

Zemin ve temel mühendisliğindeki gelişmeler genelde teorinin uygulamayı izlemesi ile gerçekleşmiştir. Bu durum Çinli mühendislerin köprü ayağının temel inşaatı için iki sıra ahşap kazık arasında kil dolgu kullanarak yaptığı, mühendislik tarihinin en eski iksa sistemi olarak bilinen, dairesel batardolar inşaatından beri geçerlidir.

Başarılı uygulamaların davranışının irdelenmesi, arazi ve laboratuvar deneyleri ile uygulamanın modellenmesi ve araştırma sonuçlarının tartışılması gelişimin değişmez algoritması olmuştur. Bu kapsamda, derin kazıların davranışının belirlenmesinde başlıca iki etken bulunmaktadır. Söz konusu etkenler iksa perdesinin yaptığı deplasmanlar ile iksa duvarı arkasında gerçekleşen oturmalar. Sızdırmazlık, dayanıklılık, kazı tabanındaki kabarmalar, yapım yöntemi, maliyet gibi hususlar tasarım amaçlarına ve konumuna göre önem kazanan diğer etkenler olarak sıralanabilecektir.

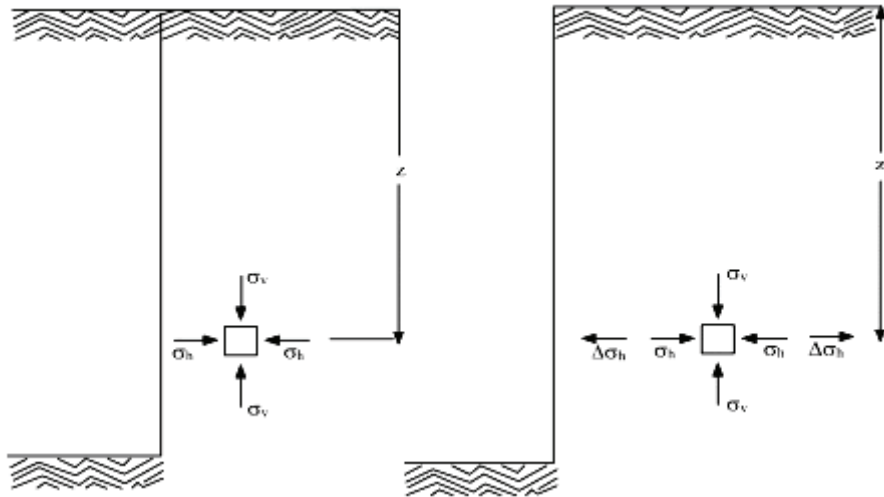
Derin kazıların aletsel gözlemi yapılarak tasarım ile uygulamanın uyumu, varsayımların doğruluğu ve tasarım güvenliği gözlem süreci boyunca denetlenebilmektedir. Ayrıca, yapının ilerleyen aşamalarında yapılan ölçümlerle zemin bloğunda saptanan ve beklenenden farklı deplasmanlara bağlı olarak tasarımda uygun düzeltmelerin yapılması her ölçüm safhasında gerçekleştirilebilmektedir.

Günümüzde, derin kazılarda çok kapsamlı aletsel gözlem sistemleri kurulabilmektedir. İksa duvarlarındaki deplasmanların kazı derinliği boyunca gözlenmesi ve teknik açıdan en yararlısı inklinometreler ile yapılan ölçümlerdir. Bu tezin kapsamında da inklinometrik gözlemlerin gerçekleştirildiği bir destekli derin kazı tasarımı incelenmektedir. Bu tez çalışmasının ikinci bölümünde destekli kazılar konusuna kısaca yer verilmiş, üçüncü bölümünde ise destekli kazılardaki aletsel gözlemler konu edilmiştir. Bu bölümleri izleyen dördüncü bölümde sonlu elemanlar sistemine ilişkin özet bilgilere yer verilirken beşinci bölümde Göztepe Medikal Park Hastanesinin fore kazık ankrajlı iksa sistemi vaka analizi olarak incelenmiştir. Son olarak, altıncı bölümde destekli kazılarda inklinometrik gözlemlerden elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirilmiştir.

2. DESTEKLİ DERİN KAZILAR

Herhangi bir kazının derin veya sığ olarak nitelendirilmesi sübjektif bir kavram olarak günümüze kadar gelmiştir. Kazı uygulamaları hakkında yayımlanan CIRIA raporuna göre kazı derinliğinin 6.0m'den fazla olduğu kazıların derin kazılar olarak kabul edilebileceği ifade edilebilecektir (Irvine D.J., Smith R.J.,1992). Zira, 6.0m'den derin kazılarda ortaya çıkan risklerin sığ kazılardan çok fazla olduğu görülmüştür.

Risk faktörünün yanı sıra zemin içindeki gerilmeler göz önüne alındığında da kazı derinliğinin 6m'den büyük olduğu kazılar derin kazılar olarak nitelendirilmektedir (Terzaghi ve Peck, 1967, Tomlinson, 1987). Bunun nedeni zeminin, yüzeye yakın bölgelerde daha az homojen olması ve zemin mukavemeti ile yeraltı su seviyesinin mevsimlere göre çok değişken olması sonucu yatay toprak basıncı dağılımının çok farklılık göstermesidir. Derin kazı yapıldığında zemin veya kaya birimde yapılan bir kazı sonrasında kazı şevi doğal yatay desteğini kaybetmekte, kazının derinleştirilmesi ve dikleştirilmesi ile birlikte kazı şevinde gerilme dengesi değişmekte ve sonuçta oluşan kayma gerilmeleri zemin/kaya birimin kayma dayanımını aşarak kayma göçmesi oluşmaktadır. Kazı şevlerinin yatırılararak yeterli güvenlikle kazı yapılmasının mümkün olmadığı durumlarda kazılan malzemenin sağladığı dirence sahip destekleme sisteminin inşaatı zorunlu olmaktadır. Bununla birlikte yapılacak destekleme sistemi düşey yönde oluşan gerilme kaybını dengeleyemez.



Şekil 2.1 Kazı dolayısıyla oluşan gerilme boşalması (Sağlamer,1986)

Mevcut zemin dengesi bozulacağı için duraylılığı sağlamak adına geçici ya da kalıcı destek sistemleri kullanmak gerekecektir. Derin kazılar yer altı suyu denge durumlarını değiştirir ve böylece mevcut komşu yapıları önemli ölçüde etkiler. Derin kazı yapılması planlanan sahanın geoteknik etüdünün yapılarak zemin özelliklerini çok hassas ve ayrıntılı şekilde belirledikten ve komşu yapıların konumlarına bağlı olarak yanal toprak basıncı değerleri hesaplandıktan sonra gerekli iksa sisteminin seçimi yapılır.

2.1 Sığ ve Derin Kazılarda Kaza ve Göçme Nedenleri

Kazı işlerinde en çok yapılan hata sığ kazıların güvenli olduğu yaklaşımıdır. Çoğu ölümlü fazla sayıda sığ kazı kazaları kayıtlarda bulunmaktadır. Sığ kazılarda oluşan kazalara neden olarak, desteksiz kazı yapılması, destek tesisi öncesinde çalışma yapılması, yetersiz destek kullanılması, açık kazı şevlerinin duraylı olmaması ve güvensizce makine kullanılması gibi nedenler sayılabilir.

Derin kazıların göçmesi için her zaman yapısal göçmeye gerek bulunmamakta, bunun yanında zemin ve iksa sisteminin aşırı deformasyon yapması, yer altı suyunun uzaklaştırılamaması ve iksa sisteminin dayanıklılığının zaman içinde yetersiz duruma ulaşması hallerinde göçme durumuna erişilmektedir. Derin kazıların göçme sebepleri aşağıda sıralanarak özetlenmiştir (Puller M.J., Sevenoaks K., 2003).

1. Açık kazılarda;
 - a. Yetersiz zemin etüdü dolayısıyla, zemin profilinin homojenliği, zemin/kaya parametreleri ve yer altı suyu durumu için optimist tasarım yapılması,
 - b. Komşu yapıların oturmaları hakkında duyarsız kalınması,
 - c. Tasarımcı ve yüklenicinin ayrışmanın ve zaman etkenlerinin zemin dayanımı üzerindeki etkisinin dikkate alınmaması
2. Destekli kazılarda;
 - a. Yetersiz zemin etüdü dolayısıyla, zemin profilinin homojenliği, zemin/kaya parametreleri ve yer altı suyu durumu için optimist tasarım yapılması,
 - b. Yapısal yetersizlik
 - c. Tasarımcı ve yüklenici arasındaki koordinasyon bozukluğu
 - d. Tasarımcının, yüklenicinin bilgi-beceri, ekipman ve benzerlerinden oluşan kapasitesini takdir edememesi
 - e. Tasarımcının iksa sisteminin ve desteklenen zemin kütlesindeki deformasyonları değerlendirememesi,
 - f. Yüklenicinin zemin ve kaya ortamdaki değişkenliği ve bunun doğuracağı

- sonuçları takdir edememesi,
- g. İksa sistemi üzerinde ek sürşarj tesis edilerek sistemin aşırı yüklenmesi
- h. Kötü işçilik

Sowers ve Sowers'ın deneyimlerine göre ankrajlı palplanş perdelerde ve destekli kazılardaki göçmelere modern toprak basıncı teorilerindeki yetersizlikler pek az sebep olmaktadır (Sowers G.B., Sowers G.F., 1967). İksa sistemindeki göçmelere, çoğu kez ile, geri dolgu yüklerinin açıkça göz ardı edildiği, toprak basıncının artmasına neden olan inşaat eylemlerinin yapıldığı, paslanma-dayanıklılık kaybı oluşması ve ayrıntıların kötü tasarlanması durumlarında karşılaşılmaktadır.

Destekli derin kazıların tasarımında, öncelikle, inşaat aşaması olarak tanımlanabilecek olan kısa dönemde göçmeye karşı yeterli güvenlik sağlanmalıdır. Bu aşamada iksa sisteminin tasarımı, inşaat yöntemi ile doğrudan ilişkilendirilmelidir. Ayrıca, iksa sisteminin görev yapacağı dönem içinde göçmeye karşı projelendirilmesi gerektiği açıktır. Diğer bir deyişle inşaat aşamalarının, çoğu zaman için iksa sisteminin son durumundan daha olumsuz durumları ortaya koymakla birlikte her iki aşamayı yeterli duyarlılık ile gözönüne almak gerekmektedir. Bununla birlikte, iksa sistemi kısa ve uzun dönemde çevre yapılar da yapısal hasarlara veya bu yapıların servis görmelerini engelleyici bir durum oluşturmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Özellikle kentsel alanlarda kazı yapılması işi, yapım yöntemi, yatay destek kuvvetleri, taban duraylılık, zemin deformasyonları, yer altı suyunun denetimi ve komşu yapılar ile olan etkileşim gibi karmaşık konularda analiz yapılmasını ve kararlar alınmasını gerektirmektedir. Bunun sonucunda zemin ve temel mühendisliği içinde derin kazı mühendisliği başlı başına bir uzmanlık alanı olmuştur.

2.2 Derin Kazıların Tasarımında Özen Gereken Hususlar

Kazı, ortamda bulunan su ve zemin kütlelerinin kaldırılmasıdır. Bu sırada eğer yer altı su seviyesi kazı taban kotunun üstünde ise su ortamdan uzaklaştırılmalı veya kazı taban kotunun altına indirilmelidir. Toplam gerilme davranışını sınırlayan herhangi bir önlem yoksa ve su ortamdan uzaklaştırılmış ise zemin kütlesi kaldırılırken etraftaki zemin hareket edecektir. Kazının güvenli bir şekilde yapılabilmesi çevre bina ve yapılar da herhangi bir duraylılık kaybı ve yapısal hasar oluşmaması ve inşaat aşamasına yardımcı olmak amacıyla kazının bir iksa

sistemi ile desteklenmesi gerekmektedir. Kazı esnasında oluşacak zemin hareketlerine ilişkin tasarım aşamasında yapılacak çözümlerde göz önünde bulundurulması gereken hususlar şunlardır:

- Yapılacak kazının boyutları ve derinliği
- Kazının gerçekleşeceği yerin zemin özellikleri
- Yer altı su seviyesi
- Uygulanması düşünülen iksa sistemi
- Kazı çevresinde bulunan komşu bina ve yapılar
- Kazı üzerinde oluşması beklenen sürşarj yükleri
- Yapımı planlanan yapının inşaat süresi

İksa sistemi belirlenirken ilk önce göz önünde bulundurulması gereken etkenler kazı derinliği, boyutları, yer altı su seviyesinin durumu ve inşaatın bitirilmesi düşünülen zamandır. Kazı derinliğinin ve kazı yanal boyutlarının büyük olduğu kazılarda eğer inşaat süreci de uzun olaksa zeminde oluşması beklenen deplasmanlarda büyük olacaktır. Buna göre önerilen çözümlerin ilk önce bu durumlar gözönüne alınarak ekonomik ve güvenli ama aynı zamanda beklenmedik durumlar için ek limitler ve güvenlik sayıları içeren yaklaşımlar olmalıdır.

Seçilen iksa sisteminin rijitliği kazı esnasında oluşacak deplasmanlar ile doğrudan ilintilidir. Sistemin rijit olması halinde deplasmanlar sınırlandırılacak ancak kesit tesirleri kabul edilebilir seviyelerin üzerine çıkacaktır. Esasen sistemin rijitliğinin tanımı imal edildiği zemin/kaya ortamının rijitliği ile ilgilidir. Zira, kaya ortamda deplasman oluşmasına izin vermeyecek rijitlikteki bir iksa sistemi çok yumuşak kil ortamda aşırı deplasmanlara izin verebilecektir.

Eğer seçilen iksa sisteminde çok büyük kesitler, çok ağır donatılar ve çok sık aralıklar seçilir ise sistem çok rijit olmasına karşılık bu tasarımın ekonomiklik koşulu ile ters düşeceği ve uygulamada da büyük zorluklarla karşılaşılacağı unutulmamalıdır.

Sistem rijitliği sadece oluşan deplasmanlar ile karşılaştırılmamalıdır. Benzer ortamlarda, yapım yöntemine bağlı olarak daha düşük deplasmanlar elde edilebilmektedir. Örneğin; fore kazıklı ve ankrajlı bir iksa sisteminde fore kazıkların yapımından sonra yapılacak kademe kazılarının anolar halinde yapılması ve ankrajların vakit kaybedilmeksizin proje yüküne gerilmesi halinde deplasmanlar en aza indirilebilecektir.

Bir kazı, zemin ortamı içindeki gerilme durumunda değişikliğe neden olur bu durum kazı

çevresindeki komşu yapılarda deplasmanları etkilediği kadar komşu yapılar da zemin gerilmelerine ve iksa duvarına etkiyen yüklere etki eder. İksa sistemine komşu yapıların kazıya uzaklıklarına göre yapılacak çözümlerde bina yükleri sürşarj yükü olarak hesaba katılmalıdır. Aynı zamanda kazı yakınlarında bulunan çevre yollarda da ağır bir trafik mevcut ise yine bu trafik yükü de sürşarj yükü olarak hesaba etki ettirilmelidir.

Sonuç olarak; derin kazıda iksa sistemi seçilip gerekli hesaplamalar yapılırken çevre bina ve yapılara zarar vermeyecek, güvenli bir çalışma ortamı hazırlayacak, zemin suyunu kontrol altına alacak, oluşacak deplasmanları minimuma indirecek ekonomik bir çözüm göz önüne alınmalıdır.

Özellikle eski ve büyük şehirlerdeki mevcut yapı stokunun yetersizliği, tarihi yapıların korunması gereği, arazi maliyetlerinin yüksek oluşu, nüfus artışı gibi sebeplerden dolayı iskan ve ulaşımda problemler ortaya çıkmaktadır. Artan gereksinimlere yanıt verebilmek adına daha önce yapılması teknik ve maliyet açılarından olası görülmeyen derin kazıların yapılması gündeme gelmiştir. Bu tip derin kazılarda yukarıda sıralanan parametreler özenle analiz edilmeli ve tasarım yapılmalıdır. Buna göre uygulanması gereken adımlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Arazinin geoteknik mühendisliği açısından tanımlanması ve uygun zemin etütlerinin planlanması,
- Zemin etüt raporları incelenerek zemin parametrelerinin belirlenmesi,
- Kazı derinliğinin ve boyutlarının belirlenmesi,
- Çevre bina ve yapılarının tiplerinin, kazıya olan uzaklıklarının ve boyutlarının belirlenmesi,
- İksa sisteminin seçilmesi,
- Gerekli çözümlerin yapılarak projenin tamamlanması,
- Bilgisayar programları sonucunda elde edilen deplasmanlar ile yapım sırasında ölçülen deplasmanların karşılaştırılması,
- Gerçek ölçümler ışığında iksa tasarımında değişiklik yapılması,
- Değişiklikten sonra da imalat bitinceye kadar saha gözlemlerinin devam ettirilmesi, gerekirse yeni değişikliklerin tekrarlanması.

Sahada zemin hareketlerinin denetimi çevre bina ve yapılarda yapısal hasar oluşmasını önlemek ve güvenli bir çalışma ortamı hazırlamak açısından çok önemlidir. Bunun için bu denetim yapacak gerekli araçların inşaat sahasında kritik kesitlere önceden yerleştirilmesi

gerekmektedir. Böylece meydana gelebilecek herhangi bir tehlikeli hareket ile ilgili önceden fikir sahibi olunup projede gerekli iyileştirme çalışmaları yapılabilir.

2.3 Arazinin Tanımlanması

İksa yapılarının kabul edilebilir maliyetle güvenilir olarak tasarlanması için mevcut sahanın fiziksel özelliklerinin, zemin profilindeki tabakalaşma durumunun, yeraltı suyunun durumunun ve zemin-kaya ortamının özelliklerinin bilinmesi gerekir. Zemin etüt çalışmalarının sınırları belirlenirken, duvar arkasında çivilerin etkileşime gireceği zemin ile duvar önünde kazı yapılacak zeminin de özellikleri belirlenmeli, kesitler üzerinde çalışılmalı, ortamın tabakalaşması her iki doğrultuda (duvar boyunca ve duvara dik) belirlenmelidir.

Araştırma, sahanın jeolojisi, arazi gözlemleri ile arazi ve laboratuvar deneylerinin bir bütünü olarak göz önüne alınmalıdır. Araştırmanın amacı iksa sisteminin yeterli güvenlikle ekonomik olarak tasarlanması ve inşa edilmesi için gerekli bilgilerin sağlanmasıdır.

Duraylılık, dayanıklılık ve sınırlı duvar deformasyonları iksa duvarının tasarımında öncelikli olarak göz önüne alınan etkenlerdir. İksa sisteminin tasarımı ve inşaatı evreleri içinde en önemlisi sözü edilen aşamalara bilgi sağlayan arazi araştırmaları evresidir. Tüm önemli dayanma yapılarında olduğu gibi yatay destekli-ankrajlı duvarların da tasarımı iyi yetişmiş tecrübeli geoteknik ve yapı mühendislerince yapılmalıdır.

Tavsiye edilen arazi araştırmaları aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır.

2.3.1 Jeolojik Ön İnceleme

Bu kapsamda, yapılacak arazi etütlerine başlanmadan önce arazide incelemelerin yapılması, mevcut jeoloji haritalarının, hava fotoğraflarının ve daha önce yazılmış geoteknik raporların değerlendirilmesi gerekmektedir.

2.3.2 Arazi Keşif Çalışması

Bu amaçla, ankrajlı sistemlerde de uygulanması önerilen sondaj vaziyet planı Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

- Arazi enkesitleri için sınırların ve enkesitlerin ne kadar arayla hazırlanacağını belirlenmesi. Bu aşamada topoğrafyanın ani değişkenlikler gösterdiği yerlerde daha sık olmak üzere 10m-20m arayla kesitler hazırlatılmalıdır. Tasarım aşamasında arazideki tüm kritik durumların incelenmesi açısından en ve boy kesitler önemlidir.
- İnceleme ve yapım için gerekli ekipmanların sahaya ulaşımının ne şekilde sağlanacağını

belirlenmesi ve özellikle imceleme ekibi ayrıntılı krokinin hazırlanması.

- Yüzeysel drenaj açısından, mevcut sızıntı ve bitki örtüsü karakterinden yararlanılarak yeraltı suyu koşullarını tahmin etmek. Çevrede olabilecek drenaj yapılarında, ortamın pas yaratma olasılığı olup olmadığına dair belirtiler aramak.
- İnceleme alanının topoğrafik özelliklerinin, arazi eğimlerinin ve kaya mostralarının belirlenmesi. Çevredeki kazı ve şevlerinin incelenerek zemin tabakalaşması ile ilgili olarak bilgi edinilmesi.
- Etüt ve inşaat sırasında etkilenebilecek her türlü yapının belirlenmesi (kullanılan veya terk edilmiş yapılar, elektrik-su-doğal gaz hatları vb.).
- Mülkiyet sınırının aşılp aşılmaması durumunun belirlenmesi. Geçici ve kalıcı istimlâk veya satın alma – kiralama bedellerinin hesaplanması.
- İnceleme alanında ve çevresindeki alanlarda yapılmış incelemelerin gözden geçirilmesi.

2.3.3 Zemin İncelenmesi

Zemin incelemesinin kapsamı sahanın ve kazının büyüklüğü ile proje alanındaki zemin profilinin karmaşıklığı ve yakın çevredeki yapılar için yapılan projeksiyonun ayrıntılarına bağlıdır. Kapsamlı zemin incelemesinin yapılmasına gerek duyulan işlerde inceleme iki aşamada yapılmalıdır. Ön aşamada, kısıtlı sayıda görece geniş aralar ile yapılacak zemin araştırma sondajları ile zemin koşullarını genel olarak belirlemek ve sorunlu alanların belirlenmesi olasıdır. Ön çalışmaların sonucunda tasarım için gereken bilgilerin elde edilebilmesi için ikinci aşama olarak da tanımlanabilecek ayrıntılı bir inceleme planı yapılabilecektir. İnceleme programının kapsamı belirli standartlara, şartnamelere veya tasarımdaki kalıcı yapıların özelliğine bağlı olarak objektif kriterlere dayandırılabilir.

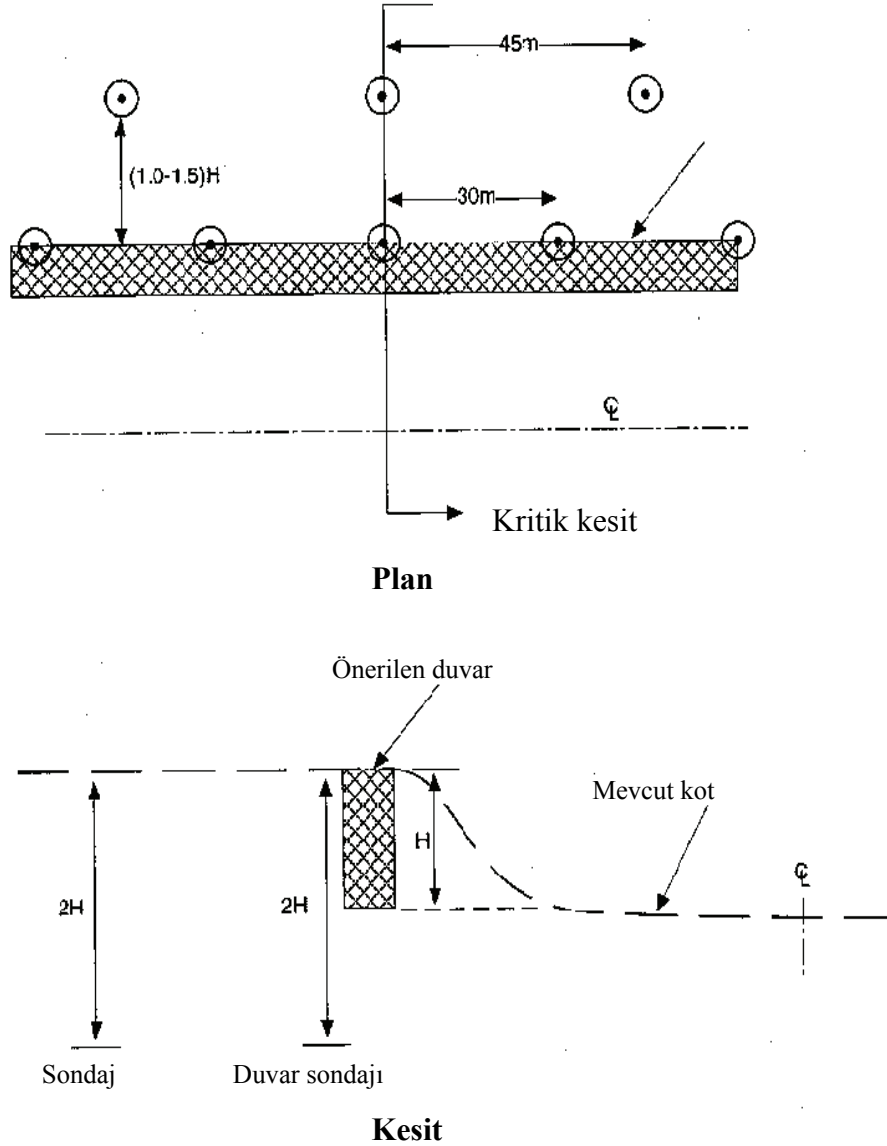
Zemin incelemelerinin, zemin-kaya tabakalaşmasını detaylı tanımlayacak, iksa sistemi analizlerinin yapılabileceği enkesitler oluşturabilecek, zeminin mukavemetinin belirlenmesi ve etkili drenaj sisteminin oluşturulabilmesi için gereken bilgileri sağlayacak yeterlilikte olması gerekir.

Eğer saha şartları izin verirse, inceleme kapsamında ters kepçe ile araştırma çukurları ve ufak deneme şevleri açılarak kazının duraylılığı gözlenmelidir. Bu tip araştırma çukurları ve deneme şevleri özellikle inşa edilebilirliğin tayini açısından hızlı ve ucuz bir yöntemdir.

Sahada yapılacak sondajların tipi, sayısı ve yerleri geoteknik mühendisi veya uzmanlık alanı mühendislik jeolojisi olan jeologlarca tayin edilmelidir. Ancak, genel olarak izlenmesi tavsiye edilen inceleme programı aşağıda belirtilmiştir.

- Duvar boyunca yaklaşık 30m-50m aralıklarla sondaj yapılmalıdır. İksa sisteminin yatay

elemanları (öngermeli ankraj-çivi gibi) ile etkileşim içinde bulunan bölgenin değerlendirilebilmesi için duvarın arkasında 45m aralıklarla ve planda duvardan uzaklığı duvar yüksekliğinin 1.0-1.5 katı kadar bir mesafede, bu bölgenin eğimli olması halinde duvar yüksekliğinin 1.5-2.0 katı mesafede sondajlar yapılmalıdır. Ayrıca önemli kesimlerde zemin-kaya stratigrafisinin tespiti için duvar önüne de, duvar yüksekliği kadar kazı sınırı içinde, sondaj yapılması tavsiye edilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Arazi etütleri için yapılacak sondajlar hakkında öneri (Sabatini, P.J., et al.1999)

- Sondaj derinliği sondaj sırasında karşılaşılan ortamın bir fonksiyonu olmakla beraber ana kayanın makul derinliklerde olması halinde blok-kaya ayrımının yapılabilmesi ve kayanın tanımlanabilmesi için minimum 3.0m karot alınması gerekir. Duvar ve çivi sondajlarının minimum boyu, duvar tabanından itibaren duvar yüksekliği kadar aşağıya inilecek şekilde planlanmalıdır. Ancak kaya ortama daha sık derinliklerde rastlanması halinde kayada 3.0m karot alınarak sondaj tamamlanmalıdır.

- Sondajlar sırasında her 1.5m derinlikte Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapılmalı, alınan örnekler görsel teşhis, sınıflandırma ve testlerin yapılması için laboratuara gönderilmelidir. Zayıf birimlerle karşılaşılması olasılığı olan zeminlerde sürekli SPT numuneleri alınması tavsiye edilir. Kohezyonlu zemin içinde ilerlenen sondajlarda her 1.5m-3.0m'de örselenmemiş (UD) tüp numuneler alınmalı ve arazi deneyleri yapılmalıdır. Sondajları takiben statik su seviyesi belirlenmelidir. Sondajlar sırasında kullanılan aletlerin, sondaj makinesinin, muhafaza borusunun özellikleri ve sondaj kuyusunun stabil kalıp kalmadığı, hangi derinlikte göçtüğü not edilmelidir. En az bir duvar sondajı ve bir çivi sondajı uzun dönem yeraltı su seviyesinin okunabilmesi için yeraltı suyu gözlem kuyusuna çevrilmelidir.
- Test çukurlarının ve şevlerinin yaklaşık olarak 7.0m-8.0m uzunluğunda 2.0m-2.5m yüksekliğinde en az 3-4 gün açık bırakılması tavsiye edilir. Kazı günlük olarak incelenmeli, stabil kalma koşulları (hava durumu, sızıntı suları vb.) kaydedilerek fotoğraflı raporlar tutulmalıdır. Şev veya çukurun uzun aksı öngörülen duvarın önünde duvara paralel olacak şekilde planlanmalıdır. Rezidüel zeminlerde, önemli çatlak sistemlerinin karakteristik özelliklerinin belirlenmesi için çatlak haritalaması yapılmalıdır.

2.3.4 Laboratuvar Deneyleri

Deneylerin ana amacı, birim ağırlığın ve zemin-kaya ortamı dayanımının gerçekçi parametrelerle ifade edilmesidir. Atterberg limitleri, dane çapı dağılımı gibi özelliklerin belirlenmesi ve öngermeli ankraj veya zemin çivisinin uygun olup olmadığını saptamakta yardımcıdır.

Geoteknik mühendisi yapılacak deneyin sayısı ve cinsini, yapının önemini, saha koşullarını yerel deneyimine göre belirler. Zemin ve kaya ortamlarda uygulanması tavsiye edilen deneyler aşağıda verilmiştir.

2.3.4.1 Zeminlerde Yapılması Önerilen Deneyler

Sondajlardan çıkarılan tüm zemin numuneleri sahada ve laboratuarda gözle incelenmeli ve tanımlanmalıdır. Sahayı temsil eden numunelerin su muhtevası belirlenmelidir. Ayrıca kohezyonsuz zeminlerde elek analizi ve hidrometre deneyleri yapılarak ortamın dane çapı dağılımı belirlenmelidir. Granüler zeminlerin birim ağırlığı SPT darbe sayısına bağlı olarak korelasyonlarla veya geleneksel kum konisi ve lastik balon yöntemleriyle elde edilebilir.

Kohezyonlu zeminlerde toplam birim ağırlık tüm numunelerden yapılan deneylerle, drenajlı ve drenajsız kayma dayanımı parametreleri üç eksenli deneylerle elde edilir. Kayma dayanımı yerel deneyimlerle ve arazide yapılan Vane deneyi ile desteklenebilir. Rezidüel zeminlerde kritik çatlak yüzeyleri modellenerek direkt kesme deneyi yapılmalıdır. İnce daneli zeminlerin donma ve şişme olasılıkları değerlendirilmelidir.

Krip Olasılığı

Atterberg kıvam limitleri killi zeminlerin tanımlanmasının yanında hem öngermeli ankraj veya zemin çivisinin uygulanabilirliği hem de uzun dönem potansiyel krip olasılığının belirlenmesi için kullanılır. Öngermeli ankraj ve zemin çivisi organik zeminlerde, Likitlik İndeksi $LI > 0.2$ 'den büyük olan zeminlerde ve drenajsız kayma mukavemeti 50 kN/m^2 'den düşük zeminlerde, uzun dönem krip davranışının değerlendirilmesi için krip deneyi yapmadan, kullanılmamalıdır.

Likitlik indeksi aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$LI = \frac{w - w_p}{w_L - w_p} \quad (2.1)$$

- w_L : likit limit su içeriği
- w_p : plastik limit su içeriği
- w : doğal su içeriği

Uzun süreli statik yükleme sonrasında ankraj veya çivi kök bölgesinde krip oluşabilir. Bu durumda deformasyonlar duvarda veya komşu yapıda istenmeyen hareketleri oluşturmayacak şekilde planlanmalıdır. Krip teorik olarak ankraj ve çivinin üç bileşeninden gelişir.

- 1) Ankraj ve çivi kök bölgesini çevreleyen zeminin zamana bağlı ikincil sıkışmasıyla oluşan krip
- 2) Kök bölgesindeki enjeksiyonun kripti
- 3) Çelik malzemelerin; tendon ve bağlantıların kripti

Pratik olarak son ikisinin tasarım yükü üzerine etkisi çok düşüktür. Ancak, tasarımcının krip kavramını önemsemesi ve krip ölçümlerinin sürekli şekilde yapılması önerilecektir.

Uygulamada, kümülatif ankraj-çivi yer değiştirmesi – log zaman grafiği çizildiğinde her yükte lineer davranış gösterir. Kısa süreli arazi deneyi sonrasında toplam krip oranı her log zaman çevrimindeki (6-60 dak) deplasman, 2.0 mm 'yi aşması uygulama açısından kabul edilemez. Bu tür aşırı krip oranı ile yumuşak kıvamdaki kohezyonlu zeminlerde karşılaşılmakta olup bu oran zemin göçene kadar artma eğilimi gösterir. Krip oranının sınır değerler civarında olması

halinde uzun dönem davranışı daha doğru belirlemek için uzun dönem krip deneyleri yapılarak servis süresi boyunca yapacağı deformasyon hesaplanabilir.

Paslanma Olasılığı

Özellikle saha incelemeleri sırasında çevre yapılarda paslanma belirtileri gözleniyorsa, zemin örnekleri üzerinde zararlılık deneyleri yapılmalıdır. Elektriksel rezistivite, pH, Klor, Sülfat değerlerinin belirlenmesi için yapılan deneyler sıradan basit deneyler olarak kabul edilmektedir. Genel olarak, elektriksel rezistivitesi 5000 ohm-cm'den büyük ve pH oranı 5 ile 10 arasında olan zeminler zararlı olmayan zeminler olarak tanımlanır ve ek paslanma deneylerine gerek yoktur. Eğer elektriksel rezistivite 2000 – 5000 ohm-cm arasında ise sülfat ve klorit deneyleri gereklidir. Bu üç unsurun belirlenmesi için yapılan deneyler ile elde edilen değerlerin hangi aralıkta kritik olduğu aşağıda Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Agresivite potansiyelinin belirlenmesi için yapılan deneyler ve kritik değerler (Byrne et al., 1998)

Özellik	Yapılan Deney	Kritik Değerler
Rezistivite	ASTM G57, AASHTO T-288	< 2000 ohm-cm
pH	ASTM G51, AASHTO T-289	< 5
Sülfat	ASTM D516M, ASTM D4327	> 200 ppm
Klorit	ASTM D512, ASTM D4327, AASHTO T-291	> 100 ppm

2.3.4.2 Kayalarda Yapılması Önerilen Deneyler

Kaya ortamın özellikleri ve kütlenin tüm mukavemetini kontrol eden süreksizlikler daha çok saha çalışmaları ile belirlenir. Kaya özelliklerinin belirlenmesi laboratuvar ve arazi deneyinde elde edilen ve aşağıda sıralanan verilere bağlıdır.

- Kaya kütlenin yapısı ve örtü kalınlığı
- Kaya cinsi
- RQD değeri
- Çatlak genişliği ve yönü
- Tabakalaşma

- Kaya dayanımı
- Çatlaklardaki su basıncı

2.3.5 Son Yapılabilirlik Değerlendirmesi

Saha çalışmaları ve bunları izleyen gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri ile yeterli güvenlikle başarılı bir tasarım yapıp yapılamayacağı belirlenebilir. Bu çalışma zemin şartlarının iksa sisteminin düşey ve yatay elemanlarının seçimini ve öngermeli ankraj veya zemin çivisine uygunluk derecesini anlamak için gereklidir. Öngermeli ankraj ve zemin çivisinin uygun olduğu koşullar daha önceki paragraflarda verilmiştir.

2.4 İksa Sistemi Seçimi

Kazı sahasının ve çevresinin tanınması, gerekli etütlerin yapılması sonrasında inşa edilecek yapı için gereken derin kazı destekleme yönteminin belirlenmesi gerekecektir. Geçici ve kalıcı olarak tanımlanabilecek periyotlarda görev yapabilecek ve derin kazılarının yapılabilmesini sağlamak için çok çeşitli destekleme yapısı seçeneği vardır. Duvar seçiminde etkili olan etkenler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Maliyet
- Duvarın yapım şartları
- Yapım kolaylığı ve uygunluğu
- Şantiye ve yapım şartları
- Estetik
- Çevre ilişkisi ve şartları
- Geometri ve davranış koşulları

İksa sistemi öncelikle projenin gereksinimlerini yerine getirmelidir. İksa sisteminin kalıcı veya geçici olması, sızdırmazlık özelliğinin bulunması öncelikle maliyet faktörünü doğrudan etkilemektedir. Duvarın yapım tekniği, ekipmanı, tasarımı gibi hususlar ise maliyeti ve duvar tipinin seçimini doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Özel bir iş olan iksa duvarlarının tasarımı ve inşa için bölgesel olarak mühendislik ve müteahhitlik hizmetlerinin temininde sorunlar yaşanabilmektedir. İstinat yapılarının boyutları, düz veya eğrisel olarak yapılması durumu, iksa sisteminin tipine göre mobilize olan zemin yatay basınçları, iksa sisteminde oluşması beklenen maksimum deplasmanlar, zemin ve kaya ortamın mühendislik özelliklerine göre inşa edilebilirlik, inşaat kademelerindeki lokal duraylılık gibi hususlar da duvar tipinin seçiminde önemlidir. İksa duvarlarının çeşitli şekilde sınıflandırmak olasıdır.

Dıştan destekli, içten destekli ve ağırlık tipi olmak üzere üç ana grupta incelenmesi durumundaki sınıflandırma aşağıda maddeler halinde verilmiştir (US Department of Transportation, 1997).

1. Ağırlık tipi duvarlar

- a. Betonarme istinat duvarları (*Dolgu Tipi*)
- b. Taş duvar (*Dolgu Tipi*)
- c. Modüler betonarme elemanlı dolgu duvarlar (*Dolgu Tipi*)
- d. Gabyon duvar (*Dolgu Tipi*)

2. İçten destekli duvarlar

- a. Toprakarme duvarlar (donatılı toprak duvar) (*Dolgu tipi*)
- b. Zemin çivili duvar (*Yarma tipi*)

3. Dıştan destekli duvarlar

- a. Konsol Kazıklı Perdeler (*Yarma tipi*)
- b. Palplanşlar (*Yarma tipi*)
- c. Ankrajlı Duvarlar (*Yarma tipi*)

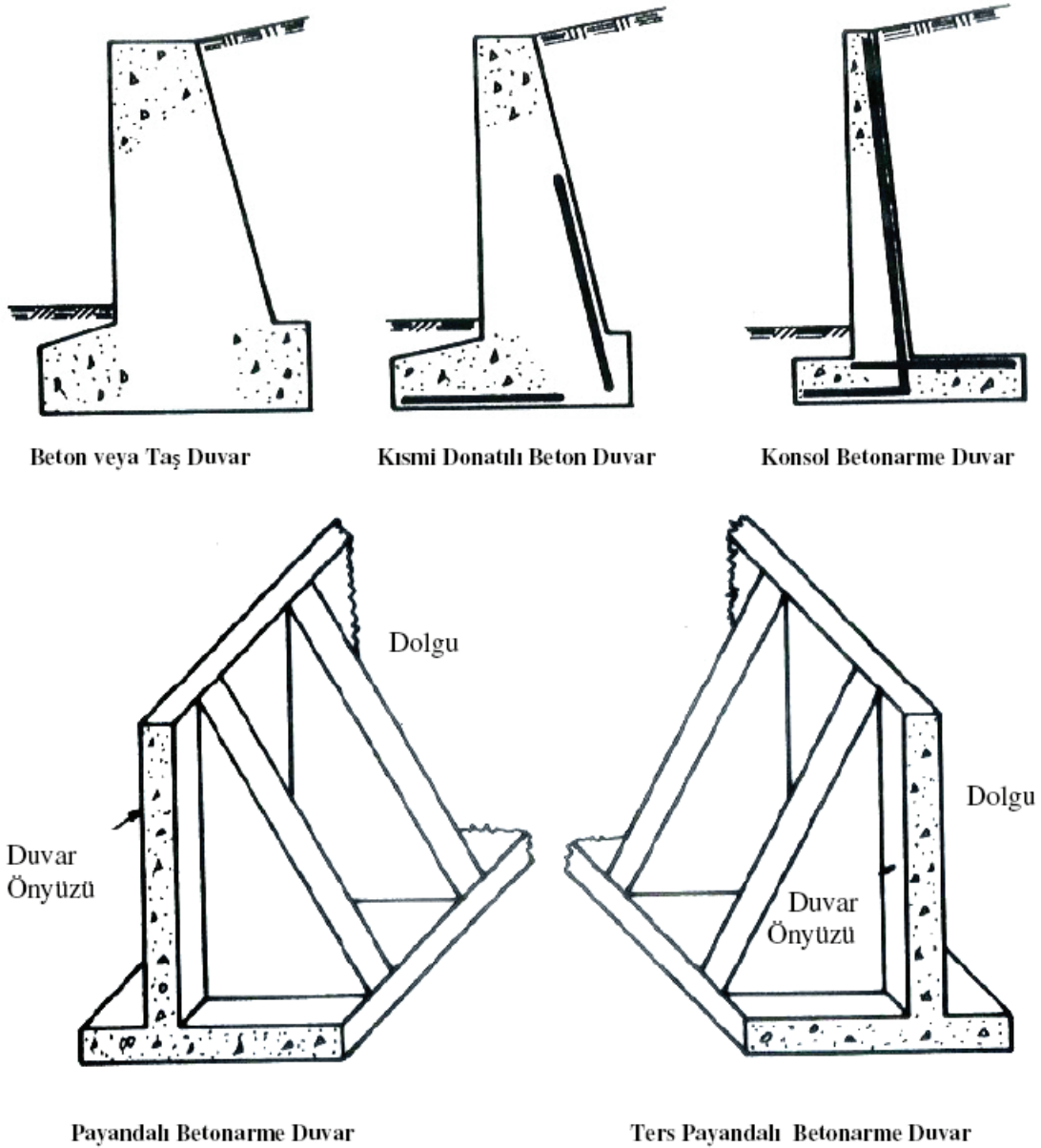
2.4.1 Ağırlık Tipi Duvarlar

İksa duvarının çalışma prensibine göre yapılan sınıflandırılmasında duvarın dolgu tipi veya yarma tipi olup olmadığı hakkında ilave bilgiye de yer verilmiştir. İksa duvarının inşaatının kazı yapılmadan önce veya kazı yapılırken gerçekleştirilmesi halinde duvar, yarma tipi duvar veya yukarıdan aşağıya doğru inşa edilen iksa duvarı olarak adlandırmaktadır. Son kazı taban kotuna erişildikten sonra yapılması halinde ise duvar, dolgu tipi duvar olarak adlandırılmaktadır.

Geleneksel ağırlık tipi duvarlar genelde kazı yüksekliğinin sınırlı olduğu bölgelerde kullanılmaktadır. Zira, bu duvarların inşa edilebilmesi için desteksiz/serbest kazı yapılması gerekmekte ve kazı şevine zemin/kaya birimin kayma dayanım parametrelerine göre eğim verilmesi gerekmektedir. Bu durumda duvar kesitinden daha fazla kazı yapılmaktadır. Özellikle betonarme istinat duvarlarının temeli üzerine ağırlık yapısı görevini görebilmesi için

dolgu yapılmaktadır. Kazı şevinin desteklenmesi için ağırlık tipi bir duvar yapılması durumunda duvar maliyetinin dışında ekstra kazı ve dolgu maliyetleri ortaya çıkmaktadır. Bu duvarların daha çok doğal kazı şevi önünde -şev eteğinde- inşa edilerek mevcut şev ile duvar arasının doldurularak bir platform elde edilmesi ve bu suretle doğal şevin duraylılığının artırılmasında kullanılmaktadır.

Yerinde dökme betonarme konsol istinat duvarlarının yükseklikleri genelde 2.0m ila 9.0m arasında değişmektedir. Bununla birlikte ekonomik maksimum duvar yüksekliğinin 7.0m olarak sınırlandırılması önerilmektedir.



Şekil 2.3 Ağırlık tipi duvar tipleri

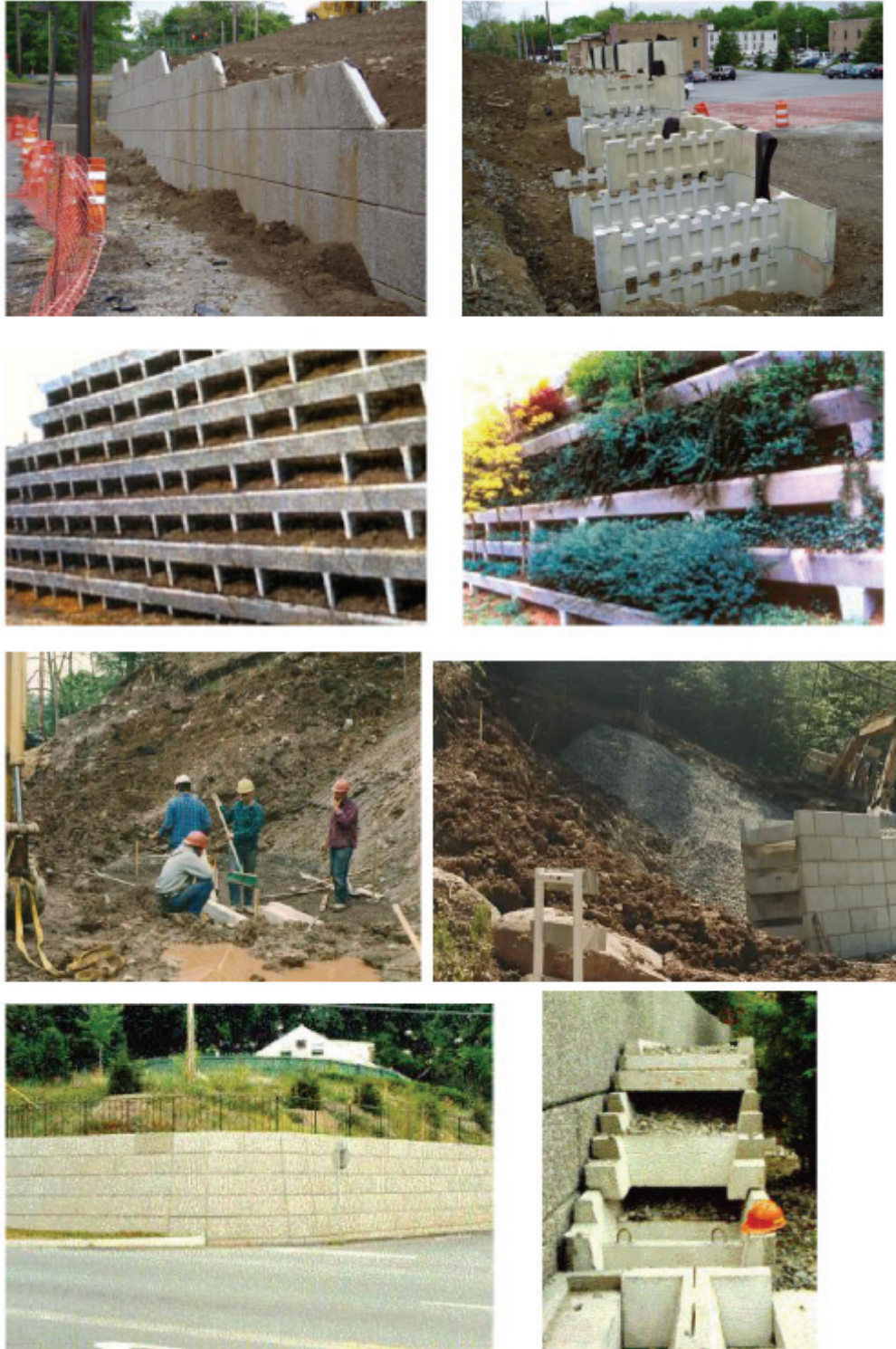
Ülkemizde, yaygın bir şekilde uygulanma fırsatı bulmuş olan diğer bir ağırlık duvarı taş duvarlar olmuştur. Karayolları tarafından özellikle betonarme inşaatında zorluklar yaşanan kesimlerde estetik bir çözüm olarak seçilen taş duvarların yüksekliklerinin sınırlı olması ve emek yoğun bir uygulama olması olumsuzluk olarak ortaya çıkmaktadır. Taş duvarların temel ölçülerinin dar olması (dolayısıyla duvar yüksekliğinin de düşük olması) halinde daha ekonomik bir çözüm seçeneği olarak öne çıkmaktadır. Dolayısıyla, emniyetli taşıma gücü yüksek olduğu ortamlarda kullanımı olasıdır. Taş duvarın diğer bir olumsuzluğu ise duvarın yapımı için gereken uygun nitelikteki taşın temininin ekonomik olduğu durumda tercih edilmesidir.



Şekil 2.4 Taş duvar yapımı

Genelde patentli modüler betonarme elemanlar ile inşa edilen dolgu duvarlara ülkemizde sandık duvar da denilmektedir. Bu duvarların modüler elemanlarının betonarme kiriş, kafes veya sandık biçiminde olması adlandırmada etkili olmuştur. Prefabrik beton sektörünün geçtiğimiz 15 yılında ulaştığı noktada bu tip duvarların yaygınlaşması beklenmektedir. Prekast betonarme kirişlerinin veya kafeslerin değişik formlarda yerleştirilmesi ile edilen yapının boşlukları-gövdesi- kum, çakıl, kaya gibi seçme malzemeler ile dolgusunun yapılması ile sandık duvarların yapımı tamamlanmaktadır. Sandık duvarlar, düşey veya düşük bir eğimle inşa edilebilmektedir. Betonarme veya beton temele sahip olan sandık duvarların temel altında kırmataş tabaka ve perfore drenaj borusundan oluşan bir drenaj sistemi kullanılması önerilmektedir. Betonarme elemanlardan ve dolgu malzemeden oluşan sandık

duvarların içine su girmemesi bir duvar üstünün geomembran ve kil tabakasından teşkil edilecek bir şilte korunması önem kazanmaktadır.



Şekil 2.5 Farklı modüler sistemler ile inşa edilen sandık duvarlar (FHWA, 2007)

Genelde boyutlandırma patent sahibi üretici firma tarafından yapılan sandık duvarların 2.0m ila 15.0m arasında değişmektedir. İmalatı oldukça hızlı ve klasik betonarme istinat duvarlarına göre daha ekonomik olan sandık duvarların bazı olumsuzlukları bulunmaktadır. Su hareketleri veya tozma, bozuşma nedeniyle geri dolgu malzemesinin hareket etmesi olasılığı vardır. Dolgu işçiliği sırasında betonarme elemanlara zarar verilmesi mümkün olmaktadır. Ağaçlandırmaya elverişli olan sandık duvarların doğa ile uyumu nedeniyle de iyi bir çözüm oluşturur.

Gabyon duvarlar, gabyon adı verilen genelde paslanmaz çelik hasır telden oluşan kutular halinde imal edilirler. Plak şeklinde sahaya gelen çelik hasır levhaları katlanarak veya küçük levhalar uygun birleşim elemanları ile birleştirilerek kutu haline getirilir ve bu kutular içine iri blok ve taş ile doldurularak kutu kapatılır. Elde edilen belli boyutta ve ağırlıktaki bloklar bir duvarın bileşeni olarak kullanılmak üzere sahada istiflenir veya gabyonlar duvarda bulunması gereken yerde imal edilirler. Gabyonlar birbirine bağlanarak küçük bloklar yerine tek bir kitleden oluşan bir ağırlık yapısı gibi çalışabilmektedir. Gabyonların delikleri, tel kalınlıkları ve telin malzemesi farklı tiplerde imal edilmektedir. Delikleri genelde dörtgen ve altıgen olup gabyon ebatları oldukça değişkenlik göstermektedir. Ancak genelde gabyon hacimlerinin 0.125m^3 ila 2.0m^3 arasında değiştiği kabul edilebilecektir. Gabyon duvarlar daha çok dere, göl vb su kenarlarındaki şevlerin korunmasında, menfez memba ve mansabında dere yataklarının ıslahında, köprü ayaklarının, yaklaşım dolgularının korunmasında ve bir istinat duvarı olarak kullanılmaktadır. Yüksek fleksibilite ve permeabilite özelliklerinin yanı sıra yüksek dayanımlı oluşlarından dolayı özellikle su ve karayolu projelerinde kullanılmaktadır. Kagir, betonarme yapılar işçilik ve malzeme yönünden daha pahalı olup imalatları için belli hava koşullarına ihtiyaç duyarken gabyon duvarlar yağışlı hava şartlarında dahi imal edilebilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Federal Otoyollar İdaresi (FHWA) gabyon duvarlar için 6.0m maksimum duvar yüksekliği önerilmektedir. Ancak, 15.0m yükseklikte gabyon duvarların inşa edilebildiği bilinmektedir.

Ağırlık tipi desteleme yapıları aşağıdan yukarıya doğru inşa edildikleri için özellikle kentçi derin kazılarda uygulanmamaktadır.



Şekil 2.6 Gabyon duvarlara ait malzeme ve duvar tiplerine ilişkin farklı fotoğraflar
(Phi Yapı, 2006)

2.4.2 İçten Destekli Duvarlar

Aslında, içten destekli duvarlar pasif davranışa sahip duvarlar olarak da sınıflandırılabilir. Diğer bir deyişle kayma mukavemetini arttırıcı, çivi veya şeritler ile güçlendirilmiş zemin kütesinin deformasyon yapması halinde takviyelerde mobilize çekme, kayma ve moment tesirlerinin oluşması beklenmektedir. Dıştan destekli duvarlar, deplasmanın daha oluşmadan duvar imalatı sırasında engellenmesine yönelik destekler (yatay boru ve ahşap destekler) ve ankrajlar kullanılmasıyla oluşmaktadır.

2.4.2.1 Donatılı Zemin Duvarlar

Donatılı zemin duvarlar 1970 yılından buyana giderek artan bir gördüğü ilgi ve yaygın kullanımı özellikle karayollarındaki dolgu ve yarmalardaki istinat duvarları, köprü kenar ayakları ve yaklaşım duvarları, su yapıları, demiryollarındaki benzer uygulanması ile olmuştur. Düşük maliyeti, sismik bölgelerdeki yüksek performansı, ve estetik görüntüsü geleneksel sistemlerin yerine tercih edilmelerinin en önemli nedenleri arasında yer almaktadır. Sistemin esası, zemin ile donatının birlikte kullanımına dayanmaktadır. Yeterli sayıda özel aderanslı şeritlerin, dayanım özellikleri ve dane dağılımı standartlara uygun granüler geri dolgu ile birlikte yerleştirilmesi ile birlikte, şeritlerin esas olarak çekmeye çalıştığı güçlü ve esnek bir kompozit malzeme elde edilmektedir. Sistemin en büyük avantajı, şerit donatılarla teşkil edilen istinat yapısının klasik rijit duvarlara göre, statik ve sismik yükler altında, daha esnek davranışı nedeni ile sistemin çok daha büyük deplasmanları ve yüklere izin verilebilmesidir. Tüm dünyada bulunduğu kullanım yaygınlığı ile çeşitli depremlerde bu davranışı gözlenmiştir. Donatılı zemin yapıları temel üzerinde gerilme yoğunluğu yaratmadığı gibi, dış duraylılık kriterleri olan temelde kayma ve dönmeye karşı yüksek güvenlik sayılarına sahip olacak şekilde tasarlanabilmektedir. Esnek yapıları sayesinde toplam ve farklı oturmaları yapısal bütünlüğü bozulmadan karşılayabilmektedir (Durgunoğlu vd., 2003).

Mekanik yolla zeminde metal şeritler, çubuklar, geotekstil şeritler veya örtü ile kafesler teşkil etmek yolu ile donatılı duvar oluşturmak olasıdır. Zemini donatılandırmak, betonarmede donatının işlevine benzerdir ve çekme gerilmeleri donatı zemin arasında doğan sürtünme ile karşılanmaktadır. Donatılı zemin duvarlarda kullanılan geri dolgu malzemesinin dane dağılımında ince malzeme oranı %15'in altında olmaktadır. Şerit veya diğer elemanlar bir prefabrik kaplama elemanına bağlanmakta olup geotekstil levha kullanılması durumunda kaplama elemanı geotekstilin bohçalanması ile oluşturulmaktadır. Kaplama elemanlarının metal kafeslerin bükülmesi ile oluşturulduğu uygulamalar da vardır. Bu durumda çelik kafesler üzerine püskürtme beton ile koruma kaplaması teşkil edilmektedir. Geotekstil bohçalamada da yırtılmalara ve ultraviyole ışınlarına karşı püskürtme beton veya prefabrik elemanlar ile kalıcı bir koruma sağlamak mümkün olmaktadır (Yıldırım, 2002).

Donatılı zemin duvarlara etkiyen zemin itkisi Rankine ve Coulomb aktif zemin kaması ile hesaplanabilmektedir. Zemin kaması hareket oluşmasına neden olabilecek aktif bölge ve zemin kaması dışında kalan bölge duraylı – pasif – bölge olarak adlandırılır ise aktif bölgedeki sürtünme kuvvetlerinin pasif bölge boyunca yeterli güvenlikle taşınabilmesi

gerekmektedir. duvar yüzünün taşıyacağı yanal zemin gerilmesi şeritlerin sıklığı nedeniyle çok düşük olması nedeniyle kaplama elemanı ince ve narin olarak projelendirilmektedir. Yakın zamana kadar geri dolguda kullanılacak geri dolgu malzemesinin kayma mukavemeti açısı yüksek granüler malzemeden teşkil edilmesi belirtilse de son yapılan araştırmalarda kohezyonlu zeminlerin delikli geotekstil ile birlikte kullanılabileceği belirtilmektedir. Bu durumda kaplamaya yakın bölgede, geri dolgunun sıkıştırılması için kullanılacak silindirin kaplamada hasara sebep olmaması için, üniform derecelenmiş granüler malzeme kullanılması önerilmektedir(Yıldırım, 2002).



Şekil 2.7 Donatılı zemin duvarlara ait detaylar (Reinforced Earth Company, 2007)

2.4.2.2 Zemin Çivili Duvarlar

Zemin çivisi kazıların desteklenmesi ve şevlerin duraylılığı için yaklaşık 35 yıldır kullanılan bir destekleme yöntemidir.. Zemin çivili duvarların kayıtlı ilk uygulaması Versailles-Fransa civarındaki demiryolu hattının genişletilmesi projesi kapsamında yapılmıştır. 1972-1973 yıllarında gerçekleştirilen uygulamada Fontainebleau kumunda 18.0m yüksekliğinde 70° eğiminde duvar inşa edilmiştir (Clouterre, 1991). Zemin çivili dayanma yapılarının yukarıdaki paragraflarda belirtilen destekleme yöntemlerinden farkı imalatın yukarıdan aşağıya doğru yapılmasıdır. Bu kapsamda, kentiçi derin kazılarının ve otoyol yarma şevlerinin projelendirilmesinde ankrajlı dayanma yapıları ile birlikte yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Hızlı ve ekonomik bir çözüm olmasının yanında kalıcı kazı şevlerinin desteklenmesinde pratik çözümleri ile birlikte öne çıkmaktadır.

Zemin çivili dayanma yapılarının temel mekanizması; zemine yerleştirilen destekler ve yüzeye tutturulan kaplamanın yapının yanıl deformasyonlarını önlemesi sırasında söz konusu pasif takviyelerde çekme kuvvetlerinin mobilize olmasıdır. Yukarıdan aşağıya doğru imal edilen zemin çivili duvarlarda, desteklenmiş bölgenin yanıl deformasyonu, bir sonraki desteğin yerleştirilmesi için yapılacak kazı sırasında destek olan zeminin kaldırılmasına bağılıdır. Mevcut dayanma yapılarının onarımında veya şev stabilizasyonunda ise yanıl deformasyonlar yapının veya şevin yetersiz destekten dolayı devam eden deformasyonuna bağılıdır. Her iki durumda destekler, gerilmeleri ve şekil değiştirmeleri karşılamak için zeminle etkileşirler, aksi halde takviyelerle desteklenmemiş zemin göçer. Zemin içinde oluşan maksimum çekme gerilmelerinin efektif bir şekilde karşılanabilmesi için destekler bu gerilmeler doğrultusunda yerleştirilmelidir.

Zemin çivisinde mobilize olan yükler birincil olarak zemin ile çivi arasındaki sürtünme etkileşimine, ikincil olarak da yüzey kaplaması ile zemin arasındaki yapı-zemin etkileşimine bağılıdır.

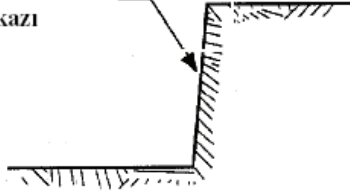
Zemin çivili duvarların yapım aşamaları Şekil 2.8’de gösterilmiş aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir (Tunç, 2002).

- Zemin desteklenmeden dik veya dike yakın durabileceği yüksekliğe kadar, ama çivi düşey aralığından daha fazla olmayacak kadar kazılır.
- Zemin yüzeyine vakit kaybetmeksizin yüzey stabilitesi yetersiz ise hasır çelikli püskürtme betonu veya sadece püskürtme betonu uygulanır.
- Belirli eğimde ve uzunluktaki zemin çivisi zemine rotary yöntemle yapılan delgi içine

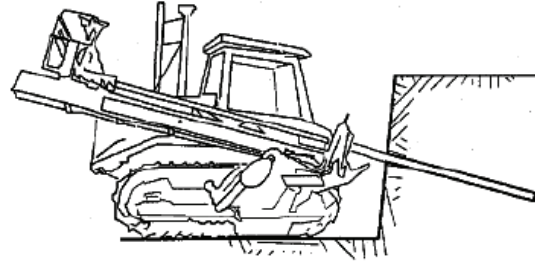
yerleştirilerek veya pnömatik yöntemle sürüldükten sonra etrafı enjeksiyon ile kaplanır.

- Çivi tesisini takiben kafa plakası montajı ve hasır çelik ve püskürtme betondan oluşan kaplama imalatı tamamlanır. Bu aşamada, istenildiği takdirde, çiviye çalışma yükünün %20'si kadar öngerme verilebilir.

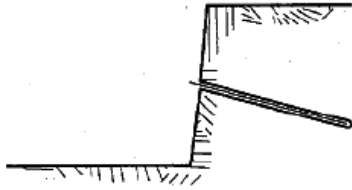
1m-2m yüksekliğinde
desteksiz kazı



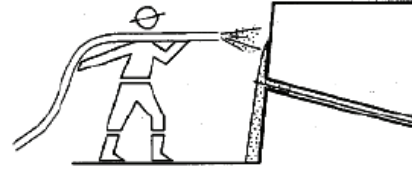
1. Adım. Küçük Kazı



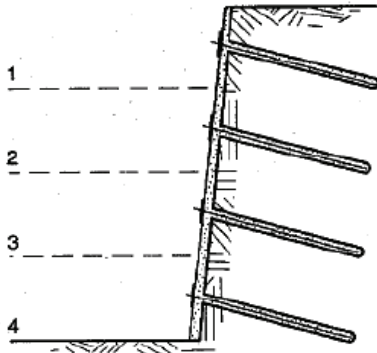
2. Adım. Çivi Delgisi



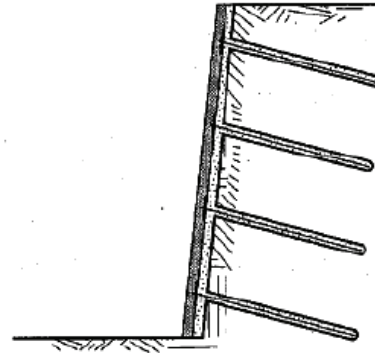
3. Adım. Çivi Tesis ve Enjeksiyonu



4. Adım. Drenaj Şeritlerinin Tesisi ve Püskürtme Beton Tabakanın ve Taşıyıcı Plakanın Tesisi



5. Adım. Nihai Kota Kadar İşlemler Tekrarlanır



6. Adım. Kalıcı Kaplamananın Tesisi (Kalıcı Duvarda)

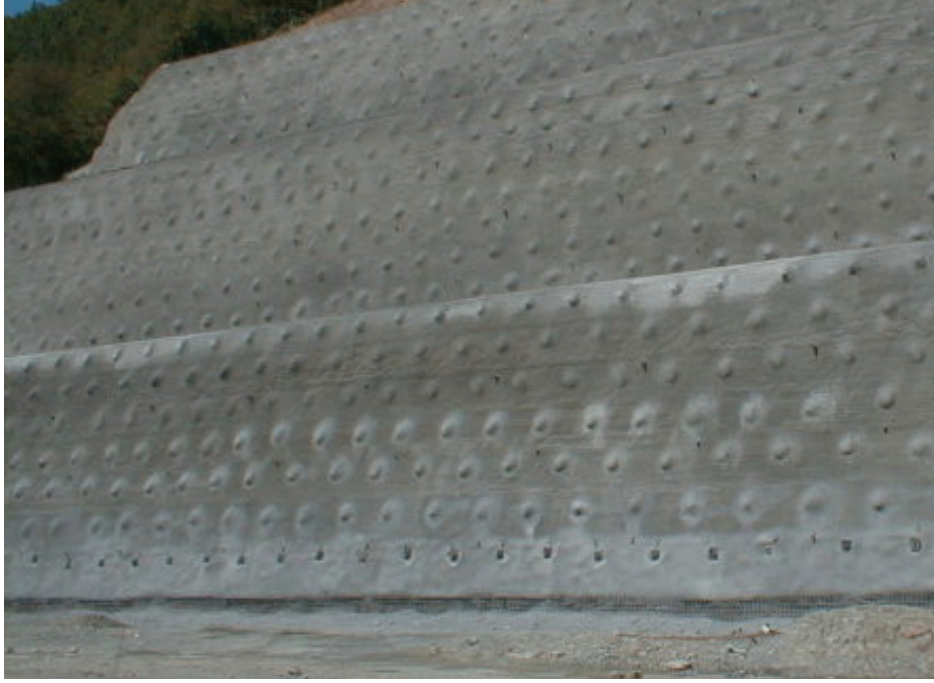
Şekil 2.8 Zemin çivili duvarların yapım aşamaları (Byrne, R.J. et al., 1998)



Şekil 2.9 Zemin çivili duvar imalatının değişik aşamalarına ait fotoğraflar

Zemin çivili duvarların tasarımı genellikle limit denge analizleri ile belirlenmektedir. Kritik olası bir göçme yüzeyinin varsayıldığı analizlerde lokal ve genel stabiliteye karşı güvenlik hesaplanmaktadır. Bu tür duvarlar genelde gelişen türde göçme mekanizması gösterdiğinden farklı sıralardaki çivilerde aynı güvenliği kabul etmenin olumsuzluğu açıktır. Analizlerde dikkate alınan limit denge (moment veya kuvvet), zemin parametreleri, çivi kuvvetleri (çekme, kesme, moment), göçme yüzeyi biçimi (dairesel, parabolik veya gelişigüzel), göçme mekanizması (sıyırılma ve/veya çivi kopması), zemine ve sıyırılmaya uygulanan güvenlik sayısı, yer altı suyunun ve tabakalanmanın göz önüne alınıp alınmaması, yüzeyin dik veya eğik olmasına bağlı olarak değişik analiz yöntemleri geliştirilmiştir. Limit denge yöntemleri yanı sıra, geliştirilen kinematik yöntemler de zemin çivili duvar problemini tam olarak çözmekten uzaktır. Çivili duvarların uygulamada tasarımı özellikle Amerika Birleşik

Devletleri Federal Otoyollar İdaresi ‘nin türettiği abaklar ve bilgisayar yazılımları (SNAIL vb.) ile mümkün olmaktadır (Yıldırım, 2002).



Şekil 2.10 Zemin  ivili duvar

Ülkemizde geçici ve kalıcı dayanama yapıları olarak yaygın bir şekilde kullanılan zemin çivili dayanma yapılarında bu tez çalışması kapsamında belirlenen en yüksek palyesiz geçici duvar yüksekliği 28.0m (Yılmaz vd., 2000) ve kalıcı duvar yüksekliği ise 44.0m’dir.

2.4.3 Dıştan Destekli Duvarlar

Dıştan destekli duvarlar genel olarak; palplanş, konsol kazıklardan ve ankrajlı perde sistemlerinden oluşmaktadır. Esasen dıştan destekli sistemleri konsol ve yatay destekli olarak da ayırmak olasıdır. Palplanş, konsol kazık, konsol diyafram duvarlar ve benzerlerinden oluşan konsol sistemlerin dıştan destekli duvarlar olarak kabul edilmesinde söz konusu imal tların kazı yapılmadan önce yapılması etkili olmaktadır.

2.4.3.1 Konsol Perdeler

.Dıştan destekli duvarlar sınıfında yer alan konsol iksa perdeleri farklı mod lasyondaki

kazıklar ve diyafram duvarlardan teşkil edilmektedir. Çapları 40cm ile 200cm arasında değişen fore kazıkların zemine gömülü kesiminden yeterli direnç alması halinde konsol olarak imal edilebilmektedir. Klemşel (grab) veya hidrofreze (trench cutter veya hydrofrase) kullanarak planda dikdörtgen formunda imal edilen diyafram duvarların minimum panel genişliği 2.5m olup panel kalınlığı 0.40m ile 2.0m arasında değişmektedir. Yüksek rijitlikleri ve su sızdırmazlık özellikleri ile diyafram duvarlar hem konsol hem de yatay destekli olarak kullanılmaktadır. Konsol perdelerin ekonomik olabilmesi, doğrudan, kazı taban kotunun altındaki gömülü boyunun kısalığına bağlıdır. Konsol kazıklı (veya konsol diyafram) perdeler etkiyen tesirler Coloumb ve Rankine toprak basıncı dağılımları ile hesaplanabilmektedir. Konsol duvarlarda, derin devrilme-dönme, yetersiz ankastreman boyu nedeniyle dönme ve duvarın yapısal yükleri karşılayamaması nedeniyle göçmesi mümkündür.

Kazıklı sistemlerde genelde muhafaza borusu kullanılarak kuyu duraylılığı sağlanmaktadır. Muhafaza borusunun kullanılmadığı durumlarda kuyu duraylılığının yetersiz kaldığı durumlarda bentonit bulamacı kullanılarak kuyu çeperleri bulamacın hidrostatik basıncı ile desteklenmektedir. Diyafram duvar imalatlarında ise muhafaza borusu gibi bir eleman bulunmamaktadır. Diyafram duvar imalatı için açılan hendek stabilitesi bentonit bulamacı ile desteklenmektedir. Hendek duraylılığı analizlerinde bulamaç yoğunluğun yüksek olması istenirken betonlanma öncesinde bulamacı yoğunluğunun düşük olması istenmektedir. Bu iki çelişkili hususun imalat öncesinde yapılacak hesaplar ile kontrol edilmesi ve hendek duraylılığının tüm koşullar için belirlenmesi gerekmektedir. Bentonit bulamacı ile yapılan imalatlarda, bulamacın hazırlanması, kontrolü, betonlama öncesinde kum ve siltlerinden arındırılması, tekrar kullanılmak üzere depolanması ve sahadan uzaklaştırılmasındaki süre ve maliyet (dolaylı ve direkt) dezavantajları dikkate alınmalıdır. Diğer bir olumsuz durum ise hendek duraylılığının sağlanamaması durumunda lokal göçmelerin ve hasarların oluşmasıdır.

Konsol duvarlar, zemin şartlarına bağlı olarak, 10.0m yüksekliğe kadar halihazırda imal edilmektedir. Konsol boyunu daha artması halinde sistemin ekonomik olmayacağı dikkate alınmalıdır.



Şekil 2.11 Konsol fore kazıklardan teşkil edilmiş iksa sistemleri

2.4.3.2 Palplanş Perdeler

Bir zemin ve/veya su kütlesini tutmak amacıyla teker teker bir dizi halinde zemin içerisine çakılan farklı enkesitlere sahip beton, ahşap ve çelik elemanlar (palplanş) ile oluşturulan düşey sürekli duvarlar palplanş perdeler olarak adlandırılır.

Palplanş duvarlar zeminden gelen yatay yüklerin büyük bir kısmını, düşey yüklerin ise çok az bir kısmını tutabildiklerinden statik sistem olarak düşey yönde oturtulmuş bir kiriş olarak düşünülebilirler. Kesit olarak uzunlukları genişliklerine oranla çok fazla olduğundan narin yapı elemanlarıdır. Genel olarak, su tutma yapılarının inşaatında diğer duvarların yapımı esnasında suyu inşaat sahasından uzak tutmak için veya hafif yapılarda üst zemin tabaka veya tabakaların istinat yapısını desteklemeye yetersiz kaldığında kullanılırlar. Bu genel uygulama alanlarını da içeren palplanş duvarlar pratikte dalgakıranlarda, deniz içinde inşa edilen duvarlarda, derin kazı duvar kaplamalarında kullanılırlar. Bu yöntemin uygulanması halinde kazı tabanının duraylılığı mutlaka irdelenmelidir (Koçyiğit, 2003)



Şekil 2.12 Çelik palplanşlar ve palplanş duvarlar

Yüksek eğilme ve burulma rijitliği isteyen çok yüksek duvarlarda, zemin özellikleri nedeniyle palplanş perdeler (sert kaya veya zeminin büyük kaya blokları içermesi) çakma zorlukları olan bölgelerde kullanışlı değildirler. Palplanş perdeler yapısal açıdan ankastre (gömme), ankrajlı ve yatay boru destekli olarak inşa edilebilirler. Palplanş elemanlar genel olarak ahşap palplanşlar, betonarme palplanşlar ve çelik palplanşlar olmak üzere 3 malzeme tipinde imal edilirler.

2.4.3.3 Ankrajlı Perdeler

Öngermeli zemin ankrajları kendisine zemin veya kayaçta destek bulan, zemin kitlelerini veya uygulanan yapısal yükleri tutan yapısal bir eleman olarak tanımlanmaktadır. Enjeksiyonlu öngermeli zemin ankrajlarının iksa elemanlarının desteklenmesine 1958 yılından bu yana devam edilmektedir. Kök ve serbest kısım olmak üzere iki parçadan oluşan ankrajların kök bölgesi enjeksiyonarak zemin-enjeksiyon ve halat görece olarak hareket etmeyecek şekilde sabitlenmektedir. Kök bölgesi zemin ve kayacın özelliklerine bağlı olarak 3.0m ile 12.0m arasında değişmektedir. Ülkemizde ise 6.0m ile 10.0m arasında kök bölgesi yaygındır. Kök bölgesinin uzunluğuna, delgi çapına ve birim sürtünme değerlerine ilişkin bir çok formül ve tablo bulunmakla birlikte kritik yükler ve birimler için imalat öncesinde deney yapılması en gerçekçi yol olmaktadır. Serbest bölgede ise halat plastik koruyucu bir kılıf içinde olup böylelikle zemin ve halat arasında bir yük aktarımı gerçekleşmemektedir. Öngerme işleminde, kök ve ankraj kafası olarak bilinen kesimler sabit olduğundan germe krikosu ile serbest bölgedeki halat gerilmektedir. Ankraj kafası ve plakası ile iksa sistemi düşey elemanına yük aktarmaktadır.



Şekil 2.13 İstanbul’da ankrajlı perde ile desteklenen H = 42.0m derinlikte kazı çukuru (Taşyapı, 2007)

Özellikle, şehirlerde yerleşimin yoğun olduğu bölgelerde derin kazılar ankrajların kullanımı ile ekonomik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Ankraj zeminden direncini alıp duvar veya plağa kuvvet aktaran bir yapı elemanıdır (Yıldırım, 2002). İksa sisteminin düşey elemanı olarak da tanımlanan kazık, diyafram duvar, betonarme perdeden teşkil edilen bu elemanlar toprak basıncına karşı uygulanan ankraj yüklerini dağıtmakta kullanılmaktadır.

Ankrajlı perde duvarlarda, öngerme kuvveti tasarım aşamasında hesaplanıp toprak basınçlarının tamamı mobilize olmadan önce imalat aşamasında uygulandığı için aktif bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Böylelikle, kazı sonrasında iksa sisteminin yatay deplasmanlarının, aynı yükseklikteki iksa perdeleri için, diğer sistemlere daha düşük seviyede oluşmaktadır. Geçici ve kalıcı iksa sistemlerinin projelendirilmesinde yaygın bir şekilde kullanılan, iksa sistemlerinin tasarımında ve inşasında her geçen gün gelişmeler yaşanmaktadır.

Zemin ve kayaç koşulları, zemin suyu, yerel deneyim, patent hakkı ve yapım yöntemlerine göre püskürtme beton ile fore kazık, yerinde dökme beton perde, yerinde dökme diyafram duvar, destek kazıkları ile birlikte yerinde dökme veya hazır destekli sistemler, hasır çelikli püskürtme beton veya palplanş duvar olabilir. Kullanılan düşey elemandan bağımsız olarak ankrajlı bu tür duvarların klasik dayanma yapılarına göre bir çok olumlu yanı vardır (Yıldırım, 2002):

- Geçici kazı sistemi kalıcı yapının bir parçası olarak kullanılabilir.
- Yatayda kazı alanı azaltılır.
- Duvar için yapılacak temelin kazı ve beton işi bulunmamaktadır.
- Düşey eleman daha az donatı ile donatılabilecektir.
- Geri dolgu malzemesi gerekmemektedir.
- Daha dar kazı yapılarak zeminde örselenme daha az olmaktadır.
- Komşu hakkı tartışmalarında azalma olmaktadır.
- Zemin koşullarında beklenmeyen bir durumla karşılaşıldığında başka çözüm arayışına olanak tanınmaktadır.

Ankrajlı perde duvarlarda karşılaşılan olumsuzluklar ise:

- Özellikle kalıcı ankrajlara ulaşım olanakları sağlanması kolay değildir.
- İnce daneli zeminlerde zemin drenajında sorun yaşanabilmektedir.
- Yumuşak kohezyonlu zeminlerde ankraj taşıma gücü sorun olabilmektedir.
- Ankrajlı alanlarda yer altı yapılarının planlanması sorun olabilmektedir.

Ankraj Tasarımının Genel Prensipleri

Ankrajlı sistemlerin duraylılığında özen gösterilmesi gereken hususlar, diğer ifade ile göçme tipleri Şekil 2.14’de verilmiştir. Şekil 2.14’de verilen duraylılık problemlerinin en önde geleni ankrajda mobilize olan yüklerin ankraj kopma kapasitesini aşarak duvarın göçmesidir. Bu durum daha çok kabul edilen toprak basıncının yanlış öngörülmesi ve ankraj halatları için izin verilen kapasitelerin üzerinde servis yükü belirlenmesi nedeniyle oluşmaktadır. Ankraj halatının herhangi bir nedenle doğrultusunu kaybetmesi halinde de halatta ikincil gerilmeler oluşmakta ve bu durum çoğu zaman kopmayla sonuçlanmaktadır. İkincil problem ise ankrajın kök bölgesindeki halat, enjeksiyon ve zeminin sıyrılmasıdır. Halat ile enjeksiyonun sıyrılması pratikte enjeksiyonun kalitesizliği veya halat yüzeyinin yağlı, paslı veya yabancı bir madde ile kaplı olması nedeniyle olmaktadır. Zemin enjeksiyon sıyrılması ise enjeksiyonun genel olarak kötü kalitede olmasından, yapıldığı ortama uygun olmaması veya zeminin son sürtünme direncinin aşılması ile oluşmaktadır. Şekil 2.14 (d)’de iksa düşey elemanının yapısal olarak yetersizliği nedeniyle iksa sisteminde göçme yaşanabilecektir. Şekil 2.14 (e)’de iksa duvarının gömülü kısmının boyunun ve pasif direncinin yetersizliği nedeniyle oluşan göçme şekli gösterilmiştir. İlk sıra ankrajın konumunun yanlış belirlenmesi halinde iksa sisteminde istenilmeyen düzeyde dönme oluşacaktır. Ankrajların düşey bileşeni ile birlikte kazıkların ağırlığı birleştiğinde iksa sisteminin yetersiz dirence sahip olması halinde sistemde oturma gözlenecektir. Aşırı oturma, ankrajlı sistemin duraylılığını bozarak göçme mekanizmasını başlatacaktır. Özellikle kritik yapılarda, derin kazıların bir kayma dayanımı problemi unutulmadan lokal ve global duraylılık şev duraylılığı analizleri kontrol edilmelidir. Kayma, ötelenme ve devrilmenin oluşması olasıdır.

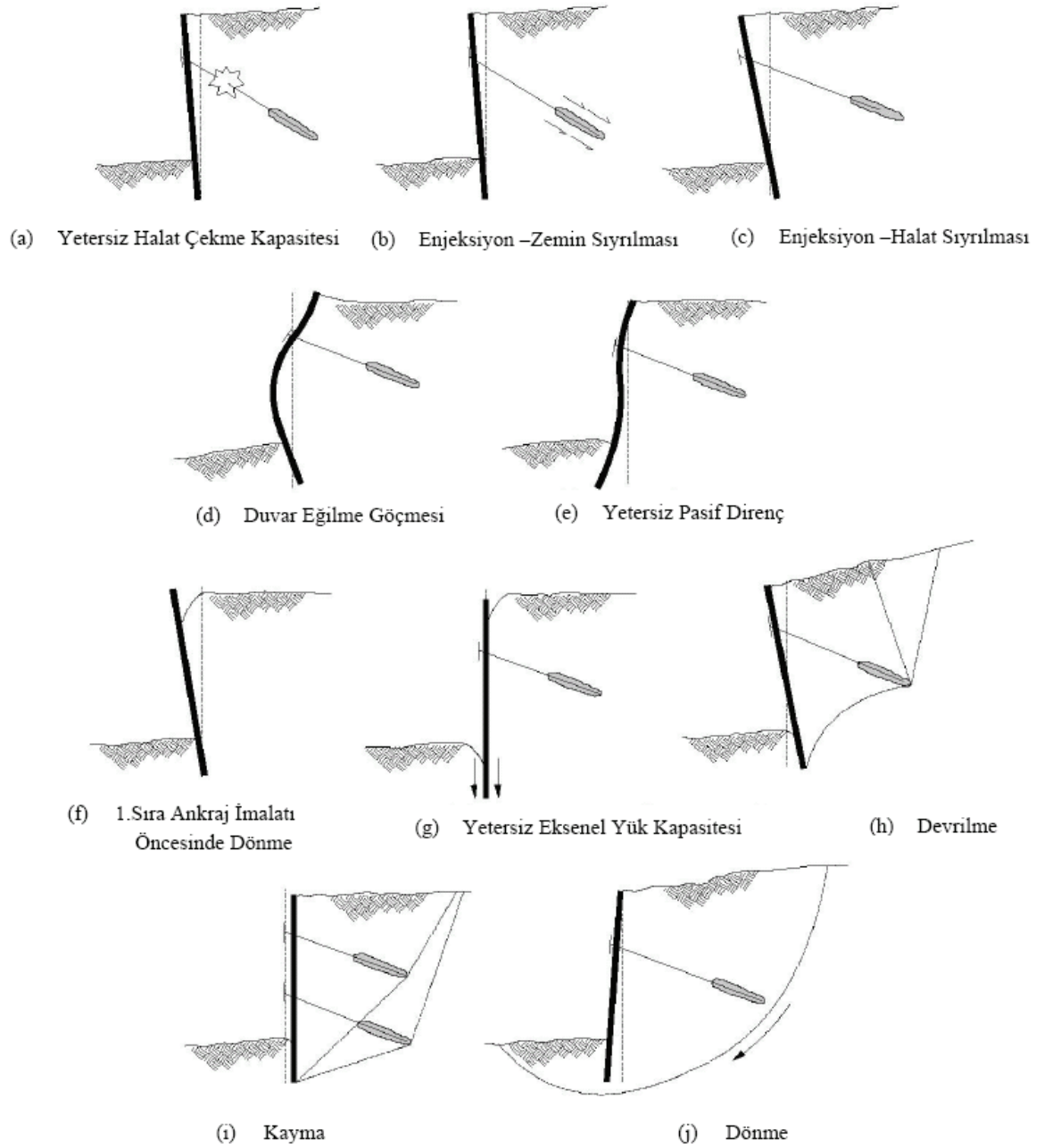
Yukarıda belirtilen kusurlar ve mekanizmalar bilinmediği takdirde güvenli bir tasarım tam olarak yapılamayacaktır. Ankrajlı iksa sistemlerinde tek sıra ankrajlı ve çok sıra ankrajlı iksa sistemlerinde mobilize olan toprak basınçları farklılık göstermektedir. Bununla birlikte, bu çalışma kapsamında incelenen derin kazılar çok sıralı ankrajlı perdelerden oluşmaktadır. Çok sıralı ankrajlı perdelerin tasarımına aşağıdaki paragraflarda kısaca yer verilmiştir.

Çok Sıralı Ankrajlı Duvarların Tasarımı

Çok sıralı ankrajlı yapıların tasarımında izlenecek yol aşağıdaki gibi özetlenebilir (Yıldırım, 2002).

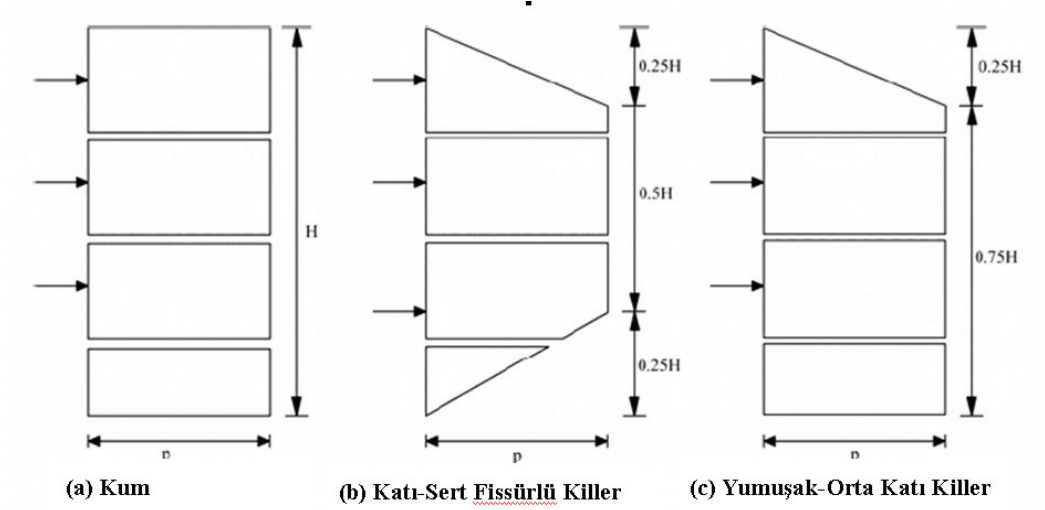
- Zemin için jeolojik ve geoteknik verilere göre en kritik kesit seçilir ve ankrajın serbest boyu aşağıdaki kriterlere göre saptanır.

- a. Kökün, duraylılık analizlerine göre (dairesele veya düzlemsel) bulunacak kayma yüzeyinin dışında olması sağlanmalıdır.
 - b. Kök, Rankine aktif yüzeyinden 0.2H kadar uzakta ve ona paralel bir yüzeyin dışında kalmalıdır.
 - c. Duvar yüzünden köke kadar ankraj eğik serbest boyu minimum 4.5m olmalıdır.
- Ankraj tesis edildiği ortama bağlı olarak zeminlerde maksimum 12.0m, kayalarda ise 7.5m kök boyu gözönüne alınarak ankrajların maksimum taşıma kapasiteleri belirlenmelidir. Ankraj taşıma kapasitelerinin proje aşamasında belirlenmesinde çeşitli abak, tablo ve zemin parametrelerine bağlı eşitliklerden faydalanılmaktadır. Her şekilde belirlenirse belirlensin tasarımın güvenliği açısından özellikle o zeminde işin tasarımcı veya yüklenici ilk defa ankraj imal edecek ise iş başlamadan kök bölgesinde mobilize olacak emniyetli çevre sürtünmesinin belirlenmesi gerekecektir. Farklı imalat aygıt ve yapım yöntemine sahip imalatçı firmaların elde edebildikleri maksimum çevre sürtünmesinde farklılıklar olabilmektedir. Öngörülen ankraj kapasiteleri ankrajların düşey ve yatay aralıklarının belirlenmesinde önem kazanmaktadır.
 - Duvara etkiyen zemin itkileri belirlenir. Duvarın ve arkasındaki zemin yüzünün eğimini de göz önüne alan zemin itki katsayısı eşliğinde duvara etkiyen itkiler bulunur. Yapım yöntemine ve duvarda izin verilebilecek harekete göre bu itki katsayısı aktif yanal toprak basıncı katsayısı K_a ile sükunetteki yanal toprak basıncı katsayısı K_0 arasında değişecektir. Duvardan, kazı derinliğinin iki katı kadarlık uzaklıkta yapı veya yer altı servis yapıları bulunmaması ve kötü zemin koşullarında destek sağlanmadığı sürece öncelikle aktif toprak basıncı katsayısı göz önüne alınmalıdır. İksa duvarının arkasında (x) kadarlık bir mesafede yapı bulunması durumu için ortalama bir itki katsayısı olarak $(K = K_0 - (\chi(K_0 - K_a)/2H))$ alınabilecektir. İtki katsayısının olduğundan büyük alınması, başta ekonomik olmayan bir duvar tasarlanmasına, yüzeye yakın ankrajlarda pasif göçme mekanizmasının oluşmasına neden olacaktır.



Şekil 2.14 Ankrajlı perdelerdeki göçme biçimleri (FHWA IF-99-015, 1999)

Çok sıralı ankrajlı duvarlara etkiyen itkiler Terzaghi-Peck görünür toprak basıncı dağılımları ile belirlenmektedir. Terzaghi ve Peck'in toprak basıncı zarfları dikdörtgen ve trapezoidal şeklindedir. Bu diyagramlar Şekil 2.15'de özetlenmiştir. Maksimum toprak basıncı ordinatı p ile simgelenmiştir.



Şekil 2.15 Terzaghi-Peck yanal toprak basıncı zarfları

Kum İçin Önerilen Görünür Toprak Basıncı

Terzaghi ve Peck (1967) kum zeminler için yatay destekli kazılarda mobilize olması beklenen toprak basıncı zarfı Şekil 2.15 (a)'da verilmiştir. Şekilde gösterilen ve p ile adlandırılan maksimum toprak basıncı ordinatı, $p = 0.65 \gamma H K$ şeklinde hesaplanır.

Katı – Sert Kıvamlı Fissürlü Killer İçin Önerilen Görünür Toprak Basıncı

Katı-sert kıvama sahip fissürlü kil zeminler için Terzaghi ve Peck (1967) tarafından önerilen toprak basıncı dağılımı Şekil 2.15 (b)'de görüldüğü gibi trapezoidal şekildedir. Burada maksimum toprak basıncı ordinatı (p) “ $0.2 \gamma H K$ ” ile “ $0.4 \gamma H K$ ” değerleri arasında değişmektedir. Tasarımda göz önüne alınacak maksimum toprak basıncı ordinatı özellikle bu tür zeminler için daha önce benzer koşullarda başarı ile tamamlanmış kazılar incelenerek belirlenmelidir.

Yumuşak-Orta Katı Kil İçin Önerilen Görünür Toprak Basıncı

Terzaghi ve Peck (1967) tarafından, yumuşak-orta katı kıvama sahip kil zeminler için önerilen toprak basıncı dağılımının (Şekil 2.15 (c)) maksimum toprak basıncı ordinatı ise, $p = 1.0 \gamma H K$ şeklinde hesaplanmaktadır.

- Ankraj aralıklarının belirlenmesi gerekmektedir. Ekonomik ve hızlı bir yapının gerçekleştirilebilmesi için ankraj aralıkları ile iksa düşey elemanlarının toplam maliyet

süre dengesinin gözetilmesi gerekecektir. Zira, ankraj aralıkları arttıkça daha rijit düşey elemanlara gereksinim duyulmaktadır. Bununla birlikte, özellikle derin kazıklarda ankraj ara mesafeleri belirli bir aralıkta kalmaktadır. Tipik aralıklar yatayda 2-3m, düşeyde ise 2.5-3.5m olup bu limitlerin dışındaki sonuçlarda ankraj taşıma kapasitelerinin değiştirilmesini gerektirebilmektedir (Yıldırım, 2002). Ankrajların köklerinin etkileşime girmemesi için yatayda ve düşeyde kök çapının 4-5 katı veya en az 1.5m aralıklı olmalıdır.

- Derin kazılar sonuç olarak bir duraylılık sorunudur. Ankrajlı iksa perdelerinin hesabı her ne kadar toprak basıncı zarfları ile de yapılsa, ankrajlı sistemin yerel ve genel duraylılıklarının irdelendiği sorununun çözümünde ne kadar güvenli oldukları kayma dairesi tanımlı limit denege analizleri ile kontrol edilmelidir. Amerikan Federal Otoyollar İdaresi, zor geometriye sahip duvarların duraylılık analizleri belirlenmesini, en azından kontrol edilmesini önermektedir (Sabatini, P.J. vd., 1999). Bu analizlerde minimum güvenlik sayısı olarak 1.3, yapı önemli ise 1.5 değerlerinin aranması gerekmektedir. Duraylılık analizlerinde en kritik dairenin ankraj kök bölgelerinin orta noktalarının birleştirdiği bilineer kamanın olması beklenmektedir. Bu tip blok stabilite analizlerinde aranan minimum güvenlik sayısının 1.5 - 2.0 olması gerektiği önerilmektedir.
- Ankrajlı perde duvarlarda, duvarın kazı taban kotu altında gömülü olan kısmının iksa sisteminin olumlu katkısı bulunmaktadır. Bu katkının hesaplanması ve hesap sonucuna göre gömülü boyun arttırılması veya azaltılması gerekmektedir.
- Kazıkların taşıma gücü, özellikle çok sıralı ankrajlı perdelerin alt seviyesine etkileyen ankraj düşey bileşeninden fazla olmalıdır.

3. DESTEKLİ DERİN KAZILARIN ALETSEL GÖZLEMİ

3.1 Genel Bilgiler

Mühendislik yapılarının inşası sırasında veya sonrasında ortaya çıkabilecek deformasyonların sonuçları, mal ve can kaybı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle deformasyonların tasarım sırasında gerçekçi olarak öngörülmesi ve imalat sırasında kurulacak aletsel gözlem sistemi ile belirlenmesi projenin her iki safhasında da büyük önem kazanmaktadır.

Destekli derin kazıların tasarımı aşamasında zemin profilini oluşturan birimlerin davranış modelleri (zemin modelleri) ile bu modellerde kullanılan mühendislik parametreleri hakkında çeşitli varsayımlar yapılmakta, sistemin sınır ve servis limit durumları için aranan kriterleri sağlayıp sağlamadığı araştırılmaktadır. Derin kazıda toptan göçme durumuna erişilmesi veya kabul edilemeyecek mertebede yapısal hasarların oluşması olasılığını azaltmak için klasik tasarım aşamasında güvenlik sayıları oldukça yüksek tutulmaktadır. Günümüzde sonlu elemanlar programları kullanılarak yapılan analizlerle projelendirilen derin kazıların servis ve sınır limit durumlarına erişip erişmediği belirlenmekte, analizlerde yüksek deformasyonlar belirlenmesi halinde iksa sistemi rjiileştirilerek deformasyonlar sınırlandırılabilir. Bununla birlikte sonlu elemanlar analizinde yapılan varsayımların çerçevesinde belirlenen deformasyonları gerçekleşip gerçekleşmediğinin belirlenmesi meydana gelebilecek herhangi bir hasardaki zararlar göz önüne alındığında pratik olarak zorunlu bir hale gelmiştir. Diğer yandan rekabetçi bir ortamda sonlu elemanlar programları ile daha ekonomik ve daha hızlı imal edilebilir iksa sistemleri projelendirmek zorunda kalan tasarımcı, iksa sisteminin kurulacak bir aletsel gözlem sistemi ile izlenmesi koşulu ile tasarım değişikliklerinin gerekliliğini sürekli olarak izlenebilir hale gelmiştir. Derin kazıların çevre yapılar üzerindeki olumsuz etkileri düşünüldüğünde; çevre yapı sahiplerine, teknik elemanlarına ve ilgili makamlara objektif veri niteliğindeki gözlem sonuçlarının sunulması çok olumlu tepkiler oluşturmaktadır.

Yukarıdaki paragrafta belirtilen hususlar göz önüne alındığında aletsel gözlem yapmanın gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Yapılan ölçümler ile kazının duraylılığını değerlendirmek, kazıdan ötürü çevre zeminde oluşan deformasyonların komşu yapılara, kanalizasyon veya telefon şebekesi gibi yeraltı yapılarına zarar verip vermediğini kazı ile eş zamanlı olarak belirlemek ve ölçümler sonucunda elde edilen bilgileri değerlendirerek kalan bölümleri daha

güvenli, daha ekonomik olarak tamamlamak olasıdır.

Aletsel gözlem kurulmasında ilk kural tasarımda neyin gözleneceğine karar verilmesidir. Kazının niteliğine ve projedeki duyarlılığa özen gösterilmeden araştırılacak konu belirlenmeden tesis edilecek gözlem sistemi herhangi bir amaca hizmet etmeyecektir. DiBiagio ve Myrvoll (1981)' a göre destekli derin kazı sisteminin yapımı esnasında ortaya çıkabilecek sorunlar ve yapılması gereken ölçümler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Bir derin kazıda, taban kabarmasına karşı güvenlik sayısı düşük olabilir. Bunun için gözlem düzeneği taban kabarmasının gözlemlenmesine izin verecek şekilde kurulmalıdır. Kazı seviyesi kritik derinliklere ulaştıkça oturma ve kabarmalar gözlemlenmeli ve özellikle yatay hareketlerin hızı göz önüne alınmalıdır. Oluşan kabarmaları ölçmek için, kazı tabanına yerleştirilen kabarma ölçerler kullanılmaktadır. Bunların en çok kullanılanları mekanik kabarma ölçerler, manyetik/çubuk anahtarlı ölçerler ve çubuk uzama ölçerlerdir. Yatay hareketlerin ölçümü, destekleme sistemi boyunca kaplamalı kuyulara yerleştirilen inklinometre aracılığıyla yapılmaktadır.
2. Yatay desteklerin (veya ankrajların) aşırı yüklenme tehlikesi vardır. Bunun yol açabileceği zararları ortadan kaldırmak için pratik ve ekonomik koşulların izin verdiği ölçüde çok yatay desteğin (veya ankrajın) yükü gözlenmelidir. Destek yüklerinin izin verilebilir sınırları aşması olasılığına karşı, zaman kaybetmeden yenilerini yerleştirmek için yedek destekler hazır bulundurulmalıdır.
3. Yer altı su seviyesinin izin verilebilir değerden fazla düşürülmesi, ciddi konsolidasyon oturmalarına neden olabilir. Bu sorunun izlenmesi ve karşı önlemlerin belirlenmesi için geçirgen tabakalarda boşluk suyu basınçlarının ölçülmesidir.
4. İksa sistemine gelen toplam yük ve bunun dağılımı belirsizdir. Bileşke kuvvetin etkiye noktasını belirleyebilmek için ya düşey kesitlerde yeterli sayıda yatay destek yükleri ölçülmeli ya da her yatay destek sırası seviyesinde perdeden kuşak kirişlerine aktarılan kuvvetler ölçülmelidir. Ankraj donatısı uyarılı yük hücresi olarak çubuk kullanılmışsa, yüzeye yapıştırılan veya daha iyisi titreşen telli şekil değiştirme ölçerler, yük hücrelerine seçenek oluştururlar
5. Taban kabarması ve destekleme sistemlerinin deformasyon yapması sonucu oluşan zemin hareketleri, civardaki binalar ve yer altı yapılarına zarar verebilmektedir. Bunu için zemin yüzeyine ve civardaki yapılara ölçüm için referans noktaları yerleştirilmelidir. Eğer çevredeki binaların veya yer altı yapılarının zarar görme olasılığı varsa iksa sisteminde

yeterli sayıda kesitte yatay hareket ölçümü yapılmalıdır.

Derin kazılarda en yaygın hasar ve problemler iksa sisteminde oluşan aşırı deformasyonlar olup deformasyonların belirlenmesi için en uygun ekipman, yüzeyden itibaren belirli derinliklerde oluşabilecek yatay ve düşey hareketlerin izlenmesinde kullanılan diğer ölçüm aletlerine göre daha yüksek incelikte ölçümler alabilen inklinometre aygıtları olmaktadır.

3.2 İnklinometre

İnklinometre, iki adet çift tekeri bulunan ve tekerleri yardımıyla birbirine dik dört kanallı plastik boru içindeki iki kanal boyunca hareket edebilen içindeki iki adet kuvvet dengeli servo-accelometer veya tiltmetre sensörleri yardımı ile teker ve tekere dik doğrultuda ölçüm yapabilen prob olarak tanımlanmaktadır.

Yüzeyden başlayarak belirli derinliklerde oluşabilecek yatay ve düşey hareketlerin izlenmesinde güvenilir bir yöntem olarak kabul edilen inklinometre ölçümleri, düşey olarak açılmış sondaj kuyularına yerleştirilecek standart 3.0m boyunda birbirine özel birleşim parçaları ile birleştirilmiş, ısıca karşı dayanıklı ve yüksek dayanıma sahip plastik, fiberglas veya alüminyum boruların ilksel konumlarından olan sapmalarının inklinometre cihazı aracılığıyla belirlenmesi temeline dayanır.

3.3 İnklinometrenin Genel Özellikleri

Derin kazılarda yerleri daha önceden belirlenmiş noktalarda yapılan sondaj delgisi içine yerleştirilen inklinometre boruları içindeki kanallar boyunca hareket ederek iksa sistemine paralel ve dik iki doğrultudaki hareketlerin ölçülmesinde kullanılan inklinometreler vasıtasıyla düşey doğrultudaki deliğin iki tarafında 10-20°'lik sapmalar ölçülebilmekte, hareketin yeri, büyüklüğü ve yönü saptanabilmektedir. İnklinometre cihazının ölçüm inceliği diğer yöntemlerden daha yüksek olması nedeni ile kaya kütlelerinde ve zeminde tasarlanmış destekli derin kazı iksa sistemlerinde gelişebilecek çok yavaş hareketler bile kaydedilebilmektedir.

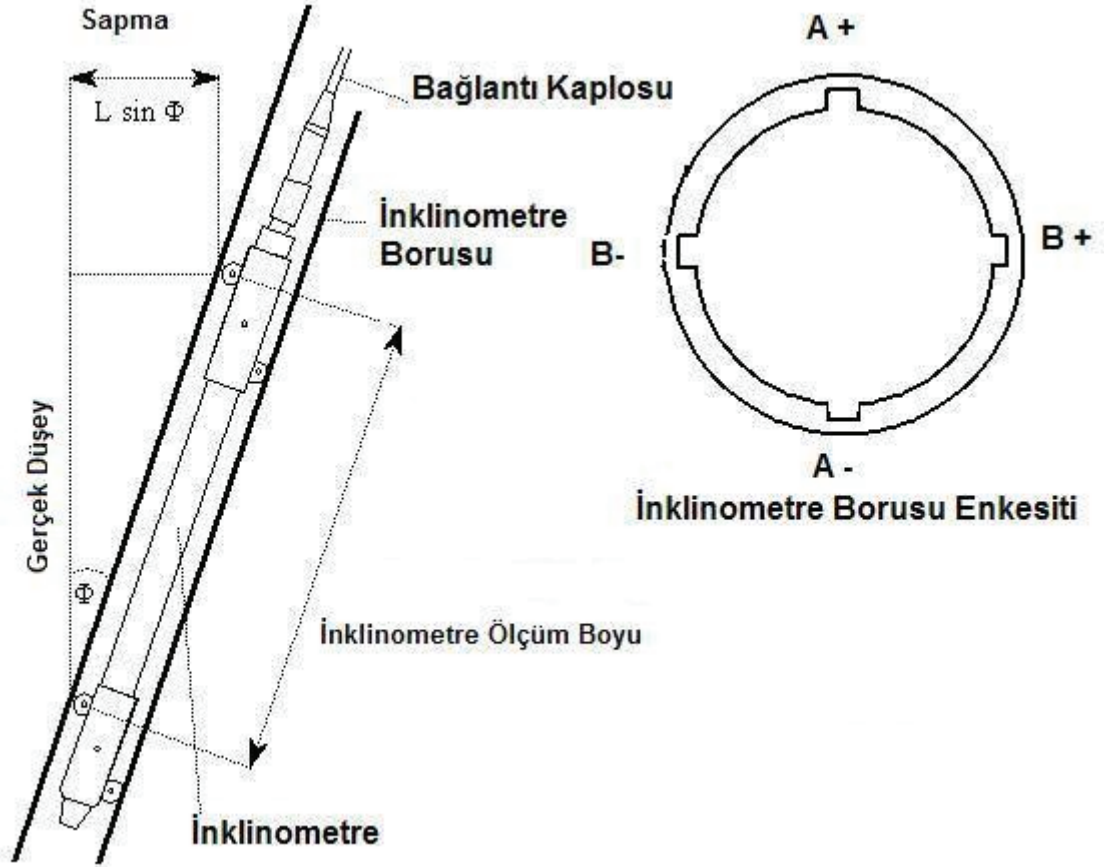
İnklinometre ölçüm seti, inklinometre aygıtı (algılayıcı -prob), ölçüm kayıt aygıtı ve bunlar arasındaki bağlantıyı sağlayan kablo olmak üzere 3 ana bölümden oluşmakta olup set Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 İnklinometre Ölçüm Seti

Yanal hareketlerin izlenmesinde kullanılan düşey inklinometre algılayıcılarının gövdeleri paslanmaz çelikten yapılmış olup, biri tekerleklerin bulunduğu düzlemde diğeri ise bu eksene 90° dik durumda bulunan iki adet eksene sahiptir. Böylelikle, inklinometre borusunda hem kuzey-güney hem de doğu-batı yönlerindeki deplasmanlar hesaplanabilmektedir. Algılayıcıların çap ve boyları değişkendir. Deformasyonun belirlenmesi işlemi, belirli yüksekliklerde düşeye göre eğim değişimlerinin ölçülmesi ve integrasyon yöntemleri kullanılarak bu değişimlerin yatay deformasyon değerine dönüştürülmesi şeklinde yapılmaktadır. Zeminin kendi içindeki dönmesi de bu ölçmeler sonucunda elde edilebilmektedir. Yani algılayıcıdan alınan voltaj değerleri, algılayıcının uzun ekseninin düşeyden olan sapması sonucu oluşan açıyla doğru orantılı olmaktadır. Şekil 3.2’de algılayıcının düşeyden sapması gösterilmektedir.

Kayıt aygıtı, algılayıcı kullanılarak kuyunun değişik derinliklerinden alınan verilerin saklanması amacıyla kullanılmaktadır. İnklinometre sisteminde, algılayıcı ile kayıt aygıtı birbirlerine, çelik bir kılıf ile çevrilmiş, esnek ve suya karşı oldukça dayanıklı, metrik veya İngiliz sistemine göre bölümlenmiş kablo ile bağlanmaktadır.



Şekil 3.2 İnclinometre aygıtı ile düşeyden sapmanın ölçümü

3.4 İnclinometre Borusunun Yerleştirilmesi

3.4.1 İnclinometre Borusu

Alüminyum, fibreglas ve plastik olmak üzere üç malzemeden üretilen inclinometre borularının uzunlukları standart 3 m olmaktadır. Son zamanlarda alüminyum boru kullanılmasına son verilmiş, fibreglas boru kullanımı ise azalmıştır. ABS (Akrilonitril Bütadien Stiren) veya PVC (Poli-Vinil Klorür) plastik boru kullanımı ise bu malzemelerin zemin, enjeksiyon ve yer altı suyu koşullarına daha uygun olması nedeniyle tercih edilmiştir. ABS boruların özelliklerini PVC borulara oranla daha geniş bir sıcaklık aralığında koruması nedeniyle yakın zamanda inclinometre borularının tamamının ABS plastik borulardan teşkil edileceği öngörülmektedir.

Boruları içlerine birbirine dik açılar yapan dört adet yarık bulunmaktadır. Bu borular standart olarak dış çapları 48mm, 70mm ve 85mm, iç çapları ise sırasıyla 38mm, 59mm ve 73mm

olacak şekilde üretilmektedir. 48mm dış çapa sahip olan boruların görece düşük deplasmanların mobilize olduğu beton veya kaya ortamlarda, 70mm dış çapa sahip boruların ise orta-kısa dönem projelerde kullanılması önerilmektedir. Uzun dönem gözlemlerin amaçlandığı yüksek deplasmanların oluşmasının beklendiği projelerde (ör. heyelan gözlemleri) ise dış çapı 85mm olan inklinometre borularının kullanılmasının daha uygun olduğu bilinmektedir. Boruların birleştirilmesi için daha önce perçin veya vidalar kullanılırken günümüzde manşon ve akıllı bağlantılar ile borular birleştirilebilmektedir.



Şekil 3.3 İnklinometre borusunun detayları

3.4.2 Borunun Yerleştirilmesi

Yanal veya düşey yöndeki deformasyonların ölçülebilmesi için ilk olarak, hareketin beklendiği yerlere 100-200 mm. çapında, sondaj kuyularının açılması gerekir. Kuyu tabanı deformasyon yapması beklenen zondan yaklaşık 4-5 m. daha derinde olmalıdır. Böylece inklinometre borusu hiç deformasyon yapmayacağı düşünülen bir zona ankastre edilmiş olacak ve deforme olan zonda ölçülecek hareketler sabit bir noktaya göre görece deformasyonlar olacaktır. Ayrıca sondaj kuyusu açılırken tabanda meydana gelebilecek herhangi bir göçme olasılığı dikkate alınarak öngörülen kuyu derinliği imalat sırasında gözden geçirilmelidir. Delgi işleminden sonra kuyu tabanı için ince temizlik yapılmalıdır.

Şekil 3.2’ de gösterildiği gibi boruların iç yüzeylerinde bulunan birbirleriyle 90° açı yapan yarık çiftlerinden birisi A+,A- yarık çifti, diğeri ise B+,B- yarık çifti olarak kabul edilen yarıklar-kanallar bulunmaktadır. İnklinometrenin kuyu içerisinde daha kolay hareket etmesini ve deformasyonun daha yüksek bir hassasiyet ile ölçülmesini sağlayan yarık çiftlerinden A+/-

A- çiftinin A+ yönü deformasyonun referans yönü kabul edilerek hareketin olması beklenen yönle aynı doğrultuya gelecek şekilde yerleştirilir.

Açılan kuyuların deformasyona uğramasını ve inklinometre borularının kendi eksenleri etrafında hareket etmesini engellemek amacıyla etrafı enjeksiyon ile doldurularak bulunduğu yere sabitlenmektedir (Şekil 3.4).

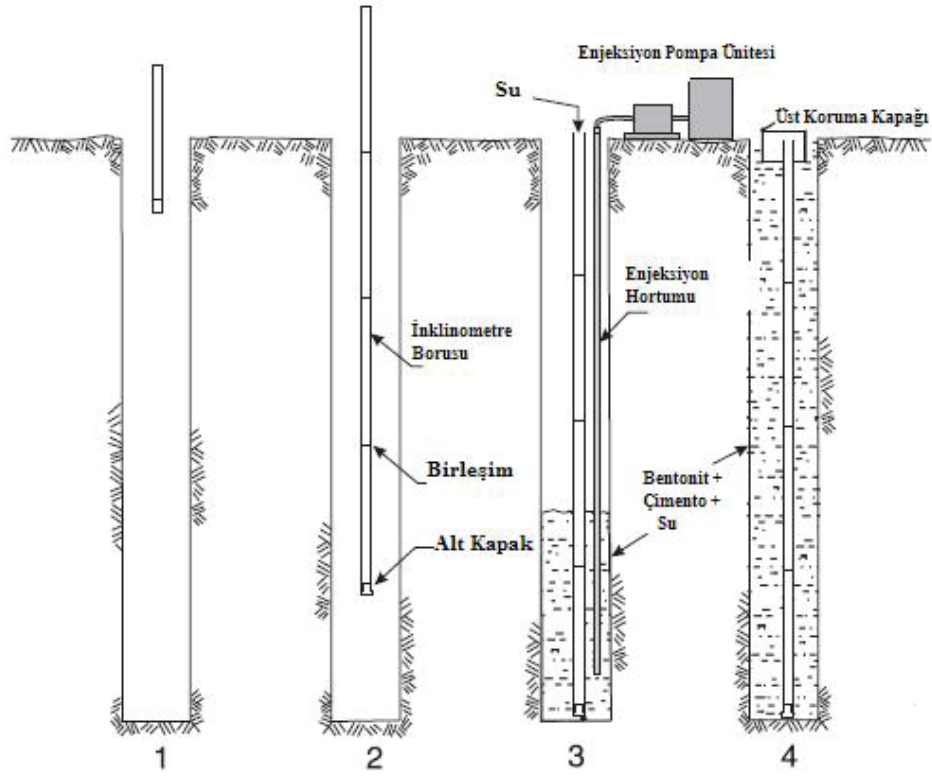
İnklinometre borularının tesisinde kullanılan enjeksiyonlarda bentonit, çimento ve su karışımı kullanılmaktadır. Bu karışımlar borunun tesis edildiği zeminin özelliklerine göre değişmektedir. Sert kıvamdaki ve orta sıkı zeminlerde çimento (c), bentonit (b) ve su (w) karışımının ağırlıkça oranı 1c/0.3b/2.5w iken, yumuşak zeminlerde bu oranın 1c/0.4b/6.6w olması önerilmektedir. İnklinometre borusunun etrafına enjeksiyon doldurulurken herhangi bir sızıntının olmasını engellemek amacıyla boruların ek yerlerinin ve alt kapağının çok iyi yalıtılması gerekmektedir. Ters durumda, oluşacak sızıntılar sonucunda boru içine enjeksiyon girecek ve boru kullanılamaz hale gelebilecektir.

Yine inklinometre borusu yerleştirilirken özen gösterilmesi gereken diğer bir konu ise 3 m. lik borular birbirlerine birleştirilirken borular içerisindeki yarıkların üst üste gelmesine göz önüne gerekliliğidir. Aksi taktirde inklinometre kuyuya indirilemeyeceği için boru kullanım dışı kalacaktır. Bu husus yakın zamanda üretilen manşonlu ve akıllı birleşime sahip borularda ortadan kalkmıştır.

Boru yerleştirildikten ve çimento enjeksiyonu gönderildikten sonra borunun üst kapağı da kapatılarak boru içi koruma altına alınmalıdır. Ters durumda kuyunun içerisine kaçacak herhangi bir cisim kuyunun tıkanmasına ve kullanım dışı kalmasına neden olabilir.

İnklinometre borusunun tesisi sırasında karşılaşılan diğer bir sorun ise borunun kuyu içindeki suyun veya enjeksiyonun kaldırma kuvveti ile yüzeye doğru hareket edilmesidir. Buna karşın borunun içine su doldurulması ve üstten bir parça basınç uygulanması gerekmektedir. Borunun kaldırma kuvveti ile bir miktar yüzeye doğru fırladığı ve bu sırada bazı kazalara neden olduğu unutulmamalıdır.

Boru çevresindeki enjeksiyon tamamlandıktan sonra gözlem periyodu boyunca inklinometre borusunun özellikle trafik, kötü niyet girişimleri göz önüne alınarak korunması gerekmektedir. Bu maksatla, boru üstü özel kilitli kapaklarla kapatılıp borunun beton bir blok içinde koruma altına alınıp reflektif boya ile boyanması genel kabul görmüş bir koruma yöntemidir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 İnklinometre borusunun yerleştirilmesi

3.5 Gözlemin Yapılması

İnklinometre borularının yerleştirilmesi tamamlandıktan ve boru çevresine yapılan enjeksiyonunun priz almasından sonra kuyu inklinometre ölçümlerine hazır hale gelmiş olacaktır. Birinci ölçümün alınabilmesi için algılayıcının en üst tekerleği referans olarak seçilen A+ yönüne getirilir ve kayıt aygıtı ile bağlantısı sağlanarak kuyu tabanına kadar özenli ve yavaş bir biçimde indirilir.

Ölçümlerin alınabilmesi için algılayıcının kuyu tabanına değmesi gerekmektedir. İnklinometre kuyu tabanına indirildikten sonra inklinometre aletindeki hassas sensörlerin daha doğru ölçüm yapabilmesi için yaklaşık 10 dakika inklinometrenin ortam sıcaklığına uyum göstermesi beklenmelidir. İnklinometre (algılayıcı) ile veri kayıt aygıtı arasındaki bağlantıyı sağlayan 500 mm. aralıklara bölünmüş olan kablo ile algılayıcı yukarı doğru çekilir ve bir kıskaç yardımıyla sabitlenir. Kayıt cihazının ekranında görülen ölçüm değerleri hafızasına kaydedilir. Bu işleme algılayıcının kuyu başına gelmesine kadar 500 mm. okuma aralıkları ile devam ettirilir. İlk okumada alınan A+ ve B+ ölçümlerinden sonra oluşabilecek hatalı okumaların giderilmesi ve her derinlik için alınan okumaların doğruluğunun kontrol

edilebilmesi için algılayıcı yüzeye çıktıktan sonra 180° çevrildikten sonra tekrar özenli ve yavaş bir biçimde kuyu tabanına indirilir ve ilk okumadaki yol izlenerek A- ve B- yönündeki okumalar alınır. Algılayıcının 180° döndürülmesi ile alınan A- ve B- yönündeki okumalar A+ ve B+ yönündeki okumalar ile sayısal değer olarak aynı fakat zıt işaretli olmalıdır. Okunan değerlerin farklılaşması, ölçüm hatasının arttığını gösterir.

İnclinometre boruları kuyuya yerleştirilip enjeksiyon prizini aldıktan hemen sonra sondaj kuyusunun eğri olarak açılmış ve kayma hareketinin hızlı bir şekilde gelişeceği göz önünde bulundurularak ilk okuma alınır ve bu okuma sıfır okuması olarak adlandırılır. Diğer bir deyişle, inclinometre borusunun tesis edilmesini izleyen sürede deformasyon yapmadan önceki konumu belirlenmelidir. Zira, sıfır okuması daha sonra yapılacak ölçümlerde referans olarak kullanılacaktır. Ölçüm aralığının sıklığı kuyuda gözlenen deformasyonun büyüklüğüne bağlı olarak seçilmektedir. Sorunlu bölgelerde açılan kuyularda okuma aralıkları daha kısa seçilirken, hızlı bir kayma hareketinin gözlemlenmediği kuyularda daha uzun seçilmektedir.

3.6 İnklinometre Ölçümlerine Ait Hesaplamalar

Hareketin olacağı yön olarak kabul edilen ve referans noktası olarak tayin edilen A+ yönünde meydana gelecek yanal hareketlerin yeri ve büyüklüğü, 0.5 m.'de bir algılayıcı ile alınan okumalarda farklı sapma açılarının hesaplanması sonucu saptanabilmektedir. Algılayıcı kuyu tabanına indirilip her 0.5m'de bir yukarı çekilerek alınan ölçüm değerleri, algılayıcının bulunduğu derinliklerde, inclinometre borusunun düşeyle yaptığı sapma miktarını göstermektedir. (Şekil 3.2).

Kuyu tabanına indirilen inclinometre boruları ile ilk ölçüm sonuçları A+ ve B+, 180° çevrilmesiyle yapılan ikinci ölçümler A- ve B- değerleri elde edilmektedir. Kaydedilen bu A+, A-, B+, B- değerleri (3.1) denklemi ile hesaplanmaktadır.

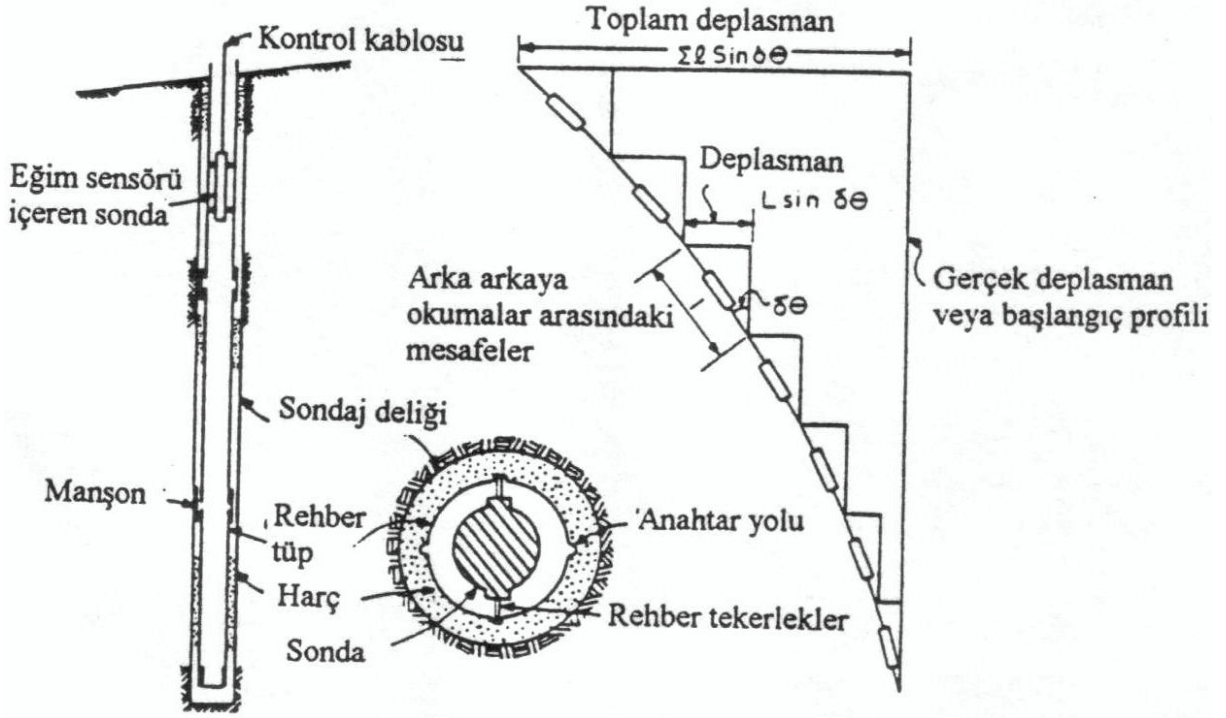
$$RDG (mm) = \pm (L/2) \times \sin\theta \quad (3.1)$$

RDG : Sapma miktarı

L/2 : İnklinometrenin ölçüm uzunluğunun yarısı

θ : Algılayıcının uzun ekseninin düşeyle yapmış olduğu sapma açısıdır.

Denklemdaki “±” hareketin yönünü ifade etmektedir.



Şekil 3.5 İnklinometre prensibi ve hesaplamalar

Sapma miktarı, sapma açısı sinüsü ile doğru orantılıdır. Yani, hareket, beklenen A+ yönünde giderek artıyorsa sapma açısı θ' da artar ve böylece ölçüm değerinin artmasına neden olacaktır. (3.1) numaralı eşitlikle hesaplanan sapma değerleri sapma açıları çok küçük olacağı için çok küçük değerler olarak hesaplanacaktır. İşlemleri daha basite indirgemek ve gereksiz sıfır rakamlarıyla uğraşmamak için 1 numaralı eşitlikten bulunan sapma miktarları 100 ile çarpılır. Buna göre;

$$\text{RDG (10}^2 \text{ mm.)} = \pm(L/2) * \sin\theta * 100 \quad (3.2)$$

İnklinometre borusunun en üst tekerliği A+ yarığında iken kuyunun her 0.5 metresindeki sapma miktarları 2 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanır. Bu sapma miktarları algılayıcının orta noktasının bölündüğü derinliğe aittir. Algılayıcının, alt tekerleğinin, bulunduğu derinliklerdeki sapma miktarları ise birinci ve ikinci grup ölçümler sonucu aynı derinliklerde hesaplanan eşit büyüklükte ama zıt işaretli sapma miktarlarının farkı alınarak bulunur.

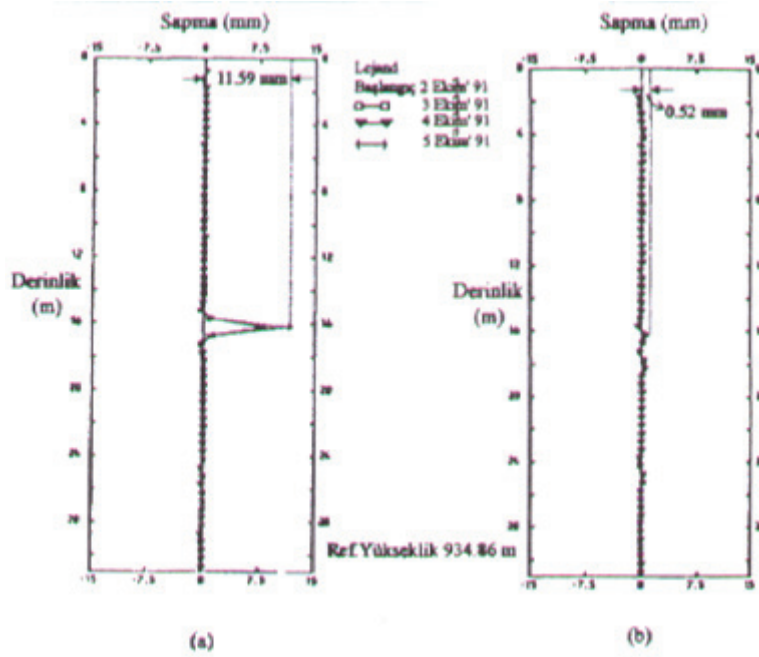
3.7 Grafiklerin Çizdirilmesi

Kayıt cihazına kaydedilmiş ölçüm değerleri, hesapları grafikler halinde gösterebilmek için hazırlanmış bilgisayar programları aracılığıyla bilgisayara yüklenir. Önce kuyunun her 0.5

metresinde bulunan sapma miktarları bir tablo şeklinde hesaplatılır. Bilgisayarın yaptığı işlem, birinci ve ikinci ölçümlerde alınan aynı derinliklerde hesaplanan sapma miktarlarını karşılaştırıp bu sürede ortaya çıkabilecek hareketleri grafiksel olarak göstermektir. Bu mevcut hareketleri gösteren üç tip grafik bulunmaktadır. Bunlar; artan yerdeğiştirme, kümülatif yerdeğiştirme ve zaman-yerdeğiştirme grafikleri olup aşağıdaki paragraflarda kısaca açıklanmıştır.

3.7.1 Artan Yerdeğiştirme Grafiği

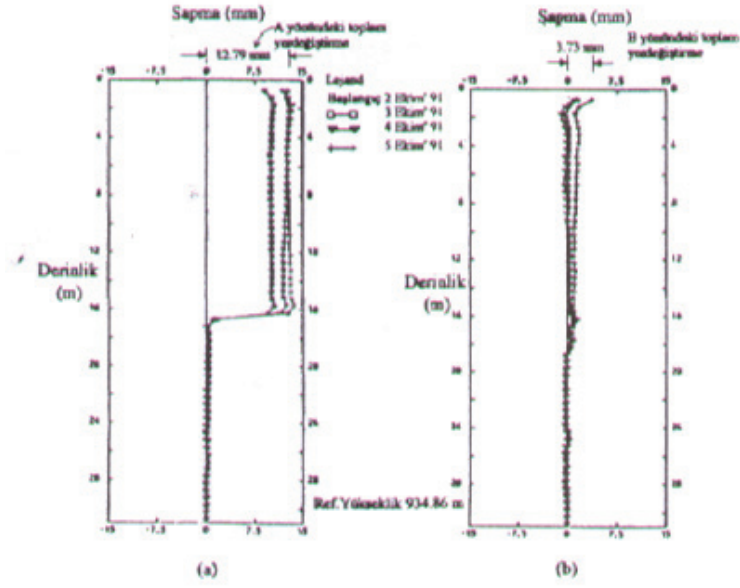
Her 0.5 m. derinlikte meydana gelebilecek gerçek değişimleri göstermektedir. Yüzeyden başlayarak kuyunun boyu kadar her 0.5 m. derinlikteki değişim miktarlarının derinliğe bağlı olarak işaretlenmesi sonucu çizilen bir grafik türüdür. Bu grafiğin en büyük avantajı maksimum hareketin gerçekleştiği derinlikler kolaylıkla belirlenebilmektedir.



Şekil 3.6 Artan yerdeğiştirme grafiği, (a) A yönünde, (b) B yönünde

3.7.2 Kümülatif Yerdeğiştirme Grafiği

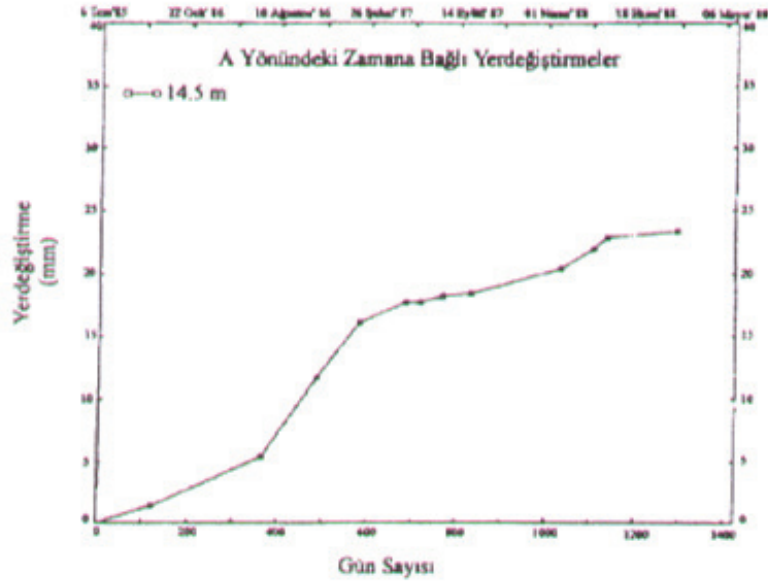
Kuyuda yapılan ilk ölçüm grubundan en son ölçüm grubuna kadar meydana gelen tüm değişimin toplam miktarı ve en büyük deplasmanın olduğu derinliğin belirlenmesinde kullanılan grafik türüdür. Kuyu tabanından başlayıp kuyu yüzeyine kadar her 0.5 m.' de bir alınan tüm deplasmanların toplanması ve bu verilerin derinliğe bağlı olarak işaretlenmesi ile çizilir.



Şekil 3.7 Kumülatif yerdeğiştirme grafiği, (a) A yönünde, (b) B yönünde

3.7.3 Yerdeğiştirme –Zaman Grafiği

Seçilmiş herhangi bir derinlikte zamana bağlı olarak artan hareket değişim miktarlarının izlendiği grafik türüdür.



Şekil 3.8 Yerdeğiştirme - zaman grafiği (Graham, 1989)

4. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ

Geoteknik mühendisliği analizlerinde, ortamın karmaşık oluşu ve davranışın bir çok etkene bağlı olması nedeni ile aynı anda bir çok parametre göz önünde bulundurulmalıdır. Problemlerin çözümünde bir çok karakteristiğin göz önünde bulundurulması gerekliliği nedeni ile kullanılan her ampirik bağıntıda yeni bir kabul yapmak gerekmektedir. Bu da çözümün karmaşıklılığını ve analizin sapmasını artırmaktadır. Bu nedenle ortam sürekli gibi düşünülerek çeşitli teoriler ileri sürülmüştür. Matematiksel olarak diferansiyel denklemlere dayandırılan bu kabullerin çözümünde yapılan kabuller basit durumlar için gereken çözümü vermesine karşılık geoteknikte ortamın homojen olmaması, non-lineer malzeme davranışı, malzeme özelliklerinin zaman ve bulunduğu ortama göre değişiklik göstermesi nedeni ile yapılan kabuller doğru sonuca ulaşmakta yetersiz kalmaktadır. Bilgisayarların gelişmesine bağlı olarak yukarıdaki özelliklerin tamamını aynı anda inceleyebilen sayısal yöntemler geliştirilmeye başlanmıştır. Sonlu Elemanlar Yöntemi geoteknik problemlerin çözümünde en yaygın olarak kullanılan sayısal analiz yöntemidir.

Sonlu Elemanlar Yöntemi, sistemi sonlu sayıda düğümlere, genelde farklı gerilme deformasyon durumlarında olan elemanlara parçalayarak, sistemin rijitlik matrisini onu oluşturan elemanların ayrı düzenlenmiş rijitlik matrislerinin toplamı şeklinde kurmak düşüncesi temelinde oluşturulmuştur. Sonlu Elemanlar Yöntemi'nin en önemli özelliği çok karışık, değişik gerilme-deformasyon durumlarına uygun gelebilecek çok sayıda sonlu eleman türlerini içermesi ile geniş uygulama alanına sahip olmasıdır.

Matematikçilerden daha çok mühendisler tarafından geliştirilen Sonlu Elemanlar Metodu ilk olarak gerilme analizi problemlerinde kullanılmıştır. Tüm bu uygulamalarda bir büyüklük alanının hesaplanması istenmektedir. Gerilme analizlerinde bu değer deplasman alanı veya gerilme alanıdır.

Sonlu Elemanlar Yöntemi'nde modellenen yapı, bir çok elemana bölünmekte ve bu elemanlar "düğüm noktası" adı verilen noktalarda tekrar birleştirilmektedirler. Bu şekilde aritmetik bir denklem takımı elde edilmektedir. Gerilme analizlerinde bu denklemler düğüm noktalarındaki denge denklemleridir. İncelenen probleme bağlı olarak bu şekilde yüzlerce hatta binlerce denklem elde edilir. Bunun sonucu olarak sınır koşulları, dış yüklerin değişimi kolayca gözönüne alınabilmektedir. Denklem takımlarının da çözümü bilgisayar kullanımını zorunlu kılmaktadır. Sonlu elemanlar ağının olabildiğince üniform olmasına özen gösterilmelidir. Fakat yükleme anında veya yapının davranışında hızlı değişimlerin görüldüğü bölgelerde

daha sık bir ağ yapısı oluşturularak o bölgenin daha ayrıntılı incelenmesi olanaklıdır.

Geoteknik mühendisliğinde sonlu elemanlar yöntemi ilk kez 1966 yılında Reyes ve Deene tarafından yeraltında kayada yapılan bir kazı sırasında kullanılmıştır. Daha sonra 1967 yılında Cloung ve Woodward tarafından dolguda gerilmeleri, yanal ve düşey hareketleri belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

Geoteknik mühendisliğinde sonlu elemanlar ile yapılan analizler sonucunda gerilmeler, yatay ve düşey deplasmanlar, boşluk suyu basınçları, zemin suyu akışı v.b parametreler belirlenebilmektedir.

Plaxis programı geoteknik mühendisliği problemlerinin nümerik analizi için geliştirilmiş bir sonlu elemanlar programıdır. Plaxis programı verilerin girildiği modellemenin yapıldığı bir giriş programı, analizlerin gerçekleştirildiği bir hesap programı ve elde edilen sonuçların grafikler halinde dökümantasyonunun yapıldığı bir çıkış programı olmak üzere 3 alt programdan oluşmaktadır. Plaxis programında deplasmanlar asıl bilinmeyen varsayılarak hesaplama yapılmaktadır.

4.1 Programın Genel Özellikleri

Plaxis paket programı geoteknik mühendislik projelerinde kullanılmak üzere tasarlanmış bir sonlu eleman programıdır. Program ile veri girişi görece basit grafiksel arayüz kullanılarak yapılmakta ve bu suretle karışık sonlu eleman modellerinin çabuk bir şekilde oluşturulması olasıdır. Geoteknik mühendisliğinde koşullara bağlı olarak zeminin davranışı için geçerli sayılan zemin modelleri kullanarak paket programlar, zeminlerin doğrusal olmayan ve zamana bağlı davranışını örneklemek için gelişmiş başlangıç modelleri gerektirmektedir.

Her yeni proje için, ilk olarak sonlu elemanlar ağının kurularak yeni bir model oluşturulması önemlidir. Zira, modelde yer alan doğal zemin tabakalarını yerleşimi, yapısal elemanlar, inşa aşamaları ve yükleri temsil edecek bir çerçevede olması gerekir. Bir model geometrisinde bulunan üç tip ana bileşen: noktalar, çizgiler ve demetlerdir. (Saydal K., 1996)

4.1.1 Noktalar

Noktalar sonlu elemanlar analizi için ele alınan geometri çizgilerinin başlangıcını ve sonunu belirler. Noktalar aynı zamanda tüm yapısal elemanların sınır noktalarını ve bu elemanların geometriyi kestiği noktaları, yüklerin başlangıç ve bitiş noktalarını ve sonlu eleman ağının yerel yerleştirilmesinde de kullanılabilirler.

4.1.2 Çizgiler

Çizgiler, geometrinin fiziksel, model sınırlarının ve geometrideki palplanş duvarlarının, farklı zemin tabakalarının veya inşa aşamalarının ayrılması gibi süreksizliklerinin tanımlanması için kullanılırlar. Bir çizgi birçok özelliğe sahip olabilir.

4.1.3 Hücre

Hücre veya küme Plaxis yazılımında düzlemsel elemanların en küçük parçası olup tümüyle çizgilerle kapalı alanlardır. Plaxis, geometri çizgilerine göre hücre otomatik olarak oluşturulmaktadır. Bir hücre içindeki zemin homojen kabul edilir. Model geometrisi oluşturulduktan sonra, modeldeki hücelere ve çizgilere dayanarak, bir sonlu eleman modeli otomatik olarak oluşturulabilir. Bir sonlu eleman ağında, elemanlar, düğümler ve gerilme noktaları olmak üzere üç tip bileşen bulunmaktadır. Genel olarak 6 veya 15 noktadan teşkil edilen sonlu elemanlar hücreleri kesmezler.

4.2 Programın Kullanımı

Plaxis paket programı dört ana modülden oluşmaktadır. Bunlar, sonlu elemanlar modelinin oluşturulduğu Bunlar, “girdi” modülü, çok fazlı inşaatların ve farklı yükleme sistemlerinin (dinamik, konsolidasyon) dikkate alınabildiği “hesaplama” modülü ile hesap sonuçlarının incelenebildiği “çıktı” ve belirlenen grafiklerin çizdirilebildiği “grafik” modülü olarak kısaca özetlenebilecektir.

Programa girdi modülünden ilk olarak “genel ayarlar” penceresi kullanılarak geometrik sınırlar, birimler ve çeşitli dinamik ayarlar yapılabilmektedir (Şekil 4.1)

General settings

Project | Dimensions

Project

Filename: <NoName>

Directory: ...

Title: <NoName>

General options

Model: Plane Strain

Elements: 15-Node

Comments

Acceleration

Gravity angle: -90 ° 1.0 G

x-acceleration: 0.000 G

y-acceleration: 0.000 G

Earth gravity: 9.800 m/s²

☐ Set as default

Next OK Cancel

Şekil 4.1 Plaxis genel ayarlar kontrol penceresi

Şekil 4.2’de belirtilen geometrik sınır ayarları duyarlılık gerektiren bir ayardır. Sonlu elemanlar analizlerinde hesaplamalarda tanımlanan sınır koşulların etkili olduğu ve doğru model oluşturulmadığı zaman yanlış sonuçların elde edildiği bilinmektedir.

General settings

Project | Dimensions

units

Length: m

Force: kN

Time: day

Geometry dimensions

Left: 0.000 m

Right: 50.000 m

Bottom: 0.000 m

Top: 25.000 m

Grid

Spacing: 1.000 m

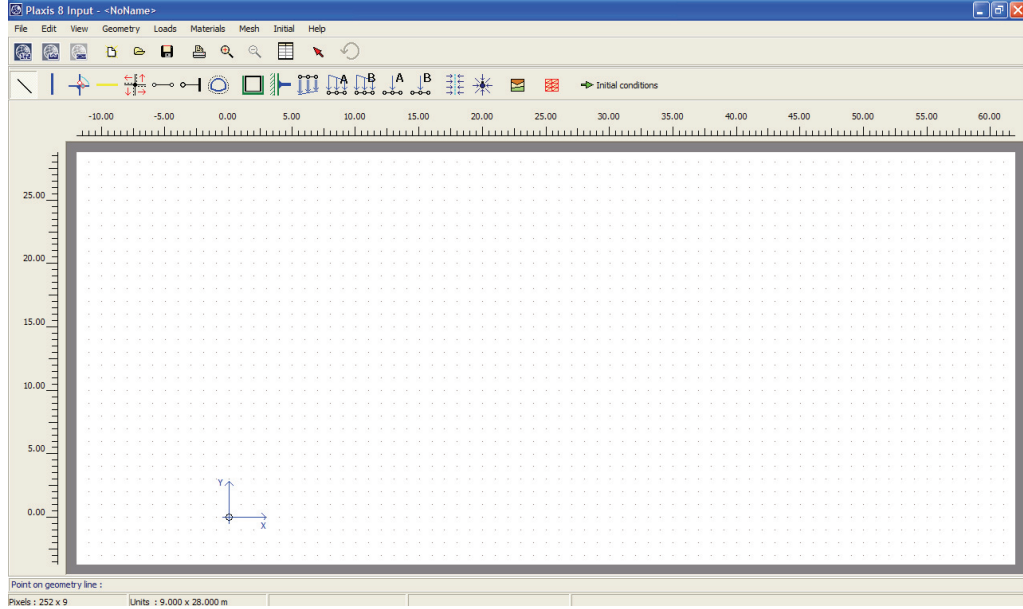
Number of snap intervals: 1

☐ Set as default

Next OK Cancel

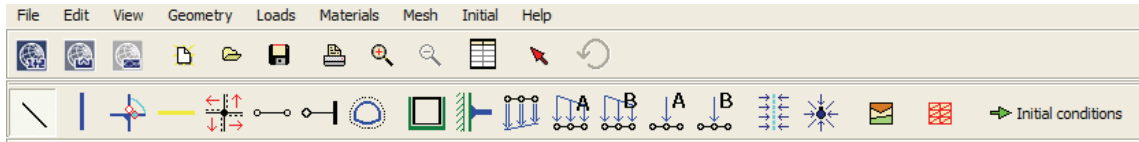
Şekil 4.2 Plaxis genel ayarlar penceresi, analiz limitleri ve birimler

Açılan ana pencere; ana menüyü, genel ve geometri araç çubuklarını, cetveli, çizim alanını, orijin noktasını, klavye ile girdi bölümünü ve koordinatları içeren bölümü içermektedir (Şekil 4.3). Ana menü araç çubuğundaki bütün seçenekleri ve bazı sık kullanılmayan ek seçenekleri içerir. Aynı zamanda programın diğer modüllerini (Calculation, Output, Curves) başlatacak tuşlara sahiptir.



Şekil 4.3 Geometrik ve zemin modelinin tanımlandığı pencere

Geometri araç çubuğu modelin oluşturulma işlemine yarayan tuşlara sahiptir. Butonlar araç çubuğunda soldan sağa doğru izlendiğinde geometri modeli tamamlanacak şekilde düzenlenmiştir (Şekil 4.4). Bu elemanların işlevleri aşağıda kısaca aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 4.4 Plaxis yazılımı geometri modülüne ait araç çubukları

4.2.1 Kirişler

Plaxis V 8.x versiyonu düzlemsel analiz yapan bir programdır. Bu kapsamda, temeller, tüneller, iksa duvarları, kazıklar gibi yapıların eşdeğer dikdörtgen kesit olarak modellenebilmesi için kullanılırlar. Bu elemanların davranışı bir eğilme rijitliği (EI) ve bir

uzama rijitliği (EA), poisson oranı kullanılarak tanımlanmıştır. Kiriş elemanlar davranışı elastik veya elastoplastik olarak tanımlanabilmektedir. Böylelikle, kiriş elemanları, önceden tanımlanan bir eğilme momenti veya maksimum aksenal yük aşılırsa plastik duruma gelebilmektedir. Yapı zemin etkileşiminin gerçekçi bir şekilde hesaplanabilmesi için kirişler ara yüzey elemanlar ile birlikte kullanılmaktadır. Plaxis' teki kiriş elemanları, Mindlin' in kiriş teorisine dayandırmaktadır. Bu teori, hem eğilme hem de kesmeden dolayı kiriş deformasyonlarına olanak vermektedir.

4.2.2 Mafsallar

Normal şartlarda kiriş birleşimleri M, N ve T iç tesirlerin aktarıldığı ankastre birleşim şeklindedir. Plaxis yazılımı, kiriş elemanların farklı şekilde mesnetlenmesinin modellenebilmesi için mafsal elemanlar tanımlanması olasıdır.

4.2.3 Geotekstiller

Geotekstiller veya geogridler genelde donatılı zemin duvarlarda ve zemin iyileştirme projelerinde kullanılmaktadır. Bu elemanlar, programda özel çekme elemanları kullanılarak benzetilirler. Plaxis' de bu elemanlar için kullanılan tek malzeme özelliği normal rijitliktir, (EA). Geotekstiller aynı zamanda zemin ankrajları uygulamalarında, ankrajın harçlı kısmının modellenmesi ve zemin çivisi için de kullanılmaktadır.

4.2.4 Arayüzeyler

Yapı-zemin etkileşimini modellemek için arayüzde kullanılan kuvvet ve şekil değiştirme etkileşiminin farklı rijitlikteki elemanlarda transferinin daha iyi modellenebilmesi için kullanılmaktadır. Bu durum, yapısal nesnelerle zemin arasında tam bir etkileşime olanak vermektedir. Ara yüzeylerin tipik bir uygulaması bir kazık ile zemin arasındaki etkileşimin modellenmesi olabilir.

4.2.5 Ankrajlar

Ankrajları ve yatay destekleri modellemek için elasto-plastik yay elemanları kullanılmıştır. Plaxis yazılımında noktadan noktaya ankrajlar ve sabit uçlu ankrajlar olmak üzere iki tip ankraj modellenabilmektedir. Noktadan noktaya ankraj sabit bir yay rijitliğine sahip, iki nokta arasındaki bağları modellemek için kullanılan yaylardır. Bu eleman hem çekme kuvvetlerine (ankraj) hem de basınç kuvvetlerine (yatay destek) maruz kalmaktadır. Sabit uçlu ankrajlar ise tek bir noktanın bağlanmasını modelleyen yaylardır. Açıya ek olarak, ankrajın eşdeğer

uzunluğunun da özellikler penceresinde girilmesi gerekmektedir. Eşdeğer uzunluk, ankrajın bağlı bulunduğu nokta ile yer değiştirmenin sıfır kabul edildiği sabit ucu arasındaki mesafedir. Ankrajların öngerme yükleri hesap modülünde verilmektedir.

4.2.6 Sabitlemeler

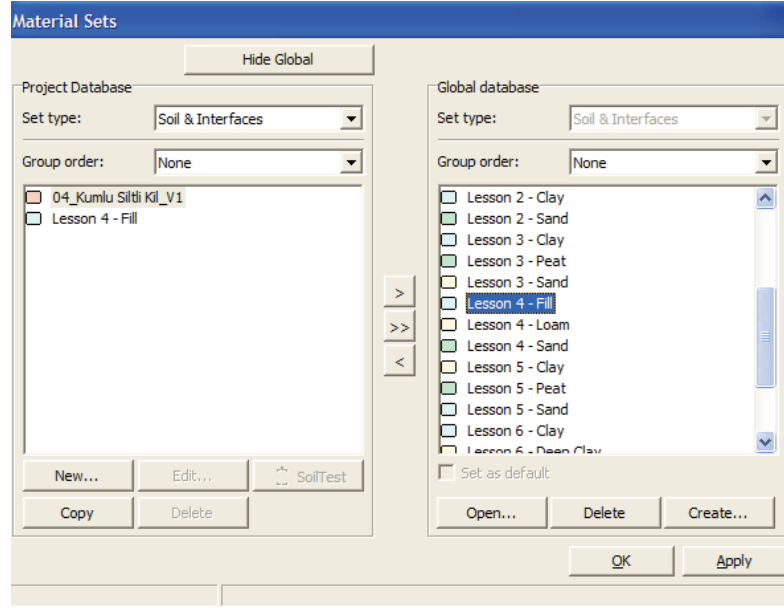
Sabitlemeler şekil değiştirmelerin ve yüklerin sabitlenmesi veya serbest bırakılmasını sağlayan çözümün sınırlarını tanımlanmasını sağlamaktadır. Noktalara ve çizgilere uygulanabilmektedir. Programda genel olarak 3 farklı sabitleme seçeneği vardır. Bunlar yatay hareketin sabitlemesi ($dx=0$), düşey hareketin sabitlemesi ($dy=0$), toplam hareketin sabitlenmesi ($dx = dy = 0$), Standart sabitleme kullanılması durumunda Plaxis modele aşağıdaki şartları uygular: Modelde, x koordinatında en düşük ve en yüksek x koordinatına sahip düşey geometri çizgileri için yatay sabitleme ($dx=0$) elde edilmektedir. Modelde, y koordinatında en düşük ve en yüksek y koordinatına sahip yatay geometri çizgisi için toplam sabitleme ($dx = dy = 0$) elde edilir. Geometri modelinin sınırına uzanan kirişler, eğer o noktadaki yer değiştirme önlerinden en az birisi sabitlendiyse, sınırdaki noktada sabit bir dönme elde edilir.

4.2.7 Kuvvetler

Hem nokta yükler hem de yayılı yüklerin uygulanabilmesi için, iki bağımsız yük sistemi kullanılabilir. Nokta kuvvetler, geometri noktalarına, yayılı kuvvetler çizgiler üstünde uygulanabilmektedir. Hem nokta hem de yayılı yükler düşey ve yatay bileşenler içerebilirler. Yayılı yüklere her biri birim alan için (kN/m^2), nokta yüklere ise her biri birim uzunluk (kN/m) için değerler girilir.

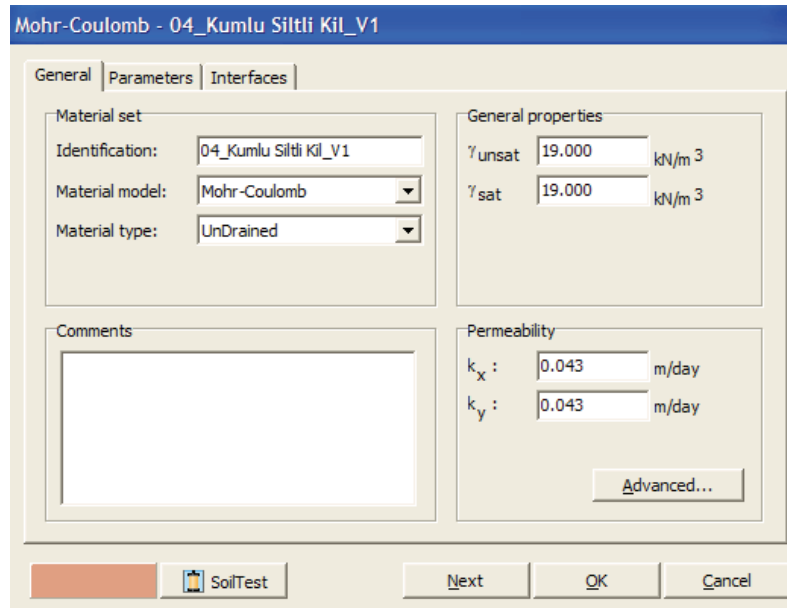
4.2.8 Malzemenin tanımlanması

Modelin çiziminden sonra malzemelerin özelliklerinin tanımlanması gerekmektedir. Bunun için Şekil 4.5'deki menüden yararlanılır. Menü ana olarak dört malzeme tanımlamasını içermektedir. Bunlar zemin ve ara yüzler, kirişler, geotekstiller ve ankrajlar için tanımlanmaktadır. Bu dört malzeme için hafızaya kayıtlı elemanlar kullanılabileceği gibi yeni elemanlar da oluşturmak mümkündür.



Şekil 4.5 Malzeme parametrelerinin tanımlandığı ana pencere

Zeminler için zemin modelleri içinde 8 adet önceden tanımlanmış zemin modeli ve bir adet kullanıcı tarafından tanımlanabilecek model şablonu bulunmaktadır. Önceden tanımlanmış zemin modelleri; lineer elastik, Mohr-Coulomb, pekleşen zemin, pekleşen zemin küçük şekil değiştirme, yumuşak zemin, yumuşak zemin sünme, modifiye Cam-Clay ve çatlaklı kaya modelleri olarak sıralanabilmektedir. Zemin modeline bağlı olarak alt davranış şekilleri malzeme cinsi başlığı altından seçilebilmektedir.



Şekil 4.6 Zeminin mühendislik parametreleri

Mohr-Coulomb - 04_Kumlu Siltli Kil_V1

General Parameters Interfaces

Stiffness

E_{ref} : 5.000E+04 kN/m²

ν (nu) : 0.350

Strength

c_{ref} : 90.000 kN/m²

ϕ (phi) : 1.000 °

ψ (psi) : 0.000 °

Alternatives

G_{ref} : 1.852E+04 kN/m²

E_{oed} : 8.025E+04 kN/m²

Velocities

V_s : 97.730 m/s

V_p : 203.400 m/s

Advanced...

SoilTest Next OK Cancel

Şekil 4.7 Zemin mühendislik parametreleri

Yakın zamana kadar sıklıkla kullanılan Mohr Coulomb zemin modeli için girilmesi zorunlu zemin parametreleri Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de verilmiştir. Ara yüzey için parametrelerin seçilmesi Şekil 4.8’de gösterilen pencereden yapılmaktadır.. İlk yapılması gereken seçim ara yüzey "dayanım" değeridir (R_{inter}). Ara yüzey dayanımı için "rigid" opsiyonu ($R_{inter} = 1$), ara yüzey çevresindeki zeminin dayanımını etkilemeyecekse kullanılır.

Mohr-Coulomb - 04_Kumlu Siltli Kil_V1

General Parameters Interfaces

Strength

☐ Rigid

☒ Manual

R_{inter} : 0.650

Real interface thickness

δ_{inter} : 0.000

SoilTest Next OK Cancel

Şekil 4.8 Zemin-yapısal eleman etkileşiminin tanımlandığı arayüz ayarları

Zeminlerin ve ara yüzeylerin özellikleri tanımlandıktan sonra sıra kirişlerin özelliklerinin tanımlanmasındadır. Kirişler için girdi parametreleri de Şekil 4.9’da görüldüğü gibidir. Kirişler için ilk önce “plastik” ve “elastoplastik” malzeme tiplerinden birisi seçilmelidir. Elastik tip seçilmesi durumunda, modellemede gerekli parametreler, uzama rijitliği, eğilme rijitliği ağırlık ve poisson oranıdır. Maksimum eğilme momenti ve maksimum eksenel değerleri, M_p ve N_p , otomatik olarak hesaplanır. Elasto-plastik model kullanıldığında ise maksimum eğilme momenti değeri manuel olarak girilebilir ve plastisite de hesapla katılmış olur. Eğer tanımlama değerleri aşılsa gerilmeler plastisite teorisine göre yeniden dağıtılır ve kalıcı deformasyonlara yol açar.

Şekil 4.9 Çubuk düzlem eleman sonlu elemanlar parametreleri

Tanımlanması gereken üçüncü malzeme de geotekstillerdir. Geotekstiller için tek parametre eksenel rijitliktir (EA). EA değeri, düzlem içine doğru bir birim uzunluk için girilmelidir. Geotekstiller basınç kuvvetini çekmezler. Ankrajlar için ana parametre EA, eksenel rijitliktir ve değeri her bir ankraj için girilmelidir. Ayrıca ankrajların düzlem içine doğru yatay aralıklarının (L_s) da belirtilmesi gerekmektedir.

4.3 Plaxis Paket Programı İle Hesaplama Yapılması

Plaxis bilgisayar yazılımı ile hesaplama yapılması ve detayları hakkında bilgi verilmesi başlı başına bir çalışma konusu olup bu konuda her sene bir çok profesyonel anlamda kurs, seminer

ve kongre düzenlenmektedir. Bu paragrafta, çalışma kapsamında analizleri yapılan tek ankrajlı iksa duvarına ilişkin analiz adımları özetlenecektir.

Sondaj loglarından hareketle belirlenen idealize zemin profili, kazı kademe kotları, ankraj özellikleri (kotu, düşey ve yatay aralıkları) önceden belirlenmelidir. Programın “girdi” modülü kullanılarak düzlem şekil değiştirme problemi ve sonlu eleman seçimi yapılacaktır. Sonlu eleman geometri boyutları deplasman ve gerilme değerleri sınırdaki sabitleme koşullarından etkilenmeyecek şekilde geniş düzenlenmelidir. İksa sisteminin düşey ve yatay elemanları, malzeme özellikler ile birlikte sisteme girildikten sonra standart sabitleme koşulu seçilerek otomatik olarak sonlu elemanlar ağının oluşturulmasına geçilmelidir. Sonlu elemanlar ağının iriliği (15 noktadan oluşan üçgen formundaki elemanın boyutları) hesap sonuçlarını ve süresini doğrudan etkilemektedir. Çok fazla eleman kullanılması halinde hesaplamalar uzamaktadır. Çok az eleman kullanılması halinde ise analiz sonuçları gerçekçi olmaktan uzaklaşmaktadır.

Sonlu elemanlar ağının oluşturulmasını takiben başlangıç koşullarının hesaplatılmasına gelecektir. Başlangıç koşulları sükunetteki boşluk suyu basıncı ile toprak basınçlarının hesaplanmasından ibarettir. Derin kazılarda kademeli inşaat şartları altında plastik deformasyonların oluşması beklenmektedir. Bu durumda, başlangıç koşullarının hesaplanması sonrasında hesap modülüne geçildiğinde genel sekmesi altındaki pencerede plastik hesap tipi seçilerek parametre sekmesinde kazının başlangıç durumunu sonrasındaki ilk aşaması tanımlanması gerekmektedir. Kazı kademelerinin tanımlanması inşaat yöntemindeki ayrıntılara dikkat edilmesi gerekmektedir. Ankrajlara, öngerme yükleri daha önce el ile yapılan hesaplamalarla belirlenerek kazı kademesinde öngerme yükü olarak verilmelidir. Verilen öngerme yükü her kazı kademesinde tekrar irdelenerek aktif veya pasif yöndeki deplasmanlar irdelenmelidir. Bu aşamada kazı ile birlikte yer altı su seviyesinin kazı çukuru içindeki değişimi de dikkate alınmalıdır.

Hesaplamalar sonucunda belirlenecek deplasmanların zeminin davranışı ile iksa sisteminin rijitliği ile orantılı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Her bir yapısal eleman seçilerek etkileyen tesirler ve deplasmanlar kontrol edilebilmektedir. Ayrıca zemin bloğundan alınacak bir kesitteki gerilmeler ve şekildeğiştirmeler belirlenebilmektedir.

5. İNCELENEN ÖRNEK: GÖZTEPE MEDİCAL PARK HASTANESİ DESTEKLİ DERİN KAZI İKSASI

5.1 Genel Bilgiler

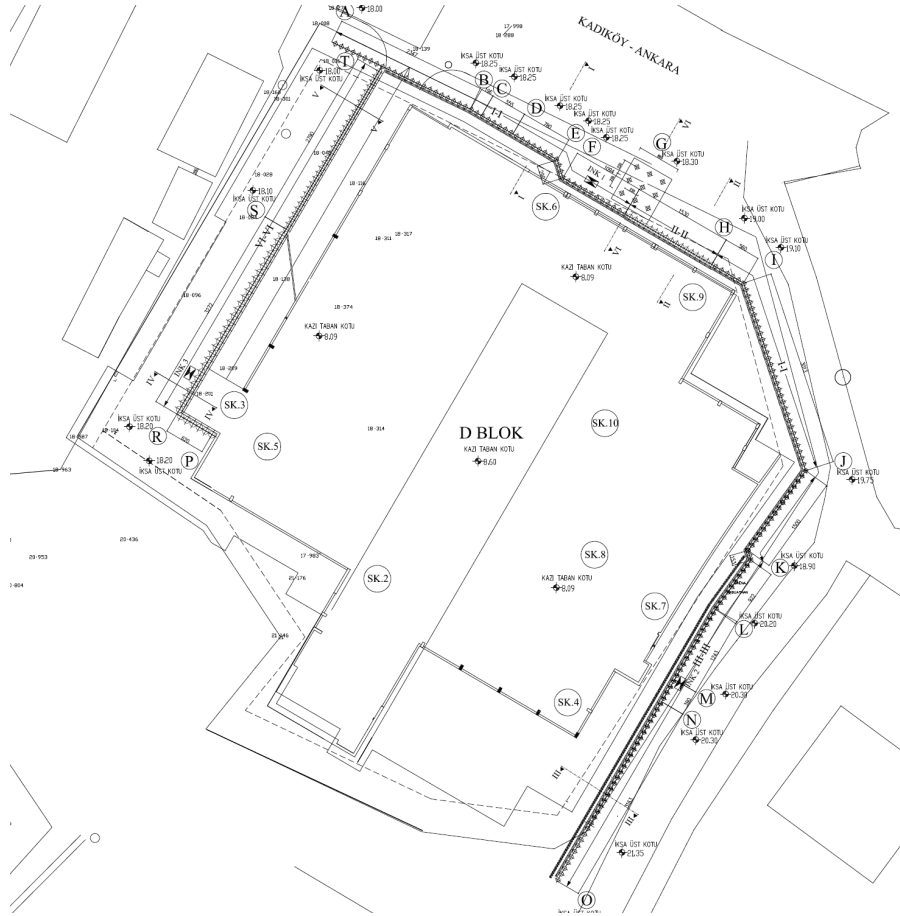
Bu çalışmada İstanbul İli, Kadıköy İlçesi, Merdivenköy Mahallesi, Nisan Sokak, 191 Pafta, 751 Ada, 44 Parselde oturma alanı yaklaşık 8773.00 m² olan arsanın fore kazık ve ankraj destekli iksa sistemi örnek olarak incelenmektedir. Halen inşaatı devam eden projenin mimari plan ve kesitlerine göre arsanın ortasında iki Bodrum kat üzerine 11 normal kat olarak inşa edilecek kule ve kulelerin sağında ve solunda olmak üzere iki bodrum kat üzerine üç normal kat olarak inşa edilecek iki ayrı yapı daha bulunmaktadır.

Hastanenin inşa edileceği sahada zemin profilinin ve parametrelerinin belirlenmesi amacıyla Zemin Yapı Rek. Org. Har. Müh. İnş. Taah. San. ve Tic. Ltd. Şti. tarafından 10 adet zemin araştırma sondajı, 7 serim sismik kırılma deneyi ve rezistivite ölçümü yapılmıştır. Sondajlar sırasında alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde zemin ve kaya mekaniği deneyleri yapılmıştır. Arazi çalışmaları ve laboratuvar deneylerinin sonuçları Mayıs 2005 tarihli “İmar Plan Tadilatına Esas Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporu” kapsamında değerlendirilmiştir.

Göztepe Medical Park Hastanesi, birbirinden dilatasyonla ayrılmış bloklar halinde tasarlanmıştır. Hastane blokları iki tam, bir yarım bodrumlu olarak düşünülmüştür. Derinliği 10.00m – 13.0m arasında değişen temel kazısının yapılabilmesi amacıyla, yukarıdaki paragraflarda özetlenen çalışmalar ve değerlendirme raporunda belirlenen zemin profili göz önüne alınarak alt yapı taşeronu Taş Zemin İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından fore kazık ve öngermeli ankrajlardan oluşan bir iksa sistemi tasarlanmıştır.

5.1.1 İnşaat Alanı

Göztepe Medical Park Hastanesi’nin inşa edileceği inceleme alanı, kuzeyinde E – 5 Karayolu’na, batısında BP Benzin İstasyonu’na, Doğusunda 20 katlı bir binaya komşu olup, sahanın güneyinde ise herhangi bir yapı yer almamaktadır. Kazı sınırı ve komşu binaları gösteren vaziyet planı Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1 Kazı sınırı ve çevre yapılar

5.1.2 Zemin Profili

Göztepe Medical Park Hastanesi inşaat sahasında yapılan zemin araştırma çalışmaları Şekil 5.1’de verilen vaziyet planı üzerinde gösterilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi inceleme alanında toplam 10 adet zemin araştırma sondajı, 7 serim sismik kırılma deneyi ve rezistivite ölçümü yapılmıştır. Arazi çalışmaları ve laboratuvar deneyleri değerlendirilmiştir ve iksa sistemi hesaplarında başlıca üç birimden oluşa zemin profilinden yararlanılmıştır. Zemin profilini oluşturan birimler ve bu birimlere ait mühendislik parametreleri aşağıda verilmiştir. Verilen kohezyon değerleri yalnızca sonlu elemanlar programında kullanılmakta klasik toprak basıncı hesaplarında kohezyon değerleri göz önüne alınmamaktadır.

Dolgu

Sondajlarda, üstte kalınlığı 2.00m – 5.00m arasında değişen dolgu zemin ile karşılaşmıştır. Dolgu zemin tabakası heterojen bir yapıya sahip olup, içerisinde kil boyutundan çakıl boyutuna, beton bloklara ve çeşitli inşaat artıklarına kadar malzeme barındırmaktadır. Dolgu

zemin için benimsenen parametreler aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

Çizelge 5.1 Dolgu tabakasına ait mühendislik parametreleri

Doğal Birim Hacım Ağırlığı	$\gamma_n = 18 \text{ kN/m}^3$
Efektif İçsel Sürtünme Açısı	$\phi = 28^\circ$
Efektif Kohezyon	$c = 5 \text{ kPa}$
Elastisite Modülü	$E_s = 6.0 \text{ MPa}$

Az Kumlu Siltli KİL

Dolgu tabakasının altında, yaklaşık 13.0m – 15.0m derinliğe kadar kumlu siltli KİL tabakası yer almaktadır. Bu birim için yapılacak iksa sistemi hesaplarında aşağıdaki parametreler seçilmiştir.

Çizelge 5.2 Az kumlu siltli kil tabakasına ait mühendislik parametreleri

Doğal Birim Hacım Ağırlığı	$\gamma_n = 19 \text{ kN/m}^3$
Ortalama SPT Darbe Sayısı	$N_{30} = 15 - 30$
Efektif İçsel Sürtünme Açısı	$\phi = 30^\circ$
Efektif Kohezyon	$c = 5 \text{ kPa}$
Deformasyon Modülü	$M_C = 22.5 \text{ MPa}$

Kiltaşı-Kumtaşı-Silttaşı Tabakası

Tüm sondajlarda taban kayası olan Trakya Formasyonu üyesi kumtaşı-kiltaşı-silttaşı tabakası ile karşılaşmıştır. Taban kayası saha yüzeyinden ortalama 10.0m derinlikte yer almaktadır. Taban kayası olan kumtaşı-kiltaşı-silttaşı tabakası için benimsenen parametreler aşağıda özetlenmiştir.

Çizelge 5.3 Kaya tabakasına ait mühendislik parametreleri

Doğal Birim Hacım Ağırlığı	$\gamma_n = 22.0 \text{ kN/m}^3$
RQD	$RQD < \%25$
Deformasyon Modülü	$E_s = 70.0 \text{ MPa}$
Efektif İçsel Sürtünme Açısı	$\phi = 40^\circ$
Efektif Kohezyon	$c = 5 \text{ kPa}$
Yatay Yatak Katsayısı	$k_h = 40\,000 \text{ kN/m}^3$
Düşey Yatak Katsayısı	$k_v = 70\,000 \text{ kN/m}^3$

5.1.3 Yeraltı Suyu Durumu

Sahada yapılan zemin araştırmalarında yeraltı suyu belirlenmiş olsa da, bu su yüzeydeki killi birimlerde biriken yüzey suları olarak yorumlanmıştır. Trakya Formasyonuna ait ana kayanın geçirimsiz olduğu bilinmekle birlikte, bu birim üzerinde de yeraltı suyu taşıyan ve yüksek hidrolik geçirgenliğe sahip herhangi bir birim yer almamaktadır. Bu nedenle, iksa sistemi tasarımında, sızıntı sularından etkiyen hidrostatik basıncın göz önüne alınmamasına karar verilmiştir. İksa sistemi projeleri öncesinde açılan araştırma çukurlarında, yer altı suyu olmadığı görölmüştür.

5.2 Derin Temel Kazısı ve İksa Sistemi

Göztepe Medical Park Hastanesi inşaatı kapsamında derinliği 10.0m ila 13.0m arasında değişen temel kazısı tasarlanmıştır. İksa sistemine ait projeler plandaki formu nedeniyle beş cepheli olarak inşa edilecek iksa sistemi fore kazık ve öngermeli ankrajlı olarak düşünölmüş olup, fore kazık imalatında zorluk çekilen bölgelerde ve kazıkların imalatı sonrasında değiştirilen kazı taban kotu nedeniyle fore kazıkların alt kotundan başlayarak betonarme perde ile düşey elemanlar uzatılmıştır. İksa sistemine ait projeler EK 2’de verilmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında incelenen projelerde öncelikle ankraj kök bölgeleri ve ankraj kapasiteleri irdelenmiştir. Potansiyel kayma yüzeyini temsil eden aktif kamanın, incelemeye konu alandaki zemin profili göz önüne alındığında yatay ile yaptığı açısı $\alpha = 45^\circ + (\phi/2)^\circ = 45^\circ + (32,5/2)^\circ = 61^\circ$ ’dir. Ankraj kök bölgelerinin, FHWA – IF – 99 - 015 “Ground Anchors and Anchored Systems” uyarınca potansiyel kayma yüzeyinden en az 2.00m veya $h/5$ (h :kazı yüksekliği) uzaklıkta başlanılması, kök bölgesinin sabit zemin kütlesi içinde kalması ve kayan kütleyi tutması açısından önem taşımaktadır. Tüm kesitlerde ankrajların toplam boyları bu koşulu sağlayacak yeterlilikte seçilmiştir. Yatayla 15° açısı yapacak şekilde imal edilen öngermeli ankrajların boyları 14.0m – 18.0m arasında değişmektedir. Böylelikle iksa kesitlerinde ankraj kökleri üst seviyelerde sıkı killi kum birimlerde ve alt seviyelerde grovak içerisinde kalmaktadır. FHWA uyarınca orta sıkı, siltli kumlarda ve siltli killerde ankraj kökleri için yaklaşık takriben 100kN/m (delgi çapı $D = 125\text{mm}$ için) yük taşıma kapasitesi öngörülmektedir. Bu doğrultuda projede seçilen $L = 8.0\text{m}$ kök boyu için $F_s = 2.0$ güvenlik sayısı alınarak inceleme sahasında teşkil edilecek ankrajlar için aşağıdaki güvenli öngörme yüküne gerilebilirler. Bu değer:

$$T_{\text{ank, maks}} = (8.0\text{m} \times 100\text{kN/m})/2 = 400\text{kN} \cong 40 \text{ ton'dur.}$$

Kökü grovak içerisinde kalan ankrajlar ise BS 8081:1989 içerisinde yer alan ve muhtelif uygulamalar sonucu kaya birimlerde belirlenen sürtünme değerleri tablosuna (Littlejohn ve Bruce 1977) göre, ayrılmış grovak zeminlerde ankraj kökü ile grovak arasında mobilize olan maksimum sürtünme değeri $0.34\text{N/mm}^2 = 340\text{kPa}$ 'dır. Bu doğrultuda $L = 8.0\text{m}$ boyundaki ankraj kökünün grovak veya ayrılmış kumtaşı içerisinde taşıyabileceği maksimum öngerme yükü

$$T_{\text{ank, maks}} = (8.0\text{m} \times 340\text{kPa} \times 0.140\text{m} \times \pi)/2 = 598\text{kN} \cong 60 \text{ ton'dur.}$$

İksa sisteminin düşey elemanları $s = 90\text{cm}$ ara ile $\phi 65\text{cm}$ ve $s = 110\text{cm}$ ara ile $\phi 100\text{cm}$ çapındaki fore kazıklardan teşkil edilmektedir. Bu birimler özellikle kazık çaplarının $\phi 65\text{cm}$ ve yatay aralıklarının $s = 90\text{cm}$ olduğu cephelerde, kazıkların arasından dökülecek ve iksa sisteminin güvenliğini zamanla tehdit edebileceğinden yer yer püskürtme beton kaplama yapılması gereği ortaya çıkabileceği öngörülmüştür.

Göztepe Medical Park Hastanesi temel kazısı için inşa edilecek iksa sisteminin, kazı sırasında ve sonrasında ne kadar yatay deplasman yaptığı aletsel gözlem yapılarak izlenmesi için her bir kazı cephesine en az bir adet, $L = 15.0\text{m}$ boyda inklinometre borusu yerleştirilmiştir.

Yukarıda belirtildiği üzere, kazı taban kotu kazık imalatı sırasında değişmiştir. Başlangıçta konsol olarak görev yapması öngörülen $\phi 100\text{cm}$ çapında kazıkların kazı taban kotunun derinleştirilmesi nedeniyle tek sıra ankraj ile desteklenmesi gereği ortaya çıkmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında, ilk davranışına konsol perde olarak başlayan ve o bölgedeki kazı taban kotuna erişildikten sonra tek sıra ankraj yapılarak kazı taban kotunun derinleştirildiği kesimin (Kesit 4) incelenmesine karar verilmiştir. Diğer yandan, tasarım değişimi sonrası $\phi 65\text{cm}$ çapında kazıklar ile 3 sıra ankrajdan oluşan Kesit 1'in deplasmanlarının da incelenmesi de uygun görülmüştür.

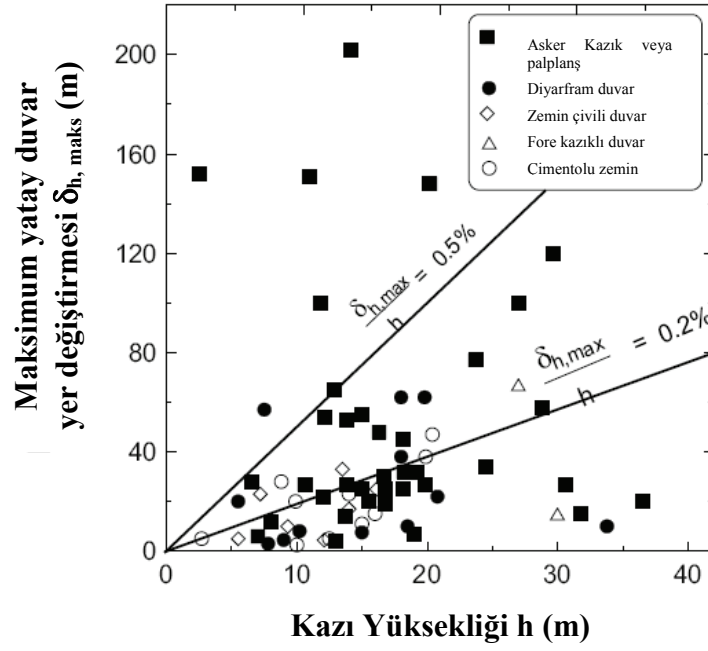
5.2.1 Plaxis Yazılımı ile İksa Sistemi Analizi

İksa sisteminde Kesit 1 ve Kesit 4 olarak tanımlanan incelenen kesitler sırasıyla Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'de verilmiştir. Plaxis yazılımı kullanılarak yapılacak hesaplamalarda yerdeğiştirme kontrollü bir analiz yapılması gerekmektedir. Bunun için izin verilebilir bir fiktif deplasmanı hedeflemek ve bu arada iksa sistemine ait bileşenleri iteratif olarak değiştirmek gerekmektedir. Diğer yandan, her hangi bir iksa duvarının sağlıklı bir şekilde değerlendirilebilmesi için hesaplanan veya ölçülen deplasmanın normalize edilmesi gerekmektedir. Bu ise deplasmanın (δ) duvar yüksekliğine (H) bölünmesi ile olanaklı

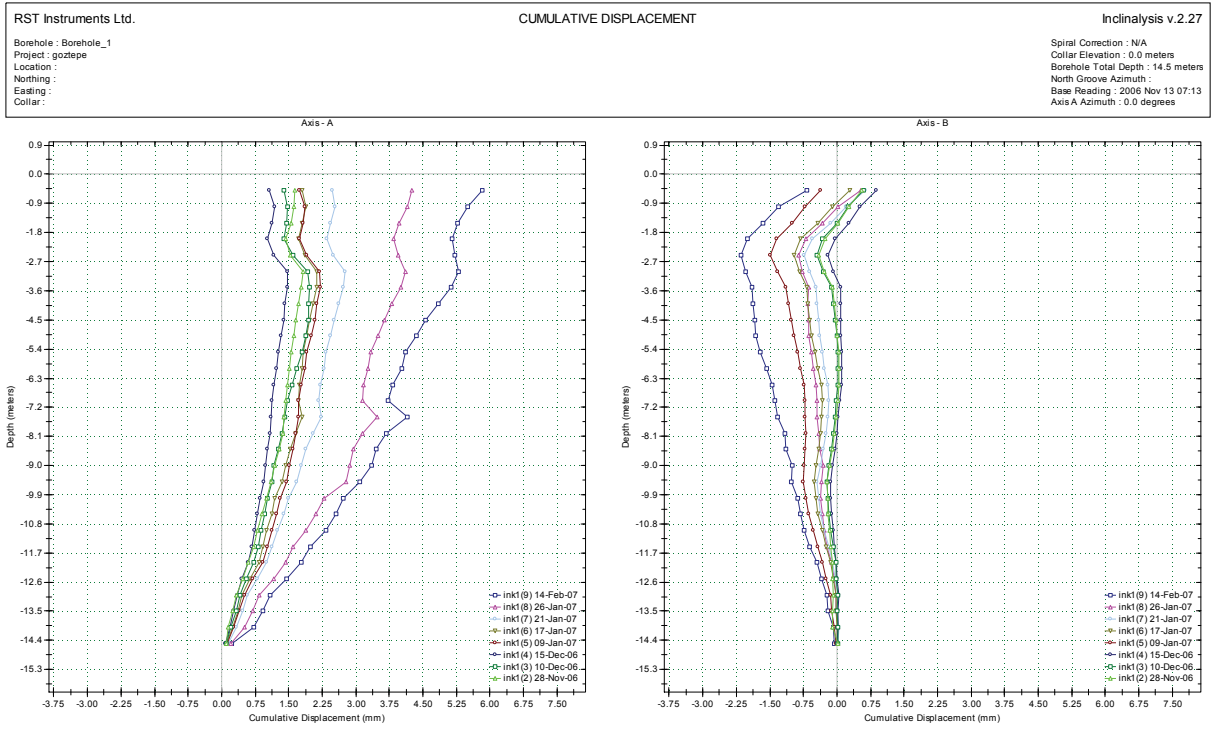
olmaktadır. İksa sistemlerinin objektif olarak değerlendirilebilmesi için δ/H oranı için bir eşik değerler tanımlanması gereği ortaya çıkmıştır. Söz konusu eşik değerler evrensel referans değeri olan kazıların incelenmesi suretiyle elde edilmiş olup ve sadece bir karşılaştırma yapılabilmesi için kullanılmaktadır. Clough ve O'Rourke tarafından sert killer, kumlar ve rezüdüel zeminlerde yapılan duvarlarda duvar rijitliğinin iksa sistemin deplasmanına temelde etkisinin bulunmadığını gösteren çalışmasına göre derin kazılardaki yerdeğiştirmeler genelde $\delta = \%0.5H$ altında gerçekleşmektedir. (Şekil 5.4).

Kesit 1 için Plaxis 8.6 yazılımı kullanılarak yapılan analizler sonucunda iksa sistemin 5.22mm maksimum yatay yerdeğiştirme yapacağı tahmin edilmiştir. Hesaplamalara ait sonuç Kesit 3'de verilmiştir. Kesit 1'in geçerli olduğu kesimde iksa sisteminin toplam yüksekliği 10.10m'dir. İksa sistemine ait kesite ait bilgiler Şekil 5.2'de ve EK 2'de verilen paftalarda görülebilecektir. Bu durumda, $\delta/H = 5.22\text{mm}/10100\text{mm} = \%0.052$ olacaktır. Söz konusu değer yukarıda belirtilen eşik deplasman değerlerinden oldukça küçüktür. Kesit 1 için yapılan analizde iksa kazığına etkileyen maksimum moment 131kNm/m, kesme kuvveti 185 kN/m'dir. Yatayda 1.5m ara ile imal edilen ankrajların servis yükleri ise yukarıdan aşağıya doğru, 318.1 kN, 214.9 kN ve 404.5 kN olarak tahmin edilmiştir. Öngörülen değerler servis yükleri olup, bu çalışma kapsamında incelenen projede verilen yükler ile uyumludur. Bu nedenle adı geçen kesit için belirlenen parametrelerin oldukça gerçekçi seçildiği sonucuna varılmaktadır.

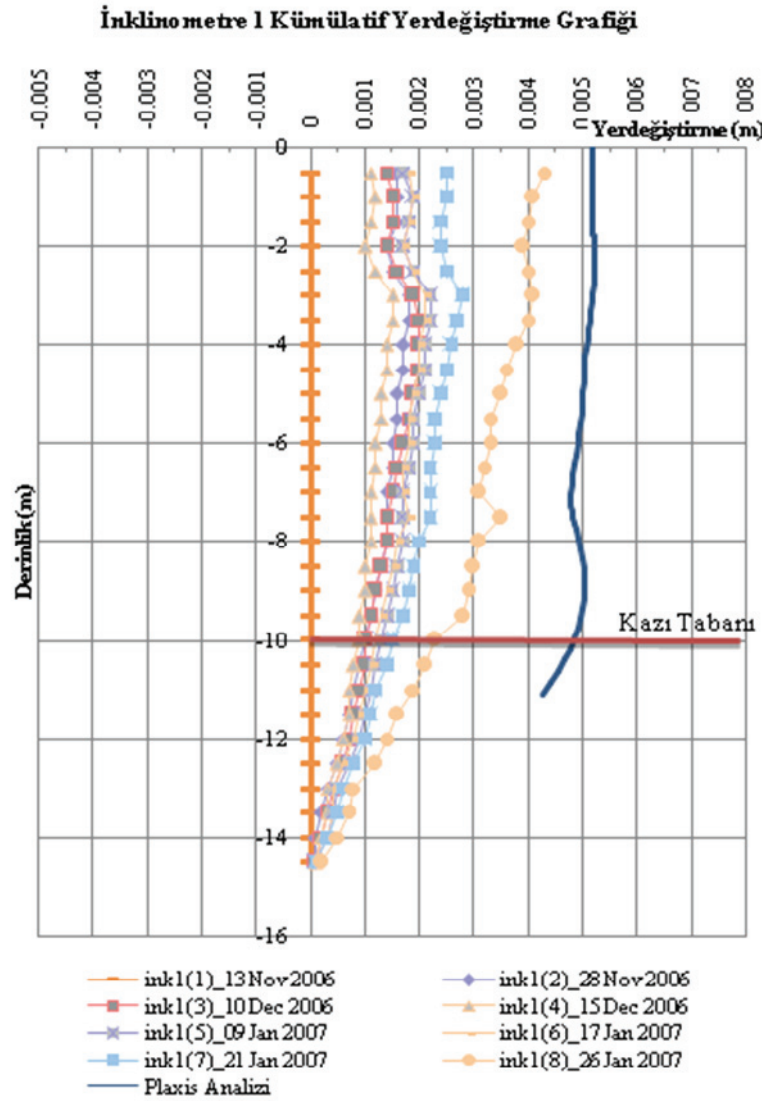
İnşaat süresi boyunca Kesit 1'in geçerli olduğu bölgeden alınan inklinometre okumaları incelendiğinde gözlenen maksimum yerdeğiştirmenin 4.3mm olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.5). Gözlenen ile Plaxis yazılımı ile tahmin edilen yerdeğiştirmeler bir grafik üzerinde beraber gösterilmiştir (Şekil 5.6). Şekil 5.6'dan anlaşılabileceği gibi, iksa sisteminde gözlenen yerdeğiştirmeler ile bu tez kapsamında yapılan analizler arasında 1.0-2.0mm fark bulunmaktadır. Bu değerler pratik olarak aynıdır. Hesaplarda kullanılmak üzere belirlenen zemin parametreleri son derece uygundur.



Şekil 5.4 Çeşitli zeminlerde yapılan kazılarda gözlenen yatay deplasman duvar yüksekliği ilişkisine ait diyagram (Clough ve O'Rourke, 1990)



Şekil 5.5 Kesit 1 bölgesinden ölçüm alan 1 nolu inklinometre



Şekil 5.6 Kesit 1 Gözlenen ve tahmin edilen yer değiştirmelerin karşılaştırması

Kesit 4 için Plaxis 8.6 yazılımı kullanılarak yapılan analizler sonucunda iksa sistemin 53.34mm maksimum yatay yer değiştirme yapabileceği öngörülmüştür. Hesaplamalara ait ayrıntılı bilgiler Kesit 4’de verilmiştir. Kesit 4’in geçerli olduğu kesimde de iksa sisteminin toplam yüksekliği 10.10m’dir. Bu durumda, $\delta/H = 53.34\text{mm}/10100\text{mm} = \%0.528$ tahmin edilebilir. Söz konusu değer, yukarıda belirtilen eşik deplasman değerlerine yakındır. Kesit 4 için yapılan analizde iksa kazığına etkiyen maksimum moment 596.86kNm/m, kesme kuvveti 231.49 kN/m hesaplanmıştır. Yatayda 1.65m ara ile imal edilen ve tek sıra ankraj ile desteklenen sistemde ankraj yükü olarak 425.97 kN değeri bulunmuştur. Hesaplanan değer servis yükleri olup, bu çalışma kapsamında incelenen tasarım yükleri ile uyumludur. Tasarım ankraj yükleri Şekil 5.3’de ve EK 2’de verilen paftalarda görülebilecektir.

İnşaat süresi boyunca Kesit 4'ün geçerli olduğu bölgeden alınan inklinometre okumaları incelendiğinde maksimum deplasman konsol kazıklarda olduğu gibi kazık başlığı seviyesinde oluşmuştur. Gözlenen maksimum yatay yer değiştirme 42.0mm mertebesindedir. Kazık başlığının, altında, 2.0m derinlikte gözlenen maksimum deplasman ise 18.0mm'dir. Kazık başlığındaki maksimum yatay yer değiştirme ile 2.0m derinlikteki yatay yer değiştirme kazı yüksekliği ile normalize edilirse, sırasıyla, $\delta/H = 42\text{mm}/10100\text{mm} = \%0.416$ ve $\delta/H = 18\text{mm}/10100\text{mm} = \%0.178$ değerlerine ulaşılmaktadır. Yukarıda belirtildiği üzere, Kesit 4 için hesaplanan maksimum deplasman değeri (42.00mm; %0.416) eşik değerler olarak tanımlanan değerler (%0.3 ve %0.5) civarındadır. Ancak, ölçülen ve hesap edilen yatay yerdeğiştirmeler aynı grafik üzerinde incelenir ise iksa sisteminin hesaplandığı gibi davranmadığı görülmüştür. İnşaat sonrası oluşan deplasmanların tahminlerinin ortalama 20mm farkla ve tasarımın aynı zemin parametreleri ile yapılmış olması ilave çalışma yapılmasını gerektirmektedir.

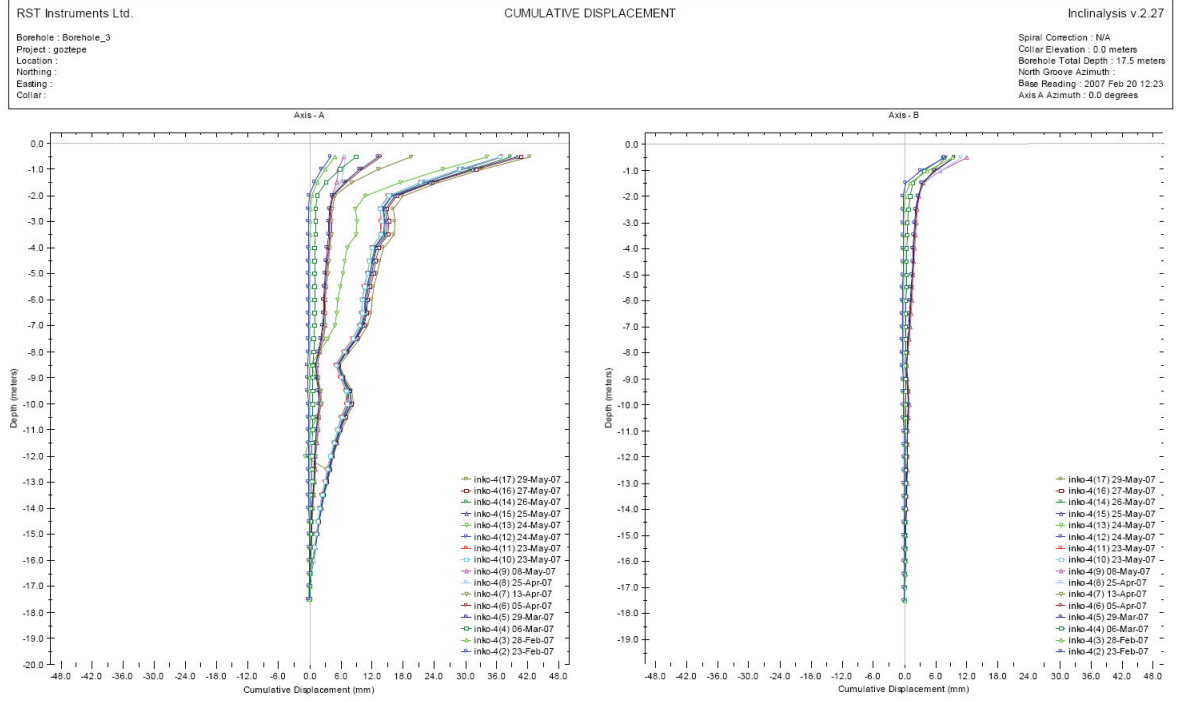
İksa sisteminin deplasmanlarını etkileyen en önemli husus zemin parametreleridir. İksa sisteminin zemin parametrelerinden ne kadar etkilendiğini belirlemek üzere Plaxis yazılımı ile duyarlılık analizinin yapılması gerekmiştir.

Yukarıdaki paragraflardan, kazının daha çok, az kumlu kil tabakası içinde yapılacağı görülmüştür. Bu birim için efektif içsel sürtünme açısı, efektif kohezyon ve elastisite modülü parametre takımlarının değişimi incelenmiştir. İncelemeler sonrasında her üç parametrenin hesaplamalardaki katkısı belirlenmiştir. Bu durumda, az kumlu kil tabakasının efektif kohezyonunun hesaplamalardaki etkisi %17.1 mertebesindedir. Benzer şekilde, elastisite modülünün toplam davranıştaki etkinliği %19.2 olarak hesaplanmıştır.

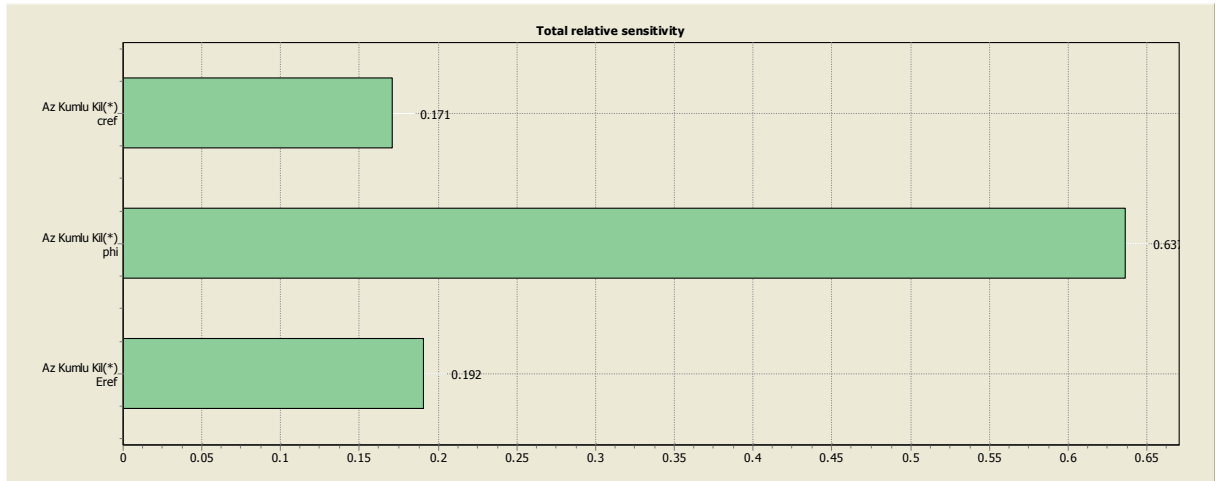
Şekil 5.8'den görüleceği üzere az kumlu kil tabakasının efektif kayma mukavemetinin etkinliği %63 mertebesindedir. Bu hesaplamalarda, az kumlu kil tabakası için göz önüne alınan zemin parametreleri Çizelge 5.4'de özetlenmiştir.

Çizelge 5.4 Kaya tabakasına ait mühendislik parametreleri

	E_{ref}	c_{ref}	ϕ_{ref}
	(MPa)	(kPa)	(°)
SA 1	75 000	10	30
SA 2	75 000	10	34
SA 3	75 000	20	30
SA 4	75 000	20	34
SA 5	125 000	10	30
SA 6	125 000	10	34
SA 7	125 000	20	30
SA 8	125 000	20	34

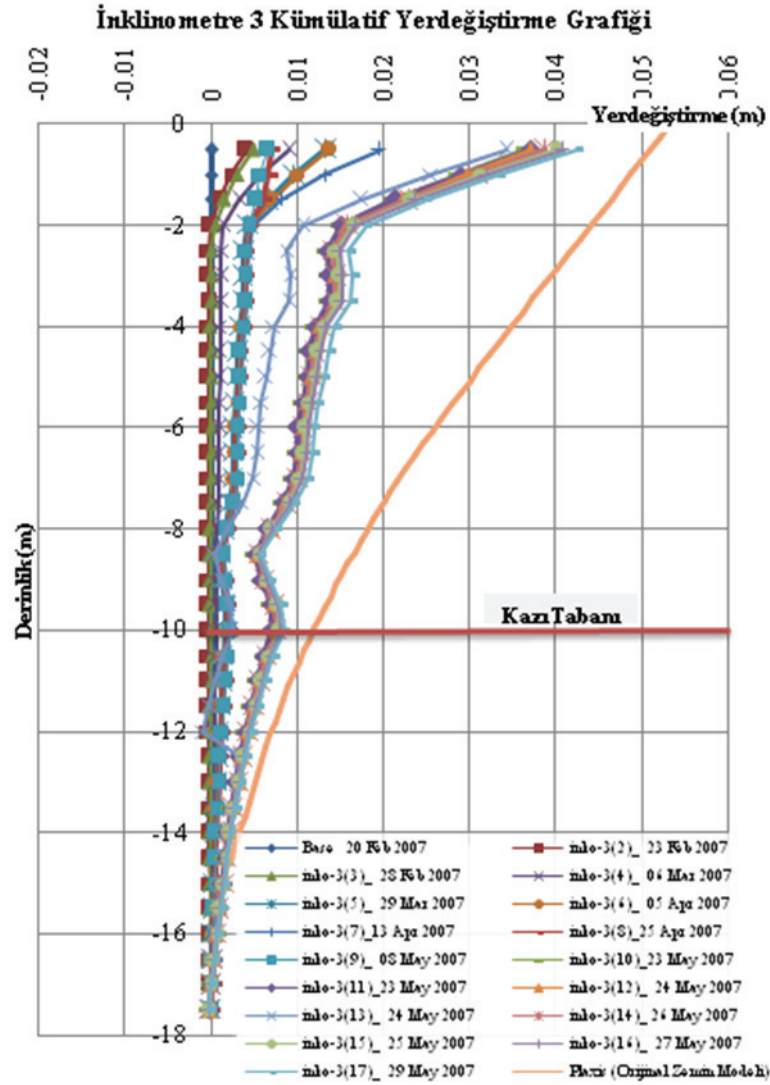


Şekil 5.7 Kesit 4 bölgesinden ölçüm alan 3 nolu inklinometre



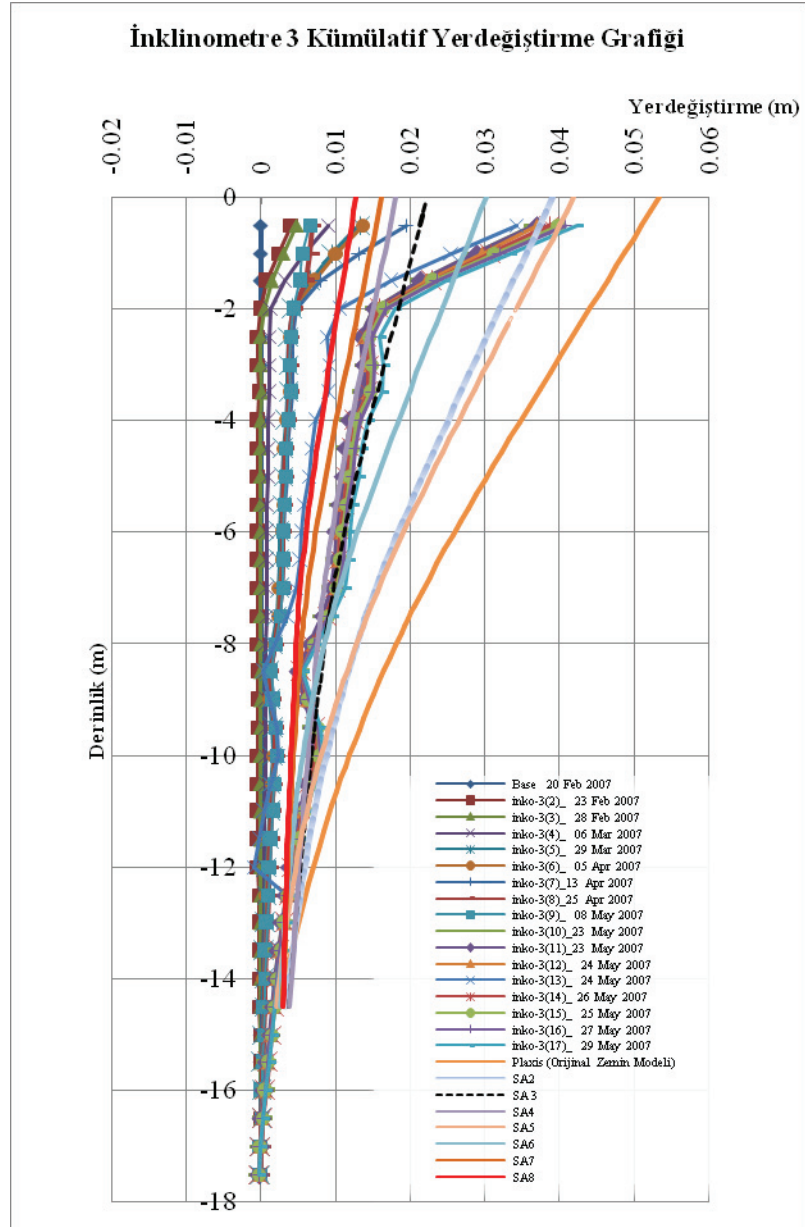
Şekil 5.8 Zemin parametrelerinin duyarlılık üzerine etkisi

Şekil 5.8'den görülebileceği gibi iksa sisteminin davranışını içsel sürtünme açısı kontrol etmektedir. Şekil 5.9'da gözlenen ve tahmin edilen yatay yer değiştirmelerin karşılaştırmasına yer verilmiştir. Yapılan analizler, kazı taban kotundan itibaren hesaplanan yer değiştirme değerlerinin ölçülenlerden ıraksadığını göstermektedir.



Şekil 5.9 Kesit 4 Gözlenen ve tahmin edilen yer değiştirmelerin karşılaştırması

Şekil 5.10'da, 3 Nolu inclinometreye ait kümülatif yer değiştirme grafiği verilmiştir. Gözlenen okuma değerlerine ilaveten toplamda 8 adet duyarlılık analiz yapılmış olup bu ilave yer değiştirme grafikleri ile gösterilmiş olanlardan, SA 3 analizine ait sonuçlar, gözlem dönemi boyunca yapılan okumalar ile uyum göstermektedir. İnclinometreler ile uyum içinde olan SA 2 ve SA 3 (mor ve siyah) iksa sisteminin deplasmanlarını yansıtmaktadır.



Şekil 5.10 Kesit 4 Duyarlılık analizleri ile inclinometre okumalarının karşılaştırılması

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında derin temel kazıları ve kazı sonrasında açığa çıkan kazı şevlerinin iksa sistemleri incelenmiştir. Çalışmanın konu akışı içerisinde derin kazılar ilgili genel hususlar ve devamında İstanbul İli, Kadıköy İlçesi, Göztepe Sementi'nde inşa edilen bir hastane yapısının derin temel kazısı bir vaka analizi olarak sunulmuştur. Çalışmanın Paragraf 1'den Paragraf 4'e kadar olan bölümlerinde derin kazılar ile ilgili genel bilgiler ve bu çalışma kapsamında sunulan vaka analizinin iksa sistemi kesit hesaplarında kullanılan sonlu elemanlar yazılımına ait bilgiler anlatılmıştır. Söz konusu paragraflarda sunulan kaynak derlemesi bu çalışmanın sonuçlar bölümünde tekrarlanmamıştır. Bu bölüm, bu çalışma kapsamında incelenen vaka analizinden çıkartılabilecek sonuçlardan oluşmaktadır.

Daha önce de belirtildiği üzere, İstanbul İli, Kadıköy İlçesi, Göztepe Medical Park Hastanesi inşaatı kapsamında derinliği 10.0m ile 13.0m arasında değişen temel kazısı yapılmıştır.

Bu tez, incelenen örnek kapsamında iki adet iksa sistemi kesitinin sonlu elemanlar yazılımı ile analizi ve sonrasında kazı sırasında ve kazının tamamlanmasını izleyen sürede oluşan deplasmanlar incelenmiştir. Sonlu elemanlar analiziyle hesaplanan ve oluşması öngörülen deplasmanlar, gerçekte meydana gelen ve inklinometre okumaları ile gözlenen deplasmanlar ile karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırılacak olan değerler her bir kesit için aşağıda tekrar özetlenmiştir:

- Kesit 1, üç sıra yatay ankraj ile desteklenmiş ve düşey yapısal elemanlarını $s = 90\text{cm}$ ara ile $D = 65\text{cm}$ çapında fore kazıkların oluşturduğu bir iksa sistemi kesitidir. Diğer bir deyişle çok destekli bir iksa sistemi kesitidir.
- Kesit 1 için Plaxis 8.6 yazılımı kullanılarak yapılan analizler sonucunda iksa sistemin 5.22mm maksimum yatay deplasman tahmin edilmiştir.
- Bu durumda, $\delta/H = 5.22\text{mm} / 10100\text{mm} = \%0.052$ hesaplanabilecektir.
- Kesit 1'in geçerli olduğu bölgeden alınan inklinometre okumaları incelendiğinde gözlenen en çok yerdeğiştirmenin 4.3mm olduğu belirlenmiştir.
- Vaka analizine konu ikinci kesit olan Kesit 4, $s = 110\text{cm}$ ara ile $D = 100\text{cm}$ çapında fore kazıklardan ve 7.0m derinlikte tesis edilmiş tek sıra ankrajlarla desteklenmiş bir iksa

sistemi kesitidir. Bu kesitin saha yüzeyinden itibaren ilk 7.0m'si konsol olarak çalışmaktadır.

- Kesit 4 için Plaxis 8.6 yazılımı kullanılarak yapılan analizler sonucunda sistemde başlığın 2.0m altında 18mm en çok yatay yerdeğiştirme öngörülmüştür. Kesit 4'ün geçerli olduğu kesimde de iksa sisteminin toplam yüksekliği 10.10m'dir.
- Bu durumda, $\delta/H = 18\text{mm}/10100\text{mm} = \%0.178$ hesaplanabilecektir.
- Kesit 4 için Plaxis 8.6 yazılımı kullanılarak yapılan analizler sonucunda sistemde kazık başlığı seviyesinde 53.34mm en çok yatay yerdeğiştirme öngörülmüştür. Kesit 4'ün geçerli olduğu kesimde de iksa sisteminin toplam yüksekliği 10.10m'dir.
- Bu durumda, $\delta/H = 53.34\text{mm}/10100\text{mm} = \%0.528$ hesaplanabilecektir.

Yukarıda özetlenen hesap ve gözlenen deplasman değerlerinden hareketle aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Çok sıralı ankrajlı bir sistemde yerdeğiştirmeler beklendiği gibi daha düşük değerlerde gerçekleşmektedir.
- Çok sıralı ankrajlı bir sistem için sonlu elemanlar analizleri kullanılarak yapılan deplasman tahminleri ile gözlenen deplasman değerleri uyum içindedir.
- Sonlu elemanlar analizleri kullanılarak yapılan konsol kazıklı perde veya büyük bir bölümü konsol çalışacak biçimde ve tek sıra olarak tesis edilmiş olan iksa kesitlerinde (örn. Kesit 4), hesaplanan ve inklinometre okumalarıyla gözlenen değerler arasında büyük fark bulunmaktadır.
- Zemin ve Temel mühendisliği açısından, iksa sistemi analizlerinde idealize zemin profilinin ve hesap parametrelerinin önemi ortaya çıkmıştır. Şöyle ki, sonlu elemanlar yazılımları, düşük deplasmanların oluşmasının beklendiği durumlar için etkili bir analiz yöntemidir.
- İksa sisteminin gözleminin yapıldığı süreçte yapılan bir seri sonlu elemanlar analizi ile Kesit 4'ün geçerli olduğu bölge için ek önlem almanın gerekliliğini ortaya koymuştur.
- Yapılan duyarlılık analizleri, Çizelge 5.4'de yer verilen SA 3 ve SA 4 zemin parametrelerinin ($E=75000 \text{ kPa}$, $c = 20 \text{ kPa}$, 30° ve $E=75000 \text{ kPa}$, $c = 20 \text{ kPa}$, 34°) kullanılması durumunda yerdeğiştirmelerin sınırlandırılabilceğini göstermiştir.

- İnklinometre okumaları ile belirlenen yerdeğiştirmelerin sağlıklı olabilmesi için inklinometre borularının tesis ediliş yerlerine ve şekillerine dikkat edilmelidir. Zira, borusunun çok uzun veya kısa olması halinde, kazığın yaptığı yer değiştirmeden farklı bir deplasman yapması söz konusu olmaktadır.
- Zemin parametrelerinin beklenenden farklı olması halinde kazık zemin etkileşimlerinde farklılıklar oluşacaktır. İç tesir kuvvetleri farklılaşacaktır.

Bu sonuçlar gözönüne alındığında başlangıçta varsayılan efektif kohezyon değerinin çok az tahmin edildiğini ortaya koymaktadır. Büyük bir olasılıkla aşırı konsolide olan killi birimlerde (5kPa gibi) bir kohezyon gözönüne almak oldukça tutucu bir yaklaşım anlamına gelmektedir. Kesit 1 için benzer bir yaklaşımda zaten küçük tahmin edilen ve ölçülen deplasmanlarda bu farklılığın olmasının bir fark yaratmayacağı anlaşılmaktadır.

Diğer yandan kohezyonun sabit tutulup içsel sürtünme açısına bağlı bir duyarlılık analizi gerçekleştirilirse içsel sürtünme açısının 34° , kohezyonun 20kPa alınması sonucunda hem deplasmanların birbiriyle uyumlu olduğu hem de alınan mühendislik parametrelerinin killi birim için makul değerler olduğu görülmektedir. Diğer taraftan kohezyonun daha küçük değer bir değerde (5kPa gibi) sabit tutulup içsel sürtünme açısına bağlı bir analiz gerekleştirilseydi içsel sürtünme açısının daha yüksek bir değerde yaklaşım sağlayacağı anlaşılmaktadır. Killi bir oluşum için efektif gerilmeler cinsinden daha büyük bir değerin gerçekci olmayacağı kaynaklarda (ok sayıda veri sonucuna dayalı olarak) belirtilmektedir.

Özetle Plaxis gibi Sonlu Elemanlar Yöntemi kullanan bilgisayar programlarında içsel sürtünme açısının gerçeğe yakın bir değeri plastisite indeksine dayalı amprik olarak veya laboratuvar deneyine bağlı olarak alınmasıdır. Sonra efektif kohezyon değeri yerinde oluşmuş büyük olasılıkla aşırı konsolide birimlerde küçük kohezyon değeri varsaymak oldukça tutucu tahminlere yol açma olasılığı belirlemektedir.

KAYNAKLAR

AASHTO, 1992, "Standard Specifications for Highway Bridges", 15th Edition, American Associations of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.

Bowles, J. E. (1982). *Foundation Analysis and Design*, McGraw-Hill Book Company,

Byrne, R.J., Cotton, D., Porterfield, J., Wolschlang, C. ve Ueblacker, G., 1998, "Manual for Design and Construction of soil Nail Wall", Rep FHWA-SA-96-069R, Federal Highway Administration, Washington.

DiBiago, E., ve Myrvoll, F., 1981, "Field Instrumenation for Soft Clay", Soft Clay Engineering, Brener, R.P. ve Brand, E. W. (Eds), Elsevier Publishing, Amsterdam.

Dunnicliff J., 1988, "Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance", John Wiley and Sons Inc, New York.

French National Research Project CLOUTERRE, 1991, REcommendations Clouterre 1991 (English Translations) Soil Nailling Recommendations, FHWA-SA-93-026, Federal Highway Adminstration, Washington.

Irvine D.J., Smith R.J., 1992, "Trenching Practice. CIRIA Report 97", London.

Koçyiğit, F., 2003, "Kazı Duvarlarının ve Şevlerin Ankraj Sistemleriyle Islahı", İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Littlejohn, G. ve Bruce, D.A., 1977, "Rock Anchors: State of the Art", Foundation Publications, Brentwood, United Kingdom.

NAVFAC (1982). "Foundations and earth structures design manual 7.2." Dept. of the

Navy, Naval Facilities Engineering Command, Alexandria, VA.

New York, NY.

pages.

Peck, R. B., 1969, "Deep Excavations and Tunneling in Soft Ground," IN Proc. 7th Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Mexico City.

Phi Yapı İnş. Müh. San. Tic. Ltd. Şti, 2006, "www.phiyapi.com"

Puller M.J., Sevenoaks K., 2003, "Deep Excavation: A Practical Manual", Thomas Telford Ltd., London.

Reinforced Earth Company, 2007, Reinforced Earth Brochure, "<http://www.reinforcedearth.com/Brochures/RECo%20Brochure.pdf>"

Sabatini, P.J., Pass, D.G., Bachus, R.C., 1999, "Geotechnical Engineering Circular no. 4, Ground Anchors anf Anchored Systems" Rep. FHWA IF-99-015, Federal Highway Administration, Washington.

Sağlam, A., 1986, "İstanbul'da Şehir İçerisinde Yapılan Derin Kazılar", 1. Ulusal Kaya Mekanığı Sempozyumu, syf 283-288, 13-15 Ekim, Ankara

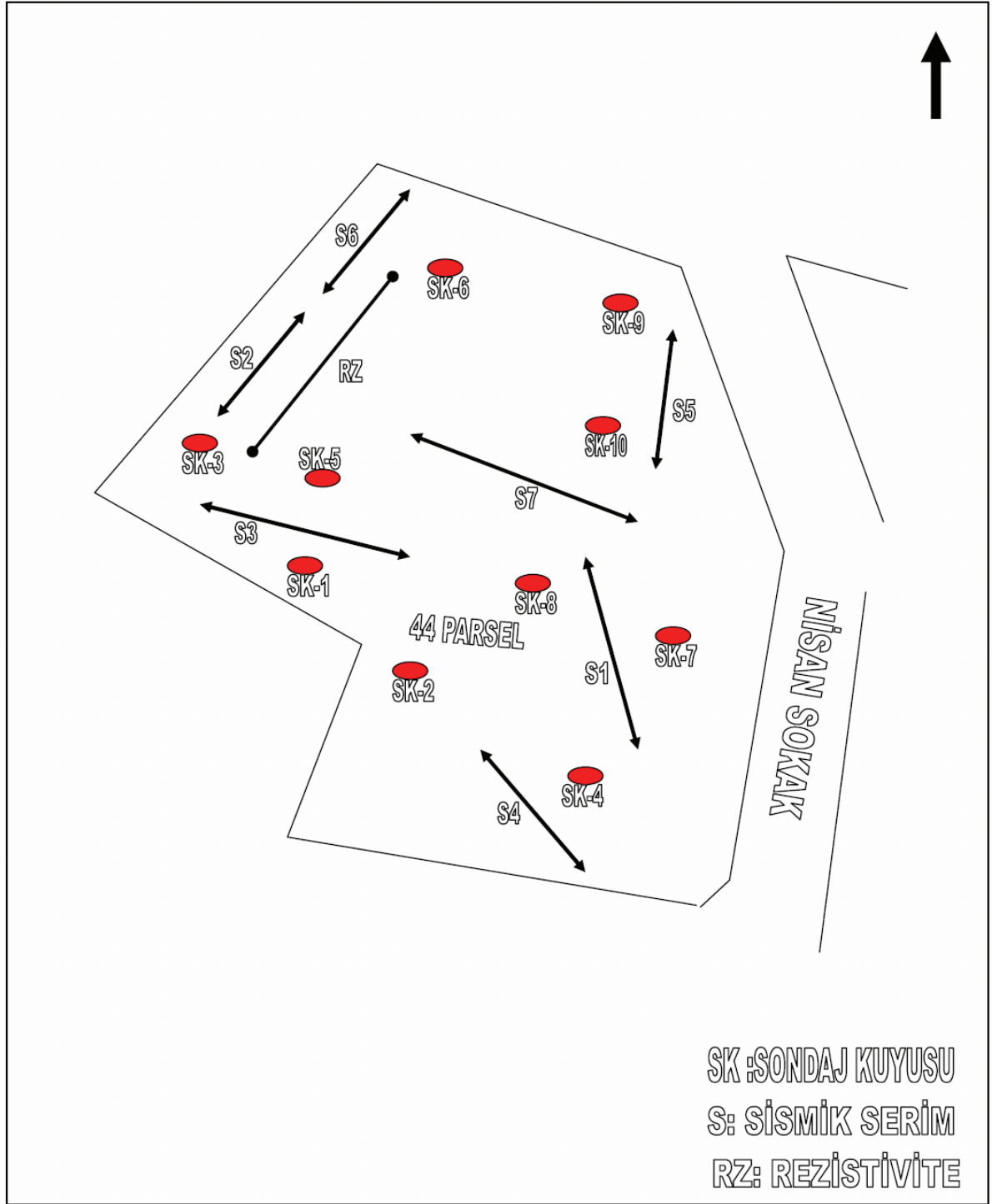
Sowers G.B., Sowers G.F., 1967, "Failures of bulkhead and excavation bracing", Civil. Engineering, 107, No. 1, 72-77.

- Taşıyapı, 2007, “Mecidiyeköy Transfer Merkezi İksa Projesi”, 23.07.2007 Tarihli Şantiye Ziyareti, İstanbul.
- Terzaghi, K., ve Peck, R.G., 1967, “Soil Mechanics in Engineering Practice”, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Tomlinson, M. J. 1987. “Pile Design and Construction” *Viewpoint Publication*, 415
- Tomlinson, M.J., 1980, “Foundation Design and Construction”, 4th Ed. Pitman Advanced Publishing Program.
- Tunç, A., 2002, “Yol Mühendisliğinde Geoteknik ve Uygulamaları”, Atlas Yayın Dağ., İstanbul.
- U.S. Army Corps of Engineers, 1989, “Engineering and Design: *Retaining and Flood Walls*, EM-1110-2-2502”. Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C.
- US Department of Transportation, 1997, “Geotechnical Engineering Circular No.2 Earth Retaining Walls, Rep. FHWA-SA-96-038, Federal Highway Administration, Washington.
- Yıldırım S., 2002, “Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı”, Birsan Yayınevi, İstanbul
- Yılmaz, S. Kulaç, F ve Durgunoğlu, H. T., 2000, “Zemin Çivili Duvarların Farklı Zemin Koşullarında Davranışları”, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 8. Ulusal Kongresi, İstanbul

EKLER

Ek 1	Zemin etüdü
Ek 2	İksa sistemi projeleri
Ek 3	Sonlu elemanlar yöntemi ile iksa sisteminin projelendirilmesi (Kesit 1)
Ek 4	Sonlu elemanlar yöntemi ile iksa sisteminin projelendirilmesi (Kesit 4)
Ek 5	Kesit 4 duyarlılık analizi – SA 2
Ek 6	Kesit 4 duyarlılık analizi – SA 3
Ek 7	Kesit 4 duyarlılık analizi – SA 4
Ek 8	Kesit 4 duyarlılık analizi – SA 5
Ek 9	Kesit 4 duyarlılık analizi – SA 6
Ek 10	Kesit 4 duyarlılık analizi – SA 7
Ek 11	Kesit 4 duyarlılık analizi – SA 8

EK 1 ZEMİN ETÜDÜ



Şekil Ek 1.1 Sondaj Vaziyet Planı

Zemin Araştırma Sondajları

TEMEL SONDAJ LOGU																	
SONDAJ YERİ					İstanbul İli, Kadıköy İlçesi					Proje No:		Sondaj No:					
Göztepe					Derinlik		20 m			SK 1							
MAKİNE TİPİ					ROTARY					Mal Sahibi							
SONDAJ TİPİ					SULU					LOGU HAZIRLAYANLAR							
BAŞ. TARİHİ					18.05.2005					Nurettin SEVENCAN							
BİTİŞ TARİHİ					18.05.2005					YER ALTI SUYU DURUMU							
SONDÖR					Nedat KAVAK					DERİNLİK :		7,50 m					
KONTROL MÜH.					M. Hanefi ÇEKER					Pafta		Ada		Parsel			
										191		751		44			
Sondaj derinliği (m.)	Tabaka Derinliği (m.)	Numune No	Numune Derinliği (m.)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri							SPT-Grf	Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması
					SPT			Pressiometre Deney	% Ornek (CR)	Tamçaplı Ornek (SCR) %	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (# m)				
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı											
						15	30							45			
1																	
2																	
3																	
4																	
5				Shelby(UD)													
6						4	5	7									
7				Shelby(UD)													
8																	
9						6	7	9									
10						8	10	11									
11						10	12	14									
12						10	12	14									
13						9	11	16									
14						13	18	22									
15						12	13	20									
16						11	15	21									
17																	
18																	
19																	
20																	
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT										KAYA NİTELİĞİ		AYRIŞMA DERECESESİ (W)		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)			
İnce taneli (Kohezyonlu)					İri taneli (Kohezyonsuz)					RQD (%)		W ₁ Taze (Ayrışmamış)		< 1 Masif			
N:0-2 Ç. Yumuşak					N:0-4 Çok Gevşek					0-25 Çok zayıf		W ₂ Az Ayrışmış		1-3 Az çatlaklı-Kırıklı			
N:3-4 Yumuşak					N:5-10 Gevşek					25-50 Zayıf		W ₃ Orta Derecede Ayr.		3-10 Kırıklı			
N:5-8 Orta Katı					N:11-30 Orta					50-75 Orta		W ₄ Ayrışmış		10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı			
N:9-13 Katı					N:31-50 Sıkı					75-90 İyi		W ₅ Tamamen Ayrışmış		>50 Parçalanmış			
N:14-30 Ç. Katı					N:>50 Çok Sıkı					90-100 Çok iyi							
N:30 Sert																	

Adres : Feyzullah Mah. Çetin sok. No: 1/13 Maltepe / İST. (Maltepe Belediyesi Yanı) Tel: 0 216 383 60 85 Fax: 0 216 457 08 84

ZEMİN		TEMEL SONDAJ LOGU															
SONDAJ YERİ		İstanbul İli, Kadıköy İlçesi				Proje No:		Sondaj No:									
		Göztepe				Derinlik		20 m									
MAKİNE TİPİ		ROTARY		Mal Sahibi													
SONDAJ TİPİ		SULU		LOGU HAZIRLAYANLAR		YER ALTI SUYU DURUMU		AÇIKLAMA									
BAŞ. TARİHİ		18.05.2005		Nurettin SEVENCAN		DERİNLİK :		6,00 m									
BİTİŞ TARİHİ		18.05.2005				Pafta		Ada									
SONDÖR		Nedat KAVAK				191		751									
KONTROL MÜH.		M. Hanefi ÇEKER				44											
Sondaj derinliği (m.)	Tabaka Derinliği (m.)	Numune No	Numune Derinliği (m.)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri					SPT-Grf	Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					SPT			Pressiometre Deney	% Ornek (CR)	Taneçaplı Ornek(SCR)%	RQD %	Ayrışma Derecesi				Çatlak Sıklığı (# m)	
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı											
					15	30	45										
1																	
2																	
3																	
4			Shelby(UD)														
5					3	3	6										
6					4	6	6										
7																	
8			Shelby(UD)														
9																	
10					5	8	9										
11					7	10	12										
12					9	13	14										
13					10	10	15										
14					12	14	19										
15					17	22	22										
16					20	25	Rf										
17																	
18																	
19																	
20																	
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT										KAYA NİTELİĞİ		AYRIŞMA DERECE		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)			
İnce taneli (Kohezyonlu)					İri taneli (Kohezyonsuz)					RQD (%)		(W)					
N:0-2 Ç. Yumuşak					N:0-4 Çok Gevşek					0 -25 Çok zayıf		W ₁ Taze (Ayrışmamış)		< 1 Masif			
N:3-4 Yumuşak					N:5-10 Gevşek					25-50 Zayıf		W ₂ Az Ayrışmış		1-3 Az çatlaklı-Kırıklı			
N:5-8 Orta Katı					N:11-30 Orta					50-75 Orta		W ₃ Orta Derecede Ayr.		3-10 Kırıklı			
N:9-13 Katı					N:31-50 Sıkı					75-90 İyi		W ₄ Ayrışmış		10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı			
N:14-30 Ç. Katı					N:>50 Çok Sıkı					90-100 Çok iyi		W ₅ Tamamen Ayrışmış		>50 Parçalanmış			
N:30 Sert																	

Adres : Feyzullah Mah. Çetin sok. No: 1/13 Maltepe / İST. (Maltepe Belediyesi Yanı) Tel: 0 216 383 60 85 Fax: 0 216 457 08 84

TEMEL SONDAJ LOGU

SONDAJ YERİ
İstanbul İli, Kadıköy İlçesi
Göztepe

Proje No:

Sondaj No:
SK 3

MAKİNE TİPİ
ROTARY

Mal Sahibi

SONDAJ TİPİ.
SULU

LOGU HAZIRLAYANLAR
Nurettin SEVENCAN

YER ALTI SUYU DURUMU
DERİNLİK : 6,50 m

BAŞ. TARİHİ
20.05.2005

BITİŞ TARİHİ
20.05.2005

SONDÖR
KONTROL MÜH.
M. Hanefi ÇEKER

Pafta
191

Ada
751

Parsel
44

AÇIKLAMA

Sondaj derinliği (m.)	Tabaka Derinliği (m.)	Numune No	Numune Derinliği (m.)	Numune Türü	Zemin Deneyleri				Kaya Özellikleri					SPT-Grf	Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması
					SPT			% Ornek (CR)	Tamçaplı Örnek(SCR)%	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (# m)				
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı	Pressionometre Deney									
					15	30	45									
1																Beton parçalı, inşaat atıkları içeren, çakıllı, dolgu toprak
2																
3																
4																
5																
6				Shelby(UD)												
7					8	11	12									▼ YASSI
8					9	14	19									
9																
10					11	12	22									
11							50/20 Refu									
12																
13				Karot					35	17	W4					Kırıklı-çatlaklı kireçtaşı
14																
15																Sondaj Sonu
16																
17																
18																
19																
20																

ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT				KAYA NİTELİĞİ	AYRIŞMA DERECESİ (W)	ÇATLAK SIKLIĞI (# m)
İnce tanelli (Kohezyonlu)		İri tanelli (Kohezyonsuz)		RQD (%)		
N:0-2	Ç. Yumuşak	N:0-4	Çok Gevşek	0 -25 Çok zayıf	W ₁ Taze (Ayrılmamış)	< 1 Masif
N:3-4	Yumuşak	N:5-10	Gevşek	25-50 Zayıf	W ₂ Az Ayrılmış	1-3 Az çatlaklı-Kırıklı
N:5-8	Orta Katı	N:11-30	Orta	50-75 Orta	W ₃ Orta Derecede Ayr.	3-10 Kırıklı
N:9-13	Katı	N:31-50	Sıkı	75-90 İyi	W ₄ Ayrılmış	10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı
N:14-30	Ç.Katı	N:>50	Çok Sıkı	90-100 Çok iyi	W ₅ Tamamen Ayrılmış	>50 Parçalanmış
N:30	Sert					

Adres : Feyzullah Mah. Cetin sok. No: 1/13 Maltepe / İST. (Maltepe Belediyesi Yanı) Tel: 0 216 383 60 85 Fax: 0 216 457 08 84

ZEMİN		TEMEL SONDAJ LOGU													
SONDAJ YERİ		İstanbul İli, Kadıköy İlçesi				Proje No:		Sondaj No:							
		Göztepe				Derinlik		15 m							
MAKİNE TİPİ		ROTARY		Mal Sahibi											
SONDAJ TİPİ		SULU		LOGU HAZIRLAYANLAR		YER ALTI SUYU DURUMU		AÇIKLAMA							
BAŞ. TARİHİ		20.05.2005		Nurettin SEVENCAN		DERİNLİK :		6,00 m							
BİTİŞ TARİHİ		20.05.2005				Pafta		Ada							
SONDÖR		Nedat KAVAK				191		751							
KONTROL MÜH.		M. Hanefi ÇEKER				44									
Sondaj derinliği (m.)	Tabaka Derinliği (m.)	Numune No	Numune Derinliği (m.)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri				SPT-Grf	Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması	
					SPT			Tamçaplı Örnek (SCR) %	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (# m)				
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı	Pressiometre Deney								
					15	30	45	% Örnek (CR)							
1															Beton parçalı, inşaat artıkları içeren, çakıllı, dolgu toprak
2															
3				Shelby(UD)											Açık kahverenkli, çok düşük plastisiteli, az çakıllı, killi, kum
4					6	7	11								
5															
6				Karot						19	0	W5			YASS
7															
8										51	26	W4			Çatlaklı yapıda, çatlak araları oksitli grovak
9															
10															
11															
12															
13										85	53	W3			
14															
15															Sondaj Sonu
16															
17															
18															
19															
20															
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT										KAYA NİTELİĞİ RQD (%)		AYRIŞMA DERECE (W)		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)	
İnce taneli (Kohezyonlu)					İri taneli (Kohezyonsuz)										
N:0-2 Ç. Yumuşak					N:0-4 Çok Gevşek					0-25 Çok zayıf		W ₁ Taze (Ayrışmamış)		< 1 Masif	
N:3-4 Yumuşak					N:5-10 Gevşek					25-50 Zayıf		W ₂ Az Ayrışmış		1-3 Az çatlaklı-Kırıklı	
N:6-8 Orta Katı					N:11-30 Orta					50-75 Orta		W ₃ Orta Derecede Ayr.		3-10 Kırıklı	
N:9-13 Katı					N:31-50 Sıkı					75-90 İyi		W ₄ Ayrışmış		10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı	
N:14-30 Ç. Katı					N:>50 Çok Sıkı					90-100 Çok iyi		W ₅ Tamamen Ayrışmış		>50 Parçalanmış	
N:30 Sert															

Adres : Feyzullah Mah. Çetin sok. No: 1/13 Maltepe / İST. (Maltepe Belediyesi Yanı) Tel: 0 216 383 60 85 Fax: 0 216 457 08 84

ZEMİN		TEMEL SONDAJ LOGU											
SONDAJ YERİ		İstanbul İli, Kadıköy İlçesi				Prore No:		Sondaj No:					
		Göztepe				Derinlik		18 m					
MAKİNE TİPİ		ROTARY		Mal Sahibi									
SONDAJ TİPİ		SULU		LOGU HAZIRLAYANLAR		YER ALTI SUYU DURUMU							
BAŞ. TARİHİ		21.05.2005		Nurettin SEVENCAN		DERİNLİK : 4,00 m							
BİTİŞ TARİHİ		21.05.2005											
SONDÖR		Sinan YILDIZ											
KONTROL MÜH.		M. Hanefi ÇEKER											
						Pafta		Ada					
						191		751					
						Parsel		44					
Sondaj derinliği (m.)	Tabaka Derinliği (m.)	Numune No	Numune Derinliği (m.)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri			SPT-Grf	Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması
					SPT		Pressionmetre Deney	% Ornek (CR)	Tamçaplı Ornek (SCR) %	RQD %			
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı							
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT													
İnce taneli (Kohezyonlu)				İri taneli (Kohezyonsuz)				KAYA NİTELİĞİ RQD (%)		AYRIŞMA DERECESESİ (W)		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)	
N:0-2 Ç. Yumuşak				N:0-4 Çok Gevşek				0-25 Çok zayıf		W ₁ Taze (Ayrışmamış)		< 1 Masif	
N:3-4 Yumuşak				N:5-10 Gevşek				25-50 Zayıf		W ₂ Az Ayrışmış		1-3 Az çatlaklı-Kırıklı	
N:5-8 Orta Katı				N:11-30 Orta				50-75 Orta		W ₃ Orta Derecede Ayr.		3-10 Kırıklı	
N:9-13 Katı				N:31-50 Sıkı				75-90 İyi		W ₄ Ayrışmış		10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı	
N:14-30 Ç. Katı				N:>50 Çok Sıkı				90-100 Çok iyi		W ₅ Tamamen Ayrışmış		>50 Parçalanmış	
N:30 Sert													
Adres : Feyzullah Mah. Çetin sok. No: 1/13 Maltepe / İST. (Maltepe Belediyesi Yanı) Tel: 0 216 383 60 85 Fax: 0 216 457 08 84													

[illegible]

ZEMİN				TEMEL SONDAJ LOGU													
SONDAJ YERİ				İstanbul İli, Kadıköy İlçesi				Proje No:		Sondaj No:							
				Göztepe				Derinlik		18 m							
MAKİNE TİPİ		ROTARY		Mal Sahibi													
SONDAJ TİPİ.		SULU		LOGU HAZIRLAYANLAR				YER ALTI SUYU DURUMU		AÇIKLAMA							
BAŞ. TARİHİ		23.05.2005		Nurettin SEVENCAN				DERİNLİK :		8,00 m							
BİTİŞ TARİHİ		23.05.2005						Pafta		Ada		Parsel					
SONDÖR		Nedat KAVAK															
KONTROL MÜH.		M. Hanefi ÇEKER						191		751							
								44									
Sondaj derinliği (m.)		Tabaka Derinliği (m.)		Numune No		Numune Derinliği (m.)		Numune Türü		Zemin Deneyleri		Kaya Özellikleri					
										SPT							
										Darbe Sayısı							
										15							
										30							
										45							
										Pressionometre Deney							
										% Ornek (CR)							
										Tamçaplı Ornek(SCR)%							
										RQD %							
										Ayrışma Derecesi							
										Çatlak Sıklığı (# m)							
										10 20 30 40							
										SPT-Grf		Jeolojik Kesit					
												Zemin Tanımlaması					
1													Beton parçalı, inşaat artıkları içeren, çakıllı, dolgu toprak				
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT												KAYA NİTELİĞİ		AYRIŞMA DERECESİ (W)		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)	
İnce taneli (Kohezyonlu)						İri taneli (Kohezyonsuz)						RQD (%)					
N:0-2 Ç. Yumuşak						N:0-4 Çok Gevşek						0-25 Çok zayıf		W ₁ Taze (Ayrışmamış)		< 1 Masif	
N:3-4 Yumuşak						N:5-10 Gevşek						25-50 Zayıf		W ₂ Az Ayrışmış		1-3 Az çatlaklı-Kırıklı	
N:5-8 Orta Katı						N:11-30 Orta						50-75 Orta		W ₃ Orta Derecede Ayr.		3-10 Kırıklı	
N:9-13 Katı						N:31-50 Sıkı						75-90 İyi		W ₄ Ayrışmış		10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı	
N:14-30 Ç.Katı						N:>50 Çok Sıkı						90-100 Çok iyi		W ₅ Tamamen Ayrışmış		>50 Parçalanmış	
N:30 Sert																	

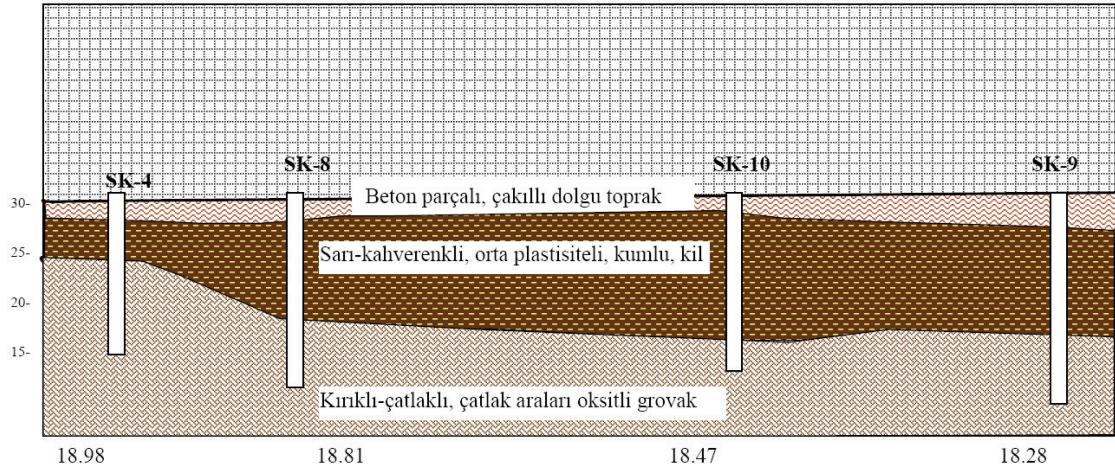
ZEMİN				TEMEL SONDAJ LOGU									
SONDAJ YERİ				İstanbul İli, Kadıköy İlçesi				Proje No:		Sondaj No:			
				Göztepe				Derinlik		19 m			
MAKİNE TİPİ		ROTARY		Mal Sahibi									
SONDAJ TİPİ.		SULU		LOGU HAZIRLAYANLAR				YER ALTI SUYU DURUMU		AÇIKLAMA			
BAŞ. TARİHİ		23.05.2005		Nurettin SEVENCAN				DERİNLİK :		4,00 m			
BİTİŞ TARİHİ		23.05.2005						Pafta		Ada		Parsel	
SONDÖR		Nedat KAVAK											
KONTROL MÜH.		M. Hanefi ÇEKER						191		751			
Sondaj derinliği (m.)		Tabaka Derinliği (m.)		Numune No		Numune Derinliği (m.)		Numune Türü		Zemin Deneyleri			
										Kaya Özellikleri			
										SPT			
										Darbe Sayısı			
										15 30 45			
										Pressionometre Deney			
										% Ornek (CR)			
										Tamçaplı Ornek(SCR)%			
										RQD %			
										Ayrışma Derecesi			
										Çatlak Sıklığı (# m)			
										10 20 30 40			
										SPT-Grf			
										Jeolojik Kesit			
										Zemin Tanımlaması			
1											Beton parçalı, inşaat artıkları içeren, çakıllı, dolgu toprak		
2													
3													
4											▼ YASS		
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT										KAYA NİTELİĞİ			
İnce taneli (Kohezyonlu)					İri taneli (Kohezyonsuz)					RQD (%)			
N:0-2 Ç. Yumuşak					N:0-4 Çok Gevşek					0 -25 Çok zayıf			
N:3-4 Yumuşak					N:5-10 Gevşek					25-50 Zayıf			
N:5-8 Orta Katı					N:11-30 Orta					50-75 Orta			
N:9-13 Kati					N:31-50 Sıkı					75-90 İyi			
N:14-30 Ç.Kati					N:>50 Çok Sıkı					90-100 Çok iyi			
N:30 Sert													
										AYRIŞMA DERECESESİ (W)			
										ÇATLAK SIKLIĞI (# m)			
										< 1 Masif			
										1-3 Az çatlaklı-Kırıklı			
										3-10 Kırıklı			
										10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı			
										>50 Parçalanmış			

ZEMİN										TEMEL SONDAJ LOGU									
SONDAJ YERİ					İstanbul İli, Kadıköy İlçesi					Pror No:		Sondaj No:							
Göztepe					Derinlik		20 m			SK 9									
MAKİNE TİPİ		ROTARY		Mal Sahibi		LOGU HAZIRLAYANLAR					YER ALTI SUYU DURUMU			AÇIKLAMA					
SONDAJ TİPİ		SULU		Nurettin SEVENCAN		DERİNLİK :					5,50 m								
BAŞ. TARİHİ		24.05.2005				Pafta					Ada			Parsel					
BİTİŞ TARİHİ		24.05.2005				191					751			44					
SONDÖR		Nedat KAVAK																	
KONTROL MÜH.		M. Hanefi ÇEKER																	
Sondaj derinliği (m.)	Tabaka Derinliği (m.)	Numune No	Numune Derinliği (m.)	Numune Türü	Zemin Deneyleri			Kaya Özellikleri							SPT-Grf	Jeolojik Kesit	Zemin Tanımlaması		
					SPT			Pressiometre Deney	% Ornek (CR)	Tamçaplı Ornek(SCR)%	RQD %	Ayrışma Derecesi	Çatlak Sıklığı (# m)						
					Muh. Borusu	Darbe Sayısı													
					15	30	45												
1																			
2																			
3																			
4																			
5					6	6	7												
6																			
7																			
8					4	9	9												
9					5	3	12												
10					7	13	17												
11					9	14	19												
12					11	15	22												
13																			
14																			
15																			
16																			
17									38	19	W4								
18									49	22	W3								
19																			
20																			
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ - SPT										KAYA NİTELİĞİ		AYRIŞMA DERECESESİ (W)		ÇATLAK SIKLIĞI (# m)					
İnce tanelli (Kohezyonlu)					İri tanelli (Kohezyonsuz)					RQD (%)									
N:0-2 Ç. Yumuşak					N:0-4 Çok Gevşek					0-25 Çok zayıf		W ₁ Taze (Ayrışmamış)		< 1 Masif					
N:3-4 Yumuşak					N:5-10 Gevşek					25-50 Zayıf		W ₂ Az Ayrışmış		1-3 Az çatlaklı-Kırıklı					
N:5-8 Orta Katı					N:11-30 Orta					50-75 Orta		W ₃ Orta Derecede Ayr.		3-10 Kırıklı					
N:9-13 Katı					N:31-50 Sıkı					75-90 İyi		W ₄ Ayrışmış		10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı					
N:14-30 Ç. Katı					N:>50 Çok Sıkı					90-100 Çok iyi		W ₅ Tamamen Ayrışmış		>50 Parçalanmış					
N:30 Sert																			

Adres : Feyzullah Mah. Çetin sok. No: 1/13 Maltepe / İST. (Maltepe Belediyesi Yanı) Tel: 0 216 383 60 85 Fax: 0 216 457 08 84

Zemin Araştırma Sondajlarına Göre Jeolojik Kesit

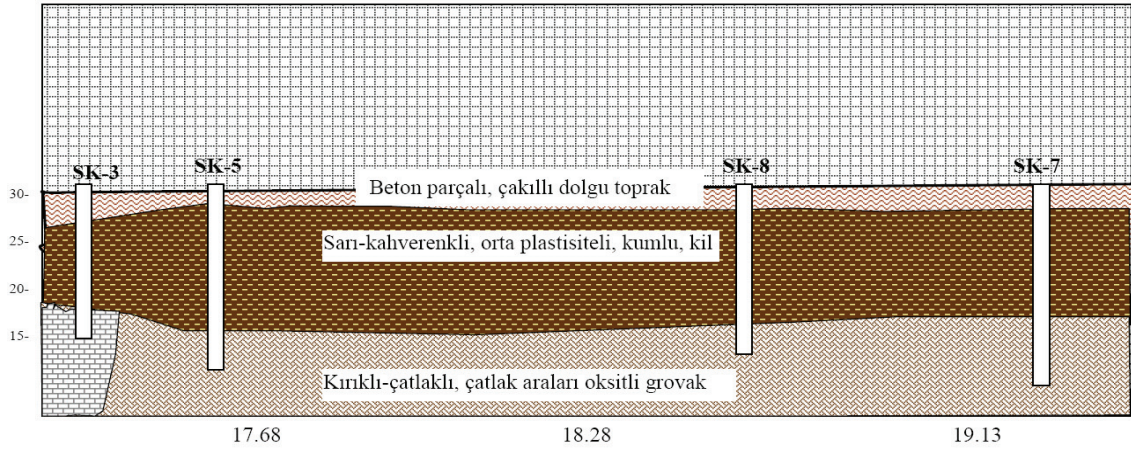
G JEOLJİK KESİT K



A A'

Ölçek: 10m 5m

KB JEOLJİK KESİT GD

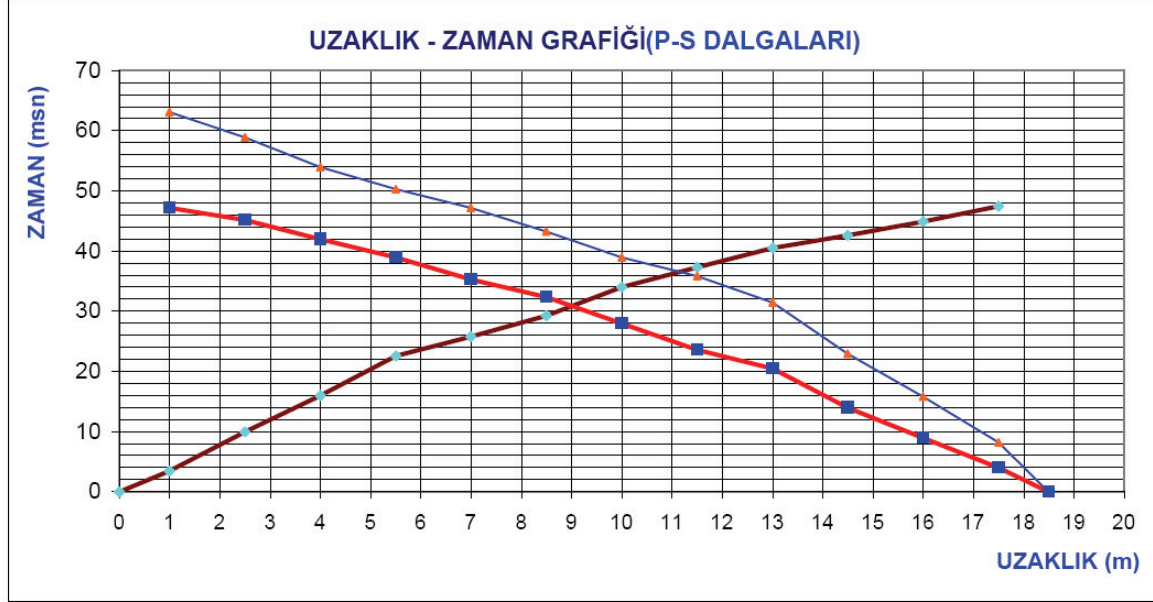


B B'

Ölçek: 10m 5m

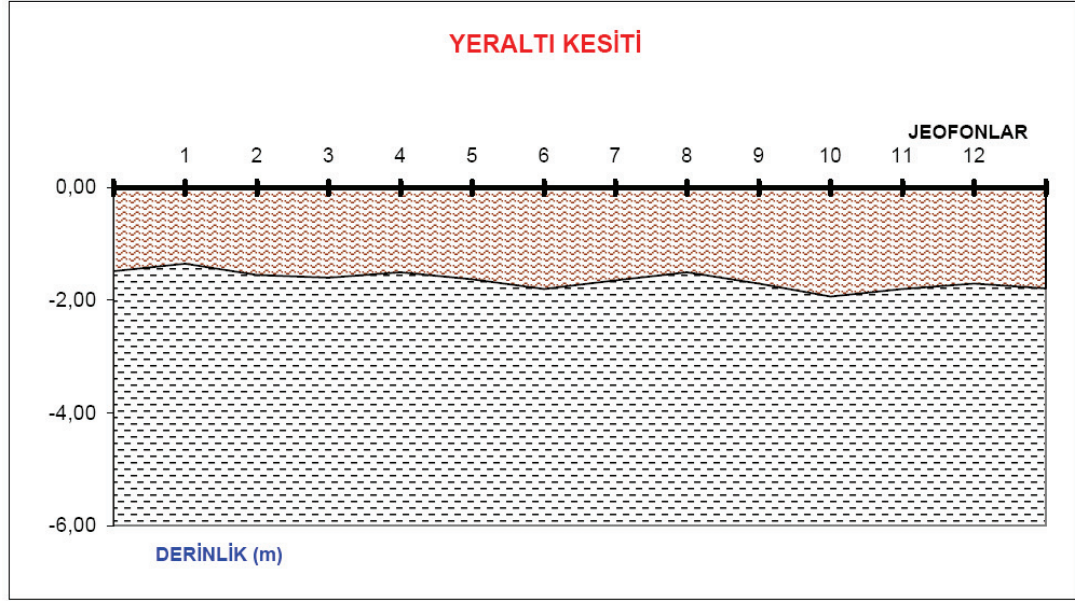
Zemin Araştırma Sondajlarına Göre Jeolojik Kesit

SİSMİK KIRILMA ÇALIŞMASI, HIZLAR VE ZEMİN ELASTİK PARAMETRELERİ

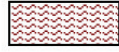


DALGA HIZLARI					
HIZLAR	SEMBOL	BİRİMİ	1. TABAKA	2. TABAKA	3. TABAKA
P DALGASI HIZLARI - DÜZ ATIŞ	(Vp)	m/sn	240	527	
P DALGASI HIZLARI - TERS ATIŞ	(Vp)	m/sn	255	499	
S DALGASI HIZLARI	(Vs)	m/sn	143	345	
TABAKA DERİNLİKLERİ					
	SEMBOL	BİRİMİ	P DÜZ	P TERS	
DERİNLİKLER	(h)	m	1,48	1,79	
ELASTİK PARAMETRELER					
	SEMBOL	BİRİMİ	1. TABAKA	2. TABAKA	3. TABAKA
Vp/Vs				2,1	
YOĞUNLUK	(d)	gr/cm ³		1,49	
POISSON ORANI	(P)	-		0,13	
KAYMA MODÜLÜ	(G)	kg/cm ²		1768	
ELASTİSİTE MODÜLÜ	(E)	kg/cm ²		3978	
BULK MODÜLÜ	(K)	kg/cm ²		1768	
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU	(T ₀)	sn		0,60	

Kadıköy-Göztepe- 191 Pafta- 751 Ada- 44 Parsel- 1.Ölçü



1. TABAKA



Nebati toprak

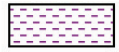
P DÜZ ATIŞ

P TERS ATIŞ

VP₁= 240 m/sn
VS₁= 143 m/sn
h₁= 1,48 m

VP₁= 255 m/sn
h₁= 1,79 m

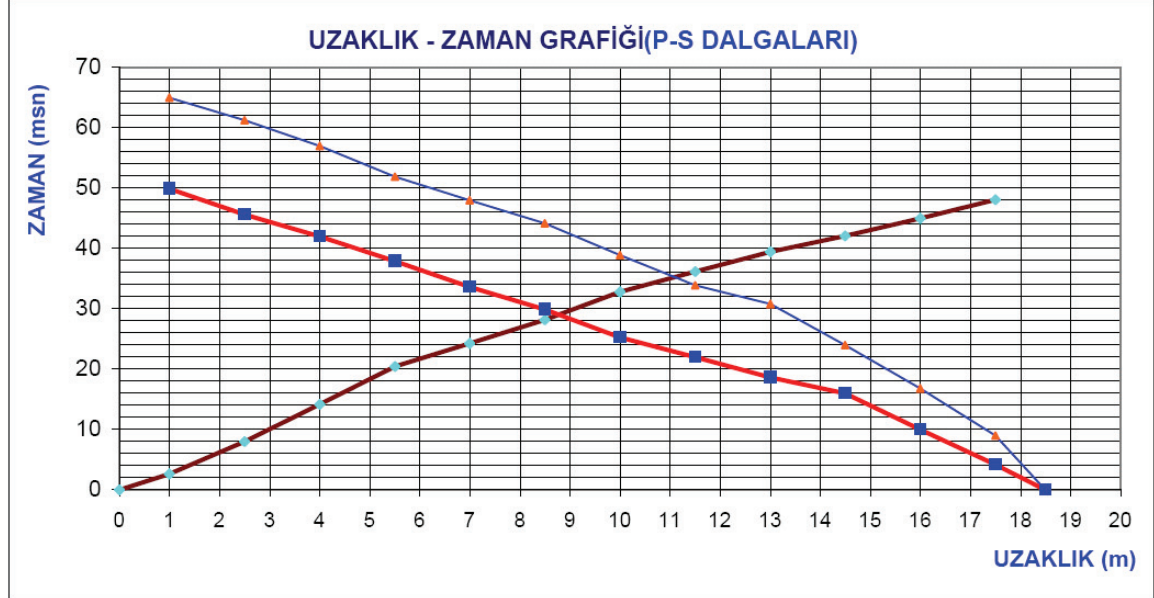
2. TABAKA



Killi Birim

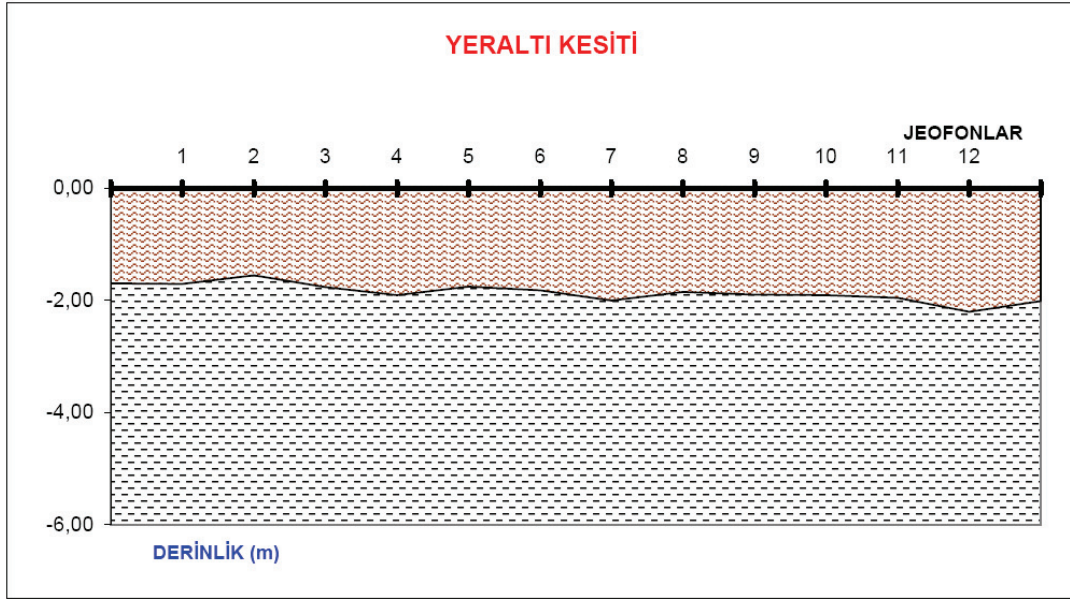
VS₂= 345 m/sn
VP₂= 527 m/sn

SİSMİK KIRILMA ÇALIŞMASI, HIZLAR VE ZEMİN ELASTİK PARAMETRELERİ

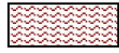


DALGA HIZLARI					
HIZLAR	SEMBOL	BİRİMİ	1. TABAKA	2. TABAKA	3. TABAKA
P DALGASI HIZLARI - DÜZ ATIŞ	(Vp)	m/sn	251	548	
P DALGASI HIZLARI -TERS ATIŞ	(Vp)	m/sn	222	487	
S DALGASI HIZLARI	(Vs)	m/sn	130	360	
TABAKA DERİNLİKLERİ					
	SEMBOL	BİRİMİ	P DÜZ	P TERS	
DERİNLİKLER	(h)	m	1,69	2,01	
ELASTİK PARAMETRELER					
	SEMBOL	BİRİMİ	1. TABAKA	2. TABAKA	3. TABAKA
Vp/Vs				2,1	
YOĞUNLUK	(d)	gr/cm ³		1,50	
POISSON ORANI	(P)	-		0,12	
KAYMA MODÜLÜ	(G)	kg/cm ²		1944	
ELASTİSİTE MODÜLÜ	(E)	kg/cm ²		4356	
BULK MODÜLÜ	(K)	kg/cm ²		1912	
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU	(T ₀)	sn		0,59	

Kadıköy-Göztepe- 191 Pafta- 751 Ada- 44 Parsel- 2.Ölçü



1. TABAKA



Nebati toprak

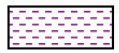
P DÜZ ATIŞ

P TERS ATIŞ

$VP_1 = 251 \text{ m/sn}$
 $VS_1 = 130 \text{ m/sn}$
 $h_1 = 1,69 \text{ m}$

$VP_1 = 222 \text{ m/sn}$
 $h_1 = 2,01 \text{ m}$

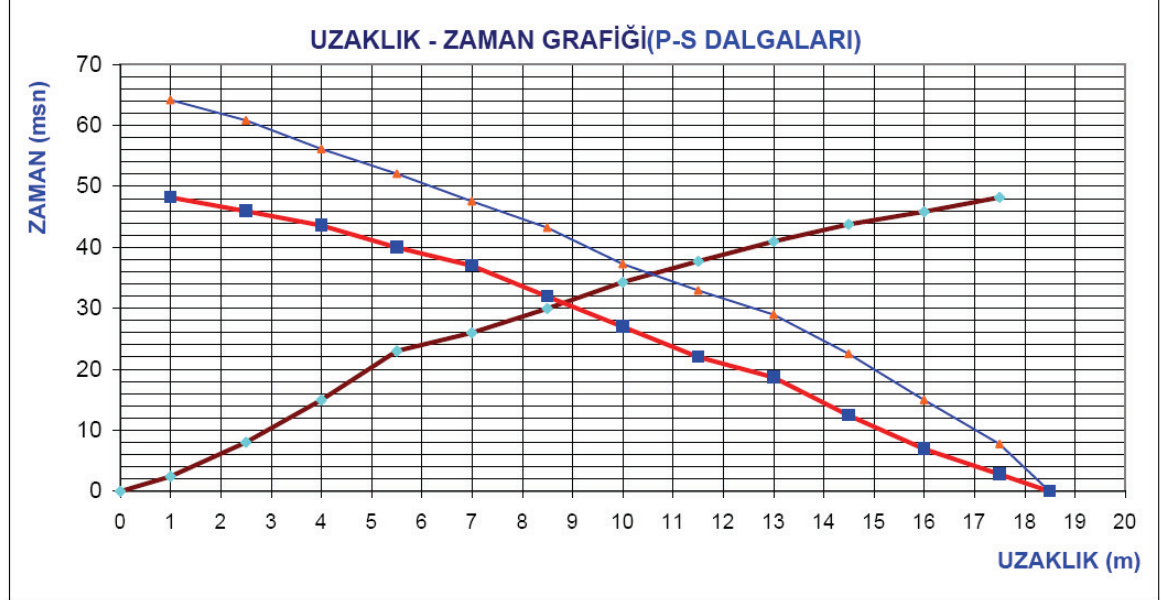
2. TABAKA



Killi Birim

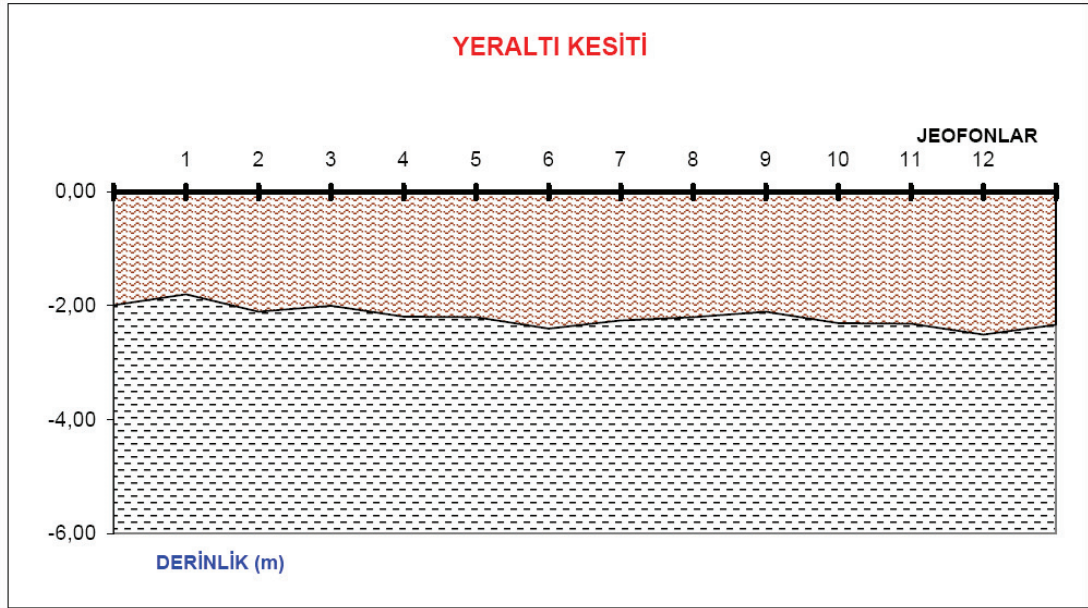
$VS_2 = 360 \text{ m/sn}$
 $VP_2 = 548 \text{ m/sn}$

SİSMİK KIRILMA ÇALIŞMASI, HIZLAR VE ZEMİN ELASTİK PARAMETRELERİ

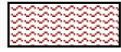


DALGA HIZLARI					
HIZLAR	SEMBOL	BİRİMİ	1. TABAKA	2. TABAKA	3. TABAKA
P DALGASI HIZLARI - DÜZ ATIŞ	(Vp)	m/sn	265	533	
P DALGASI HIZLARI - TERS ATIŞ	(Vp)	m/sn	301	475	
S DALGASI HIZLARI	(Vs)	m/sn	152	370	
TABAKA DERİNLİKLERİ					
	SEMBOL	BİRİMİ	P DÜZ	P TERS	
DERİNLİKLER	(h)	m	1,99	2,33	
ELASTİK PARAMETRELER					
	SEMBOL	BİRİMİ	1. TABAKA	2. TABAKA	3. TABAKA
Vp/Vs				2,1	
YOĞUNLUK	(d)	gr/cm ³		1,49	
POISSON ORANI	(P)	-		0,03	
KAYMA MODÜLÜ	(G)	kg/cm ²		2039	
ELASTİSİTE MODÜLÜ	(E)	kg/cm ²		4221	
BULK MODÜLÜ	(K)	kg/cm ²		1513	
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU	(T ₀)	sn		0,57	

Kadıköy-Göztepe- 191 Pafta- 751 Ada- 44 Parsel- 3.Ölçü



1. TABAKA



Nebati toprak

P DÜZ ATIŞ

P TERS ATIŞ

$VP_1 = 265 \text{ m/sn}$

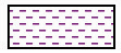
$VP_1 = 301 \text{ m/sn}$

$VS_1 = 152 \text{ m/sn}$

$h_1 = 1,99 \text{ m}$

$h_1 = 2,33 \text{ m}$

2. TABAKA

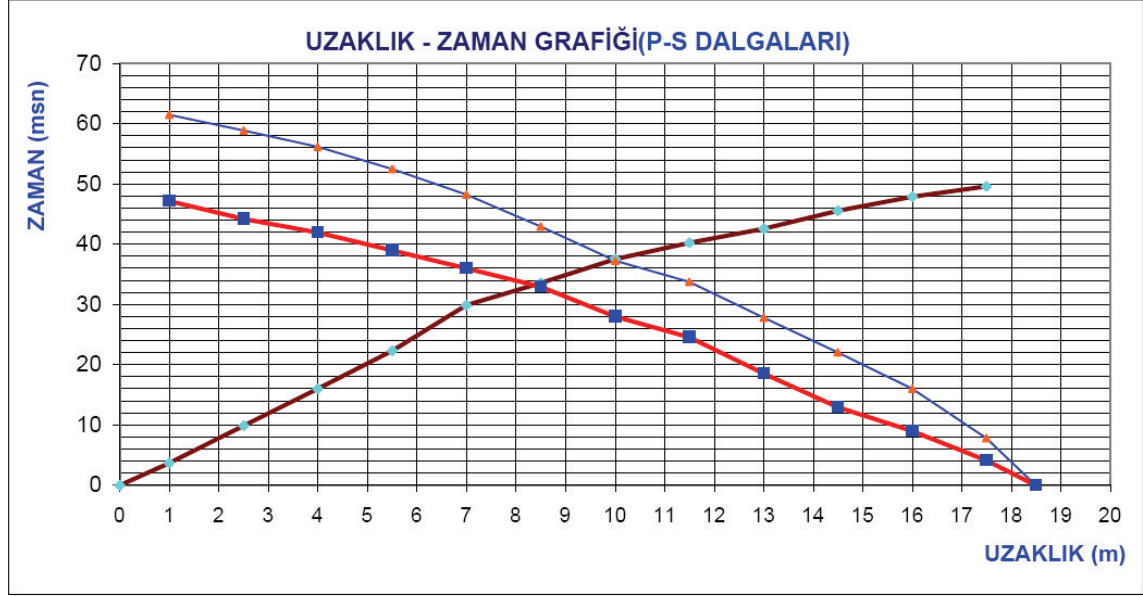


Killi Birim

$VS_2 = 370 \text{ m/sn}$

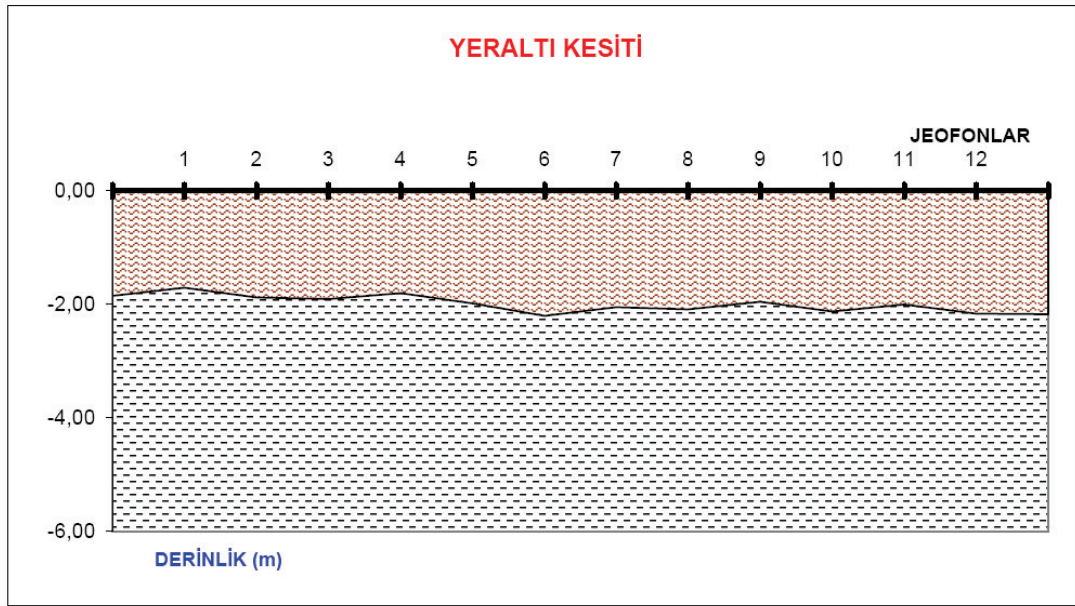
$VP_2 = 533 \text{ m/sn}$

SİSMİK KIRILMA ÇALIŞMASI, HIZLAR VE ZEMİN ELASTİK PARAMETRELERİ

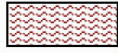


DALGA HIZLARI					
HIZLAR	SEMBOL	BİRİMİ	1. TABAKA	2. TABAKA	3. TABAKA
P DALGASI HIZLARI - DÜZ ATIŞ	(Vp)	m/sn	291	580	
P DALGASI HIZLARI -TERS ATIŞ	(Vp)	m/sn	286	503	
S DALGASI HIZLARI	(Vs)	m/sn	180	379	
TABAKA DERİNLİKLERİ					
	SEMBOL	BİRİMİ	P DÜZ	P TERS	
DERİNLİKLER	(h)	m	1,85	2,17	
ELASTİK PARAMETRELER					
	SEMBOL	BİRİMİ	1. TABAKA	2. TABAKA	3. TABAKA
Vp/Vs				2,1	
YOĞUNLUK	(d)	gr/cm ³		1,52	
POISSON ORANI	(P)	-		0,13	
KAYMA MODÜLÜ	(G)	kg/cm ²		2185	
ELASTİSİTE MODÜLÜ	(E)	kg/cm ²		4927	
BULK MODÜLÜ	(K)	kg/cm ²		2204	
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU	(T ₀)	sn		0,55	

Kadıköy-Göztepe- 191 Pafta- 751 Ada- 44 Parsel- 4.Ölçü



1. TABAKA



Nebati toprak

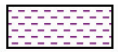
P DÜZ ATIŞ

P TERS ATIŞ

VP₁= 291 m/sn
VS₁= 180 m/sn
h₁= 1,85 m

VP₁= 286 m/sn
h₁= 2,17 m

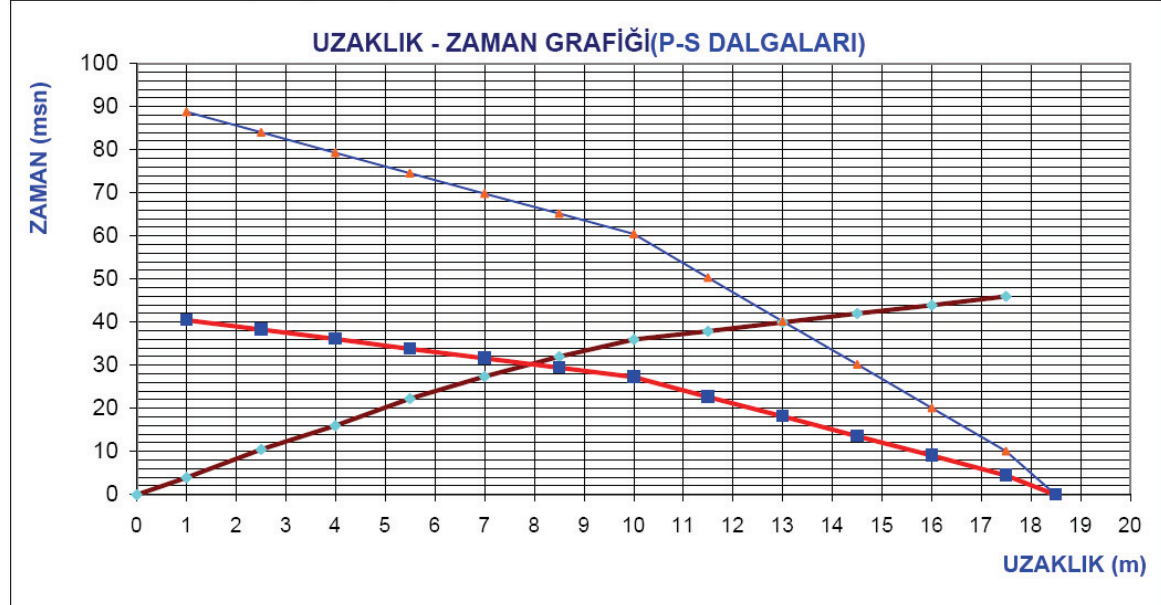
2. TABAKA



Killi Birim

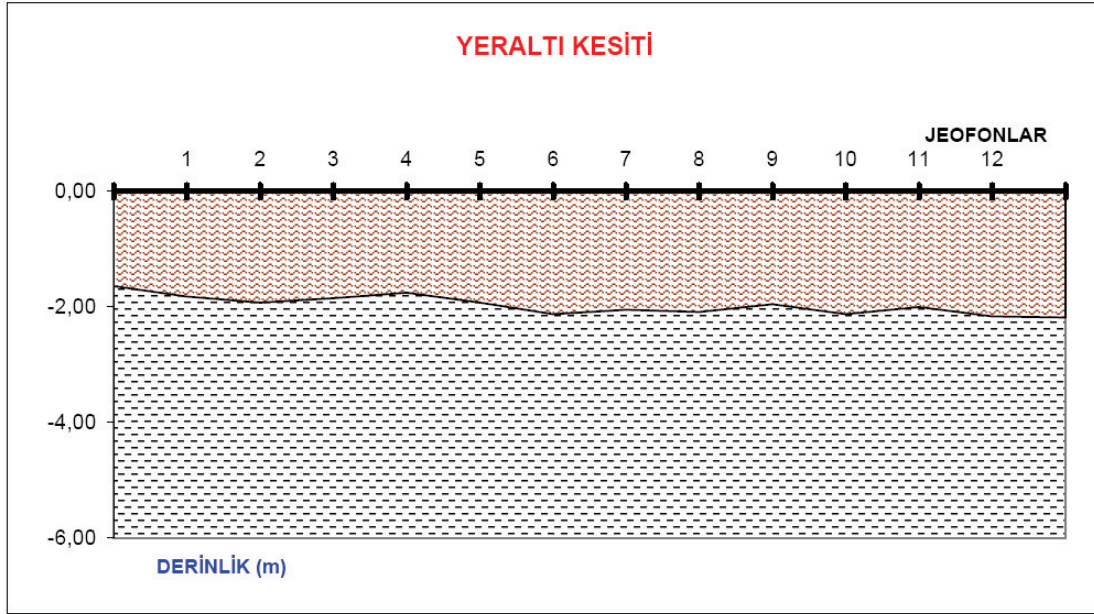
VS₂= 379 m/sn
VP₂= 580 m/sn

SİSMİK KIRILMA ÇALIŞMASI, HIZLAR VE ZEMİN ELASTİK PARAMETRELERİ

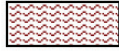


DALGA HIZLARI					
HIZLAR	SEMBOL	BİRİMİ	1. TABAKA	2. TABAKA	3. TABAKA
P DALGASI HIZLARI - DÜZ ATIŞ	(Vp)	m/sn	277	750	
P DALGASI HIZLARI -TERS ATIŞ	(Vp)	m/sn	303	682	
S DALGASI HIZLARI	(Vs)	m/sn	112	360	
TABAKA DERİNLİKLERİ					
	SEMBOL	BİRİMİ	P DÜZ	P TERS	
DERİNLİKLER	(h)	m	1,64	2,11	
ELASTİK PARAMETRELER					
	SEMBOL	BİRİMİ	1. TABAKA	2. TABAKA	3. TABAKA
Vp/Vs				2,1	
YOĞUNLUK	(d)	gr/cm ³		1,62	
POİSSON ORANI	(P)	-		0,35	
KAYMA MODÜLÜ	(G)	kg/cm ²		2102	
ELASTİSİTE MODÜLÜ	(E)	kg/cm ²		5678	
BULK MODÜLÜ	(K)	kg/cm ²		6322	
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU	(T ₀)	sn		0,60	

Kadıköy-Göztepe- 191 Pafta- 751 Ada- 44 Parsel- 5.Ölçü



1. TABAKA



Nebati toprak

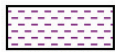
P DÜZ ATIŞ

P TERS ATIŞ

$VP_1 = 277 \text{ m/sn}$
 $VS_1 = 112 \text{ m/sn}$
 $h_1 = 1,64 \text{ m}$

$VP_1 = 303 \text{ m/sn}$
 $h_1 = 2,11 \text{ m}$

2. TABAKA

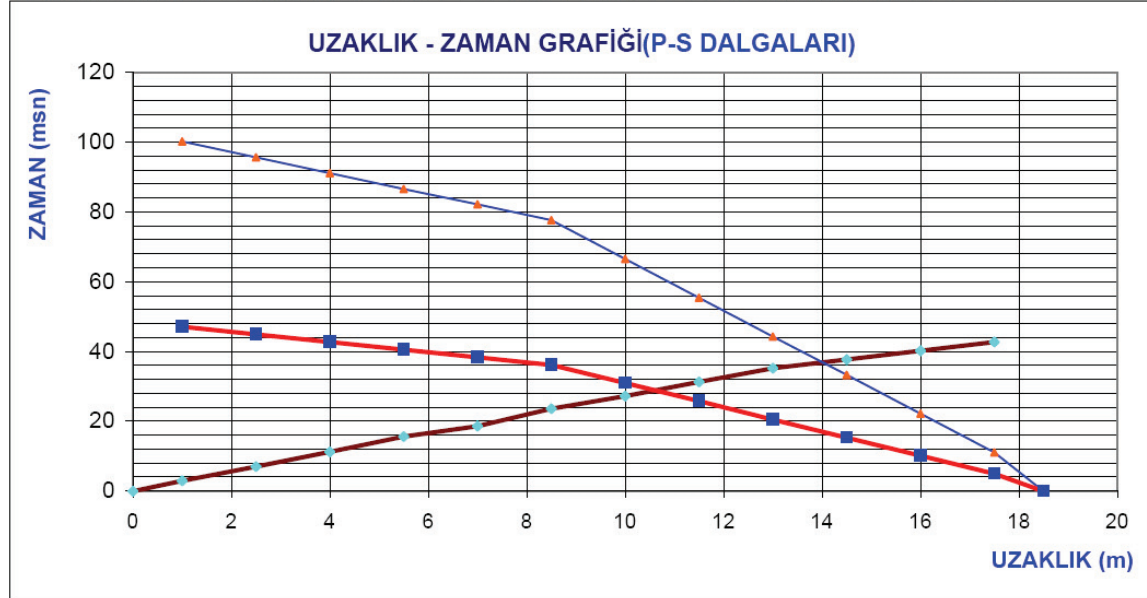


Killi Birim

$VS_2 = 360 \text{ m/sn}$
 $VP_2 = 750 \text{ m/sn}$

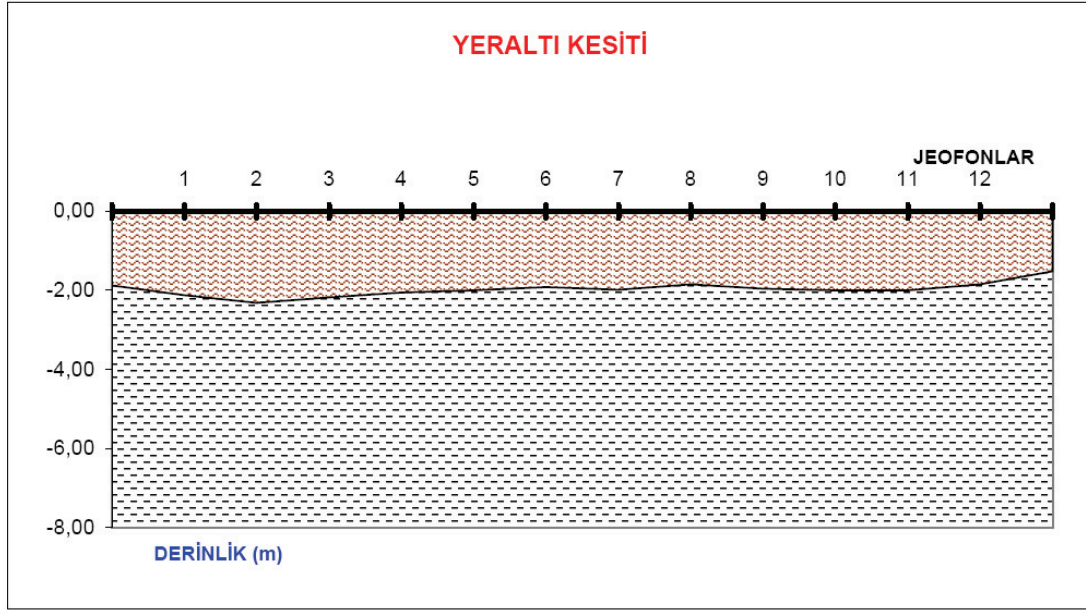
Kadıköy-Göztepe- 191 Pafta- 751 Ada- 44 Parsel- 6.Ölçü

SİSMİK KIRILMA ÇALIŞMASI, HIZLAR VE ZEMİN ELASTİK PARAMETRELERİ

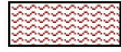


DALGA HIZLARI					
HIZLAR	SEMBOL	BİRİMİ	1. TABAKA	2. TABAKA	3. TABAKA
P DALGASI HIZLARI - DÜZ ATIŞ	(Vp)	m/sn	368	668	
P DALGASI HIZLARI -TERS ATIŞ	(Vp)	m/sn	315	682	
S DALGASI HIZLARI	(Vs)	m/sn	162	352	
TABAKA DERİNLİKLERİ					
	SEMBOL	BİRİMİ	P DÜZ	P TERS	
DERİNLİKLER	(h)	m	1,87	2,70	
ELASTİK PARAMETRELER					
	SEMBOL	BİRİMİ	1. TABAKA	2. TABAKA	3. TABAKA
Vp/Vs				2,1	
YOĞUNLUK	(d)	gr/cm ³		1,58	
POISSON ORANI	(P)	-		0,31	
KAYMA MODÜLÜ	(G)	kg/cm ²		1953	
ELASTİSİTE MODÜLÜ	(E)	kg/cm ²		5108	
BULK MODÜLÜ	(K)	kg/cm ²		4429	
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU	(T ₀)	sn		0,59	

Kadıköy-Göztepe- 191 Pafta- 751 Ada- 44 Parsel- 6.Ölçü



1. TABAKA



Nebati toprak

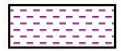
P DÜZ ATIŞ

P TERS ATIŞ

$VP_1 = 368 \text{ m/sn}$
 $VS_1 = 162 \text{ m/sn}$
 $h_1 = 1,87 \text{ m}$

$VP_1 = 315 \text{ m/sn}$
 $h_1 = 2,70 \text{ m}$

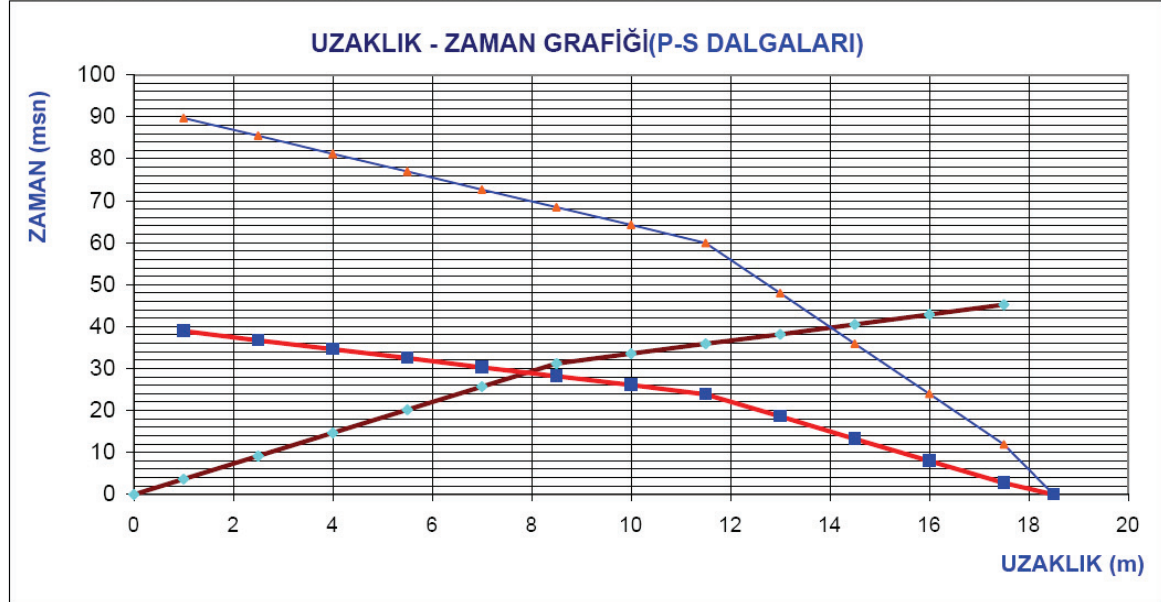
2. TABAKA



Killi Birim

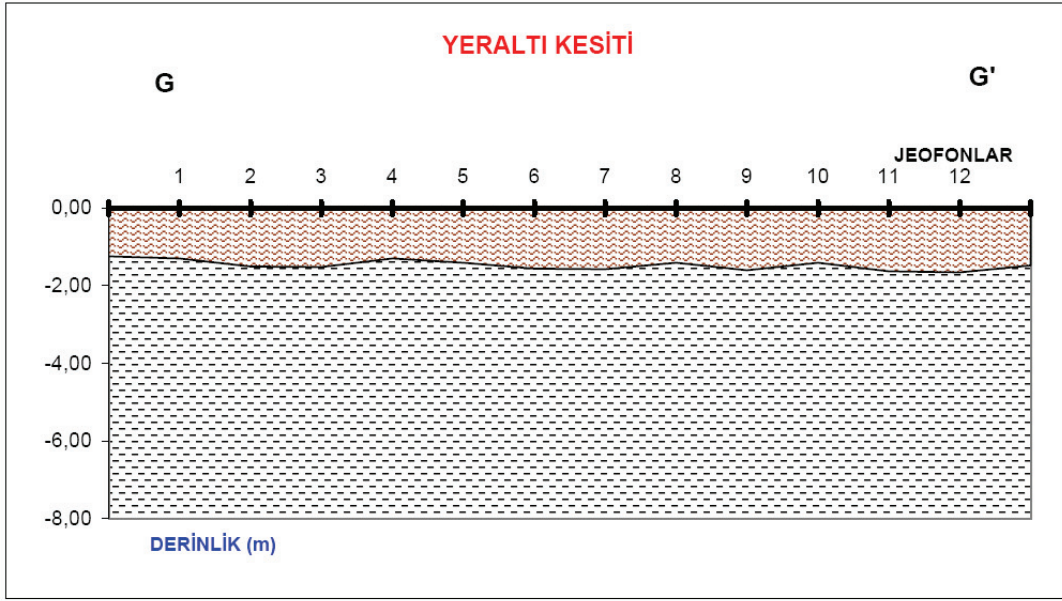
$VS_2 = 352 \text{ m/sn}$
 $VP_2 = 668 \text{ m/sn}$

Kadıköy-Göztepe- 191 Pafta- 751 Ada- 44-45 Parsel- 7.Ölçü

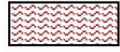
SİSMİK KIRILMA ÇALIŞMASI, HIZLAR VE ZEMİN ELASTİK PARAMETRELERİ

DALGA HIZLARI					
HIZLAR	SEMBOL	BİRİMİ	1. TABAKA	2. TABAKA	3. TABAKA
P DALGASI HIZLARI - DÜZ ATIŞ	(Vp)	m/sn	283	698	
P DALGASI HIZLARI -TERS ATIŞ	(Vp)	m/sn	273	651	
S DALGASI HIZLARI	(Vs)	m/sn	125	353	
TABAKA DERİNLİKLERİ					
	SEMBOL	BİRİMİ	P DÜZ	P TERS	
DERİNLİKLER	(h)	m	1,24	1,47	
ELASTİK PARAMETRELER					
	SEMBOL	BİRİMİ	1. TABAKA	2. TABAKA	3. TABAKA
Vp/Vs				2,1	
YOĞUNLUK	(d)	gr/cm ³		1,59	
POİSSON ORANI	(P)	-		0,33	
KAYMA MODÜLÜ	(G)	kg/cm ²		1986	
ELASTİSİTE MODÜLÜ	(E)	kg/cm ²		5274	
BULK MODÜLÜ	(K)	kg/cm ²		5116	
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU	(T ₀)	sn		0,59	

Kadıköy-Göztepe- 191 Pafta- 751 Ada- 44-45 Parsel- 7.Ölçü



1. TABAKA



Nebati toprak

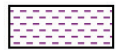
P DÜZ ATIŞ

P TERS ATIŞ

$VP_1 = 283 \text{ m/sn}$
 $VS_1 = 125 \text{ m/sn}$
 $h_1 = 1,24 \text{ m}$

$VP_1 = 273 \text{ m/sn}$
 $h_1 = 1,47 \text{ m}$

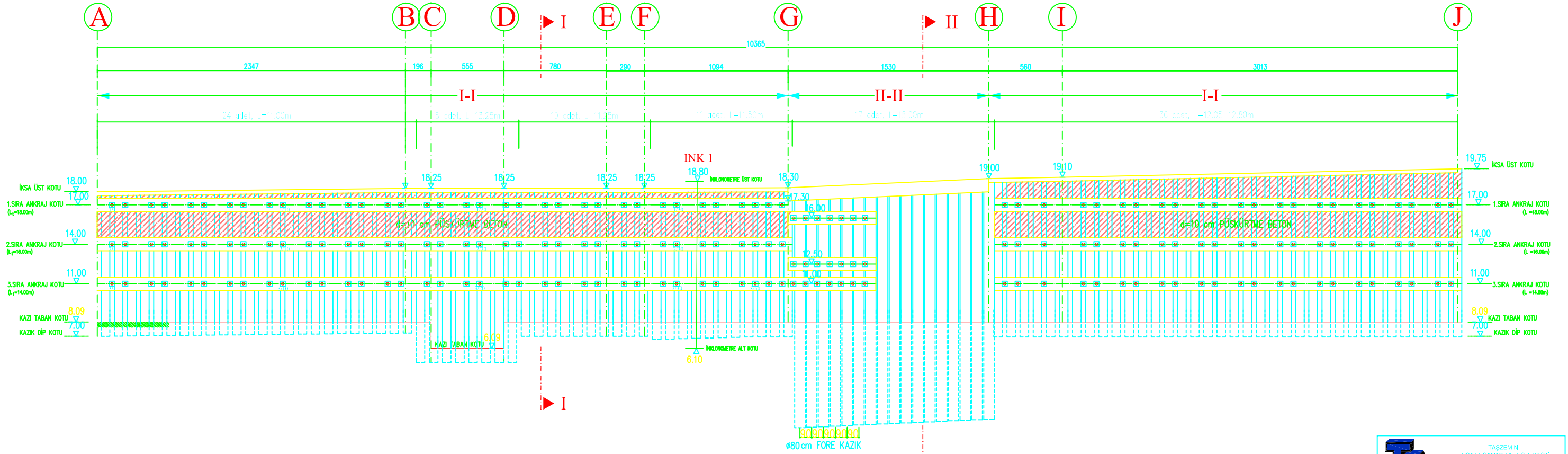
2. TABAKA



Killi Birim

$VS_2 = 353 \text{ m/sn}$
 $VP_2 = 698 \text{ m/sn}$

Ek 2 İksa sistemi projeleri



A - J AKSLAR ARASI CEPHE GÖRÜNÜŞÜ

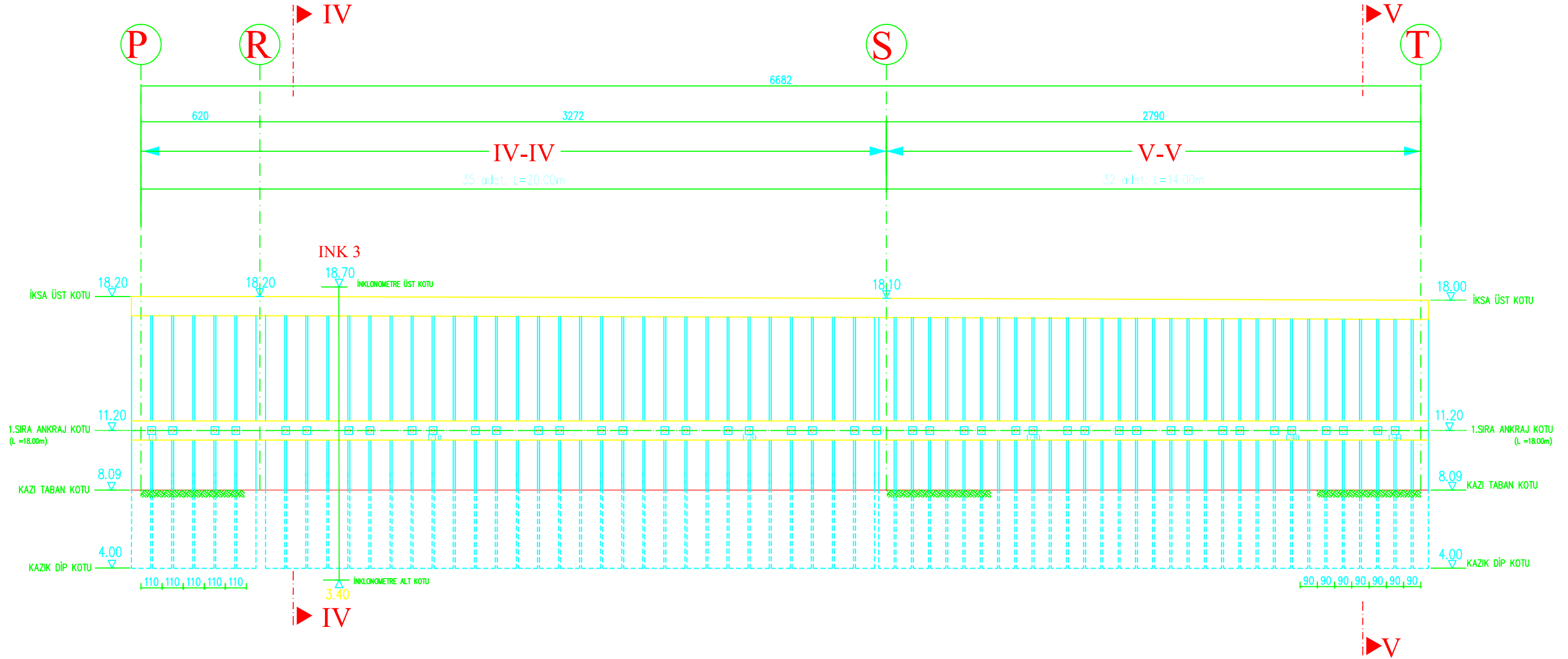
ÖLÇEK: 1/200



TAŞZEMİN
İNŞAAT SANAYİ VE TİC. LTD.ŞTİ
www.insoy.com.tr
BARBAROS BULVARI NO: 28/5
BALIĞIRCI - BEŞİKTAŞ / İSTANBUL
TEL : (0212) 213 54 58 FAX : (0212) 213 54 60

**GÖZTEPE MEDICAL PARK
HASTANESİ**
Göztepe / İstanbul
İKSA UYGULAMA PROJESİ
İKSA CEPHE GÖRÜNÜŞÜ

TARİH	PAFTA NO.	REVİZYON	ÖLÇEK
01.04.2008	Z 2/16	0	1/200



P-T AKSLAR ARASI CEPHE GÖRÜNÜŞÜ

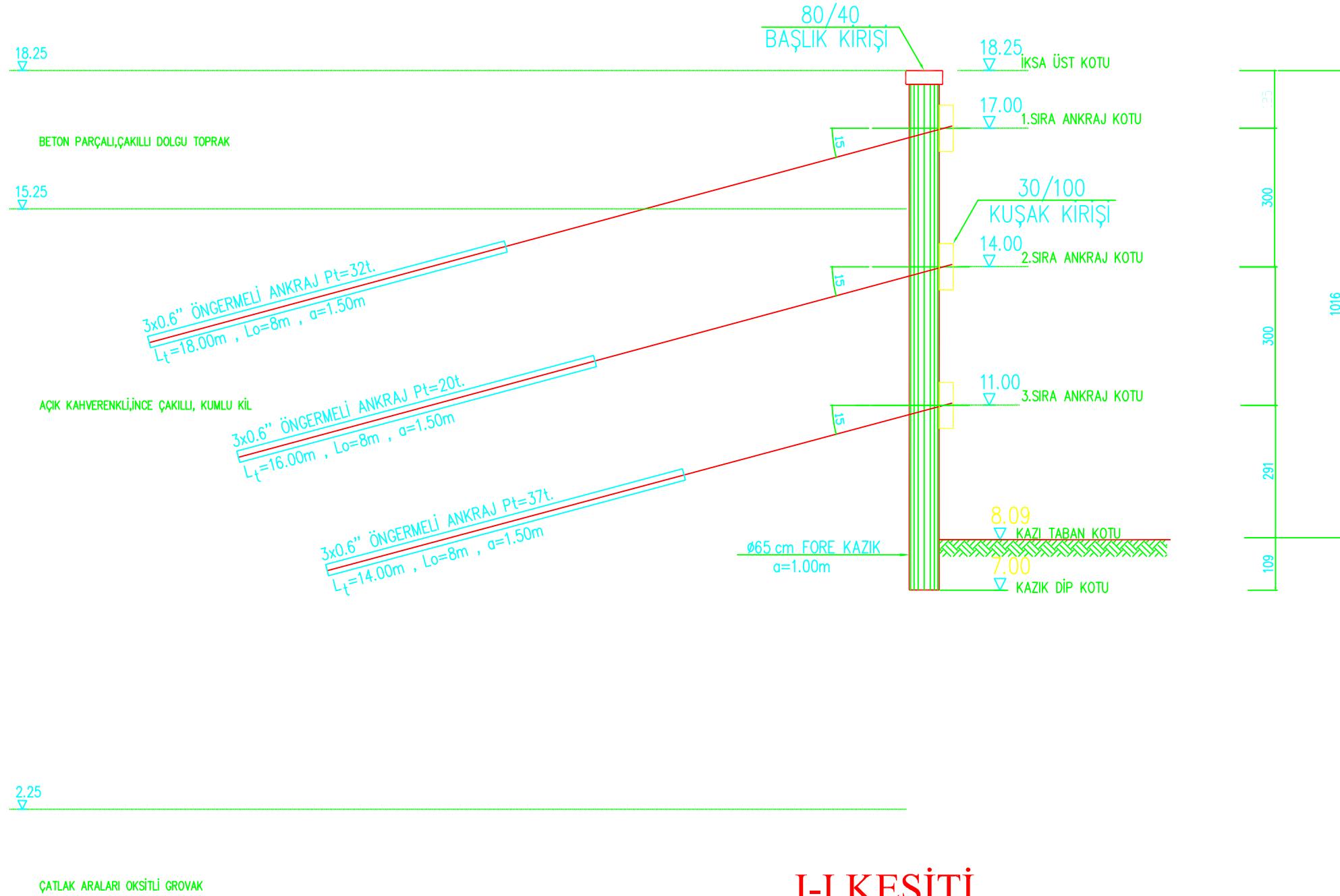
ÖLÇEK:1/200



TAŞZEMİN
İNSAAT SANAYİ VE TİC. LTD.ŞTİ
www.taszemin.com.tr
e.mail : taszemin@taszemin.com.tr
BARBAROS BULVARI NO : 26 / 5
BALMUMCU - BEŞİKTAŞ / İSTANBUL
TEL : (0212) 213 54 58 FAX : (0212) 213 54 60

GÖZTEPE MEDICAL PARK
HASTANESİ
Göztepe / İstanbul
İKSA UYGULAMA PROJESİ
İKSA CEPHE GÖRÜNÜŞÜ

TARİH	PAFTA NO.	REVİZYON	ÖLÇEK
01.04.2008	Z 4/16	0	1/200



I-I KESİTİ

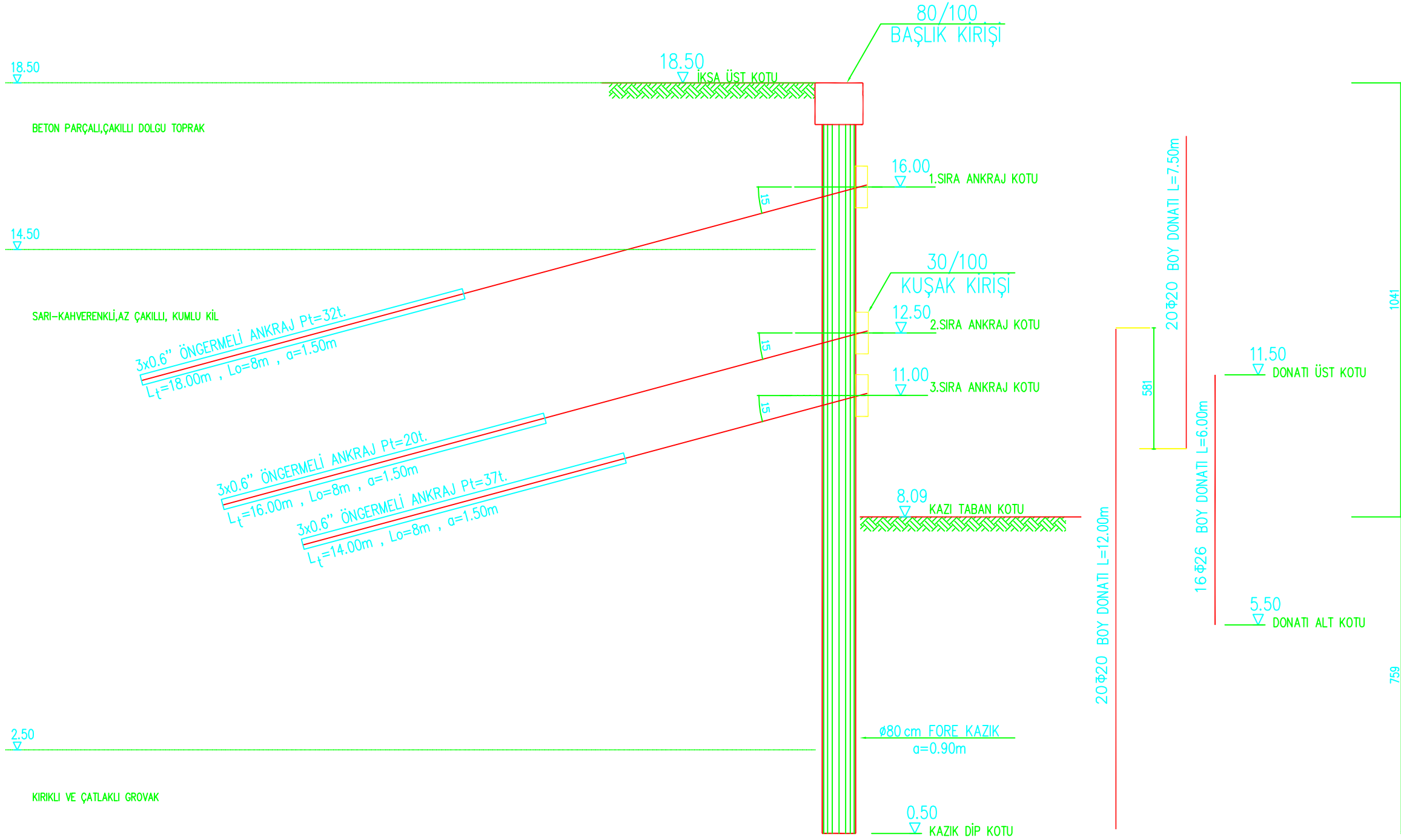
(SONDAJ NO: SK.6)
ÖLÇEK: 1/100



TASZEMİN
İNŞAAT SANAYİ VE TİC. LTD. ŞTİ
www.tazemin.com.tr
e.mail: tazemin@tazemin.com.tr
BARBAROS BULVARI NO: 26 / 5
BALIYERİ - BEŞİKTAŞ / İSTANBUL
TEL : (0212) 213 54 58 FAX : (0212) 213 54 60

**GÖZTEPE MEDICAL PARK
HASTANESİ**
Göztepe / İstanbul
İKSA UYGULAMA PROJESİ
İKSA KESİTİ

TARİH	PAFTA NO.	REVİZYON	ÖLÇEK
01.04.2008	Z 5/16	0	1/200



II-II KESİTİ

(SONDAJ NO: SK.9)
ÖLÇEK: 1/100



TAŞZEMİN
İNŞAAT SANAYİ VE TİC. LTD.ŞTİ
www.taszemin.com.tr
e-mail : taszemin@taszemin.com.tr
BARBAROS BULVARI NO : 26 / 5
BALMUMCU - BEŞİKTAŞ / İSTANBUL
TEL : (0212) 213 54 58 FAX : (0212) 213 54 60

**GÖZTEPE MEDİCAL PARK
HASTANESİ**
Göztepe / İstanbul
İKSA UYGULAMA PROJESİ
İKSA KESİTİ

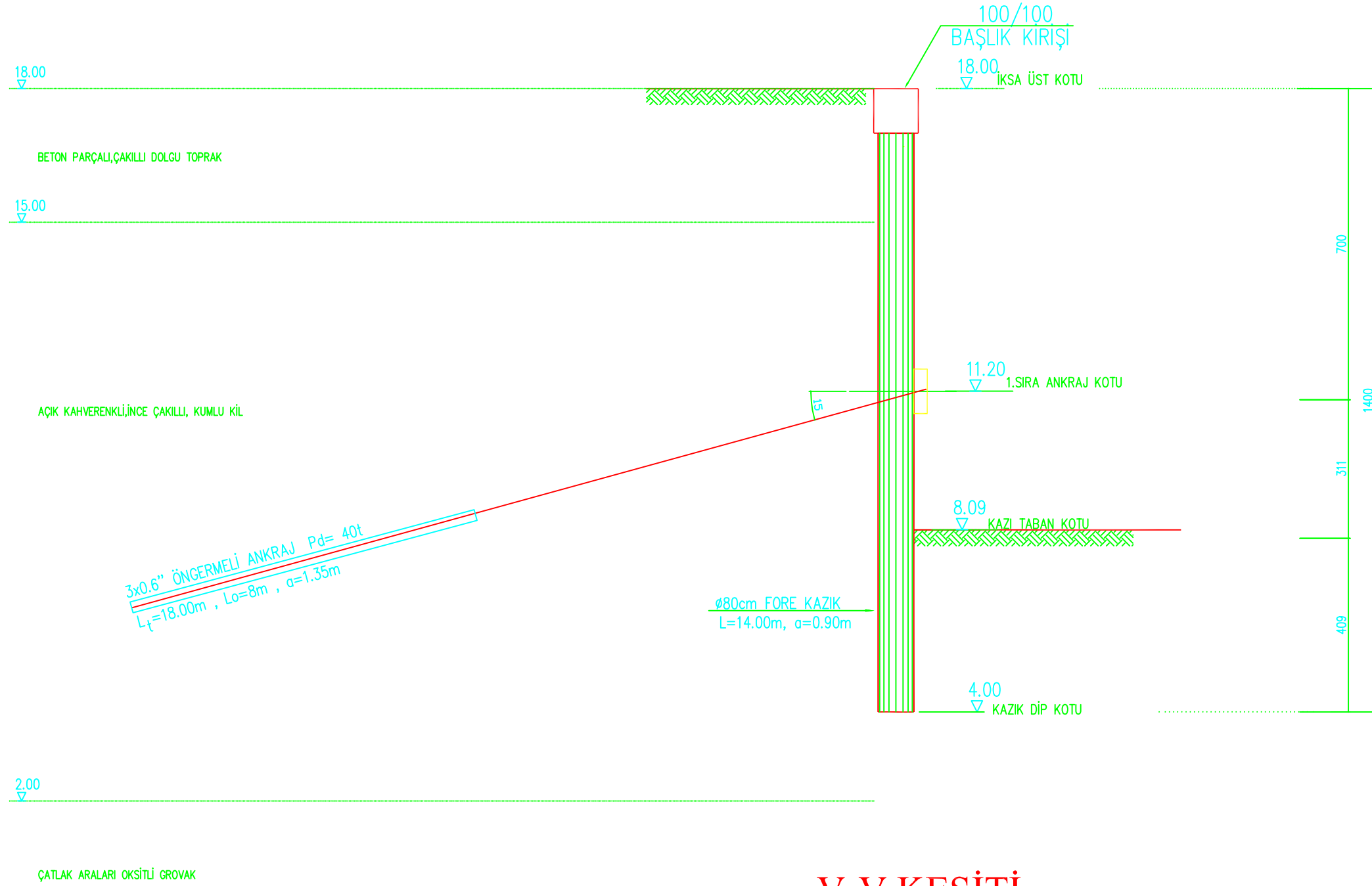
TARİH	PAFTA NO.	REVİZYON	ÖLÇEK
01.04.2008	Z 6/16	0	1/200



(SONDAJ NO: SK.4)
ÖLÇEK:1/100



TARİH	PAFTA NO.	REVİZYON			ÖLÇEK
01.04.2008	Z 7/16	0			1/200



V-V KESİTİ

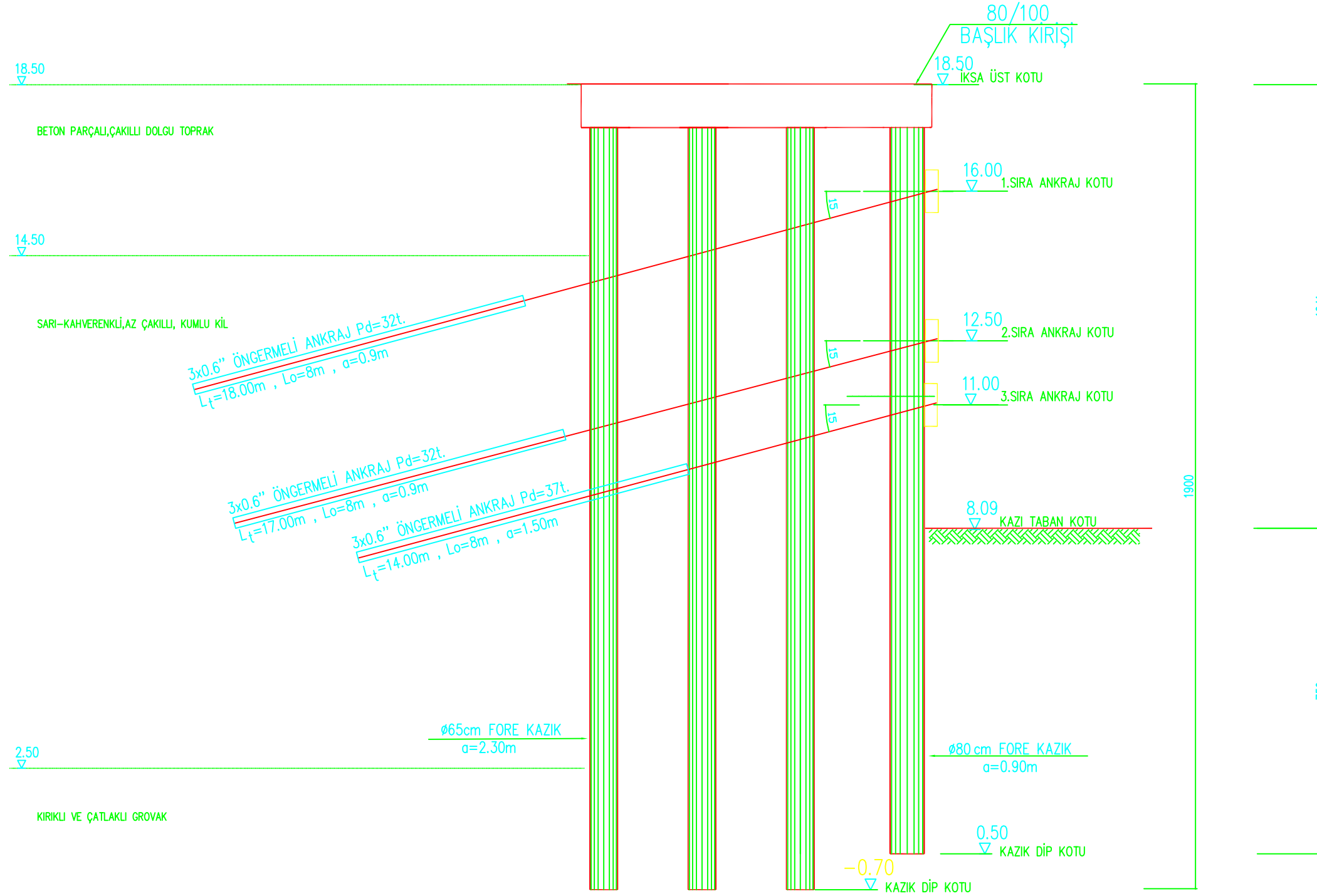
(SONDAJ NO: SK.6)
ÖLÇEK: 1/100



TAŞZEMİN
İNŞAAT SANAYİ VE TİC. LTD.ŞTİ
www.taszemin.com.tr
e mail : taszemin@taszemin.com.tr
BARBAROS BULVARI NO : 26 / 5
BALMUMCU - BEŞİKTAŞ / İSTANBUL
TEL : (0212) 213 54 58 FAX : (0212) 213 54 60

**GÖZTEPE MEDICAL PARK
HASTANESİ**
Göztepe / İstanbul
İKSA UYGULAMA PROJESİ
İKSA KESİTİ

TARİH	PAFTA NO.	REVİZYON	ÖLÇEK
01.04.2008	Z 9/16	0	1/200



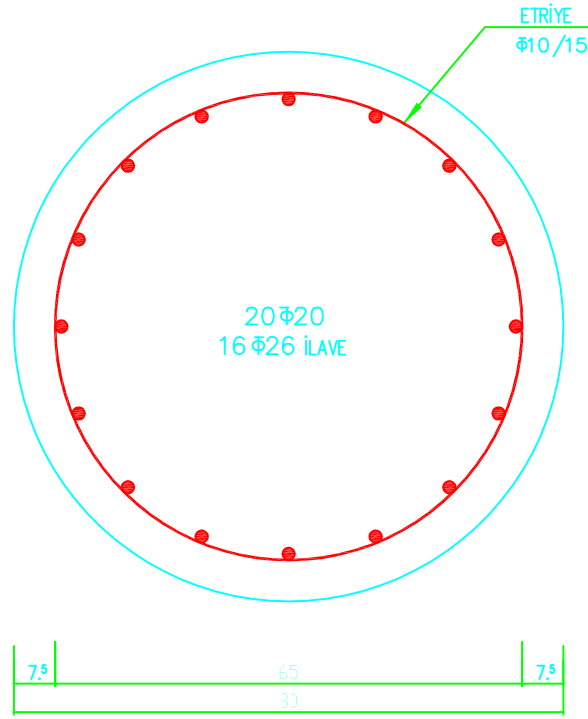
VI-VI KESİTİ

(SONDAJ NO: SK.9)
ÖLÇEK: 1/100

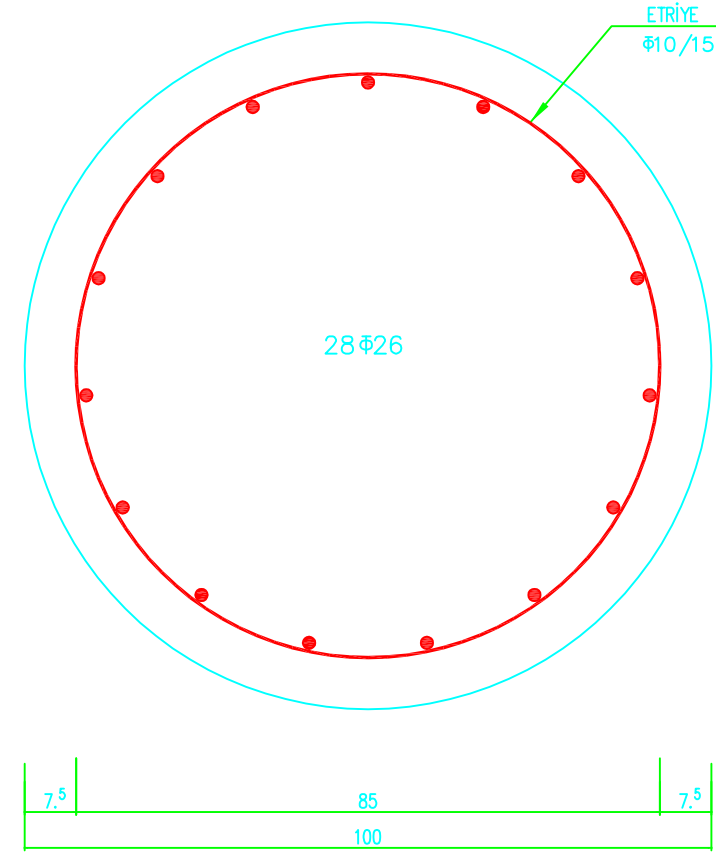
TAŞZEMİN
İNSAAT SANAYİ VE TİC. LTD.ŞTİ
www.taszemin.com.tr
e.mail:taszemin@taszemin.com.tr
BARBAROS BULVARI NO:26 / 5
BALMUMCU - BEŞİKTAŞ / İSTANBUL
TEL : (0212) 213 54 58 FAX : (0212) 213 54 60

**GÖZTEPE MEDİCAL PARK
HASTANESİ**
Göztepe / İstanbul
İKSA UYGULAMA PROJESİ
İKSA KESİTİ

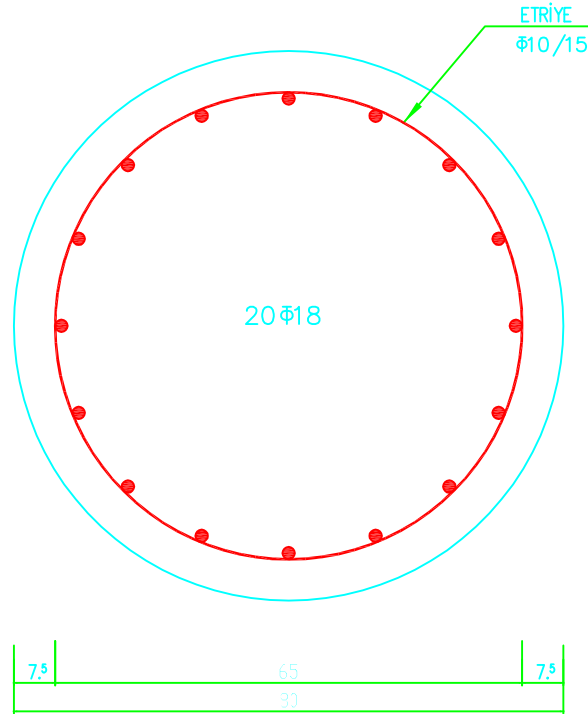
TARİH	PAFTA NO.	REVİZYON	ÖLÇEK
01.04.2008	Z 10/16	0	1/200



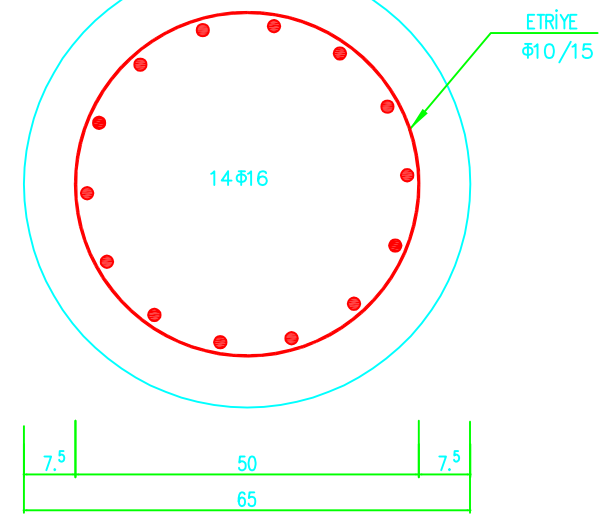
**Ø80cm
FORE KAZIK KESİTİ**
ÖLÇEK:1/10



**Ø100cm
FORE KAZIK KESİTİ
(IV-IV KESİTİ İÇİN)**
ÖLÇEK:1/10



**Ø80cm
FORE KAZIK KESİTİ
(V-V KESİTİ İÇİN)**
ÖLÇEK:1/10

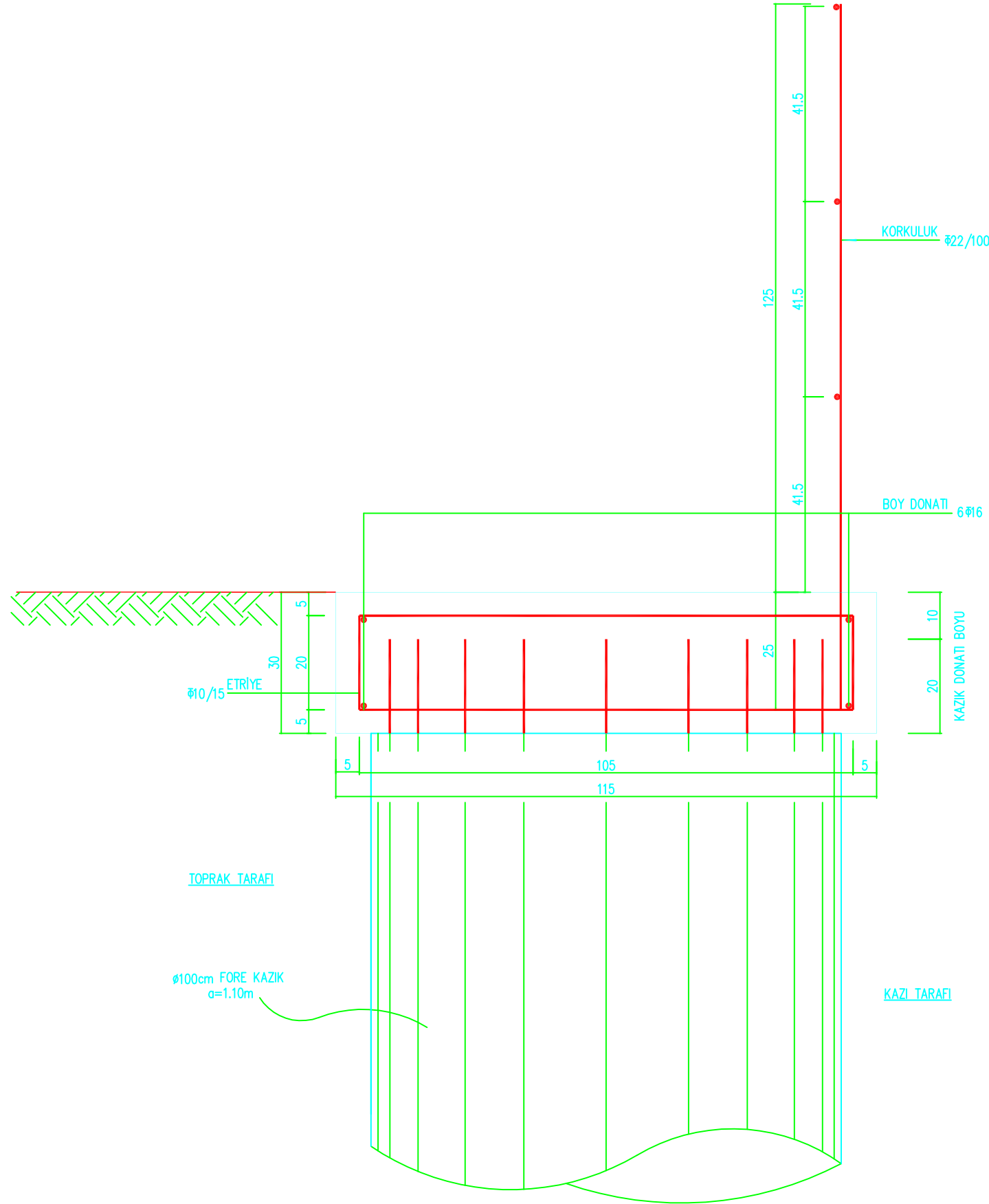


**Ø65cm
FORE KAZIK KESİTİ**
ÖLÇEK:1/10

TAŞZEMİN
İNSAAT SANAYİ VE TİC. LTD.ŞTİ
www.taszemin.com.tr
e-mail : taszemin@taszemin.com.tr
BARBAROS BULVARI NO : 26 / 5
BALMUMCU - BEŞİKTAŞ / İSTANBUL
TEL : (0212) 213 54 58 FAX : (0212) 213 54 60

**GÖZTEPE MEDİCAL PARK
HASTANESİ**
Göztepe / İstanbul
İKSA UYGULAMA PROJESİ
BETONARME DETAYLARI

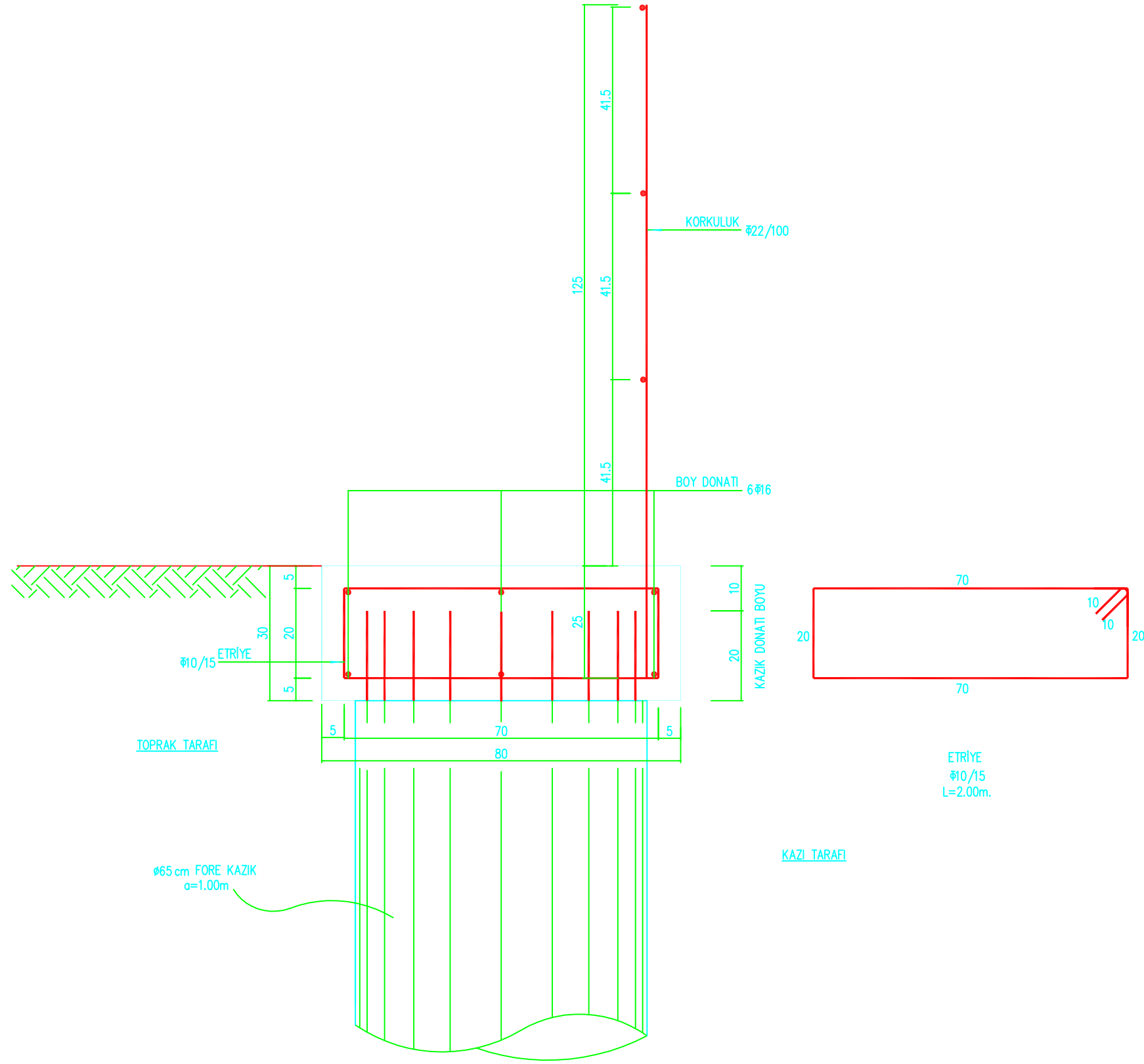
TARİH	PAFTA NO.	REVİZYON	ÖLÇEK
01.04.2008	Z 11/16	0	1/10



TAŞZEMİN
İNSAAT SANAYİ VE TİC. LTD.ŞTİ
www.taszemin.com.tr
e-mail : taszemin@taszemin.com.tr
BARBAROS BULVARI NO : 26 / 5
BALMUMCU - BEŞİKTAŞ / İSTANBUL
TEL : (0212) 213 54 58 FAX : (0212) 213 54 60

**GÖZTEPE MEDİCAL PARK
HASTANESİ**
Göztepe / İstanbul
İKSA UYGULAMA PROJESİ
BETONARME DETAYLARI

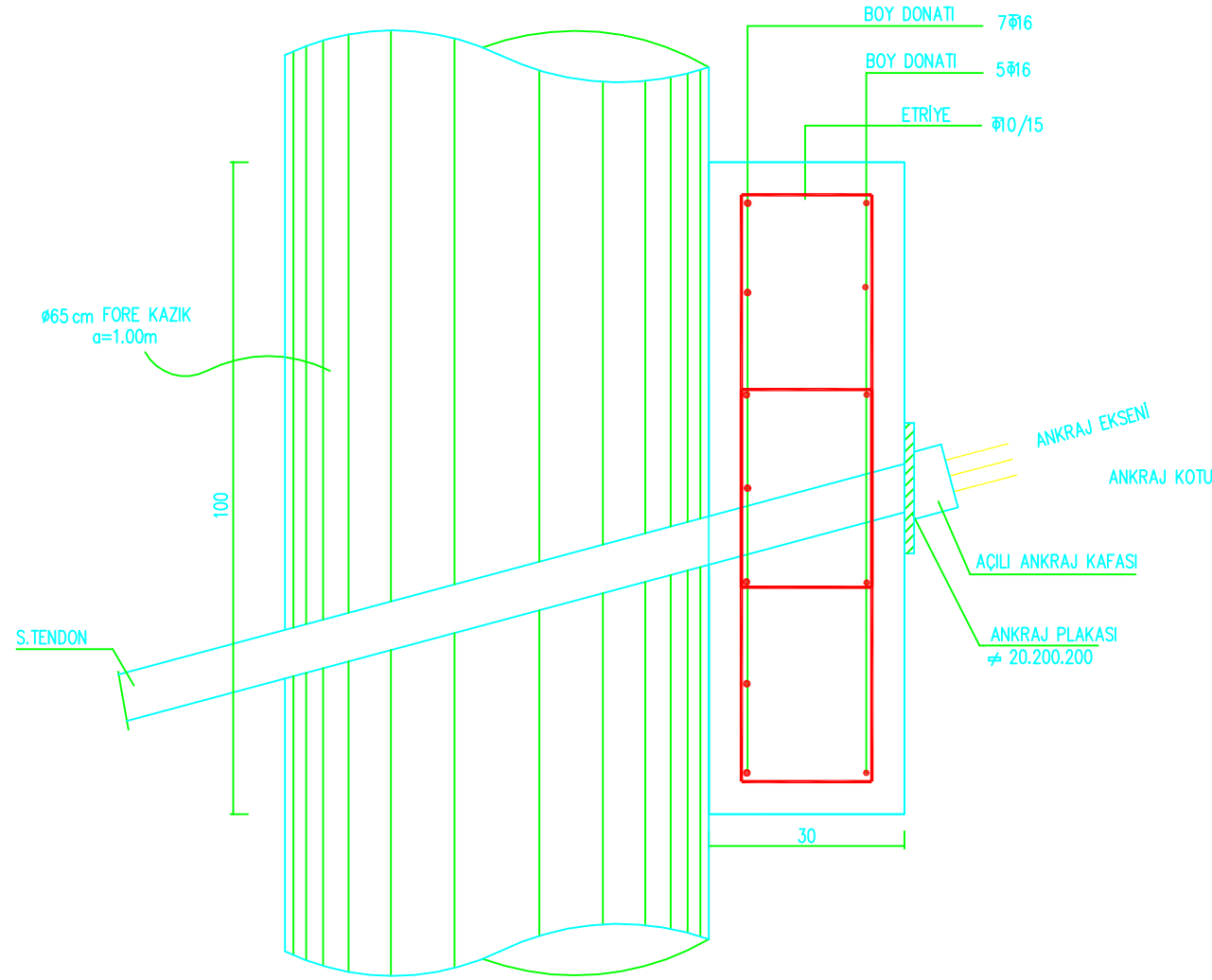
TARİH	PAFTA NO.	REVİZYON	ÖLÇEK
01.04.2008	Z 12/16	0	1/10



TASZEMİN
İNŞAAT SANAYİ VE TİC. LTD.ŞTİ
www.tazemin.com.tr
e-mail: tazemin@tazemin.com.tr
BARBAROS BULVARI NO: 26 / 5
BALIĞIRCI - BEŞİKTAŞ / İSTANBUL
TEL : (0212) 213 54 58 FAX : (0212) 213 54 60

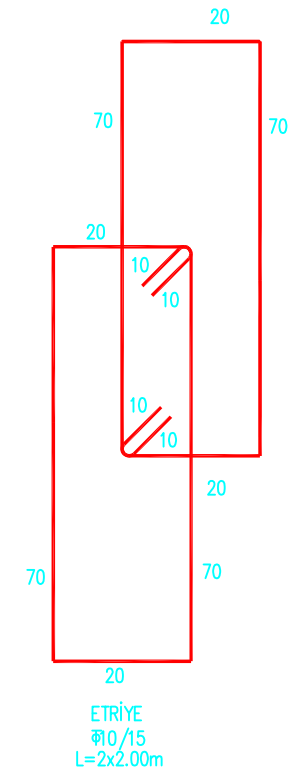
**GÖZTEPE MEDİCAL PARK
HASTANESİ**
Göztepe / İstanbul
İKSA UYGULAMA PROJESİ
BETONARME DETAYLARI

TARİH	PAFTA NO.	REVİZYON	ÖLÇEK
01.04.2008	Z 13/16	0	1/10



30/100 KUŞAK KİRİŞİ DETAYI

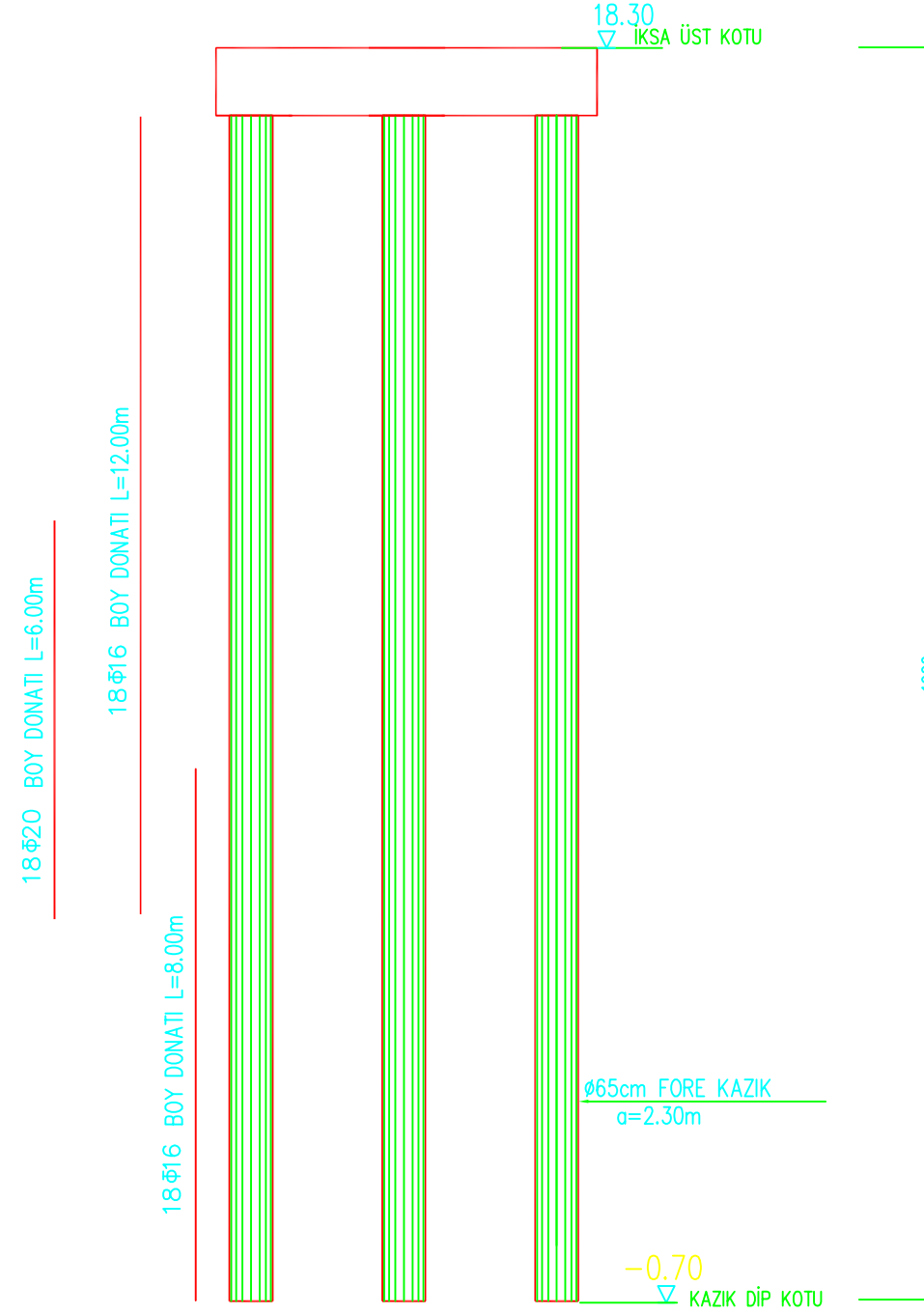
ÖLÇEK:1/10



TAŞZEMİN
İNSAAT SANAYİ VE TİC. LTD.ŞTİ
www.taszemin.com.tr
e.mail@taszemin@taszemin.com.tr
BARBAROS BULVARI NO:26 / 5
BALMUMCU - BEŞİKTAŞ / İSTANBUL
TEL : (0212) 213 54 58 FAX : (0212) 213 54 60

**GÖZTEPE MEDİCAL PARK
HASTANESİ**
Göztepe / İstanbul
İKSA UYGULAMA PROJESİ
BETONARME DETAYLARI

TARİH	PAFTA NO.	REVİZYON	ÖLÇEK
01.04.2008	Z 14/16	0	1/10

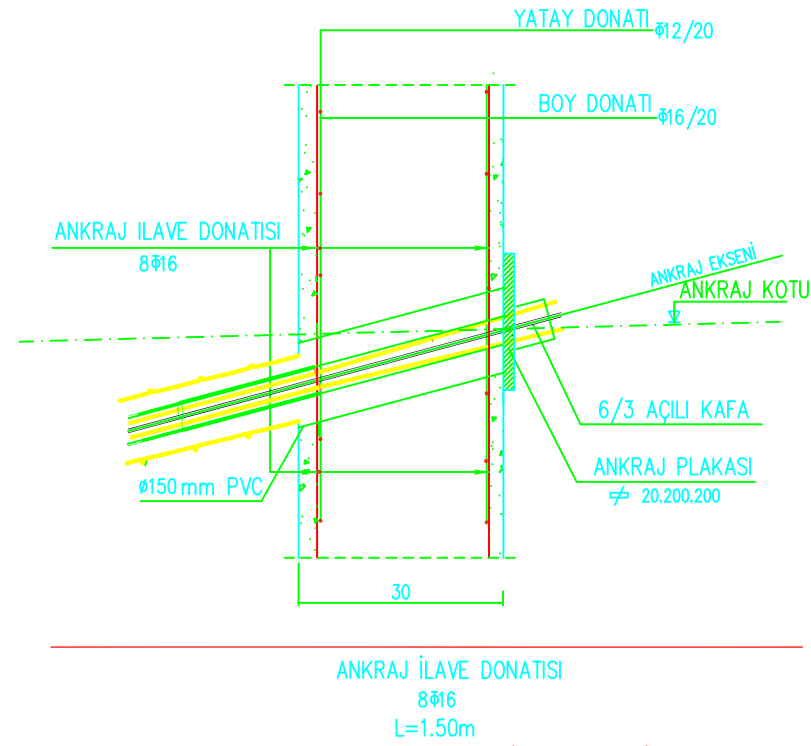


VİNÇ KAZIKLARI DONATI DETAYI

 **TASZEMİN**
İNSAAT SANAYİ VE TİC. LTD.ŞTİ
www.taszemin.com.tr
[e.mail : taszemin@taszemin.com.tr](mailto:taszemin@taszemin.com.tr)
BARBAROS BULVARI NO : 26 / 5
BALMUMCU - BEŞİKTAŞ / İSTANBUL
TEL : (0212) 213 54 58 FAX : (0212) 213 54 60

GÖZTEPE MEDİCAL PARK
HASTANESİ
Göztepe / İstanbul
İKSA UYGULAMA PROJESİ
BETONARME DETAYLARI

TARİH	PAFTA NO.	REVİZYON	ÖLÇEK
01.04.2008	Z 15/16	0	1/10



ANKRAJ ve B.A. PERDE BİRLEŞİM DETAYI

ÖLÇEK : 1/10



TAŞEMİN
İNSAAT SANAYİ VE TİC. LTD.ŞTİ
www.tasemin.com.tr
e.mail: tasemin@tasemin.com.tr
BARBAROS BULVARI NO : 26 / 5
BALMUMCU - BEŞİKTAŞ / İSTANBUL
TEL : (0212) 213 54 58 FAX : (0212) 213 54 60

**GÖZTEPE MEDİCAL PARK
HASTANESİ**
Göztepe / İstanbul
İKSA UYGULAMA PROJESİ
BETONARME DETAYLARI

TARİH	PAFTA NO.	REVİZYON	ÖLÇEK
01.04.2008	Z 16/16	0	1/10

EK 3

KESİT 1 SONLU ELEMENLAR ANALİZİ (ORJİNAL ZEMİN PARAMETRELERİ) PLAXIS YAZILIMI ANALİZ RAPORU

7. 1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-10.000	40.000
Y	5.000	25.000

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

8. 2. Geometry

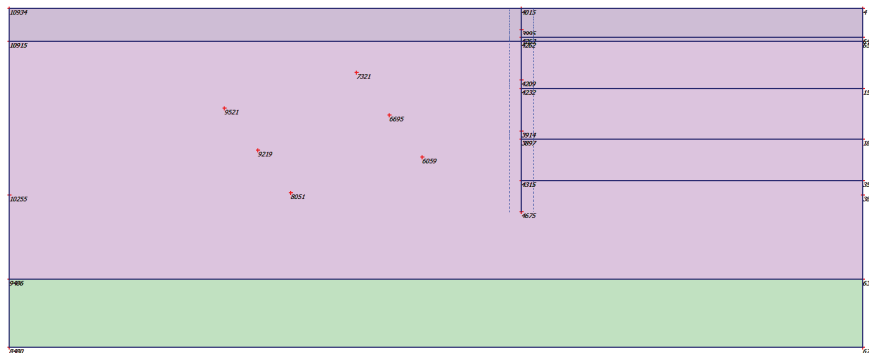


Fig. 1 Plot of geometry model with significant nodes

Table [4] Table of significant nodes

Node no.	x-coord.	y-coord.	Node no.	x-coord.	y-coord.
4015	20.000	25.000	65	40.000	23.000
4675	20.000	13.000	4262	20.000	23.000
4315	20.000	14.840	389	40.000	14.000
4263	20.000	23.250	3995	20.000	23.750
4232	20.000	20.250	7321	10.340	21.170
3897	20.000	17.250	4209	20.000	20.750
4	40.000	25.000	6695	12.270	18.680
671	40.000	5.000	3914	20.000	17.750
8480	-10.000	5.000	6059	14.200	16.200
10934	-10.000	25.000	9521	2.610	19.091
64	40.000	23.250	9219	4.550	16.610
155	40.000	20.250	8051	6.480	14.130
187	40.000	17.250	10255	-10.000	14.000
351	40.000	14.840	9486	-10.000	9.000
10915	-10.000	23.000	632	40.000	9.000

8.1 2.1. Clusters

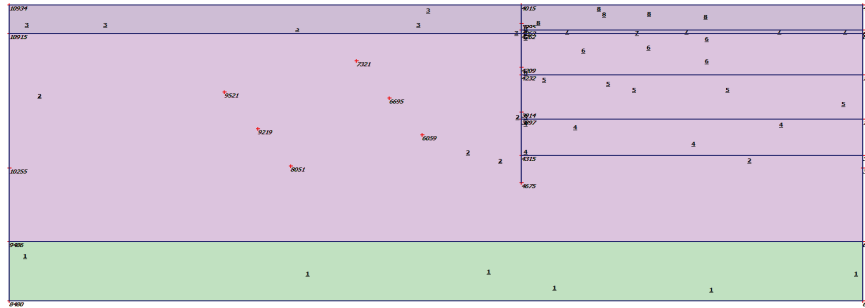


Fig. 2 Plot of geometry model with cluster numbers

Table [5] Table of clusters

Cluster no.	Nodes
1	671, 8480, 9486, 632.
2	4675, 4315, 4232, 3897, 351, 10915, 4262, 389, 7321, 4209, 6695, 3914, 6059, 9521, 9219, 8051, 10255, 9486, 632.
3	4015, 4263, 10934, 10915, 4262, 3995.
4	4315, 3897, 187, 351.
5	4232, 3897, 155, 187, 3914.
6	4232, 155, 65, 4262, 4209.
7	4263, 64, 65, 4262.
8	4015, 4263, 4, 64, 3995.

3. Structures

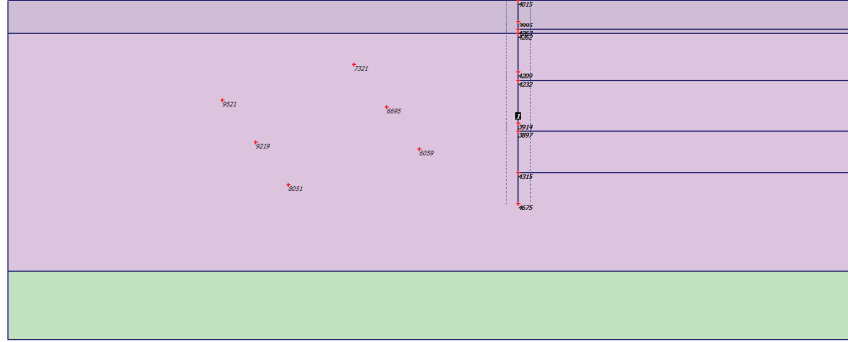


Table [6] Beams

Plate no.	Data set	Length [m]	Nodes
1	65 cm Fore Kazık	11.000	4015, 3995, 4263, 4262, 4209, 4232, 3914, 3897, 4315, 4675.

Table [7] Geotextiles

Geotextiles no.	Data set	Length [m]	Nodes
1	ÖA-Kök Bölgesi a=1.50m	8.005	7321, 9521.
2	ÖA-Kök Bölgesi a=1.50m	7.993	6695, 9219.
3	ÖA-Kök Bölgesi a=1.50m	7.993	6059, 8051.

Table [8] Interfaces

Interface no.	Data set	Nodes
1	Dolgu(*) Az Kumlu Kil(*) Az Kumlu Kil(*) Az Kumlu Kil(*) Dolgu(*) Dolgu(*)	4315, 3897, 4209, 4262, 3914, 4232, 4232, 4209, 3897, 3914, 4315, 4675, 4675, 4315. 4262, 4263, 4263, 3995, 3995, 4015. 3897, 4315. 4232, 3914, 3914, 3897. 4262, 4209, 4209, 4232. 4263, 4262.

Table [9] Node-to-node anchors

Anchor no.	Data set	Length [m]	First node	Last node
1	ÖA-Serbest Bölge a=1.50m	9.999	3995	7321
2	ÖA-Serbest Bölge a=1.50m	8.002	4209	6695
3	ÖA-Serbest Bölge a=1.50m	6.004	3914	6059

9. 4. Loads & boundary conditions

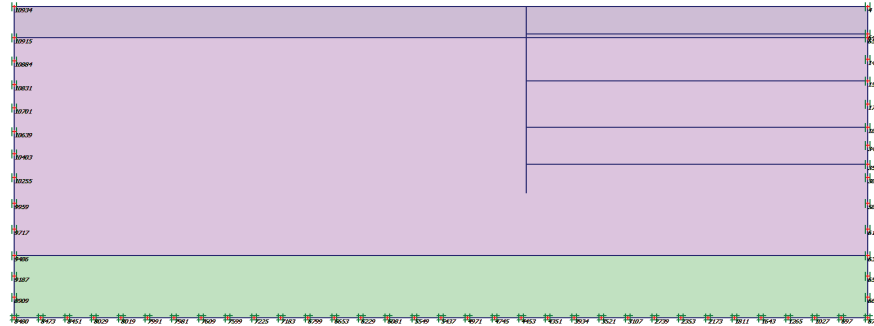


Fig. 4 Plot of geometry with loads & boundary conditions

Table [10] Node fixities

Node no.	Sign	Horizontal	Vertical	Node no.	Sign	Horizontal	Vertical
671	#	Fixed	Fixed	8451	#	Fixed	Fixed
8480	#	Fixed	Fixed	8473	#	Fixed	Fixed
697	#	Fixed	Fixed	4		Fixed	Free
1027	#	Fixed	Fixed	10934		Fixed	Free
1265	#	Fixed	Fixed	64		Fixed	Free
1643	#	Fixed	Fixed	155		Fixed	Free
1811	#	Fixed	Fixed	187		Fixed	Free
2173	#	Fixed	Fixed	351		Fixed	Free
2353	#	Fixed	Fixed	65		Fixed	Free
2739	#	Fixed	Fixed	389		Fixed	Free
3107	#	Fixed	Fixed	177		Fixed	Free
3521	#	Fixed	Fixed	347		Fixed	Free
3934	#	Fixed	Fixed	581		Fixed	Free
4351	#	Fixed	Fixed	619		Fixed	Free
4453	#	Fixed	Fixed	632		Fixed	Free
4745	#	Fixed	Fixed	145		Fixed	Free
4971	#	Fixed	Fixed	10915		Fixed	Free
5437	#	Fixed	Fixed	10255		Fixed	Free
5549	#	Fixed	Fixed	10403		Fixed	Free
6081	#	Fixed	Fixed	10639		Fixed	Free
6229	#	Fixed	Fixed	10701		Fixed	Free
6653	#	Fixed	Fixed	10831		Fixed	Free
6799	#	Fixed	Fixed	10884		Fixed	Free
7183	#	Fixed	Fixed	8909		Fixed	Free
7225	#	Fixed	Fixed	9187		Fixed	Free
7599	#	Fixed	Fixed	9486		Fixed	Free
7609	#	Fixed	Fixed	9717		Fixed	Free
7981	#	Fixed	Fixed	9959		Fixed	Free
7991	#	Fixed	Fixed	657		Fixed	Free
8019	#	Fixed	Fixed	667		Fixed	Free
8029	#	Fixed	Fixed				

9.1 4.2. Load system A

Table [11] Distributed loads A

Loads no.	First node	qx [kN/m/m]	qy [kN/m/m]	Last node	qx [kN/m/m]	qy [kN/m/m]
1	10934	0.000	-30		0.000	-30

10. 5. Material data

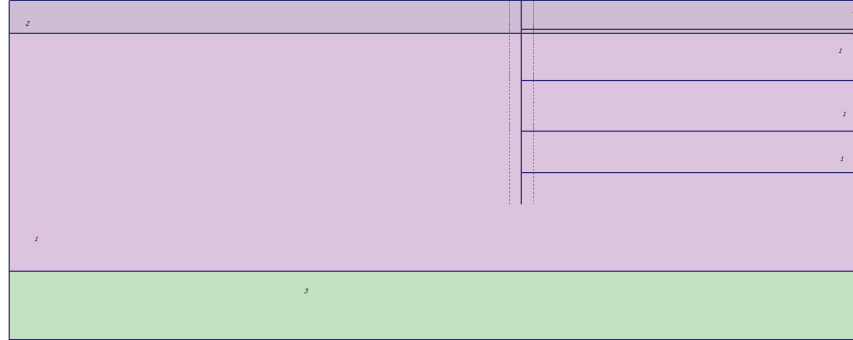


Fig. 5 Plot of geometry with material data sets

Table [12] Soil data sets parameters

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3
		Az Kumlu Kil(*)	Dolgu(*)	Grovak(*)
Type		Drained	Drained	Drained
g_{unsat}	[kN/m ³]	19.00	18.00	20.00
g_{sat}	[kN/m ³]	19.00	18.00	20.00
k_x	[m/day]	1.000	1.000	0.000
k_y	[m/day]	1.000	1.000	0.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	75000.000	20000.000	250000.000
n	[-]	0.250	0.300	0.300
G_{ref}	[kN/m ²]	30000.000	7692.308	96153.846
E_{oed}	[kN/m ²]	90000.000	26923.077	336538.462
c_{ref}	[kN/m ²]	10.00	5.00	5.00
j	[°]	30.00	28.00	40.00
y	[°]	0.00	0.00	10.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	0.000	0.000	0.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	0.70	0.70	0.90
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral

Table [13] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm ² /m]	w [kN/m/m]	n [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	65 cm Fore Kazık	9.296E6	2.4522E5	5.00	0.30	1E15	1E15

Table [14] Geotextile data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	n [-]
1	ÖA-Kök Bölgesi a=1.50m	164000.00	0.00

Table [15] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	Fmax,comp [kN]	Fmax,tens [kN]	L spacing [m]
1	ÖA-Serbest Bölge a=1.50m	81900.00	1E15	1E15	1.50

11. 6. Results for phase 2

11.1 6.3. Deformations

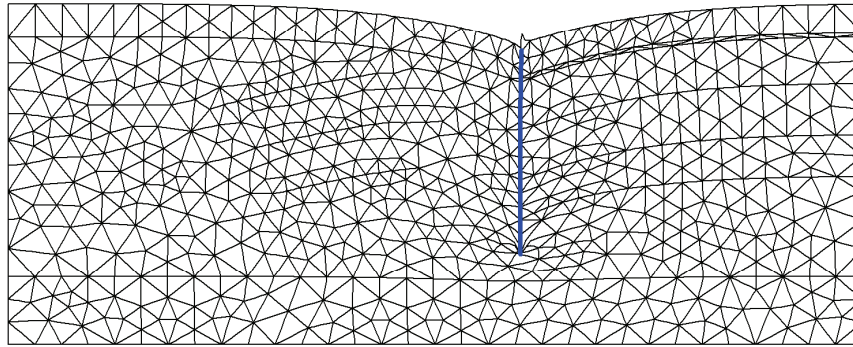


Fig. 6 Plot of deformed mesh
- Step no: 7 - (Phase: 2)

11.1.1 6.3.1. Plot of horizontal displacements

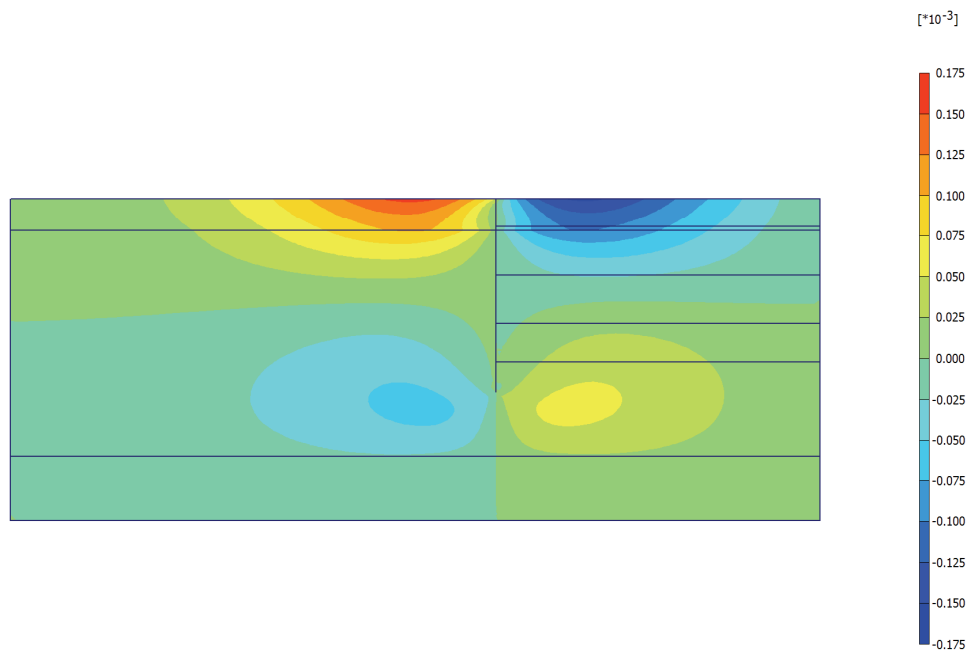


Fig. 7 Plot of horizontal displacements (shadings)
- Step no: 7 - (Phase: 2)

11.2 6.4. Structures

11.2.1 6.4.2. Beams

11.2.1.1 6.4.2.1. Beams

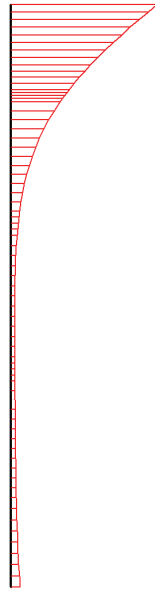


Fig. 8 Horizontal displacements in beam (plate no: 1)

Extreme value $14.51 \cdot 10^{-6}$ m (Phase: 2)

11.2.1.2 6.4.2.2. Beams

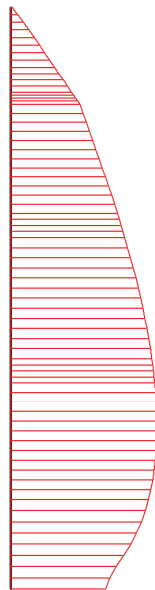


Fig. 9 Axial forces envelop in beam (plate no: 1)

Extreme value -17.24 kN/m (Phase: 2)

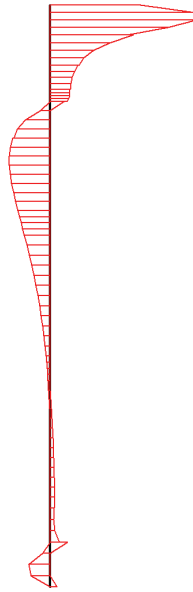


Fig. 10 Shear forces envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value $-520.18 \times 10^{-3} \text{ kN/m}$ (Phase: 2)

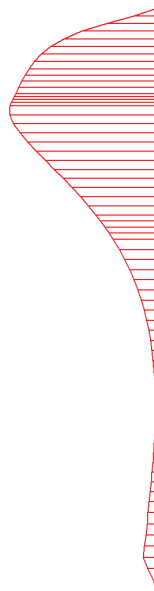


Fig. 11 Bending moment envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value $441.14 \times 10^{-3} \text{ kN/m/m}$ (Phase: 2)

11.2.2 6.4.3. Anchors

Table [16] Anchors phase no: 2

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	Fmax,comp [kN]	Fmax,temps [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	3995	20.000	23.750	0.000	1E15	1E15	81900.00	N/A	9.999
	7321	10.340	21.170						
2	4209	20.000	20.750	0.000	1E15	1E15	81900.00	N/A	8.002
	6695	12.270	18.680						
3	3914	20.000	17.750	0.000	1E15	1E15	81900.00	N/A	6.004
	6059	14.200	16.200						

12. 7. Results for phase 5

12.1 7.5. Deformations

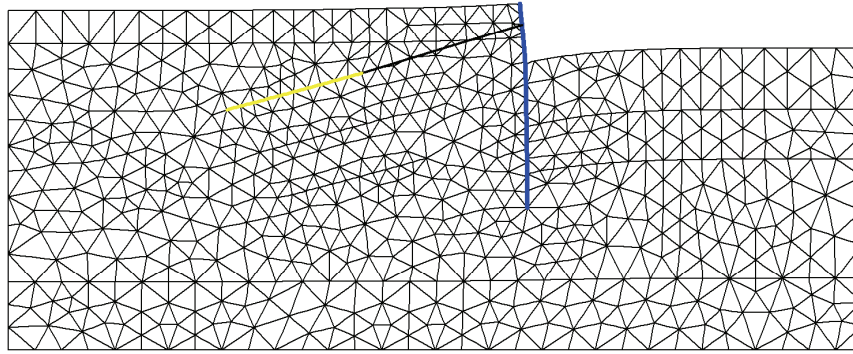


Fig. 12 Plot of deformed mesh
- Step no: 22 - (Phase: 5)

12.1.1 7.5.4. Plot of horizontal displacements

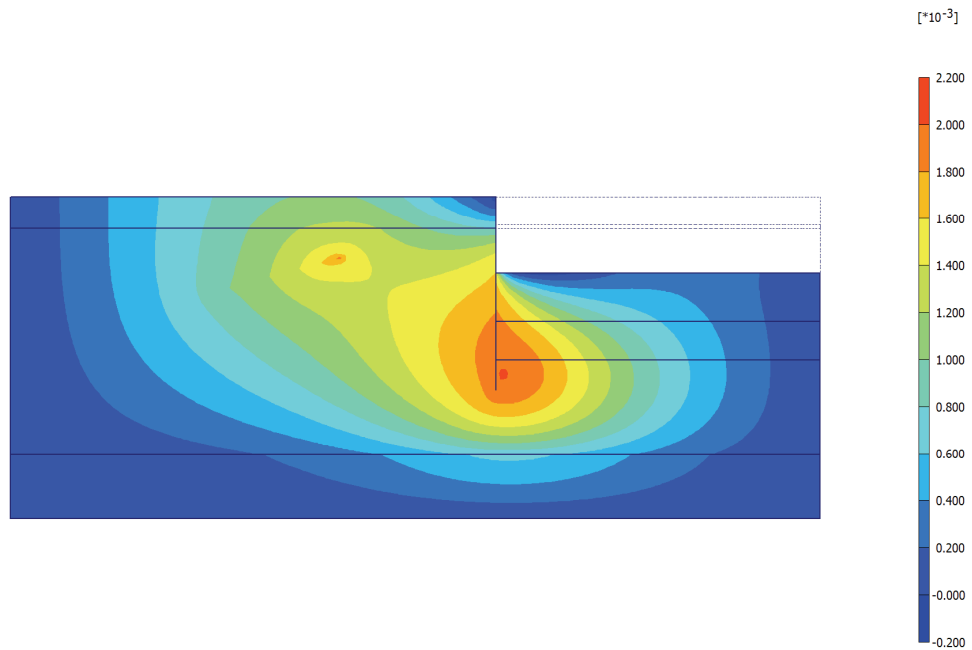


Fig. 13 Plot of horizontal displacements (shadings)
- Step no: 22 - (Phase: 5)

12.2 7.6. Structures

12.2.1 7.6.5. Beams

12.2.1.1 7.6.5.3. Beams

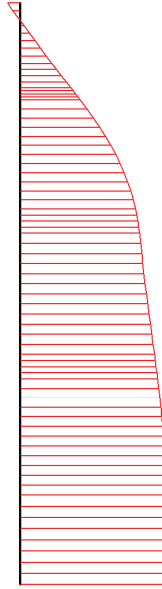


Fig. 14 Horizontal displacements in beam (plate no: 1)

Extreme value 1.97×10^{-3} m (Phase: 5)

12.2.1.2 7.6.5.4. Beams

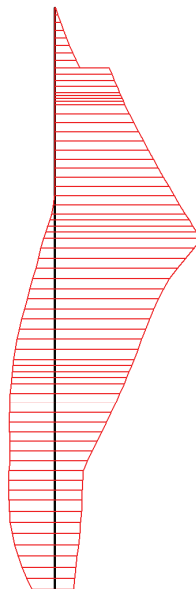


Fig. 15 Axial forces envelop in beam (plate no: 1)

Extreme value -88.26 kN/m (Phase: 5)

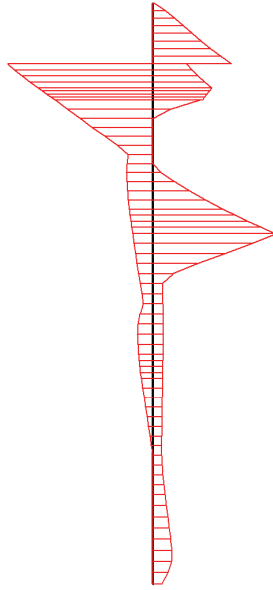


Fig. 16 Shear forces envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value 53.41 kN/m (Phase: 5)

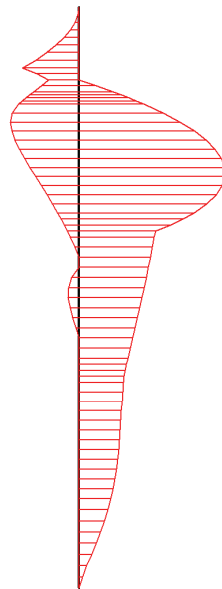


Fig. 17 Bending moment envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value 46.91 kN/m/m (Phase: 5)

12.2.2 7.6.6. Anchors

Table [17] Anchors phase no: 5

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	Fmax,comp [kN]	Fmax,temps [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	3995	20.000	23.750	315.689	1E15	1E15	81900.00	N/A	9.999
	7321	10.340	21.170						
2	4209	20.000	20.750	0.000	1E15	1E15	81900.00	N/A	8.002
	6695	12.270	18.680						
3	3914	20.000	17.750	0.000	1E15	1E15	81900.00	N/A	6.004
	6059	14.200	16.200						

13. 8. Results for phase 7

13.1 8.7. Deformations

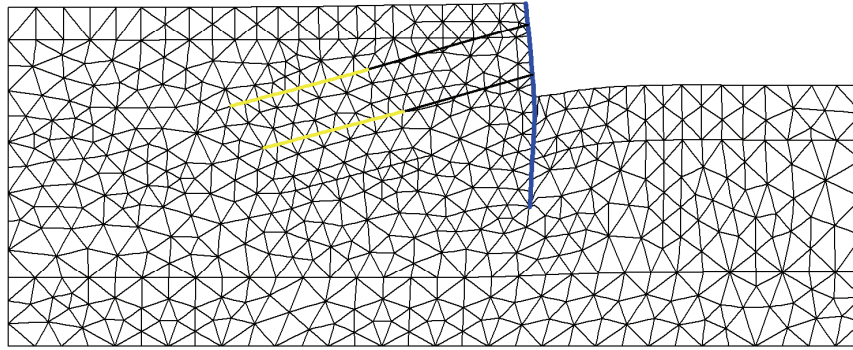


Fig. 18 Plot of deformed mesh
- Step no: 32 - (Phase: 7)

13.1.1 8.7.7. Plot of horizontal displacements

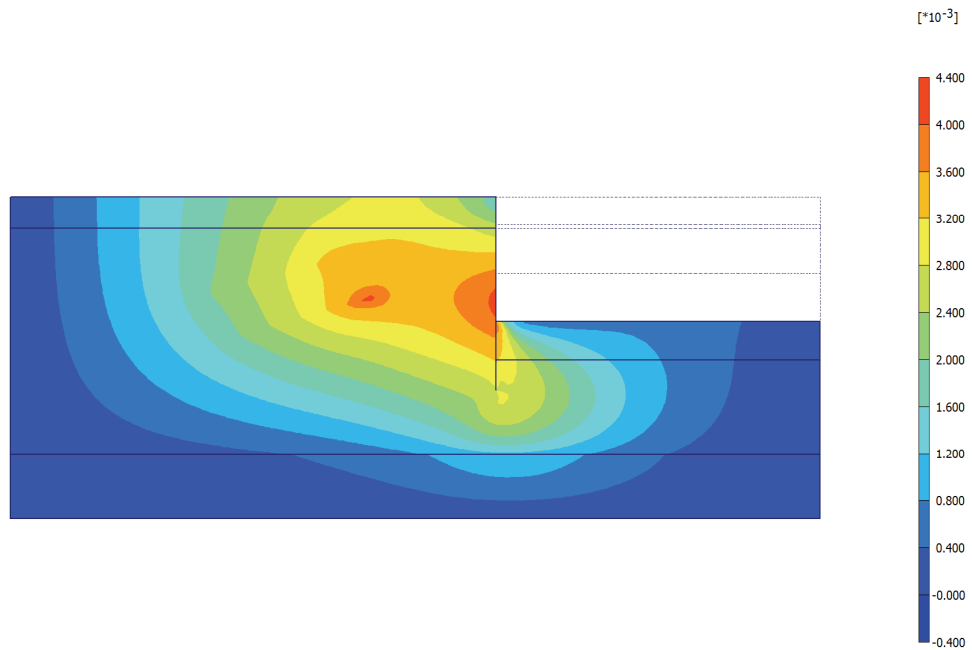


Fig. 19 Plot of horizontal displacements (shadings)
- Step no: 32 - (Phase: 7)

13.2 8.8. Structures

13.2.1 8.8.8. Beams

13.2.1.1 8.8.8.5. Beams

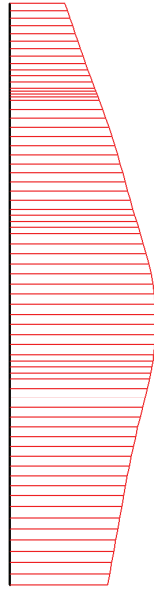


Fig. 20 Horizontal displacements in beam (plate no: 1)

Extreme value $4.14 \cdot 10^{-3}$ m (Phase: 7)

13.2.1.2 8.8.8.6. Beams

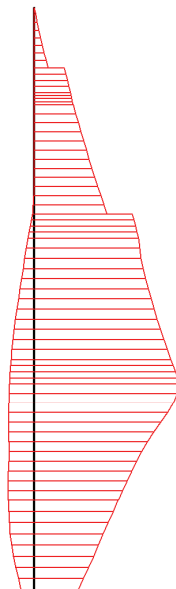


Fig. 21 Axial forces envelop in beam (plate no: 1)

Extreme value -157.92 kN/m (Phase: 7)

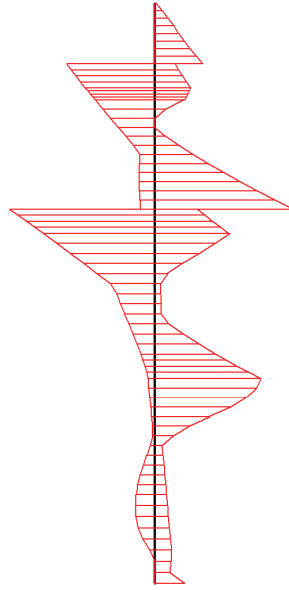


Fig. 22 Shear forces envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value 87.99 kN/m (Phase: 7)

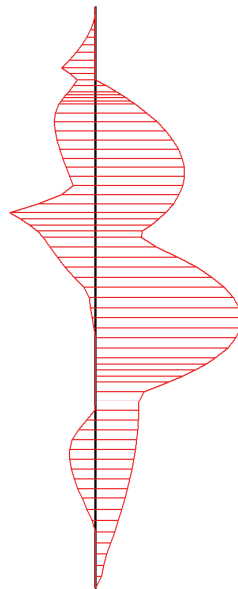


Fig. 23 Bending moment envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value 77.25 kN/m/m (Phase: 7)

13.2.2 8.8.9. Anchors

Table [18] Anchors phase no: 7

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	Fmax,comp [kN]	Fmax,tons [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	3995	20.000	23.750	313.737	1E15	1E15	81900.00	N/A	9.999
	7321	10.340	21.170						
2	4209	20.000	20.750	225.428	1E15	1E15	81900.00	N/A	8.002
	6695	12.270	18.680						
3	3914	20.000	17.750	0.000	1E15	1E15	81900.00	N/A	6.004
	6059	14.200	16.200						

14. 9. Results for phase 9

14.1 9.9. Deformations

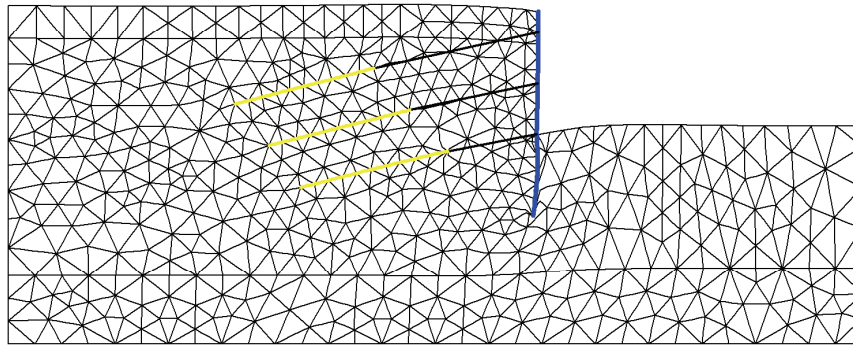


Fig. 24 Plot of deformed mesh
- Step no: 45 - (Phase: 9)

14.1.1 9.9.10. Plot of horizontal displacements

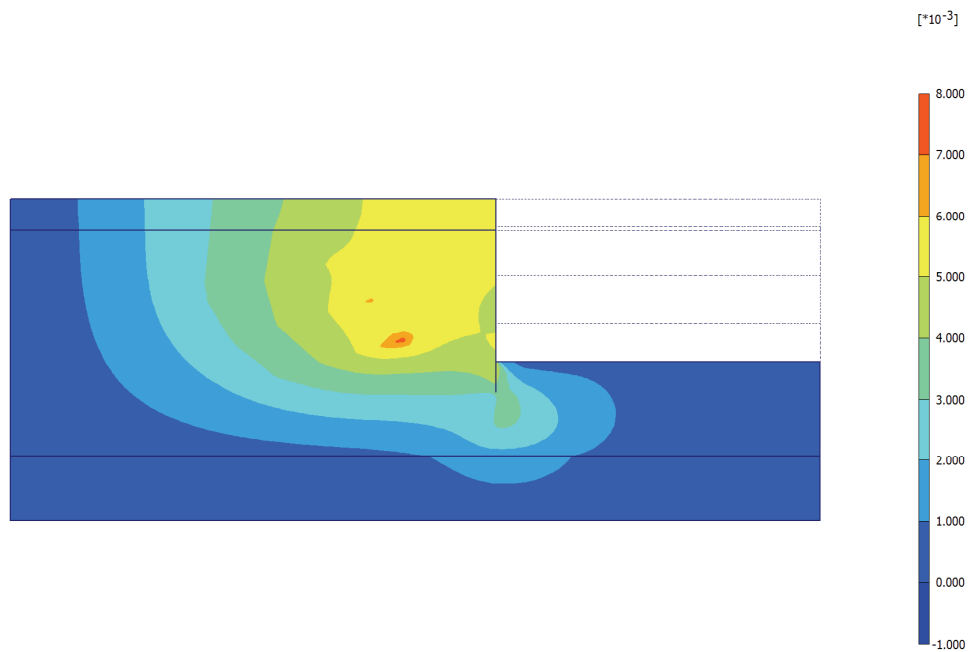


Fig. 25 Plot of horizontal displacements (shadings)
- Step no: 45 - (Phase: 9)

14.2 9.10. Structures

14.2.1 9.10.11. Beams

14.2.1.1 9.10.11.7. Beams

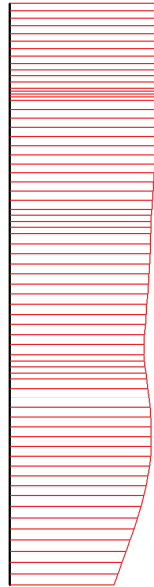


Fig. 26 Horizontal displacements in beam (plate no: 1)

Extreme value $5.22 \cdot 10^{-3}$ m (Phase: 9)

14.2.1.2 9.10.11.8. Beams

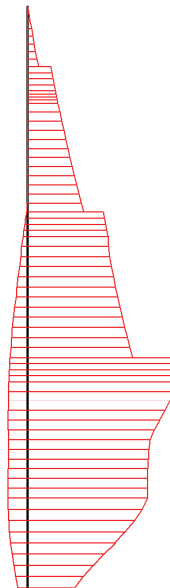


Fig. 27 Axial forces envelop in beam (plate no: 1)

Extreme value -205.77 kN/m (Phase: 9)

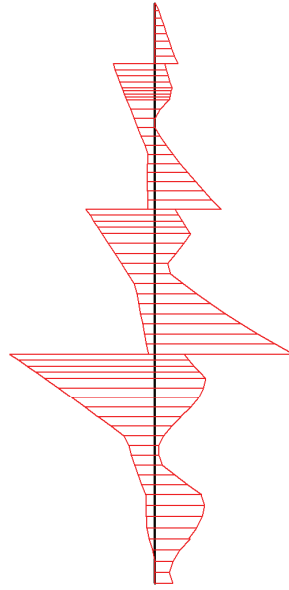


Fig. 28 Shear forces envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value 185.11 kN/m (Phase: 9)

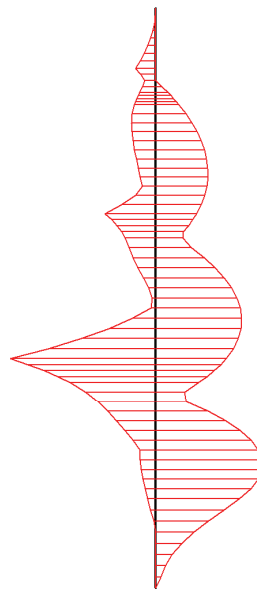


Fig. 29 Bending moment envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value 131.07 kN/m/m (Phase: 9)

14.2.2 9.10.12. Anchors

Table [19] Anchors phase no: 9

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	Fmax,comp [kN]	Fmax,temps [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	3995	20.000	23.750	318.102	1E15	1E15	81900.00	N/A	9.999
	7321	10.340	21.170						
2	4209	20.000	20.750	214.912	1E15	1E15	81900.00	N/A	8.002
	6695	12.270	18.680						
3	3914	20.000	17.750	404.537	1E15	1E15	81900.00	N/A	6.004
	6059	14.200	16.200						

EK 4

KESİT 4 SONLU ELEMENLAR ANALİZİ
(ORJİNAL ZEMİN PARAMETRELERİ SA 1)
PLAXIS YAZILIMI ANALİZ RAPORU

15. 1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-40.000	20.000
Y	-10.000	18.500

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

16. 2. Geometry

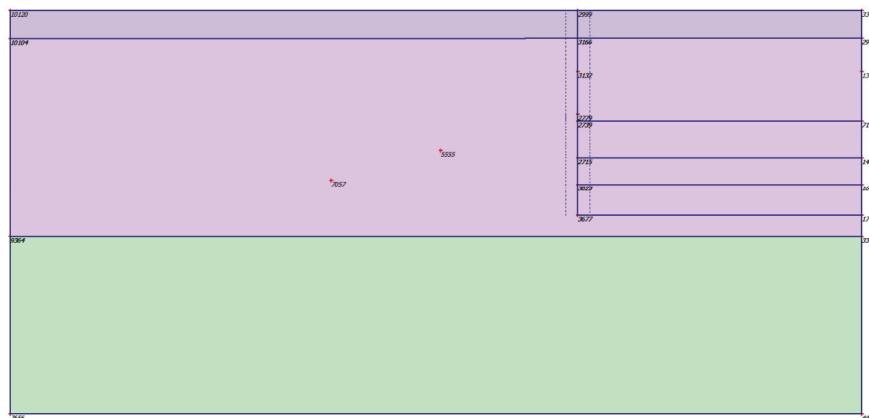


Fig. 1 Plot of geometry model with significant nodes

Table [4] Table of significant nodes

Node no.	x-coord.	y-coord.	Node no.	x-coord.	y-coord.
2999	0.000	18.500	2715	0.000	8.090
2779	0.000	11.200	145	20.000	8.090
5555	-9.659	8.612	3023	0.000	6.203
7057	-17.387	6.541	161	20.000	6.204
2739	0.000	10.700	10104	-40.000	16.500
71	20.000	10.700	3166	0.000	16.527
33	20.000	18.500	29	20.000	16.540
449	20.000	-10.000	9364	-40.000	2.500
7656	-40.000	-10.000	337	20.000	2.491
10120	-40.000	18.500	3677	0.000	4.000
13	20.000	14.182	177	20.000	4.013
3132	0.000	14.191			

16.1 2.1. Clusters

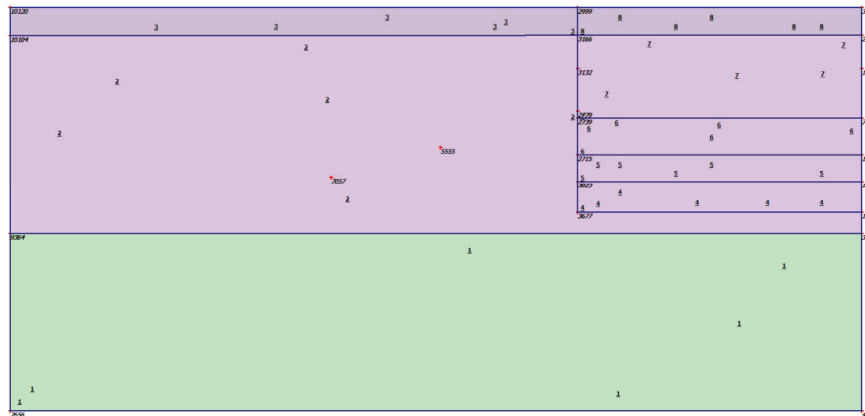


Fig. 2 Plot of geometry model with cluster numbers

Table [5] Table of clusters

Cluster no.	Nodes
1	449, 7656, 9364, 337.
2	2779, 5555, 7057, 2739, 3132, 2715, 3023, 10104, 3166, 9364, 337, 3677, 177.
3	2999, 10120, 10104, 3166.
4	3023, 161, 3677, 177.
5	2715, 145, 3023, 161.
6	2739, 71, 2715, 145.
7	2779, 2739, 71, 13, 3132, 3166, 29.
8	2999, 33, 3166, 29.

3. Structures

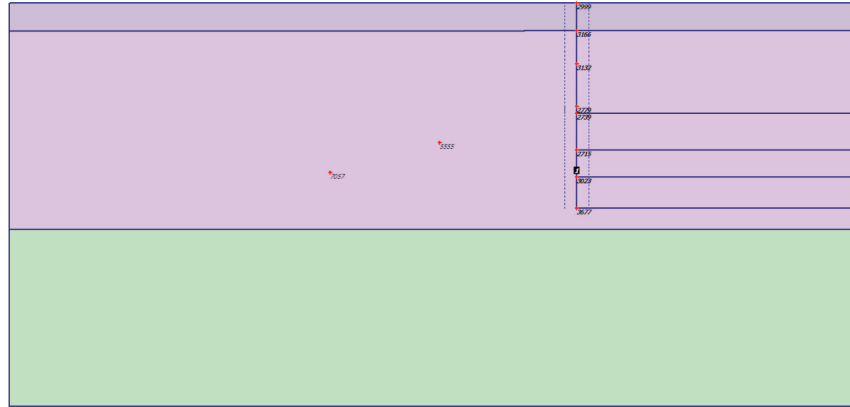


Fig. 3 Plot of geometry model with structures

Table [6] Beams

Plate no.	Data set	Length [m]	Nodes
1	100 cm Fore Kazık	14.500	2999, 3166, 3132, 2779, 2739, 2715, 3023, 3677.

Table [7] Geotextiles

Geotextiles no.	Data set	Length [m]	Nodes
1	ÖA-Kök Bölgesi a=1.65	8.000	5555, 7057.

Table [8] Interfaces

Interface no.	Data set	Nodes
1	Dolgu(*) Az Kumlu Kil(*) Az Kumlu Kil(*) Az Kumlu Kil(*) Az Kumlu Kil(*) Dolgu(*)	2739, 2779, 2779, 3132, 2715, 2739, 3023, 2715, 3132, 3166, 3677, 3023. 3166, 2999. 3023, 3677. 2715, 3023. 2739, 2715. 2779, 2739, 3132, 2779, 3166, 3132.

Table [9] Node-to-node anchors

Anchor no.	Data set	Length [m]	First node	Last node
1	ÖA- Serbest Bölge a=1.65m	10.000	2779	5555

17. 4. Loads & boundary conditions

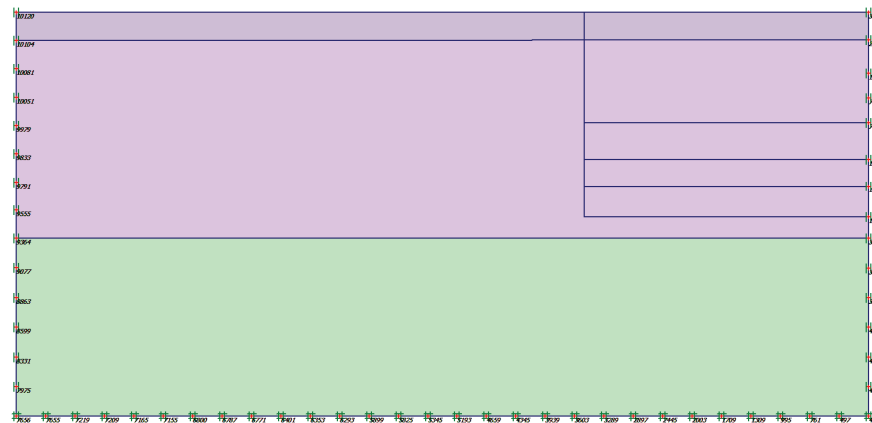


Fig. 4 Plot of geometry with loads & boundary conditions

Table [10] Node fixities

Node no.	Sign	Horizontal	Vertical	Node no.	Sign	Horizontal	Vertical
449	#	Fixed	Fixed	7655	#	Fixed	Fixed
7656	#	Fixed	Fixed	71		Fixed	Free
497	#	Fixed	Fixed	33		Fixed	Free
761	#	Fixed	Fixed	10120		Fixed	Free
995	#	Fixed	Fixed	13		Fixed	Free
1309	#	Fixed	Fixed	145		Fixed	Free
1709	#	Fixed	Fixed	161		Fixed	Free
2003	#	Fixed	Fixed	10104		Fixed	Free
2445	#	Fixed	Fixed	29		Fixed	Free
2897	#	Fixed	Fixed	9364		Fixed	Free
3289	#	Fixed	Fixed	337		Fixed	Free
3603	#	Fixed	Fixed	70		Fixed	Free
3939	#	Fixed	Fixed	7975		Fixed	Free
4345	#	Fixed	Fixed	8331		Fixed	Free
4659	#	Fixed	Fixed	8599		Fixed	Free
5193	#	Fixed	Fixed	8863		Fixed	Free
5345	#	Fixed	Fixed	9077		Fixed	Free
5825	#	Fixed	Fixed	177		Fixed	Free
5899	#	Fixed	Fixed	9555		Fixed	Free
6293	#	Fixed	Fixed	9791		Fixed	Free
6353	#	Fixed	Fixed	9833		Fixed	Free
6401	#	Fixed	Fixed	9979		Fixed	Free
6771	#	Fixed	Fixed	10051		Fixed	Free
6787	#	Fixed	Fixed	10081		Fixed	Free
6800	#	Fixed	Fixed	365		Fixed	Free
7155	#	Fixed	Fixed	369		Fixed	Free
7165	#	Fixed	Fixed	419		Fixed	Free
7209	#	Fixed	Fixed	423		Fixed	Free
7219	#	Fixed	Fixed	445		Fixed	Free

17.1 4.2. Load system A

Table [11] Distributed loads A

Loads no.	First node	qx [kN/m/m]	qy [kN/m/m]	Last node	qx [kN/m/m]	qy [kN/m/m]
1	10120	0.000	0.000			

18. 5. Material data

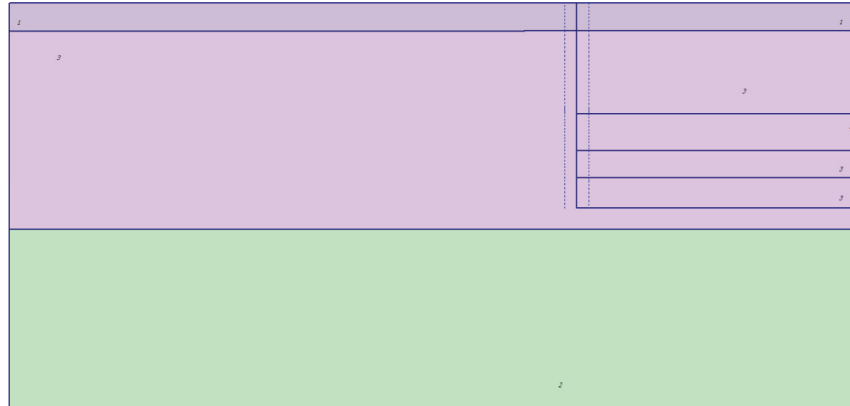


Fig. 5 Plot of geometry with material data sets

Table [12] Soil data sets parameters

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3
		Dolgu(*)	Kırıklı Çatlaklı Kireçtaşı (*)	Az Kumlu Kil(*)
Type		Drained	Drained	Drained
g_{unsat}	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
g_{sat}	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
k_x	[m/day]	1.000	1.000	1.000
k_y	[m/day]	1.000	1.000	1.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	20000.000	250000.000	75000.000
n	[-]	0.300	0.300	0.250
G_{ref}	[kN/m ²]	7692.308	96153.846	30000.000
E_{oed}	[kN/m ²]	26923.077	336538.462	90000.000
c_{ref}	[kN/m ²]	5.00	5.00	10.00
j	[°]	28.00	40.00	30.00
y	[°]	0.00	10.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	0.000	0.000	0.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	0.70	0.90	0.70
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral

Table [13] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA	EI	w	n	Mp	Np
		[kN/m]	[kNm ² /m]	[kN/m/m]	[-]	[kNm/m]	[kN/m]
1	100 cm Fore Kazık	1.3328E7	8.3258E5	5.00	0.15	1E15	1E15

Table [14] Geotextile data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	n [-]
1	ÖA-Kök Bölgesi a=1.65	149091.00	0.00

Table [15] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	 Fmax,comp [kN]	 Fmax,tens [kN]	L spacing [m]
1	ÖA- Serbest Bölge a=1.65m	81900.00	1E15	1E15	1.65

19. 6. Results for phase 3

19.1 6.3. Deformations

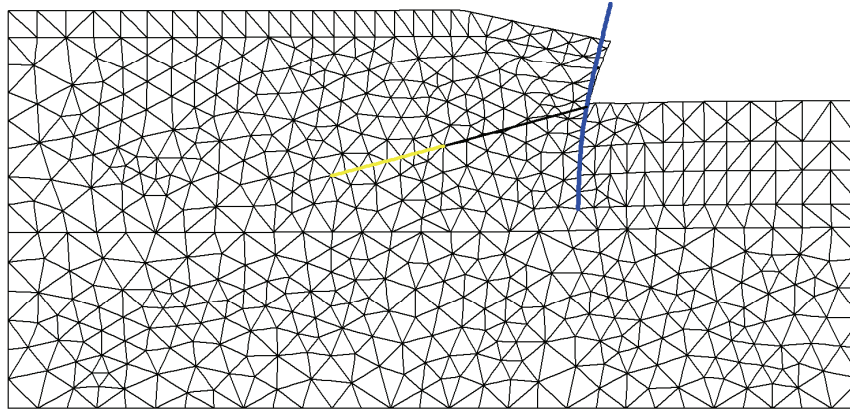


Fig. 6 Plot of deformed mesh
- Step no: 76 - (Phase: 3)

19.1.1 6.3.1. Plot of horizontal displacements

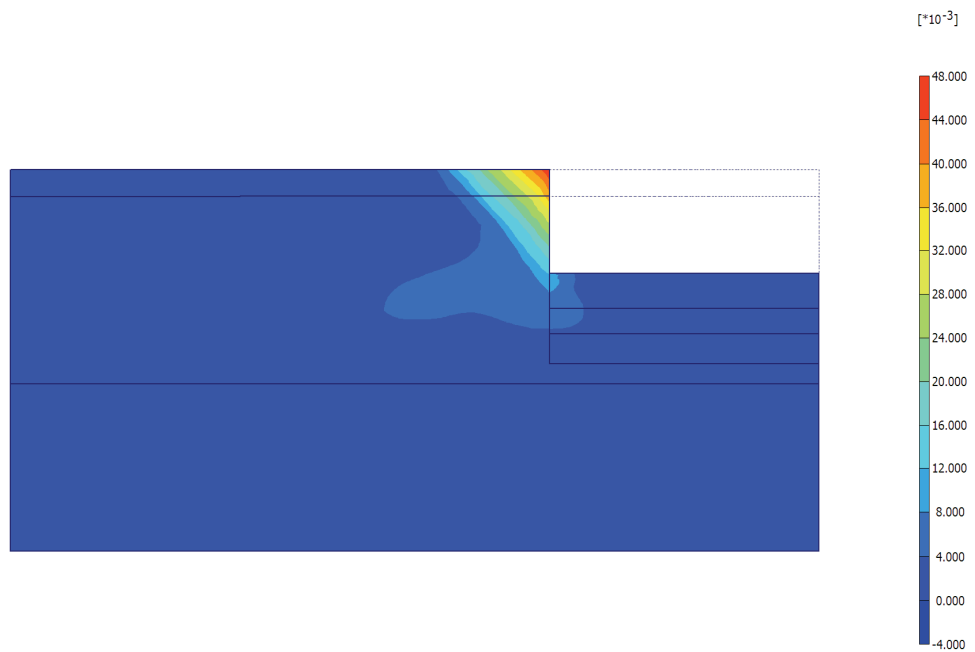


Fig. 7 Plot of horizontal displacements (shadings)
- Step no: 76 - (Phase: 3)

19.2 6.4. Structures
19.2.1 6.4.2. Beams
19.2.1.1 6.4.2.1. Beams

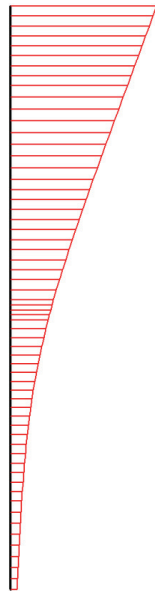


Fig. 8 Horizontal displacements in beam (plate no: 1)
Extreme value $47.62 \cdot 10^{-3}$ m (Phase: 3)

19.2.1.2 6.4.2.2. Beams

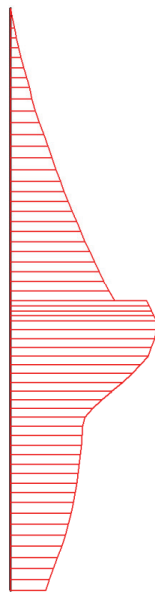


Fig. 9 Axial forces envelop in beam (plate no: 1)
Extreme value -185.76 kN/m (Phase: 3)

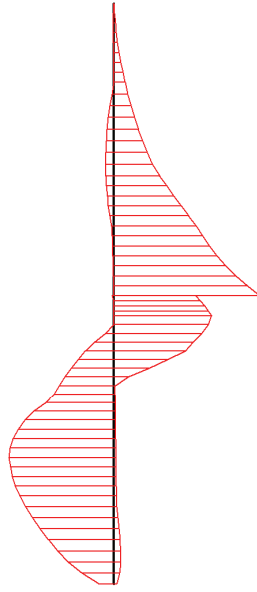


Fig. 10 Shear forces envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value -231.49 kN/m (Phase: 3)

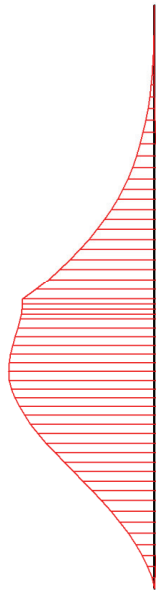


Fig. 11 Bending moment envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value 596.86 kN/m/m (Phase: 3)

19.2.2 6.4.3. Anchors

Table [16] Anchors phase no: 3

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	Fmax,comp [kN]	Fmax,tens [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	2779 5555	0.000 -9.659	11.200 8.612	396.000	1E15	1E15	81900.00	N/A	10.000

20. 7. Results for phase 4

20.1 7.5. Deformations

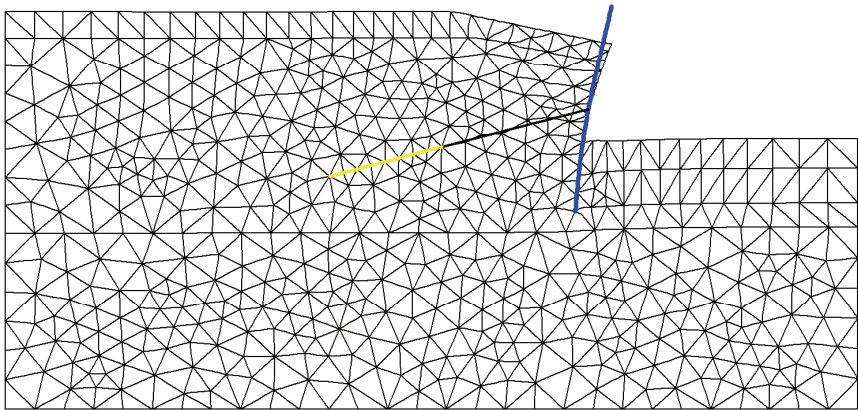


Fig. 12 Plot of deformed mesh
- Step no: 89 - (Phase: 4)

20.1.1 7.5.4. Plot of horizontal displacements

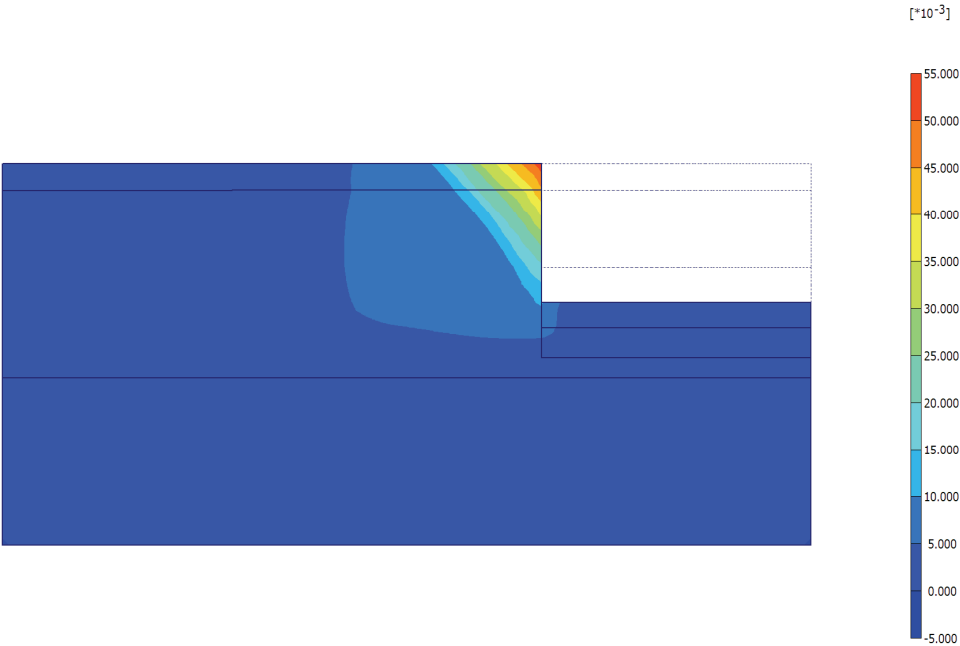


Fig. 13 Plot of horizontal displacements (shadings)
- Step no: 89 - (Phase: 4)

20.2 7.6. Structures

20.2.1 7.6.5. Beams

20.2.1.1 7.6.5.3. Beams

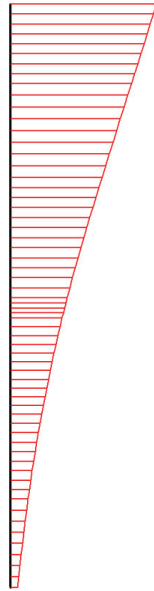


Fig. 14 Horizontal displacements in beam (plate no: 1)

Extreme value $53.34 \cdot 10^{-3}$ m (Phase: 4)

20.2.1.2 7.6.5.4. Beams

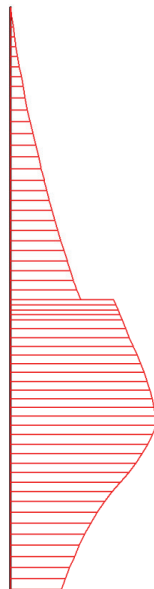


Fig. 15 Axial forces envelop in beam (plate no: 1)

Extreme value -276.08 kN/m (Phase: 4)

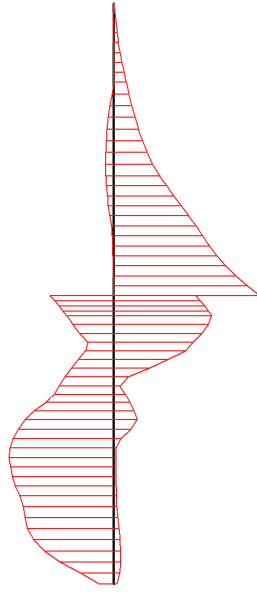


Fig. 16 Shear forces envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value -231.49 kN/m (Phase: 4)

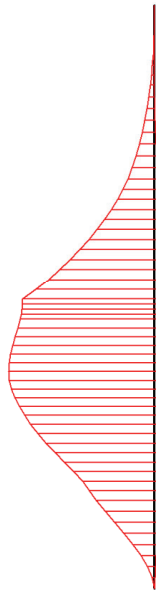


Fig. 17 Bending moment envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value 596.86 kN/m/m (Phase: 4)

20.2.2 7.6.6. Anchors

Table [17] Anchors phase no: 4

Anchor no.	Node	x-coord. [m]	y-coord. [m]	F [kN]	Fmax,comp [kN]	Fmax,tens [kN]	EA [kN]	Rotation [°]	Le [m]
1	2779 5555	0.000 -9.659	11.200 8.612	425.967	1E15	1E15	81900.00	N/A	10.000

EK 5

KESİT 4 DUYARLILIK ANALİZİ SA2 PLAXIS YAZILIMI ANALİZ RAPORU

21. 1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-40.000	20.000
Y	-10.000	18.500

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

22. 2. Material data

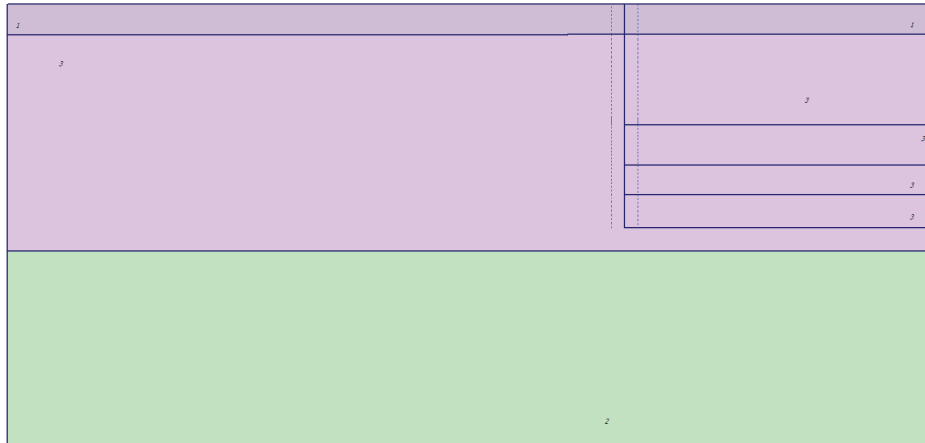


Fig. 1 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3
		Dolgu(*)	Kırıklı Çatlaklı Kireçtaşı (*)	Az Kumlu Kil(*)
Type		Drained	Drained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
k_x	[m/day]	1.000	1.000	1.000
k_y	[m/day]	1.000	1.000	1.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	20000.000	250000.000	75000.000
ν	[-]	0.300	0.300	0.250
G_{ref}	[kN/m ²]	7692.308	96153.846	30000.000
E_{oed}	[kN/m ²]	26923.077	336538.462	90000.000
c_{ref}	[kN/m ²]	5.00	5.00	10.00
ϕ	[°]	28.00	40.00	34.00
ψ	[°]	0.00	10.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	0.000	0.000	0.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	0.70	0.90	0.70
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA	EI	w	$\square$	Mp	Np
		[kN/m]	[kNm ² /m]	[kN/m/m]	[-]	[kNm/m]	[kN/m]
1	100 cm Fore Kazık	1.3328E7	8.3258E5	5.00	0.15	1E15	1E15

Table [6] Geotextile data sets parameters

no.	Identification	EA	$\square$
		[kN/m]	[-]
1	ÖA-Kök Bölgesi a=1.65	149091.00	0.00

Table [7] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA	Fmax,comp	Fmax,tens	L spacing
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]
1	ÖA- Serbest Bölge a=1.65m	81900.00	1E15	1E15	1.65

23. 3. Results for phase 4

23.1 3.1. Structures

23.1.1 3.1.1. Beams

23.1.1.1 3.1.1.1. Beams

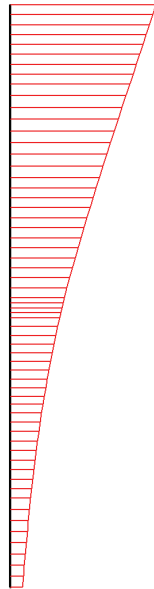


Fig. 2 Horizontal displacements in beam (plate no: 1)

Extreme value $39.01 \cdot 10^{-3}$ m (Phase: 4)

23.1.1.2 3.1.1.2. Beams

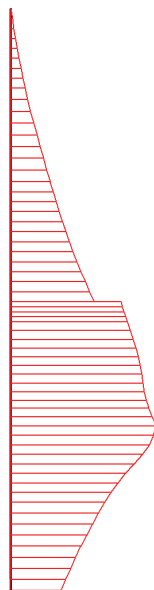


Fig. 3 Axial forces envelop in beam (plate no: 1)

Extreme value -241.12 kN/m (Phase: 4)

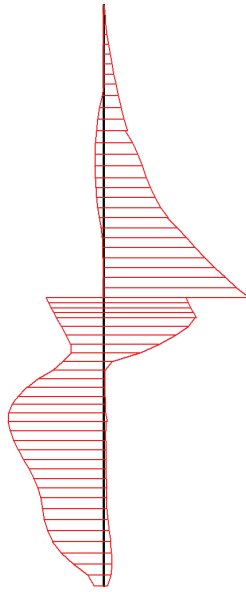


Fig. 4 Shear forces envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value -227.73 kN/m (Phase: 4)

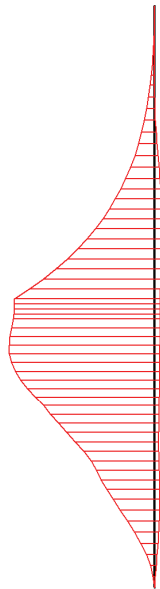


Fig. 5 Bending moment envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value 527.23 kN/m/m (Phase: 4)

EK 6

KESİT 4 DUYARLILIK ANALİZİ SA3 PLAXIS YAZILIMI ANALİZ RAPORU

24. 1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-40.000	20.000
Y	-10.000	18.500

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

25. 2. Material data

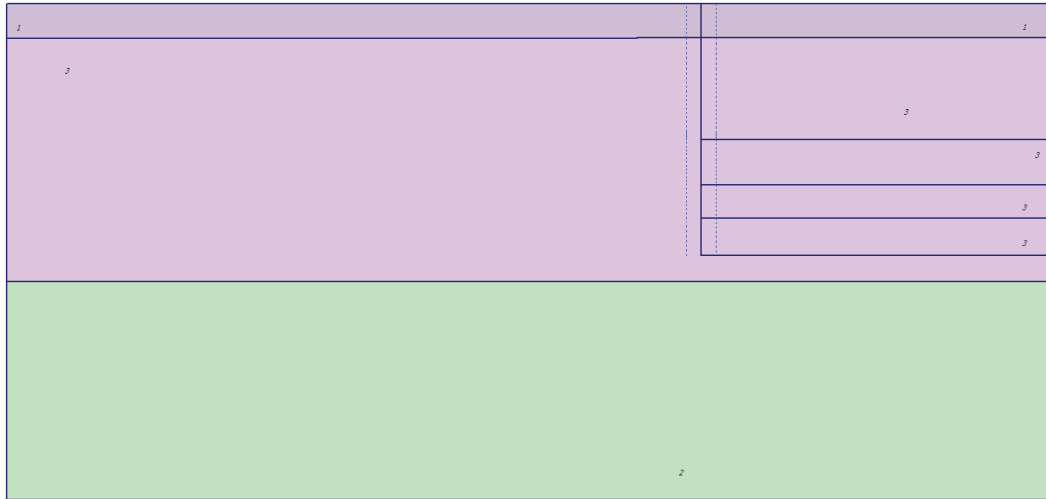


Fig. 1 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3
		Dolgu(*)	Kırıklı Çatlaklı Kireçtaşı (*)	Az Kumlu Kil(*)
Type		Drained	Drained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
k_x	[m/day]	1.000	1.000	1.000
k_y	[m/day]	1.000	1.000	1.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	20000.000	250000.000	75000.000
ν	[-]	0.300	0.300	0.250
G_{ref}	[kN/m ²]	7692.308	96153.846	30000.000
E_{oed}	[kN/m ²]	26923.077	336538.462	90000.000
c_{ref}	[kN/m ²]	5.00	5.00	20.00
ϕ	[°]	28.00	40.00	30.00
ψ	[°]	0.00	10.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	0.000	0.000	0.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	0.70	0.90	0.70
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	EI [kNm ² /m]	w [kN/m/m]	$\square$ [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	100 cm Fore Kazık	1.3328E7	8.3258E5	5.00	0.15	1E15	1E15

Table [6] Geotextile data sets parameters

no.	Identification	EA [kN/m]	$\square$ [-]
1	ÖA-Kök Bölgesi a=1.65	149091.00	0.00

Table [7] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA [kN]	Fmax,comp [kN]	Fmax,tens [kN]	L spacing [m]
1	ÖA- Serbest Bölge a=1.65m	81900.00	1E15	1E15	1.65

26. 3. Results for phase 4

26.1 3.1. Structures

26.1.1 3.1.1. Beams

26.1.1.1 3.1.1.1. Beams

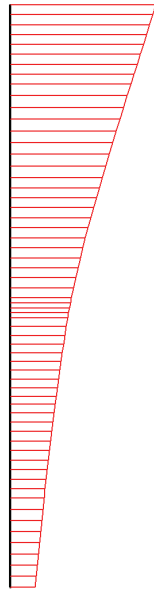


Fig. 2 Horizontal displacements in beam (plate no: 1)
Extreme value $22.30 \cdot 10^{-3}$ m (Phase: 4)

26.1.1.2 3.1.1.2. Beams

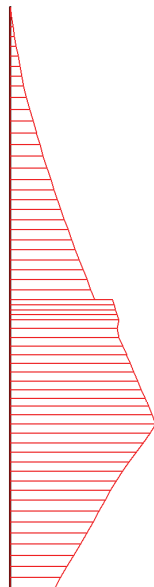


Fig. 3 Axial forces envelop in beam (plate no: 1)
Extreme value -259.85 kN/m (Phase: 4)

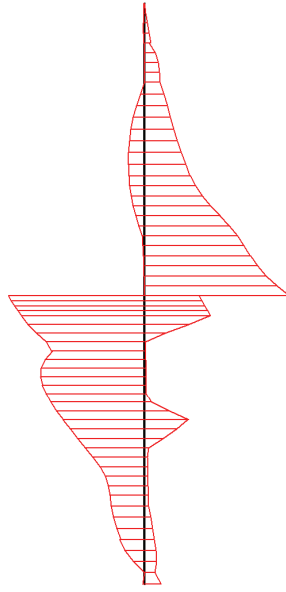


Fig. 4 Shear forces envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value -159.22 kN/m (Phase: 4)

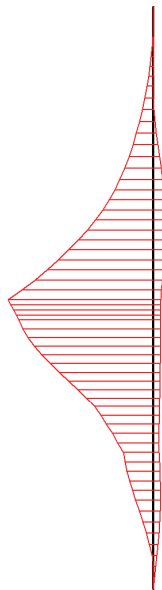


Fig. 5 Bending moment envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value 390.77 kN/m/m (Phase: 4)

EK 7

KESİT 4 DUYARLILIK ANALİZİ SA4 PLAXIS YAZILIMI ANALİZ RAPORU

27. 1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-40.000	20.000
Y	-10.000	18.500

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

28. 2. Material data

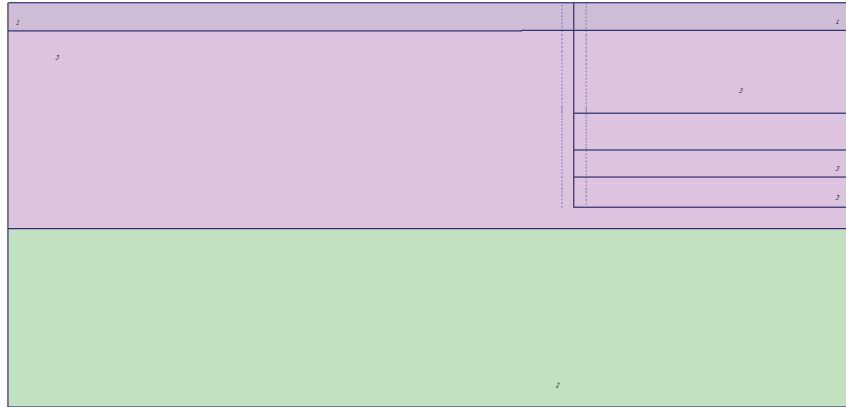


Fig. 1 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3
		Dolgu(*)	Kırıklı Çatlaklı Kireçtaşı (*)	Az Kumlu Kil(*)
Type		Drained	Drained	Drained
$\square_{unsat}$	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
$\square_{sat}$	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
k_x	[m/day]	1.000	1.000	1.000
k_y	[m/day]	1.000	1.000	1.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	20000.000	250000.000	75000.000
$\square$	[-]	0.300	0.300	0.250
G_{ref}	[kN/m ²]	7692.308	96153.846	30000.000
E_{oed}	[kN/m ²]	26923.077	336538.462	90000.000
c_{ref}	[kN/m ²]	5.00	5.00	20.00
$\square$	[°]	28.00	40.00	34.00
$\square$	[°]	0.00	10.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	0.000	0.000	0.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	0.70	0.90	0.70
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA	EI	w	$\square$	Mp	Np
		[kN/m]	[kNm ² /m]	[kN/m/m]	[-]	[kNm/m]	[kN/m]
1	100 cm Fore Kazık	1.3328E7	8.3258E5	5.00	0.15	1E15	1E15

Table [6] Geotextile data sets parameters

no.	Identification	EA	$\square$
		[kN/m]	[-]
1	ÖA-Kök Bölgesi a=1.65	149091.00	0.00

Table [7] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA	Fmax,comp	Fmax,tens	L spacing
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]
1	ÖA- Serbest Bölge a=1.65m	81900.00	1E15	1E15	1.65

29. 3. Results for phase 4

29.1 3.1. Structures

29.1.1 3.1.1. Beams

29.1.1.1 3.1.1.1. Beams

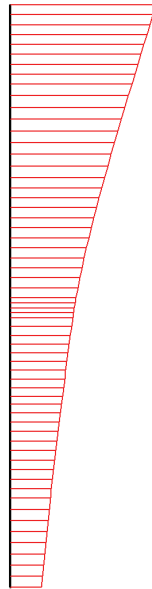


Fig. 2 Horizontal displacements in beam (plate no: 1)

Extreme value $18.11 \cdot 10^{-3}$ m (Phase: 4)

29.1.1.2 3.1.1.2. Beams

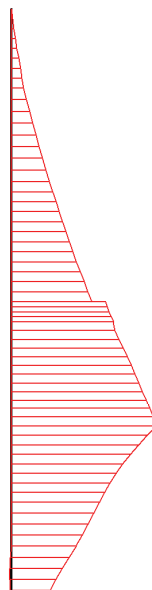


Fig. 3 Axial forces envelop in beam (plate no: 1)

Extreme value -278.50 kN/m (Phase: 4)

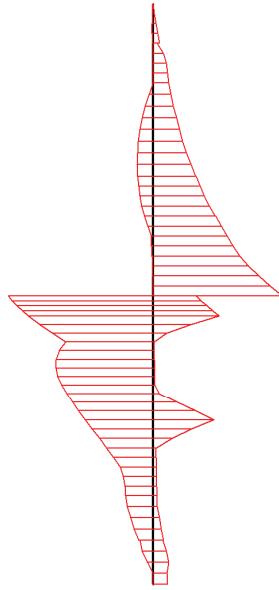


Fig. 4 Shear forces envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value 162.97 kN/m (Phase: 4)

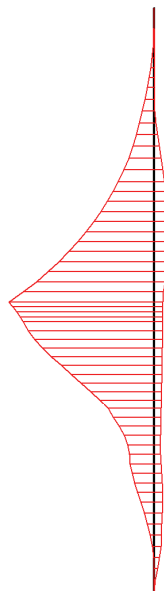


Fig. 5 Bending moment envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value 346.17 kN/m/m (Phase: 4)

EK 8

KESİT 4 DUYARLILIK ANALİZİ SA5 PLAXIS YAZILIMI ANALİZ RAPORU

30. 1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-40.000	20.000
Y	-10.000	18.500

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

31. 2. Material data

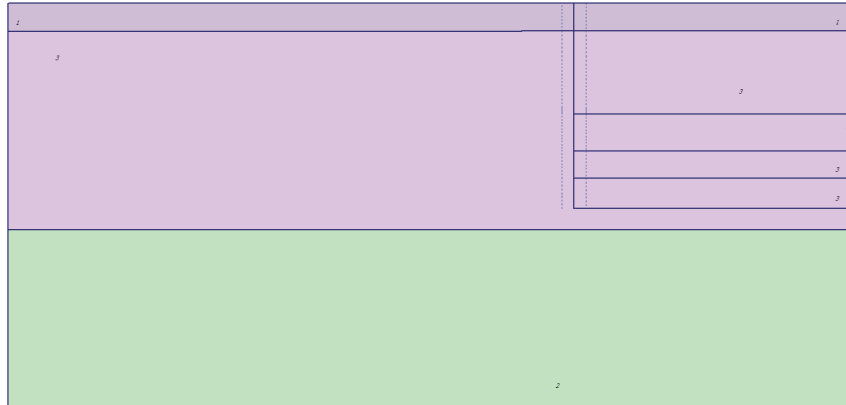


Fig. 1 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3
		Dolgu(*)	Kırıklı Çatlaklı Kireçtaşı (*)	Az Kumlu Kil(*)
Type		Drained	Drained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
k_x	[m/day]	1.000	1.000	1.000
k_y	[m/day]	1.000	1.000	1.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	20000.000	250000.000	125000.000
ν	[-]	0.300	0.300	0.250
G_{ref}	[kN/m ²]	7692.308	96153.846	50000.000
E_{oed}	[kN/m ²]	26923.077	336538.462	150000.000
c_{ref}	[kN/m ²]	5.00	5.00	10.00
ϕ	[°]	28.00	40.00	30.00
ψ	[°]	0.00	10.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	0.000	0.000	0.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	0.70	0.90	0.70
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA	EI	w	$\square$	Mp	Np
		[kN/m]	[kNm ² /m]	[kN/m/m]	[-]	[kNm/m]	[kN/m]
1	100 cm Fore Kazık	1.3328E7	8.3258E5	5.00	0.15	1E15	1E15

Table [6] Geotextile data sets parameters

no.	Identification	EA	$\square$
		[kN/m]	[-]
1	ÖA-Kök Bölgesi a=1.65	149091.00	0.00

Table [7] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA	Fmax,comp	Fmax,tens	L spacing
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]
1	ÖA- Serbest Bölge a=1.65m	81900.00	1E15	1E15	1.65

32. 3. Results for phase 4

32.1 3.1. Structures

32.1.1 3.1.1. Beams

32.1.1.1 3.1.1.1. Beams

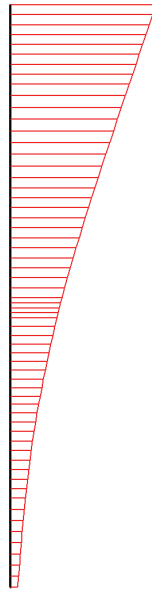


Fig. 2 Horizontal displacements in beam (plate no: 1)

Extreme value $41.97 \cdot 10^{-3}$ m (Phase: 4)

32.1.1.2 3.1.1.2. Beams

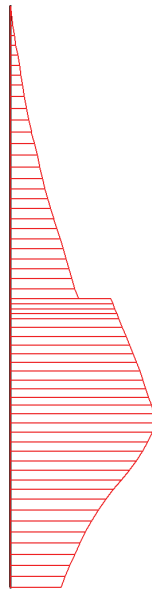


Fig. 3 Axial forces envelop in beam (plate no: 1)

Extreme value -292.50 kN/m (Phase: 4)

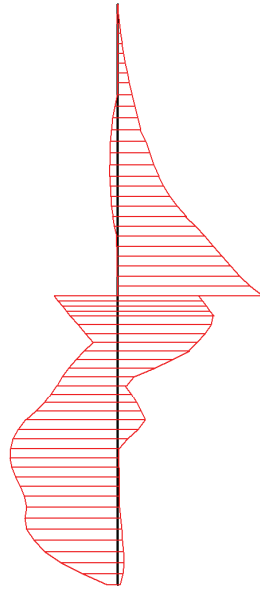


Fig. 4 Shear forces envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value -226.41 kN/m (Phase: 4)

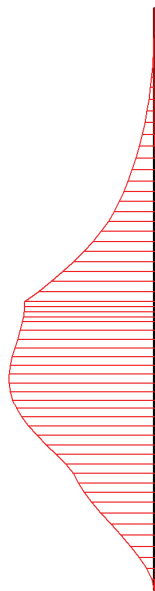


Fig. 5 Bending moment envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value 567.61 kN/m/m (Phase: 4)

EK 9

KESİT 4 DUYARLILIK ANALİZİ SA6 PLAXIS YAZILIMI ANALİZ RAPORU

33. 1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-40.000	20.000
Y	-10.000	18.500

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

34. 2. Material data

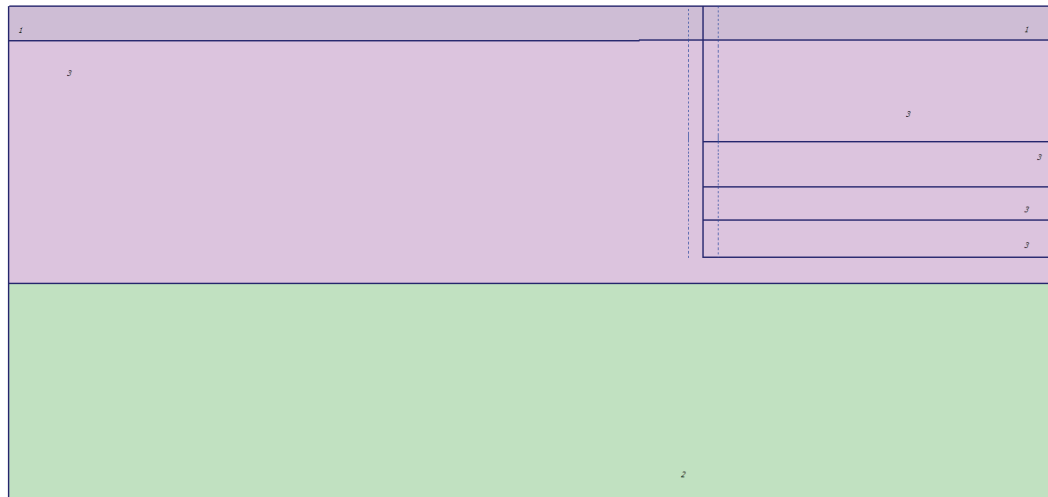


Fig. 1 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3
		Dolgu(*)	Kırıklı Çatlaklı Kireçtaşı (*)	Az Kumlu Kil(*)
Type		Drained	Drained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
k_x	[m/day]	1.000	1.000	1.000
k_y	[m/day]	1.000	1.000	1.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	20000.000	250000.000	125000.000
ν	[-]	0.300	0.300	0.250
G_{ref}	[kN/m ²]	7692.308	96153.846	50000.000
E_{oed}	[kN/m ²]	26923.077	336538.462	150000.000
c_{ref}	[kN/m ²]	5.00	5.00	10.00
ϕ	[°]	28.00	40.00	34.00
ψ	[°]	0.00	10.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	0.000	0.000	0.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	0.70	0.90	0.70
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA	EI	w	$\square$	Mp	Np
		[kN/m]	[kNm ² /m]	[kN/m/m]	[-]	[kNm/m]	[kN/m]
1	100 cm Fore Kazık	1.3328E7	8.3258E5	5.00	0.15	1E15	1E15

Table [6] Geotextile data sets parameters

no.	Identification	EA	$\square$
		[kN/m]	[-]
1	ÖA-Kök Bölgesi a=1.65	149091.00	0.00

Table [7] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA	Fmax,comp	Fmax,tens	L spacing
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]
1	ÖA- Serbest Bölge a=1.65m	81900.00	1E15	1E15	1.65

35. 3. Results for phase 4

35.1 3.1. Structures

35.1.1 3.1.1. Beams

35.1.1.1 3.1.1.1. Beams

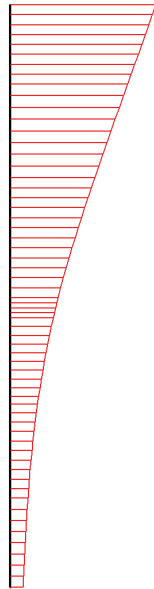


Fig. 2 Horizontal displacements in beam (plate no: 1)

Extreme value $30.20 \cdot 10^{-3}$ m (Phase: 4)

35.1.1.2 3.1.1.2. Beams

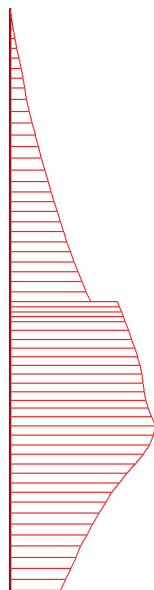


Fig. 3 Axial forces envelop in beam (plate no: 1)

Extreme value -246.14 kN/m (Phase: 4)

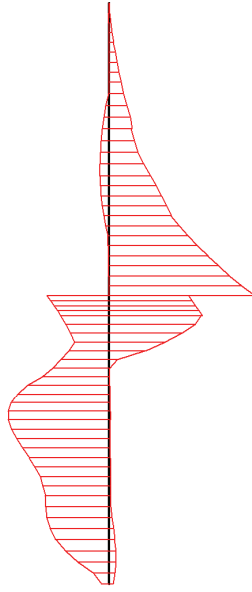


Fig. 4 Shear forces envelop in beam (plate no: 1)
Extreme value -219.23 kN/m (Phase: 4)

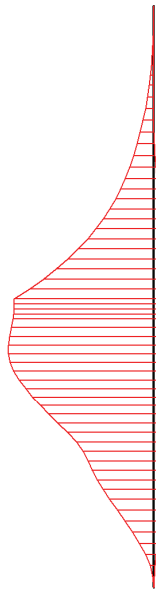


Fig. 5 Bending moment envelop in beam (plate no: 1)
Extreme value 491.40 kN/m (Phase: 4)

EK 10

KESİT 4 DUYARLILIK ANALİZİ SA7 PLAXIS YAZILIMI ANALİZ RAPORU

36. 1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-40.000	20.000
Y	-10.000	18.500

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

37.

38. 2. Material data

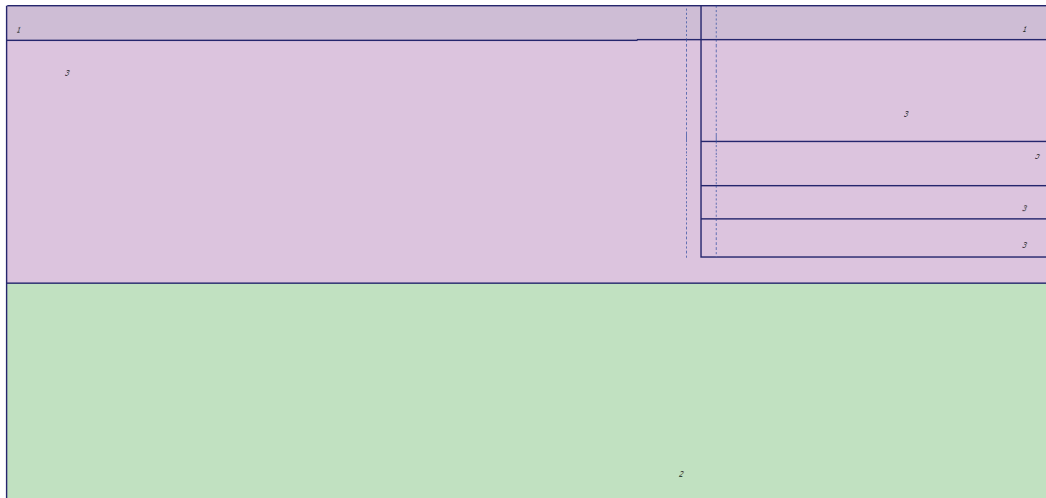


Fig. 1 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3
		Dolgu(*)	Kırıklı Çatlaklı Kireçtaşı (*)	Az Kumlu Kil(*)
Type		Drained	Drained	Drained
$\square_{\text{unsat}}$	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
$\square_{\text{sat}}$	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
k_x	[m/day]	1.000	1.000	1.000
k_y	[m/day]	1.000	1.000	1.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	20000.000	250000.000	125000.000
$\square$	[-]	0.300	0.300	0.250
G_{ref}	[kN/m ²]	7692.308	96153.846	50000.000
E_{oed}	[kN/m ²]	26923.077	336538.462	150000.000
c_{ref}	[kN/m ²]	5.00	5.00	20.00
$\square$	[°]	28.00	40.00	30.00
$\square$	[°]	0.00	10.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	0.000	0.000	0.000
$c_{\text{increment}}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
$T_{\text{str.}}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00
$R_{\text{inter.}}$	[-]	0.70	0.90	0.70
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA	EI	w	$\square$	Mp	Np
		[kN/m]	[kNm ² /m]	[kN/m/m]	[-]	[kNm/m]	[kN/m]
1	100 cm Fore Kazık	1.3328E7	8.3258E5	5.00	0.15	1E15	1E15

Table [6] Geotextile data sets parameters

no.	Identification	EA	$\square$
		[kN/m]	[-]
1	ÖA-Kök Bölgesi a=1.65	149091.00	0.00

Table [7] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA	Fmax,comp	Fmax,tens	L spacing
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]
1	ÖA- Serbest Bölge a=1.65m	81900.00	1E15	1E15	1.65

39. 3. Results for phase 4

39.1 3.1. Structures

39.1.1 3.1.1. Beams

39.1.1.1 3.1.1.1. Beams

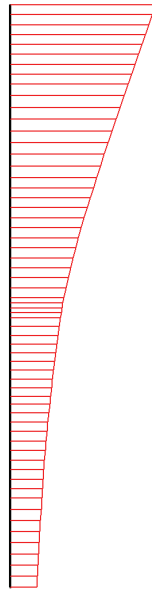


Fig. 2 Horizontal displacements in beam (plate no: 1)

Extreme value $16.25 \cdot 10^{-3}$ m (Phase: 4)

39.1.1.2 3.1.1.2. Beams

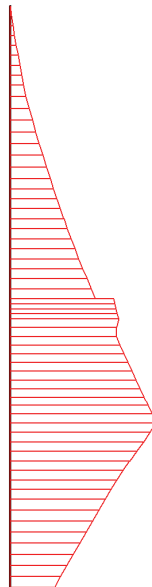


Fig. 3 Axial forces envelop in beam (plate no: 1)

Extreme value -263.30 kN/m (Phase: 4)

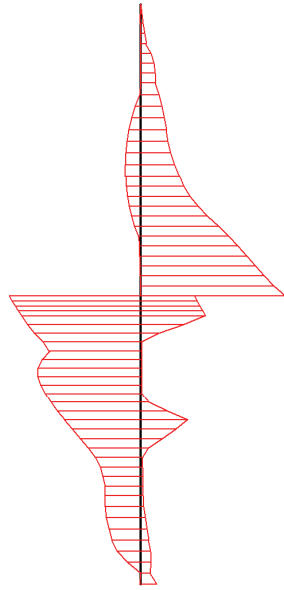


Fig. 4 Shear forces envelop in beam (plate no: 1)
Extreme value -158.59 kN/m (Phase: 4)

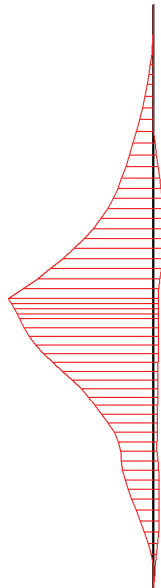


Fig. 5 Bending moment envelop in beam (plate no: 1)
Extreme value 361.63 kN/m/m (Phase: 4)

EK 11

KESİT 4 DUYARLILIK ANALİZİ (SA8) PLAXIS YAZILIMI ANALİZ RAPORU

40. 1. General Information

Table [1] units

Type	Unit
Length	m
Force	kN
Time	day

Table [2] Model dimensions

	min.	max.
X	-40.000	20.000
Y	-10.000	18.500

Table [3] Model

Model	Plane Strain
Element	15-Noded

41. 2. Material data

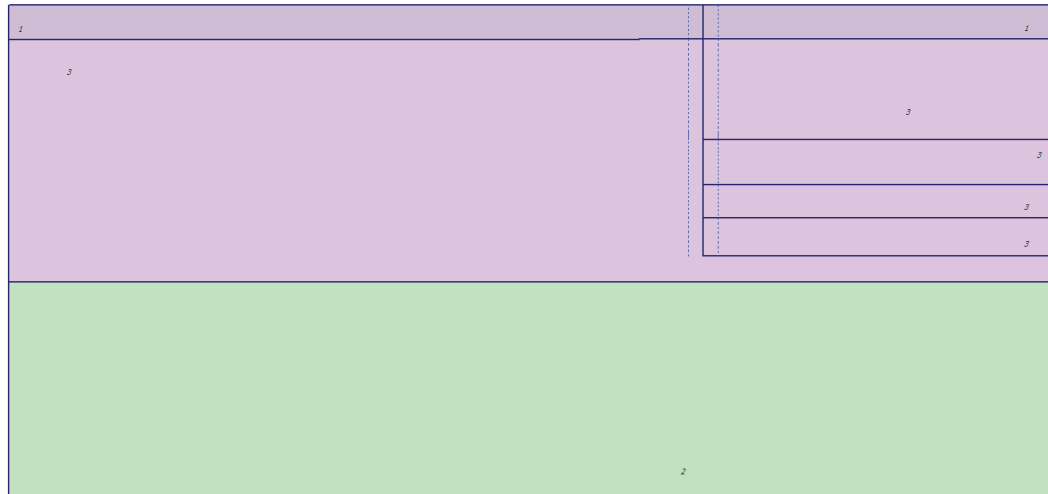


Fig. 1 Plot of geometry with material data sets

Table [4] Soil data sets parameters

<i>Mohr-Coulomb</i>		1	2	3
		Dolgu(*)	Kırıklı Çatlaklı Kireçtaşı (*)	Az Kumlu Kil(*)
Type		Drained	Drained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
γ_{sat}	[kN/m ³]	18.00	20.00	19.00
k_x	[m/day]	1.000	1.000	1.000
k_y	[m/day]	1.000	1.000	1.000
e_{init}	[-]	0.500	0.500	0.500
c_k	[-]	1E15	1E15	1E15
E_{ref}	[kN/m ²]	20000.000	250000.000	125000.000
ν	[-]	0.300	0.300	0.250
G_{ref}	[kN/m ²]	7692.308	96153.846	50000.000
E_{oed}	[kN/m ²]	26923.077	336538.462	150000.000
c_{ref}	[kN/m ²]	5.00	5.00	20.00
ϕ	[°]	28.00	40.00	34.00
ψ	[°]	0.00	10.00	0.00
E_{inc}	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
y_{ref}	[m]	0.000	0.000	0.000
$c_{increment}$	[kN/m ² /m]	0.00	0.00	0.00
$T_{str.}$	[kN/m ²]	0.00	0.00	0.00
$R_{inter.}$	[-]	0.70	0.90	0.70
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral

Table [5] Beam data sets parameters

no.	Identification	EA	EI	w	$\square$	Mp	Np
		[kN/m]	[kNm ² /m]	[kN/m/m]	[-]	[kNm/m]	[kN/m]
1	100 cm Fore Kazık	1.3328E7	8.3258E5	5.00	0.15	1E15	1E15

Table [6] Geotextile data sets parameters

no.	Identification	EA	$\square$
		[kN/m]	[-]
1	ÖA-Kök Bölgesi a=1.65	149091.00	0.00

Table [7] Anchor data sets parameters

no.	Identification	EA	Fmax,comp	Fmax,tens	L spacing
		[kN]	[kN]	[kN]	[m]
1	ÖA- Serbest Bölge a=1.65m	81900.00	1E15	1E15	1.65

42. 3. Results for phase 4

42.1 3.1. Structures

42.1.1 3.1.1. Beams

42.1.1.1 3.1.1.1. Beams

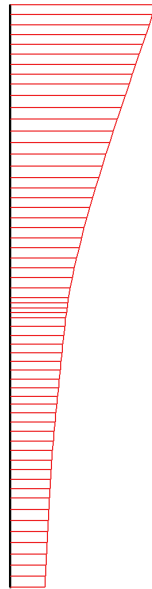


Fig. 2 Horizontal displacements in beam (plate no: 1)

Extreme value $12.77 \cdot 10^{-3}$ m (Phase: 4)

42.1.1.2 3.1.1.2. Beams

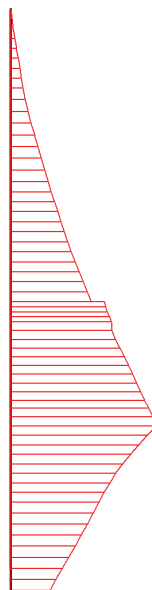


Fig. 3 Axial forces envelop in beam (plate no: 1)

Extreme value -284.41 kN/m (Phase: 4)

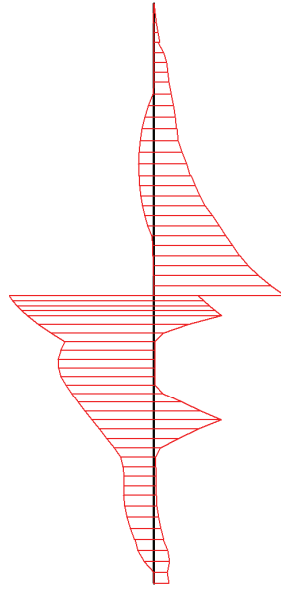


Fig. 4 Shear forces envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value 159.62 kN/m (Phase: 4)

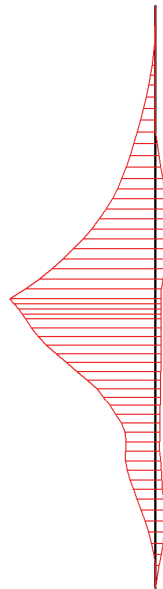


Fig. 5 Bending moment envelop in beam (plate no: 1)
 Extreme value 317.98 kN/m (Phase: 4)

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 04.07.1981

Doğum yeri Erzurum

Lise 1995-1999 Erzurum Atatürk Lisesi

Lisans 2000-2004 Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fak.
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2005-2008 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Müh. Geoteknik Anabilim Dalı

Çalıştığı kurum(lar)

2005-2008 Taşzemin İnş. San. ve Tic. A.Ş.
2008- Temeltaş İnş. San. ve Tic. A.Ş.