



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

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**DERİN KAZILI İKSA SİSTEMLERİNİN SONLU ELEMANLAR
YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ VE OLUŞAN YER
DEĞİŞTİRMELERİN HESAPLANARAK ALETSEL
GÖZLEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kenan SAYAR

DANIŞMAN

Doç. Dr. Niyazi Uğur TERZİ

NİSAN, 2017



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

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**DERİN KAZILI İKSA SİSTEMLERİNİN SONLU ELEMANLAR
YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ VE OLUŞAN YER
DEĞİŞTİRMELERİN HESAPLANARAK ALETSEL
GÖZLEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kenan SAYAR

DANIŞMAN

Doç. Dr. Niyazi Uğur TERZİ

NİSAN, 2017

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ONAY BELGESİ

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 142303405 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, “Kenan SAYAR”, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “DERİN KAZILI İKSA SİSTEMLERİNİN SONLU ELEMENLAR YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ VE OLUŞAN YER DEĞİŞTİRMELERİN HESAPLANARAK ALETSEL GÖZLEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI” başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Niyazi Uğur TERZİ

.....

Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri: Doç. Dr. İbrahim Özgür DENEME

.....

Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri: Prof. Dr. A. Alper ÖNER

.....

Erciyes Üniversitesi

Teslim Tarihi: 14 Mart 2017

Savunma Tarihi: 21 Nisan 2017

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmanın içeriğinde, İstanbul İli, Maltepe İlçesi, Yenikariye Mahallesi'nde AVM ve OTEL Projesi kapsamında yapılacak olan temel kazılarının çevre yol ve yapılara zarar vermeden güvenli tamamlanabilmesi için gerekli zemin parametrelerinin hesaplanıp, derin kazıda uygulanacak iksa uygulamasının bilgisayar ortamında sonlu elemanlar yöntemi kullanılıp modellenerek hesaplanması ve bu hesapların arazi uygulamaları esnasında arazi aletsel gözlemleri ile analiz sonuçlarının karşılaştırılması incelenmiştir. Hesaplanan yer değiştirmelere etki eden parametreler dikkate alınarak sonuca olan etkisi belirlenmiştir.

Kenan SAYAR

AKSARAY, NİSAN 2017

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanımda alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Kenan SAYAR

TEŞEKKÜR

Teknik bilgileri ve uygulama tecrübeleri ile emeği geçen NAV Mühendislik ve ONKA İnşaat ve Mimarlık çalışanlarına özellikle meslek hayatımdaki bilgi birikiminin artmasında çok önemli emekleri olan değerli büyüğüm Yük. Mim. Mehmet Tahir ONAL'a değerli meslek ağabeyim Musa BAYSAL'a ve meslektaşım Ercan ÇELİK'e çok teşekkür ederim.

Gökten yağmur gibi üzerime yağdırdığı şefkati ve sevgisi beni büyüten ve bugünlere getiren sevgili müşfik anneciğimin ve oğlu olmakla övündüğüm, ömrümce yüce dağlar gibi sırtımı dayayabileceğimi bildiğim fedakar babamın ellerinden öperek çok teşekkür ediyorum.

Tez çalışmam süresince bana destek olan, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Niyazi Uğur Terzi'ye de ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Kenan SAYAR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	iii
DOĞRULUK BEYANI.....	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÖZET.....	viii
ABSTRACT	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. ANKRAJLAR.....	3
2.1 Ankraj Kısımları.....	6
2.1.1 Ankraj kafası	6
2.1.2 Serbest ankraj boyu	6
2.1.3 Ankraj kök boyu.....	7
2.2 Aktif (Kalıcı) ve Pasif (Geçici) Ankraj Kavramları.....	7
2.2.1 Aktif (kalıcı) ankrajlar	7
2.2.2 Pasif (geçici) ankrajlar	7
2.3 Zemin Çivili (Pasif) ve Öngermeli (Aktif) Ankrajlı İksa Sistemlerinin Karşılaştırılması	10
2.4 Ankraj İmalat Yöntemleri	13
2.4.1 Düz cidarlı, basınçsız enjeksiyonlu ankraj.....	14
2.4.2 Düz cidarlı, basınçlı enjeksiyonlu ankraj	14
2.4.3 Basınçlı enjeksiyonlu ankraj	15
2.4.4 Genişletilmiş köklü ankraj	15
2.5 Öngermeli Ankraj Elemanının Göçme Mekanizması	15
3. ALETSEL GÖZLEM - İNKLINOMETRE	18
3.1 İnklinometre Aletinin Genel Özellikleri	20
3.2 İnklinometrenin Kullanımı	22
3.3 İnklinometrik Gözlemin İnceliğini Etkileyen Etkenler.....	25
3.4 İnklinometre Ölçümlerine Ait Hesaplamalar	28
3.5 İnklinometrenin Sahada Denetimi.....	30
3.6 İnklinometrik Gözlem Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	30
4. ÇALIŞMADA KULLANILAN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ.....	35
4.1 Sonlu Elemanlar Yöntemi	35
4.1.1 Sonlu elemanlar ile hesap yönteminin avantajları	36
4.1.2 Sonlu elemanlar ile hesap yönteminin dezavantajları.....	36
4.1.3 Sonlu elemanlar yönteminin analiz aşamaları	36
4.2 Plaxis Programı	37

4.2.1 Plaxis Programının Çözüm Aşamaları.....	39
5. İNCELENEN DESTEKLİ KAZI UYGULAMA ÖRNEĞİ.....	42
5.1 İstanbul–Maltepe Fore Kazık, Betonarme Perde ve Ankrajlı Derin Kazı Destek Sistemi.....	42
5.2 Zemin Parametrelerinin Belirlenmesi	43
5.3 Zemin Araştırma Sondajları.....	44
5.3.1 İnceleme alanına ait sondaj çalışma verileri	44
5.4 Yeraltısıyu Durumu.....	46
5.5 Laboratuvar Çalışmaları.....	47
5.5.1. Zeminlerin indeks/fiziksel özelliklerin belirlenmesi.....	48
5.5.2. Kayaların mekanik özelliklerinin belirlenmesi	48
5.6 İnceleme Alanında Destek Yapısı İçin Kullanılması Önerilen Parametreler...	49
5.7 Doğal Afet Risklerinin Değerlendirilmesi	52
5.8 Şantiyede Yapılan İmalatlar	56
6. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ KULLANILARAK YAPILAN DEPLASMAN ANALİZLERİ.....	59
6.1 Deplasman Analizleri.....	59
6.2 Kesit Analizleri	60
6.2.1 R-A ve A-B kesiti	60
6.2.2 B-D’ ve E’-F kesiti.....	62
6.2.3 D’-E ve P-P’ kesiti	63
6.2.4 F-F’ ve E-E’ kesiti.....	64
6.2.5 F’-H’ kesiti.....	65
6.2.6 H’ -I kesiti	66
6.2.7 I-J kesiti.....	67
6.2.8 J-K kesiti	68
6.2.9 K-K’ kesiti.....	69
6.2.10 K’-L kesiti	70
6.2.11 L-M kesiti.....	71
6.2.12 N-P kesiti.....	72
6.2.13 P-R kesiti.....	73
6.3 Analizlerin Değerlendirilmesi	74
7. İNKLİNOMETRELER İLE ÖLÇÜLEN YATAY DEPLASMANLARIN PLAXIS PROGRAMINDAN HESAPLANAN YATAY DEPLASMANLAR İLE KARŞILAŞTIRILMASI.....	75
7.1 R-A ve A-B Kesiti.....	76
7.2 E’-F Kesiti	77
7.3 F’-H’ Kesiti	78
7.4 H’-I, I-J ve J-K Kesiti.....	79
7.5 K-K’ Kesiti.....	80
7.6 K’-L Kesiti	82
7.7 L-M Kesiti	83
7.8 N-P Kesiti.....	84
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR	88
EKLER.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	127

ÖZET

DERİN KAZILI İKSA SİSTEMLERİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ VE OLUŞAN YER DEĞİŞTİRMELERİN HESAPLANARAK ALETSEL GÖZLEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Geoteknik uygulamalarından olan derin kazılı iksa uygulamaları tasarım ve uygulama açısından önemli sanat yapılarından sayılır. Yapılacak kazı derinliği ile orantılı olarak sahada gerçekleştirilecek iksa inşaatı sürecinde kazı aynası ekseninde kazı alanına doğru oluşabilecek yanal yer değiştirmeler kazı kalite ve güvenliğini belirleyen en önemli etkidir. Bu tez çalışmasında, derin kazılı iksa sistemlerinde oluşabilecek yanal yer değiştirmeler ve bu şekil değişimlerinin kestirimi ve arazi okumaları ile kıyaslanması çerçevesinde ayrıntılı bir arazi-nümerik çalışma sunulmaktadır.

İnşaat mühendisliğinde önemli bir tasarım konusu olan derin kazı esnasında zeminde oluşacak yer değiştirmeler, özellikle kazık, ankraj uygulamalarında ve şev problemlerinin stable edilmesi kapsamında karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada, fore kazık, betonarme perde ve ankrajlardan oluşan derin kazılı iksalı sistemde meydana gelen yanal deplasmanlar, inklinometre okumaları ile saptanmıştır. Zemin özellikleri, kazı geometrisi, iksa sistemi ve kazı adımları sonlu elemanlar programında nümerik olarak modellenmiştir. Elde edilen nümerik sonuçlar ile arazi okumaları birbirleri ile kıyaslanarak analiz edilmiştir. Çalışma konusu İstanbul İli, Maltepe İlçesi'nde AVM ve OTEL inşaat alanından elde edilmiş olup projede yer alan geoteknik veriler, sondaj logları, izlenilen analiz yönteminde kullanılan zemin parametreleri elde edilen sonuçlar bu çalışmanın kapsamını belirlemektedir.

Anahtar Kelimeler: Sonlu elemanlar metodu analizleri, İnklinometre, Derin kazılar, Yatay deplasmanlar, Ankraj, Fore kazık.

ABSTRACT

MODELLING OF DEEP-EXCAVATED SHORING SYSTEMS WITH FINITE ELEMENTS METHOD AND COMPARISON OF DISPLACEMENTS WITH DEVICE SURVEY

Deepexcavated shoring applications are very significant booth in the world and in ourcountry. Lateral displacements throughout worksite, during shoring applications which are based on depth of excavation on site are extremely important in terms of geotechnical engineering. A detailed study about lateral displacements on deepexcavated shoring systems is presented. In that labor we face displacements in geotechnical engineering as a different study subject especially for pile foundation, anchorage and scarp problems as so occuring on the ground during deep excavations in civil engineering.

In the study, lateral displacements occuring on deep excavated shorings because of pile foundation, reinforced, shear wall and anchorages are compared with lateral displacements measured with inclinometer at worksite. Shoring systems have been investigated by modelling with finite elements method on computer after determining required parameters to compare displacements that taken from inclinometric measurements at worksite. Datas on this study was obtained from construction of shopping centre and hotel in Maltepe, İstanbul. Geotechnical datas, drilling logs, values of analysis method and results which were taken from that project compose the subject of this study.

Keywords: Finite element method analysis, Inclinometer, Deep excavations, Lateral deformations, Anchors, Piling.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1: Ankraj yapısının 3 ana bileşeni (Xanthakos, 1991).	6
Şekil 2.2: Aktif ve pasif ankrajlarda oluşan harici çekme yükleri-ankraj hareketleri ilişkisi (Xanthakos, 1991).	8
Şekil 2.3: Öngermeli ankraj elemanları (FHWA, 1999).	10
Şekil 2.4: Öngermeli ankrajlı iksa sistemi.	11
Şekil 2.5: Kök bölgesinde uygulanan enjeksiyon yöntemine göre ankraj tipleri a) Düz cidarlı, basınçsız enjeksiyonlu ankraj b) Düz cidarlı, basınçlı enjeksiyonlu ankraj c) Basınçlı enjeksiyonlu ankraj d) Genişletilmiş köklü ankraj.	14
Şekil 2.6: Ankrajlı perdelerdeki göçme biçimleri (FHWA, 1999).	16
Şekil 3.1: İnklinometre aleti.	20
Şekil 3.2: Algılayıcının (prob) düşeyden sapması (Graham, 1989).	21
Şekil 3.3: İnklinometre borusunun detayları (Graham, 1989).	22
Şekil 3.4: İnklinometre borularının yerleştirilmesi ve inklinometre aletinin genel özellikleri (Gordon ve Mikkelsen, 1988).	23
Şekil 3.5: İnklinometre aletinin kullanılması (Graham, 1989).	24
Şekil 3.6: İnklinometre prensibi ve hesaplamalar (Wilson ve Mikkelsen, 1977).	28
Şekil 3.7: Toplam yer değiştirme grafiği.	31
Şekil 3.8: Sahada inklinometre aleti.	33
Şekil 3.9: Sahada inklinometre aleti ile deplasman ölçümü.	33
Şekil 3.10: Sahada inklinometre borusu.	34
Şekil 4.1: Sonlu eleman.	35
Şekil 4.2: Analizlerde kullanılan elemanlar, düğüm ve gerilme noktaları.	39
Şekil 5.1: İnceleme alanına ait uydu görüntüsü.	43
Şekil 5.2: Açılan sondaj kuyu yerleri.	44
Şekil 5.3: Türkiye deprem bölgeleri haritası.	52
Şekil 5.4: İstanbul ili deprem bölgeleri haritası.	53
Şekil 5.5: Fore kazık ve başlık kirişi fotoğrafı.	57
Şekil 5.6: Kuşak kirişi ve ankraj fotoğrafı.	57
Şekil 5.7: Uygulaması tamamlanan iksa fotoğrafı.	58
Şekil 6.1: Kazı alanı.	59
Şekil 6.2: R-A ve A-B kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.	60
Şekil 6.3: R-A ve A-B kesiti için birinci kademede diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 8 mm.	61
Şekil 6.4: R-A ve A-B kesiti için ikinci kademede diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 12 mm.	61
Şekil 6.5: B-D' ve E'-F kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.	62
Şekil 6.6: B-D' ve E'-F kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 3 mm.	62
Şekil 6.7: D'-E ve P-P' kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.	63

Şekil 6.8: D'-E ve P-P' kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 5 mm.	63
Şekil 6.9: F-F' ve E-E' kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.	64
Şekil 6.10: F-F' ve E-E' kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 3 mm.	64
Şekil 6.11: F'-H' kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.	65
Şekil 6.12: F'-H' kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 4 mm.	65
Şekil 6.13: H'-I kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.	66
Şekil 6.14: H'-I kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 6 mm.	66
Şekil 6.15: I-J kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.	67
Şekil 6.16: I-J kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 8 mm.	67
Şekil 6.17: J-K kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.	68
Şekil 6.18: J-K kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 9 mm.	68
Şekil 6.19: K-K' kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.	69
Şekil 6.20: K-K' kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 7 mm.	69
Şekil 6.21: K'-L kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.	70
Şekil 6.22: K'-L kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 10 mm.	70
Şekil 6.23: L-M kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.	71
Şekil 6.24: L-M kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 6 mm.	71
Şekil 6.25: N-P kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.	72
Şekil 6.26: N-P kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 11 mm.	72
Şekil 6.27: P-R kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.	73
Şekil 6.28: P-R kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 4 mm.	73
Şekil 7.1: İnklinometre yerleşim planı.	75
Şekil 7.2: İnklinometre 1'e ait okuma grafiği.	76
Şekil 7.3: İnklinometre 16'ya ait okuma grafiği.	76
Şekil 7.4: İnklinometre 3'e ait okuma grafiği.	77
Şekil 7.5: İnklinometre 4'e ait okuma grafiği.	78
Şekil 7.6: İnklinometre 5'e ait okuma grafiği.	79
Şekil 7.7: İnklinometre 6'ya ait okuma grafiği.	80
Şekil 7.8: İnklinometre 7'ye ait okuma grafiği.	81
Şekil 7.9: İnklinometre 8'e ait okuma grafiği.	82
Şekil 7.10: İnklinometre 9'a ait okuma grafiği.	83
Şekil 7.11: İnklinometre 14'te ait okuma grafiği.	84
Şekil 7.12: İnklinometre 15'e ait okuma grafiği.	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Ankrajların germe derecesi ve görevine göre sınıflandırması (Xanthakos, 1991).	9
Çizelge 5.1: RQD ve kaya kalitesi ilişkisi (Sabatini vd., 1999).	45
Çizelge 5.2: Sondaj kuyularının derinlik-kot ve koordinatları.	46
Çizelge 5.3: Sondaj kuyularında ölçülen YASS derinlikleri.	47
Çizelge 5.4: Laboratuvar deney sonuçları.	48
Çizelge 5.5: İnceleme alanı kayanın mekanik özellikleri.	49
Çizelge 5.6: Homojen zeminlerin sınıflaması (DBYBHY,2007).	54
Çizelge 5.7: Spektrum karakteristik periyotları (DBYBHY,2007).	54
Çizelge 5.8: Etkin yer ivmesi katsayısı (DBYBHY,2007).	55
Çizelge 5.9: Yerel zemin sınıfları (DBYBHY,2007).	55
Çizelge 5.10: Bina önem katsayısı (DBYBHY,2007).	56
Çizelge 6.1: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar.	74
Çizelge 7.1: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-1, İnk-16).	77
Çizelge 7.2: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-3).	78
Çizelge 7.3: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-4).	79
Çizelge 7.4: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-5).	80
Çizelge 7.5: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-6, İnk-7).	81
Çizelge 7.6: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-8).	82
Çizelge 7.7: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-9).	83
Çizelge 7.8: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-14, İnk-15).	85
Çizelge 7.9: Deplasman ve kazı derinliği oranı.	86

SİMGELER DİZİNİ

c	: Kohezyon
D	: Kazık çapı
E_s	: Zeminin elastisite modülü
H	: Duvar yüksekliği
v	: Poisson oranı
δ	: Yatay deplasman
γ	: Birim hacim ağırlık
q_u	: Serbest basınç değeri
Φ	: İçsel sürtünme açısı
I	: Atalet momenti
N	: Standart penetrasyon deneyi darbe sayısı

KISALTMALAR DİZİNİ

ASCE	: American Society of Civil Engineers
ASTM	: American Society for Testing and Materials
FHWA	: Federal Highway Administration (Birleşik Devletler Federal Otoyol Ulaştırma İdaresi)
İnk-1	: 1 Numaralı İnklinometre
LL	: Likit Limit
NAVFAC	: Naval Facilities Engineering Command
PLAXIS	: Finite Element Code for Soil and Rock Analysis
PI	: Plastisite İndeksi
PL	: Plastik Limit
RQD	: Kaya Kalitesi Yüzdesi
SK	: Sondaj Kuyusu
SPT	: Standart Penetrasyon Deneyi
TCR	: Toplam Karot Yüzdesi
YSK	: Yeni Sondaj Kuyusu
YASS	: Yeraltı Su Seviyesi

1. GİRİŞ

Günümüzde devamlı gelişmekte olan ve ülkemiz ekonomisinin lokomotif sektörünü oluşturan inşaat sektörü; nüfus artışı, sanayileşme, kentsel dönüşüm politikaları, göç ve sığınma akımları vb. nedenlerden dolayı geometrik bir artış gözlemlenmektedir.

Ekonominin, sanayileşmenin kalbi olan İstanbul gibi kentlerde nüfusun hızla artması konut, işyeri, kanalizasyon ve otopark gibi yapı hizmetlerine duyulan ihtiyacı arttırmıştır. Sonuçta, şehir periferisinde imara uygun parsellerin giderek azalması, maliyetlerin artması ve bunun yanında imar yönetmeliklerinin zemin üstündeki yapı yüksekliklerini sınırlaması, mevcut arazileri daha verimli halde kullanmayı mecbur bırakmaktadır. Kat sınırlaması zemin altını kullanmayı beraberinde getirmiş ve hemen hemen bütün önemli inşaat işlerinde derin kazılar ile inşaat alanının arttırılması bir gereklilik halini almıştır. Birçok zemin ortamında 5-6m'yi aşan kazı derinliklerinden itibaren kazılarda destek sistemlerinin kullanılması kazı ve can güvenliği açısından elzemdir. Ülkemizde, kazı alanına uygulanacak ve en çok kullanılan iksa (destek) sistemleri; mini kazık, fore kazık, kesişen kazık, diyafram duvar ve kuyu perdelerdir. Bu sistemler düşeyden eksenlerine gelen yükü taşırlar. Ayrıca düşey taşıyıcı sistemler konsol olarak çalıştırılabileceği gibi, çelik borular veya öngerilmeli ankrajlar ile desteklenebilmektedir.

Derin kazı iksa sistemlerinin tasarımı ayrıntılı bir geoteknik çalışmayı gerektirmektedir. Derin kazı yapılacak alanda problemin doğru tarif edilmesi gerekir. Zemin koşullarının belirlenmesi, saha koşulları, yol ve mevcut yapıların durumu iksa sisteminin tasarımında önemli bir etkindir. Sahada yapılan arazi deneyleri ve sahadan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri, zemin koşullarının ve zemin parametrelerinin belirlenmesinde etkin rol oynar. Tasarım sürecinde yapılan hesap ve analizler çeşitli kabullere dayandırılarak yapılmaktadır. Güvenli ve ekonomik bir iksa tasarımı, doğru parametreler ve doğru yük kabulleri ile çalışıldığı takdirde verimli sonuçlar alınabilir. İksa uygulamalarında, iksa duvarının arkasındaki zeminin davranışı kesin olarak bilinmemekle birlikte, daha önce yapılan teorik çalışmalar ve uygulama tecrübeleri birleştirildiğinde çeşitli yaklaşımlarda bulunulabilmektedir. Bu

açından, uygulama aşamasında ve sonrasında, zeminin davranışına karşı iksanın reaksiyonunun her kazı adımı ve kazı bitimi akabinde gözlenmesi gerekir. Kazı güvenliğinin sağlanması ve komşu yapılardaki stabilitenin korunması açısından bu takibin yapılması çok önemlidir. Zamana bağlı olarak sürekli alınan inklinometre okumaları yanal kazı deplasmanlarının elde edilmesinde kullanılır. Aletsel gözlemlerden elde edilen veriler hem kazının seyrini hem de tasarım aşamasında yapılan analizlerin doğruluğu konusunda tasarımcıya yardımcı olur. Aletsel gözlemin avantajı, benzer zemin koşullarında yapılacak diğer iksa çalışmalarının tasarım aşamasına da önemli katkılar sağlar.

Tasarımcıların kazı aynalarında yanal deplasmanlarının kestiriminde kullandıkları nümerik modellerinin doğru yapılabilmesinde, arazi sınır koşullarının, zemin özellik ve karakteristiklerinin, güvenlik limitlerinin ve maliyet esaslarının doğru tespit edilmesinin önemi büyüktür. Bu bakımdan iksa seçimi yapılırken tüm bu faktörler birlikte değerlendirilmelidir (Erdiker, 2012).

Bu çalışmada, yanal yüke çalışan ve kazık başlıkları ile birbirlerine bağlı ankastre fore kazıklar, betonarme perde duvarlar ve öngermeli olarak oluşturulan ankrajlar açısından oluşan bir derin kazık sistemi üzerinde incelemeler yapılmıştır. Oluşan derin kazılı iksada meydana gelen yanal deplasmanlar, çalışma alanında inklinometre okumaları sonucu bulunan yanal deplasmanlar ile karşılaştırılmıştır. İksa sistemi, gerekli zemin parametrelerinin belirlenmesinden sonra bilgisayar ortamında sonlu elemanlar yöntemi ile modellenerek, analizlerden elde edilen deplasmanlar çalışma alanındaki inklinometrik okumalardan bulunan deplasmanlar ile karşılaştırılması incelenmiştir. Kesit boyutlandırılması ve deplasman kriterlerinin kontrolü Plaxis 8.2 programı kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmadaki veriler, iksa projelendirilmesi tamamlanmış olup İstanbul İli, Maltepe İlçesi'ne AVM ve OTEL inşaatından alınmış olup projede yer alan geoteknik veriler, sondaj logları, izlenilen analiz yöntemi hakkındaki değerler ve elde edilen sonuçlar bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.

2. ANKRAJLAR

Derin kazılarda düşey taşıyıcı sistemlerin yer değiştirmelerinin önlenmesi, yapıların dönmeye karşı emniyete alınması amacıyla iksa ile zemin arasındaki bağlantıyı sağlayan ve çevresini saran zemine çekme gerilmesi aktaran yatay yapı elemanıdır. Oluşan çekme gerilmesi, ankraj ile zemin arasında oluşan kayma gerilmeleri ile karşılanmaktadır. Ankrajda oluşan çekme gerilmeleri, yapının ve ankrajı çevreleyen zeminin hareketlerini güvenilebilir düzeyde tutmak için bağlandığı iksa sistemi ve gömüldüğü zemin arasındaki stabiliteyi sağlamaktadır. Ankrajlar derin kazıların güvenle açılması ve inşaat sırasında iksa sisteminde oluşacak yatay hareketlerin belli bir zaman aralığında durdurulması için yaygın olarak kullanılmaktadır. İksa sisteminde kullanılan ve yatayda yük taşıma niteliğine sahip olan ankrajlar; payanda veya istinat duvarlarının yetersiz kaldığı veya ekonomik olmadığı durumlarda, yüksek şevlerin stabilitesinin sağlanmasında kullanılan ekonomik ve güvenilir yapı elemanları olmaktadır.

Ankrajların zeminlere uygulanması 1950 yıllarında başlar. Münih'deki Bavyera Radyo Binası inşaatında temel çukurunun çok geniş ve derin olması nedeniyle şev yüzlerinin iksasında klasik yöntemlerin kullanılışı güçlükler doğurmuş, bu nedenle iksa perdelerinin bir kısmında, zemine boru içinde çelik çubuklar yerleştirilerek, bunların içine çimento şerbeti enjekte edilmiştir (Ostermayer, 1970).

Bu ilk uygulamalardan beri zemin ankrajları;

- Düşey yer değiştirmelerin önlenmesinde,
- Yapıların dönmeye karşı güvenceye alınmasında,
- Yapıların kritik yüzeyler boyunca kaymaya karşı emniyetinin sağlanmasında,
- Yeraltı yapılarının stabilitelerinin arttırılmasında,
- Zeminin ön konsolidasyonunun sağlanmasında
- Yapıların sismik duraylılığının arttırılmasında,
- Deney sahası dar olan yerlerde kazık yükleme deneylerinde öngerme sağlayan eleman olarak,

- Barajların yükseltilmesinde,
- Dalgakıran ve iskelelerde gemilerin iskele babalarına verdikleri yükün dağıtılmasında kullanılmaktadır (Demirkoç, 2007).

Farklı kaynaklar tarafından yapılan araştırmalara göre ankrajların geoteknik mühendisliğindeki tanımı bu bölümde irdelenmiştir. Ankrajlar hakkında yapılan tanımlamaların genelinde, ankrajın uygulandığı projelerde çekme yükleri altında kaldığı yönünde açıklamalar yapılmıştır.

Zemin ankrajları, zemine yerleştirilen çelik elemanların ardından çekme kuvvetlerine maruz bırakılarak şev veya yapının stabilizasyonu sağlanmaktadır (Barley ve Mothersille, 2007).

Ankraj işleri zemin veya kaya içerisinde açılacak delgi içerisine çelik elemanın enjeksiyon karışımı ile birlikte yerleştirilmesi ile oluşan bir uygulama şeklidir (Elton ve Whitbeck, 1997).

Strom ve Ebelling (2001), "Amerikan Ordusuna ait Mühendislik Birliği (US Army Corps of Engineers) Araştırma ve Geliştirme Merkezi" tarafından yürütülen programlar kapsamında hazırladığı bir teknik dokümanda ankrajlı istinat duvarlarının tasarımı ile ilgili tanım ve bilgilere yer vermiştir. Bu dokümandaki tanıma göre, öngermeli olarak adlandırılan enjeksiyonlu ankrajların, zemin veya kaya içerisine yerleştirilen yapısal elemanlar aracılığıyla bulunduğu ortama çekme yüklerinin aktarılmasında kullanıldığı anlatılmıştır.

Bu tanım aynı zamanda, Birleşik Devletler Federal Otoyol Ulaştırma İdaresi (FHWA) tarafından 1999 Haziran ayında yayımlanmış "Zemin Ankrajları ve Ankrajlı Sistemler" adlı doküman içerisinde ankrajların tanımı için kullanılmıştır (Helvacıoğlu, 2015).

Fang (1991), "Foundation Engineering Handbook" adlı kitabında bahsedilen tanım aktif zemin ankrajları üzerinden yapılmıştır. Tanımlamaya göre ankrajlar, zemin veya kaya içerisinde kullanılan döşeme duvar gibi yapısal elemanlarda meydana gelebilecek deformasyonların istenilen düzeyde tutulmasını sağlayan çimento enjeksiyonu ile birlikte öngermeli çelik elemanların oluşturduğu sistemlerdir. Uygulandığı bölgede yer alan zemin özelliklerine göre değişkenlik gösteren delme metotları ile açılmış

deliklere yerleştirilen ankrajlar; öngerme işleri sırasında zeminden alacağı direnç kuvvetlerini yapı sistemine aktarmaktadır.

Ankraj; uygun olmayan zemin koşulları içerisine hemen hemen her yönde yerleştirilebilen, çelik tendonların oluşturduğu yük taşıma kapasitesine sahip elemanlardır. Ankrajın yük taşıma kapasitesi özelliği, gerilme ile birlikte ankraj bölgesi boyunca zemin içerisinde oluşan direnç kuvvetlerinin harekete geçmesiyle birlikte gelmektedir (Xanthakos, 1991).

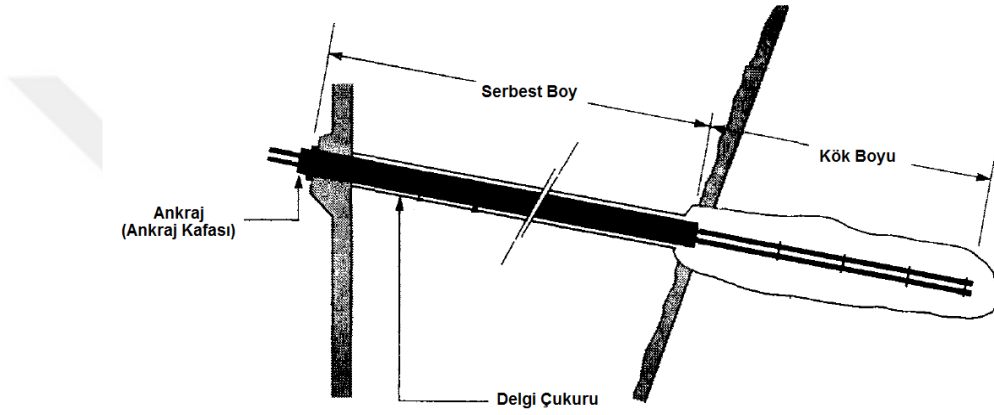
Ülkemizde derin kazıların desteklenmesinde sürekli kullanılan öngermeli ankraj sisteminin tasarımında kullanılan hesap adımları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Sabatini vd., 1999).

- Proje niteliklerinin belirlenmesi (ankraj imalat yöntemi, saha geometrisi, projenin amacı, iksa sisteminin tasarım ömrü ve inşaat yöntemi),
- Zemin koşullarının belirlenmesi,
- Tasarımda kullanılacak yatay toprak itkilerinin belirlenmesi, yatay toprak itkisi için zemin özelliklerine bağlı olarak yük dağılımının seçilmesi ve varsa su ve sürşarj yüklerinin belirlenmesi,
- Ankraj yatay aralığının ve iksa düşey elemanlarının eğilme momentlerini optimum kılacak düşey ankraj aralığının belirlenmesi,
- Düşey iksa elemanlarının boyutlandırılması. Düşey iksa elemanının eğilme rijitliğinin belirlenmesi,
- Üstyapı temelleri, iksa sınır koşulları, zemin koşulları ve altyapı hatları dikkate alınarak ankraj açısının belirlenmesi,
- Ankraja gelecek eksenel yükü dikkate alarak, ankraj elemanının boyutlandırılması,
- Kazı tabanı altında gömülü iksa elemanının boyutlandırılması. Pasif itkilerin kontrol edilmesi,
- Stabilitate tahkiklerinin yapılması. Toptan göçme ve ankraj elemanı içsel stabilite analizlerinin yapılması,
- Oluşacak yatay ve düşey deplasmanların tahmin edilmesi. Gerekli durumlarda tasarımın revize edilmesi,
- Ankraj kitleme yükü ve germe yükü değerlerinin belirlenmesi. Ankrajlar üzerinde yapılacak deneylerin belirlenmesi,

- Ankrajlara uygulanacak yük ve yatay yük kabulleri altında, varsa kuşaklama ve başlık kirişlerinin boyutlandırılması.

2.1 Ankraj Kısımları

Öngermeli ankrajlar, serbest boy, kök boyu ve ankraj kafası olarak 3 bölüme ayırdığımızda, serbest boy ve kök boyu, zemin içerisinde gömülü kalan kısımlar, ankraj kafası ise zemin yüzeyinde ve yüzey elemanına bağlı kısım olarak tasnif edilir. Şekil 2.1’de ankraj kısımları gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Ankraj yapısının 3 ana bileşeni (Xanthakos, 1991).

2.1.1 Ankraj kafası

Ankraj kafa bölgesi, tüm yüklerin tutulduğu, ankrajın düşey iksa elemanına veya yatay kuşak kirişlerine bağlandığı kısımdır. Öngerme uygulanan ankraj kafa kısmında yer alan kamalar vasıtasıyla tasarım esnasında istenilen yüke kilitletilebilmektedir. Kafa kısmında yer alan malzemeler yüksek basınçlara maruz kaldıklarından seçilen malzeme kalitesinin önemi büyük olmaktadır.

2.1.2 Serbest ankraj boyu

Öngerme yükünü ve hareketlenme ile oluşacak ekstra yükleri zemin ve enjeksiyon arasındaki sürtünmeden dolayı oluşan kuvvetlerin olduğu kök boyuna aktaran kısımdır. Bu kısım, enjeksiyon ile bağlantısı olmayan ve serbest uzayabilen halat sarmalından oluşur. İksa sisteminin tasarımı sırasında serbest boyun uzunluğu, tahmin edilen göçme hattının dışında olacak şekilde hesaplanmasına dikkat edilir.

2.1.3 Ankraj kök boyu

Öngerme kuvvetini zemine aktaran kısım olarak adlandırılır. Çimento harcının yüksek basınç altında ankrajın bulunduğu deliğe enjekte edilmesi ile kök bölgesi oluşturulur.

2.2 Aktif (Kalıcı) ve Pasif (Geçici) Ankraj Kavramları

Günümüz teknolojisi ile derin kazılı iksa sisteminde kullanımı yaygın olan ankraj uygulaması, kullanım amacı olarak belirli bir süre içinde hizmet edebileceği gibi bir yapının ömrü boyunca da hizmet edebilmektedir. Ankrajların; hizmet edeceği ve amacını gerçekleştireceği süre esas alındığında geçici ve kalıcı olmak üzere 2 farklı ankraj çeşidi bulunmaktadır.

2.2.1 Aktif (kalıcı) ankrajlar

Aktif ankrajlar, tasarımı yapılan projenin türüne göre belirlenen bir aşamada öngerme işlemi altında yüklenmesi ve bu yükleri yapıya aktaran ankrajların oluşturduğu gruptur. Germe sonrasında kazanılan yükler, aktif ankrajların desteklemiş olduğu yapının servis ömrü boyunca taşınması hedeflenir. Servis ömrü boyunca yük taşınması onu kalıcı ankraj olarak da tanımlamaktadır.

Çekme yüklerinin zemine veya kaya ortamına aktarılması amacıyla kullanılan aktif ankrajlar, desteklenmiş olan yapının nihai durumdaki doğal zemin ile yapmış olduğu etkileşimi hesaba katmadan, mevcut öngerme seviyesinde yük uygulanması ile oluşmaktadır (Xanthakos, 1991).

Derin kazıların desteklenmesi, şevlerin stabilitesinin sağlanması gibi birçok projede uygulanan aktif ankrajlar, desteklemiş olduğu yapının daha sonra maruz kalacağı yükler altında göstereceği deformasyonu sınırlandırması tercih edilme sebebini ortaya koymaktadır. Xanthakos (1991), “kazı ve ankraj imalatı aşamalarında meydana gelebilecek yer değiştirmelerin azaltılması amaçlı” olduğuna değinmiştir.

2.2.2 Pasif (geçici) ankrajlar

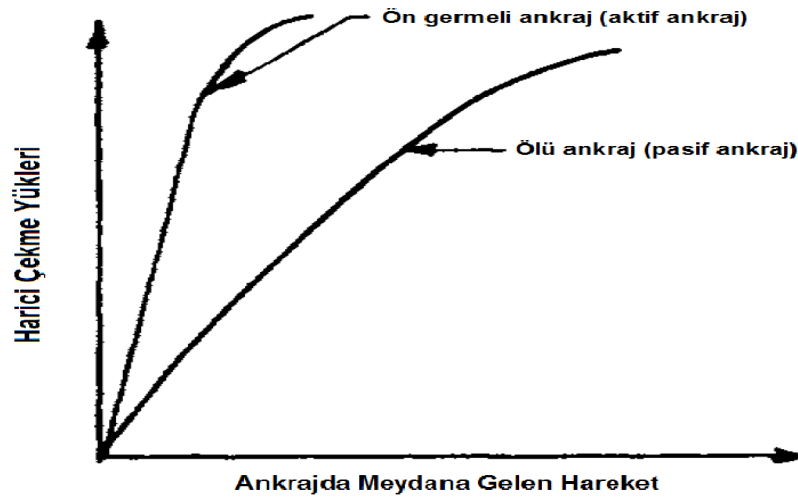
Kazı yapılacak alanda zemine yerleştirilen çelik ve çimento/su karışımının birlikte kullanılıp ve ankrajlarda öngerme işlemi uygulanmamaktadır. Pasif ankraj sınıfına giren zemin çivisi ve kaya bulonu uygulamaları ile birlikte stabil olmayan şevlerin güçlendirilmesi, aktif ankrajların yer aldığı sistemlere göre rölatif olarak çok derin

olmayan kazıların yapılması, yer altı tünelleri veya metro kazılarında bölgesel göçmelerin engellenmesini sağlamaktadır (Helvacıoğlu, 2015).

Xanthakos (1991), “pasif ankrajların yük almasının desteklemiş olduğu yapıda veya zeminde meydana gelecek hareketlerin başlaması ile gerçekleşeceğini” söylemiştir. Zeminde veya kaya kütleğinde gerçekleşecek hareketler ile birlikte mobilize olan çekme yükleri pasif ankrajı oluşturan çelik elemanlar tarafından taşınarak sisteme aktarılır. Basınç yükleri taşıyan ankrajların çalışma mekanizması açısından pasif ankrajlar sınıfında yer alması mümkündür. Serbest boy-kök boyu farkının olmadığı pasif ankrajların içerisinde yer alan çelik eleman ile çevresini saran ve zemin/kaya ortamına yük aktarımını sağlayan enjeksiyon ile etkileşimi delgi boyunca gerçekleşmektedir.

Yapılan bu açıklamalar özetlendiğinde aktif ve pasif ankrajları aralarındaki farkın; aktif ankrajlar, desteklemiş olduğu yapının kazı sırasında oluşacak gerilmeler veya yapıda meydana gelecek deformasyonların sınırlandırılmasıyla önceden yüklenmektedir. Pasif ankrajlar ise desteklemiş olduğu yapının hareket etmesi sonucunda, zemin/ankraj etkileşimi meydana gelerek yüklenmektedir.

Petros P. Xanthakos (1991), “aktif ve pasif ankrajların kuvvet-deplasman ilişkisini” karşılaştırmalı olarak Şekil 2.2’de ifade etmeye çalışmıştır. İkili arasındaki ilişki incelendiğinde aktif ankrajların yüklenmesi sırasında gerçekleşen deplasmanların küçük olduğu, pasif ankrajlarda ise aynı yüklere büyük deplasmanlar sonrasında ulaşabileceğini söylemiştir.



Şekil 2.2: Aktif ve pasif ankrajlarda oluşan harici çekme yükleri-ankraj hareketleri ilişkisi (Xanthakos, 1991).

Aktif ve pasif ankrajların dışında, projenin ilerleyiş aşamalarında maruz kalacağı maksimum yükün bir kısmının öngerme verilerek uygulandığı "intermediary" adlı ankraj tipleri de bulunmaktadır (Xanthakos, 1991). Genellikle tasarım yükünün 1/3 ile 2/3'ü arasında uygulanan öngermeli bu ankrajların çalışma mekanizmasının özellikleri tam olarak aktif ve pasif ankraj özelliklerine benzememektedir. Intermediary tipi ankrajlar, büyük deplasmanların engellenmesi istenilen, istinat yapılarında kullanılan yanal destekler ile birlikte kullanılmaktadır (Xanthakos, 1991).

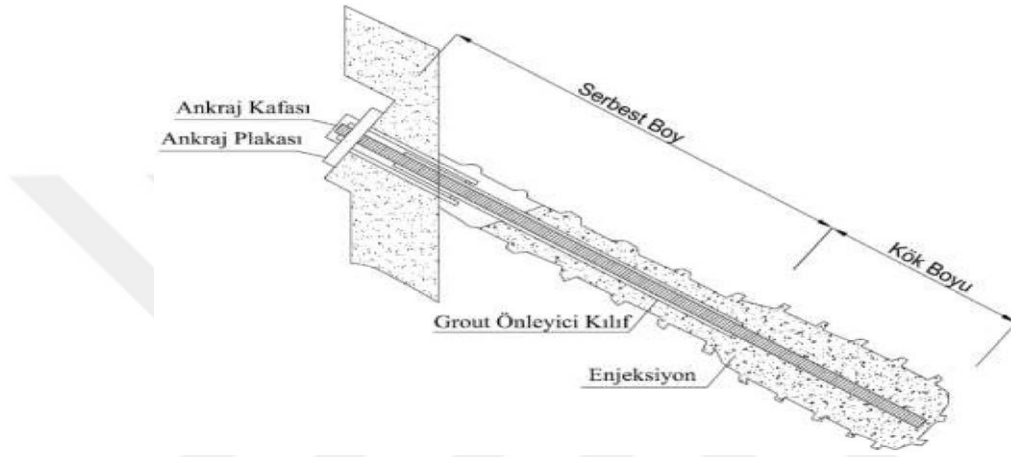
Petros P. Xanthakos (1991), ankrajlarda yaptığı çalışma prensibine göre “3 tip ankrajın, her bir tip için yapılan işlemler, kullanılan ekipman ve imalat aşamalarını” karşılaştırmalı olarak tablo halinde özetlemiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1: Ankrajların germe derecesi ve görevine göre sınıflandırması (Xanthakos, 1991).

Zemin Ankrajı Tipi	Ankraj Çelik Tipi	Yapı ile Bağlantıyı Sağlayan Ankraj (Ankraj Kafası) Tipi	Zemin İçerisindeki Kök Bölgesi (Ankraj)	Enjeksiyon Aşamaları
Aktif	Öngermeli	Öngermeli çelik için cihaz, aparat	Uç bölgesi ile sınırlı	1) Uç bölgenin (kök bölgenin) enjeksiyonu
				2) Boruların zemine bağlanması için enjeksiyon
				3) Boruların enjeksiyonlanması
Pasif	Öngermesiz	Bağlantı ve göğüsleme için kullanılan sıradan aparat ve ekipmanlar	Ankraj boyunca devam etmekte	1) Boruların zemine bağlanması için enjeksiyon
				2) Boruların enjeksiyonlanması
Ara (Intermediary)	Yarı Öngermeli	Öngermeli çelik için cihaz, aparat	Uç bölgesi ile sınırlı	1) Uç bölgenin (kök bölgenin) enjeksiyonu
				2) Boruların zemine bağlanması için enjeksiyon
				3) Çelik Elemanın Korunması (enjeksiyon olmadan)

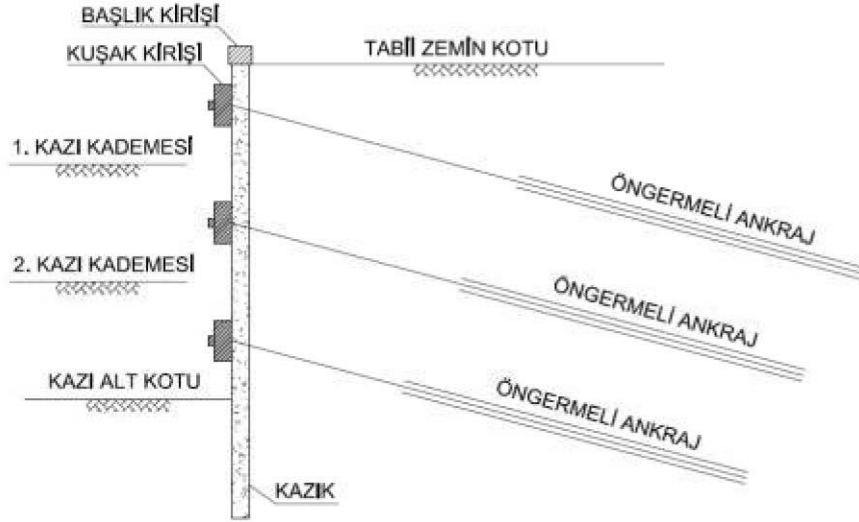
2.3 Zemin Çivili (Pasif) ve Öngermeli (Aktif) Ankrajlı İksa Sistemlerinin Karşılaştırılması

Pasif Ankrajlı duvarlar ile öngermeli ankrajlı duvarlar arasında tasarım yaklaşımından, inşaat aşaması ve duvar davranışına çeşitli farklılıklar gözlenmektedir. Öngermeli ankrajlar, ankraj yüklerini alan kök bölgesi, yükleri kafa ve kök arasında aktaran serbest bölge ve iksa-ankraj bağlantısının sağlandığı yüzey olmak üzere üç kısımdan oluşur. Öngermeli ankraj elemanlarının yer aldığı tipik bir kesit Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3: Öngermeli ankraj elemanları (FHWA, 1999).

Zemin çivili duvarlar ile ankrajlı duvarlar arasındaki temel farklılık, her kazı kademesinde, zemin çivilerinin pasif olarak yüklenirken, ankrajların uygulanan öngerme kuvvetleri ile aktif olarak yüklenmesidir. Uygulama açısından bakıldığında, ankrajlı duvar imalatı iki aşamalıdır. Öncelikle düşey iksa elemanı (mini kazık, fore kazık gibi) imal edilir, daha sonra kazı ile birlikte ankraj delgilerine geçilir. Ankraj halatları deliklere yerleştirilir ve enjeksiyonlanır. Prizini alan ankrajlara öngerme uygulanır ve istenilen yüke kitlenir. Her kazı kademesinde bu işlemler tekrarlanır (Erdiker, 2012). Şekil 2.4'te tipik bir öngermeli ankrajlı iksa sistemi gösterilmiştir.



Şekil 2.4: Öngermeli ankrajlı iksa sistemi.

İki sistem arasındaki farklılıklar şu şekilde sıralanabilir;

- Zemin çivili ve ankrajlı iksa duvarlarında yukarıdan aşağıya doğru imalat yapılır. Her iki sistemde de yerinde delgi ve enjeksiyon yapılır; zemin çivili iksalarda enjeksiyon işlemi çivi boyunca gerçekleştirilir ancak ankrajlı duvarlarda ankrajın kök bölgesi enjeksiyonlanır.
- Zemin çivili duvarlarda, gerilme dağılışı yukarıdan aşağıya inildikçe azalırken, ankrajlı duvarlarda üniforma yakın bir gerilme dağılışı söz konusudur.
- Zemin çivili duvarlarda, donatı ile zemin arasındaki yük aktarımı çivi uzunluğu boyunca gerçekleşirken, ankrajlı sistemlerde yük aktarımı yalnızca pasif bölgede olur.
- Zemin çivili sistemlerde, gerilme yükü çivi boyunca değişkenlik gösterirken, ankrajlı sistemlerde ankrajın serbest boyu dahilinde sabit, kök bölgesinde değişkenlik gösterir.
- Ankrajlı duvarlarda, kaplama toprak basıncının tamamını taşırken, zemin çivili duvarlarda kaplama çivi tarafından karşılanamayan toprak basıncını taşır.
- Zemin çivili duvarlarda maksimum deformasyon tepe noktasında meydana gelirken, ankrajlı duvarlarda öngerme kuvvetlerine bağlı olarak genelde duvarın orta noktalarında meydana gelir. Zemin çivili duvarlarda, ankrajlı duvarlara oranla daha fazla yatay deplasman beklendiği söylenebilir.
- Zemin çivili duvarlarda, donatı dayanımı ve sıyrılma direnci global olarak tüm duvar için ya da kazı kademelerinde lokal olarak hesaplanır. Ankrajlı duvarlarda

ise, donatı dayanımı ve sıyrılma kapasitesi, her kazı kademesinde etkili olan toprak basıncını karşılayacak ankraj kapasitesine göre hesaplanır.

- Zemin çivili duvarlarda, kaplama-çivi bağlantı sistemi ve kaplamanın olası göçme biçimi, kaplamaya etkiyen ampirik toprak basıncı dağılımlarına göre kontrol edilirken, ankrajlı duvarlarda, ankrajlara uygulanan öngerme kuvvetleri dikkate alınarak kontrol edilir.
- Her iki sistemde de güvenlik sayısı, direnç kuvvetlerinin/momentlerinin, devirici kuvvet/momentlere oranı şeklinde hesaplanır.
- Benzer proje koşullarında, birim duvar alanında gerekli çivi miktarı, ankraja göre daha fazladır. Zemin çivileri ankrajlardan daha sık yerleştirilir. Bunun sonucunda, her hangi bir donatıdaki göçme durumunun oluşturduğu etki, zemin çivili duvarlarda ankrajlı duvarlara oranla daha düşüktür. Buna karşın, zemin çivilerinin ancak %5'inde yükleme deneyi yapılırken, ankrajlı sistemlerde tüm ankrajların aldığı yük deneylerle kanıtlanır.
- Ankraj boyları zemin çivilerine göre daha uzun olarak tasarlanır. Özellikle parsel sınırına yakın komsu yapıların olması durumunda alan sınırlamasından ötürü zemin çivileri tercih edilmektedir (Erdiker, 2012).

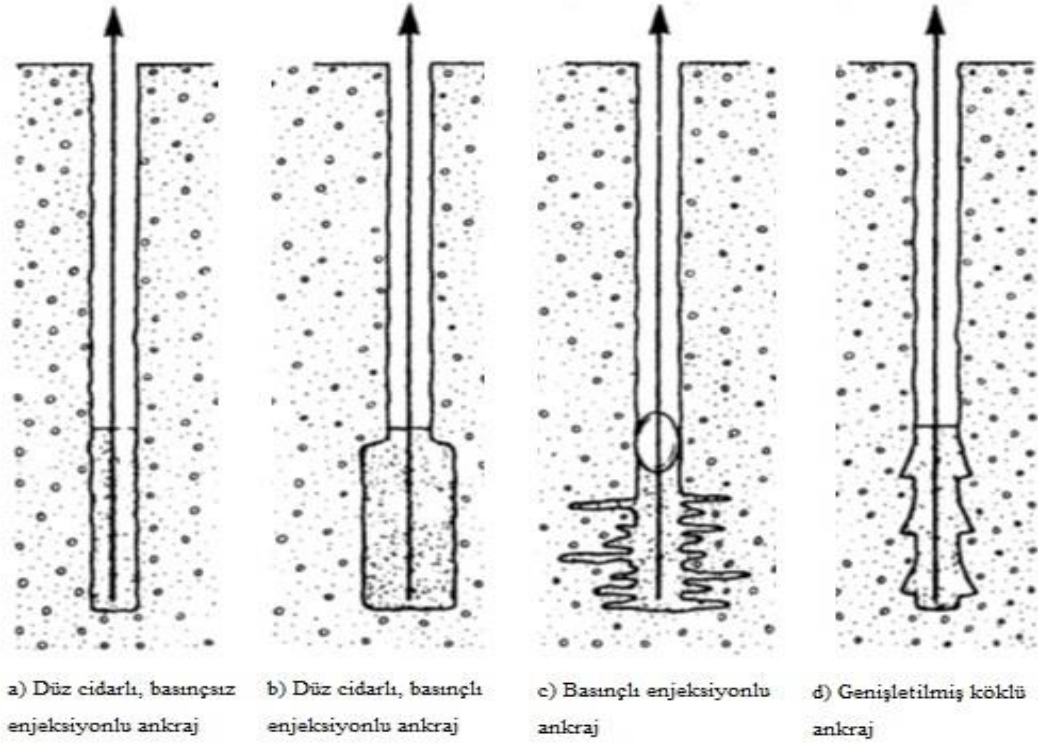
Fang (1991), "Foundation Engineering Handbook" adlı kitabında pasif ankrajlar ile aktif ankrajların karşılaştırmasına değinmiştir. Pasif ankrajların aktif ankrajlara göre üstünlükleri özetlenerek aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir:

- Püskürtme beton ve gerilmeyen çivilerin getirmiş olduğu öngermeli (aktif) ankrajların uygulandığı sistemlere göre hızlı ve esneklik,
- Öngermeli ankrajlar ve birlikte kullanıldığı sistemlere (diyafram duvar, fore kazık, palplanş vb.) göre hafif ve ekonomik çözüm üretimi,
- Pasif ankraj (zemin çivisi–gerili olmayan ankraj) ve kaplama amaçlı kullanılan püskürtme beton vb. teknolojilerinin üretiminde kullanılan ekipmanın, teknik vb. sahaya uyum sağlamasında esnek olması,
- Özellikle inşaat sahasının dar olduğu veya şehir merkezinde yer alan girişi kısıtlı olan sahalarda; çivi imalatlarında kullanılan makine ve ekipmanların hafif ve kompakt halde olmasının getirdiği avantaj,

- Öngermeli (aktif) ankrajlara göre, m^2 'ye düşen adet sayısının çok fazla olması ve bu sayede zemin çivilerinde meydana gelebilecek hasar sonrasında tüm sistemin etkilenmemesi, efektif ve hızlı bir şekilde önlem alınabilmesi,
- İri bloklu, sıkı çakıllı heterojen biçimdeki zeminler veya ayrıışmış-ayrışmamış (sert) kaya ortamlarında, aktif ankraj ve beraberinde yapılan büyük çaplı elemanlara (fore kazık, diyafram duvar vb.) göre uygulanabilirliğinin çok daha yüksek olması ve beraberinde gelen uygun maliyet,
- Zemin çivili sistemlerin betonarme istinat yapılarına (öngermeli ankrajlarla birlikte uygulanan fore kazık, diyafram duvar vb.) göre esnek olmasının getirdiği avantajlar, büyük hareketler ve farklı deplasmanlara karşı dayanması ve deprem bölgelerine uygun ve sönümleyici bir bünyeye sahip olması,

2.4 Ankraj İmalat Yöntemleri

Öngermeli ankrajlarda, öngerme yükünü karşılayan kuvvet, zemin ve çimento enjeksiyonu arasındaki sürtünme direncidir. Ankraj delgi yöntemi ve enjeksiyon basıncına bağlı olarak zemin ve enjeksiyon arasındaki sürtünme direnci değişebilmektedir. Delgi işlemi zemin koşullarına bağlı olarak, burgulu, havalı ve darbeli olarak yapılmaktadır (Çınar, 2010). Delgi yöntemi ve enjeksiyon basıncına göre oluşturulan ankraj türleri Şekil 2.5'te sunulmuştur.



Şekil 2.5: Kök bölgesinde uygulanan enjeksiyon yöntemine göre ankraj tipleri a) Düz cidarlı, basınçsız enjeksiyonlu ankraj b) Düz cidarlı, basınçlı enjeksiyonlu ankraj c) Basınçlı enjeksiyonlu ankraj d) Genişletilmiş köklü ankraj.

2.4.1 Düz cidarlı, basınçsız enjeksiyonlu ankraj

Ankraj sisteminde delgi işlemi havalı veya burgulu yöntemlerle yapılır (Şekil 2.5.a). Genelde kaya veya katı-sert kohezyonlu zeminlerde uygulanmaktadır. Delgi işlemi bittikten sonra kuyu içerisine yerleştirilen hortumlar yardımıyla kuyu içerisine enjeksiyon gönderilir. Ankraj kuvvetleri, nispeten pürüzsüz delik cidarı ve enjeksiyon arasındaki sürtünme ile karşılanır. Diğer yöntemlere hızlı ve ekonomik olması sebebiyle daha fazla tercih edilmektedir.

2.4.2 Düz cidarlı, basınçlı enjeksiyonlu ankraj

Düz cidarlı ve basınçlı enjeksiyon kullanılarak oluşturulan ankraj sistemi genelde, iri daneli granüler zeminlerde uygulanmaktadır (Şekil 2.5.b). Ankraj delgisi burgulu veya havalı sistemlerle yapılabilir. Kohezyonsuz zemin birimlerinde, özellikle su altında yapılan delgilerde kuyu içerisinde oluşacak göçüklerin engellenmesi için açılan kuyu boyunca muhafaza boruları kullanılmaktadır. Bu sistemde ankrajların kök bölgesine zemin ve enjeksiyon arasındaki sürtünme miktarını arttırmak için düşük basınçlı (<1 MPa) çimento bazlı enjeksiyon uygulanır. Böylelikle kök bölgesinde kuyu çapından daha büyük çaplı bir sürtünme kütlesi elde edilmiş olur.

2.4.3 Basınçlı enjeksiyonlu ankraj

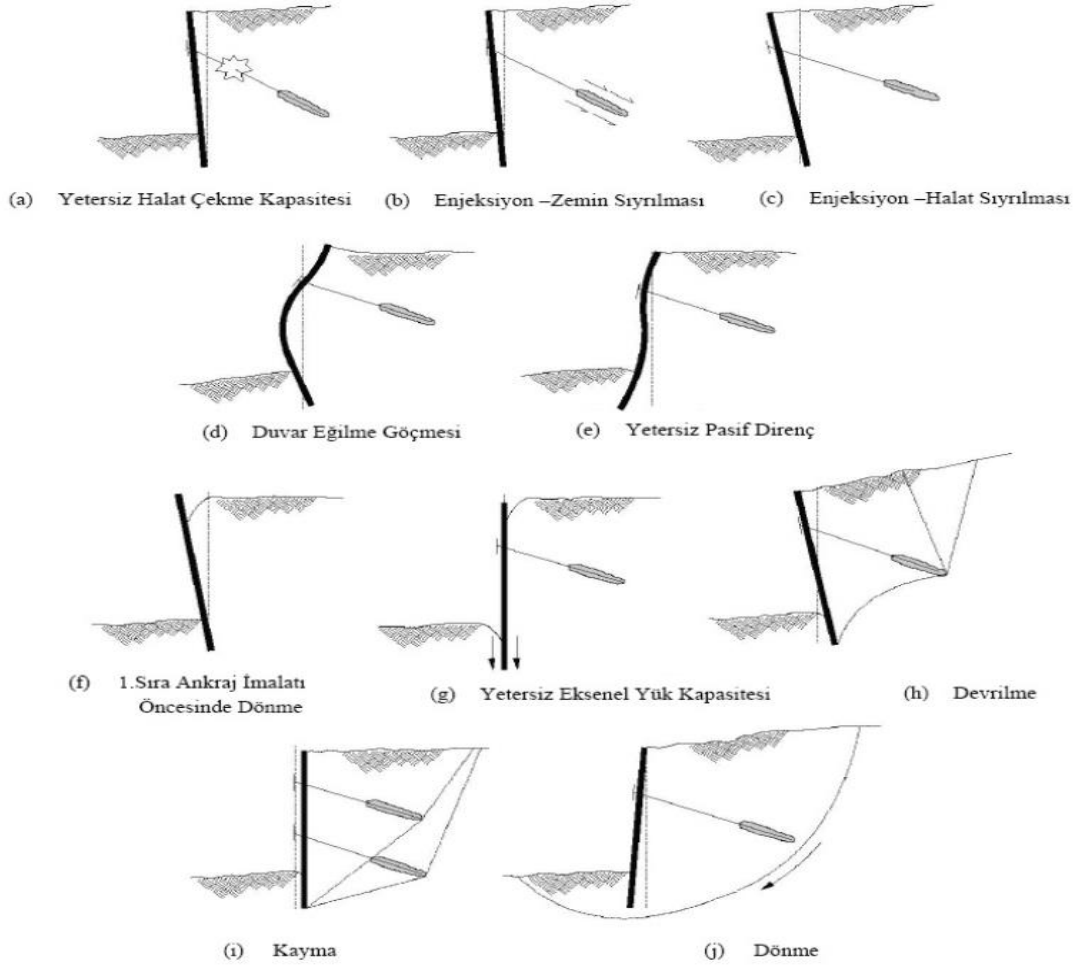
Basınçlı enjeksiyonlu ankraj yönteminde açılan kuyu içerisine yüksek basınçlı (>2 MPa) enjeksiyon gönderilerek ankraj kök bölgesinde oluşan sürtünme yüzeyinin arttırılması amaçlanmaktadır (Şekil 2.5.c). Yüksek basınçla enjeksiyonlama işlemi enjekte edilen zemin özelliğine bağlı olarak bir veya birkaç gün sürebilmektedir. Bu yöntem, genelde kohezyonsuz birimlerde uygulanmakla birlikte katı kohezyonlu zeminlerde de uygulanabilmektedir (Littlejohn, 1980). Enjeksiyon basıncı ayarlanarak, çimento partiküllerinin zeminin boşluklu yapısını doldurması sağlanabilir. Ankraj kuvvetleri zemin ve enjeksiyon arasında oluşan sürtünme direnci ile karşılanır. Sürtünme direnci kök bölgesinin çapının düzgün ve eşdeğer bir çapta olması kabulü ile hesaplanmaktadır.

2.4.4 Genişletilmiş köklü ankraj

Diğer ankraj yöntemlerine göre pek kullanılmayan bu yöntem, katı-sert kohezyonlu zeminlerde uygulanmaktadır (Şekil 2.5.d). Bu yöntemde, enjeksiyon sonucu genişletilmiş bölgelerin çapı, normal kuyu çapının 4 katını aşabilmektedir. Zemin ve akıtma arasındaki çeper (cidar) sürtünmesine ek olarak, genişletilmiş bölgelerde oluşacak uç direnç de hesaplarda kullanılmaktadır (Sabatini vd., 2002).

2.5 Öngermeli Ankraj Elemanının Göçme Mekanizması

Duraylılık problemlerinin en önemli sebeplerinden birisi de 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 (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Ankrajlı perdelerdeki göçme biçimleri (FHWA, 1999).

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 sıyırılmasıdır. Halat ile enjeksiyonun sıyırılması pratikte enjeksiyonun kalitesizliği veya halat yüzeyinin yağlı, paslı veya yabancı bir madde ile kaplı olması nedeniyle olmaktadır. Zemin enjeksiyon sıyırılması ise enjeksiyonun genel olarak kötü kalitede olmasından, yapıldığı ortama uygun olmaması veya zeminin son sürtünme direncinin aşılması ile oluşmaktadır.

Şekil 2.6 (d)'de iksa düşey elemanının yapısal olarak yetersizliği nedeniyle iksa sisteminde göçme yaşanabilecektir.

Şekil 2.6 (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 (Köse, 2011).



3. ALETSEL GÖZLEM - İNKLINOMETRE

Zemin genellikle doğada homojen değildir ve davranışının tahmin edilmesi güçtür. Ancak, geoteknik problemleri idealleştirerek basit formlarda çözülebilir duruma getirilebilir. Geoteknik mühendisliğinde geliştirilmiş güçlü teori ve karmaşık nümerik modellere rağmen, sağlıklı uygulama için sahada güvenilir ölçümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Hayati önemine rağmen, aletsel gözlem tek başına iyi dizayn ve problemsiz uygulamayı garanti etmez. Yanlış yere yerleştirilen yanlış enstrüman en iyi koşulda kafa karıştırır, en kötü koşulda ise problemi gölgelemesi nedeniyle amaçtan uzaklaştırır ve tehlikelidir. Aşırı miktarda enstrüman yerleştirmek para ziyanına buna karşılık tasarruf etmek amacıyla gereğinden az enstrüman yerleştirmek ise yanlış tasarruftan fazlasına neden olabilir. Geoteknik davranışı kontrol eden mekanizmanın belirlenmesini müteakip, projelendirme aşamasında takip edilebilecek parametreler, kıyaslama yapılabilecek şekilde gözlemlenmelidir (İnanır, 2015).

Derin kazıların projelendirilmesi esnasında zeminle ilgili birçok kabul yapmak gerekmektedir. İmalatın ilerleyen safhalarında oluşan zemin koşullarının kabul edilen değerlerle ne derece örtüştüğü veya yapılan dizaynın ne derece konservatif olduğu belirli gözlemler yapılmadığı sürece bilinmemektedir. Bu nedenle, derin kazılarda gözlem her zaman gereken ve büyük önem arz eden bir olgudur. Bu gerekliliği karşılamak üzere çeşitli gözlem yöntemleri geliştirilmiş bulunmaktadır. İnklinometrik gözlem, pratikliği, hassasiyeti ve sağladığı verilerin kullanılabilirliği ile bu yöntemler arasında en çok kullanılanlardan biri olmuştur. İnklinometrik gözlem yer değiştirmelerin ölçümünde kullanılmaktadır (Özcan ve Özdemir, 2008).

Kaya ve zemin kütlelerinin veya bu kütleler üzerinde ya da içinde inşaa edilen mühendislik yapılarının izlenmesi amacıyla geliştirilmiş aletler genellikle; Şev hareketlerinin izlenmesinde kullanılan aygıtlar, yer altı suyu basınçlarının ve yer altı suyu seviyesindeki değişimlerin ölçülmesinde kullanılan aletler, kaya ve toprak basınçlarının ölçülmesinde kullanılan aletler ve zemindeki titreşimlerin izlenmesinde kullanılan aletler olmak üzere dört ana grupta toplanmaktadır (Franklin, 1977).

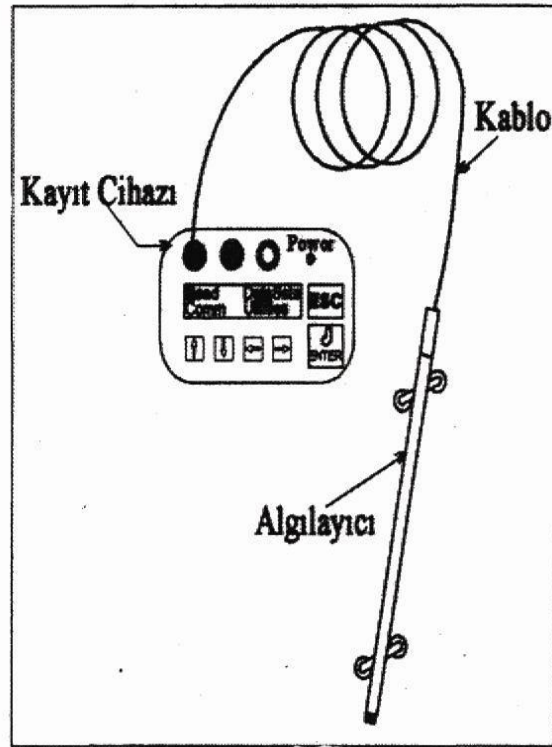
Şevlerde, kayma yüzeyinin derinliğinin, konumunun ve şeklinin belirlenmesi, kayan kütle içinde yatay ve düşey yönde gelişen hareketlerin saptanması ve duraysızlığın sınırların tespit edilebilmesi için yüzeyde (geleneksel topoğrafik ölçümler, elektronik mesafe ölçerler, fotogrametrik yöntemler, yüzeye yerleştirilen ekstansometreler) ve yeraltında (sondaj kuyularına yerleştirilen ekstansometreler ve eğim ölçen inklinometreler) kullanılan cihazlar geliştirilmiştir (Ulusay, 1995). “İnklinometreler heyelanlar, geçici kazılar, zemin ve kaya veya dolgu barajlar, maden galerileri, şevler ve tünellerdeki yatay ve düşey hareketlerin izlenmesi, hareket yüzeyinin saptanması” amacıyla Wilson tarafından 1952 yılında geliştirilmiş olup (Wilson ve Mikkelsen, 1977) yüzeyde kullanılan diğer yöntemlere göre daha yüksek hassasiyette ölçümler alabilen aygıtlardır. Yüzeyden itibaren belirli derinliklerde oluşabilecek yatay ve düşey hareketlerin izlenmesinde güvenilir bir yöntem olarak kabul edilen inklinometre ölçümleri, açılmış sondaj kuyularına yerleştirilecek, ısıya karşı dayanıklı ve yüksek sıkışma dayanımına sahip plastik veya alüminyum boruların ilksel konumlarından olan sapmaların inklinometre cihazı aracılığıyla belirlenmesi esasına dayanır (Ertürk, 1996).

İnklinometre cihazının başlıca kullanım alanları aşağıda sıralanmıştır.

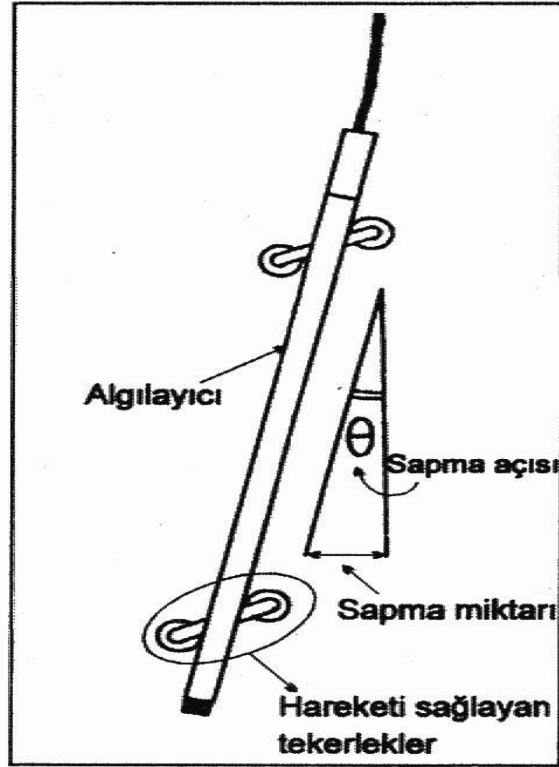
- Şevlerde ve dolgularda kayma bölgesinin belirlenmesi,
- Dolgu barajlarında baraj setindeki kayma ve oturmaların izlenmesi,
- Kazıklarda veya istinat yapılarında oluşan yatay hareketlerin gözlenmesi,
- Dolguların veya yumuşak zemin üzerinde yapılan diğer yapıların oturmalarının gözlenmesi,
- Yeraltı açıklıklarında (galeri ve tünel gibi) açıklık tabanında ve yan duvarlardaki yatay deplasmanın izlenmesi,
- Yerleşim merkezlerinde açılan metro tünel yüzeylerinde oluşan tasman (yüzeyde oluşan oturmalar) büyüklüklerinin izlenmesi,
- Yatay deformasyonlardan yola çıkılarak eğilme momentlerinin hesaplanmasıdır (Mih, 2011).

3.1 İnklinometre Aletinin Genel Özellikleri

Yerleştirildikleri sondaj deliğinin eksenine dik yönde oluşan hareketlerin ölçülmesinde kullanılan inklinometreler yardımıyla düşey doğrultudaki deliğin iki tarafında 10-20°'lik sapmalar ölçülebilmekte, hareketin yeri, büyüklüğü ve yönü saptanabilmektedir. Bir tek inklinometre cihazı kullanılarak çok sayıda sondaj deliğinden ölçüm alınabilmekte ve ölçüm hassasiyetinin diğer yöntemlerden daha yüksek olması nedeniyle kaya kütlelerinde ve zeminde gelişebilecek çok yavaş hareketler de kaydedilebilmektedir. Ölçüm sırasında oluşabilecek önemli bir yer değiştirme sonucu aygıtın kuyu içinde kalabileceği bir risk olarak değerlendirilmeli ve inklinometre borularının iç yüzeylerinde bulunan olukların pürüzlü olmasına ve alüminyum borularda sıkça rastlanan korozyon olayına bağlı olarak hatalı sonuçların ortaya çıkabileceği düşünülmelidir (Hanna, 1985).



Şekil 3.1: İnklinometre aleti.

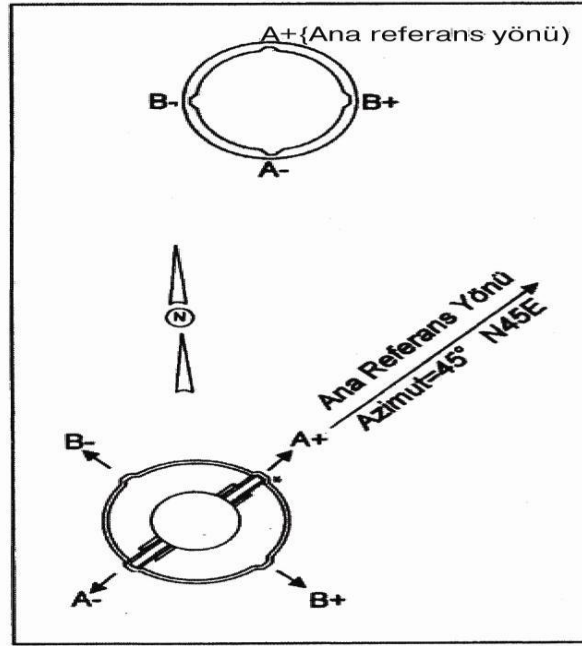


Şekil 3.2: Algılayıcının (prob) düşeyden sapması (Graham, 1989).

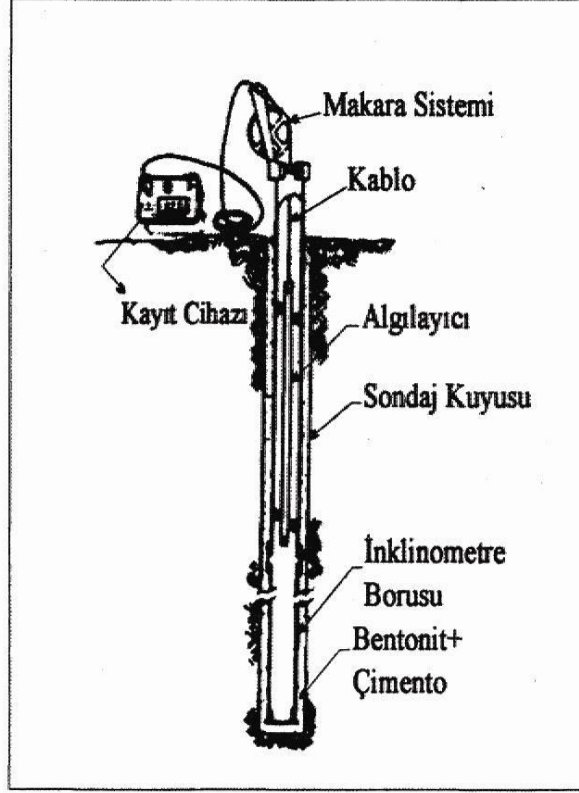
Şekil 3.1'de ayrıntıları verilmiş olan inklinometre aleti algılayıcı (prob) kayıt cihazı ve bantlar arasındaki bağlantıyı sağlayan kablodan oluşur. Gövdesi paslanmaz çelikten yapılmış olan algılayıcıların 2 değişik türü bulunmaktadır. Yanal yöndeki hareketlerin izlenmesinde kullanılan düşey inklinometre algılayıcıları (Şekil 3.1), tekerleklerin bulunduğu düzlemde diğeri ise bu eksene 90° dik durumda bulunan iki adet eksene sahiptir. Bu durumda boruda hem kuzey - güney hem de doğu - batı yönlerindeki sapmalar hesaplanabilir. Algılayıcıların çap ve boyları değişken olmaktadır. Algılayıcıdan alınan voltaj değerleri, algılayıcının uzun ekseninin düşeyden olan sapması sonucu oluşan açıyla doğru orantılıdır (Şekil 3.2). Yatay inklinometre algılayıcıları ise düşey yönde meydana gelecek şişme ve oturma miktarlarının saptanmasında kullanılmakta olup çap ve boyları yine değişebilmektedir (Gordon ve-Mikkelsen, 1988). Kayıt cihazı, algılayıcı kullanılarak kuyunun değişik derinliklerinden alınan verilerin saklanması amacıyla kullanılır. İnklinometre sisteminde algılayıcı ile kayıt cihazı birbirlerine çelik bir kılıf ile çevrilmiş, esnek ve suya karşı oldukça dayanıklı, Metrik ve İngiliz sistemine göre bölümlendirilmiş kablo ile bağlanmaktadır (Ertürk, 1996).

3.2 İnklinometrenin Kullanımı

Yanal veya düşey yöndeki deformasyonların ölçülebilmesi için ilk olarak, hareketin beklendiği yerlere yaklaşık 100-200 mm çapında, sondaj kuyularının açılması gerekir. Açılan kuyuların deformasyona uğramasını ve inklinometre borularının kendi eksenleri etrafında hareket etmesini engellemek için bentonit çamur ile doldurulması gerekir. Açılmış sondaj kuyularına inklinometre borularının yerleştirilmesi sırasında Şekil 3.3'te gösterildiği gibi boruların iç yüzeylerinde bulunan ve birbirleriyle 90° açı yapan oluk çiftlerinden birisi A+, A- oluk çifti, diğeri ise B+, B- oluk çifti olarak kabul edilir. Algılayıcının daha kolay hareket etmesini ve yanal veya düşey yöndeki deformasyonların daha yüksek bir hassasiyet ve doğrulukta ölçülmesini sağlayan oluklardan A+, A- oluk çifti, A+ oluğu muhtemel hareketin referans yönü olacak şekilde beklenen hareket yönü ile aynı doğrultuya getirilir. Bu kurala uygun olarak yerleştirilen her biri 3 m boyundaki inklinometre boruları birbirlerine özel bağlantılarla eklenerek, kuyu içine kuyunun derinliği kadar boru indirilir (Şekil 3.4), (Gordon ve Mikkelsen, 1989).

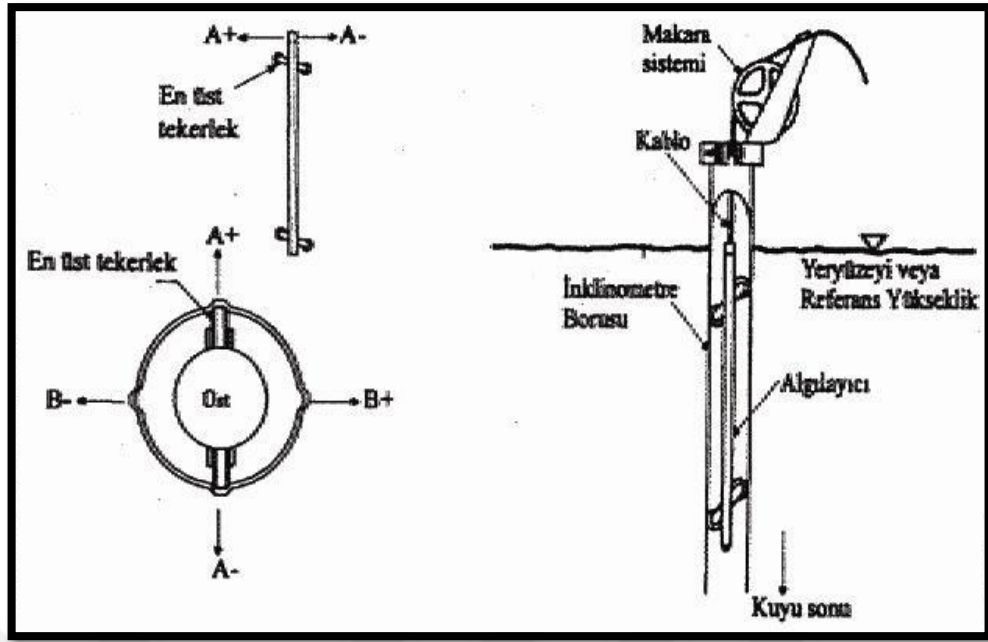


Şekil 3.3: İnklinometre borusunun detayları (Graham, 1989).



Şekil 3.4: İnklinometre borularının yerleştirilmesi ve inklinometre aletinin genel özellikleri (Gordon ve Mikkelsen, 1988).

İnklinometre borularının yerleştirilip ve boruların etrafındaki dolgunun prizi tamamlandığında kuyu inklinometre ölçümlerine hazır hale gelmiştir. Birinci grup ölçümlerin alınabilmesi için algılayıcının en üst tekerleği AOA referans yönüne (A+ oluğuna) getirilmeli ve kayıt cihazı ile bağlantısı sağlanarak kuyu tabanına kadar yavaş ve dikkatli bir şekilde indirilmelidir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: İnklinometre aletinin kullanılması (Graham, 1989).

Ölçümlerin hatasız alınabilmesi için algılayıcının kuyu tabanına değmesi gerekir. Kuyu tabanına indirilen algılayıcı daha önceden karar verilen ve kayıt cihazına kaydedilen okuma aralığı kadar kablo ile yukarı çekilir ve kısıkaç yardımıyla sabitlenir. Okuma aralıkları ölçümlerin daha hassas yapılabilmesi için genellikle algılayıcının uzunluğu kadar alınır (500 mm). Kayıt cihazının ekranında görülen ölçüm değerleri alete kaydedilir. Bu işlem kuyu başına kadar 0.5 m aralıklarla devam ettirilir ve A+, B+ ölçümleri kaydedilir. İnklinometre borularının düzensizliğinden veya aletin sürüklenmesinden dolayı oluşabilecek hatalı ölçümlerin giderilmesi veya en aza indirilebilmesi ve her derinlik için alınan ölçümlerin doğruluğunun kontrol edilebilmesi için algılayıcı yüzeye çıktığında 180° çevrilerek tekrar kuyu tabanına indirilir ve ilk grup ölçümlerin alınması sırasında yapılan, işlemler tekrarlanarak A-, B- ölçümleri kayıt cihazına yüklenir. Algılayıcının 180° çevrilmesine bağlı olarak, aynı derinliklerden alınan A+, A- ve B+, B- değerleri birbirleriyle eşit büyüklükte fakat zıt işaretli olmalıdır. Ölçüm değerlerinin birbirlerinden farklılaşması ölçüm hatasının arttığını gösterir. İnklinometre ölçümlerinin ilki, sondaj kuyusunun eğri olarak, açılmış olabileceği ve kayma hareketinin hızlı bir şekilde gelişebileceği olasılıkları göz önünde bulundurularak kuyu açıldıktan ve içine inklinometre boruları yerleştirildikten hemen sonra yapılmalıdır. Kuyu herhangi bir harekete karşı kalmadan alınan bu ölçümden elde edilen veriler daha sonra yapılacak ölçümlerde referans olarak kullanılacaktır. Ölçüm aralığı, sondaj verilerinden yararlanılarak beklenen

kayma hareketinin hızına göre seçilmelidir. Hızlı bir hareketin beklendiği sorunlu bölgelerde açılan kuyularda ölçüm aralıkları daha kısa seçilirken, daha yavaş bir kayma hareketinin beklendiği bölgelerde açılan kuyularda ise ölçüm aralıkları daha uzun seçilebilir (Ertürk, 1996).

3.3 İnklinometrik Gözlemin İnceliğini Etkileyen Etkenler

İnklinometrelerin farklı çeşitleri vardır ve tümünün genel çalışma prensibi aynıdır. Günümüzde en çok kullanılan ve en gelişmiş tip kuvvetler dengesi kuralına dayanarak çalışan transdüserli inklinometrelerdir. Bu tip inklinometrelerde probun içinde bir transdüser bulunmaktadır. Bu tip inklinometrelerin tek avantajları transdüserlerle ölçüm yapmaları değildir, ayrıca datanın arazide otomatik olarak kaydedilmesi, ham datanın işlenmesi gibi kolaylıkları vardır. Yatay borulardan oturma ölçümleri de yapılabilmektedir. Günümüzde inceliği en yüksek inklinometrik gözlem tipi transdüserli tiptir. Dunnicliff (1988), “inklinometrik gözlemin etkileyebilecek bazı etkenleri” aşağıdaki şekilde belirtmiştir.

Transdüserin inceliği:

Normal koşullarda üretici firmalar ürettikleri transdüserlerin inceliklerini ve hata paylarını belirtmektedirler ve bu inceliğin ölçümü için önemli bir faktördür.

Transdüser hataları başlıca üç kısma ayrılabilir;

- Kalibrasyon sırasında yapılabilecek hatalar: bu durum probun hassasiyetini önemli ölçüde etkilemektedir.
- Ofset hataları: Ofset hataları probun tam düşey durumda durması durumunda okuduğu değerdir.
- Transdüserin eksenile probun tekerleklerinin eksenleri arasında dönme miktarı oluşması: bu durum probun hassasiyetini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Üretici firmalar bu açısal hatayı $\pm 0,5$ dereceden daha aşağı çekememektedirler.

Borunun doğrusalılığı:

Yaklaşık düşey bir borudan yatay deplasmanların ölçülmesi durumunda boru düşeylikten uzaklaştıkça yapılan ölçümün hassasiyeti de azalacaktır. Aynı durum oturumların ölçüldüğü yatay boru için de geçerlidir. Bu durumda da yataylıktan kaçma miktarı arttıkça incelik düşmektedir.

Borunun apı:

Boru apı büyüdükçe borunun burulma miktarı dŖecek, daha düz kalmaya eğimli olacaktır ve bu da lmlerin hassasiyetini arttıracaktır.

Borunun düzlüğü:

İnclinometre borusu kuyunun içine yerleŖtirildiėi zaman yarıkların yönleri bütün boru boyunca aynı kalmaktadır ve belirli bir açısal dönme yapmaktadır. Alüminyum borular için 3 m’de 1° ‘ye varan dönmeler olabilmektedir. Benzer değerler diğer tip borularda da llmŖ bulunmaktadır. Özellikle plastik boruların kullanılmadan önce gneŖ ıŖıėı etkisinde boruların düzgünlüğünün bozulmasında önemli bir etkindir. Bu sebeple boruların her zaman gneŖ ıŖıėından uzak bir yerde saklanması önerilmektedir.

Probun tekerleklerinin durumu:

Probun tekerlekleri iyi bir Ŗekilde tasarlanmış olmalıdır. Uzun vadeli kullanımda yaylı oldukları için en çok tekerlekler aŖınmakta ve zarar görmektedirler. Bu gibi bir durum oluŖtuėunda tekerleklerin kolayca deėiŖtirilebiliyor olması gerekmektedir. Ayrıca tekerleklerin yerleŖtirilme konumları inclinometre borusunun yarıklarına oturabilecek Ŗekilde uyumlu olmalıdır.

Probun kullanılma tarzı:

Probun herhangi bir yere arpmamasına büyük bir zen gösterilmelidir. Prob borunun içine yavaŖa indirilmeli, borunun tabanına vurmasından büyük bir dikkatle kaçınılmalıdır. Her zaman olası darbelere karŖı probun alt ucu yastık görevi görececek bir sert plastikle kapatılmalıdır. Probun çok incelikli ölçüm yapan bir ölçüm aleti olduğu unutulmamalıdır.

Sıcaklık etkisi:

Bazı prob tipleri (rneğin transdserlerle alıŖanlar) sıcaklıktan önemli ölçüde etkilenebilmektedirler. Bu durumda prob yeraltına indirildiğinde veya suya girdiğinde sıcaklık farkından dolayı okumalarda deėiŖimler görülebilir ve hatalı okumalar yapılabilir. Kullanılan prob sıcaklıktan ne kadar etkilenmiyor olsa da her durumda prob ilk ölçüm için kuyunun dibine indirildiğinde sıcaklığın sabitlenmesi için ölçümlere baŖlamadan önce en az on dakika beklenmelidir.

Probun yanı sıra okuma ünitesi de sıcaklıktan etkilenebilmektedir. Elektronik bir cihaz olan okuma ünitesinin olabildiğince yüksek sıcaklık etkisinde bırakılmaması gerekmektedir. Özellikle sıcak bölgelerde okuma ünitesinin doğrudan güneş ışığı etkisinde kaldığı bir şekilde çalışma yapılmamalıdır. Sıcaklık farkından dolayı okuma ünitesinin yapabileceği hatalar probun düşeyden sapma miktarı arttıkça artmaktadır.

İnclinometre kuyusunun doldurulma biçimi:

Kuyunun iyi bir biçimde doldurulmaması borunun tümüyle sabit bir durumda durmasını engelleyecektir. Bu da ölçümlerde her sefer farklı değerler okunması sonucunu doğurabilecektir. En çok incelik gereken durumlarda kuyu delgi işlemi çevre zemini en az örseleyecek şekilde yapılmalı ve borunun yerleştirilmesinden hemen sonra çok iyi bir şekilde doldurulmalıdır. Genellikle çimento enjeksiyonu bu durumlarda daha iyi sonuçlar vermektedir.

Okuma aralığı:

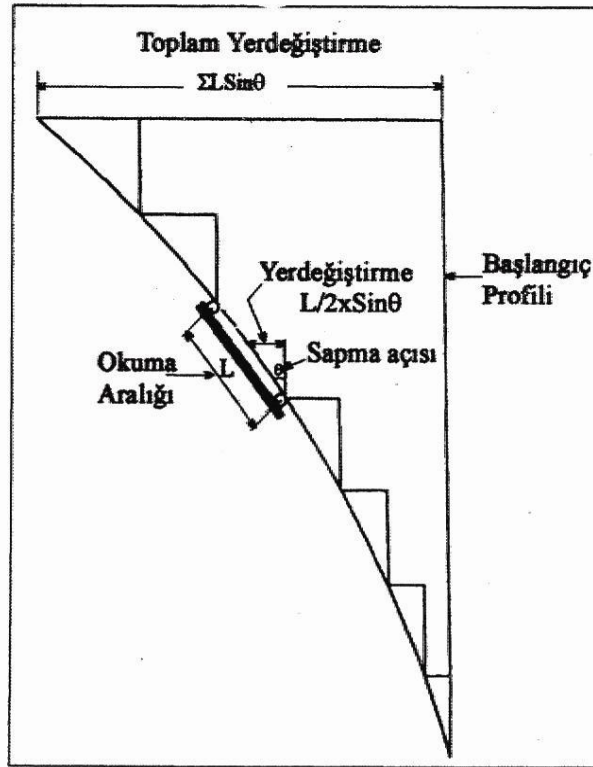
Okuma aralığı ölçümü yapan kişiler tarafından belirlenmektedir. Bununla birlikte en büyük inceliği okuma aralığını kablonun işaretlendiği aralıklara eşit yaparak elde edilmektedir. Ters durumda kablo derinlikleri ile ölçüm yapılan derinliklerin karıştırılması büyük bir olasılıktır. Normal olarak ne kadar fazla sayıda ölçüm alınırsa yani okuma aralığı ne kadar küçük tutulursa incelik de o derecede artacaktır. Ayrıca okuma aralığının büyük tutulması olası bir kayma zonunun belirlenememesi sonucunu da doğurabilecektir.

Okumaların yinelenebilirliği:

Herhangi bir borudan alınan ölçümlerin her zaman aynı derinlikten başlaması gerekmektedir. Bu duruma gerekli önem verilmediği zaman ölçümlerin inceliği önemli ölçüde düşer. Kablonun üzerinde derinlikler doğru ve kalıcı bir şekilde işaretlenmelidir. Kablodan okunacak derinliklerden doğabilecek hatalar (bazı derinliklerin atlanması, değerlerin okunamaması, vb.) bu şekilde giderilebilmelidir. Kuyu derinliği arttıkça bu tip hataların artabileceği unutulmamalıdır (Öncü, 2009).

3.4 İnklinometre Ölçümlerine Ait Hesaplamalar

Muhtemel kayma yönü olarak kabul edilen A+ yönünde meydana gelebilecek yanal hareketlerin yeri ve büyüklüğü farklı derinliklerdeki farklı sapma açılarının algılayıcı yardımıyla hesaplanması sonucu saptanabilmektedir (ASTM D4622-86, 1991). Kuyu tabanından başlayarak her 0.5m'de bir yukarı çekilen algılayıcı yardımıyla alınan ölçüm değerleri gerçekte algılayıcının bulunduğu derinliklerde algılayıcının uzun ekseninin dolayısıyla inklinometre borusunun düşeyle yaptığı sapma miktarlarını gösterir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: İnklinometre prensibi ve hesaplamalar (Wilson ve Mikkelsen, 1977).

İki eksene sahip olan düşey inklinometre problemleri ile ilk ölçümler sonucu A+ ve B+ 180° çevrilmesiyle yapılan ikinci aşama ölçümlerde ise A- ve B- değerleri elde edilir. Kuyunun tabanından yüzeye doğru her 0.5 m'de bir kaydedilen A+, A-, B+, B- değerleri;

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

ilişkisiyle saptanmaktadır.

Burada;

RDG = Sapma miktarı

$\pm$ = Hareketin yönü

L/2 = Algılayıcı (Prob) uzunluğunun yarısı

θ = Algılayıcının uzun ekseninin düşeyle yapmış olduğu sapma açısıdır.

Ölçüm değeri (sapma miktarı), sapma açısının sinüsü ile doğru orantılıdır. Diğer deyişle hareket, beklenen A+ yönünde giderek artıyorsa θ açısı artacak bu da ölçüm değerinin artmasına neden olacaktır. 1 numaralı eşitlikle hesaplanan sapma miktarları sapma açılarının küçük olmasına bağlı olarak çok küçük değerler olarak bulunacaktır. Kayıt işlemlerinin daha basite indirgenmesi ve birçok gereksiz sıfır rakamıyla işlem yapılmasını ortadan kaldırmak için 1 numaralı eşitlikten bulunan sapma miktarları 100 ile çarpılır.

$$RDG (10^2 \text{ mm}) = (250 \times \sin \theta) \times 100 \quad (3.2)$$

Algılayıcının en üst tekerleği A+ oluşunda, 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 grup ve algılayıcının 180° çevrilmesiyle yapılan ikinci grup ölçümler sonucu kuyunun aynı derinliklerde hesaplanan eşit büyüklükte fakat zıt işaretli sapma miktarlarının farkı alınarak bulunur.

Bu bilgiler ışığında, önemli mühendislik yapılarında mm boyutunda oluşacak hareketlerin izlenmesinde kullanılabilecek aletlerden biri olan inklinometreler yerleştirildikleri sondaj deliğinin eksenine dik yönde oluşan hareketlerin izlenmesinde kullanılır. İnklinometreler ile hareketin yeri, büyüklüğü ve yönü saptanabilmektedir. Bir tek inklinometre cihazı kullanılarak çok sayıda sondaj deliğinden ve değişik derinliklerden ölçüm alınabilmekte ve ölçüm inceliğinin yüksek olması nedeniyle kaya kütlelerinde ve zeminde gelişebilecek çok yavaş hareketler de kaydedilebilmektedir. Yüksek hassasiyette ölçümler alabilen inklinometre aleti oldukça pahalı olup, ölçüm sırasında oluşabilecek önemli bir yer değiştirme sonucu aletin kuyu içinde kalabileceği önemli bir risk olarak değerlendirilmelidir (Ertürk, 1996).

3.5 İnklinometrenin Sahada Denetimi

İnklinometrik gözlem yapılacağı zaman ölçümlere başlamadan önce her seferinde sistemin doğru olarak çalıştığının pratik bir şekilde denetlenmesi gerekir. Bu pratik kontrol şu şekilde yapılabilir:

- Prob borunun içerisinde su seviyesinin altında herhangi bir derinliğe kadar indirilir.
- Sıcaklığın sabitlenmesi için en az on dakika beklenir.
- Ardışık okumalar alınır.
- Aynı işlem probun 180° döndürülüp aynı derinliğe kadar indirilmesiyle tekrarlanır.
- Aynı derinlikler için okumaların toplamlarına bakılır ve toplamların yaklaşık sabit olup olmadığı kontrol edilir.

Bu şekilde bir kontrol yapıldığı zaman olası bir problem daha baştan fark edilebilir ve önlemi alınabilir (Ertürk, 1996).

3.6 İnklinometrik Gözlem Sonuçlarının Değerlendirilmesi

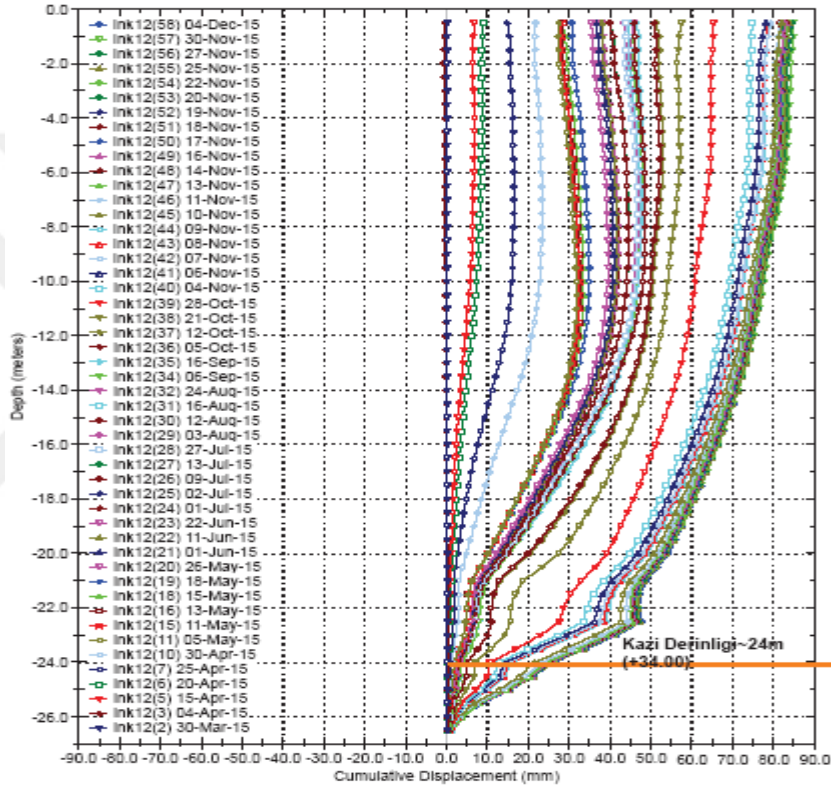
İnklinometrik gözlem verisinin değerlendirilmesi için yapılacak ilk şey aynı derinlikteki okumaların toplamlarını ve bu sahada ölçümler devam ederken yapılmalıdır. Bu değer her seviyede yaklaşık aynı olmalıdır. Bu toplamların çok değişken olmaları yapılan ölçümün inceliğinin düşük olduğunu göstermektedir. Aslında bu değerler doğal olarak borunun içinin durumuna, inklinometre cihazının performansına ve ölçüm yapan kişiye göre değişebilmektedir ama bunun yanında değerlerin yaklaşık olarak aynı olması inceliğin arttığını göstermektedir. Çok düşük farklılıklar önemli bir problem teşkil etmemektedirler.

Sağlıklı ve incelikli bir ölçüm bu şekilde tamamlandıktan sonra inklinometre borusunun her 50 cm’de (genel olarak) bir şekil değiştirmelerin beklendiği doğrultuda ve bu doğrultuya dik yönde yaptığı yer değiştirme değerleri 0,01mm inceliği ile belirlenmiş olur. Bu şekil değiştirmeler referans okumalarında ölçülmüş bulunan şekil değiştirmelerle karşılaştırılır ve borunun referans ölçümlerinin yapıldığı zamandan o zamana kadar yapmış olduğu şekil değiştirme miktarı belirlenir (Ertürk, 1996).

İnclinometre gözleminin sonuçları genellikle grafik olarak ifade edilmektedir. Bu şekilde değerlendirilmesi ve yer değiştirmelerin belirlenmesi daha açık olmaktadır. Sonuçların değerlendirilmesinde kullanılabilecek değişik grafik türleri mevcuttur. En çok kullanılan grafikler ise şunlardır:

- Toplam yer değiştirmeler grafiği (Cumulative displacements)

Referans ölçümlerinden sonra meydana gelen yer değiştirmelerin miktarının ve yerinin belirlenmesinde en çok başvurulan grafik türü toplam yer değiştirmeler grafiğidir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Toplam yer değiştirme grafiği.

Toplam yer değiştirmeler grafiğinde borunun en alt ucunda oluşan yer değiştirme ihmal edilerek, yani sıfır kabul edilerek, ardı sıra gelen okumaların her birinde ölçülen yer değiştirmeler toplanarak borunun en üst seviyesine kadar çıkılmaktadır. Bu şekilde her ölçüm noktasında oluşan toplam yer değiştirme miktarı ölçülmüş olmaktadır.

Toplam yer değiştirmeler grafiği inclinometre datasının değerlendirilmesinde en verimli bilgiyi vermekle birlikte deplasmanların kümülatif olarak hesaplanmasından dolayı hatalara karşı çok duyarlıdır; hataların sürüklenmesi sorunu vardır. Özellikle de probun kalibrasyonu bu grafiği çok büyük miktarda etkileyebilmektedir.

Hataların sürüklenmesi kaçınılmaz olduğu için kümülatif deplasmanların değerlendirilmesinde düşük mertebeli yer değiştirmeler önemli bir sorun olarak değerlendirilmemeli ancak ardışık ölçümlerde görülen şekil değiştirmeler borunun gerçek yer değiştirmesi olarak düşünülmelidirler.

- Artımsal yer değiştirmeler grafiği (Incremental displacements)

Toplam yer değiştirmeler grafiğinden sonra en çok kullanılan grafik türü Artımsal yer değiştirmeler grafiğidir. Bu grafikte borunun en alt seviyesindeki şekil değiştirmesi gözardı ederek her ölçüm noktasındaki düşeyden sapma miktarını göstermektedir. Artımsal yer değiştirmeler grafiğinde kullanılan şekil değiştirme değerlerinin ardışık olarak toplanması ile toplam yer değiştirme grafiği elde edilmektedir. Bir başka deyişle toplam yer değiştirme grafiğinin derinliğe göre birinci türevi artımsal yer değiştirmeler grafiğini vermektedir. Bu grafik türü alet ve operatör hatalarına karşı daha az hassastır ve hataların sürüklenmesi söz konusu değildir. Ayrıca gerçek hareketin hangi bölgelerde oluştuğunu gösterme açısından daha kullanışlı olmaktadır. Örneğin bir kayma zonunun artımsal yer değiştirmeler grafiğinde belirlenmesi toplam yer değiştirmeler grafiğinde belirlenmesinden daha kolay olmaktadır; şekil değiştirmenin gerçek miktarı ise toplam yer değiştirmeler grafiğinden okunmalıdır.

- Yer değiştirme- Zaman grafiği

Yer değiştirme - Zaman grafiği referans ölçümlerinden sonra geçen zaman içinde meydana gelen Şekil değiştirmeleri gösteren grafik türüdür. Bu grafikte değişik derinlikler için zamana bağlı olarak şekil değiştirmeler görülebilmektedir.

- Gerçek durum grafiği (Absolute position)

Bu grafik türü inklinometre borusunun gerçek şeklini göstermektedir. Gerçek durum grafiği genel olarak şekil değiştirmelerin belirlenmesi için kullanılan bir grafik değildir. Bununla birlikte istenilen yönden çok fazla saptmış olan bir borudan alınan ölçümlerin hata paylarının belirlenmesinde bu grafikten yararlanılabilir. Ayrıca şantiyede gerçekleştirilen imalatın (örneğin ankraj delgisi) inklinometre borusuna zarar vermesi de borunun bu grafik yardımıyla gerçek şeklinin belirlenmesi ile önlenir (Ertürk, 1996).

Sahada inklinometreye ilişkin resimler aşağıda Şekil 3.8, Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da gösterilmektedir.



Şekil 3.8: Sahada inklinometre aleti.



Şekil 3.9: Sahada inklinometre aleti ile deplasman ölçümü.

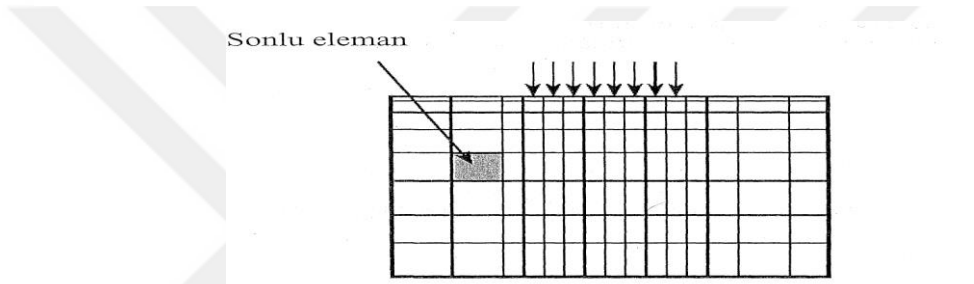


Şekil 3.10: Sahada inklinometre borusu.

4. ÇALIŞMADA KULLANILAN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ

4.1 Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi diferansiyel denklemlerle ifade edilen mühendislik problemlerinin analizi için geliştirilen nümerik bir çözüm yöntemidir. Sürekli bir ortam sonlu elemanlara bölünerek denklemler bir eleman için yazılır ve entegre edilerek sistem denklemleri elde edilir (Şekil 4.1). Sürekli bir ortam için göz önüne alınan diferansiyel denklem lineer bir denklem takımına indirgenir (Plaxis, 2012).



Şekil 4.1: Sonlu eleman.

Sonlu elemanlar sayısal analiz yöntemi, matematiksel ifadelerle tanımlanan sürekli problemlerin genel çözüm yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Zeinkiewicz, 1977). Sonlu elemanlar yöntemi ilk olarak 1950’li yılların başında inşaat mühendisliğinde kullanılmaya başlanmış ve günümüz bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle de daha yaygın hale gelmiştir. Günümüzde mühendisliğin birçok dalında kullanılan sonlu elemanlar yöntemine, inşaat mühendisliğinde genel olarak akışkanlar mekaniği, gerilme analizleri ve elastisite problemlerinin çözümlerinde sıklıkla karşılaşılmaktadır. Geoteknik mühendisliğinde ise yeraltı ve boşluk suyu etkileri, sınır durumları ve deformasyonlar ile gerilme-şekil değiştirme arasındaki ilişkileri açıklamaktadır. Bu nedenle destekli derin kazıların tasarım aşamasında deplasmanların belirlenmesi için sıklıkla başvurulmaktadır. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak belirlenen deplasmanlar, iksa özelliklerine, zemin parametrelerine, sonlu elemanların özelliklerine ve yöntemde kullanılan malzeme modellerine göre elde edilmektedir (Finno ve Calvello 2005, Demir 2015).

Geoteknik mühendisliğinde karşılaşılan problemlerde yaygın biçimde kullanılan bu yöntemin, belli aşamalar takip edilerek sonuca ulaşıldığı görülmektedir. Başlangıçta problemin belirlenmesi gerekmektedir. Sonra sırası ile zemin özellikleri ve yeraltı suyu seviyesinin belirlenmesi, probleme en uygun zemin modelinin seçilmesi, sınır şartlarının belirlenmesi, sırasıyla inşa aşamalarının belirlenmesi, belirlenen tüm koşulların sonlu elemanlar yöntemine göre çizilmesi ve analiz edilmesi ile prosedür sonlandırılmış olmaktadır (Xanthakos, 1991).

4.1.1 Sonlu elemanlar ile hesap yönteminin avantajları

- Bilgisayar yardımı ile çözülebilir (Hız + optimizasyon olanağı).
- Geliştirilen sonlu eleman formülizasyonunun birçok probleme uygulanabilir.
- Karmaşık geometri, yükleme, sınır koşulları ve malzeme durumunun dikkate alınabilir.
- Seçilen birincil bilinmeyenler (yer değiştirme, akım potansiyeli vs.) ile bunlara bağımlı ikincil bilinmeyenler (gerilme, şekil değiştirme, akım miktarı, hız vs.) birlikte ele alınabilir.
- Bütünleşik problemlerin [gerilme şekil değiştirme (statik) + konsolidasyon (dinamik) gibi] çözümünde kolaylık sağlar (Plaxis, 2012).

4.1.2 Sonlu elemanlar ile hesap yönteminin dezavantajları

- Bilgisayar yardımı ile çözülebilir (bellek ve CPU hızı+ bilgisayara bağımlılık),
- Yaklaşık bir yöntemdir, yeterli eleman ile gerçek çözüme çok yakın sonuçlar elde edilebilir (Plaxis, 2012).

4.1.3 Sonlu elemanlar yönteminin analiz aşamaları

- Eleman seçimi ve ortamı elemanlara ayırma
- Yaklaşım modeli (veya fonksiyonu) seçimi
- Malzeme bünye davranışı
- Eleman denklemlerinin elde edilmesi
- Eleman denklemlerinin birleştirilerek sistem denklemlerinin elde edilmesi
- Sistem denklemlerinin çözülerek birincil bilinmeyenlerin bulunması
- Birincil bilinmeyenlerden ikincil bilinmeyenlerin hesaplanması

- Sonuçların yorumu

şeklinde olmaktadır (Plaxis, 2012).

4.2 Plaxis Programı

PLAXIS (Finite Element Code for Soil and Rock Analysis), 1987 yılında Hollanda'nın Delft Teknik Üniversitesinde geliştirilmiş, geoteknik mühendisliği projelerinde kompleks problemleri sonlu elemanlar yöntemi yardımı ile çözmeye yarayan, deformasyon analizleri, stabilite analizleri, dinamik analizler, zamana bağlı davranış analizleri yapan bilgisayar programıdır. İlk kez 1987 yılında Hollanda Delft Teknik Üniversitesi tarafından yumuşak zemin üzerindeki nehir dolgularının sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilebilmesi için tasarlanmıştır. Zamanla, diğer geoteknik mühendisliği problemlerinin çözümünü de kapsayacak şekilde genişletilmiştir (Yıldız, 2005).

Plaxis sonlu elemanlar zemin bilgisayar programı ile değişik tür kazıkların boyutlandırılması yapılabilmekte ve kazığa etki eden yük, moment, kesme kuvveti, gerilmeler ve kazığın yapacağı oturmalar hem grafik hem de tablo halinde kritik noktaları ile beraber eksiksiz olarak hesaplanabilmektedir. Ayrıca zemin içinde herhangi bir noktada zemine etkiyen kuvvetlerden, dolgudan veya herhangi bir yükten oluşan gerilme, oturma, efektif gerilme, kritik gerilmeler yine tablo ve grafik halinde bulunabilmektedir (Öncü, 2009).

Plaxis kullanıcılarının temel zemin mekaniği anlayışına hakim olması gerekmektedir. Analiz edilecek her yeni proje için ilk olarak geometri modelini oluşturmak gerekmektedir. Noktalardan, çizgilerden ve hücrelerden oluşan geometri modeli gerçek bir problemi temsil etmektedir. Bir geometri modeli farklı zemin tabakalarını, yapısal elemanları, inşa aşamalarını ve yükleri kapsmalıdır. Bir model geometrisinde bulunan üç tip ana bileşen vardır. Bunlar; noktalar, çizgiler ve hücrelerdir.

- Noktalar

Noktalar çizgilerin başlangıcını ve sonunu belirler. Noktalar aynı zamanda ankrajların, nokta yüklerin, sonlu eleman ağının lokal yerleştirilmesinde de kullanılabilirler.

- Çizgiler

Çizgiler geometrinin fiziksel sınırlarını, model sınırlarını, geometrinin süreksizliklerini, farklı tabakalarını, ayrımını veya inşa aşamalarını belirlemekte kullanılır. Bir doğrunun farklı fonksiyonları ve özellikleri olabilir.

- Hücreler

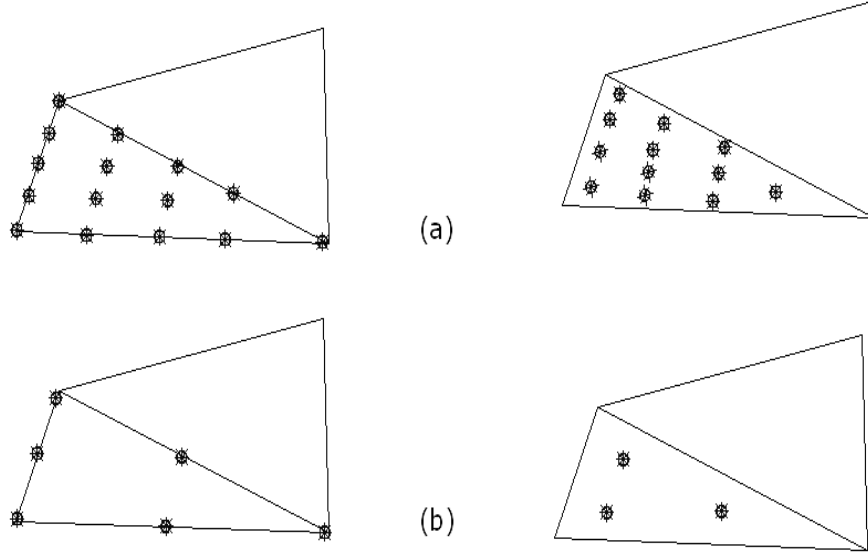
Hücreler her tarafı çizgilerle kapatılmış alanlardır. Plaxis, geometri çizgilerinin girilmesiyle oluşturulmuş hücreleri otomatik olarak tanır. Hücre içerisinde zemin özellikleri homojendir. Bu yüzden, hücreler zemin tabakalarını oluşturan parçalar olarak düşünülebilir. Hücrelere gelen etkiler hücre içerisindeki bütün elemanlara etkir. Geometri modeli oluşturulduktan sonra, sonlu elemanlar modeli geometri modelinin içerisindeki hücre ve çizgilerin bileşimine bağlı olarak otomatik olarak oluşturulur. Bir sonlu eleman ağında, elemanlar, düğümler ve gerilme noktaları olmak üzere üç tip bileşen bulunmaktadır (Clayton vd., 1993).

- Elemanlar

Ağın oluşturulması sırasında, hücreler üçgen elemanlara ayrılırlar. Plaxis kullanım seçeneklerinde üçgen elemanlar 6 veya 15 düğüm noktalı olarak uygulanabilir. 15-düğümlü daha hassas bir çözüm yapılmasına olanak sağlamaktadır. Fakat çözüm 6-düğümüne göre daha uzun sürmektedir. En uygun seçenek yapılan çalışmanın türüne göre seçilmelidir. Hassas çalışmalarda 15-düğümlü seçilmesi gerekirken, daha çabuk sonuca ulaşmak istenen ön çalışmalarda 6-düğümlü seçenek kullanılmaktadır.

- Düğüm Noktaları

15-düğüm noktalı üçgenler 15 düğüm noktasından, 6-düğüm noktalı üçgenler ise 6 düğüm noktasından oluşmaktadır. Elemanlar üzerinde düğüm noktalarının dağılımı Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Sonlu elemanlar hesabı esnasında, deplasmanlar düğüm noktalarında hesaplanır. Düğüm noktaları yük-deplasman eğrilerini oluşturmak için önceden seçilebilir.



Şekil 4.2: Analizlerde kullanılan elemanlar, düğüm ve gerilme noktaları.

- Gerilme noktaları

Gerilmeler özel integrasyon noktalarında hesaplanır. Şekilde görülebileceği gibi, 15 düğümlü bir üçgen 12, 6 düğümlü bir üçgen 3 gerilme noktası içermektedir.

Plaxis paket programı 4 uygulama bölümünden oluşur. Bunlar;

- Input: Tüm geometrik girişlerin yapılp, sisteme ait parametrelerin verildiği kısımdır,
- Calculations: Hesap yöntemi ile ilgili parametrelerin girildiği ve analizin başlatıldığı kısımdır,
- Output: Analiz sonucu sistemdeki deformasyon, gerilme vb. bilgilerin grafiksel olarak görüntülendiği kısımdır,
- Curves: Çözömlenen sistemden çeşitli eğrilerin elde edilebileceği kısım.

4.2.1 Plaxis Programının Çözüm Aşamaları

Programın kullanımı sırasında öncelikle sonlu elemanlar modelinin temel parametreleri < general settings > komutu ile belirlenir ve kullanılacak birimler bu sekmede seçilir. Daha sonra geometrinin oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla < geometry line > komutu ile çizgisel elemanlar kullanılır ve çalışma alanının sınırları belirlenir. Çok tabakalı bir zemin profili üzerinde çalışılacağı zaman yine bu çizgisel elemanlar yardımıyla arazi istenilen noktalardan ayrılarak farklı zemin bölgeleri tanımlanabilir.

Geometrinin oluşturulmasından sonra projede kullanılacak yapısal elemanlar (temel, palplanş, geotekstil, yatay destek, ankraj, diyafram duvar vb.) yerine göre < beam, geotextile, node to node anchor ve fixed and anchor > komutları yardımıyla modellenir.

Tünel hesapları için ayrı bir komut olan < tunnel > komutu kullanılmaktadır. Tünel hesaplarında tüneli üç farklı şekilde tanımlamak mümkündür (sol yarım tünel kesiti, sağ yarım tünel kesiti ve tam tünel kesiti).

Plaxis programı, önceden belirlenmiş yer değiştirmeler, çizgisel ve yayılı yükleri kullanmamıza da olanak sağlar. Bu amaçla, sırasıyla <prescribed displacements, point forces ve traction loads > komutları kullanılabilir.

Arayüzlerin belirlenmesi için geometry menüsünden <interface> komutu seçilir ve istenilen yerlerde arayüzler tanımlanabilir.

Malzeme özellikleri atanmadan önce, sınır şartlarını belirlemek amacıyla <standart fixities > komutu kullanılır. Programda bu düğmeye basıldığında çalışılan alanda otomatik olarak düşey yönde harekete izin verilirken yatay yöndeki hareket sınırlandırılır.

Malzeme özellikleri < material properties > ana başlığı altında, soil&interface, beam, anchor ve geotextile elemanlar tanımlanıp atanabilir.

Programda zemin özelliklerini belirlemek amacıyla Lineer Elastik Model, Mohr - Coulomb (MC), Hardening Soil Model (HS) ve Soft Soil Creep Model (SSC) olmak üzere dört farklı zemin modeli kullanılmaktadır (Yıldız, 2005).

- Lineer Elastik Zemin Modeli

Bu modelde, zemin davranışının Hooke yasasına uyduğu ve izotropik lineer elastik bir malzeme olduğu kabul edilmektedir. Lineer elastik model, zemin davranışını çok sınırlı bir şekilde temsil edebilir. Kaya gibi büyük ve rijit zemin kütlelerini modellemek için kullanılır.

- Mohr-Coulomb Zemin Modeli

Bu modelde, hesaplamaların hızlı ve kısa zamanda yapılabilmesi nedeniyle, genellikle zeminde oluşacak deformasyonlar hakkında ilk izlenimleri elde etmek için kullanılır. Tez çalışmasında bu model kullanılmıştır.

- Hardening Soil Zemin (HS) Modeli

Farklı tipteki zemin davranışını modellemekte kullanılan zemin modelidir. Mohr-Cloumb modeline göre çok daha gelişmiş bir zemin modelidir.

- Soft-Soil-Creep (SSC) Zemin Modeli

Zemin mekaniğinde normal konsolide killeri, killi siltler ve turba zeminler yumuşak zemin olarak kabul edilir. Bu tür zeminlerin yüksek mertebedeki sıkışabilirlik özelliğine bağlı olarak farklı özellikleri vardır. HS modeli tüm zeminler için uygun bir model olmasına rağmen, yumuşak zeminlerdeki büzülme ve gerilme gevşemesi gibi viskoz etkiler ile normal konsolide killerde gözlenen zamana bağlı sıkışma davranışını dikkate almaz. Bu nedenle, bu tür zeminlerde SSC modeli kullanılır. Özellikle, temel ve dolgulardaki zamana bağlı oturma problemleri ile tüneller ve derin kazı gibi zemindeki yük boşalması problemlerinde bu model kullanılır.

Sonlu elemanlar ağı, < mesh > komutu ile oluşturulur. Programın normal işleyişinde sonlu elemanlar ağı çok sık olarak oluşturulmaz, ancak istenildiği takdirde tüm zemin ortamı ya da sadece incelenmek istenen kısım için çok sık bir sonlu elemanlar ağı oluşturulabilir.

Sonlu elemanlar ağı da oluşturulduktan sonra başlangıç koşullarını belirlemek amacıyla < initial conditions > düğmesine basılır.

Bu adımdan sonra < calculation > komutuna basılarak ortam son haline getirilir ve hesaplamalara geçilir. Bu aşamada kademeli inşaat yapılması durumunda < staged construction >, tekil ya da yayılı yük tanımlaması durumunda < total multipliers > komutu ile işlem yapılır. Tüm aşamalar tamamlanıp ortam son haline geldiğinde ise < calculate > komutu ile zemin ve yapısal elemanların bu şartlar altındaki davranışı görülebilir. İstenildiği takdirde < curves > komutuyla istenilen grafikler çizilerek gerekli karşılaştırmalar yapılabilmektedir.

5. İNCELENEN DESTEKLİ KAZI UYGULAMA ÖRNEĞİ

5.1 İstanbul–Maltepe Fore Kazık, Betonarme Perde ve Ankrajlı Derin Kazı Destek Sistemi

Bu tez çalışmasında örnek olarak ayrıntılı bir şekilde incelenen derin kazı iksa uygulama projesi İstanbul ili, Maltepe ilçesinde bulunan sahada Otel, Ticari Alanlar ve AVM'den oluşmaktadır. İnşa edilecek yapılar değişik yüksekliklerde olacaktır. Tüm yapı oturma alanlarının altında en az 3 bodrumlu otopark alanlarının yapılması planlanmıştır. Genel anlamıyla ise AVM 4 bodrum+zemin+3 ve 4 katlı, Otel bloğu ise 4 bodrum+zemin+8 ve 9 katlı olacaktır. Tüm temel oturma alanları aynı kotta tek olacaktır.

AVM ve Otel Projesi'nde 24m'ye varan derinlikteki temel kazısının yapılabilmesi için inşaa edilecek iksa sistemi düşey elemanları D=30 cm ve D=35 cm kalınlığında kuyu perdeler ile D=65 cm ve D=80 cm çapında fore kazıklar kullanılmıştır. Kuyu perdeler yatay elemanlarla desteklenmiş olup, fore kazıkların belirli cephelerde yatay elemanlarla desteklenmesine, uygun görülen bölgelerde ise konsol olarak çalışmasına izin verilmiştir. Yatay desteklerin bulunduğu kazık soket boyları 3.0m olarak seçilmiş, konsol çalışan fore kazıkların soket boyları ise iksa sistemi analizlerinden hareketle belirlenmiştir.

Kuyu perdelerde, öngermeli ankrajların yer aldığı seviyelerde enine donatı oranı artırılarak, perdenin kuşak kirişi gibi çalışması öngörülmüştür. Fore kazıklı perdelerin bütünlüğünü sağlamak amacıyla D=65cm çaplı kazıklar için 80cmx60cm, D=80cm çaplı kazıklar için 90cm x80cm boyutlarında bir baslık kirişi yapılması tasarlanmıştır.

Ankrajların tasarım boyları; kök boyu hesabı ve kök boyunun sistemin deplasman yapması durumunda mobilize olması beklenen aktif toprak kamasına olan mesafesi dikkate alınarak belirlenmiştir. $\phi=25-35^\circ$ kayma mukavemeti açısı için mobilize olması beklenen aktif kama için analiz edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda, toplam boyu 18m ile 36m arasında değişen 7m kök boyuna sahip ankrajların imal edilmesi uygun görülmüştür.

İnceleme alanında imal edilecek öngermeli ankrajlar $4 \times 0.01524\text{m}$ çapındaki tendonlardan teşkil edilecektir. Ankraj düşey aralığı 2,2m-3,0m ve yatay aralığı 2,40m olarak yapılması planlanmıştır. Kazı derinliğine bağlı olarak yatay destek elemanlarında 2 ila 10 kademe arasında değişen 4 halatlı ankrajlı sistem kullanılmıştır. Saha yaklaşık 100029,754 m²'lik inşaat alanını kapsamaktadır. Parsel çevresi tamamen yol ile çevrili olup yol kenarında ortalama 6-7 katlı yapılar mevcuttur. Derin kazı yapılacak arazi alanı eğimli bir topoğrafyaya sahiptir. İnceleme alanına ait uydu görüntüsü Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1: İnceleme alanına ait uydu görüntüsü.

5.2 Zemin Parametrelerinin Belirlenmesi

Geoteknik Mühendisliğinde zemin kesitinde yer alan tabakaların mühendislik özelliklerinin belirli bir derinliğe kadar bilinmesi gerekmektedir. Zemin parametrelerinin belirlenmesi için arazi ve laboratuvar deneylerinden yararlanılmaktadır. Laboratuvar yöntemleri kullanılırken örselenme etkisi ihmal edilebilir kabul edilse bile, numuneler alındığı tabakanın çok küçük bir bölgesini temsil ettiğinden, laboratuvar deney sonuçları tüm tabakanın özelliklerini yansıtmayabilir. Arazi deney yöntemlerinde laboratuvardaki gibi gerilme şartlarının tekrar oluşturulma sorunuyla karşılaşılmazken, gerçek gerilme durumu ve anizotropi

çoğu kere kendiliğinden sağlanır. Arazi deneyleri, daha geniş bir bölgede uygulandığından, sonuçlar zemin tabakasını daha iyi temsil edebilmektedir (Sivrikaya ve Toğrol, 2007). İksa tasarımı yapılırken kullanılacak zemin parametrelerinin doğru seçilmesi, derin kazı yapılırken oluşabilecek tehlikelerin önüne geçilmesinde büyük önem taşımaktadır.

5.3 Zemin Araştırma Sondajları

Etüt alanını oluşturan birimlerin litolojik yapısı, mekanik ve fiziksel özelliklerini ve yeraltı su durumunu ve katman kalınlıklarını belirlemek amacı ile derinliği L=20,00-30,00m arasında değişen toplam 295m olan 13 adet sondaj ve dinamik elastisite parametrelerini belirlemeye yönelik olarak 4 adet serim sismik kırılma ve 4 adet mikrotremor deneyleri yapılmıştır. Sondaj yapılan yerlere ait kuyu yerleri işaretlenmiş olup Şekil 5.2’de gösterilmiştir ve sondaj logları EK A’da sunulmuştur. Sondaj loglarında; zeminde, alınan SPT değerlerine göre değerlendirme yapılırken, kayada da Toplam Karot TCR(%) Değerleri, sağlam karot yüzdesi ve kaya kalitesinin ölçütü olan RQD(%) değerlerine göre değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 5.2: Açılan sondaj kuyu yerleri.

5.3.1 İnceleme alanına ait sondaj çalışma verileri

İnceleme alanı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığınca 19.01.2010 tarihinde onaylanan Anadolu Yakası Mikro Bölgeleme Raporunda (ÖA-5b), (ÖA-4a), (ÖA-6a), olarak belirlenen bölge içerisinde kalmaktadır. Etüt alanında yapılan sondajlarda yüzeyde kalınlığı 0,00-4,60m arasında değişen kil-kum bağlantılı vasıfsız dolgu yer

almaktadır. Dolgu zemin altında ise; 0,00-11,50m seviyelerine kadar Kurtköy Formasyonu üyesi açıkli koyulu mor - eflatun renkli, kil, kum ve çakıl boyutunda arkoz bileşimli kırıntılı kayaçlara rastlanmıştır. Bu birimin ardından ise kuyu sonuna kadar çok-orta derecede ayrılmış arkoz–arkozik kumtaşı yer almaktadır. Bu birim Kurtköy Formasyonu-Süreyyapaşa Üyesine ait olup yaşı Alt Ordovisiyen'dir.

İnceleme alanında yapılan SK-23 No'lu sondajda arkoz birim altında Aydos Formasyonu Üyesi Kuvars Arenite rastlanmıştır.

İnceleme alanında yapılan sondajlarda kayaç formasyonlar içerisinde kümelenmiş tünexu seviyelerine rastlanmıştır. Sondajlarda arazi sondaj kotlarına bağlı olarak yüzeyden 4,00-23,00 m derinliklerde tünex yeraltı suyuna rastlanmıştır.

Etüt sondajları sırasında, zemin tabakalarının kıvam durumunu tespit etmek amacı ile standart penetrasyon deneyleri yapılmış, zeminden temsili bozulmuş SPT numuneleri, kaya birimlerden de karot numuneleri alınmıştır.

Gözlenen standart penetrasyon değerleri EK A'daki detaylı sondaj loglarında belirtilmiştir. Yukarıda bahsedilen tüm arazi araştırmaları ile zemin profili, tabakalaşmalar ve zemin kıvamı incelenmiştir.

Proje sahasında bulunan birimler üzerinde açılan sondaj kuyularından elde edilen karotların RQD değerleri hesaplanarak kaya kalitesi belirlenmiştir. RQD ile kaya kalitesi ilişkisi Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1: RQD ve kaya kalitesi ilişkisi (Sabatini vd., 1999).

RQD DEĞERİ (%)	KAYA KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ
0-25	Çok Zayıf
25-50	Zayıf
50-75	Orta
75-90	İyi
90-100	Çok İyi

Sondaj kuyularının derinlik-kot ve koordinatları Çizelge 5.2'de sunulmuştur.

Çizelge 5.2: Sondaj kuyularının derinlik-kot ve koordinatları.

SONDAJ NO	DERİNLİK(M)	KOT	KOORDİNAT
SK-1	26,00	58.85	X:426037.0100 / Y:4535976.5700
SK-4	21,00	58.85	X:426134.1600 / Y: 4535924.9300
SK-5	20,00	57.75	X:426214.5342 / Y:426214.5342
SK-7	27,00	57.51	X:426286.4600 / Y:4535806.6300
SK-13	12,00	51.01	X:426000.0000 / Y:4535900.0000
SK-15	17,00	48.99	X:426117.6600 / Y:4535828.9000
SK-16	25,00	50.20	X:426168.3800 / Y:4535793.3800
SK-21	15,00	44.77	X:425981.2400 / Y:4535794.0700
SK-23	12,00	43.38	X:426083.7652 / Y:4535761.8073
YSK-1	30,00	56.98	X:426217.3025 / Y:4535823.1047
YSK-5	30,00	58.00	X:426163.2576 / Y:4535908.5164
YSK-7	30,00	58.69	X:426104.0674 / Y:4535948.0913
YSK-8	30,00	58.37	X:426064.1955 / Y:4535937.3706

5.4 Yeraltısuyu Durumu

İnceleme alanında yapılan sondajlarda kayaçlar içerisinde tünük olarak sondaj kotlarına bağlı olarak yüzeyden 4,00-23,00m derinliklerde sızıntı halinde yeraltı suyuna rastlanılmıştır. Bu sular gerçek anlamıyla bir yeraltı su seviyesi olarak değerlendirilmemelidir. Ölçülen yeraltı su seviye derinlikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3: Sondaj kuyularında ölçülen YASS derinlikleri.

SONDAJ NO	YASS(M)
SK-1	22,80
SK-4	5,15
SK-5	5,80
SK-7	4,20
SK-13	9,70
SK-15	4,60
SK-16	6,50
SK-21	14,45
SK-23	6,96
YSK-1	4,50
YSK-5	4,00
YSK-7	12,00
YSK-8	5,00

5.5 Laboratuvar Çalışmaları

İnceleme alanında yer alan zemin birimlerinin indeks ve fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla alınan örselenmiş SPT, örselenmemiş UD ve kaya birimlerinden de alınan karot numuneleri üzerinde:

- Serbest basınç deneyi,
- Atterberg limitleri,
- Elek analizi
- Nokta yükü dayanım testi,
- Tek eksenli basınç dayanımı deneyi,
- Birim hacim ağırlık deneyi
- Serbest basınç testleri

yapılmıştır.

5.5.1. Zeminlerin indeks/fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

Tanımlama için, numuneler üzerinde standart olarak Atterberg limitleri ile granülometrik özelliklerinin tayini için elek analizleri yapılmıştır. Bu deneyler ile ilgili sonuçlar Çizelge 5.4'te verilmektedir. Elek analizi ile ilgili sonuç ve grafikler Ek B'de sunulmaktadır.

Çizelge 5.4: Laboratuvar deney sonuçları.

Çukur / Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Su İçeriği	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Deneyi	Nokta Yükleme Deneyi
					No.4 Kalan (%)	200 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)		qu (kgf/cm ²)	Is (kgf/cm ²)
SK-1	SPT-1	1.50-1.95	13,5		4,4	9,0		NP		SW-SM		
"	SPT-3	4.50-4.95	9,7		1,2	15,1		NP		SM		
"	KAROT	20.00		24,04								13,2
SK-5	SPT-2	3.00-3.45	17,1		0,0	18,5		NP		SM		
"	SPT-3	4.50-4.95	11,8		4,9	10,0		NP		SW-SM		
"	KAROT	12.50		24,39								16,1
SK-7	SPT-2	3.00-3.45	11,0		1,3	75,2	45,8	22,7	23,1	CL		
"	KAROT	26.50		25,73								32,6
SK-8	SPT-1	1.50-1.95	20,6		4,6	53,2	34,2	17,6	16,6	CL		
"	SPT-2	3.00-3.45	11,2		8,3	29,2	32,7	16,6	16,1	SC		
"	KAROT	15.00		26,53							669	
"	KAROT	25.00		25,95								30,1

5.5.2. Kayaların mekanik özelliklerinin belirlenmesi

Temel kayanın mukavemet, dayanım özelliklerinin belirlenmesi amacıyla alınan karot numuneleri üzerinde tek eksenli basınç ile nokta yükleme deneyleri yapılmıştır. Deneyleri sonucunda elde edilen değerler Çizelge 5.5'te verilmiştir. Sonuçlar EK B'de deney sonuçları tablosunda detaylı olarak verilmektedir.

Çizelge 5.5: İnceleme alanı kayanın mekanik özellikleri.

Sondaj No	Numune	Derinlik (m)	Tek Eksenli Basınç Deneyi	Nokta Yükleme Deneyi
			(q _u) (kPa)	(I _s) (kPa)
SK-1	KAROT	12.50	11872.06	-
	KAROT	16.00	29434.91	-
	KAROT	18.50	42163.38	-
	KAROT	24.50	16551.43	-
SK-4	KAROT	14.50	29636.99	-
SK-5	KAROT	17.00	-	1547.04
	KAROT	17.50	29062.13	-
	KAROT	18.00	7309.43	-
SK-7	KAROT	4.50	40652.64	-
	KAROT	18.50	19533.67	-
SK-13	KAROT	8.00	25243.09	-
	KAROT	10.50	29640.92	-
SK-15	KAROT	4.50	8321.82	-
SK-16	KAROT	3.50	-	361.01
	KAROT	18.50	31578.39	-
	KAROT	17.00	33321.65	-
SK-21	KAROT	9.00	33830.77	-
	KAROT	11.00	-	4137.86
SK-23	KAROT	3.00	-	2479.97
	KAROT	3.50	30723.94	-
	KAROT	7.50	36446.11	-
	KAROT	9.00	-	2962.62
	KAROT	11.00	40918.49	-
YSK-1	KAROT	20.00	-	1287.07
YSK-5	KAROT	12.50	-	1579.41
YSK-7	KAROT	26.50	-	3198.06
YSK-8	KAROT	15.00	65628.90	-
	KAROT	25.00	-	2952.81

5.6 İnceleme Alanında Destek Yapısı İçin Kullanılması Önerilen Parametreler

İstanbul ili Maltepe ilçesinde inşa edilecek olan AVM ve Otel projesi sahası zeminleri taşıma gücü ve oturma problemleri olmayan, deprem durumunda sıvılaşma riski bulunmayan sağlam arkoz zeminlerinden oluşmaktadır.

Arkoz kayaçları kumtaşı görünümlü olup yer yer çok ayrılmış ve parçalı kayaçlardan oluşmaktadır. Arkozlar içerisinde yer yer kuvars damarlı seviyelerde geçilmiştir. Arkoz kayaçları içerisinde 4 bodrumlu kazı sonrası, temellerin etkili olacağı alanlardaki karot yüzdesi TCR=11-53% arasında değişmekte olup, RQD değerleri ise yaklaşık RQD=15% olarak elde edilmiştir.

AVM ve Otel binası sahası zeminleri taşıma kapasitesi hesapları 4 bodrumlu yapı sonrası (yaklaşık 18.0-20.0m kazı sonrası) temel etki alanlarında kalan Arkoz kayaçları için pressiyometre deneyleri ve tek eksenli basınç deneyi sonuçlarından yaklaşımla hesaplanmıştır. Yapı temel alt kotlarının 34.00 kotlarına oturtulması planlanmaktadır. Eğimli arazi yapısından dolayı bütün yapı oturum alanında kazılar yapılacak ve temeller sağlam kayaçlar üzerine oturtulmuş olacaktır.

Proje alanında arkoz kayaçları üzerinde yapılacak yapıların her iki yönde sürekli temel veya radye temeller ile teşkil edilmesi önerilmektedir. Otel bloğu radye temelli yapılmalıdır. AVM ve Otel bloğu yapı temelleri etki alanındaki esas taşıyıcı zemin ayrılmış arkoz kayaçlarıdır. Temel etki seviyelerinden alınan karot numuneleri üzerinde yapılan serbest basınç deneylerinde ortalama q_u değeri 29430kPa olarak bulunmuştur.

Ayrılmış arkoz kayaçları için zemin emniyet gerilmesi değeri Kanada Temel Mühendisliği kitabında (Navfac, 1982) verilen aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$q_a = K_{sp} \times q_{u*core} \quad (5.1)$$

q_a = Emniyet gerilmesi

q_{u*core} = Kayanın ortalama serbest basınç dayanımı

K_{sp} = Emniyet faktörünü kapsayan ampirik bir katsayı (0,1-0,4)

Temel kayaçları için RQD değeri ağırlıklı olarak %15'tir. RQD değerlerinden yaklaşımla $K_{sp} = 0,1$ olarak alınmıştır. Karot değeri $q_u = 29430$ kPa alınırsa dahi proje alanı temel zeminlerinin emniyetli net taşıma kapasitesi

$$q_{all} = 0.1 \times 29430 = 2943 \text{ kPa} \quad (5.2)$$

olarak hesaplanabilir. Ancak bu değer yüksektir.

Ayrıca proje alanında yapılan pressiyometre deney sonuçlarında yaklaşımla taşıma kapasitesi ve oturma hesabı yapılmıştır. Proje alanında yapılan pressiyometre deney sonuçları incelendiğinde ise (muhtemel yapıların temel etki alanlarında);

Elastik Modül (E_p) = >74556.0-431640.0kPa

Limit Basınç (P_L) = >3924.0 kPa

Net Limit Basınç (P_L) = >3924.0 kPa

değerleri arasında değişmektedir.

Mair ve Wood, (1987)'ye göre “zeminin nihai taşıma kapasitesi”

$$q_{ult} = k(P_L^*) + \sigma_v \quad (5.3)$$

formülünden hesaplanabilmektedir.

Burada k temel tipi ve derinliğe bağlı olarak değişen bir faktördür. Literatürde önerilen minimum değer olan $k=0.80$ kullanılmıştır. Bu değer temel tipi ve derinliğine bağlı olarak 1.75'e kadar çıkmaktadır. Etüt alanında yapılacak yapı tipleri ve temel derinlikleri yaklaşık olarak bellidir ama güvenli yönde alınarak $k=0.80$ kabul edilmiştir. P_L^* temel etki alanı içerisindeki ortalama net limit basınç değeri σ_v ise temel seviyesindeki toplam zemin gerilmesidir. Yukarıdaki formül kullanıldığında AVM ve OTEL projesi sahası yapıları için 3.00 güvenlik sayısı kabulü ile

$$q_{all} = 0.80 \times 3924 / 3 = 1046.40 \text{ kPa} \quad (5.4)$$

olarak hesaplanmıştır.

AVM ve Otel projesi temellerinin her iki yönde sürekli temeller veya radye temeller (otel bloğu radye temel) ile teşkil edilmesi ve temel zeminlerinin emniyetli net taşıma kapasitesi değerinin (gerçekçi temel kesitleri çıkması için) ;

$$q_{all} = 500 \text{ kPa}$$

olarak önerilmiştir.

Önerilen “zemin emniyetli taşıma gücü altında meydana gelecek oturmalar” ise Clarke (1995) referansından hesaplanırsa;

$$S = (q - \sigma_v) \times ((2B_0 / 9E_d \times (\lambda_d B / B_0)^\alpha) + (\alpha \lambda_v / 9E_v) B) \quad (5.5)$$

q : Zemin yükleme değeri

σ_v : Toplam gerilme, temel seviyesinde

α : Temel ve zemin tipine bağlı katsayı

λ_d, λ_v : Temel boyutlarına bağlı katsayı

$E_{d,v}$: Temel etki alanlarındaki Elastisite Modülü

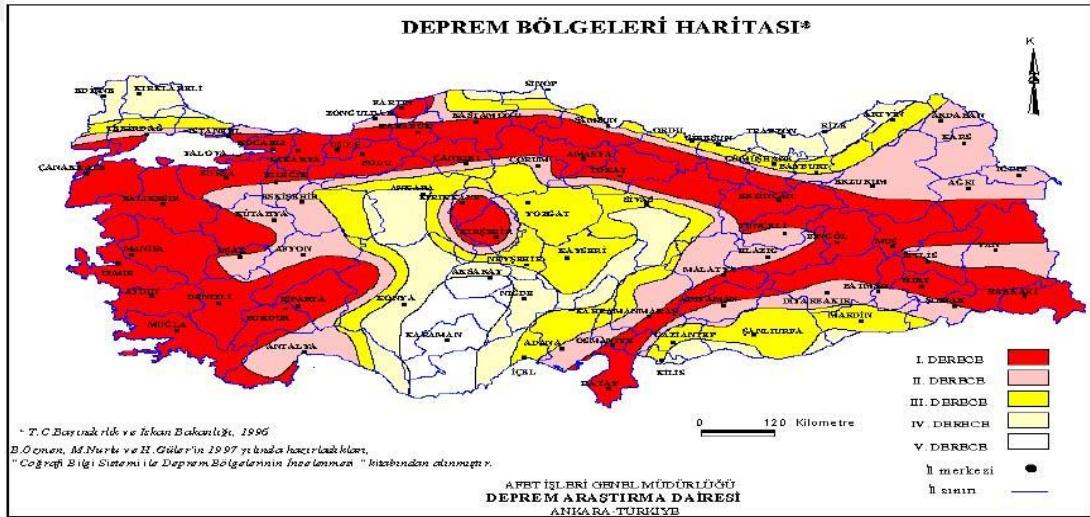
B_0 : Referans Temel Genişliği, 60cm

B : Temel Genişliği

Net 500 kPa zemin emniyet gerilmesi altında meydana gelecek oturmalar 1-2 cm mertebesinde olacak ve yapı temelleri için müsaade edilebilir sınır değerler içerisinde kalacaktır.

5.7 Doğal Afet Risklerinin Değerlendirilmesi

Küçükyalı AVM ve Otel Projesi sahası T. C. Bayındırlık ve İşkan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre (18.04.1996) 1. derece deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır (şekil 5.3, şekil 5.4).



şekil 5.3: Türkiye deprem bölgeleri haritası.

Çizelge 5.6: Homojen zeminlerin sınıflaması (DBYBHY, 2007).

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Standart Penetrasyon (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Deneyi (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar. 2. Çok sıkı kum, çakıl. 3. Sert kil ve siltli kil.	- > 50 > 32	- 85-100 -	> 1000 - > 400	> 1000 > 700 > 700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar. 2. Sıkı kum, çakıl. 3. Çok katı kil ve siltli kil.	- 30-50 16-32	- 65-85 -	500-1000 - 200-400	700-1000 400-700 300-700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar. 2. Orta sıkı kum, çakıl. 3. Katı kil ve siltli kil.	- 10-30 8-16	- 35-65 -	< 500 - 100-200	400-700 200-400 200-300
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları. 2. Gevşek kum. 3. Yumuşak kil, siltli kil.	- < 10 < 8	- < 35 -	- - < 100	< 200 < 200 < 200

Çizelge 5.7: Spektrum karakteristik periyotları (DBYBHY, 2007).

Yerel Zemin Sınıfları	T _A (sn)	T _B (sn)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Çizelge 5.8: Etkin yer ivmesi katsayısı (DBYBHY, 2007).

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Çizelge 5.9: Yerel zemin sınıfları (DBYBHY, 2007).

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grubu ve Tabaka Kalınlığı
Z1	A Grubu Zeminler H1<15 m (B) Grubu Zeminler
Z2	H1>15 m (B) Grubu Zeminler H1<15 m (C) Grubu Zeminler
Z3	15 m <H1<50 m (C) Grubu Zeminler H1<10 m (D) Grubu Zeminler
Z4	H1>50 m (C) Grubu Zeminler H1>10 m (D) Grubu Zeminler

Çizelge 5.10: Bina önem katsayısı (DBYBHY, 2007).

Binanın Kullanım Amacı ya da Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
1. Deprem sonrası kullanımı gerektiren binalar ve tehlikeli maddeler içeren binalar a) Deprem sonrası kullanılması gereken binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu ya da depolandığı binalar	1.4
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri vb. b) Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları vb.)	1.0

5.8 Şantiyede Yapılan İmalatlar

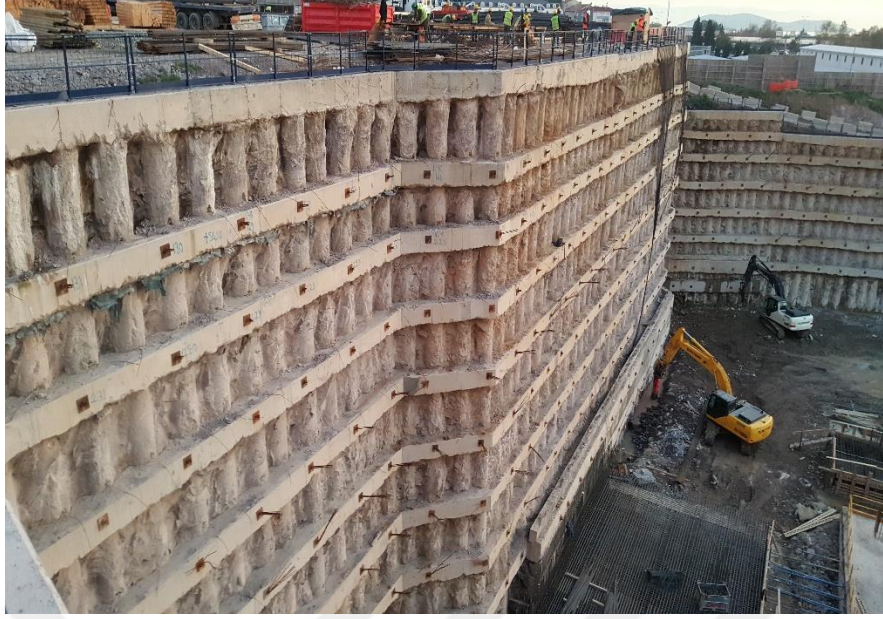
Yapılacak iksa uygulamasında fore kazıkların imalatına başlanmıştır. Fore kazık imalatı devam ederken kazık imalatı tamamlanmış cephelerde başlık kirişi döküldükten sonra kazı yapıp ankraj imalatına geçilmiştir. Kazı önce ilk ankraj kotuna kadar indirilerek ankraj delgisi yapılmıştır. Ankraj imalatından sonra kuşak kiriş imalatı yapıp ankrajlar gerdirilmiştir. Ankrajlar gerildikten sonra kazı bir sonraki ankraj kotuna indirilip imalatlara aynı şekilde devam edilmiştir. Şekil 5.5, Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’de çalışma alanına ait fotoğraflar sunulmaktadır.



Şekil 5.5: Fore kazık ve başlık kirişi fotoğrafı.



Şekil 5.6: Kuşak kirişi ve ankraj fotoğrafı.

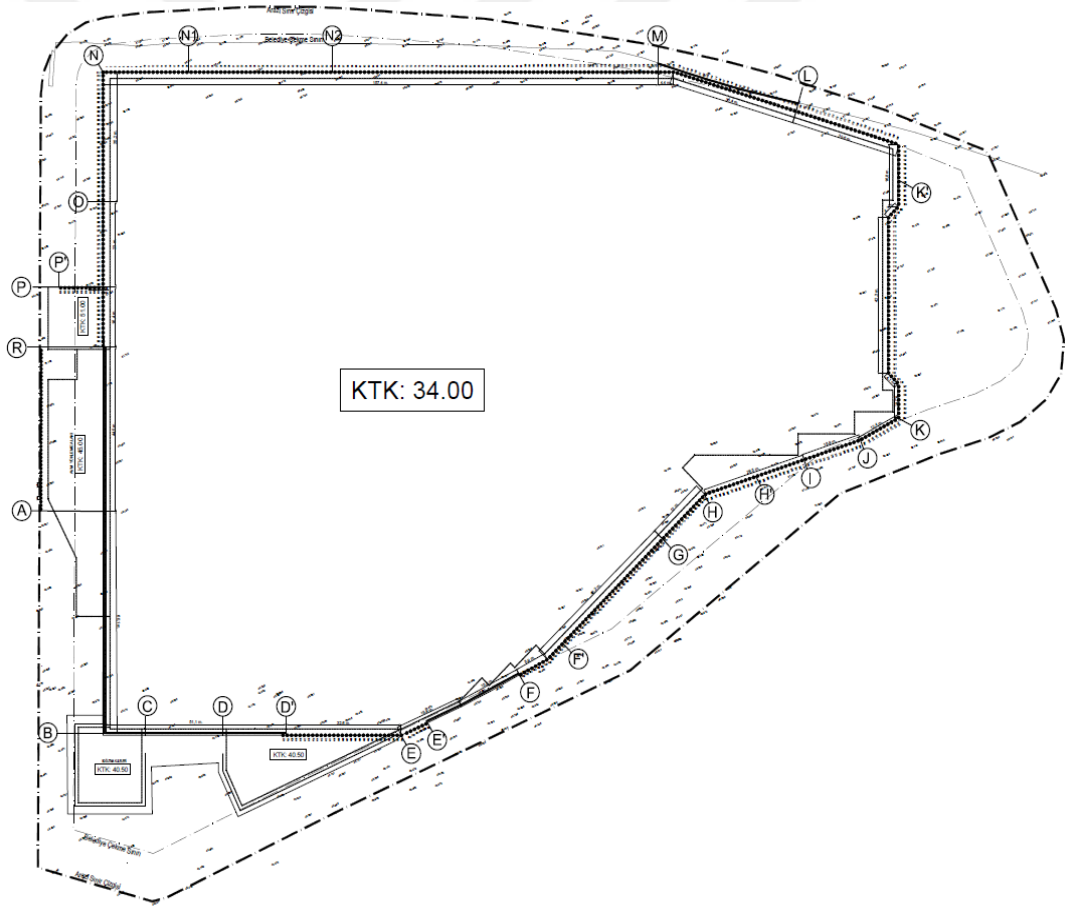


Şekil 5.7: Uygulaması tamamlanan iksa fotoğrafı.

6. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ KULLANILARAK YAPILAN DEPLASMAN ANALİZLERİ

6.1 Deplasman Analizleri

Tez çalışması kapsamında Plaxis sonlu elemanlar programı kullanılarak analizler yapılmıştır. Plaxis'te yapılan analizler sonucunda iksa sisteminde meydana gelen yatay deplasmanlar, inklinometrenin ölçüldüğü kesit aralıkları için hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan parametreler EK C'de sunulmuştur. Çalışma alanına ait kazı planı Şekil 6.1'de gösterilmektedir.



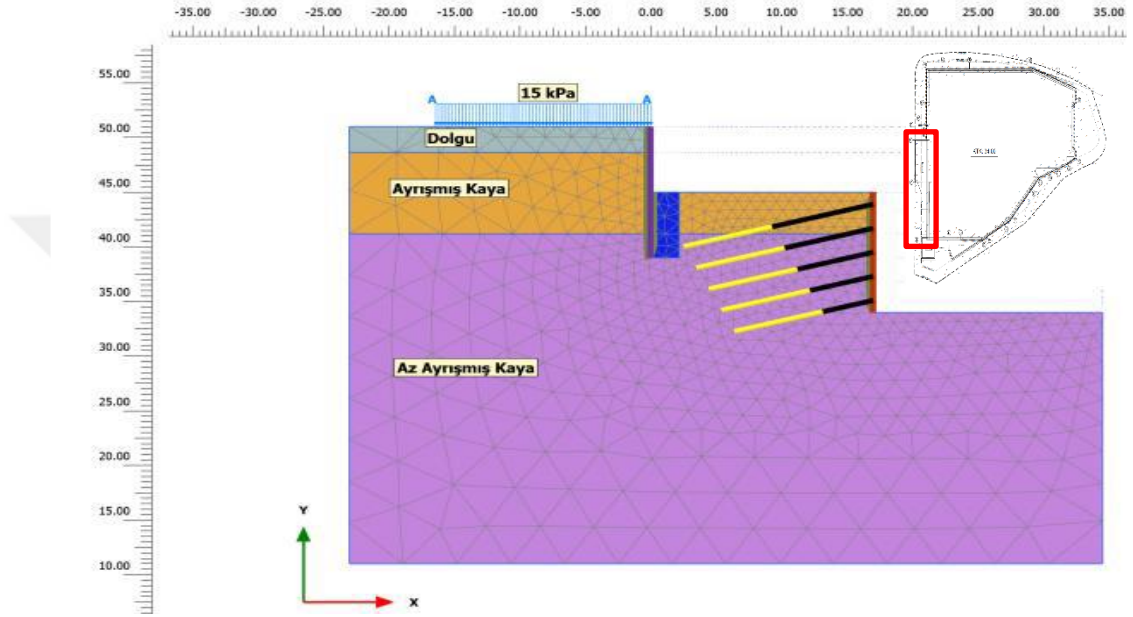
Şekil 6.1: Kazı alanı.

Yapılacak derin kazı için Plaxis programında kullanılan parametreler uygulanan aşamalardan önce sondaj çalışmalarına bağlı olarak oluşturulan zemin profili ve zemin üzerindeki dış yükler aktive edilir. Daha sonra uygulanacak iksa sistemi seçilir.

6.2 Kesit Analizleri

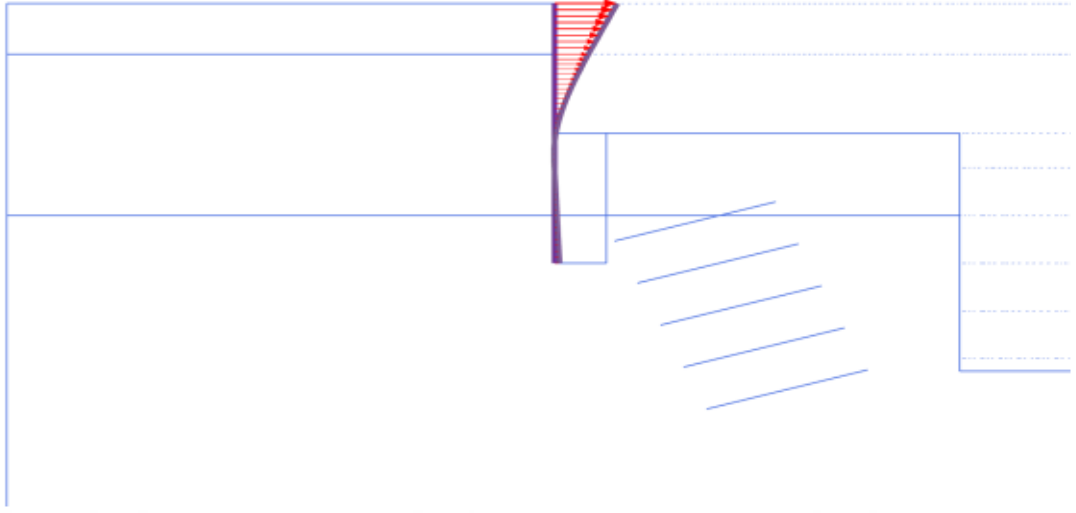
6.2.1 R-A ve A-B kesiti

Şekil 6.2’de R-A ve A-B kesiti için kazı taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli gösterilmektedir. Kazı iki kademede gerçekleştirilmiş olup iki ayrı kademe için deplasman değerleri hesaplanmıştır.



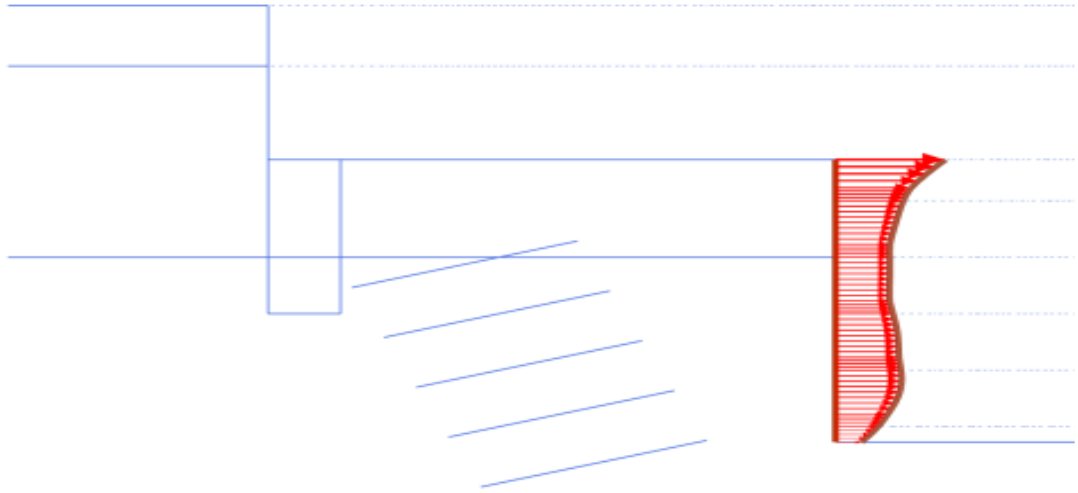
Şekil 6.2: R-A ve A-B kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.

Yapılan analizler sonucunda R-A ve A-B kesitinde birinci kademede karşılaşılan maksimum yatay deplasman 8 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.3’te birinci kademedeki diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 6.3: R-A ve A-B kesiti için birinci kademedeki diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 8 mm.

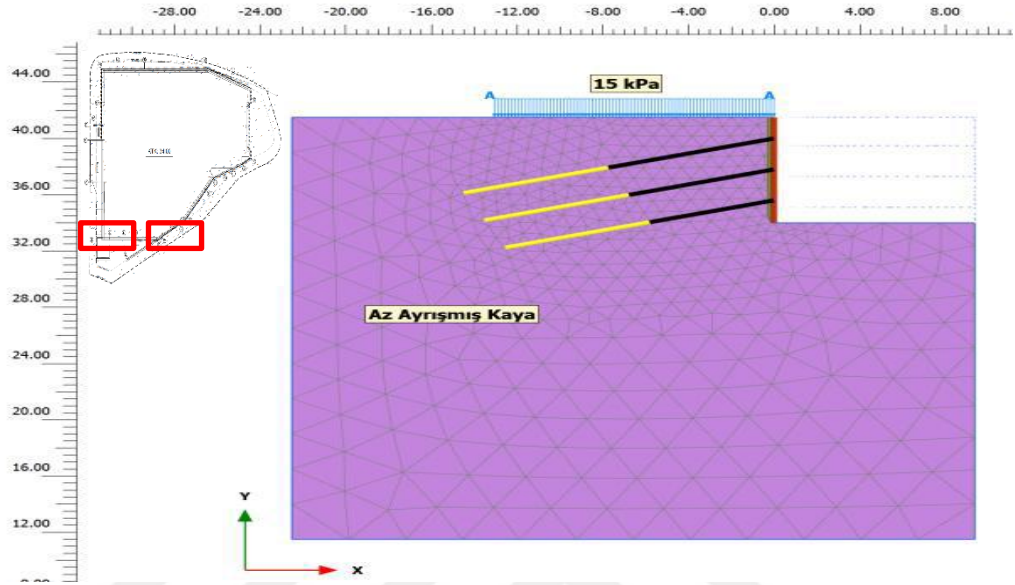
R-A ve A-B kesitinde ikinci kademedeki karşılaşılan maksimum yatay deplasman 12 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.4'te birinci kademedeki diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 6.4: R-A ve A-B kesiti için ikinci kademedeki diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 12 mm.

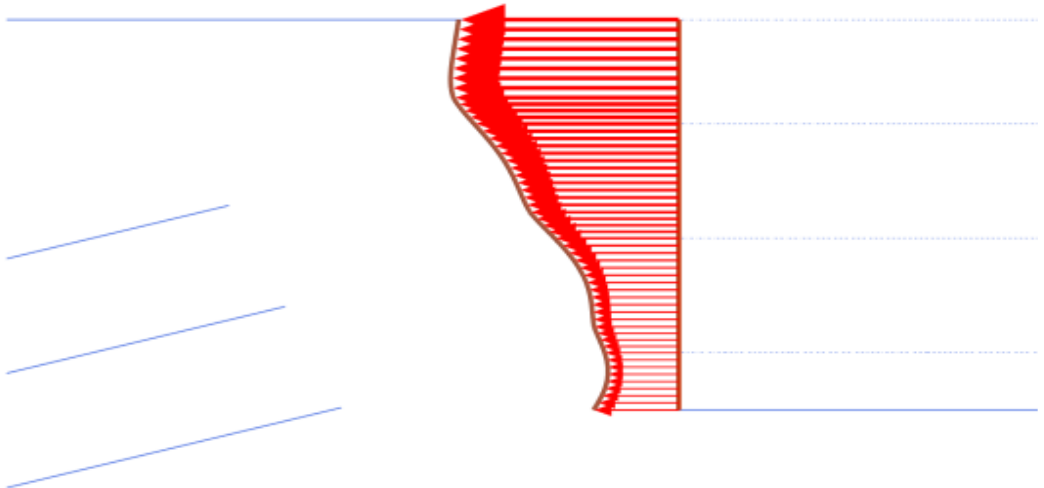
6.2.2 B-D' ve E'-F kesiti

Şekil 6.5'te B-D' ve E'-F kesiti için kazı taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli gösterilmektedir. Kazı tek kademede gerçekleştirilmiş olup deplasman değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 6.5: B-D' ve E'-F kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.

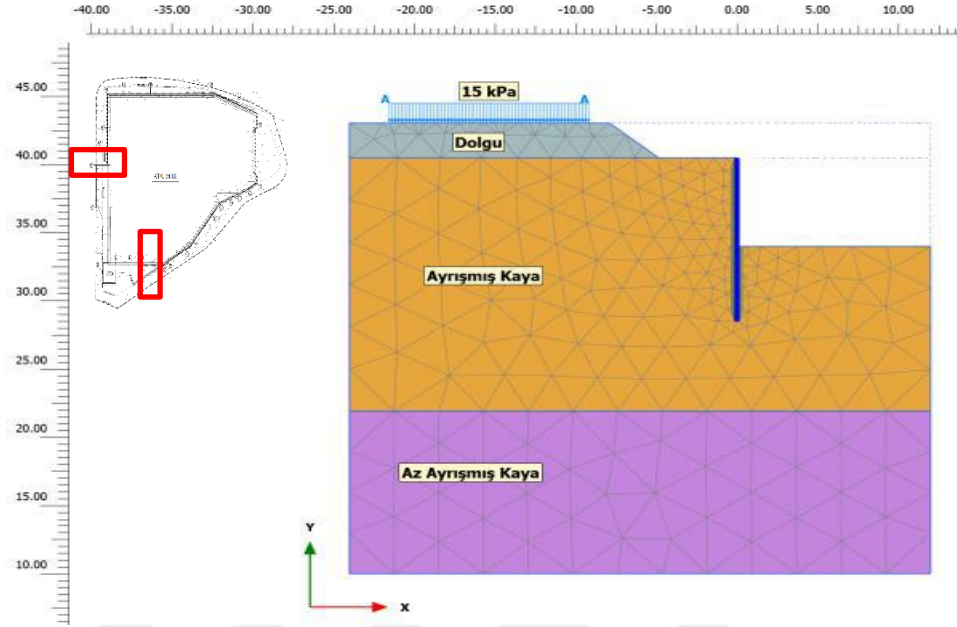
B-D' ve E'-F kesitinde karşılaşılan maksimum yatay deplasman 3 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.6'da diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 6.6: B-D' ve E'-F kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 3 mm.

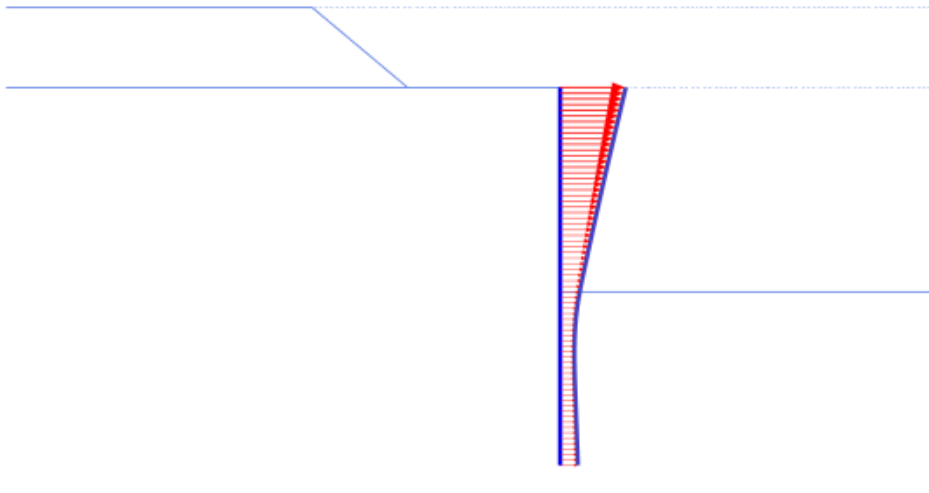
6.2.3 D'-E ve P-P' kesiti

Şekil 6.7'de D'-E ve P-P' kesiti için kazı taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli gösterilmektedir. Kazı gerçekleştirilmiş olup deplasman değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 6.7: D'-E ve P-P' kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.

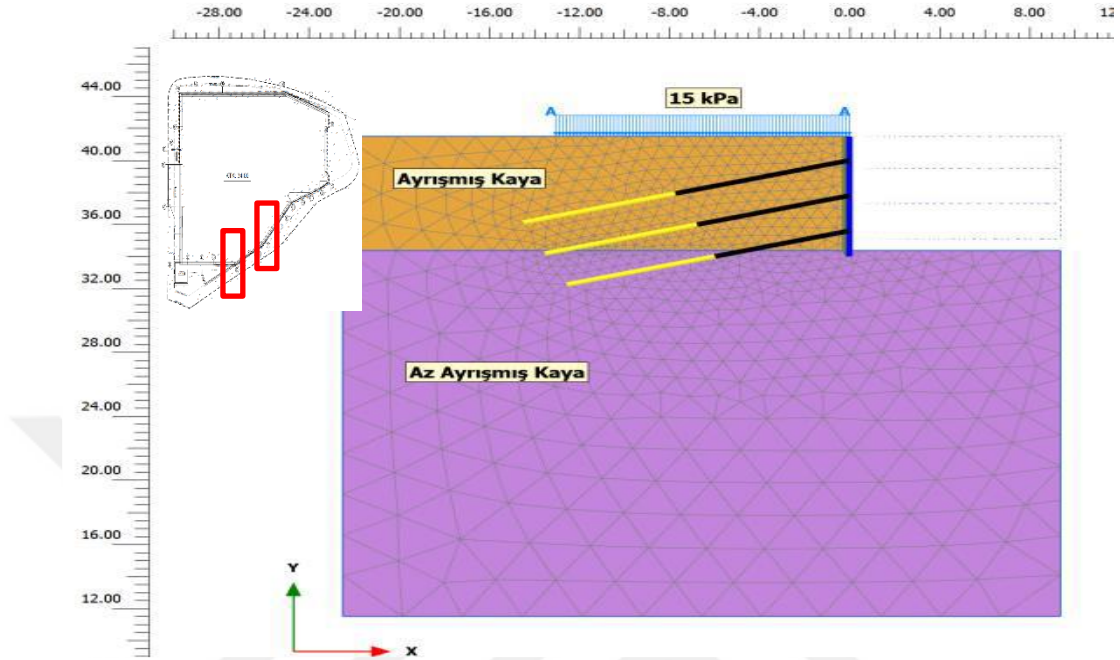
D'-E ve P-P' kesitinde karşılaşılan maksimum yatay deplasman 5 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.8'de diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı gösterilmektedir.



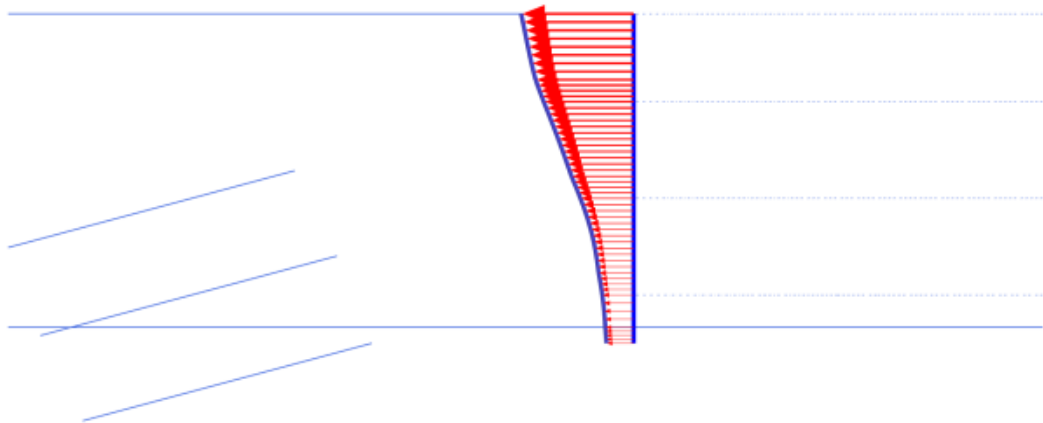
Şekil 6.8: D'-E ve P-P' kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 5 mm.

6.2.4 F-F' ve E-E' kesiti

Şekil 6.9'da F-F' ve E-E' kesiti için kazı taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli gösterilmektedir. Kazı gerçekleştirilmiş olup deplasman değerleri hesaplanmıştır.



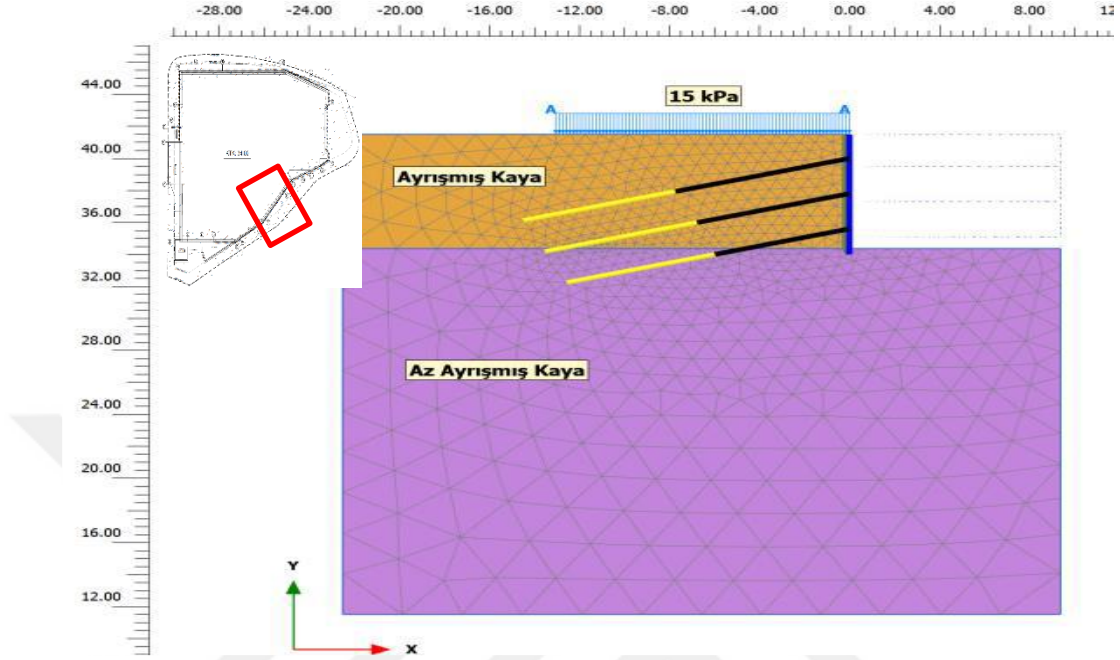
Şekil 6.9: F-F' ve E-E' kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli. F-F' ve E-E' kesitinde karşılaşılan maksimum yatay deplasman 3 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.10'da diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 6.10: F-F' ve E-E' kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı-maksimum 3 mm.

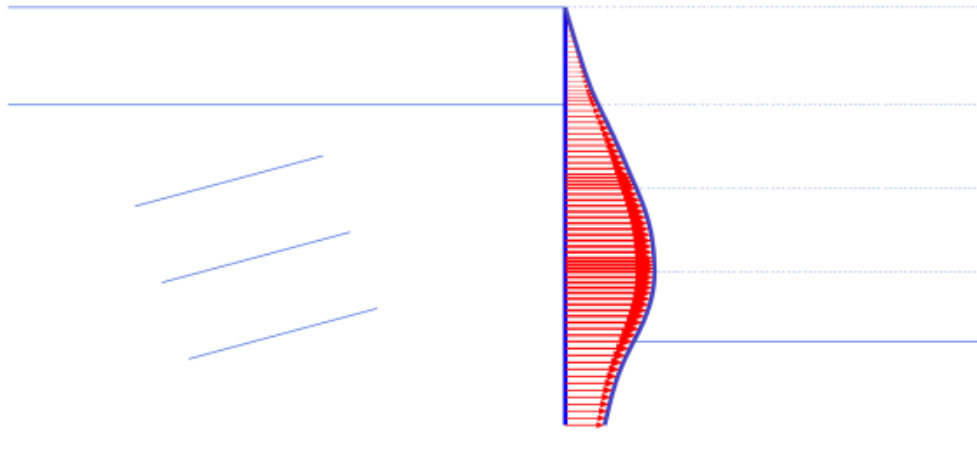
6.2.5 F'-H' kesiti

Şekil 6.11'de F'-H' kesiti için kazı taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli gösterilmektedir. Kazı gerçekleştirilmiş olup deplasman değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 6.11: F'-H' kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.

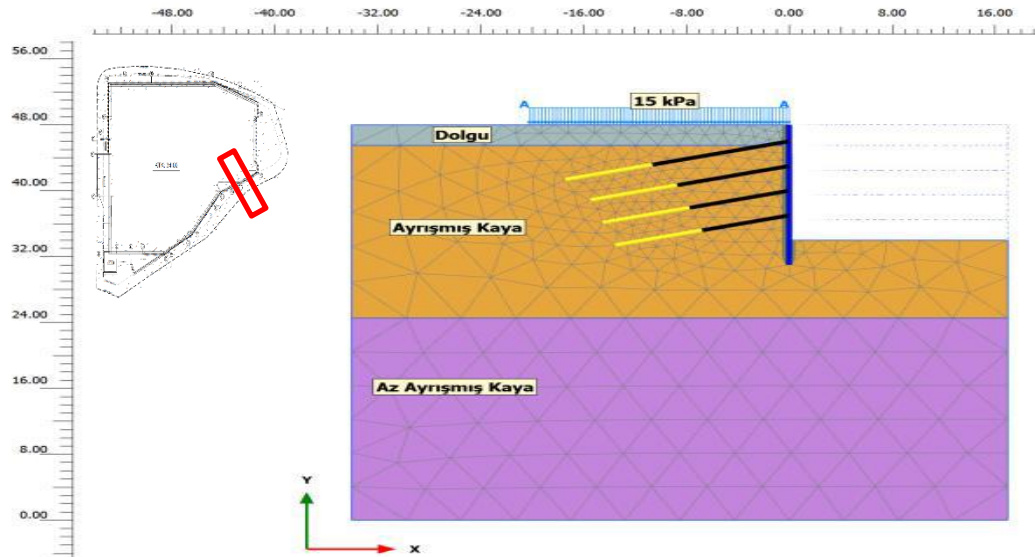
F'-H' kesitinde karşılaşılan maksimum yatay deplasman 4 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.12'de diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 6.12: F'-H' kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı- maksimum 4 mm.

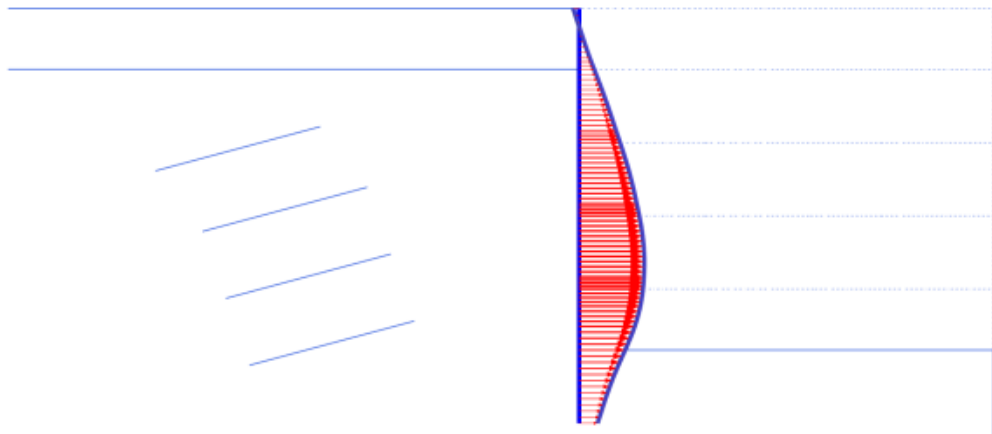
6.2.6 H' -I kesiti

Şekil 6.13'te H'-I kesiti için kazı taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli gösterilmektedir. Kazı gerçekleştirilmiş olup deplasman değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 6.13: H'-I kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.

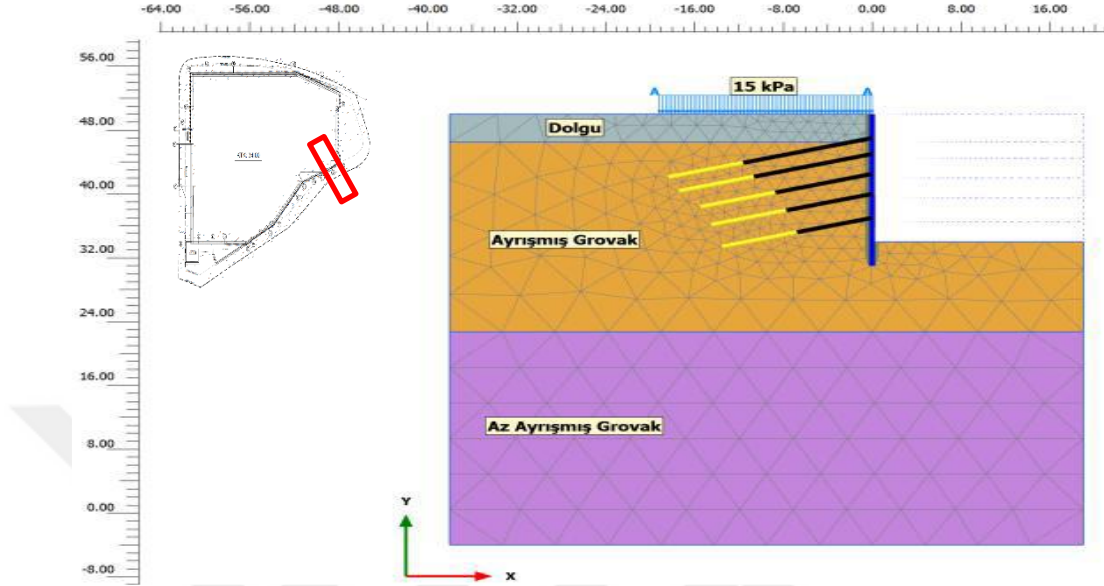
H-I kesitinde karşılaşılan maksimum yatay deplasman 6 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.14'te diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 6.14: H'-I kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı- maksimum 6 mm.

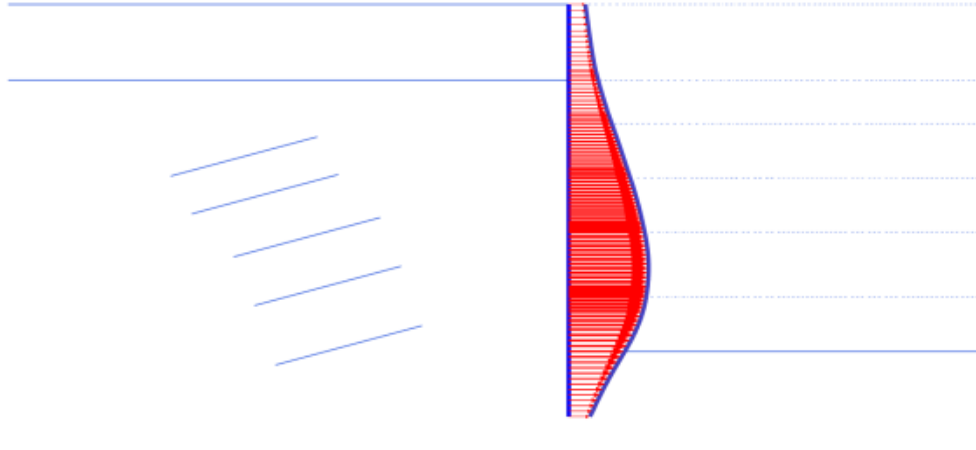
6.2.7 I-J kesiti

Şekil 6.15'te I-J kesiti için kazı taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli gösterilmektedir. Kazı gerçekleştirilmiş olup deplasman değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 6.15: I-J kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.

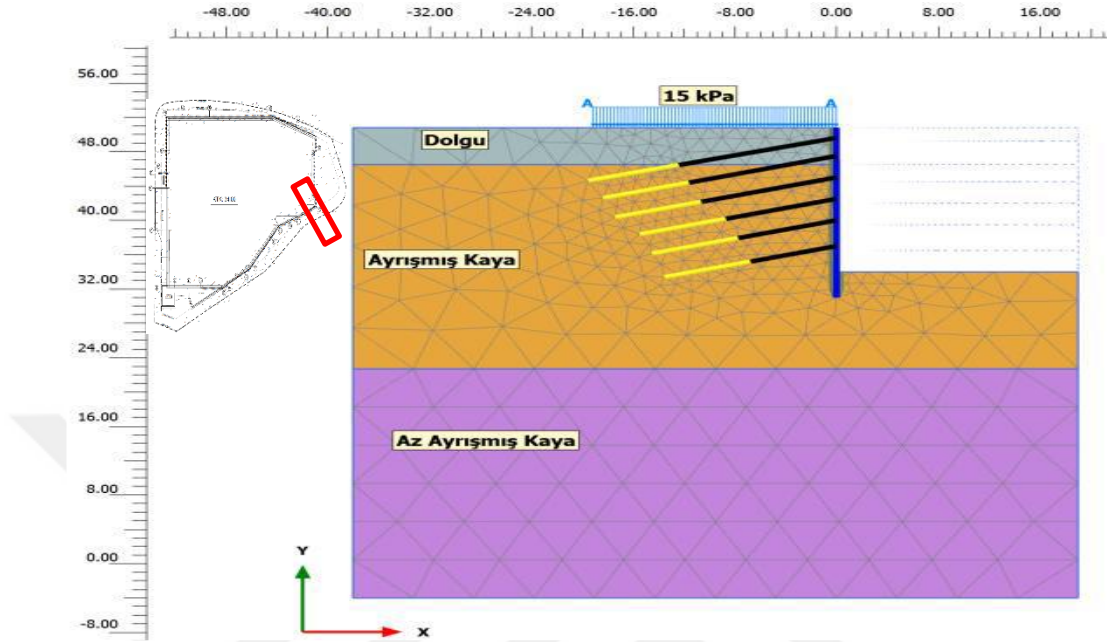
I-J kesitinde karşılaşılan maksimum yatay deplasman 8 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.16'da diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 6.16: I-J kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı- maksimum 8 mm.

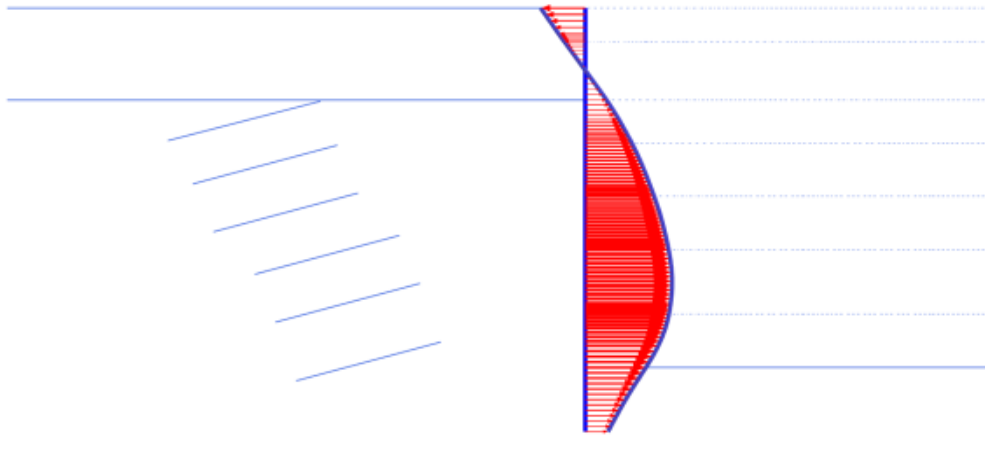
6.2.8 J-K kesiti

Şekil 6.17’de J-K kesiti için kazı taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli gösterilmektedir. Kazı gerçekleştirilmiş olup deplasman değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 6.17: J-K kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.

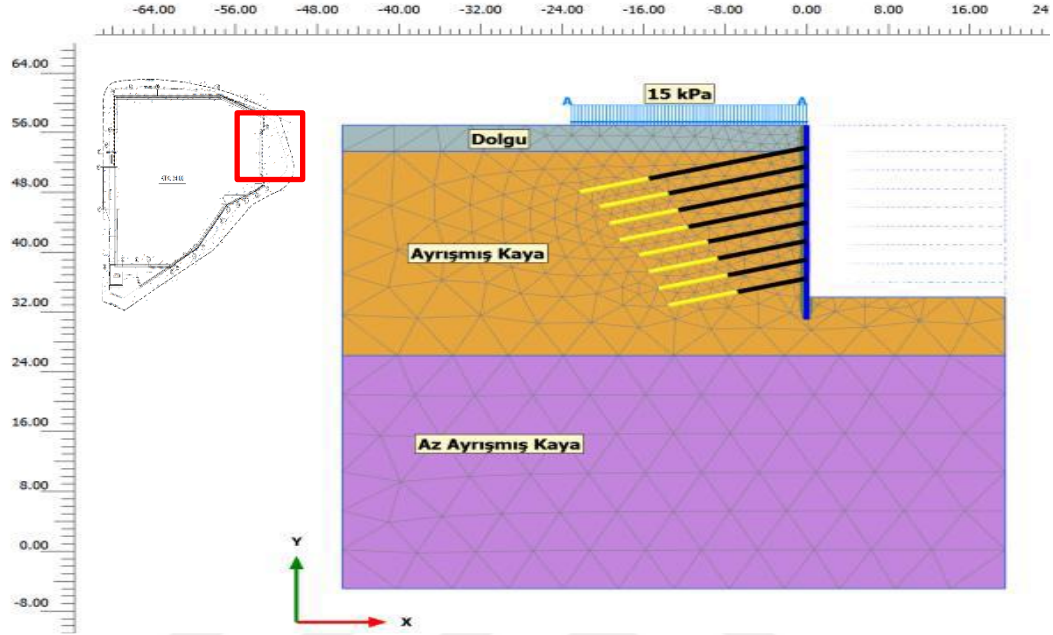
J-K kesitinde karşılaşılan maksimum yatay deplasman 9 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.18’de diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 6.18: J-K kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı- maksimum 9 mm.

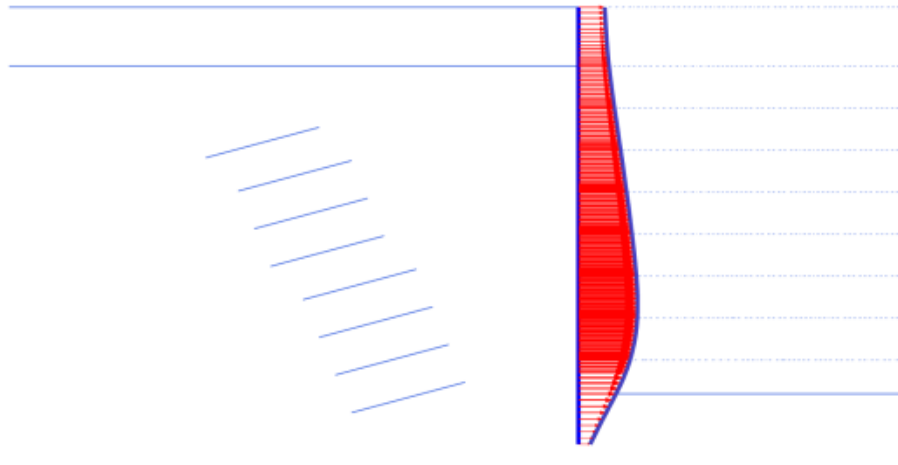
6.2.9 K-K' kesiti

Şekil 6.19'da K-K' kesiti için kazı taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli gösterilmektedir. Kazı gerçekleştirilmiş olup deplasman değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 6.19: K-K' kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.

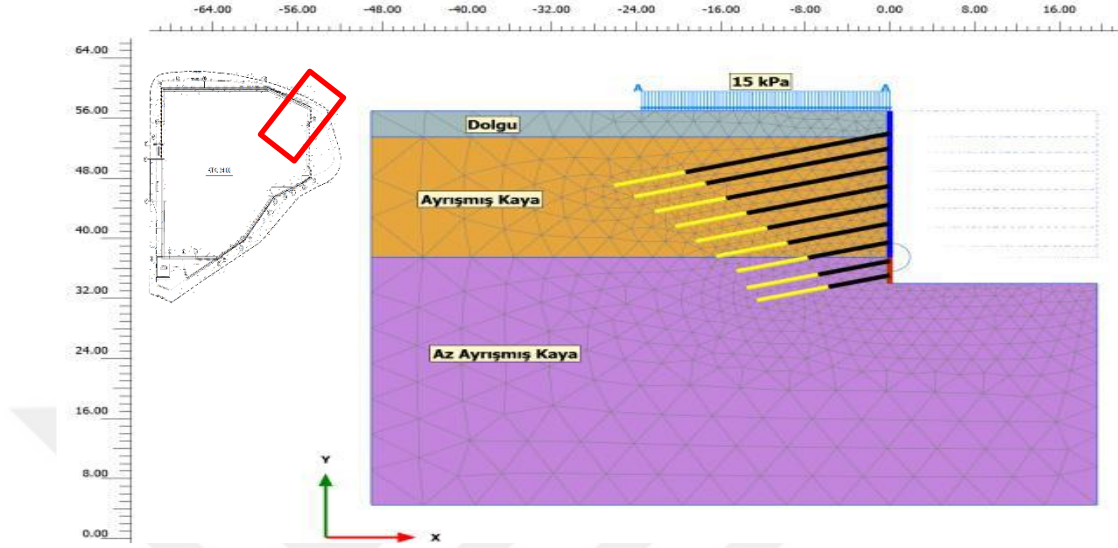
K-K' kesitinde karşılaşılan maksimum yatay deplasman 7 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.20'de diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 6.20: K-K' kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı- maksimum 7 mm.

6.2.10 K'-L kesiti

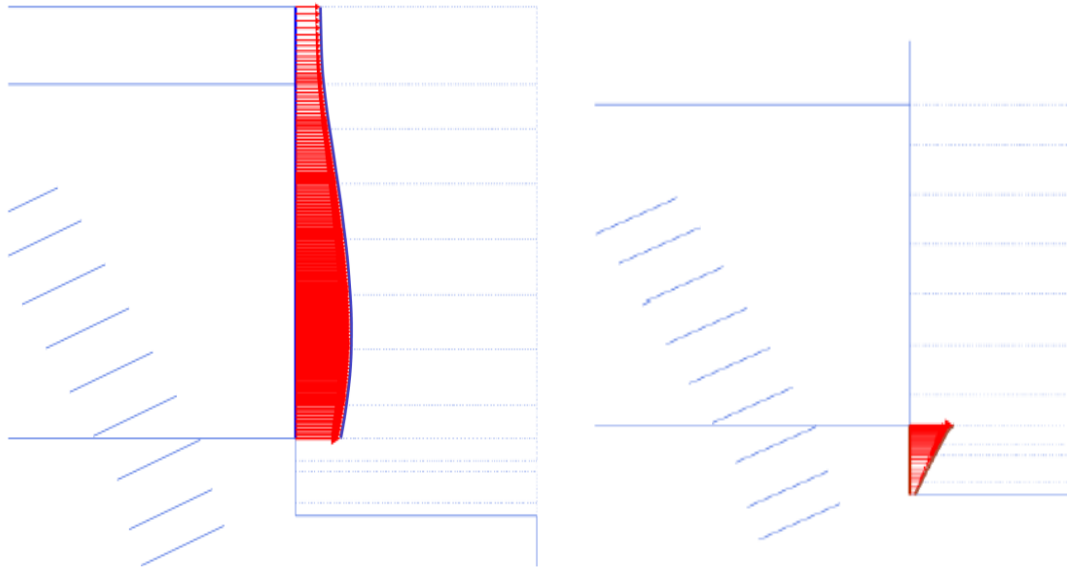
Şekil 6.21'de K'-L kesiti için kazı taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli gösterilmektedir. Kazı gerçekleştirilmiş olup deplasman değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 6.21: K'-L kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.

K'-L kesitinde karşılaşılan maksimum yatay deplasman 10 mm olarak hesaplanmıştır.

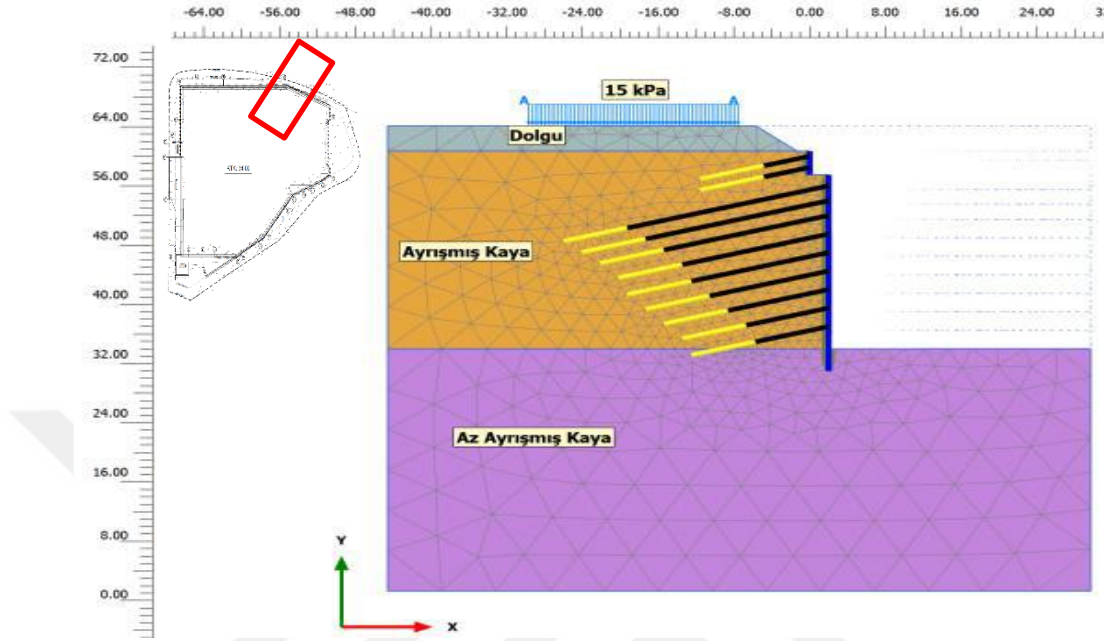
Şekil 6.22'de diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 6.22: K'-L kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı- maksimum 10 mm.

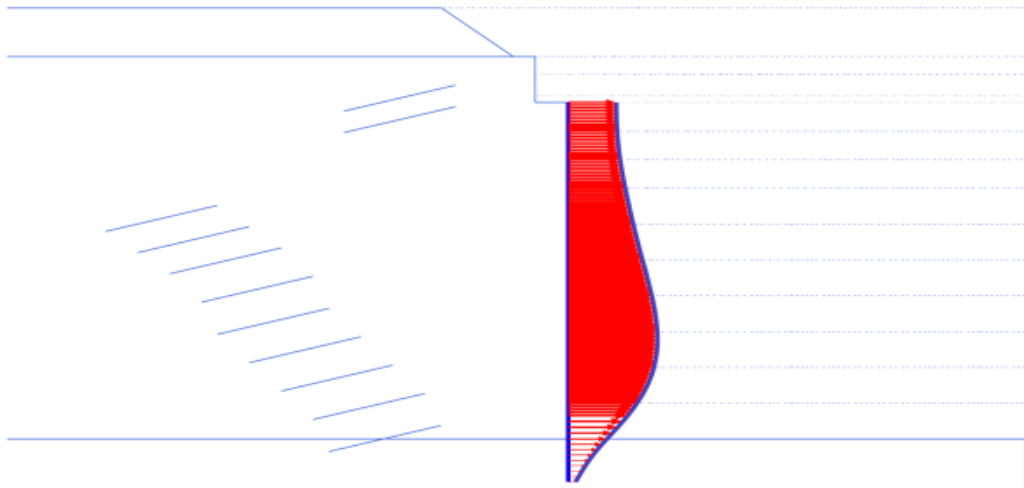
6.2.11 L-M kesiti

Şekil 6.23'te L-M kesiti için kazı taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli gösterilmektedir. Kazı gerçekleştirilmiş olup deplasman değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 6.23: L-M kesiti için kazı taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.

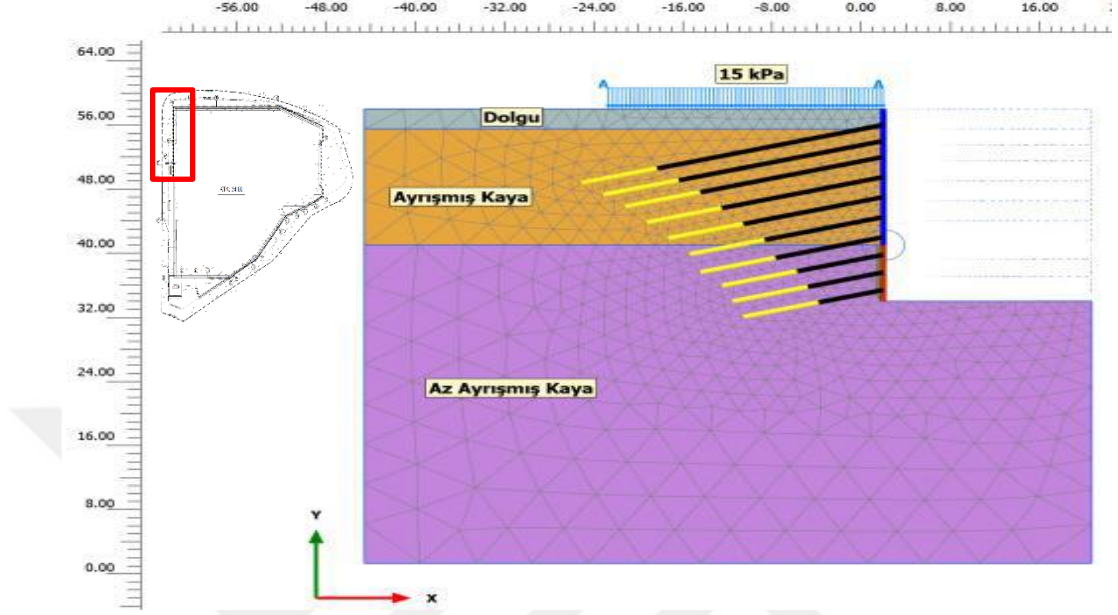
L-M kesitinde karşılaşılan maksimum yatay deplasman 6 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.24'te diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 6.24: L-M kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı- maksimum 6 mm.

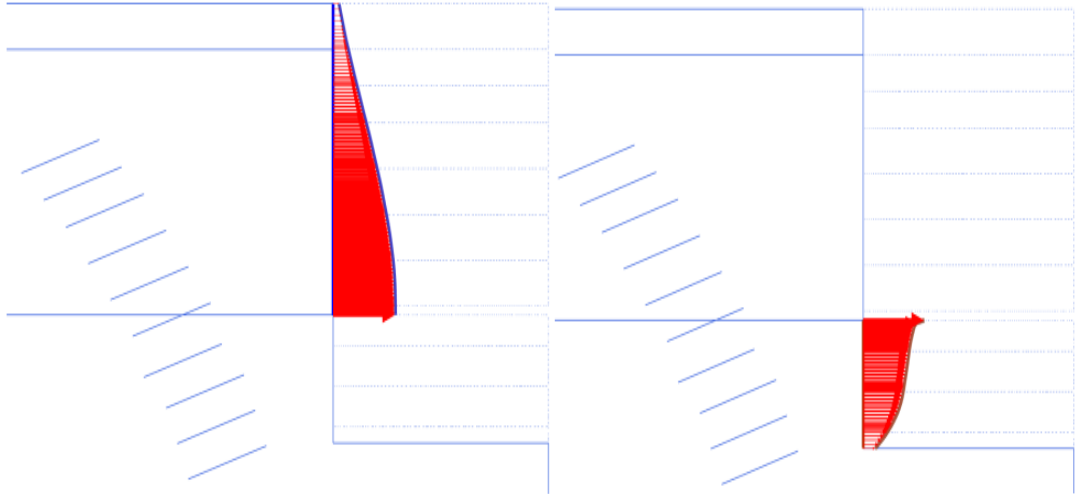
6.2.12 N-P kesiti

Şekil 6.25'te N-P kesiti için kazı taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli gösterilmektedir. Kazı gerçekleştirilmiş olup deplasman değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 6.25: N-P kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.

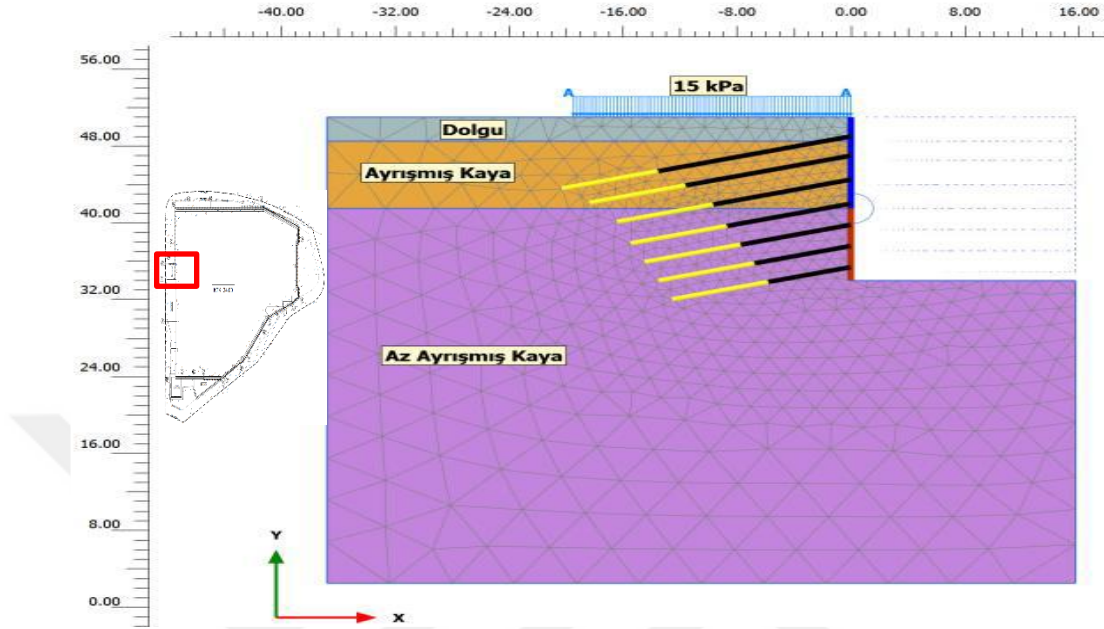
N-P kesitinde karşılaşılan maksimum yatay deplasman 11 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.26'da diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 6.26: N-P kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı- maksimum 11 mm.

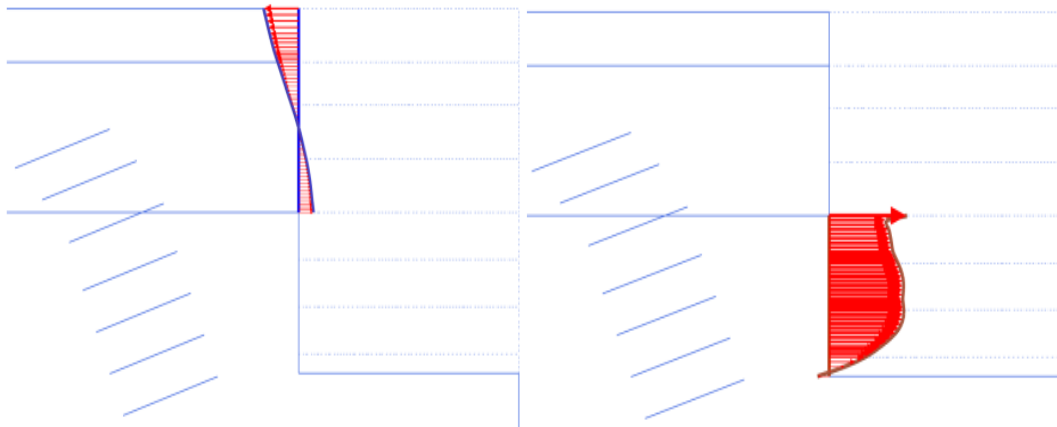
6.2.13 P-R kesiti

Şekil 6.27’de P-R kesiti için kazı taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli gösterilmektedir. Kazı gerçekleştirilmiş olup deplasman değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 6.27: P-R kesiti için taban kotuna kadar kazılacak Plaxis modeli.

P-R kesitinde karşılaşılan maksimum yatay deplasman 4 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 6.28’de diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 6.28: P-R kesiti diyafram duvarda meydana gelen yatay deplasman dağılımı- maksimum 4 mm.

6.3 Analizlerin Değerlendirilmesi

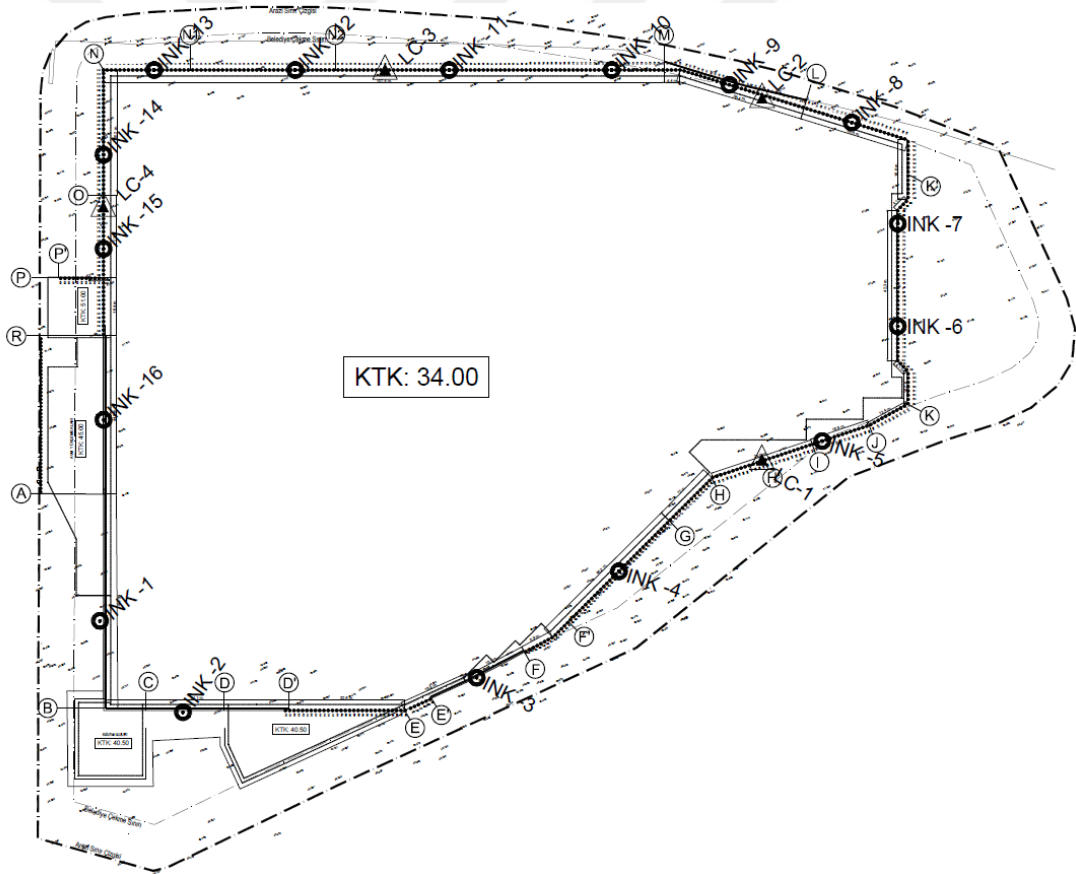
Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan analizler neticesinde her kesit için meydana gelen maksimum yatay deplasmanlar hesaplanmıştır. Kesitlere ait duvar yükseklikleri ve yatay deplasmanlar Çizelge 6.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.1: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar.

Kesit	H Duvar Yüksekliği (m)	δ Maksimum Yatay Deplasman (mm)	δ/H (%)
R-A ve A-B -1	6,00	8	0,13
R-A ve A-B -2	10,40	12	0,12
B-D’ ve E’-F	7,50	3	0,04
D’-E ve P-P’	5,70	5	0,09
F-F’ ve E-E’	7,50	3	0,04
F’-H’	11,00	4	0,04
H’-I	13,00	6	0,05
I-J	15,00	8	0,05
J-K	16,00	9	0,06
K-K’	23,00	7	0,03
K’-L	23,00	10	0,04
L-M	23,50	6	0,03
N-P	24,00	11	0,05
P-R	17,00	4	0,02

7. İNKLINOMETRELER İLE ÖLÇÜLEN YATAY DEPLASMANLARIN PLAXİS PROGRAMINDAN HESAPLANAN YATAY DEPLASMANLAR İLE KARŞILAŞTIRILMASI

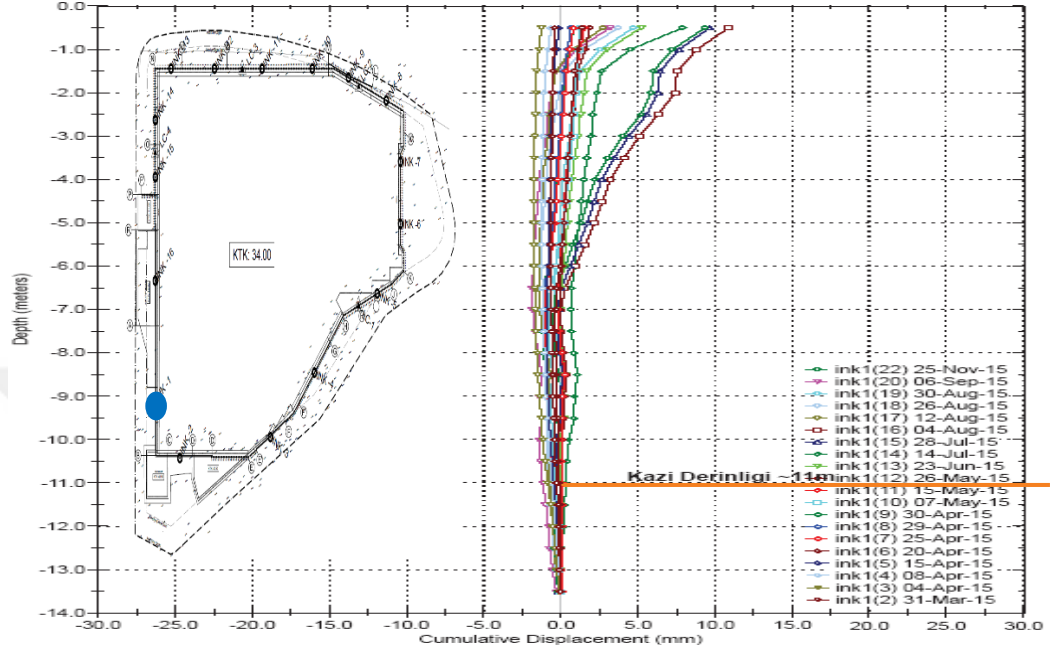
Derin kazı esnasında zemin yüzeyinden itibaren meydana gelecek yatay deplasmanların ölçülmesi için toplam 16 adet inklinometre yerleştirilmiştir. Tez kapsamında 11 adet inklinometre ölçümü dikkate alınmıştır. Bu bölümde, inklinometre ölçümleri sonucu kesitlerde meydana gelen yatay deplasmanlar gösterilecek ve Plaxis'te hesaplanan deplasmanlar ile karşılaştırılacaktır. İnklinometre yerleşim planı Şekil 7.1'de yer almaktadır.



Şekil 7.1: İnklinometre yerleşim planı.

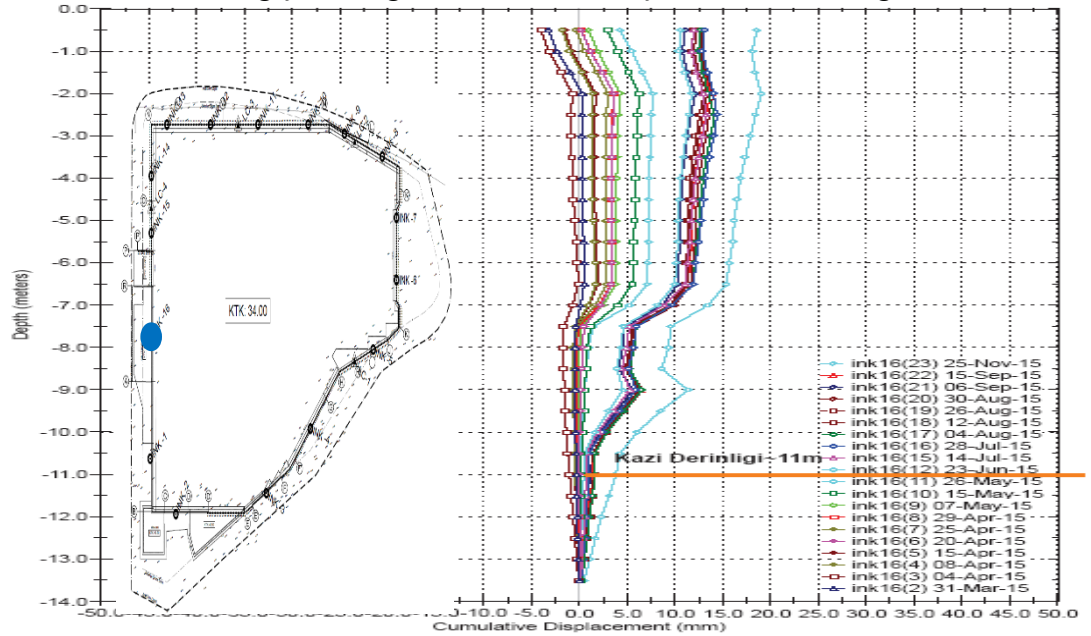
7.1 R-A ve A-B Kesiti

R-A ve A-B kesiti için İnklinometre 1'in farklı günlerde alınan okuma değerlerinin derinlik ile değişimi grafik olarak Şekil 7.2'de gösterilmektedir.



Şekil 7.2: İnklinometre 1'e ait okuma grafiği.

R-A ve A-B kesiti için İnklinometre 16'nın farklı günlerde alınan okuma değerlerinin derinlik ile değişimi grafik olarak Şekil 7.3'te gösterilmektedir.



Şekil 7.3: İnklinometre 16'ya ait okuma grafiği.

R-A ve A-B kesiti için hesaplanan ve inklinometrelerden okunan deplasmanlar Çizelge 7.1’de gösterilmiştir.

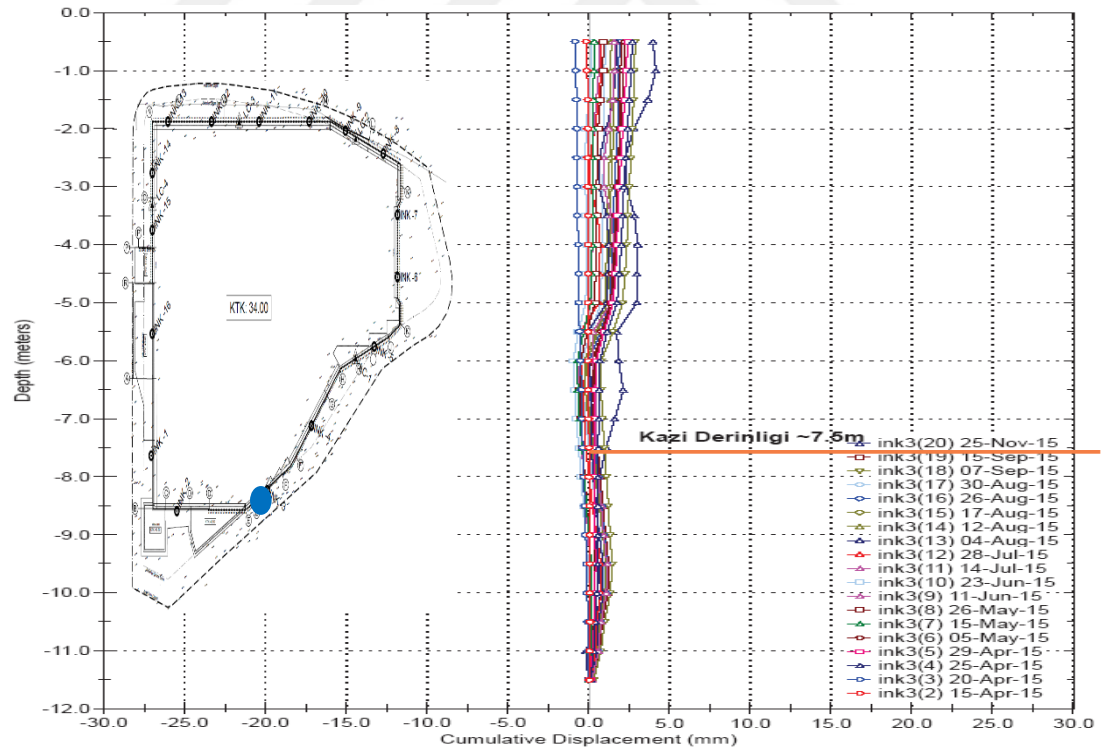
Çizelge 7.1: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-1, İnk-16).

İnklinometre No	Okunan Deplasman (mm)	Kesit No	Hesaplanan Deplasman (mm)
İnk-1	11	A-B	8
İnk-16	16	R-A	12

Yukarıdaki çizelgede tasarım aşamasında Plaxis programı kullanılarak hesaplanan deplasmanların, sahada karşılaşılan deplasmanlardan az olduğu görülmektedir.

7.2 E’-F Kesiti

E’-F kesiti için İnklinometre 3’ün farklı günlerde alınan okuma değerlerinin derinlik ile değişimi grafik olarak Şekil 7.4’de gösterilmektedir.



Şekil 7.4: İnklinometre 3’e ait okuma grafiği.

E’-F kesiti için hesaplanan ve inklinometre -3’ten okunan deplasman Çizelge 7.2’de gösterilmiştir.

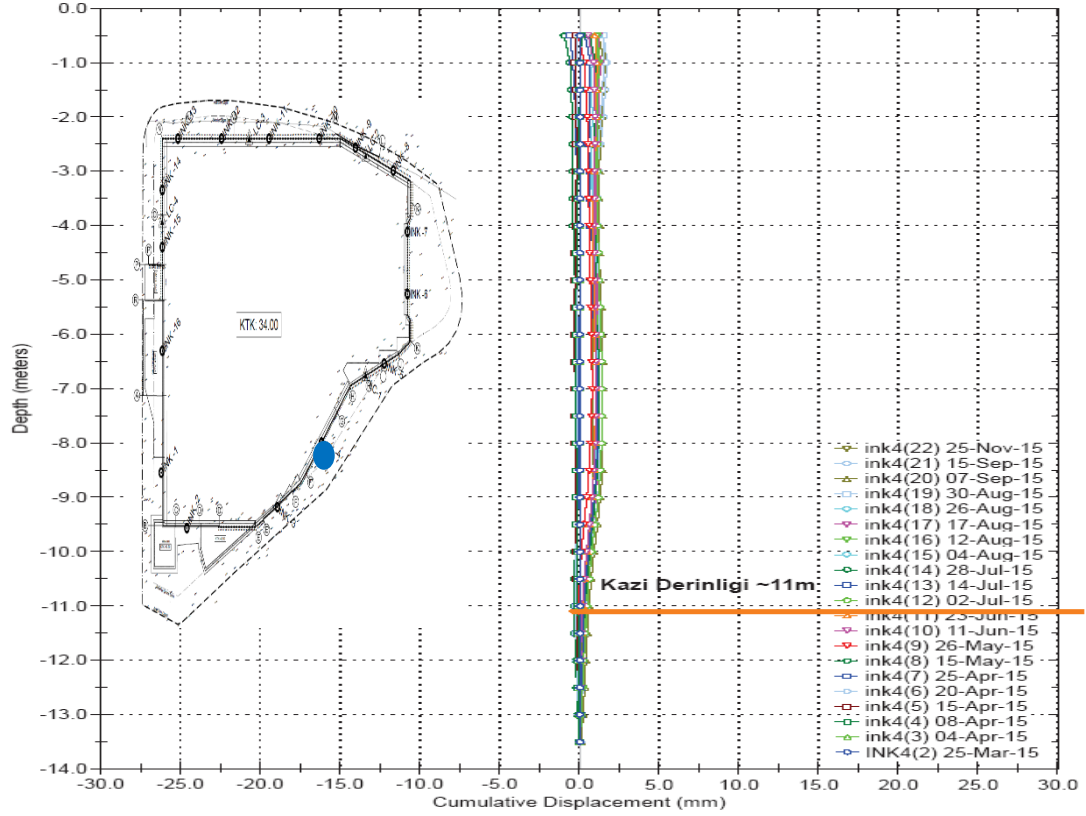
Çizelge 7.2: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-3).

İnklinometre No	Okunan Deplasman (mm)	Kesit No	Hesaplanan Deplasman (mm)
İnk-3	4	E'-F	3

Yukarıdaki çizelgede tasarım aşamasında Plaxis programı kullanılarak hesaplanan deplasmanların, sahada karşılaşılan deplasmanlardan az olduğu görülmektedir.

7.3 F'-H' Kesiti

F'-H' kesiti için İnklinometre 4'ün farklı günlerde alınan okuma değerlerinin derinlik ile değişimi grafik olarak Şekil 7.5'de gösterilmektedir.



Şekil 7.5: İnklinometre 4'e ait okuma grafiği.

F'-H' kesiti için hesaplanan ve inklinometre -4'ten okunan deplasman Çizelge 7.3'te gösterilmiştir.

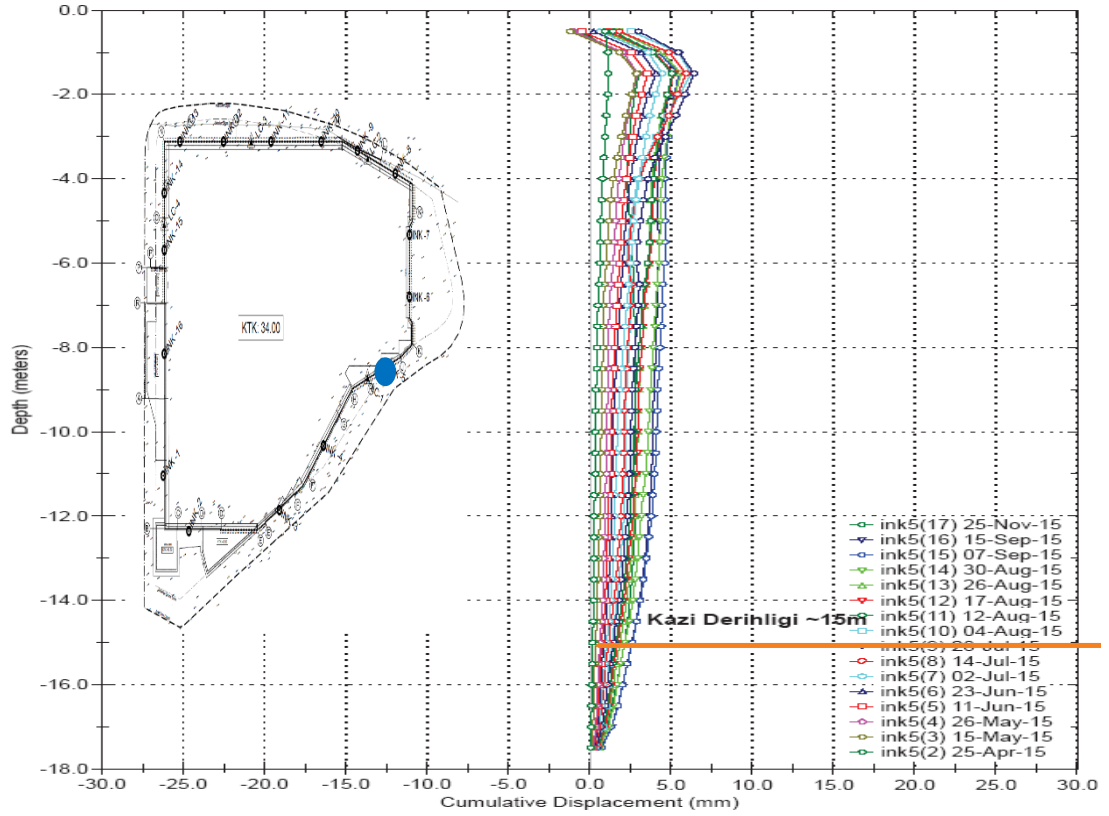
Çizelge 7.3: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-4).

İnklinometre No	Okunan Deplasman (mm)	Kesit No	Hesaplanan Deplasman (mm)
İnk-4	2	F'-H'	4

Yukarıdaki çizelgede tasarım aşamasında Plaxis programı kullanılarak hesaplanan deplasmanların, sahada karşılaşılan deplasmanlardan fazla olduğu görülmektedir.

7.4 H'-I, I-J ve J-K Kesiti

H'-I, I-J ve J-K kesitleri için İnklinometre 5'in farklı günlerde alınan okuma değerlerinin derinlik ile değişimi grafik olarak Şekil 7.6'da gösterilmektedir.



Şekil 7.6: İnklinometre 5'e ait okuma grafiği.

H'-I, I-J ve J-K kesitleri için hesaplanan ve inklinometre -5'ten okunan deplasman Çizelge 7.4'te gösterilmiştir.

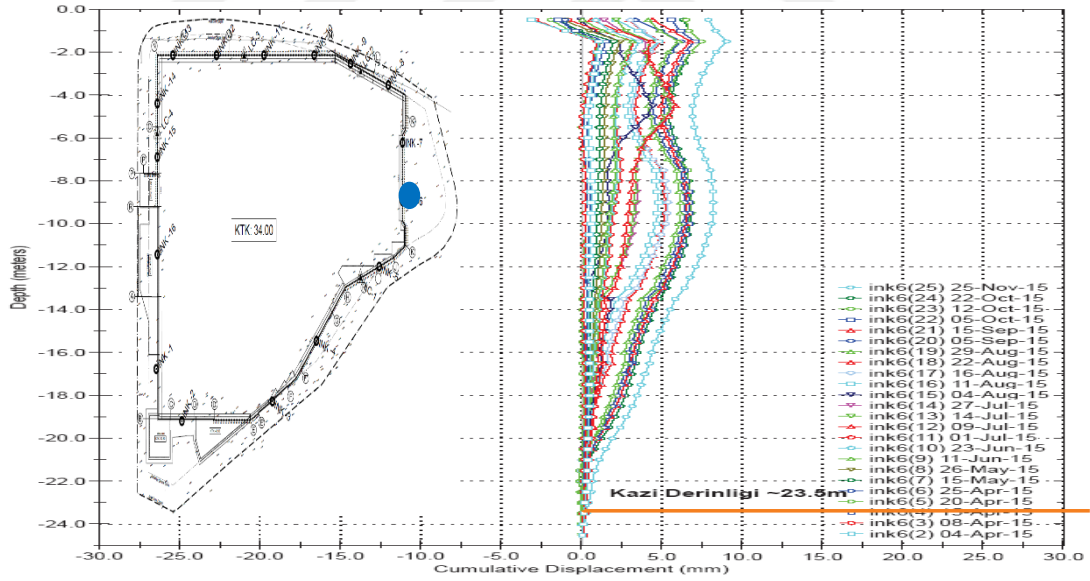
Çizelge 7.4: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-5).

İnklinometre No	Okunan Deplasman (mm)	Kesit No	Hesaplanan Deplasman (mm)
İnk-5	7	H'-I	6
İnk-5	7	I-J	8
İnk-5	7	J-K	9

Yukarıdaki çizelgede tasarım aşamasında Plaxis programı kullanılarak hesaplanan deplasmanların, sahada karşılaşılan deplasmanlardan H'-I kesiti için az, I-J ve J-K kesitleri için fazla olduğu görülmektedir.

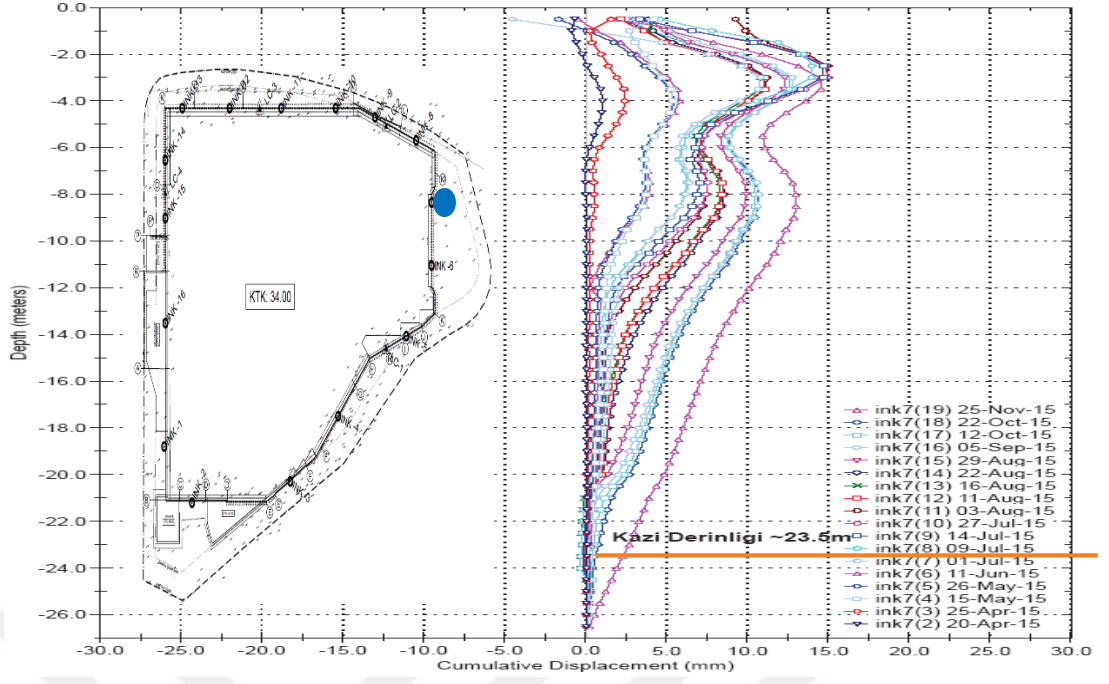
7.5 K-K' Kesiti

K-K' kesiti için İnklinometre -6'nın farklı günlerde alınan okuma değerlerinin derinlik ile değişimi grafik olarak Şekil 7.7'de gösterilmektedir.



Şekil 7.7: İnklinometre 6'ya ait okuma grafiği.

K-K' kesiti için İnklinometre -7'nin farklı günlerde alınan okuma değerlerinin derinlik ile değişimi grafik olarak Şekil 7.8'de gösterilmektedir.



Şekil 7.8: İnklinometre 7'ye ait okuma grafiği.

K-K' kesiti için hesaplanan ve inklinometrelerden okunan deplasmanlar Çizelge 7.5'te gösterilmiştir.

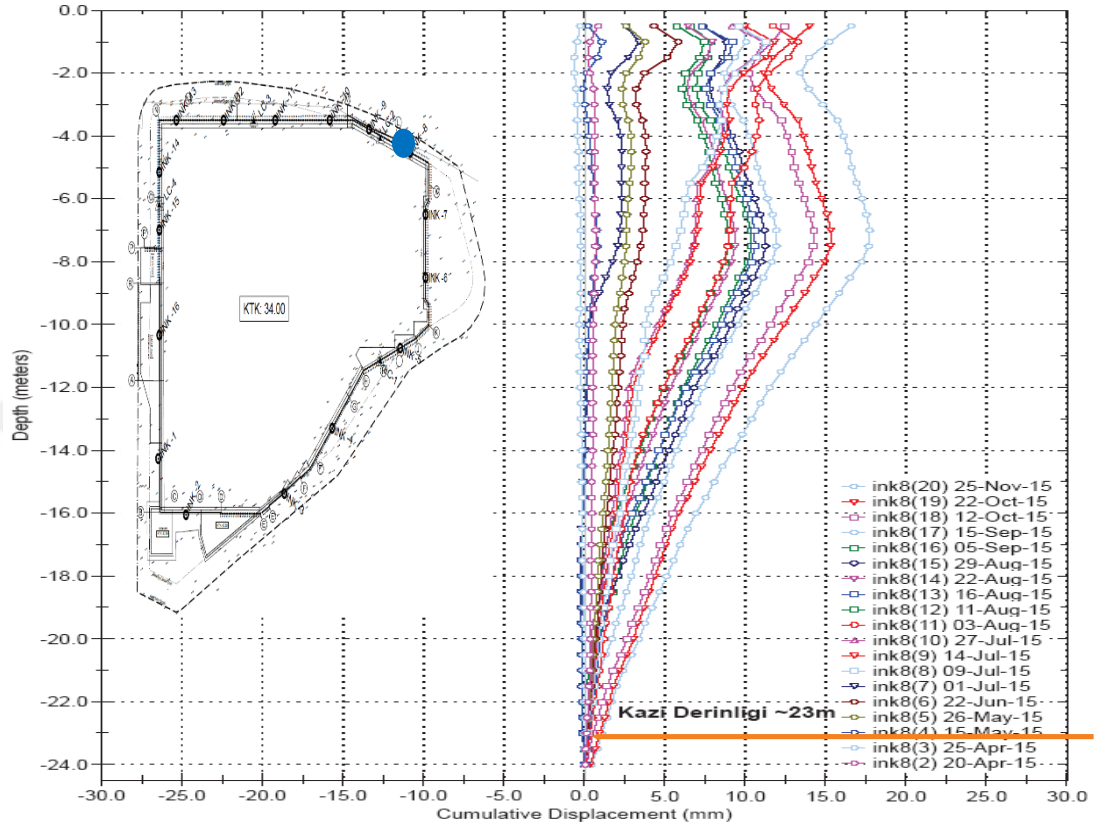
Çizelge 7.5: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-6, İnk-7).

İnklinometre No	Okunan Deplasman (mm)	Kesit No	Hesaplanan Deplasman (mm)
İnk-6	9	K-K'	7
İnk-7	15	K-K'	7

Yukarıdaki çizelgede tasarım aşamasında Plaxis programı kullanılarak hesaplanan deplasmanların, sahada karşılaşılan deplasmanlardan az olduğu görülmektedir.

7.6 K'-L Kesiti

K'-L kesiti için İnklinometre -8'in farklı günlerde alınan okuma değerlerinin derinlik ile değişimi grafik olarak Şekil 7.9'da gösterilmektedir.



Şekil 7.9: İnklinometre 8'e ait okuma grafiği.

K'-L kesiti için hesaplanan ve inklinometre -8'den okunan deplasman Çizelge 7.6'da gösterilmiştir.

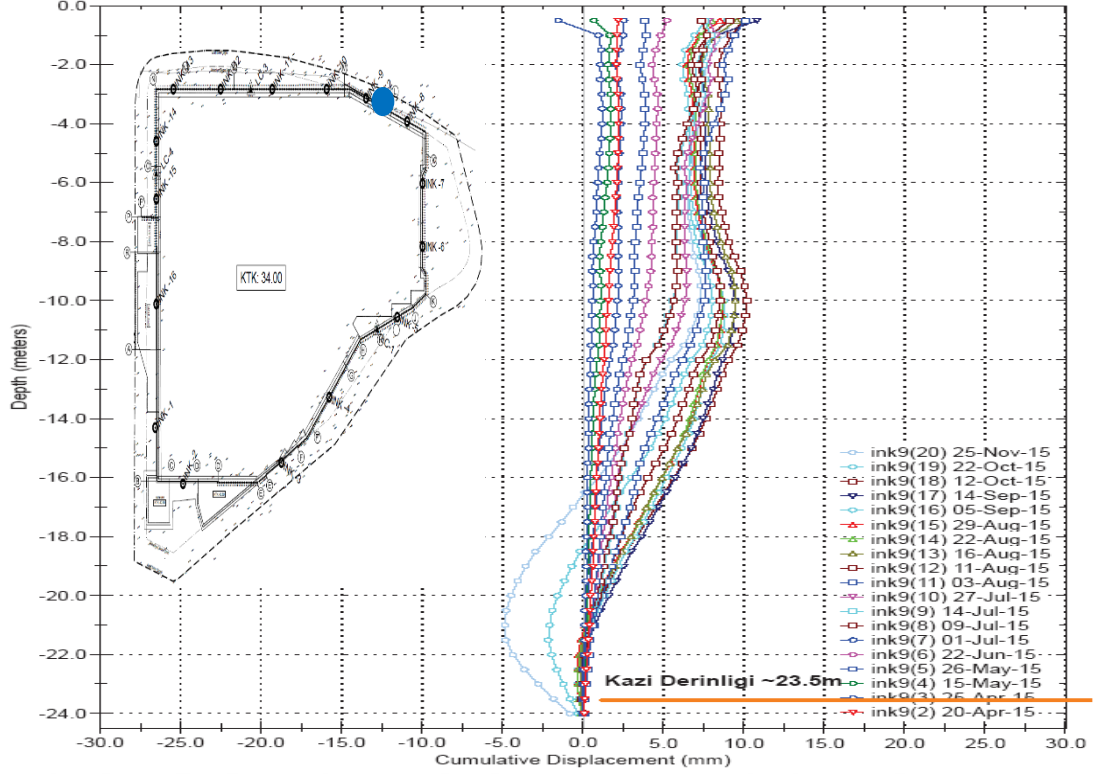
Çizelge 7.6: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-8).

İnklinometre No	Okunan Deplasman (mm)	Kesit No	Hesaplanan Deplasman (mm)
İnk-8	17	K'-L	10

Yukarıdaki çizelgede tasarım aşamasında Plaxis programı kullanılarak hesaplanan deplasmanların, sahada karşılaşılan deplasmanlardan az olduğu görülmektedir.

7.7 L-M Kesiti

L-M kesiti için İnklinometre -9'un farklı günlerde alınan okuma değerlerinin derinlik ile değişimi grafik olarak Şekil 7.10'da gösterilmektedir.



Şekil 7.10: İnklinometre 9'a ait okuma grafiği.

L-M kesiti için hesaplanan ve inklinometre -9'dan okunan deplasman Çizelge 7.7'de gösterilmiştir.

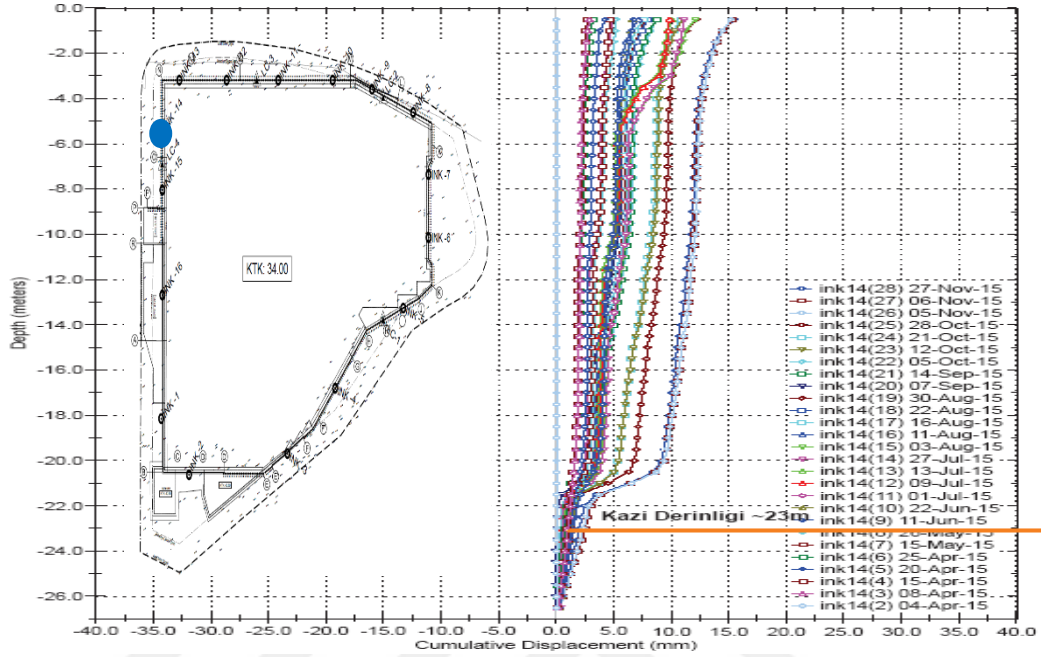
Çizelge 7.7: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-9).

İnklinometre No	Okunan Deplasman (mm)	Kesit No	Hesaplanan Deplasman (mm)
İnk-9	10	L-M	6

Yukarıdaki çizelgede tasarım aşamasında Plaxis programı kullanılarak hesaplanan deplasmanların, sahada karşılaşılan deplasmanlardan az olduğu görülmektedir.

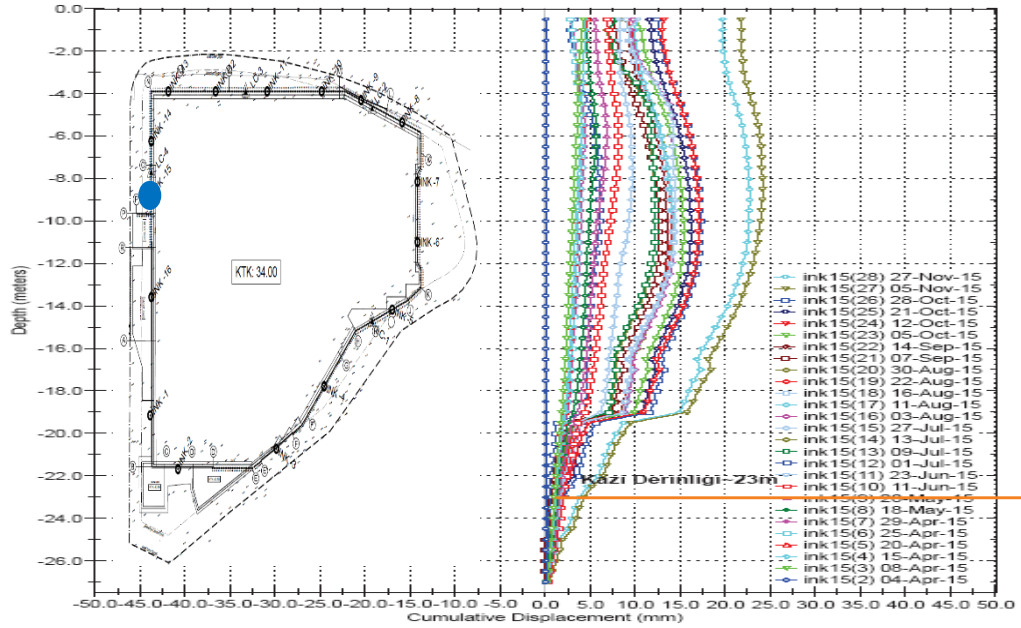
7.8 N-P Kesiti

N-P kesiti için İnklinometre 14'ün farklı günlerde alınan okuma değerlerinin derinlik ile değişimi grafik olarak Şekil 7.11'de gösterilmektedir.



Şekil 7.11: İnklinometre 14'e ait okuma grafiği.

N-P kesiti için İnklinometre 15'in farklı günlerde alınan okuma değerlerinin derinlik ile değişimi grafik olarak Şekil 7.12'de gösterilmektedir.



Şekil 7.12: İnklinometre 15'e ait okuma grafiği

N-P kesiti için hesaplanan ve inklinometrelerden okunan deplasmanlar Çizelge 7.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.8: Kesitlere göre elde edilen yatay deplasmanlar (İnk-14, İnk-15).

İnklinometre No	Okunan Deplasman (mm)	Kesit No	Hesaplanan Deplasman (mm)
İnk-14	15	N-P	11
İnk-15	24	N-P	11

Yukarıdaki çizelgede tasarım aşamasında Plaxis programı kullanılarak hesaplanan deplasmanların, sahada karşılaşılan deplasmanlardan az olduğu görülmektedir.

Kazı yüksekliği açısından kazı derinliği ile deplasman arasındaki oran %0.1 ila %0.5 arasında olması öngörülmektedir (Ou, 1993). Yapılan derin kazıda meydana gelen deplasmanlar kazı derinliği ile orantılı olarak Çizelge 7.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 7.9: Deplasman ve kazı derinliği oranı.

İnclinometre No	Max Deplasman (cm)	Kazı Derinliği (m)	Oran (%)
İnk-1	1,1	11,00	0,10
İnk-2	0,7	8,00	0,08
İnk-3	0,4	7,50	0,05
İnk-4	0,2	11,00	0,01
İnk-5	0,7	15,00	0,04
İnk-6	0,9	23,50	0,03
İnk-7	1,5	23,50	0,06
İnk-8	1,7	23,00	0,07
İnk-9	1,0	23,50	0,04
İnk-14	1,5	23,00	0,06
İnk-15	2,4	23,00	0,10
İnk-16	1,7	11,00	0,15

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada öngermeli aktif ankraj sistemleri ile güçlendirilen bir derin kazı projesinin tasarım, hesaplama ve inşa süreçleri ele alınarak kapsamlı analizi yapılmıştır. Çalışmada arazinin yüzeysel ve derin araştırma çalışmaları ile detaylı bir sondaj çalışması yapılmıştır. Sondaj çalışmalarından elde edilen zemin profili ve numuneleri üzerinde arazi ve laboratuvar deneyleri ile zemin özellikleri karakteristik mukavemet parametreleri saptanmıştır. Derin kazı analizleri için çok önemli veriler olan bu zemin bilgileri ve kazı geometrisi birlikte ele alınarak PLAXIS Sonlu Elemanlar Programında bir kazı modellemesi yapılmıştır. Nümerik modellemede, kazı kesitinin davranışının zamana ve inşa sürecine bağlı olarak ortaya çıkması muhtemel yanal davranışı matematiksel olarak kestirilmeye çalışılmıştır. Sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen nümerik sonuçlar; kazı başlangıcından kazı bitimi akabindeki 60. gün sonrasına değin elde edilen inklinometre okumaları ile karşılaştırılmıştır. Nümerik ve arazi davranışının sonuçları birbirleri ile kıyaslanarak yapılan ankraj analizlerinin doğruluğu, kazı kesitinin stabilitesi ve mühendislik çalışmalarının güvenilirliği değerlendirilmiştir. Sonuçlardan görüleceği üzere inklinometre okumaları ile PLAXIS nümerik analiz sonuçları birbirleri ile oldukça yakın sonuçlar göstermektedir. Elbette böylesi doğru sonuçlara ulaşılabilmesinde yetkin jeolojik çalışmalardan elde edilen güvenilir sondaj verilerin belirleyiciliği tartışılmazdır. Diğer taraftan PLAXIS sonuçların arazi yanal deplasmanları ile yakın sonuçlar vermesinde nümerik analizin model kurulumu sürecinde; kazı adım ve ankraj yerleştirme aşamalarının, bire bir modellenmesinin de katkısını dile getirmek gereklidir.

Sonuç olarak yaptığımız bu çalışmada sonlu elemanlar yönteminin derin kazı sistemlerini analiz edebilmesinde etkin ve güvenilir bir yöntem olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

- ASTM D4622-86, 1991. Standart Test Method for Rock Mass Monitoring Using Inclometers, The American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- Barley, T. ve Mothersille, D., 2007. Engineering Assessment of the Grease-Filled Annulus of Sheathed Prestressing Strand for Use in Permanent Ground Anchorages, ICE International Conference on Ground Anchors and Anchored Structures, UK, November 26-27, London, pp.1-10.
- Bryne, R.J., Cotton, D., Poterfield, J., Ueblacker, G. ve Wolschlag C., 1998. Manual for Design and Construction Monitoring of Soil Nail Wall. United States Federal Highway Administration, FHWA-SA-96-069R, October, USA.
- Clarke, B.G., 1995. Pressuremeters in Geotechnical Design, Blackie Academic Professional, London.
- Clayton, C.R.I., Milititsky, J. ve Woods, R.I., 1993. Earth Pressure and Earth Retaining Structures, Blackie Academic and Profesional, London, England.
- Çınar, A., 2010. Trakya Formasyonunda Yapılan Öngermeli Ankrajlı Derin Kazıların Sonlu Elemanlar ile Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demir, D., 2015. Diyafram Duvarlı İksa Perdelerinde Meydana Gelen Deplasmanlar ile İlgili Parametrik Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demirkoç, A., 2007. Derin Kazılarda Zemin Çivisi ile Ankrajlı Destek Sistemlerinin Karşılaştırmalı Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dunnicliff, J., 1988. Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance, JohnWiley and Sons, Newyork.
- DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Türkiye.
- Elton, D.J. ve Whitbeck J.E., 1997. Tieback Wall Design and Construction, Final Report to Alabama Highway Research Center, Septemper 24, Alabama, pp.1-4.
- Erdiker, B., 2012. Zemin Çivilerinin İksa Sistemlerinde Öngermeli Ankraj Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ertürk, E., 1996. Şevlerde Hareketlerin İzlenmesi için İnklinometre Aletinin Kullanımı ve Bir Örnek Uygulama, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 48, 49, 57-62.
- Fang H.-Y., 1991. Foundation Engineering Handbook, Second Edition Springer Science+Business Media, pp.868-877, New York.

- FHWA-IF-99-015, 1999. Geotechnical Engineering Circular No.4: Ground Anchors and Anchored Systems, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington D.C., USA.
- Franklin, J.A., 1977. Time Monitoring of Structures in Rock, Rock Mechanic Review, International Journal of Rock Mechanics, Min. Sci and Geomech. Abstract, Vol. 1.4, pp.163-192, Great Britain.
- Finno, R.J. ve Calvello, M., 2005. Supported Excavations: The Observational Method and Inverse Modeling, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 115, No. 8, pp.1065-1085, USA.
- Gordon, E.G. ve Mikkelsen, P.E., 1988. Deformation Measurements With Inclinometers, Transportation Research Record 1169, Transportation. Research Board, National Research Council, pp.15, Washington.
- Gordon, E.G. ve Mikkelsen, P.E., 1989. Measurements of Ground, Movement With Inclinometers, Proceeding of the 4th International Geotechnical Seminar, Field. Instrumentation and Insitui, Nanyang Technical Institute, pp.235-246, Singapore.
- Graham, P.J., 1989. Inclinator Data Reduction Computer Program, Mitre Software Corporation, 9636-51 Ave. 2, Alberta, pp.53, Canada.
- Hanna, T.H., 1985. Field, Instrumentation in Geotechnical Engineering, Trans Tech Publications, Clausthal, pp.843, Germany.
- Helvacioğlu, A., 2015. Zemin Ankrajlarının Taşıma Gücü ve İmal Yöntemlerinin Taşıma Gücüne Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- İnanır, O., 2015. Aletsel Gözlem ve Uygulama Teknikleri. İMO TMH-484-2015/1.
- Köse, H.K., 2011. Derin Kazılar ve Derin Kazı Uygulamasına Bir Örnek: Hilton Garden Inn Söğütözü Derin Temel Kazısı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Littlejohn, G.S., 1980. Design Estimation of the Ultimate Load Holding Capacity of Ground Anchors. Ground Engineering 13, pp.25-39, Germany.
- Mair, R.J. ve Wood, D.M., 1987. Pressuremeter Testing, Methods ve Interpretation, CIRIA Ground Engineering Report, London.
- Mih, M., 2011. TKİ-GLİ-ILGIN Linyit İşletmesi ÇG-1 Panosunda İnklinometre ve Manyetik Oturma Kolon Ölçer Cihazları ile Şev Duraysızlığının İzlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- NAVFAC, 1982. Canadian Foundation Engineerin Manual, 4th Edition, Canadian.
- Ostermayer, H. 1970. Erdanker-Tragverhalten und konstruktive Durchbildung, Vortrage Baugrundtagung Düsseldorf, Germany.
- Ou, C.Y., 2006. Deep Excavation, Theory and Practice. Department of Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan, pp.179-232.

- Öncü, G.Ş., 2009. Derin Kazılı İksa Sisteminde Oluşan Yer Değişikliklerinin Hesaplanarak Aletsel Gözlemlerle Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özcan, E. ve Özdemir, A., 2008. Türkiye 18. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi, Ankara, 1-3.
- Plaxis Material Manual, 2012. Delft University of Technology ve Plaxis, Delft, Netherlands.
- Sivrikaya, O. ve Toğrol, E., 2007. Türkiye’de SPT-N Değeri ile İnce Daneli Zeminlerin Drenajsız Kayma Mukavemeti Arasındaki İlişkiler. İMO Teknik Dergi, Yazı 279, 4229-4246.
- Sabatini, P.J., Pass, D.G. ve Bachus, R.C., 1999. Ground Anchorages and Anchored Systems, FHWA Technical Report, FHWA-IF-99-015, USA.
- Sabatini, P.J., Bachus, R.C., Mayne, P.W. ve Schneider, J.A., 2002. Evaluation of Soil and Rock Properties, FHWA Technical Report, FHWA-IF-02-034, USA.
- Strom, R.W. ve Ebeling R.M., 2001. State of the Practice in the Design of Tall, Stiff, and Flexible Tieback Retaining Walls Innovations for Navigation Projects Research Program, Us Army Corps of Engineers-Engineer Research and Development Center, December, pp.1-4.
- Xanthakos P., 1991. Ground Anchors ve Anchored Structures John Wiley and Sons, INC. Canada, pp.1-44.
- Wilson, S.D. ve Mikkelsen, P.E., 1977. Foundation Instrumentation: Inclometers Report”, FHWA. TS-77-219, U.S Department of Transportation, pp.96.
- Ulusay, R., 1995. Şev Stabilitesinde Hareket İzleme Çalışmalarının Önemi, Yeri ve Uygulamadan Örnekler, M.T.A Genel Müd. Konferans Notları, Ankara, 46.
- Yıldız, L., 2005. Donatıyla Güçlendirilmiş Şevli Zemine Oturan Yüzeysel Temel Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Zeinkiewicz, O.C., 1977. The Finite Element Method, 3rd ed., Fourth Edition Volumes 1 and 2, McGraw-Hill, London.

EKLER

EK.A Sondaj Yerleşim Planı ve Sondaj Logları

EK.B Laboratuvar Deney Sonuçları

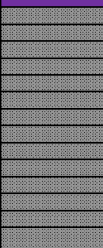
EK.C Geoteknik Parametreler





DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %'sı CORE % RECOVER	R.O.D %	NUMUNE NO SAMPLE NO	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI DESCRIPTION	SOİL	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK 30 cm FRACTURE / 30 cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
												Darbe Sayısı No Of Blows			N ₆₀	GRAFIK / GRAPH																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
												0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1					Beton ve dolgusu 0.30 m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

Şekil A.2: SK 1 sondaj logu-1.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %'si CORE % RECOVERY	R.O.D. %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI DESCRIPTION	SOİL	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK /30 cm FRACTURE / 30 cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST															
												Darbe Sayısı No. Of Blows			N ₁₀	GRAFIK / GRAPH											
												0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50							
13	70	28			ARKOZİK KUMTAŞI Morumsu gri renkli, orta derecede ayrılmış, parçalı																						
14	61	0	K-4	13.00-14.00																							
15	93	0	K-5	14.00-15.00																							
16	97	28	K-6	15.50-17.00																							
17																											
18	75	23	K-7	17.00-18.50																							
19																											
20	100	38	K-8	18.50-20.50																							
21																											
22	53	7	K-9	20.50-22.00								21.50 m															
23	103	31	K-10	22.00-23.50								22.50 m															
24					KUMTAŞI Gri renkli, orta derecede ayrılmış																						
25	67	44	K-11	23.50-26.00																							
26																											
27												Kuyu Sonu:26.00 m															
28																											
29																											
30																											

Şekil A.3: SK 1 sondaj logu-2.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %a CORE % RECOVERY	R.Q.D. %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK 30 cm. FRACTURE / 30 cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SUKAYI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST										
											Darbe Sayısı Of Blows			N ₁₀	GRAFIK / GRAPH						
											0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50		
1					Beton ve dolgusu 0.30m																
2			SPT-1	1.50-1.95	Siltli KİL Kahverengi-yeşil alıcalı renkte, sert, çakıllı,						18	40	43	>50							
3			SPT-2	3.00-3.57							35	44	50/7								
4			SPT-3	4.50-4.63	4.50m						50/13										
5	42	0	K-1	4.50-6.00																	
6																					
7	25	0	K-2	6.00-7.50																	
8																					
9	33	0	K-3	7.50-9.00	GROVAK-KUMTAŞI Kahverengimsi gri renkli, çok ayrışmış ve çok parçalı																
10																					
11	45	0	K-4	9.00-11.00																	
12																					
12	29	0	K-5	11.00-13.00	11.50m ARKOZ Morumsu gri renkli, parçalı																
KIVAM DURUMU / STIFFNESS					SİKLİLİK / DENSITY					ORANLAR / PROPORTIONS					KIRIKLAR/30cm-FRACTIONS/30cm						
N = 0-2	Çok yumuşak	V.soft			N = 0-4	Çok gevşek	V.loose	0-10%	Pek az (Seyrek)	Trace					>1	Seyrek	Wide	(W)			
N = 3-4	Yumuşak	Soft			N = 5-10	Gevşek	Loose	10-20%	Az	Little					1-2	Orta	Moderate	(M)			
N = 5-8	Orta katı	M.stiff			N = 11-30	Orta sıkı	M. dense	20-35%	Sıfır	Adjective(Or some)					2-10	Sık	Close	(CI)			
N = 9-15	Katı	Stiff			N = 31-50	Sıkı	Dense	35-50%	Ve	And					10-20	Çok sık	Intense	(I)			
N = 16-30	Çok katı	V.stiff			N > 50	Çok sıkı	V.dense								>20	Parçalı	Crushed	(Cr)			
N > 30	Sert	Hard																			
DAYANIMLILIK / STRENGTH					AYRISMA / WEATHERING					KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD					UD-Örselelenmiş Numune/Undisturbed Sample						
I	Çok zayıf	Very weak			I	Tamamen ayrışmış	Comp. weathered	0-25%	Çok zayıf	Very poor					D-Örselelenmiş Numune / Disturbed Sample						
II	Zayıf	Weak			II	Çok ayrışmış	Highly weathered	25-50%	Zayıf	Poor					SPT-Standard Pen Denevi / Standard Pen Test						
III	Orta zayıf	M.weak			III	Orta ayrışmış	Mod. weathered	50-75%	Orta	Fair					VST-Vane Denevi / Vane Shear Test						
IV	Orta Dayanımlı	M. strong			IV	Az ayrışmış	Slightly weathered	75-90%	İyi	Good					P- Presionmetre Denevi / Presionmeter Test						
V	Dayanımlı	Strong			V	Taze	Fresh	90-100%	Çok iyi	Excellent					K:Karot Numunesi / Core Sample						

Şekil A.4: SK 4 sondaj logu-1.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %si CORE % RECOVERY	R.O.D. %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRILMA WEATHERING	KIRIK / 30 cm. FRACTURE / 30 cm.	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST									
											Darbe Sayısı Blows			N ₁₀	GRAFIK / GRAPH					
											0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50	
13	29	0	K-5	11.00-13.00	ARKOZ Morumsu gri renkli, orta derecede ayrılmış, parçalı															
14	17	0	K-6	13.00-14.50																
15	32	13	K-7	14.50-16.00																
16																				
17	67	15	K-8	16.00-17.50																
18																				
19	80	37	K-9	17.50-19.50																
20	72	52	K-10	19.50-21.00																
21																				
22											Kuyu Sonu: 21.00m									
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				

Şekil A.5: SK 4 sondaj logu-2.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %s CORE % RECOVERY	RQD %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRIŞMA WEATHERING	KIRIK 20 cm. FRACTURE / 20 cm.	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
											Darbe Sayısı Of Blows			N ₁₀	GRAFIK / GRAPH																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
											0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1					ARKOZ Boz renkli, tamamen ayrılmış 1.00m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						</

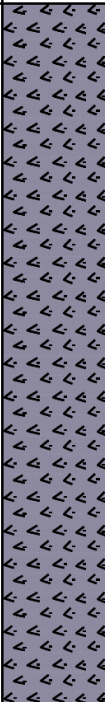
Şekil A.6: SK 5 sondaj logu-1.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %s4 CORE % RECOVER	R.Q.D %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK /30 cm. FRACTURE / 30 cm.	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST									
											Darbe Sayısı Of Blows			N ₁₀	GRAFIK / GRAPH					
											0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50	
13	11	0	K-4	12.00-13.50	ARKOZ Morumsu gri renkli, çok ayırışmış, parçalı 15.00m															
14	21	0	K-5	13.50-15.00																
15																				
16	48	0	K-6	15.00-16.50																
17	37	8	K-7	16.50-18.00																
18																				
19	22	7	K-8	18.00-20.00																
20																				
21					Kuyu Sonu: 20.00m															
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				

Şekil A.7: SK 5 sondaj logu-2.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %SİL CORE % RECOVERY	RQD %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK 75 cm FRACTURE / 30 cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST									
											Darbe Sayısı Or/Blow		N ₆₀	GRAFIK / GRAPH						
											0-15	15-30		30-45		10	20	30	40	50
1				SPT-1	1.50-1.95	1.50 m					5	10	22	32						
2																				
3				SPT-2	3.00-3.22	Morumsu-gri boz renkli Arkozun alterasyonu ile meydana gelmiş silt boyutunda malzeme					44	50/7								
4				SPT-3	4.50-4.60	4.50 m					50/10									
5	31			K-1	4.50-6.00															
6																				
7	0	0		K-2	6.00-7.50															
8	11	0		K-3	7.50-9.00	ARKOZİK KUMTAŞI Morumsu gri renkli, yer yer çok ayrışmış, parçalı														
9																				
10	0	0		K-4	9.00-12.00															
11																				
12				SPT-4	12.00-12.05						50/5									
KIVAM DURUMU / STIFFNESS						SİKLİLİK / DENSITY			ORANLAR / PROPORTIONS			KIRIKLAR/30cm-FRACTIONS/30cm								
N = 0-2	Çok yumuşak		V.soft		N = 0-4	Çok gevşek V.loose		0-10%	Pek az (Seyrek)		Trace		1	Seyrek		Wide		(W)		
N = 3-4	Yumuşak		Soft		N = 5-10	Gevşek Loose		10-20%	Az		Little		1-2	Orta		Moderate		(M)		
N = 5-8	Orta katı		M.stiff		N = 11-30	Orta sıkı M. dense		20-35%	Sıfırt		Adjective(Or some)		2-10	Sık		Close		(Cl)		
N = 9-15	Katı		Stiff		N = 31-50	Sıkı Dense		35-50%	Ve		And		10-20	Çok sık		Intense		(I)		
N = 16-30	Çok katı		V.stiff		N = 50	Çok sıkı V.dense							>20	Parçalı		Crushed		(Cr)		
N > 30	Sert		Hard																	
DAYANIMLILIK / STRENGTH						AYRISMA / WEATHERING			KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD			UD-Örselelenmiş Numune/Undisturbed Sample								
I	Çok zayıf		Very weak		I	Tamamen ayrışmış Comp. weathered		0-25%	Çok zayıf		Very poor		D-Örselelenmiş Numune / Disturbed Sample							
II	Zayıf		Weak		II	Çok ayrışmış Highly weathered		25-50%	Zayıf		Poor		SPT-Standard Pen Deneyi / Standard Pen Test							
III	Orta zayıf		M.weak		III	Orta ayrışmış Mod. weathered		50-75%	Orta		Fair		VST-Vane Deneyi / Vane Shear Test							
IV	Orta Dayanımlı		M. strong		IV	Az ayrışmış Slightly weathered		75-90%	İyi		Good		P: Presiometre Deneyi / Pressuremeter Test							
V	Dayanımlı		Strong		V	Taze Fresh		90-100%	Çok iyi		Excellent		K:Karot Numunesi / Core Sample							

Şekil A.8: SK 7 sondaj logu-1.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %S CORE % RECOVERY	R.O.D. %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK 30 cm FRACTURE / 30 cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST												
											Darbe Sayısı Of Blows			N ₁₀	GRAFIK / GRAPH								
											0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50				
13	28	0			ARKOZİK KUMTAŞI Morumsu gri renkli, yer yer çok ayrışmış, parçalı																		
14			K-5	12.00-15.00																			
15	22	0																					
16			K-6	15.00-18.00																			
17	53	20																					
18			K-7	18.00-19.50																			
19	7	0																					
20			K-8	19.50-22.50																			
21	17	0																					
22			K-9	22.50-25.00																			
23	33	0																					
24			K-10	25.00-27.00																			
25																							
26																							
27																							
28																							
29																							
30																							
					Kuyu Sonu:27.00 m																		

Şekil A.9: SK 7 sondaj logu-2.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %S CORE % RECOVERY	R.Q.D. %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK 30 cm FRACTURE / 30 cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST										
											Darbe Sayısı Of Blows			N ₆₀	GRAFIK / GRAPH						
											0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50		
1					Beton 0.20 m																
2			SPT-1	1.50-1.95	Killi çakıllı kahverengi DOLGU						3	3	3	6							
3			SPT-2	3.00-3.45								16	19	26	45						
4			SPT-3	4.50-4.73								42	50/8								
5						4.60 m															
6			SPT-4	6.00-6.20	Boz renkli, ayrılmış, ARKOZ						32	50/5									
7	17	0	K-1	6.00-7.50	ARKOZ Morumsu koyu gri renkli çok parçalı,yer yer ayrılmış ve yer yer kuvars damarlı																
8	49	0	K-2	7.50-9.00																	
9																					
10	38	0	K-3	9.00-10.50																	
11																					
12	41	11	K-4	10.50-12.00																	
Kuyu Sonu:12.00 m																					
KIVAM DURUMU / STIFFNESS					SIKILIK / DENSITY					ORANLAR / PROPORTIONS					KIRIKLAR/30cm-FRACTIONS/30cm						
N=0-2 Çok yumuşak V.soft					N=0-4 Çok gevşek V.loose					0-10% Pek az (Seyrek) Trace					1 Seyrek Wide (W)						
N=3-4 Yumuşak Soft					N=5-10 Gevşek Loose					10-20% Az Little					1-2 Orta Moderate (M)						
N=5-8 Orta katı M.stiff					N=11-30 Orta sıkı M. dense					20-35% Sıfırt Adjective(Or some)					2-10 Sık Close (C)						
N=9-15 Katı Stiff					N=31-50 Sıkı Dense					35-50% Ve And					10- 20 Çok sık Intense (I)						
N=16-30 Çok katı V.stiff					N= 50 Çok sıkı V.dense										20 Parçalı Crushed (Cr)						
N=30 Sert Hard																					
DAYANIMLILIK / STRENGTH					AYRISMA / WEATHERING					KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD					UD-Örselelenmiş Numune/Undisturbed Sample						
I Çok zayıf Very weak					I Tamamen ayrılmış Comp. weathered					0-25% Çok zayıf Very poor					D-Örselelenmiş Numune / Disturbed Sample						
II Zayıf Weak					II Çok ayrılmış Highly weathered					25-50% Zayıf Poor					SPT-Standard Pen Deneysi /Standard Pen Test						
III Orta zayıf M.weak					III Orta ayrılmış Mod. weathered					50-75% Orta Fair					VST-Vane Deneysi / Vane Shear Test						
IV Orta Dayanımlı M. strong					IV Az ayrılmış Slightlyly weathered					75-90% İyi Good					P- Pressiometre Deneysi / Pressurometer Test						
V Dayanımlı Strong					V Taze Fresh					90-100% Çok iyi Excellent					K:Karot Numunesi / Core Sample						

Şekil A.10: SK 13 sondaj logu.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %SİL CORE % RECOVERY	R.Q.D. %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK 75 cm. FRACTURE 30 cm.	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST									
											Darbe Sayısı Or Blows		No N ₆₀		GRAFIK / GRAPH					
											0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90	90-105	105-120	120-135	135-150
1					Asfalt 0.10m Dolgu 1.00m															
2			SPT-1	1.50-1.95							43	29	47	>50						
3			SPT-2	3.00-3.05	Boz renkli Arkozun ayrışması ile oluşmuş silt, çakıl boyutunda malzeme						50/5									
4			SPT-3	4.50-4.72							30	50/7								
5	27	8	K-1	4.50-6.00	KUMTAŞI açık yeşil-gri renkli, yer yer ayrışmış, parçalı															
6					6.00m															
7	0	0	K-2	6.00-7.50																
8	21	0	K-3	7.50-9.00																
9					Kuvars damarlı ARKOZ Mor-morumsu gri alacalı renkte, yer yer killeşmiş, çok parçalı, ayrışmış															
10	0	0	K-4	9.00-10.50																
11	0	0	K-5	10.50-12.00																
12																				
KIVAM DURUMU / STIFFNESS					SİKLİLİK / DENSITY					ORANLAR / PROPORTIONS					KIRIKLAR/30cm-FRACTIONS/30cm					
N = 0-2 Çok yumuşak V.soft					N = 0-4 Çok gevşek V.loose					0-10% Pek az (Seyrek) Trace					~1 Seyrek Wide (W)					
N = 3-4 Yumuşak Soft					N = 5-10 Gevşek Loose					10-20% Az Little					1-2 Orta Moderate (M)					
N = 5-8 Orta katı M.stiff					N = 11-30 Orta sıkı M. dense					20-35% Sıfırt Adjective(Or some)					2-10 Sık Close (Cl)					
N = 9-15 Katı Stiff					N = 31-50 Sıkı Dense					35-50% Ve And					10-20 Çok sık Intense (I)					
N = 16-30 Çok katı V.stiff					N > 50 Çok sıkı V.dense										>20 Parçalı Crushed (Cr)					
N > 30 Sert Hard																				
DAYANIMLILIK / STRENGTH					AYRISMA / WEATHERING					KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD					UD-Örselelenmiş Numune/Undisturbed Sample					
I Çok zayıf Very weak					I Tamamen ayrışmış Comp. weathered					0-25% Çok zayıf Very poor					D-Örselelenmiş Numune / Disturbed Sample					
II Zayıf Weak					II Çok ayrışmış Highly weathered					25-50% Zayıf Poor					SPT-Standard Pen Deneyi / Standard Pen Test					
III Orta zayıf M.weak					III Orta ayrışmış Mod. weathered					50-75% Orta Fair					VST-Vane Deneyi / Vane Shear Test					
IV Orta Dayanımlı M. strong					IV Az ayrışmış Slightly weathered					75-90% İyi Good					P- Presiometre Deneyi / Presuremeter Test					
V Dayanımlı Strong					V Taze Fresh					90-100% Çok iyi Excellent					K-Karot Numunesi / Core Sample					

Şekil A.11: SK 15 sondaj logu-1.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %sa CORE % RECOVERY	R.Q.D. %	NUMUNE NO. SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK 100 cm FRACTURE / 30 cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST														
											Darbe Sayısı Of Blows			N ₁₀	GRAFIK / GRAPH										
											0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50						
13	9	0	K-6	12.00-15.00	Kuars damarlı ARKOZ mor-morumsu gri alacalı renkte, yer yer killeşmiş, çok parçalı, ayrışmış																				
14																									
15																									
16	18	0	K-7	15.00-17.00																					
17																									
18											Kuyu Sonu: 17.00m														
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									
30																									

Şekil A.12: SK 15 sondaj logu-2.

[illegible]

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %a CORE % RECOVER	R.O.D. %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK /30 cm FRACTURE / 30 cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SUKAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
											Darbe Sayısı Of Blows			No.	N ₆₀	GRAFIK / GRAPH																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
											0-15	15-30	30-45			10	20	30	40	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
13	35	0	K-8	12.00-13.50	Killeşmiş ÇAMURTAŞI Kahverengi, çok parçalı 13.00m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

Şekil A.14: SK 16 sondaj logu-2.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %S CORE % RECOVERY	R.Q.D. %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK 30 cm FRACTURE / 30 cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SUKAYI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
											Darbe Sayısı Of Blows			N ₁₀	GRAFIK / GRAPH																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
											0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1					BETON 0.30 m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

Şekil A.15: SK 21 sondaj logu-1.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %s4 CORE % RECOVER	R.O.D. %	NUMUNE NO. SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK /30 cm. FRACTURE / 30 cm.	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST									
											Darbe Sayısı Of Blows		No.	N ₁₀	GRAFIK / GRAPH					
											0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50	
13	89	0	K-6	12.00-13.50	Arkozik KUMTAŞI Mor-morumsu gri, alacalı, çok parçalı, kuvars damarlı															
14	48	0	K-7	13.50-15.00																
15																				
16					Kuyu Sonu:15.00 m															
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				

Şekil A.16: SK 21 sondaj logu-2.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %S CORE % RECOVERY	R.Q.D. %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK 70 cm FRACTURE / 30 cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
											Darbe Sayısı Of Blows		N ₁₀	GRAFIK / GRAPH																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
											0-15	15-30		30-45		10	20	30	40	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1					Dolgu																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

Şekil A.18: YSK 1 sondaj logu-1.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %Sİ CORE % RECOVERY	R.Q.D. %	NUMUNE NO SAMPLE NO	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK 10 cm FRACTURE / 30 cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
											Darbe Sayısı Qf Blows			No.	N ₁₀	GRAFIK / GRAPH																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
											0-15	15-30	30-45			10	20	30	40	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	39	0	K-5	12.00-13.50	ARKOZ Morumsu koyu gri renkli çok parçalı, ayrılmış																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

Şekil A.19: YSK 1 sondaj logu-2.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve % s CORE % RECOVER	R.Q.D. %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK 30 cm. FRACTURE: 30 cm.	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST													
											Darbe Sayısı Of Blows		No N ₆₀		GRAFIK / GRAPH									
											0-15	15-30	30-45	>50	10	20	30	40	50					
1					ARKOZ Boz renkli, tamamen ayrılmış																			
2				SPT-1 1.50-1.95							9	17	50/8	>50										
3																								
4				SPT-2 3.00-3.18							47	50/3		>50										
5				SPT-3 4.50-4.54							50/4			>50										
6	32	0		K-1 5.00-6.00																				
7	20	0		K-2 6.00-7.50																				
8																								
9	24	0		K-3 7.50-9.00																				
10					ARKOZ Morumsu koyu gri renkli çok parçalı, ayrılmış																			
11	21	0		K-4 9.00-10.50																				
12	19	9		K-5 10.50-12.00																				
KIVAM DURUMU / STIFFNESS					SİKLİK / DENSITY			ORANLAR / PROPORTIONS			KIRIKLAR/30cm-FRACTIONS/30cm													
N = 0-2 Çok yumuşak V.soft					N = 0-4 Çok gevşek V.loose			0-10% Pek az (Seyrek) Trace			-1 Seyrek Wide (W)													
N = 3-4 Yumuşak Soft					N = 5-10 Gevşek Loose			10-20% Az Little			1-2 Orta Moderate (M)													
N = 5-8 Orta katı M.stiff					N = 11-30 Orta sıkı M. dense			20-35% Sıfat Adjective(Or soue)			3-10 Sık Close (CI)													
N = 9-15 Katı Stiff					N = 31-50 Sıkı Dense			35-50% V.e And			10-20 Çok sık Intense (I)													
N = 16-30 Çok katı V.stiff					N > 50 Çok sıkı V.dense						>20 Parçalı Crushed (Cr)													
N > 30 Sert Hard																								
DAYANIMLILIK / STRENGTH					AYRISMA / WEATHERING			KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD			UD-Örselememiş Numune/Undisturbed Sample													
I Çok zayıf Very weak					I Tamamen ayrılmış Comp. weathered			0-25% Çok zayıf Very poor			D-Örselemiş Numune / Disturbed Sample													
II Zayıf Weak					II Çok ayrılmış Highly weathered			25-50% Zayıf Poor			SPT-Standard Pen Deneyi / Standard Pen Test													
III Orta zayıf M.weak					III Orta ayrılmış Mod. weathered			50-75% Orta Fair			VST-Vane Deneyi / Vane Shear Test													
IV Orta Dayanıklı M. strong					IV Az ayrılmış Slightly weathered			75-90% İyi Good			P-Pressiometre Deneyi / Pressurometer Test													
V Dayanıklı Strong					V Taze Fresh			90-100% Çok iyi Excellent			K-Karot Numunesi / Core Sample													

Şekil A.20: YSK 5 sondaj logu-1.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %Sa CORE % RECOVERY	R.Q.D. %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ / SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK / 50 cm FRACTURE / 50 cm.	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST								
											Darbe Sayısı Of Blows			N ₆₀	GRAFİK / GRAPH				
											0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50
13	25	0	K-5	12.00-13.50	ARKOZ Morumsu koyu gri renkli çok parçalı, ayrılmış														
14	31	0	K-6	13.50-15.00															
15																			
16	37	0	K-7	15.00-16.50															
17																			
18	25	0	K-8	16.50-18.00															
19																			
20	42	0	K-9	18.00-19.50															
21																			
22	30	0	K-10	19.50-21.00															
23																			
24	35	0	K-11	21.00-22.50															
25																			
26	29	0	K-12	22.50-24.00															
27																			
28	34	0	K-13	24.00-25.50															
29																			
30	26	0	K-14	25.50-27.00															
31																			
32	42	0	K-15	27.00-28.50															
33																			
34	66	0	K-16	28.50-30.00															
35																			
36																			
37																			
38																			
39																			
40																			
41																			
42																			
43																			
44																			
45																			
46																			
47																			
48																			
49																			
50																			
51																			
52																			
53																			
54																			
55																			
56																			
57																			
58																			
59																			
60																			
61																			
62																			
63																			
64																			
65																			
66																			
67																			
68																			
69																			
70																			
71																			
72																			
73																			
74																			
75																			
76																			
77																			
78																			
79																			
80																			
81																			
82																			
83																			
84																			
85																			
86																			
87																			
88																			
89																			
90																			
91																			
92																			
93																			
94																			
95																			
96																			
97																			
98																			
99																			
100																			
101																			
102																			
103																			
104																			
105																			
106																			
107																			
108																			
109																			
110																			
111																			
112																			
113																			
114																			
115																			
116																			
117																			
118																			
119																			
120																			
121																			
122																			
123																			
124																			
125																			
126																			
127																			
128																			
129																			
130																			
131																			
132																			
133																			
134																			
135																			
136																			
137																			
138																			
139																			
140																			
141																			
142																			
143																			
144																			
145																			
146																			
147																			
148																			
149																			
150																			
151																			
152																			
153																			
154																			
155																			
156																			
157																			
158																			
159																			
160																			
161																			
162																			
163																			
164																			
165																			
166																			
167																			
168																			
169																			
170																			
171																			
172																			
173																			
174																			
175																			
176																			
177																			
178																			
179																			
180																			
181																			
182																			
183																			
184																			
185																			
186																			
187																			
188																			
189																			
190																			
191																			
192																			
193																			
194																			
195																			
196																			

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve %s CORE % RECOVERY	R.Q.D. %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK 30 cm FRACTURE / 30 cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST														
											Darbe Sayısı Of Blows		N ₆₀	GRAFIK / GRAPH											
											0-15	15-30		30-45	10	20	30	40	50						
1					SİTLİ KİL Kahverengi-yeşil alacalı renkte sert çakıllı																				
2				SPT-1 1.50-1.95							21	36	44	>50											
3																									
4				SPT-2 3.00-3.18							33	45	50/4	>50											
5	34	0			KUMTAŞI Açık Sarı-yeşilimsi,yer yer ayrışmış,parçalı																				
6	43	0																							
7	33	0																							
8	32	0																							
9	47	0			KUMTAŞI Açık yeşil-gri renkli,yer yer ayrışmış,parçalı																				
10	34	0																							
11																									
12	31	0																							
KIVAM DURUMU / STIFFNESS					SİKLİLİK / DENSITY					ORANLAR / PROPORTIONS					KIRIKLAR/30cm-FRACTIONS/30cm										
N = 0-2 Çok yumuşak V.soft					N = 0-4 Çok gevşek V.loose					0-10% Pek az (Seyrek) Trace					~1 Seyrek Wide (W)										
N = 3-4 Yumuşak Soft					N = 5-10 Gevşek Loose					10-20% Az Little					1-2 Orta Moderate (M)										
N = 5-8 Orta katı M.stiff					N = 11-30 Orta sıkı M. dense					20-35% Sıfat Adjective(Or some)					2-10 Sık Close (C)										
N = 9-15 Katı Stiff					N = 31-50 Sıkı Dense					35-50% Ve And					10- 20 Çok sık Intense (I)										
N = 16-30 Çok katı V.stiff					N > 50 Çok sıkı V.dense										~20 Parçalı Crushed (Cr)										
N = 30 Sert Hard																									
DAYANIMLILIK / STRENGTH					AYRISMA / WEATHERING					KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD					UD-Örselelenmiş Numune/Undisturbed Sample										
I Çok zayıf Very weak					I Tamamen ayrılmış Comp. weathered					0-25% Çok zayıf Very poor					D-Örselelenmiş Numune / Disturbed Sample										
II Zayıf Weak					II Çok ayrılmış Highly weathered					25-50% Zayıf Poor					SPT-Standard Pen Deneysi / Standard Pen Test										
III Orta zayıf M.weak					III Orta ayrılmış Mod. weathered					50-75% Orta Fair					VST-Vane Deneysi / Vane Shear Test										
IV Orta Dayanımlı M. strong					IV Az ayrılmış Slightly weathered					75-90% İyi Good					P- Pressionmetre Deneysi / Pressurometer Test										
V Dayanımlı Strong					V Taze Fresh					90-100% Çok iyi Excellent					K:Karot Numunesi / Core Sample										

Şekil A.22: YSK 7 sondaj logu-1.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT ve % CORE % RECOVERY	R.Q.D. %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK 75 cm FRACTURE / 30 cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SUKAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST														
											Darbe Sayısı Of Blows		N ₆₀	GRAFIK / GRAPH											
											0-15	15-30		30-45	>50	10	20	30	40	50					
1					Siltli KİL Kahverengi-yeşil alıcalı renkte sert çakıllı						26	38	48	>50											
2				SPT-1							1.50-1.95														
3																									
4				SPT-2							3.00-3.32														
5	35	0			ARKOZ Morumsu koyu gri renkli çok parçalı, ayrılmış						35	39	50/2	>50											
6	40	0																							
7	66	24																							
8	66	10																							
9																									
10	66	0																							
11	40	0																							
12	58	0																							
KIVAM DURUMU / STIFFNESS					SIKILIK / DENSITY			ORANLAR / PROPORTIONS			KIRIKLAR/30cm-FRACTIONS/30cm														
N = 0-2	Çok yumuşak	V.soft			N = 0-4	Çok gevşek	V.loose	0-10%	Pek az (Seyrek)	Trace	1	Seyrek	Wide	(W)											
N = 3-4	Yumuşak	Soft			N = 5-10	Gevşek	Loose	10-20%	Az	Little	1-2	Orta	Moderate	(M)											
N = 5-8	Orta katı	M.stiff			N = 11-30	Orta sıkı	M. dense	20-35%	Sıfır	Adjective(Or some)	2-10	Sık	Close	(CI)											
N = 9-15	Katı	Stiff			N = 31-50	Sıkı	Dense	35-50%	Ve	And	10-20	Çok sık	Intense	(I)											
N = 16-30	Çok katı	V.stiff			N > 50	Çok sıkı	V.dense				>20	Parçalı	Crushed	(Cr)											
N > 30	Sert	Hard																							
DAYANIMLILIK / STRENGTH					AYRISMA / WEATHERING			KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD			UD-Örselelenmiş Numune/Undisturbed Sample D-Örselelenmiş Numune / Disturbed Sample SPT-Standard Pen Deneyi / Standard Pen Test VST-Vane Deneyi / Vane Shear Test P-Pressiometre Deneyi / Pressuremeter Test K-Karot Numunesi / Core Sample														
I	Çok zayıf	Very weak			I	Tamamen ayrılmış	Comp. weathered	0-25%	Çok zayıf	Very poor															
II	Zayıf	Weak			II	Çok ayrılmış	Highly weathered	25-50%	Zayıf	Poor															
III	Orta zayıf	M.weak			III	Orta ayrılmış	Mod. weathered	50-75%	Orta	Fair															
IV	Orta Dayanımlı	M. strong			IV	Az ayrılmış	Slightly weathered	75-90%	İyi	Good															
V	Dayanımlı	Strong			V	Taze	Fresh	90-100%	Çok iyi	Excellent															

Şekil A.24: YSK 8 sondaj logu-1.

DERİNLİK DEPTH (m)	KAROT % CORE %	RECOVERY %	R.Q.D. %	NUMUNE NO SAMPLE NO.	NUMUNE DERİNLİĞİ SAMPLE DEPTH from to	ZEMİN TANIMLAMASI SOIL DESCRIPTION	ZEMİN PROFİLİ SOIL PROFILE	AYRISMA WEATHERING	KIRIK 30 cm FRACTURE 30 cm	KIRIK AÇISI FRACTURE ANGLE	SU KAYBI WATER LOSS %	STANDART PENETRASYON DENEYİ STANDARD PENETRATION TEST																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
												Darbe Sayısı Of Blows			N ₁₀	GRAFİK / GRAPH																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
												0-15	15-30	30-45		10	20	30	40	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13	58	0				ARKOZ Morumsu koyu gri renkli çok parçalı, ayrılmış																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

ARKOZ
Morumsu koyu gri renkli çok
parçalı, ayrılmış

Kuyu Sonu:30.00 m

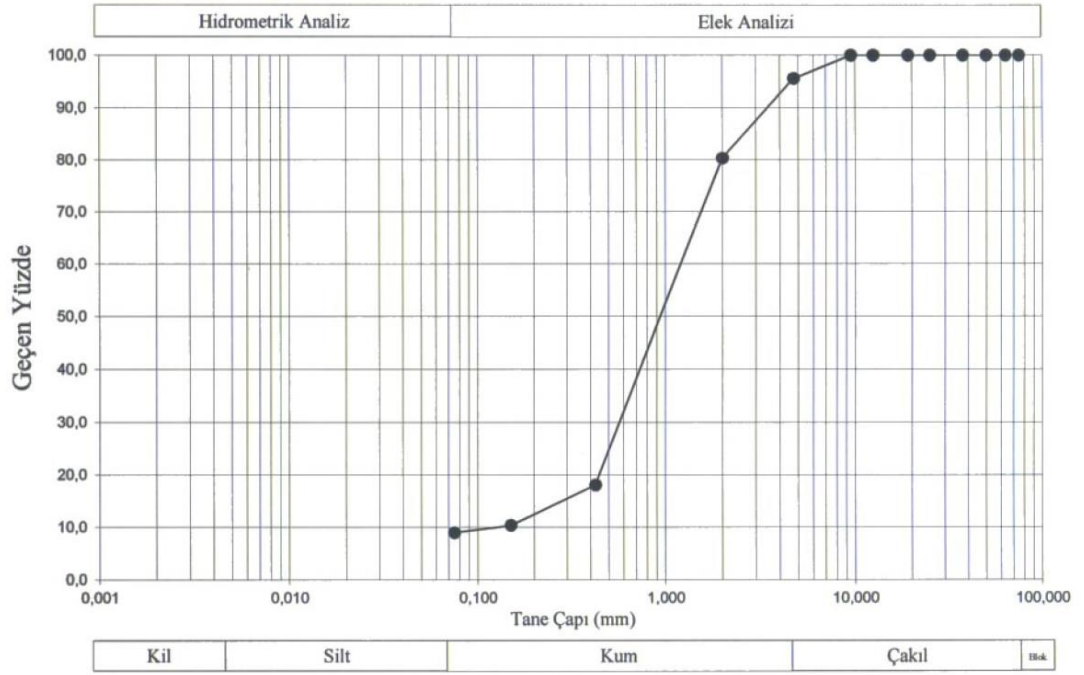
Şekil A.25: YSK 8 sondaj logu-2.

Çizelge B.1: Laboratuvar deney sonuçları-1

Çukur / Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Su İçeriği	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Deneyi	Nokta Yükleme Deneyi
					No.4 Kalan (%)	200 Geçen (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)		qu (kgf/cm ²)	Is (kgf/cm ²)
SK-1	SPT-1	1.50-1.95	13,5		4,4	9,0		NP		SW-SM		
"	SPT-3	4.50-4.95	9,7		1,2	15,1		NP		SM		
"	KAROT	20.00		24,04								13,2
SK-5	SPT-2	3.00-3.45	17,1		0,0	18,5		NP		SM		
"	SPT-3	4.50-4.95	11,8		4,9	10,0		NP		SW-SM		
"	KAROT	12.50		24,39								16,1
SK-7	SPT-2	3.00-3.45	11,0		1,3	75,2	45,8	22,7	23,1	CL		
"	KAROT	26.50		25,73								32,6
SK-8	SPT-1	1.50-1.95	20,6		4,6	53,2	34,2	17,6	16,6	CL		
"	SPT-2	3.00-3.45	11,2		8,3	29,2	32,7	16,6	16,1	SC		
"	KAROT	15.00		26,53							669	
"	KAROT	25.00		25,95								30,1

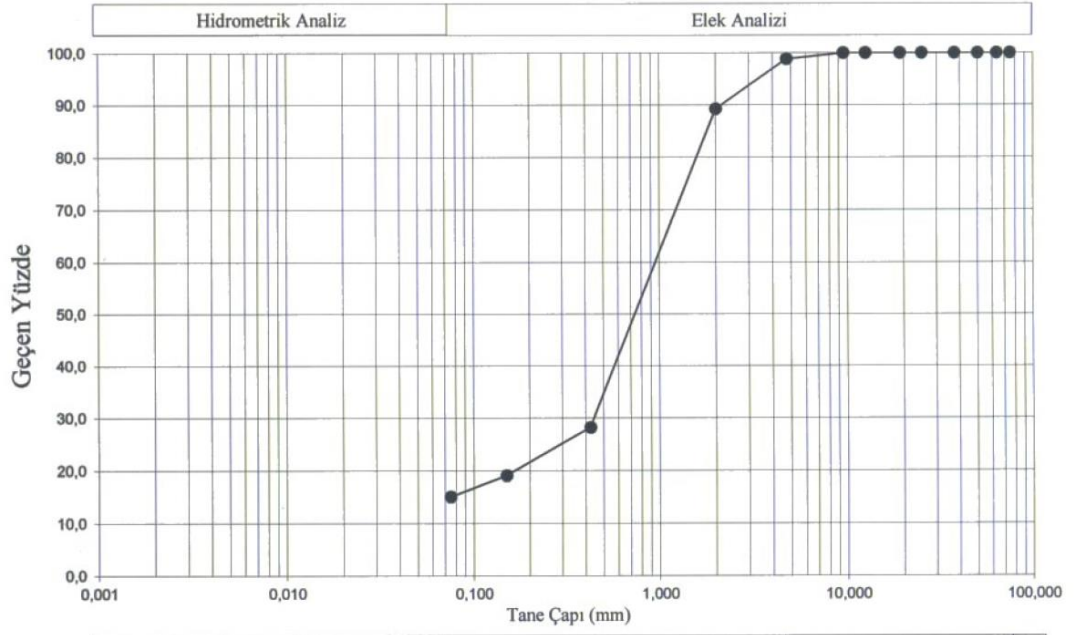
Çizelge B.2: Laboratuvar deney sonuçları-2

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Numune Boyu (mm)	Numune Çapı (mm)	Numune Ağırlığı (g)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Numune Kesit Alanı (mm ²)	Yenilme Yüktü P (kg)	Tek Eksenli Basınç Deneyi qu (kg/cm ²)	Nokta Yükleme Deneyi Is (kg/cm ²)
SK-1	KAROT	20.00	55	52	286,29	24,04	21,24	357		13,20
SK-5	KAROT	12.50	53	50	258,71	24,39	19,63	403		16,10
SK-7	KAROT	26.50	55	54	330,40	25,73	22,90	951		32,60
SK-8	KAROT	15.00	110	54	681,20	26,53	22,90	15322	669	
SK-8	KAROT	25.00	60	55	377,04	25,95	23,76	911		30,10



ELEK ANALİZİ	Elek Numaraları		Geçen Yüzde	Dağılım	
	75 mm	3"	100,00	ÇAKIL%	4,4
	63,5 mm	2 1/2"	100,00		
	50 mm	2"	100,00		
	37,5 mm	1 1/2"	100,00		
	25 mm	1"	100,00		
	19,1 mm	3/4"	100,00		
	12,5 mm	1/2"	100,00		
	9,52 mm	3/8"	100,00		
	4,75 mm	No:4	95,59	KUM %	86,6
	2,00 mm	No:10	80,35		
	0,425 mm	No:40	18,13		
	0,150 mm	No:100	10,39		
0,075 mm	No:200	9,02			
			KİL+SİLT %	9,0	

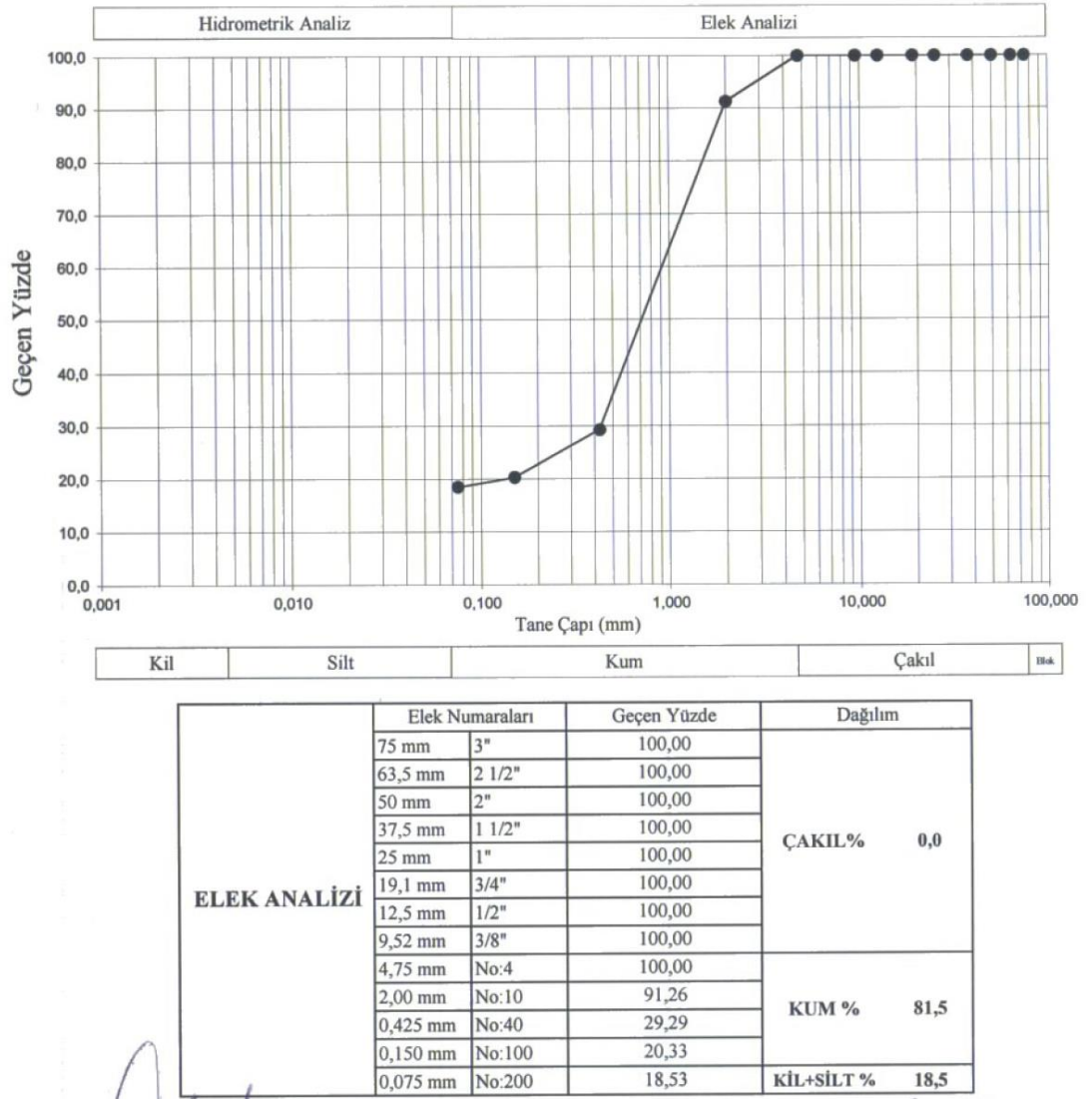
Şekil B.1: SK-1/SPT-1/1,50-1,95 m.



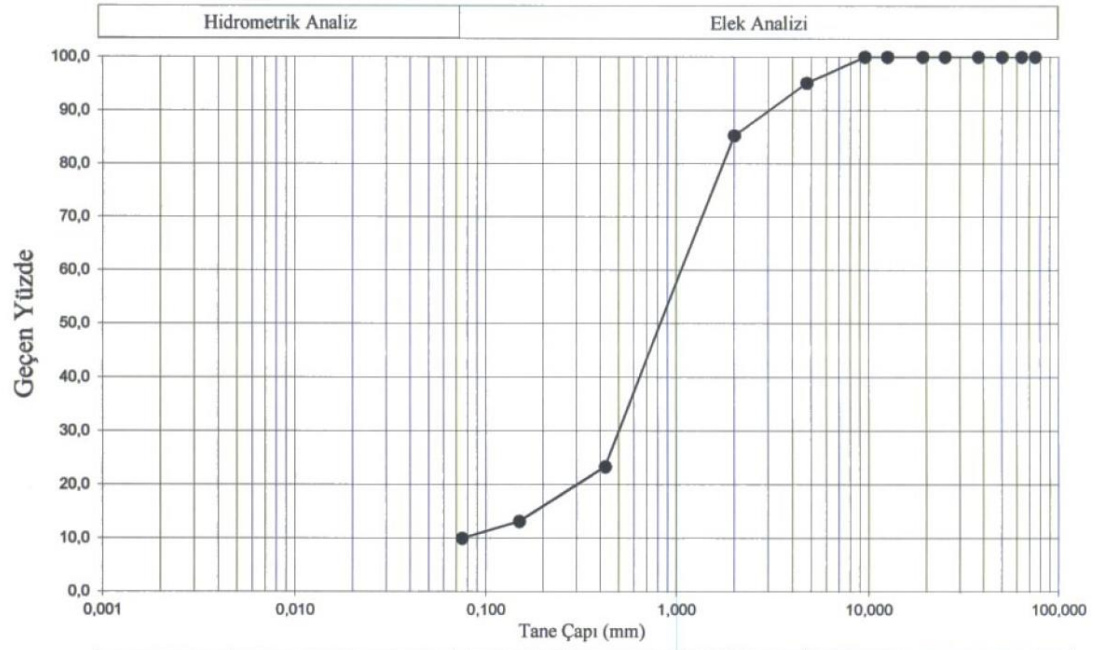
Kil	Silt	Kum	Çakıl	İlisk
-----	------	-----	-------	-------

ELEK ANALİZİ	Elek Numaraları		Geçen Yüzde	Dağılım
	75 mm	3"	100,00	
	63,5 mm	2 1/2"	100,00	
	50 mm	2"	100,00	
	37,5 mm	1 1/2"	100,00	
	25 mm	1"	100,00	
	19,1 mm	3/4"	100,00	ÇAKIL% 1,2
	12,5 mm	1/2"	100,00	
	9,52 mm	3/8"	100,00	
	4,75 mm	No:4	98,84	KUM % 83,7
	2,00 mm	No:10	89,25	
	0,425 mm	No:40	28,22	
	0,150 mm	No:100	19,14	
	0,075 mm	No:200	15,13	KİL+SİLT % 15,1

Şekil B.2: SK-1/SPT-3/4,50-4,95 m.



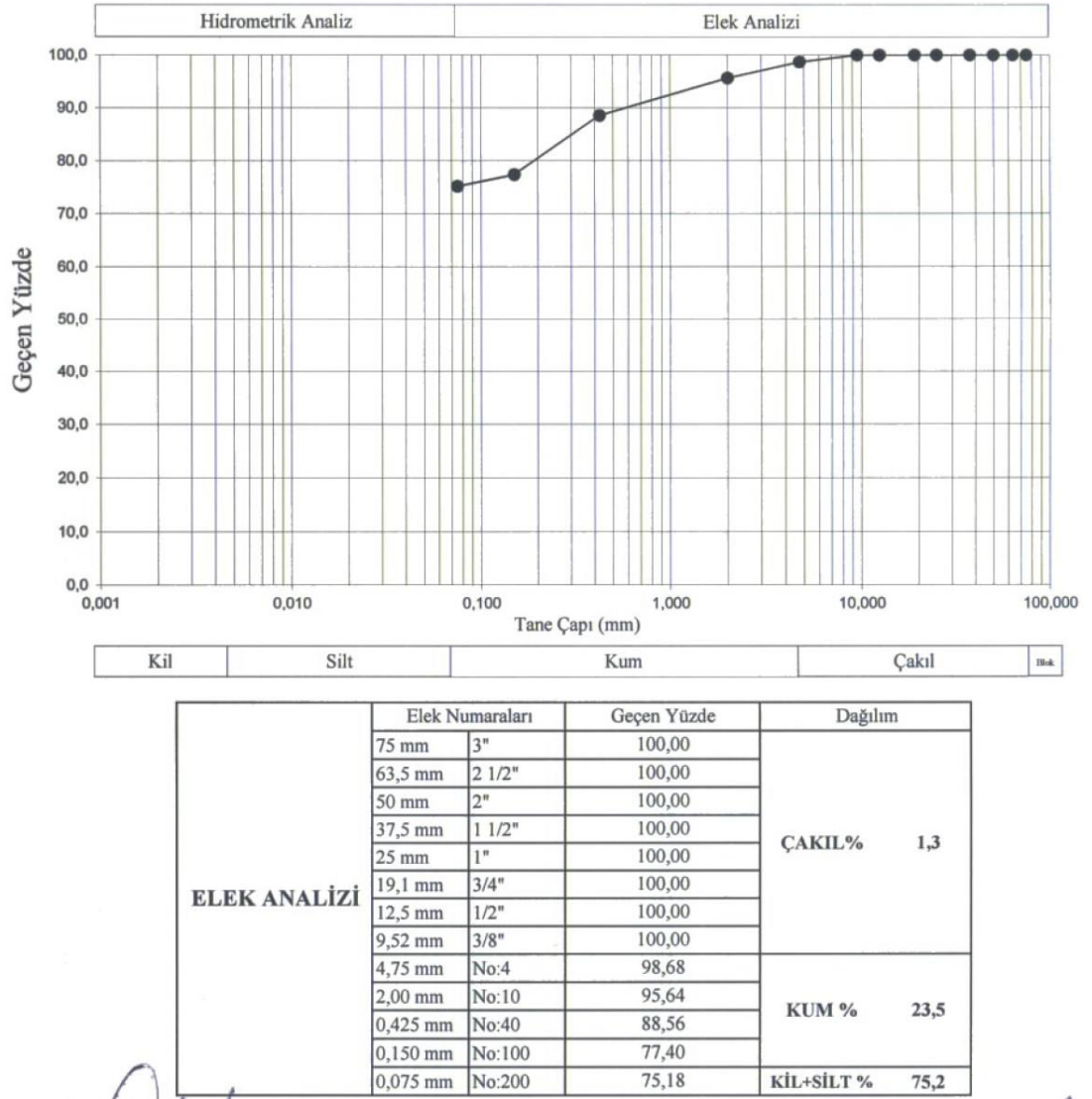
Şekil B.3: SK-5/SPT-2/3,00-3,45 m.



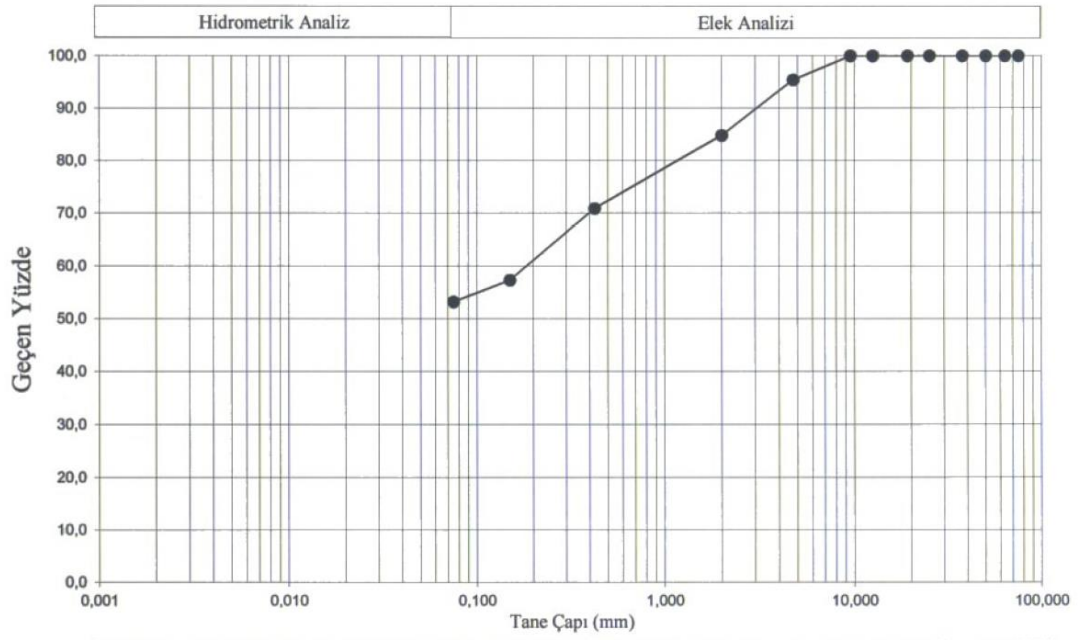
Kil	Silt	Kum	Çakıl	İlçak
-----	------	-----	-------	-------

ELEK ANALİZİ	Elek Numaraları		Geceen Yüzde	Dağılım	
	75 mm	3"	100,00	ÇAKIL%	4,9
	63,5 mm	2 1/2"	100,00		
	50 mm	2"	100,00		
	37,5 mm	1 1/2"	100,00		
	25 mm	1"	100,00		
	19,1 mm	3/4"	100,00		
	12,5 mm	1/2"	100,00	KUM %	85,1
	9,52 mm	3/8"	100,00		
	4,75 mm	No:4	95,14		
	2,00 mm	No:10	85,25		
	0,425 mm	No:40	23,33	KİL+SİLT %	10,0
	0,150 mm	No:100	13,16		
	0,075 mm	No:200	10,01		

Şekil B.4: SK-5/SPT-3/4,50-4,95 m.



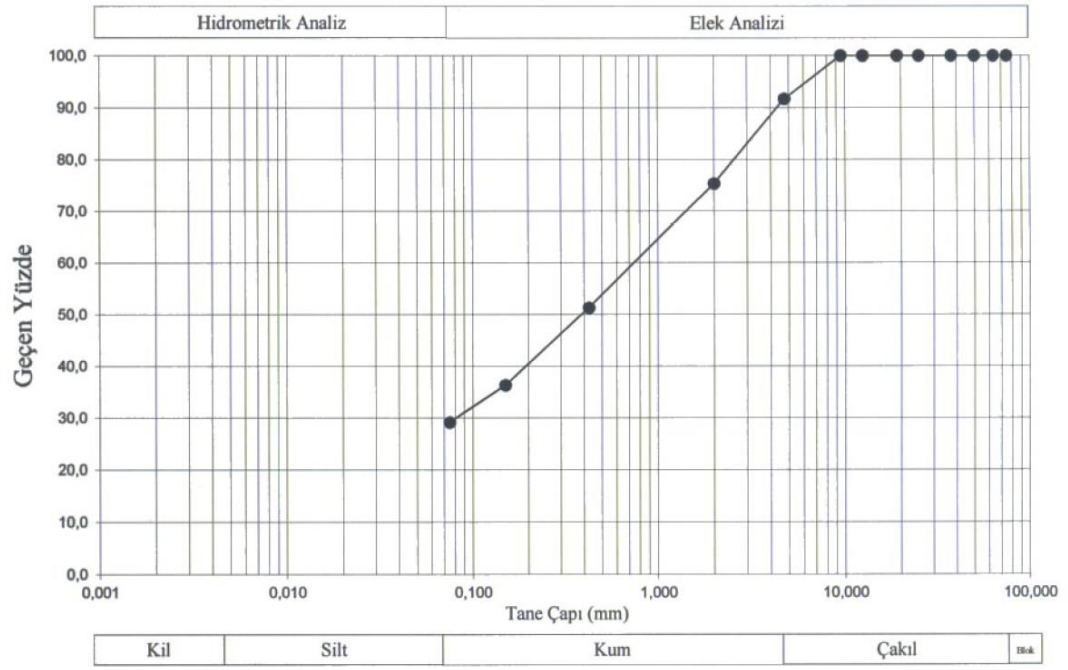
Şekil B.5: SK-7/SPT-2/3,00-3,45 m.



Kil	Silt	Kum	Çakıl	İlçik
-----	------	-----	-------	-------

ELEK ANALİZİ	Elek Numaraları		Geçen Yüzde	Dağılım	
	75 mm	3"	100,00	ÇAKIL%	4,6
	63,5 mm	2 1/2"	100,00		
	50 mm	2"	100,00		
	37,5 mm	1 1/2"	100,00		
	25 mm	1"	100,00		
	19,1 mm	3/4"	100,00		
	12,5 mm	1/2"	100,00		
	9,52 mm	3/8"	100,00	KUM %	42,2
	4,75 mm	No:4	95,38		
	2,00 mm	No:10	84,79		
	0,425 mm	No:40	70,86		
	0,150 mm	No:100	57,34		
0,075 mm	No:200	53,21			
			KİL+SİLT %	53,2	

Şekil B.6: SK-8/SPT-1/1,50-1,95 m.



Elekt Numaraları		Geçen Yüzde	Dağılım	
75 mm	3"	100,00	ÇAKIL%	8,3
63,5 mm	2 1/2"	100,00		
50 mm	2"	100,00		
37,5 mm	1 1/2"	100,00		
25 mm	1"	100,00		
19,1 mm	3/4"	100,00		
12,5 mm	1/2"	100,00		
9,52 mm	3/8"	100,00	KUM %	62,5
4,75 mm	No:4	91,70		
2,00 mm	No:10	75,33		
0,425 mm	No:40	51,29		
0,150 mm	No:100	36,33	KİL+SİLT %	29,2
0,075 mm	No:200	29,17		

Şekil B.7: SK-8/SPT-2/3,00-3,45 m.

Çizelge C.1: Plaxis'te kullanılan zemin parametreleri-1 (Mohr-Coulomb).

Identification	Unit	Dolgu	Ayrışmış Kaya	Az Ayrışmış Kaya
Identification number		1	2	3
Drainage type		Drained	Drained	Drained
Colour				
Comments				
γ_{unsat}	kN/m^3	18.00	24.00	25.00
γ_{sat}	kN/m^3	19.00	24.00	25.00
Dilatancy cut-off		No	No	No
e_{init}		0.5000	0.5000	0.5000
e_{min}		0.000	0.000	0.000
e_{max}		999.0	999.0	999.0
Rayleigh α		0.000	0.000	0.000
Rayleigh β		0.000	0.000	0.000
E	kN/m^2	45.00E3	200.0E3	700.0E3
ν (nu)		0.2000	0.2000	0.2000
G	kN/m^2	18.75E3	83.33E3	291.7E3
E_{oed}	kN/m^2	50.00E3	222.2E3	777.8E3
C_{ref}	kN/m^2	1.000	50.00	100.0
ϕ (phi)	$^\circ$	30.00	25.00	35.00
ψ (psi)	$^\circ$	0.000	0.000	5.000
V_s	m/s	101.0	184.5	338.1
V_p	m/s	165.0	301.2	552.2
Set to default values		Yes	Yes	Yes
E_{inc}	$\text{kN/m}^2/\text{m}$	0.000	0.000	0.000
Y_{ref}	m	0.000	0.000	0.000
C_{inc}	$\text{kN/m}^2/\text{m}$	0.000	0.000	0.000
Y_{ref}	m	0.000	0.000	0.000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m^2	0.000	0.000	0.000
Strength		Manual	Manual	Manual
R_{inter}		0.8000	0.8000	0.8000

Çizelge C.2: Plaxis'te kullanılan zemin parametreleri-2.

Identification	Unit	D=80 cm Fore Kazık, Sh=1.2 m
Identification number		1
Comments		
Colour		
Material type		Elastic
Isotropic		Yes
End bearing		No
EA1	kN/m	12.50E6
EA2	kN/m	12.50E6
EI	$\text{kN m}^2/\text{m}$	502.7E3
d	m	0.6947
w	kN/m/m	1.000
v (nuJ		0.1500

Çizelge C.3: Plaxis'te kullanılan zemin parametreleri-3.

Identification	Unit	Ankraj Kökü
Identification number		1
Comments		
Colour		
Material type		Elastic
Isotropic		Yes
EA1	kN/m	175.0E3
EA2	kN/m	175.0E3

Çizelge C.4: Plaxis'te kullanılan zemin parametreleri-4.

Identification	Unit	4x0.6 Inch Süper Tendon, Sh=2.4 m
Identification number		1
Comments		
Colour		
Material type		Elastoplastic
EA	kN	109.2E3
Lspacing	m	2.400
Fmax,tens	kN	640.0
Fmax,comp	kN	640.0

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Kenan SAYAR

Doğum Tarihi ve Yeri: 23.04.1990/ÖZALP

E-posta adresi : kenansayar34@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi 2014

