



**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elçin ÜNAL

**İKSA YAPILARININ SAYISAL
TASARIMI**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OSMANİYE – 2019

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

İKSA YAPILARININ SAYISAL TASARIMI



**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

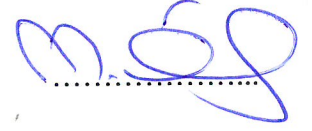
**OSMANİYE
AĞUSTOS 2019**

TEZ ONAYI

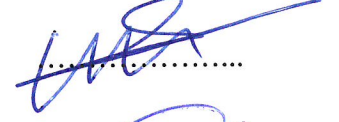
İKSA YAPILARININ SAYISAL TASARIMI

Elçin ÜNAL tarafından Doç. Dr. Murat ÖRNEK danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.


Danışman: Doç. Dr. Murat ÖRNEK
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İSTE



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Selçuk BİLDİK
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Nişantaşı Üniversitesi



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇALIŞICI
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İSTE



Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve /..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Coşkun ÖZALP
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

.....

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

(İmza)
Elçin ÜNAL



ÖZET

İKSA YAPILARININ SAYISAL TASARIMI

Elçin ÜNAL
Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Murat ÖRNEK

Ağustos 2019, 89 sayfa

Bu tez çalışmasında, kumlu ve killi zeminde kazı sonrası duraylılığı sağlamak amacıyla inşa edilen öngermeli zemin ankrajı ile desteklenen fore kazıklı iksa sistemlerinin sayısal analizi yapılmıştır. Sayısal analizlerde, sonlu elemanlar yöntemi mantığıyla çalışan PLAXIS 2D (Finite Element Code for Soil and Rock Analysis) bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kritik kesitler belirlenerek derin kazı analizleri Plaxis 2D ile modellenerek yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçları sahada ilgili cephelere yerleştirilen inklinometre okumaları ile karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte ankraj serbest boyu ve fore kazık soket boyundaki değişimin iksa sistemine etkileri yatay deplasman açısından incelenerek sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İksa sistemi, Ankraj, PLAXIS, Deplasman, İnklinometre.

ABSTRACT

NUMERICAL DESIGN OF SHORING STRUCTURES

Elçin ÜNAL

M.Sc., Department of Civil Engineering

Supervisor: Associate Professor Murat ÖRNEK

August 2019, 89 pages

In this study, numerical analysis of bored piled shoring systems supported by prestressed ground anchor constructed to provide stability after excavation on sandy and clay soil was carried out. In numerical analysis, PLAXIS 2D (Finite Element Code for Soil and Rock Analysis) computer software which works with the logic of finite element method was used. Within the scope of the study, critical sections were determined and deep excavation analyzes were made by modeling with Plaxis 2D. The results of the analysis were compared with the inclinometer readings placed on the related facades in the field. However, the effects of changes in anchor unconstrained length and bored pile socket length on shoring system were examined in terms of horizontal displacement and the results were interpreted.

Key Words: Shoring system, Anchor, PLAXIS, Displacement, Inclinometer



Anneannem Müslime ÖZDEMİR'e...

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez konumun belirlenerek tez çalışmamın yürütölmesini üstlenen, çalışmalarım süresince değerli bilgi ve tecrübeleriyle katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Murat ÖRNEK'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bölümdeki çalışmalarım süresince beni destekleyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Selçuk BİLDİK'e, eşim Serdar ÜNAL'a, kardeşim Mustafa KOYUNCU'ya, aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
TEZ BİLDİRİMİ	
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İTHAF SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. YANAL ZEMİN BASINÇLARI.....	6
3.1. Coulomb Teorisi	6
3.1.1. Coulomb Aktif Zemin Basıncı	7
3.1.2. Coulomb Pasif Zemin Basıncı.....	8
3.2. Rankine Teorisi.....	9
3.2.1. Rankine Aktif Yanal Zemin Basıncı	9
3.2.2. Rankine Pasif Yanal Zemin Basıncı.....	11
3.3. Sükunetteki Zemin Basıncı	13
3.4. Kohezyonlu Zeminlerde Yanal Zemin Basınçları.....	14
3.5. İksa Sistemlerine Etkiyen Zemin Basınçları	15
3.6. Zemin Basıncı Dağılımının Belirlenmesi.....	16
4. DERİN KAZI DESTEKLEME SİSTEMLERİ	19
4.1 Palplanşlar	19
4.1.1 Ahşap Palplanşlar	19
4.1.2 Betonarme Palplanşlar	20
4.1.3 Çelik Palplanşlar.....	21
4.2 Fore Kazıklar.....	21
4.3 Zemin Ankrajları	22
4.3.1 Ankraj Kısımları.....	22
4.3.1.1 Ankraj Kafası	23
4.3.1.2 Serbest Ankraj Boyu.....	23

4.3.1.3	Ankraj Kökü	24
4.3.2	Ankrajların Sınıflandırılması	24
4.3.2.1	Kullanım Sürelerine Göre Ankrajlar	24
4.3.2.2	İmalat Tekniklerine Göre Ankrajlar	24
4.3.3	Zemin Ankraj İmalatı	26
5.	SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ VE PLAXIS PROGRAMI	28
5.1.	Sonlu Elemanlar Yöntemi	28
5.2.	Plaxis Programı	30
6.	İNCELENEN ÖRNEK: BEŞTEPE KULELERİ OFİS-TİCARET İNŞAATI İKSA UYGULAMA PROJESİ	32
6.1.	Genel Bilgiler	32
6.2.	Zemin Profili Ve Zemin Parametrelerinin Belirlenmesi	32
6.3.	Arazi Deney Sonuçları	36
6.3.1.	SPT Sonuçları	36
6.3.2.	Pressiyometre Sonuçları	37
6.4.	Uygulanan Yöntem	38
7.	ARAŞTIRMA BULGULARI	40
7.1.	İksa Kazısı ve Araştırma Parametreleri Hakkında Genel Bilgiler	40
7.2.	İdealize Zemin Profilleri	41
7.3.	Analiz Modeli ve Kritik İksa Kesiti Boyutları	42
7.4.	Genel Kesit Özellikleri	43
7.5.	Sayısal Analizler	46
7.6.	İnklinometre Ölçümleri ve Sayısal Sonuçları ile Karşılaştırma	58
7.7.	Ankraj Serbest Boyunun İksa Sisteminde Yatay Deplasmana Etkisi	67
7.8.	Kazık Soket Boyunun İksa Sisteminde Yatay Deplasmana Etkisi	74
8.	SONUÇLAR	84
	KAYNAKLAR	86
	ÖZGEÇMİŞ	89

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 6.1. Zemin Tiplerine Bağlı Parametreler (Recommendation on Excavation, 2003)	33
Çizelge 6.2. Zeminlerin Elastisite Modülü Değerleri (Bowles, s.125)	34
Çizelge 6.3. Zeminlerin Elastisite Modülü Değerleri (AASHTO)	35
Çizelge 6.4. SPT-N Değerleri	36
Çizelge 6.5. Pressiyometre Deneyi Sonuçları	37
Çizelge 6.6 Sondajlarda Gözlenen Yeraltı Suyu Seviyeleri	38
Çizelge 7.1. 1-1 Kesiti İdealize Zemin Profili	41
Çizelge 7.2. 4-4 Kesiti İdealize Zemin Profili	41
Çizelge 7.3. 7-7 Kesiti İdealize Zemin Profili	42
Çizelge 7.4. 8-8, 10-10 ve 11-11 Kesiti İdealize Zemin Profili	42
Çizelge 7.5. 1-1 Kesiti	43
Çizelge 7.6. 4-4 Kesiti	43
Çizelge 7.7. 7-7 Kesiti	44
Çizelge 7.8. 8-8 Kesiti	45
Çizelge 7.9. 10-10 Kesiti	45
Çizelge 7.10. 11-11 Kesiti	46
Çizelge 7.11. İnklinometre Derinlik ve Konum Bilgileri ile Referans Okuma Tarihleri	59
Çizelge 7.12. İnklinometre Kuyularına Ait Okuma Tarihleri ve Hareket Durumu ...	60
Çizelge 7.13. Ankraj Boy Bilgileri	69
Çizelge 7.14. Sayısal Analiz Sonuçları Deplasman Değerleri	74
Çizelge 7.15. Farklı Soket Boyundaki Kazık Deplasmanları	82

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Coulomb aktif zemin basıncı (Başeski, 2008).....	8
Şekil 3.2. Coulomb pasif zemin basıncı (Başeski, 2008).....	10
Şekil 3.3. Rankine aktif yanal zemin basıncı.....	11
Şekil 3.4. Rankine aktif durum mohr dairesi üzerinde gösterimi.....	12
Şekil 3.5. Rankine pasif yanal zemin basıncı.....	13
Şekil 3.6. Rankine pasif durum Mohr dairesi üzerinde gösterimi.....	14
Şekil 3.7. Sükunetteki zemin basıncı.....	15
Şekil 3.8. Yatay zemin basıncı, duvar yer değiştirmesi ve çakma boyu arasındaki ilişki (FHWA-IF-99-015, 1999).....	16
Şekil 3.9. İçten destekli duvar için Terzaghi - Peck (1967) önerisi.....	17
Şekil 3.10. Ankrajlı duvar için Navfac (1988) önerisi.....	18
Şekil 4.1. Ahşap palplanşlar (Özdemir, 2003).....	20
Şekil 4.2. Betonarme palplanşlar (Özdemir, 2003).....	20
Şekil 4.3. Çelik palplanş türleri (Başeski, 2008).....	21
Şekil 4.4. Fore kazıklı iksa sistemi.....	22
Şekil 4.5. Zemin ankrajı bileşenleri (Sefi, 2014).....	23
Şekil 4.6. Ankraj modelleri.....	26
Şekil 5.1. Sürekli bir sistemin sonlu elemanlara ayrılması.....	30
Şekil 6.1. İnşaat alanına ait genel görünüm.....	32
Şekil 7.1. İksa Sistemi Vaziyet Planı	40
Şekil 7.2. 1-1 Kesiti Toplam Deplasman.....	46
Şekil 7.3. 1-1 Kesiti Yatay Deplasman.....	47
Şekil 7.4. 1-1 Kesiti Düşey Deplasman.....	47
Şekil 7.5. 1-1 Kesiti Kazık Yatay Deplasmanı.....	48
Şekil 7.6. 4-4 Kesiti Toplam Deplasman.....	48
Şekil 7.7. 4-4 Kesiti Yatay Deplasman.....	49
Şekil 7.8. 4-4 Kesiti Düşey Deplasman.....	49
Şekil 7.9. 4-4 Kesiti Kazık Yatay Deplasmanı.....	50
Şekil 7.10. 7-7 Kesiti Toplam Deplasman.....	50

Şekil 7.11. 7-7 kesiti yatay deplasman.....	51
Şekil 7.12. 7-7 kesiti düşey deplasman.....	51
Şekil 7.13. 7-7 kesiti kazık yatay deplasmanı.....	52
Şekil 7.14. 8-8 kesiti toplam deplasman.....	52
Şekil 7.15. 8-8 kesiti yatay deplasman.....	53
Şekil 7.16. 8-8 kesiti düşey deplasman.....	53
Şekil 7.17. 8-8 kesiti kazık yatay deplasmanı.....	54
Şekil 7.18. 10-10 kesiti toplam deplasman.....	54
Şekil 7.19. 10-10 kesiti yatay deplasman.....	55
Şekil 7.20. 10-10 kesiti düşey deplasman.....	55
Şekil 7.21. 10-10 kesiti kazık yatay deplasman.....	56
Şekil 7.22. 11-11 kesiti toplam deplasman.....	56
Şekil 7.23. 11-11 kesiti yatay deplasman.....	57
Şekil 7.24. 11-11 kesiti düşey deplasman.....	57
Şekil 7.25. 11-11 kesiti kazık yatay deplasmanı.....	58
Şekil 7.26. Yerleştirilen inklinometre konumları.....	59
Şekil 7.27. Yatay deplasman inklinometre ve sayısal analiz sonuçları (1-1 kesiti).....	61
Şekil 7.28. Yatay deplasman inklinometre ve sayısal analiz sonuçları (4-4 kesiti).....	62
Şekil 7.29. Yatay deplasman inklinometre ve sayısal analiz sonuçları (7-7 kesiti).....	63
Şekil 7.30. Yatay deplasman inklinometre ve sayısal analiz sonuçları (8-8 kesiti).....	64
Şekil 7.31. Yatay deplasman inklinometre ve sayısal analiz sonuçları (10-10 kesiti).....	65
Şekil 7.32. Yatay deplasman inklinometre ve sayısal analiz sonuçları (11-11 kesiti).....	66
Şekil 7.33. 10-10 kesiti ankraj uzunlukları.....	68
Şekil 7.34. %10 azaltılmış ankraj serbest bölge kesiti.....	69
Şekil 7.35. kesit 10-10 toplam deplasman.....	70
Şekil 7.36. kesit 10-10 yatay deplasman.....	70
Şekil 7.37. kesit 10-10 düşey deplasman.....	71
Şekil 7.38. kesit 10-10 kazık yatay deplasman.....	71
Şekil 7.39. %10 azaltılmış kesit 10-10 toplam deplasman.....	72

Şekil 7.40. %10 azaltılmış kesit 10-10 yatay deplasman.....	72
Şekil 7.41. %10 azaltılmış kesit 10-10 düşey deplasman.....	73
Şekil 7.42. %10 azaltılmış kesit 10-10 kazık yatay deplasman.....	73
Şekil 7.43. 80cm çapında 1.0m soketli kazık yatay deplasmanı.....	75
Şekil 7.44. 80cm çapında 2.0m soketli kazık yatay deplasmanı.....	75
Şekil 7.45. 80cm çapında 3.0m soketli kazık yatay deplasmanı.....	76
Şekil 7.46. 80cm çapında 4.0m soketli kazık yatay deplasmanı.....	76
Şekil 7.47. 80cm çapında 5.0m soketli kazık yatay deplasmanı.....	77
Şekil 7.48. 80cm çapında 6.0 m soketli kazık yatay deplasmanı.....	77
Şekil 7.49. 80cm çapında 7.0m soketli kazık yatay deplasmanı.....	78
Şekil 7.50. 100cm çapında 1.0m soketli kazık yatay deplasmanı.....	78
Şekil 7.51. 100 cm çapında 2 m soketli kazık yatay deplasman.....	79
Şekil 7.52. 100cm çapında 3.0m soketli kazık yatay deplasmanı.....	79
Şekil 7.53. 100cm çapında 4.0m soketli kazık yatay deplasmanı.....	80
Şekil 7.54. 100cm çapında 5.0m soketli kazık yatay deplasmanı.....	80
Şekil 7.55. 100cm çapında 6.0m soketli kazık yatay deplasmanı.....	81
Şekil 7.56. 100cm çapında 7.0m soketli kazık yatay deplasmanı.....	81
Şekil 7.57. 100cm kazık soket boyu-deplasman ilişkisi.....	82
Şekil 7.58. 80cm kazık soket boyu-deplasman ilişkisi.....	83

SİMGELER VE KISALTMALAR

c	Kohezyon	(kN/m ²)
d	Çakma derinliği	(m)
E	Elastisite modülü	(kPa)
H	Duvar yüksekliği	(m)
K	Yanal zemin basınç katsayısı	(-)
K ₀	Sükunetteki zemin basıncı katsayısı	(-)
K _a	Aktif zemin basıncı katsayısı	(-)
m	Azaltma katsayısı	(-)
P _a	Aktif yanal zemin itkisi	(kN/m)
P _p	Pasif yanal zemin itkisi	(kN/m)
R	Kayma düzlemi üzerinde oluşan kuvvet	(-)
W	ABC kaması ağırlığı	(kN)
z	Derinlik	(m)
β	İstinat duvarının eğim açısı	(°)
γ	Zemin birim hacim ağırlığı	(kN/m ³)
δ	Duvar ve zemin arasındaki sürtünme açısı	(°)
Δ	Yer değiştirme	(m)
θ	İstinat duvarının yatayla yaptığı açı	(°)
σ _h	Yatay gerilme değeri	(kPa)
σ _a	Aktif yanal zemin basıncı	(kPa)
σ _p	Pasif yanal zemin basıncı	(kPa)
φ	Normal kuvvet ve kayma düzlemi üzerinde oluşan kuvvet arasındaki açı	(°)
φ	İçsel sürtünme açısı	(°)

Alt İndisler

h	yatay
a	aktif

p pasif

Üst İndisler

° Derece

Kısaltmalar

AASHTO American Association of State Highway and Transportation Officials.

cm Santimetre

m Metre

SK- Sondaj kuyu no

SPT Standart Penetrasyon

1. GİRİŞ

Dayanma yapıları, geoteknik mühendisliğinin araştırma ve uygulamalarında önemli bir yere sahiptir. Bu tür yapılar, adından da anlaşılacağı üzere genel olarak zemin yüküne direnç göstererek hareketini engellemeye çalışırlar. Heyelan bölgelerinde zemin kaymasının önlenmesi, otoyolların yarma şevlerinde stabilitenin sağlanması, derin kazıların kısıtlı alanda yapılmasına olanak sağlanması, herhangi bir yapının inşasında çevre zeminle etkileşimini kesip güvenliğinin sağlanması gibi bir çok alanda kullanılmaktadır.

Ankraj sistemleri, genel olarak çelik halatlar ve çimento ile hazırlanmış ankraj uçlarından oluşur. Bu elemanların temel görevi, ankraj uçlarının zeminle aralarındaki sürtünme kuvvetinden yararlanarak öngerme uygulanmış olan çelik halatların dayanma yapılarını desteklemesidir. Bu sayede dayanma yapılarının stabilitesi yüksek oranda sağlanmış olmaktadır.

Betonarme, kompozit bir yapıdır. Su, çimento ve agregadan oluşan beton içerisine demir çubuklar konularak elde edilmektedir. Betonun basınç dayanımı oldukça yüksektir. Demir ise yüksek çekme kuvvetlerine karşı dirençlidir. Bu iki malzemenin bir arada kullanılmasıyla, yapıların istenilen özelliklerde ve güvenlikte inşa edilmesini sağlayan betonarme elemanlar oluşturulmaktadır. Dayanma yapıları yaygın olarak betonarmeden imal edilmektedir. Bu nedenle inşaat mühendisliğinin her alanında olduğu gibi geoteknik mühendisliğinde de betonarme bilgisine ihtiyaç vardır. Ankrajlı dayanma yapılarının tasarımında birçok yöntem ve formül kullanılmaktadır. Literatürde bu konuda çalışmalar bulunmaktadır (Ulukan, 1988; Ülküdaş, 1992; Bol, 1996; Koçyiğit, 2003; Turan, 2003; Özkazanç, 2004; Hayta, 2005; Demirkoç, 2007).

Son yıllarda, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak geoteknik mühendisliğinde sayısal çözümlerin önemi artmıştır. Sonlu elemanlar yöntemi, sayısal çözüm yöntemlerinden en etkin ve sistematik olanıdır. Bu yöntemde, sürekli ortamlardan oluşan sistemler üzerinde sonlu eleman ağı ile hayali düğümler oluşturulur. Düğümlerde denge, süreklilik ve uygunluk şartları ile eleman rijitlik, kütle matrisleri ve yük vektörleri oluşturulur. Kodlama tekniği ile sistem kütle ve rijitlik

matrisleri oluşturularak sistem hareket denklemi elde edilir. Sistem hareket denklemi ise uygun bir yöntemle çözümlenerek deplasmanlar ve gerilmeler hesaplanır.

Bu tez çalışmasında, Bölüm 2’de literatürde yapılan çalışmalar özetlenmiştir. Bölüm 3’de yanal zemin basınç teorilerinden Rankine ve Coulomb teorileri incelenerek zemin basınçları ile ilgili temel bilgi oluşturulması amaçlanmıştır. Bölüm 4’de derin kazı destekleme sistemlerinden palplanşlar, fore kazıklar ve zemin ankrajları hakkında bilgiler verilmiştir. Bölüm 5’de sonlu elemanlar yöntemi ve plaxis programı irdelenmiştir. Bölüm 6’da incelenen projeye ait genel bilgiler ve zemin parametreleri bilgileri verilmiştir. Bölüm 7’de iksa sisteminin Plaxis ile elde edilmiş sonuçları ve bu analiz sonuçları ile inklinometre ölçümlerinin karşılaştırılması, ankraj serbest boyu ve kazık soket boyunun iksa sisteminde yatay deplasmana etkisi analizleri yapılmış, sonuçlar yorumlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Köse (2011) tarafından yapılan çalışmada derin kazılara etkiyen zemin basınçları incelenmiştir. Basınçtan doğan yükleri taşıyacak destek elemanları üzerinde durulmuş, bu destek elemanları içerisinde kuyu ve ankrajlar üzerine detaylı inceleme yapılmıştır. Hilton Garden Inn Sütlüce Oteli'nin derin temel kazısı vaka olarak ele alınmıştır. Çalışmanın yapıldığı sahanın mevcut durumu ile iksa sistemi üst kotları dikkate alındığında ele alınan cephelerde kazık imalatının yapılabilmesi için büyük oranda platform dolgusu yapılması zorunluluğunun olduğu anlaşılmıştır. Bu sebepten dolayı kuyu perde ve öngermeli ankrajlı bir sistem ile fore kazıklı ankrajlı bir sistem oluşturulmuştur. Kazı esnasında oluşan deplasmanların kazı çukuru civarındaki mühendislik hizmeti almamış yapılara etki ettiği anlaşılmış ve proje revizelerine gidilerek önlemler alınmıştır.

Erdiker (2012) tarafından yapılan çalışmada iksa sistemi olarak zemin çivili iksa tasarımı ele alınmıştır. Çalışma kapsamında, zemin çivili iksa sistemlerinde, ilave olarak öngermeli ankrajların uygulanması durumunu ele alınmıştır. İstanbul, Tuzla ilçesinde gerçekleştirilen örnek bir iksa uygulaması vaka analizi olarak incelenmiştir. Plaxis analizi yapılan zemini çivili ve ilave öngermeli ankrajlı iksa kesitlerinin farklı zemin modelleri kullanılarak analizleri yapılmıştır. Öngermeli ankrajın mevcut zemin çivili sistem üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Öngermeli ankraj yatay aralığının deplasman üzerindeki etkilerinin incelenmesi amacıyla değişken ankraj yatay aralıkları için analizler yapılmıştır. Öngermeli ankrajların sık ve seyrek yerleştirilmesi durumunda, ankraj kademeleri ve bütün sistem için deplasmanda meydana gelen değişimi gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, iksadan uzaklaştıkça düşey deplasmanda meydana gelen değişim incelenmiştir. Plaxis analizinden elde edilen veriler sahada alınan inklinometre ölçümleri ile kıyaslanmış ve sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanan deplasman değerlerinin, sahada ölçülen gerçek değerlere yakın olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Erzenoğlu (2015) çalışmasında ankraj öngörme kuvvetinin iksa perdesi ve perde arkası zemin yüzünde kazı dolayısı ile oluşacak yer değiştirmeler üzerindeki etkisinin sayısal analizlerle incelenmesi amaçlanmıştır. Sayısal analizler geoteknik mühendisliğinde

yaygın olarak kullanılan Plaxis 2012 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde, iki sıralı ankraj ve diyafram perdeden meydana gelen bir kazı destekleme sisteminde farklı öngerme kuvvetleri ve ankraj kök boyları gözönüne alınmıştır. Bu parametreler ile gerçekleştirilen analizlerde ankraj öngerme kuvveti ile perdedeki yatay yer değiştirmeleri ve perde arkası düşey yer değiştirmelerinin değişimi grafiklerle gösterilmiştir. Bu grafiklerde yer değiştirmeler kazı derinliği ile, ankraj kuvveti ise Rankine aktif zemin basıncı değeri ile normalize ederek gösterilmiştir. Gözönüne alınan sayısal modelde, duraylılık analizleri de gerçekleştirilerek ankraj kuvvetlerinin destekli kazının duraylılığı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Plaxis sonlu elemanlar yöntemi ile modellenen sistemde duvar arkasında oluşan yatay (u_x) ve düşey yer değiştirmeleri (u_y) belirlenmiş ve kazı derinliği (H), ankraj kök uzunluğu, çevre sürtünmesi uç direnci (T_{max}), güvenlik katsayısı (M_{sr}), aktif zemin basınçları (Pa) gibi değişkenlerin birbirleri ile ilişkileri grafiklerle değerlendirilmiştir.

Ersoy (2016) yaptığı çalışma ile İstanbul'un tarihi yarımada ve çevresini oluşturan jeolojik formasyonların geoteknik özellikleri incelenerek derin kazılar için bu parametrelerin tasarıma etkisi araştırılmıştır. Bu amaç için İstanbul'daki çeşitli kurum ve araştırmacılar tarafından yapılan geoteknik araştırmalarla belirlenen malzeme parametreleri değerlendirilmiş ve bu değerlendirmelere dayanarak seçilen malzeme parametleri ile belirlenen bir destekli kazı için sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Bu sayısal analizler Plaxis 2015 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu analizlerle İstanbul ve çevresinin jeolojisini oluşturan Bakırköy ve Güngören formasyonları için ayrışma derecesi, drenaj durumu ve malzeme bünye modelinin sonuçlara etkisi incelenmiştir.

Şahin (2017) tarafından yapılan tez çalışmasıyla, bir arazide gerçekleştirilmiş derin bir kazıda, kazı sırasında arazide ölçülen yanal deplasman değerlerinin, doğru parametreler kullanımı ile gerçekleştirilen sayısal analizler ile ne yaklaşıklıkta hesaplanabileceği incelenmiştir. Bu analizlerde sonlu elemanlar yöntemi ile çözüm yapan bir program kullanılmıştır. Bu çalışmada, derin bir kazıda, yerinde oluşan yanal deplasmanların seçilen doğru parametrelerin kullanımı ile gerçekleştirilen sayısal analizler ile tahmin edilmesi için bir araştırma yapılmıştır.

Kahyaoğlu (2017) tarafından yapılan çalışma kapsamında, teorik tasarım esaslarına dayalı dizayn edilmiş olan 3 metre yüksekliğindeki bir geogrid donatılı istinat duvarı, arazide modellenmiş ve basınç ölçerler, yatay deplasman ölçerler ve gerinim pulları ile enstrümante edilmiştir. Duvar, dolgu malzemesi üst yüzeyinden uygulanan sürşarj yüküyle aktif deformasyona zorlanmış, deneyler sonucunda, duvarda oluşan yatay yer değiştirmeler ile donatılara gelen çekme gerilmeleri belirlenmiştir.

Arslan ve Öztoprak (2005) tarafından yapılan çalışmada derin kazılarda kullanılan çok sıra ankrajlı iksa sistemleri ile ankastre çalışan fore kazık iksa sistemlerinin karşılaştırılabilmesi amacıyla geliştirilen BAnk05 bilgisayar programı kullanılarak örnek bir problem üzerinde analizler yapılmış ve her iki yöntemle oluşturulan iksa sisteminin maliyet ve tasarım kıyaslaması yapılmıştır. Kazı derinliğinin nispeten az olduğu durumlarda ankastre kazıklı sistemler ekonomik iken belli bir kazı derinliğinden sonra çok sıra ankrajlı iksa sistemlerin ekonomik hale geldiği sonucuna ulaşılmıştır. Böylece bu program sayesinde, bir problemin her iki iksa sistemi ile çözülüp, güncel maliyet bilgileri yardımıyla değerlendirilip en uygun çözümü bulmanın mümkün olabileceği belirtilmiştir.

Berilgen ve Tunca (2011) tarafından yapılan çalışmada, diyafram perde ile desteklenmiş kazılarda oluşan zemin oturmalarının kazı derinliği ve zemin özelliklerine göre değişimi sayısal analizlerle incelenerek literatürde yer alan ampirik bağlantılar ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bunun için plaxis sonlu elemanlar yazılımından yararlanılarak farklı plastik ve elastik özelliklere sahip homojen zeminlerde analizler yapılmıştır. Analizlerde kullanılan diyafram perdelerin geometrileri Rankine Zemin Basıncı Teorisi esas alınarak belirlenmiştir. Kazılar arkasında oluşan zemin yüzey oturması profilleri, Peck Yöntemi (1969), Bowles Yöntemi (1988), Clough ve O'Rourke Yöntemi (1990), Hsieh ve Ou (1998) gibi ampirik tahmin yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Yaptıkları analizler sonucunda duvar arkasında meydana gelen maksimum zemin yüzey oturması (δ_{vm}) ile duvarda meydana gelen maksimum sehim (δ_{hm}) arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

3. YANAL ZEMİN BASINÇLARI

Bazı mühendislik yapılarının uygulanması sırasında şevli veya dik kazılar yapılması gerekir. Bu kazılar mevcut dengenin bozulmasına ve oturmalar oluşmasına ya da yanal hareketlere yol açar. Uygulamada yapının yapılacağı arazi üzerindeki zemin alındıktan sonra çukurun yan yüzeylerinin güvenle tutulabilmesi ve aşırı yanal hareketin engellenmesi için iksa sistemleri (destekleme sistemleri) geliştirilmiştir. Zemin dayanma yapıları zemin kütlelerinin yanal hareketini önlerken zemin ile bir yapı elemanı arasındaki temas yüzeyinde meydana gelen basınca bağlı gerilme çeşidine yanal zemin basıncı denir. Zemin basıncı şiddeti, büyüklüğü ve bileşke tatbik noktası sadece zemin özelliklerine bağlı olmayıp, yapı ile zeminin birbirlerine göre rölatif hareketine de bağlıdır. Yanal zemin basıncı, σ_h denklem (3.1) ile hesaplanır.

$$\sigma_h = \gamma \cdot z \cdot K \quad (3.1)$$

Burada γ zemin birim hacim ağırlığı, z derinlik, K yanal zemin basınç katsayısıdır.

Günümüzde kullanılmakta olan zemin basıncı teorileri Coulomb (1776) ve Rankine (1857) tarafından geliştirilmiştir. Arkasında zemin tutan bir yapı zeminden kazı içine doğru hareket ederse "Aktif Zemin Basıncı", yapının zemini sıkıştırarak biçimde hareket etmesi sonucu "Pasif Zemin Basıncı", yapının hareket etmemesi halinde ise "Sükunetteki Zemin Basıncı" oluşur.

3.1. Coulomb Teorisi

Coulomb teorisinde, arkasında yatay olmayan zemin taşıyan perde üzerine etkiyen yanal zemin basınçları belirlenirken; perde ile zemin arasındaki sürtünme ve zeminde oluşacak kayma yüzeyi (kama şeklinde) dikkate alınır. Zemin homojen, kayma yüzeyi düzlemsel, sürtünme kuvvetleri yüzey boyunca düzgün yayılı olduğu kabul edilir.

Coulomb aktif zemin basıncını (P_a) ;

$$P_a = \frac{\gamma H^2}{2} \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (3.4)$$

3.4 denklemleri ile tanımlanmıştır. Burada γ zemin birim hacim ağırlığı, H duvar yüksekliği, β istinat duvarının eğim açısı, θ istinat duvarının yatayla yaptığı açı, ϕ normal kuvvet ve kayma düzlemi üzerinde oluşan kuvvet arasındaki açı, δ duvar ve zemin arasındaki sürtünme açısıdır.

3.1.2. Coulomb Pasif Zemin Basıncı

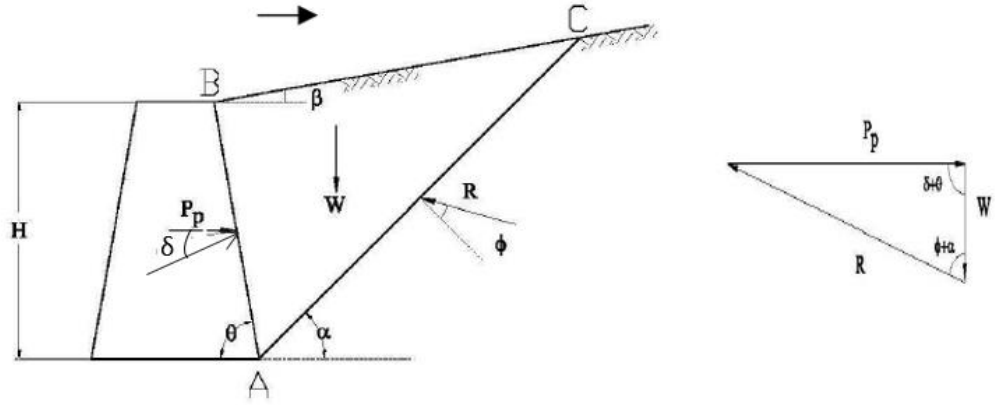
Pasif durumda ise, perde zemin yönüne doğru hareket ederken, oluşan üçgen kama da yukarı doğru hareket eder. B kama AC düzlemsel kayma yüzeyi boyunca perde tarafından itilir ve perde üzerinde pasif yanal zemin basıncı oluşur.

ABC kaması ağırlığı W, pasif yanal zemin itkisi P_p ve kayma düzlemi üzerinde oluşan kuvvet R ile denge halindedir (Şekil 3.2). Bu denge durumu analitik olarak çözümlendiğinde pasif zemin basıncı;

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p \quad (3.5)$$

denklemleri (3.5) ile hesaplanır. K_p pasif zemin basıncı katsayısı olup (3.6) bağıntısı ile hesaplanır;

$$K_p = \frac{\sin^2(\alpha - \theta)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha + \delta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\theta + \delta) \sin(\theta + \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (3.6)$$



Şekil 3.2. Coulomb pasif zemin basıncı (Başeski, 2008)

Coulomb pasif zemin basıncını;

$$P_p = \frac{\gamma H^2}{2} \frac{\sin^2(\alpha - \theta)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha + \delta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\theta + \delta) \sin(\theta + \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (3.7)$$

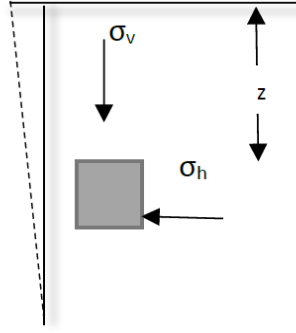
denklem (3.7) ile tanımlanmıştır.

3.2. Rankine Teorisi

Rankine teorisi arkasında zemin tutan düşey perdenin dik olduğu ve perde yüzeyi ile zeminin sürtünme yapmadığı kabullerine dayanır. Duvar arkasındaki zemin homojen ve izotropdur. Plastik denge durumunda bulunan zemindeki gerilmeleri dikkate alır.

3.2.1. Rankine Aktif Yanal Zemin Basıncı

Yarım sonsuz bir ortamda, z derinliğinde bir zemin yanal bir genişlemeye tabi tutulursa duvar zeminden uzağa doğru hareket eder ya da alt ucu etrafında döner (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Rankine aktif yanal zemin basıncı

Bu durumda düşey gerilmeler değişmezken yanal gerilmeler azalır ve minimum değere ulaşıldığında göçme meydana gelir. Ulaşılan bu değere aktif zemin gerilmesi denir.

Başlangıçta yanal yönde bir hareket olmadığından;

$$\sigma_h = K_0 * \sigma_v \quad (3.8)$$

Şekil 3.4. Mohr dairesinde gerilme değişimleri gösterilmiştir. Zemin elastik denge durumundadır.

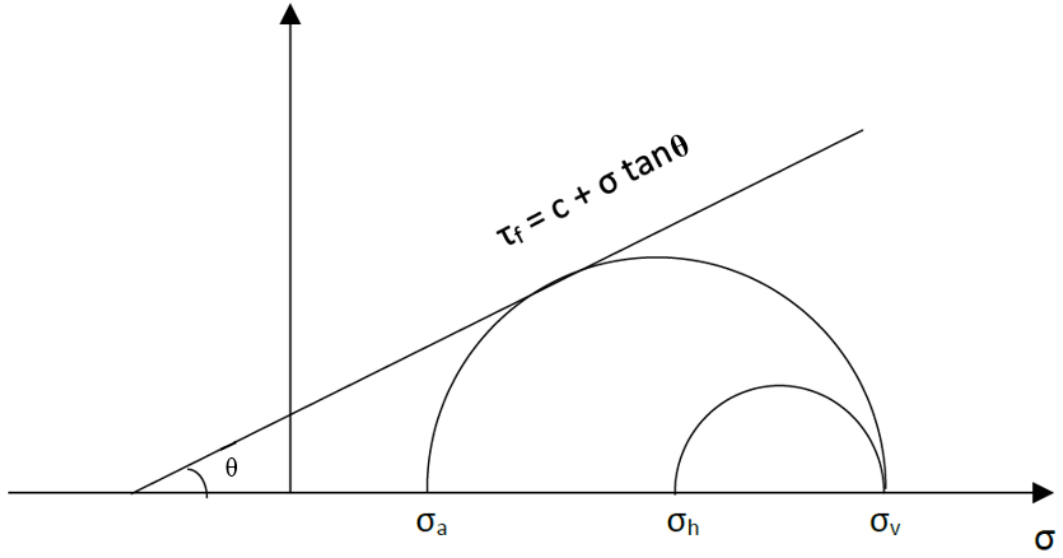
$$\sigma_a = K_a * \sigma_v \quad (3.9)$$

σ_a : Aktif yanal zemin basıncı

K_a : Aktif zemin basıncı katsayısı

ifade etmektedir.

$$K_a = \frac{1 - \sin\theta}{1 + \sin\theta} = \tan^2\left(45 - \frac{\theta}{2}\right) \quad (3.10)$$



Şekil 3.4. Rankine aktif durum mohr dairesi üzerinde gösterimi

Mohr dairesinde gösterilen Rankine aktif zemin basıncı kohezyonlu zeminlerde, en genel ifade ile denklem (3.11) gösterilirse;

$$\sigma_a = K_a * \sigma_v - 2c\sqrt{K_a} \quad (3.11)$$

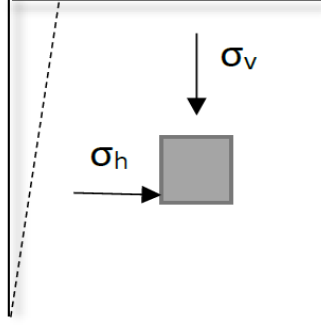
Kohezyonsuz zeminlerde ise $c=0$ olduğundan denklem (3.12) ;

$$\sigma_a = K_a * \sigma_v \quad (3.12)$$

şeklinde sadeleşir.

3.2.2. Rankine Pasif Yanal Zemin Basıncı

Zemin kütlelerinin sonsuz ve sürtünmesiz bir ortamda duvar tarafından desteklendiği düşünülürse; bu kez duvar zemin tarafına doğru hareket eder (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Rankine pasif yanal zemin basıncı

Bu durumda düşey gerilmeler değişmezken yanal gerilmeler giderek artar ve artış maksimum miktara ulaştığında kırılma meydana gelir. Ulaşılan bu değere pasif zemin gerilmesi denir. Pasif yanal zemin basıncı denklem (3.12) ile hesaplanır.

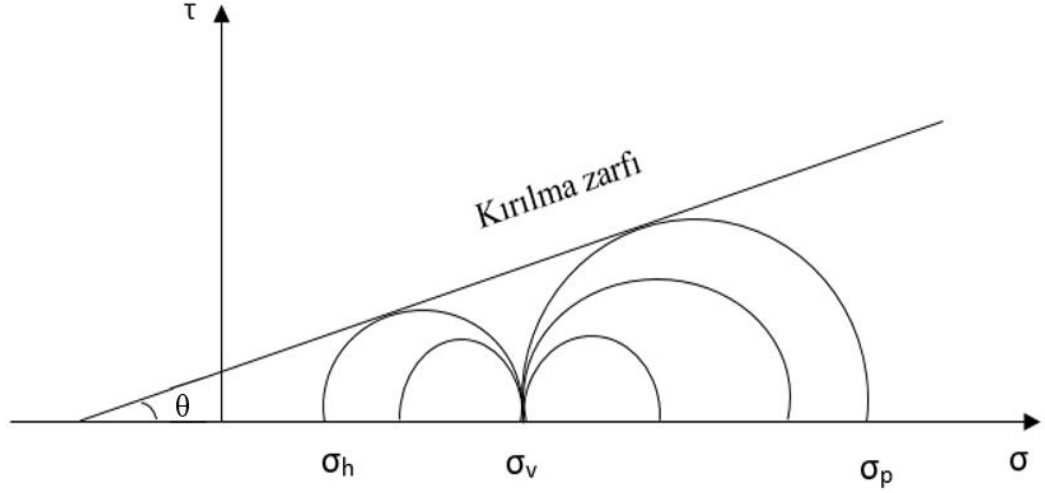
$$\sigma_p = K_p * \sigma_v \quad (3.12)$$

σ_p : Pasif yanal zemin basıncı

K_p : Pasif zemin basıncı katsayısı

ifade etmektedir. Pasif zemin basıncı katsayısı (K_p) denklem (3.13) ile hesaplanır.

$$K_p = \frac{1 + \sin\theta}{1 - \sin\theta} = \tan^2\left(45 + \frac{\theta}{2}\right) \quad (3.13)$$



Şekil 3.6. Rankine pasif durum Mohr dairesi üzerinde gösterimi

Mohr dairesinde gösterilen Rankine pasif zemin basıncı (Şekil 3.6) kohezyonlu zeminlerde, denklem (3.14)'te en genel ifade ile gösterilirse;

$$\sigma_p = K_p * \sigma_v + 2c \sqrt{K_p} \quad (3.14)$$

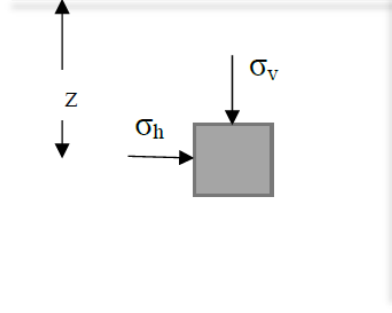
Kohezyonsuz zeminlerde ise $c=0$ olduğundan denklem (3.15);

$$\sigma_p = K_p * \sigma_v \quad (3.15)$$

şeklinde sadeleşir.

3.3. Sükunetteki Zemin Basıncı

Duvarın hiç hareket etmediği kabulü halindeki zemin basıncı sükunetteki zemin basıncı adını alır. Sükunetteki durum yatay deplasmanın olmadığı durumu ifade etmektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Sükunetteki zemin basıncı

Yatay gerilme değeri (σ_h) denklem (3.16) ile hesaplanır.

$$\sigma_h = K_0 * \sigma_v \quad (3.16)$$

K_0 durumunda bulunan bir zemin kütleğinde yanal yönde deformasyonlar gözlenmez. K_0 sükunetteki zemin basıncı katsayısı olup denklem (3.17) eşitliği ile bulunur.

$$K_0 = 1 - \sin\theta \quad (3.17)$$

3.4. Kohezyonlu Zeminlerde Yanal Zemin Basınçları

Coulomb ve Rankine tarafından oluşturulan denklemlerde zemine ait kohezyon değeri net olarak değerlendirilememiştir. Yanal zemin basıncının oluşumunda kohezyonun etkisi, ilk olarak Bell (1915) tarafından araştırılmış ve yayınlanmıştır (Bowles, 1996). Buna göre z derinliğinde bir noktada aktif ve pasif yanal zemin itkileri sırasıyla denklem (3.18), denklem (3.19) ile hesaplanır.

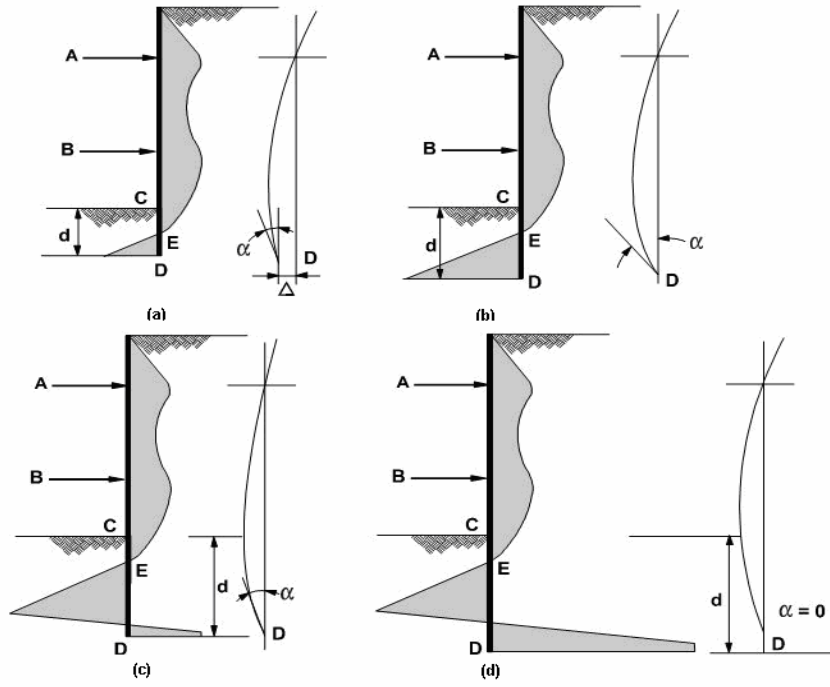
$$P_a = \gamma h K_a - 2c \sqrt{K_a} \quad (3.18)$$

$$P_p = \gamma h K_a + 2c \sqrt{K_a} \quad (3.19)$$

3.5. İksa Sistemlerine Etkiyen Zemin Basınçları

Destekleme sistemi arkasındaki zemin basınç dağılımları sistemin şekil değiştirmesine bağlıdır. Destekleme yapılarına gelen zemin basınçları çoğunlukla Coulumb teorisine göre hesaplanmaktadır. Coulumb teorisi, sistemin uç noktası etrafında yeterli ölçüde dönmesi ilkesine dayanır ve oldukça rijit yapılar için geçerlidir. İksa sistemlerinin arkasındaki zemin basınç dağılımını belirlenmesi için özellikle düşey elemanın yaptığı şekil değiştirmelerin incelenmesi gerekmektedir. Düşey elemanın yaptığı değişik hareket durumunda arkasında oluşan zemin basınçları değişim göstermektedir. Bunlar sistemin uç noktası etrafında dönmesi, tepe noktası etrafında dönmesi ve sistemin sehim yapması halinde incelenebilir. Şekil 3.8’ de yatay zemin basıncının, duvar yer değişimi ve çakma boyu ile olan ilişkisi verilmiştir.

Şekil 3.8 (a)’da d (çakma derinliği) en kısa olan kazığın, oluşan zemin basıncına göre deformasyonu gösterilmiştir. Kazık uç noktası ilk yerine göre Δ kadar yer değiştirme yapmıştır. Şekil 3.8 (b)’de gösterildiği gibi çakma boyu artırıldığı zaman kazık uç noktası aynı yerinde kalmış fakat uç noktasından itibaren α açısı kadar deformasyona uğramıştır. Şekil 3.8 (c)’de ise çakma boyunun biraz daha artırıldığı zaman α açısının küçüleceği gösterilmiştir. Şekil 3.8 (d)’de çakma boyunun yeteri kadar uzatıldığında α açısının sıfır değerine ulaşacağı ve deformasyonların küçüleceği gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Yatay zemin basıncı, duvar yer değiştirmesi ve çakma boyu arasındaki ilişki (FHWA-IF-99-015, 1999)

3.6. Zemin Basıncı Dağılımının Belirlenmesi

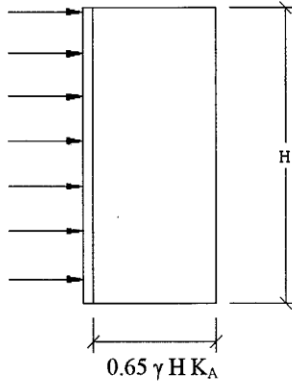
Terzaghi-Peck (1967) tarafından önerilen zemin basıncı dağılımları kohezyonsuz ve kohezyonlu zeminler için Şekil 3.9'da verilmiştir. Terzaghi-Peck (1967), kohezyonlu zeminler için kullanılacak aktif zemin basıncı katsayısında azaltma önermiştir.

Aktif zemin basıncı katsayısı; K_A denklem (3.20) ile hesaplanabilir.

$$K_A = 1 - m \frac{4.S_u}{\gamma.H} \quad (3.20)$$

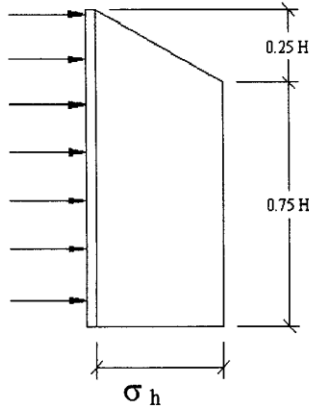
Burada m terimi azaltma katsayısını ifade etmektedir. Denklemdeki azaltma katsayısı (m) değeri yumuşak killerde 0.4, katı killerde 1.0 alınabilir.

Ankrajlı duvar için Navfac (1988) tarafından önerilen zemin basıncı dağılımları kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminler için Şekil 3.10 'da verilmiştir.



KUM (veya kilde kalıcı perde)

$$K_A = \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right)$$



YUMUŞAK - ORTA KATI KİL

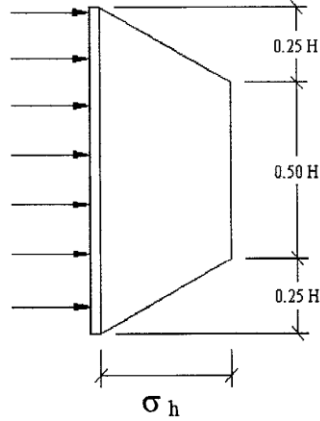
($q_u = 25 - 100$ kPa)

$$N_0 = \frac{\gamma H}{c_u} > 6$$

$$\sigma_h = \left(1 - m \frac{4c_u}{\gamma H}\right) \gamma H > 0.25$$

Normal konsolide kilde $m = 0.4$

Aşırı konsolide kilde $m = 1$



KATI-SERT KİL ($q_u > 100$ kPa)

$$N_0 < 4$$

Hareketler az ve kısa süreli inşaatlarda

$$\sigma_h = 0.2\gamma H$$

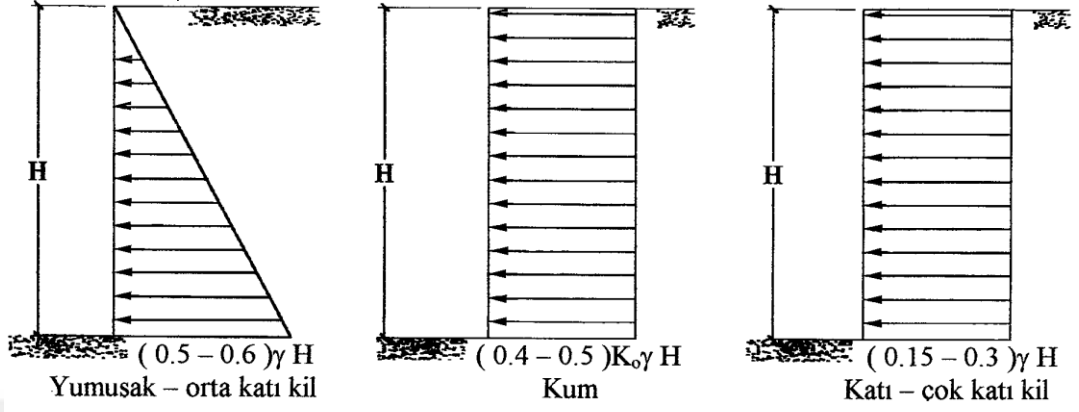
aksi durumda

$$\sigma_h = 0.4\gamma H$$

- ❖ $4 < N_0 < 6$ durumunda kil için verilen iki gerilme dağılımından büyüğü göz önüne alınacaktır.
- ❖ Su ve sursarj basınçları bu dağılımlara eklenmelidir. Son iki dağılım kalıcı duvarlar için veya su seviyesinin kazı tabanı üzerinde yer alması durumundaki duvarlar için geçerli değildir.

Şekil 3.9. İçten destekli duvar için Terzaghi - Peck (1967) önerisi

Terzaghi – Peck (1967) önerisi içten destekli sistemler için oluşturulmuştur. Navfac (1988) yaklaşımı ise ankraj destekli sistemler için önerilmiştir.



Şekil 3.10. Ankrajlı duvar için Navfac (1988) önerisi

4. DERİN KAZI DESTEKLEME SİSTEMLERİ

Yapı bölümünün inşa edilmesi için açılan çukur, kazı bölgesindeki gerilme dağılışının değişmesine yol açar. Bu durumda zeminin stabilitesini tekrar sağlamak amacıyla destekleme sistemleri kullanılmaktadır.

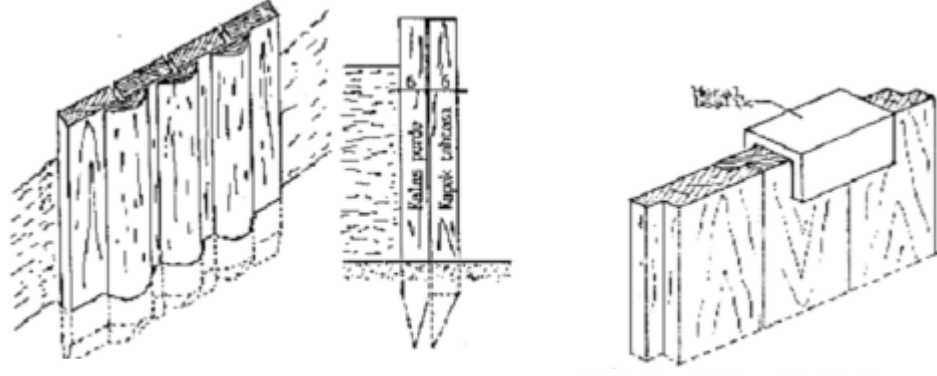
Kazı etrafındaki zemin gerilme değişiminin doğurduğu deformasyonların belirlenmesi, sistemin daha güvenli olarak tasarlanması ve çevredeki yapıların zarar görmesini önlemek için önemlidir. Derin kazılarda destekleme sistemleri palplanşlar, fore kazıklar ve zemin ankrajları olarak üç bölümde incelenmiştir.

4.1 Palplanşlar

Derin kazılarda zemin kütlesini tutmak amacıyla hazır elemanların zemine çakılması ile oluşturulan iksa sistemidir. Palplanşlar zemine darbe yoluyla çakılarak veya titreşim ile zemin içerisine iletilen düşey elemanlar ile oluşturulur. Birbirleri ile kesişecek şekilde çakılan palplanşlar kesişim noktalarında kilitlenerek kazıya paralel yönde sürekli bir perde oluştururlar. Palplanş perdelerin yanal yük taşıma kapasitesi düşüktür. Genel olarak, su tutma yapılarının inşaatında diğer duvarların yapımı esnasında suyu inşaat sahasından uzak tutmak için veya hafif yapılarda üst zemin tabaka veya tabakaların istinat yapısını desteklemeye yetersiz kaldığında kullanılırlar. Genel olarak palplanşlar ahşap, beton ve çelik malzemeden üretilirler.

4.1.1 Ahşap Palplanşlar

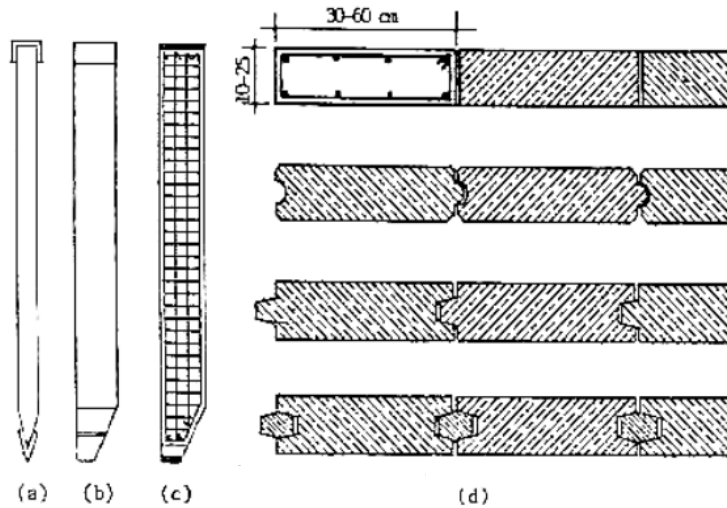
Ahşap palplanş kazıklar zaman içerisinde zemin şartlarından büyük hasarlar görebildiklerinden geçici amaçlar için kullanılırlar. Ahşap kazıklar ya yanyana tek sıra halinde zemine dik olarak ya da birbirleri üzerine bindirme yaparak ve u demirinden bir başlık ile çakılır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Ahşap palplanşlar (Özdemir, 2003)

4.1.2 Betonarme Palplanşlar

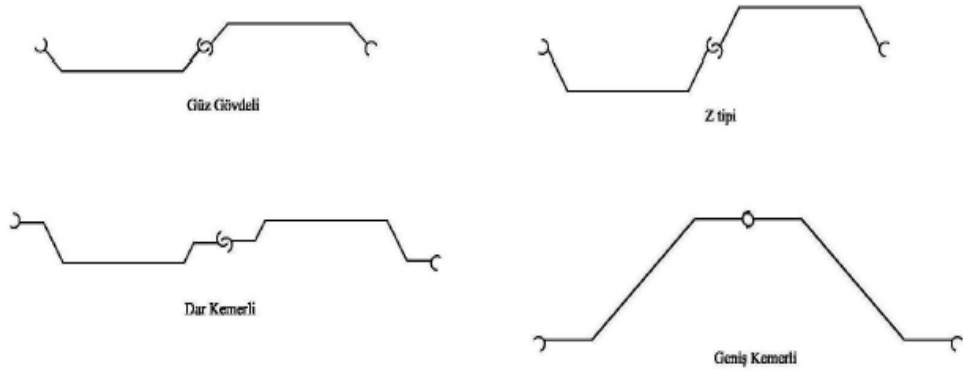
Betonarme palplanşlar, etkiyen yanal yüklere, çakma ve taşınma sırasındaki gerilmelere karşı dayanabilecek şekilde istenilen kesitte boyda imal edilebilirler. Ağır ve büyük hacimlidirler. Bu nedenle taşınmaları ve çakılmaları sırasındaki gerilmelere karşı koymak için ilave donatılar yerleştirilebilir. Çakma sırasındaki gerilmeleri karşılayabilmek için alt ve üst uçlarında donatı sıklaştırılması da yapılabilir. Ayrıca çakma sırasında birbirlerine yönelmesini sağlamak amacıyla uçları eğimli olarak imal edilebilir. Su sızdırmazlığına karşı istenilen bölgede birleşim yerlerine enjeksiyon yapılarak su geçirmeyecek şekilde imal edilebilir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Betonarme palplanşlar (Özdemir, 2003)

4.1.3 Çelik Palplanşlar

Çelik palplanşlar farklı kesitlerde dökme demirden imal edilirler. Genellikle zemine çakılarak yerleştirilir. Sert zeminlerde çakma ile oluşacak yüksek gerilmelere karşı dirençlidir. Birbirine geçmeli olarak imal edilebilen palplanşlar, boyu ve aldığı gerilmelere oranla hafiftir. Çelik palplanşların bir çok kez kullanılabilir olması, yeraltı suyu seviyesinin yüksek olduğu ortamlarda kullanılabilmesi, uzunluklarının civata veya kaynak yapılarak arttırılabilmesi gibi avantajları vardır. Diğer palplanş türlerine göre daha yaygın kullanım alanına sahiptir. Kesit şekillerine göre düz gövdeli, dar kemerli, geniş kemerli ve Z tipi çelik kazık türleri vardır (Şekil 4.3). Z tipi palplanşlar daha çok bükülme dayanımı gerektiren yerlerde, düz gövdeli palplanşlar çekme gerilmesi taşıyan, geçme yerlerinin dayanımının yüksek olması istendiği yerlerde, kemerli palplanşlar ise büyük eğilme dayanımı gerektiren yerlerde kullanılır.



Şekil 4.3. Çelik palplanş türleri (Başeski, 2008)

4.2 Fore Kazıklar

Fore kazıklar sağlam olmayan zeminlerde, temel kazıları sırasında zeminin göçmesini engellemek ve yapılış türüne göre yapıdan gelen yükleri daha sağlam zeminlere aktarmak için kullanılırlar. Fore kazıklar zeminin karakteristik özelliğine, kazımın derinliğine, yatay desteğin sıklığına ve yeraltı su seviyesine göre belirli kesitlerde ve aralıklarda teşkil edilirler. Şekil 4.4'te fore kazıklı iksa sistemi çalışması görülmektedir.



Şekil 4.4. Fore kazıklı iksa sistemi

4.3 Zemin Ankrajları

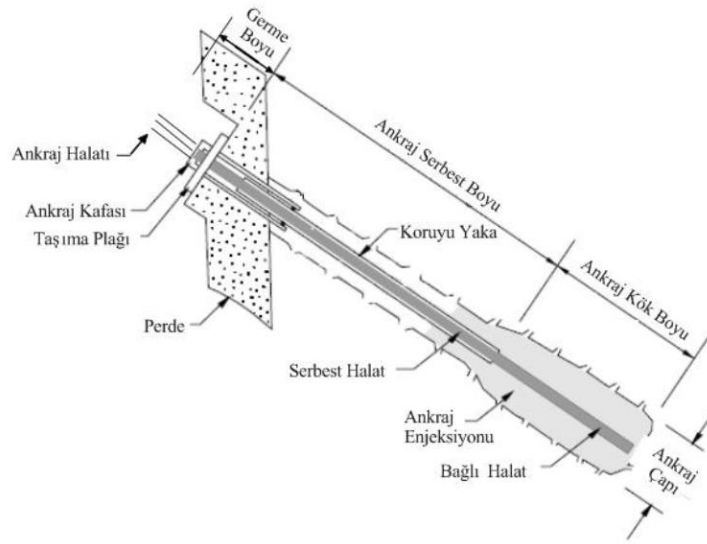
Son yıllarda yapıların kullanım alanlarının bodrum katlarına yerleştirilmesi ile derin kazılar yapılmakta bu nedenle zemin ve kayaya daha fazla yük aktarımı olmaktadır. Kazıların güvenle yapılabilmesi, kazı aynalarının göçmeden durması ve zemindeki suyun en aza indirilmesi gerekmektedir. Ankrajlar derin kazılarda, büyük zemin itkilerinin stabilitesini sağlamak için güvenilir ve ekonomik yatay destek elemanlarıdır.

Ankraj projelerinin hazırlanma ve uygulama aşamalarında, temel zemininin özelliklerinin ve davranışının detaylı olarak saptanması gerekir. Zemin özellikleri bilinerek ve doğru zemin parametreleri kullanılarak projelendirilmelidir.

4.3.1 Ankraj Kısımları

Zemin ankrajları uygulanan çekme yüklerini zemine aktarırlar. Temel olarak üç ana kısımdan oluşmaktadır (Şekil 3.5);

- Ankraj kafası,
- Serbest ankraj boyu,
- Ankraj kökü.



Şekil 4.5. Zemin ankrajı bileşenleri (Sefi, 2014)

4.3.1.1 Ankraj Kafası

Öngerme kuvvetinin zemini tutan iksa yüzeyine aktarıldığı kısımdır. Ankrajın son bölümünü oluşturur ve bileşenleri ile ankrajın perdeye bağlanmasını sağlar. Ankraj kafası kama, germe kafası, taşıyıcı plakalardan oluşmaktadır.

4.3.1.2 Serbest Ankraj Boyu

Ankraj sisteminin kök ve kafa kısmını bağlayan, öngerme kuvvetini zemine iletmeyi sağlayan ve artan gerilme ile beraber elastik uzama gösteren kısımdır. Serbest ankraj kısmının yapısı ankrajdan beklenen hizmete bağlıdır, bunlar;

- Ankrajın geçici ya da kalıcı olarak tasarlanması,
- Korozyon ve mekanik örselenmeye karşı ne düzeyde koruma gerektiği,
- Ankrajın aşamalı olarak gerilme zorunluluğu,
- Çekme kuvvetini her an ölçme olasılığı,
- Germe elemanlarının boşaltılması ve sonradan tekrar gerilmesi zorunluluğu,
- Zeminin olası enine yer değiştirmelerinin karşılanması olasılığıdır.

4.3.1.3 Ankraj Kökü

Yüksek basınç altında çimento harcının ankraj deliğine enjeksiyon yapılarak oluşturulan kök bölgesi, öngerme kuvvetini zemin ve enjeksiyon aderansı ile sağlam zemine aktarılmasını sağlar.

4.3.2 Ankrajların Sınıflandırılması

Ankrajlar kullanım sürelerine ve imalat tekniklerine göre ikiye ayrılır;

4.3.2.1 Kullanım Sürelerine Göre Ankrajlar

Kullanım sürelerine göre ankrajlar 2'ye ayrılır. Bunlar;

-Geçici Ankrajlar;

Genellikle bir inşaat kazısı sırasında kısa yada belirli bir süre kuvvetlere karşı koyan, güvenli çalışma ortamı sağlayan ankrajlardır. Servis ömürleri genelde iki yıldan azdır. Paslanmaya karşı koruma uygulanmaz. Tasarım sırasında güvenlik sayısı 1.5 mertebesinde alınır.

-Sürekli Ankrajlar;

Kalıcı yapıların ve kazı destekleme sistemlerinin servis ömrü boyunca güvenliğini ve stabilitesini sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Servis ömürleri iki yıldan fazladır. Bu nedenle paslanmaya karşı korunmalıdırlar. Tasarım sırasında güvenlik sayısı 2-3 mertebesinde dir.

4.3.2.2 İmalat Tekniklerine Göre Ankrajlar

-A tipi:

A tipi ankrajların diğer adı “düz şaftlı ağırlık-enjeksiyonlu ankrajlar”dır. Kök bölgesi enjeksiyonu, düz şaftlı delgi çukuru içinde tiremie yöntemi ile yapılır. Bu tip ankrajlarda kök bölgesinde oluşacak ankraj direnci, çimento gövdesi – zemin yüzeyi

arasındaki sürtünme direncine bağlıdır. Dayanımı, deliğin stabilitesine bağlı olan doğrusal yada doğrusal olmayan düz şaftlı ankrajlardır. Bu tip ankrajlar genelde kaya veya katı ve sert kohezyonlu zeminlerde kullanılır.

-B tipi:

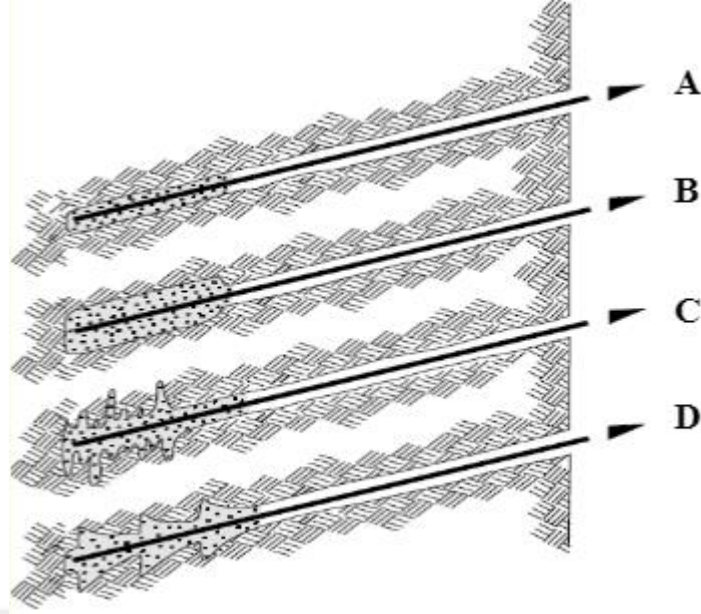
B tipi ankrajların diğer adı “düz şaftlı basınç-enjeksiyonlu ankrajlar”dır. Ankraj kökleri zeminde minimum hasar yaratılarak genişletilir. $<1000 \text{ kN/m}^2$ değerlerindeki basınç altında çimento harcının boşluklara ve çatlaklara girmesi sağlanarak oluşturulan ankraj tipidir. Çoğunlukla iyi derecelenmiş kohezyonsuz zeminlerde kullanılmasının dışında, yumuşak çatlaklı kayalarda ve kaba alüvyonlarda da kullanılır. İyi derecelenmiş kohezyonsuz zeminlerde çimento sızdırmazlığından yararlanılarak, basınç altında iyice sıkıştırılması ile geniş bir ankraj kökü oluşturulur. Dikkat edilmesi gereken, jeolojik yükün enjeksiyon basıncından daima düşük olması gerektiğidir.

-C tipi:

C tipi ankrajların diğer adı “ikincil enjeksiyonlu ankrajlar”dır. Ankraj kökü, 2000 kN/m^2 'den daha yüksek bir basınç ile çimento harcının zemin boşluklarına sızdırılmasıyla genişletilebilir. İlk enjeksiyonun sertleşmesinden sonra genellikle basınç, ikinci enjeksiyon sırasında uygulanır. Bu tip ankrajlar kohezyonsuz zeminlerde olduğu gibi buna ek olarak kohezyonlu zeminlerde de uygulanabilir. Taşıma gücü, üniform bir kayma mukavemetinin ankraj kökü boyunca var olduğu ilkesine göre hesaplanır.

-D tipi:

D tipi ankrajların diğer adı “delgi içinde genişletilmiş ankrajlar”dır. Bu tip ankrajlarda, kök enjeksiyonu tiremie metodu ile yapılırken özel aletlerle kök bölgesi genişletilir. Bu teknikle üretilen ankrajlarda, çimento gövdesi – zemin yüzeyi arasındaki kesme direncine ek olarak uç direnci de ankraj kök direncine dahil olmaktadır. Katı ve sert kohezyonlu zeminlerde kullanılır. Şekil 4.6' da ifade edilen ankraj tiplerine ait görsel görülmektedir.



Şekil 4.6. Ankraj modelleri

4.3.3 Zemin Ankraj İmalatı

Ankrajlar zemin türüne ve şartlarına göre, ankraj deliğinin açılması, ankraj tendonunun yerleştirilmesi, enjeksiyon yapılması, öngerme yükünün verilmesi ile imal edilirler.

İksa yüzeyinde, ilk olarak ankraj delgi noktası belirlenir. Projede belirtilen boyda, çapta ve eğimde delik açılır. Darbeli veya rotary sistemle sondaj açan makineler kullanılabilir. Göçebilen zeminlerde yapılan delgilerde kaplama borusu kullanılmalıdır.

Delgi işleminden sonra hazırlanan ankraj tendonu delgi içerisine yerleştirilmelidir. Ankraj tendonu tel, çubuk veya halat olmaktadır. Ankrajın verimli çalışması için yerleştirme işlemi yapılırken tendonun, enjeksiyon boşluğu ve deliğin merkezinde yer almasını sağlayacak paslanmaz malzemeden imal edilen aralayıcılar ve merkezleyiciler kullanılır. Öngerme sırasında ankraj kafasının dönmemesi ve halatlara farklı yükler gelerek kopmaması için, birbirlerine çelik tellerle bağlanır. Ankraj kök boyu haricindeki kısım polietilen kaplama borusu ile sarılır. Böylece serbest bölgeye

enjeksiyon girmesi önlenir. Serbest boyun kök bölgesi ile geçiş yaptığı nokta, kaplama borusunun sonudur.

Tendon, ankraja verilen öngerme yükünü ankraj kök bölgesine iletir. Bunlar; yüksek yük taşıma kapasitesine sahip ve elastik uzama kabiliyeti olan çelik donatı çubuklarından, öngermeli tel halatlardan veya öngermeli sarmal tel halatlardan oluşabilir.

Ankraj tendonu delgi içine yerleştirildikten sonra enjeksiyon işlemine geçilir. Belirli bir basınç ile yapılan çimento-su karışımı olan enjeksiyon işlemi ile ankraj kökü oluşturulmaktadır. Yapılan enjeksiyon ile ankraj kökleri için yeterli derecede bir tutunma dayanımı sağlamalıdır.

Enjeksiyon işlemi tamamlandıktan sonra öngerme işlemine geçilir. Ankraj öngermesi, ankraja servis yapacağı yükün verilmesi işlemidir. Enjeksiyon betonunun gerekli mukavemet kazanması için yeterli zaman geçtikten sonra öngerme işlemi yapılır. Kuşak kirişi betonu döküldükten ve dayanım kazandıktan sonra, çelik plaka ve başlık tendonların üzerine yerleştirilir. Germe krikosu sabitlenerek ankraj kademeli olarak gerilir. Basınç kademelerinde, tendonların uzama miktarları ölçülerek testler yapılır ve ankrajın yük taşıma performansında ölçülür.

5. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ VE PLAXIS PROGRAMI

5.1. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu Elemanlar Yöntemi, bir sınır değer problemin yaklaşık çözümünü elde etmek için kullanılan sayısal bir yöntemdir. Bu yöntem nümerik analiz yöntemleri arasında bilgisayar yazılımı için en uygun formülasyona sahiptir. Bunun nedeni, karmaşık sınır koşulları ve non-liner malzeme davranışı homojen olmayan malzemeler gibi zor ve karmaşık problemlerin çözümünde sistematik bir programlamaya müsaade etmesidir. Diğer yandan bu yöntem mühendisliğin çok geniş bir alanında sınır değer problemlerine uygulanabilmektedir (Berilgen, 1996).

Sonlu elemanlar yöntemi, Zeinkiewicz (1997) tarafından, matematiksel ifadelerle tanımlanan sürekli sistemlerin genel çözüm yöntemi olarak tarif edilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi ile sürekli bir sistemi matematiksel olarak modellemek mümkün olmaktadır. Yöntemde, sürekli bir sistem kendi içinde sonlu sayıda bileşen veya elemanlardan ve bu elemanları birleştiren düğüm noktalarından oluşan ayrık bir sistem olarak modellenmektedir. Yani sistem sonlu elemanlara bölünerek denklemler bir eleman için yazılmakta ve integre edilerek sistem denklemleri elde edilmektedir. Sonuçta sürekli bir ortam için göz önüne alınan diferansiyel denklem lineer bir denklem takımına indirgenmektedir (Keskin, 2009).

Sonlu elemanlar yöntemi, herhangi bir lineer-elastik ortama uygulanabilmektedir. Fakat yöntemin geoteknik mühendisliği problemlerinde uygulanması birçok sınırlandırmalar gerektirmekte ve ek iyileştirmeler yapılmaksızın sadece kısıtlı sayıda problemler çözülebilmektedir. Yöntemde malzeme davranışı, toplam gerilme ve şekil değiştirmeler arasındaki değişimlerle ilişkilendirilerek formüle edilirken, geoteknik problemlerinde toplam gerilme tensörü, efektif gerilmeler ve boşluk suyu basınçlarına ayrılmakta ve malzeme davranışı genellikle efektif gerilmeler cinsinden ifade edilmektedir. Geoteknik problemlerin birçoğunda yapı ile zemin etkileşim içerisindedir. Buna bağlı olarak, bu tip problemlerin analizinde, yapı ile zemin arasında ara yüzey (interface) kullanılması gerekmektedir. Ayrıca, lineer-elastik teoriden farklı olarak, doğru bir çözüm elde etmek için daha geniş bir aralıkta sınır koşullarına ihtiyaç

duyulmaktadır. Sonuç olarak, sonlu elemanlar yönteminin geoteknik mühendisliğinde gerçekçi bir biçimde uygulanabilmesi için bazı değişiklikler yapmak zorunlu olmaktadır (Potts ve Zdravković, 1999).

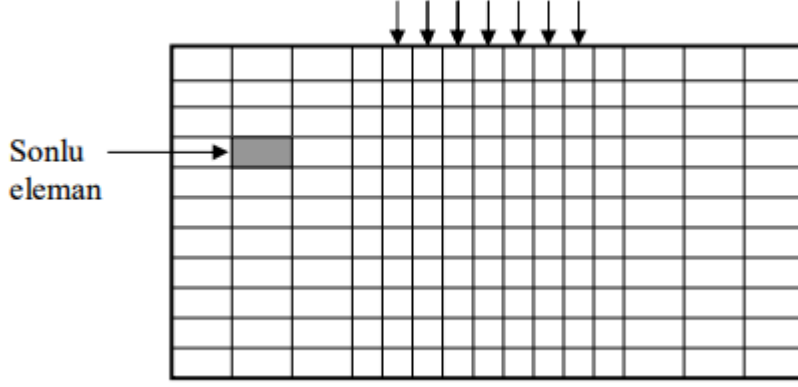
Geoteknik mühendisliği uygulamalarında, sonlu elemanlar analizi, gerçek durumu modelleyebilmek amacıyla adım adım (aşamalı yükleme, aşamalı kazı) yapılmaktadır. Analizin adımlar halinde gerçekleştirilebilmesi iki avantaj sağlamaktadır:

a) Analizlerde dolgu yerleştirilmesi veya kaldırılması durumunda, geometri her bir adımda değişmektedir. Geometrideki değişim sonlu elemanlar ağına eleman ekleyerek veya kaldırarak modellenenmektedir.

b) Analizlerde, zemin kütlesi içinde gerilmelerin değişimi sonucu her bir yükleme kademesinde zemin özellikleri değişmektedir.

Geoteknik mühendisliği problemlerinde sonlu elemanlar analizleri sonucunda gerilmeler, yanal ve düşey hareketler, boşluk suyu basınçları ve zemin suyu akışı vb. belirlenmektedir. Zeminlerin gerilme-şekil değiştirme davranışı non-lineer olduğundan analizlerde bu davranışın modellenmesi gerekmektedir. Bu amaçla yapımdan önceki başlangıç gerilme durumu, zeminin non-lineer gerilme şekil değiştirme ve mukavemet özellikleri ile yükleme aşamaları arasındaki bekleme süreleri gerçek duruma yakın olarak belirlenmelidir (Kılıç, 2000).

Sonlu eleman ağı ile analiz yapan programların ilk aşamasını çizimi oluşturulur. Üç boyutlu haldeki modelin malzeme değerleri girilir (elastiklik modülü, kohezyon, içsel sürtünme açısı vs.). Sınır koşulları, yükler belirlendikten sonra sonlu eleman ağı sıklığı (mesh) kısmına geçilir. Parça basit bir şekle sahipse program tarafından otomatik olarak ayrılır. Kompleks bir şekle sahipse manuel olarak daha ufak parçalara bölünerek şekil basit parçalara ayrılır (Hasanov, 2001). Şekil 5.1’de sonlu eleman ağı örneği gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Sürekli bir sistemin sonlu elemanlara ayrılması

5.2. Plaxis Programı

Plaxis programı, sonlu elemanlar yöntemini kullanarak, geoteknik projelerdeki deformasyon ve stabilite problemlerini analiz etmek için geliştirilmiştir. Program, tanımlanan geometri ve elemanları, iki veya üç boyutlu olarak ve her boyutta çoklu ağlar oluşturarak çözmektedir.

Sonlu elemanlar ağı üçgen elemanlardan oluşmaktadır. Üçgen elemanlar dörtgen elemanların kısa köşegenlerle ikiye ayrılmasıyla oluşmaktadır. Ağ elemanlarının temel işlevi tanımlanan düzlemi küçük parçalara bölerek her bölgede ayrı hesaplamalar yapılmasını ve oluşacak hataların minimuma indirgenmesini sağlamaktır. Her bir ağ elemanı 6 veya 15 noktadan oluşur. Bu noktalarda gerilmeler, şekil değiştirmeler ve boşluk suyu basıncı gibi parametreler hesaplanır. Geoteknik analizler yapan programda, kazık, temel ve perde gibi elemanlar çubuk eleman olarak, ankraj, içten iksa ve zemin çivisi gibi elemanlar ise çizgisel elemanlar olarak tanımlanır. Programda zemini temsilen ağlar kullanılırken, yapı ve zemin arasındaki etkileşimi tanımlamak için ara yüzey elemanları kullanılmaktadır. Plaxis programında kullanılan perde, kazık, temel gibi elemanlar, eğilme ve uzama rijitlikleri girilerek tanımlanırlar. Programda kullanılan ankraj elemanları, uzama rijitlikleri ile tanımlanırlar. İki boyutlu analiz yapan programlarda kullanılan elemanların rijitlikleri birim metre genişlik için tanımlanmalıdır. Lineer olmayan ve anizotrop yapıdaki zeminde gerilme-şekil değiştirme analizi yapmak için zemin modeli programa tanımlanmalıdır. Zemin programa tanımlanırken birim hacim ağırlık, kohezyon, kayma mukavemeti açısı,

elastisite modülü ve poisson oranı gibi parametreler kullanılır. Lineer elastik model kullanılması durumunda sadece birim hacim ağırlık, elastisite modülü ve poisson oranının tanımlanması yeterlidir. Ancak anizotrop yapıdaki değişken birimlere sahip zeminlerde lineer elastik hesap modeli gerçeği tam yansıtmamaktadır. Plaxis, Mohr-Coulomb kırılma modelini kullanarak elasto-plastik analizler yapmakta ve gerçeğe yakın sonuçlar verebilmektedir. (Çınar,2010)

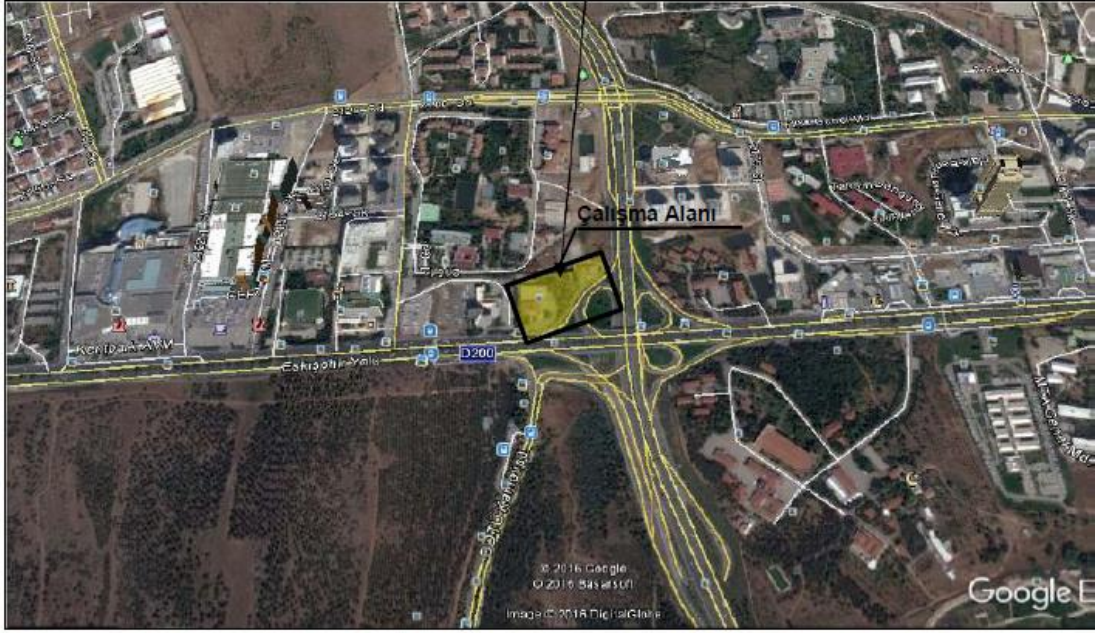
Geoteknik problemlerin çözümünde kullanılacak sonlu elemanlar analizinde izlenecek yol aşağıdaki gibidir.

- i. Problemin tanımlanması,
- ii. İdealize zemin profilinin tanımlanması,
- iii. Kullanılacak zemin modelinin seçilmesi,
- iv. Problemin sonlu elemanlar sınırlarının ve görünümünün seçilmesi,
- v. Başlangıç koşullarının seçilmesi,
- vi. İnşaa kademelerinin belirlenmesi,
- vii. Zemin koşullarına, yapısal elemanlara ve inşaa kademelerine uygun ağ sisteminin oluşturulması,
- viii. Analizin yapılması,
- ix. Sonuçların değerlendirilmesi.

6. İNCELENEN ÖRNEK: BEŞTEPE KULELERİ OFİS-TİCARET İNŞAATI İKSA UYGULAMA PROJESİ

6.1. Genel Bilgiler

Bu çalışmada Ankara ili, Çankaya ilçesi, Karakusunlar Mahallesi, 13911 Ada, 16 Parselde bulunan arsada derin temel kazısı için yapılan iksa projesi incelenmektedir. Arazi kotunun cephelere göre değişiklik gösterdiği ve kazı taban kotunun +844,69 m ile +846,79 m arasında değişiklik gösterdiği mimari projede belirtilmiştir. Proje A Blok (7 Bodrum + Zemin +28 Kat + Makina Dairesi + Çatı katı), B Blok (7 Bodrum + Zemin + 28 Kat + Makina Dairesi + Çatı katı) ve C Blok (7 Bodrum + Zemin + 2 Kat)'tan oluşmaktadır.



Şekil 6.1. İnşaat alanına ait genel görünüm

6.2. Zemin Profili Ve Zemin Parametrelerinin Belirlenmesi

İnşaat alanında binanın yeraltı yapısının görülmesi, yeraltı suyunun derinliğinin belirlenmesi, temel derinliğinin belirlenmesi, statik hesaplar için gerekli zemin parametreleri olan zemin emniyet gerilmesi, yatak katsayısı, spektrum karakteristik periyotları (TA, TB) ve oluşabilecek risklerin saptanabilmesi amacıyla İnterjeo Jeo

Teknik tarafınca sondaja dayalı zemin etüt raporu hazırlanmıştır. İnceleme alanında zeminini oluşturan birimleri görebilmek ve ait oldukları formasyonu tespit edebilmek amacıyla 18 adet boyları 39.00 m ile 82.00 m arasında değişen temel sondajları yapılmıştır.

Plaxis analizlerinde kullanılacak olan; zeminlerin c (kohezyon), ϕ (içsel sürtünme açısı), γ (birim ağırlık), E (elastisite modülü) değerleri AASHTO LRFD Bridge Design Spec. (2012)'ye Bowles (1996)'ya, Stroud (1989)'a ve laboratuvar deney sonuçlarına uygun olarak seçilmiştir.

Çizelge 6.1. Zemin Tiplerine Bağlı Parametreler (Recommendation on Excavation, 2003)

Soil Type	Abbreviation	State	Unit weight		Shear Strength		
			Above Water	Under Water	Friction	Cohesion	
			γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ' (deg)	c'	C_u
Inorganic cohesive soils with high degree of plasticity ($w_L > 50\%$)	TA	soft	18.0	8.0	17.5	0	15
		firm	19.0	9.0	17.5	10	35
		semi-solid	20.0	10.0	17.5	25	75
Inorganic cohesive soils with medium plasticity ($50\% > w_L > 35\%$)	TM and UM	soft	19.0	9.0	22.5	0	5
		firm	19.5	9.5	22.5	5	25
		semi-solid	20.5	10.5	22.5	10	60
Inorganic cohesive soils with low plasticity (w_L <35 %)	TL and UL	soft	20.0	10.0	27.5	0	0
		firm	20.5	10.5	27.5	2	15
		semi-solid	21.0	11.0	27.5	5	40
Organic clay, organic silt	OZ and OU	soft	14.0	4.0	15	0	10
		firm	17.0	7.0	15	0	20
Peat without preload, peat under moderate preload	HN and HZ		11.0	1.0	15	2	10
			13.0	3.0	15	5	20

Çizelge 6.2. Zeminlerin Elastisite Modülü Değerleri (Bowles, s.125)

Value range* for the static stress-strain modulus E_s for selected soils	
Field values depend on stress history, water content, density, and age of deposit	
Soil	E_s, MPa
Clay	
Very soft	2-15
Soft	5-25
Medium	15-50
Hard	50-100
Sandy	25-250
Glacial till	
Loose	10-150
Dense	150-720
Very dense	500-1440
Loess	15-60
Sand	
Silty	5-20
Loose	10-25
Dense	50-81
Sand and gravel	
Loose	50-150
Dense	100-200
Shale	150-5000
Silt	2-20

*Value range is too large to use an "average" value for design

Çizelge 6.3. Zeminlerin Elastisite Modülü Değerleri (AASHTO)

Elastic constants of various soils (after AASHTO 2004 with 2006 Interims)		
Soil Type	Typical Range of Young's Modulus Values, E_s (tsf)	Poisson's Ratio, ν
Clay Soft sensitive Medium stiff to stiff Very stiff	25-150 150-500 500-1000	0.4-0.5 (undrained)
Loess Silt	150-600 20-200	0.1-0.3 0.3-0.35
Fine Sand: Loose Medium dense Dense	80-120 120-200 200-300	0.25
Sand: Loose Medium dense Dense	100-300 300-500 500-800	0.20-0.36 0.30-0.40
Gravel: Loose Medium dense Dense	300-800 800-1,000 1,000-2,000	0.20-0.35 0.30-0.40
Estimating E_s from SPT N-value		
Soil Type		E_s (tsf)
Silts, sandy silts slightly cohesive mixtures		4 N_{160}
Clean fine to medium sands and slightly silty sands		7 N_{160}
Coarse sands and sands with little gravel		10 N_{160}
Sandy gravel and gravels		12 N_{160}
Estimating E_s (tsf) from q_c static cone resistance		
Sandy soils	$2q_c$ where (q_r is in tsf)	
Note: 1 tsf = 95.76 kPa		

6.3. Arazi Deney Sonuçları

6.3.1. SPT Sonuçları

Çalışma kapsamında yapılan SPT deneyi sonuçları Çizelge 6.4’de özetlenmiştir.

Çizelge 6.4. SPT-N Değerleri

Derinlik (m) (0,00=875,00)	Sondaj Üst Kotu (m)	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	SK-6	SK-7	SK-8	SK-9
		870,00	869,00	870,00	873,00	870,00	865,00	862,00	864,00	866,00
1,50	873,50									
3,00	872,00				28					
4,50	870,50				32					
6,00	869,00	24	28	24	34	16				
7,50	867,50	32	43	29	39	25				
9,00	866,00	34	49	33	36	20				
10,50	864,50	40	R	42	40	42	10		9	13
12,00	863,00	40	R	37	42	47	12	10	14	17
13,50	861,50	34	42	29	33	R	17	16	18	12
15,00	860,00	30	30	34	43	R	10	17	20	18
16,50	858,50	36	41	38	41	50	23	12	18	22
18,00	857,00	41	R	37	42	44	29	25	26	20
19,50	855,50	46	R	46	41	49	27	21	30	28
21,00	854,00	50	R	43	R	50	25	25	23	29
22,50	852,50	50	R	45	R	R	32	37	35	32
24,00	851,00	50	R	49		R	35	35	38	39
25,50	849,50	50		44		50	30	32	39	38
27,00	848,00	R					39	34	50	41
28,50	846,50	R		R			38	33	43	38
30,00	845,00						17	41	R	R
31,50	843,50						50	50	R	
33,00	842,00								50	
34,50	840,50									
36,00	839,00									
37,50	837,50									
39,00	836,00									
40,50	834,50									
42,00	833,00									

Derinlik (m) (0,00=875,00)	Sondaj Üst Kotu (m)	SK-10	SK-11	SK-12	SK-13	SK-14	SK-15	SK-16	SK-17	SK-18
		863,00	869,00	868,00	865,00	869,00	866,00	875,00	867,00	862,00
1,50	873,50							10		
3,00	872,00							19		
4,50	870,50							17		
6,00	869,00		6			22		25		
7,50	867,50		10			30		33		
9,00	866,00		7	5		28		37	23	
10,50	864,50		16	13	23	21	30	36	26	
12,00	863,00	11	21	6	29	23	34	36	28	12
13,50	861,50	16	25	25	23	32	41	28	36	16
15,00	860,00	11	36	28	25	22	39	39	33	19
16,50	858,50	16	42	34	31	49	34	43	36	14
18,00	857,00	22	41	38	31	48	37	50	37	12
19,50	855,50	29	41	31	26	50	36	50	28	18
21,00	854,00	28	36	41	40	R	34	50	41	25
22,50	852,50	30	39	39	43	R	46		45	20
24,00	851,00	37	40	41	40	R	50		R	34
25,50	849,50	29	49	39	42	39	40		R	37
27,00	848,00	36		50	36	R	R		R	41
28,50	846,50	41		50	45		R		R	48
30,00	845,00	32			50					45
31,50	843,50	R			49					45
33,00	842,00	R								46
34,50	840,50									50
36,00	839,00									
37,50	837,50									
39,00	836,00									
40,50	834,50									
42,00	833,00									

6.3.2. Pressiyometre Sonuçları

Çalışma kapsamında yapılan pressiyometre deneyi sonuçları Çizelge 6.5'te özetlenmiştir.

Çizelge 6.5. Pressiyometre Deneyi Sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	PL (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)
SK 3	22,00	11,51	147
SK 3	26,00	29,12	609
SK 3	30,00	29,52	665
SK 8	19,00	18,15	337
SK 8	22,00	29,01	550
SK 8	26,00	29,08	736
SK 12	21,00	29,05	419
SK 12	23,00	29,56	644
SK 16	9,00	9,93	161
SK 16	18,00	16,80	250
SK 17	6,00	8,68	125
SK 17	12,00	10,82	147
SK 18	4,50	7,58	99
SK 18	15,00	10,56	151

Yapılan sondajlarda gözlemlenen zemin profili ve laboratuvar deney sonuçları değişkenlik gösterdiğinden, proje alanında farklı kesitler için farklı idealize zemin profilleri kullanılmıştır. Analizler sırasında yeraltı suyu zeminin kil zemin birimi olduğu bölgelerde gözlenen yeraltı suyunun tünek sular olduğu düşünülmüş olup kazık aralıklarından drene olması beklendiğinden hesaplamalar sırasında yeraltı suyu dikkate alınmamıştır. Sondajlarda gözlenen yeraltı suyu seviyeleri Çizelge 6.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.6. Sondajlarda Gözlenen Yeraltı Suyu Seviyeleri

Sondaj Kuyu No	Koordinatlar		Derinlik(m)	YASS(m)
	Y	X		
SK-1	481486.63	4420037.56	70.00	10.00
SK-2	481538.12	4420032.47	70.00	11.00
SK-3	481520.62	4420020.15	82.00	9.00
SK-4	481503.15	4420005.46	70.00	12.00
SK-5	481538.17	4420005.50	69.00	13.50
SK-6	481586.07	4420079.88	62.00	12.00
SK-7	481619.43	4420084.53	59.00	9.00
SK-8	481606.16	4420066.74	76.00	12.00
SK-9	481592.52	4420049.27	62.00	11.00
SK-10	481626.23	4420058.60	60.00	9.00
SK-11	481496.92	4420080.07	46.00	10.00
SK-12	481526.43	4420080.02	45.00	11.00
SK-13	481560.87	4420079.88	42.00	10.00
SK-14	481545.43	4420052.37	46.00	10.00
SK-15	481576.77	4420058.17	43.00	12.00
SK-16	481473.06	4419999.28	52.00	13.00
SK-17	481568.34	4420023.8	66.00	12.00
SK-18	481647.01	4420090.44	39.00	10.50

6.4. Uygulanan Yöntem

Ankara ili, Çankaya ilçesi, Karakusunlar Mahallesi imar sınırları içerisinde kalan 13911 Ada 16 Parsel (Şekil 6.1) Ofis-Ticaret Projesi alanı kapsamında derin kazılar yapılması planlanmıştır. Kazı derinliği ve zemin şartları gereğince cephelerde temel kazısının iksa tedbiri alınarak yapılmıştır.

İksa sistemi olarak A'-A-J ve L-P cephelerinde imal edilmiş olan 100 cm'de 1 adet 80 cm çapındaki fore kazıklar yatayda 1.00~2.00m ve 2.00 m arayla yerleştirilmiş olan 3x0,6'' ve 4x0,6'' çaplı geçici öngermeli zemin ankrajları ile desteklenmiştir. J-L cephesinde imal edilmiş olan 120 cm'de 1 adet 100 cm çapındaki fore kazıklar yatayda 1.20m ve 1.20~2.40m arayla yerleştirilerek olan 4x0.6'' çaplı geçici öngermeli zemin ankrajları ile desteklenmiştir.

İksa projesi hazırlanırken zemine ait tüm zemin parametresi ve kabuller İnterjeo Jeo Teknik tarafınca yapılan zemin sondajlarına ve laboratuvar deneylerine dayanılarak alınmıştır.

Vaziyet planlarında gösterilen yerlerde inklinometre delgisi yapılmıştır ve inklinometrik enstrumantasyon yerleştirilmiştir. Kazık içerisinde uygulanması gereken inklinometrelere kazık boyunca tam boy inklinometre yerleştirilmiştir.

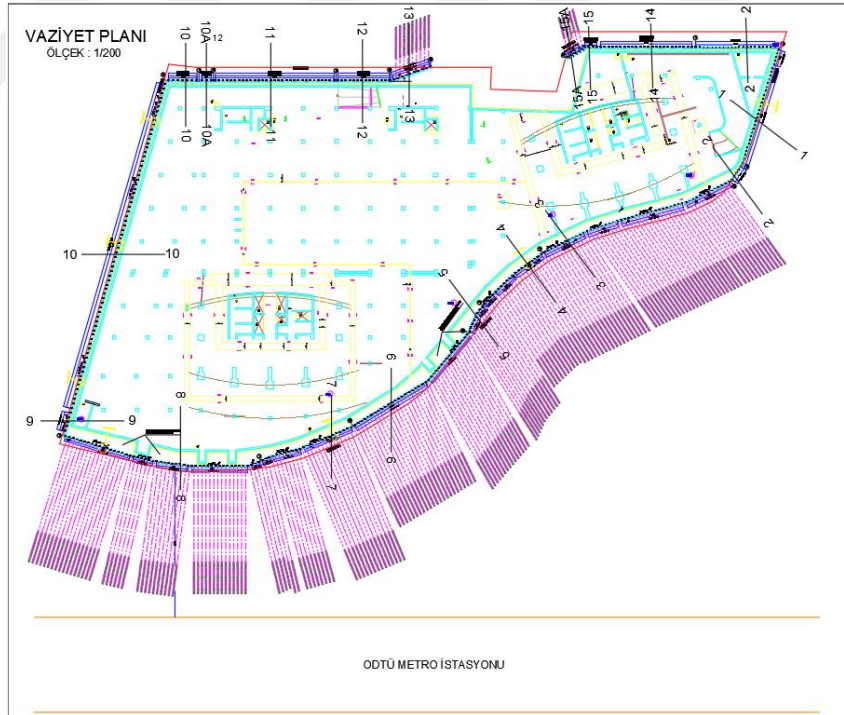
İksa sisteminin projede öngörülen servis ömrü boyunca tam güvenlikle hizmet verebilmesi amacıyla inklinometre enstrümantasyonu ile aletsel ve görsel gözlemler haftalık olarak yapılması planlanmıştır.



7. ARAŞTIRMA BULGULARI

7.1. İksa Kazısı ve Araştırma Parametreleri Hakkında Genel Bilgiler

Tez çalışmasının bu bölümünde Ankara’da yapılması planlanan bir Ticaret-Ofis Yapısı projesi kapsamında tasarlanan derin kazı ve derin kazıyı etkileyen etkenler hakkındaki araştırmaları içermektedir. İncelemeye konu olan arazi eğimli bir topoğrafyaya sahip olup farklı derinliklerde temel kazılarını barındırmaktadır. Arazi topoğrafyası ve temel derinlikleri dikkate alındığında yapılması planlanan kazı derinliği 27.51m ile 15.20m arasında değişiklik göstermektedir. Zemin etüt raporu, arazinin genel durumu ve geoteknik parametreler birlikte değerlendirildiğinde derin kazı çalışmasının düşeyde 100cm ve 80cm çapında fore kazıklar ile yatayda ise ankrajlar (yüksek mukavemetli düşük gevşemeli 0.6inç çapında 7 telli sarmal halatlar) ile sağlanması kararlaştırılmıştır. Ankrajlar bazı bölgelerde 3 adet bazı bölgelerde ise 4 adettir. İksa sistemi genel vaziyet planı Şekil 7.1’de gösterilmektedir.



Şekil 7.1. İksa sistemi vaziyet planı

7.2. İdealize Zemin Profilleri

Hesaplamlarda kullanılan idealize zemin profilleri ve zemin parametreleri yapılan saha deneyleri kullanılarak ve literatürde belirtilen sınırlar içerisinde kalınarak belirlenmiş olup her kesitte farklılık göstermektedir. Belirlenen idealize zemin profilleri Çizelge 7.1-7.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.1. 1-1 Kesiti İdealize Zemin Profili

Derinlik (m)	Zemin Birimi	γ_{unsat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	c'	ϕ'	E (kPa)
862,00-861,00	Bitkisel Toprak	17	18	3	22	15.000
861,00-859,00	Kil	18	19	4	22	20.000
859,00-856,00	Silt	18	19	5	24	25.000
856,00-854,00	Kil	18	19	4	22	20.000
854,00-848,00	Silt	18	19	5	24	25.000
848,00-840,00	Kumlu Siltli Kil	19	20	6	28	30.000
840,00-	Sert Kil	19	20	10	30	45.000

Çizelge 7.2. 4-4 Kesiti İdealize Zemin Profili

Derinlik (m)	Zemin Birimi	γ_{unsat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	c'	ϕ'	E (kPa)
864,00-863,00	Bitkisel Toprak	17	18	3	22	15.000
863,00-857,00	Kil 1	18	19	4	22	20.000
857,00-850,00	Silt	18	19	5	24	25.000
850,00-840,00	Kumlu Silt	19	20	6	28	30.000
840,00-	Kil 2	19	20	10	30	45.000

Çizelge 7.3. 7-7 Kesiti İdealize Zemin Profili

Derinlik (m)	Zemin Birimi	Y _{unsat} (kN/m ³)	Y _{sat} (kN/m ³)	c'	φ'	E (kPa)
870,00-869,00	Dolgu	17	18	3	22	15.000
869,00-865,00	Kumlu Silt 1	18	19	4	22	20.000
865,00-860,00	Kumlu Silt 2	18	19	6	24	30.000
860,00-854,00	Kumlu Silt 3	19	20	6	26	35.000
854,00-	Siltli Kum	19	20	10	30	45.000

Çizelge 7.4. 8-8, 10-10 ve 11-11 Kesiti İdealize Zemin Profili

Derinlik (m)	Zemin Birimi	Y _{unsat} (kN/m ³)	Y _{sat} (kN/m ³)	c'	φ'	E (kPa)
875,00-874,00	Bitkisel Toprak	17	18	3	22	15.000
874,00-870,00	Silt	18	19	4	22	20.000
870,00-860,00	Kumlu Kil	18	19	5	24	25.000
860,00-854,00	Kumlu Sıkı Silt	19	20	6	28	35.000
854,00-	Sert Kil	19	20	10	30	45.000

7.3. Analiz Modeli ve Kritik İksa Kesiti Boyutları

Kritik iksa kesiti olarak en büyük yüksekliğe sahip 10-10 kesiti seçilmiş olup analizlerde maksimum yükseklik olarak bu kesit dikkate alınmıştır. 10-10 kesiti kazı yüksekliği 27.51m'dir. Bu kesitte tasarımı yapılan fore kazık 100cm çapında merkezden merkeze 120cm aralıkta yerleştirilmiştir. Kazık boyu 29.10m, kazık soket boyu ise 6.74m olarak kararlaştırılmıştır. Kazının üst kısmından 5.15m'lik bölümü şevli (açık) olarak yapılmıştır. Plaxis analizlerinde hesap modeli olarak Hardening Soil (HS) model kullanılmıştır. Ankraj düşey aralığı 2.0m iken, yatay aralıkları 1.2m ile 2.4m arasında değişiklik göstermektedir. Ankraj hesaplarında 8.0m kök boyu olan 3 ve 4 adet 0.6inç çaplı ASTM A 416 şartlarına uygun halatlar kullanılmıştır. Ankraj eğimleri yatayla 15° ve 25° olarak planlanmıştır.

7.4. Genel Kesit Özellikleri

1-1 Kesiti:

Fore Kazık Boyu: 14.0m

Fore Kazık Çapı: 80.0cm

Fore Kazık Aralığı: 100.0cm

1-1 kesiti ankraj boy ve özellikleri Çizelge 7.5’de sunulmaktadır.

Çizelge 7.5. 1-1 Kesiti

Ankraj Sırası	Ankraj Kotu	Ankraj Boyu (m)	Yatay Aralık (m)	Ankrajın Yatayla Açısı	Halat Adet & Çapı	Öngerme (ton)
1	855,80	20,00	2,00	15°	3x0,60"	30,00
2	853,55	22,00	2,00	15°	3x0,60"	35,00
3	851,30	17,00	2,00	15°	3x0,60"	35,00
4	849,05	19,00	1,00~2,00	15°	3x0,60"	40,00

4-4 Kesiti:

Fore Kazık Boyu: 14.0m

Fore Kazık Çapı: 80.0cm

Fore Kazık Aralığı: 100.0cm

4-4 kesiti ankraj boy ve özellikleri Çizelge 7.6’da sunulmaktadır.

Çizelge 7.6. 4-4 Kesiti

Ankraj Sırası	Ankraj Kotu	Ankraj Boyu (m)	Yatay Aralık (m)	Ankrajın Yatayla Açısı	Halat Adet & Çapı	Öngerme (ton)
5	860,75	24,50	2,00	15°	4x0,60"	40,00
6	858,50	27,00	2,00	15°	4x0,60"	40,00
7	856,50	24,50	2,00	15°	4x0,60"	40,00
8	854,50	20,00	2,00	15°	4x0,60"	45,00
9	852,50	23,00	1,00~2,00	15°	4x0,60"	45,00
10	850,50	17,50	1,00~2,00	15°	4x0,60"	50,00
11	848,50	16,50	1,00~2,00	15°	4x0,60"	50,00

7-7 Kesiti:

Fore Kazık Boyu: 14.0m

Fore Kazık Çapı: 80.0cm

Fore Kazık Aralığı: 100.0cm

7-7 kesiti ankraj boy ve özellikleri Çizelge 7.7'de sunulmaktadır.

Çizelge 7.7. 7-7 Kesiti

Ankraj Sırası	Ankraj Kotu	Ankraj Boyu (m)	Yatay Aralık (m)	Ankrajın Yatayla Açısı	Halat Adet & Çapı	Öngerme (ton)
2	867,25	29,50	2,00	15°	4x0,60"	40,00
3	865,00	33,50	2,00	15°	4x0,60"	40,00
4	862,75	27,00	2,00	15°	4x0,60"	40,00
5	860,50	30,00	2,00	15°	4x0,60"	40,00
6	858,50	24,00	2,00	15°	4x0,60"	45,00
7	856,50	28,00	1,00~2,00	15°	4x0,60"	45,00
8	854,50	23,00	1,00~2,00	15°	4x0,60"	45,00
9	852,50	25,00	1,00~2,00	15°	4x0,60"	50,00
10	850,50	19,00	1,00~2,00	15°	4x0,60"	50,00
11	848,50	18,00	1,00~2,00	15°	4x0,60"	50,00

8-8 Kesiti:

Fore Kazık Boyu: 14.0m

Fore Kazık Çapı: 80.0cm

Fore Kazık Aralığı: 100.0cm

8-8 kesiti ankraj boy ve özellikleri Çizelge 7.8'de sunulmaktadır.

Çizelge 7.8. 8-8 Kesiti

Ankraj Sırası	Ankraj Kotu	Ankraj Boyu (m)	Yatay Aralık (m)	Ankrajın Yatayla Açısı	Halat Adet & Çapı	Öngerme (ton)
1	869,50	34,00	2,00	25°	4x0,60"	40,00
2	867,25	30,00	2,00	25°	4x0,60"	40,00
3	865,00	33,00	2,00	25°	4x0,60"	40,00
4	862,75	27,00	2,00	25°	4x0,60"	45,00
5	860,50	31,00	1,00~2,00	25°	4x0,60"	45,00
6	858,50	25,00	1,00~2,00	25°	4x0,60"	45,00
7	856,50	28,00	1,00~2,00	25°	4x0,60"	50,00
8	854,50	22,00	1,00~2,00	25°	4x0,60"	50,00
9	852,50	25,00	1,00~2,00	25°	4x0,60"	50,00
10	850,50	20,00	1,00~2,00	25°	4x0,60"	50,00
11	848,50	18,00	1,00~2,00	25°	4x0,60"	50,00

10-10 Kesiti:

Fore Kazık Boyu: 14.0m

Fore Kazık Çapı: 80.0cm

Fore Kazık Aralığı: 100.0cm

10-10 kesiti ankraj boy ve özellikleri Çizelge 7.9'da sunulmaktadır.

Çizelge 7.9. 10-10 Kesiti

Ankraj Sırası	Ankraj Kotu	Ankraj Boyu (m)	Yatay Aralık (m)	Ankrajın Yatayla Açısı	Halat Adet & Çapı	Öngerme (ton)
2	867,25	31,00	1,20	15°	4x0,60"	40,00
3	865,00	34,00	1,20	15°	4x0,60"	40,00
4	862,75	28,00	1,20~2,40	15°	4x0,60"	45,00
5	860,50	31,00	1,20~2,40	15°	4x0,60"	45,00
6	858,50	26,00	1,20~2,40	15°	4x0,60"	45,00
7	856,50	29,00	1,20	15°	4x0,60"	50,00
8	854,50	23,00	1,20	15°	4x0,60"	50,00
9	852,50	26,00	1,20	15°	4x0,60"	50,00
10	850,50	21,00	1,20	15°	4x0,60"	50,00
11	848,50	19,00	1,20	15°	4x0,60"	50,00

11-11 Kesiti:

Fore Kazık Boyu: 14.0m

Fore Kazık Çapı: 80.0cm

Fore Kazık Aralığı: 100.0cm

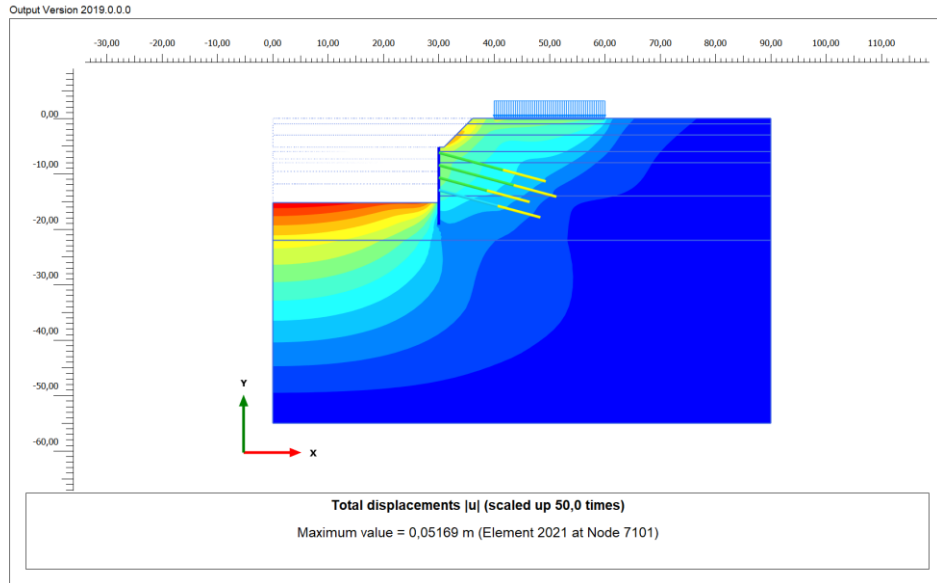
11-11 kesiti ankraj boy ve özellikleri Çizelge 7.10'da sunulmaktadır.

Çizelge 7.10. 11-11 Kesiti

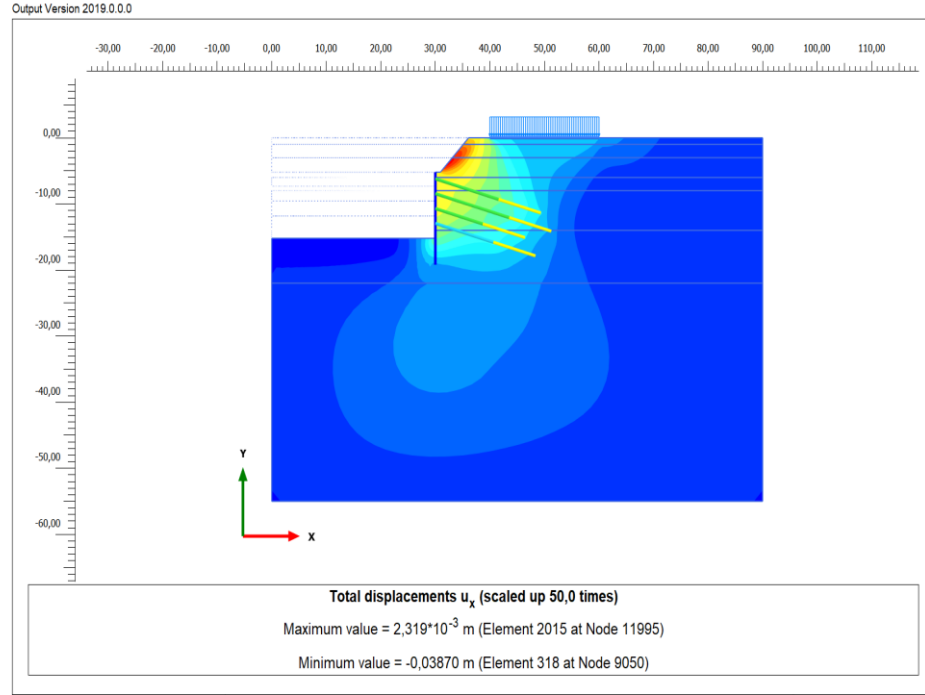
Ankraj Sırası	Ankraj Kotu	Ankraj Boyu (m)	Yatay Aralık (m)	Ankrajın Yatayla Açısı	Halat Adet & Çapı	Öngerme (ton)
3	865,00	34,00	2,00	15°	4x0,60"	40,00
4	862,75	28,00	2,00	15°	4x0,60"	45,00
5	860,50	31,00	2,00	15°	4x0,60"	45,00
6	858,50	26,00	2,00	15°	4x0,60"	45,00
7	856,50	29,00	2,00	15°	4x0,60"	50,00
8	854,50	23,00	2,00	15°	4x0,60"	50,00
9	852,50	26,00	1,00~2,00	15°	4x0,60"	50,00
10	850,50	21,00	1,00~2,00	15°	4x0,60"	50,00
11	848,50	19,00	1,00~2,00	15°	4x0,60"	50,00

7.5. Sayısal Analizler

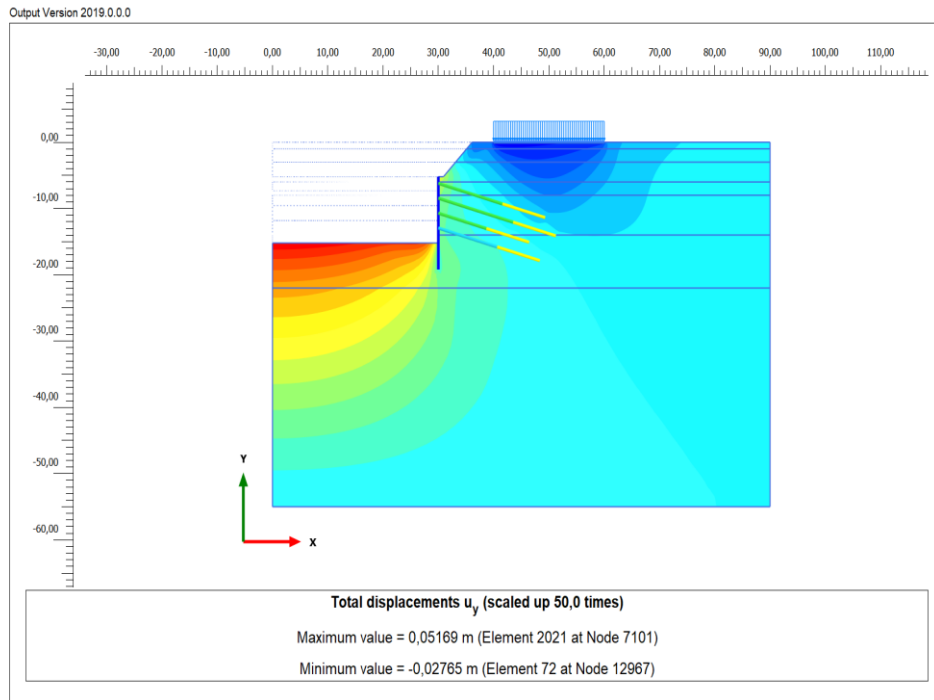
Sayısal analizleri, inklinometre bulunan cephelerde saha ile birebir uyumlu model oluşturularak yapılmıştır. Yapılan analizlerde iksa sisteminde meydana gelen deplasmanlar elde edilmiştir. İksa sisteminde sayısal analizlere göre farklı kesitlerde meydana gelen deplasmanlar Şekil 7.2-7.25'de sunulmaktadır.



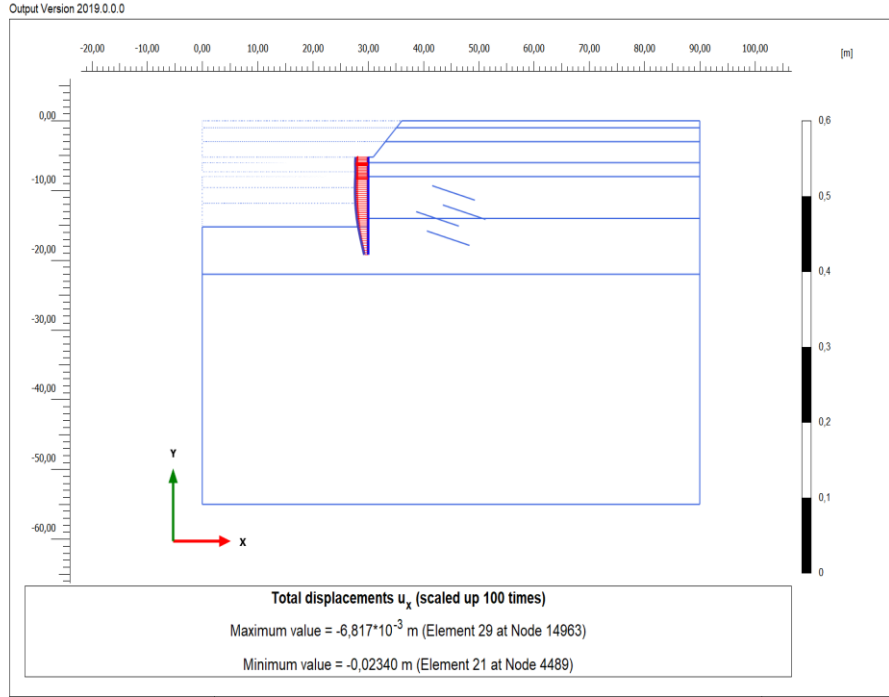
Şekil 7.2. 1-1 kesiti toplam deplasman



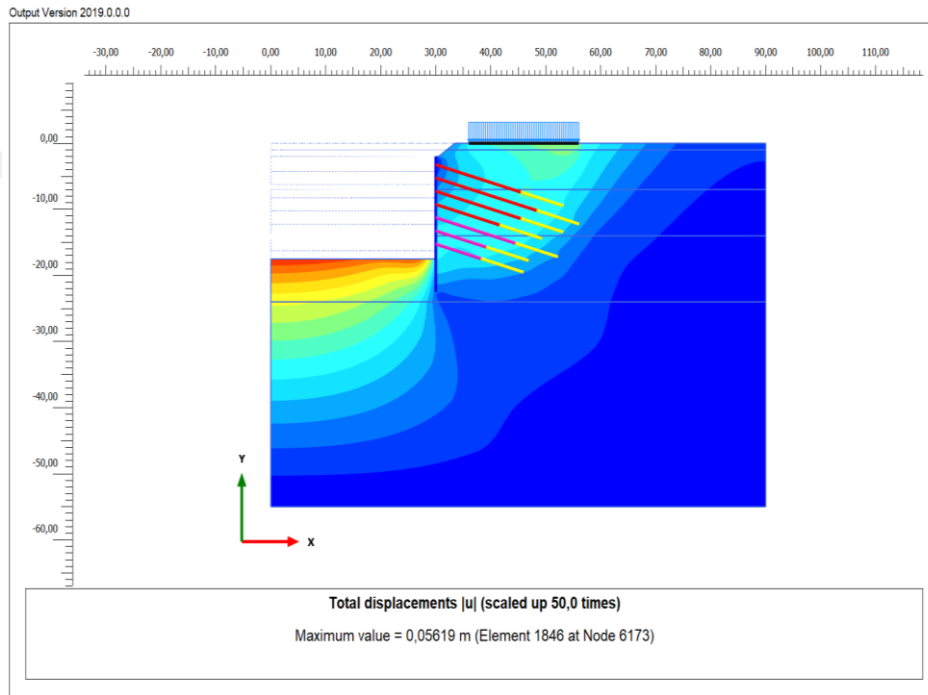
Şekil 7.3. 1-1 kesiti yatay deplasman



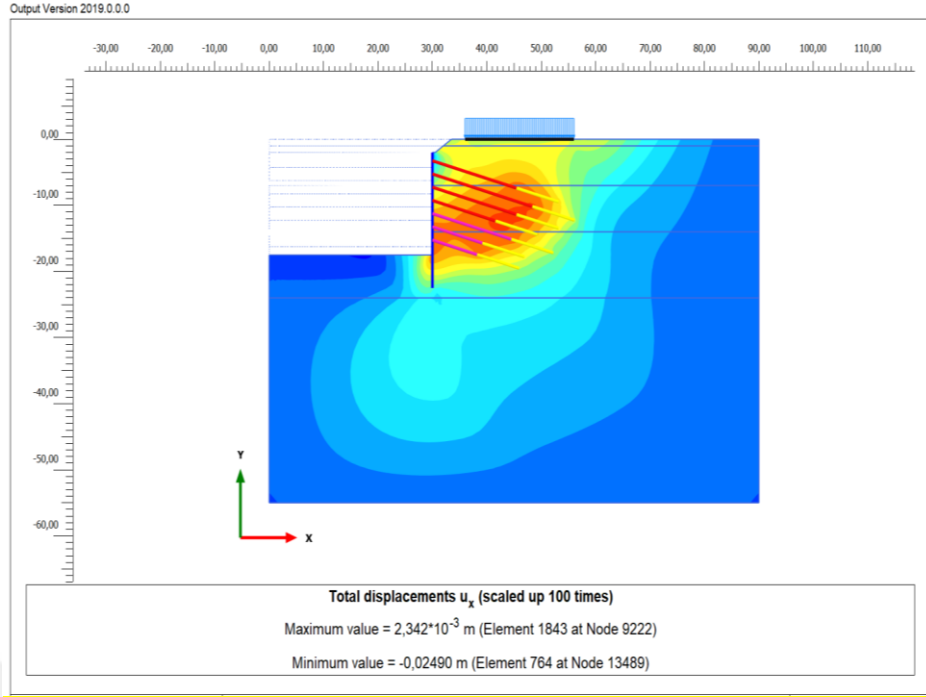
Şekil 7.4. 1-1 kesiti düşey deplasman



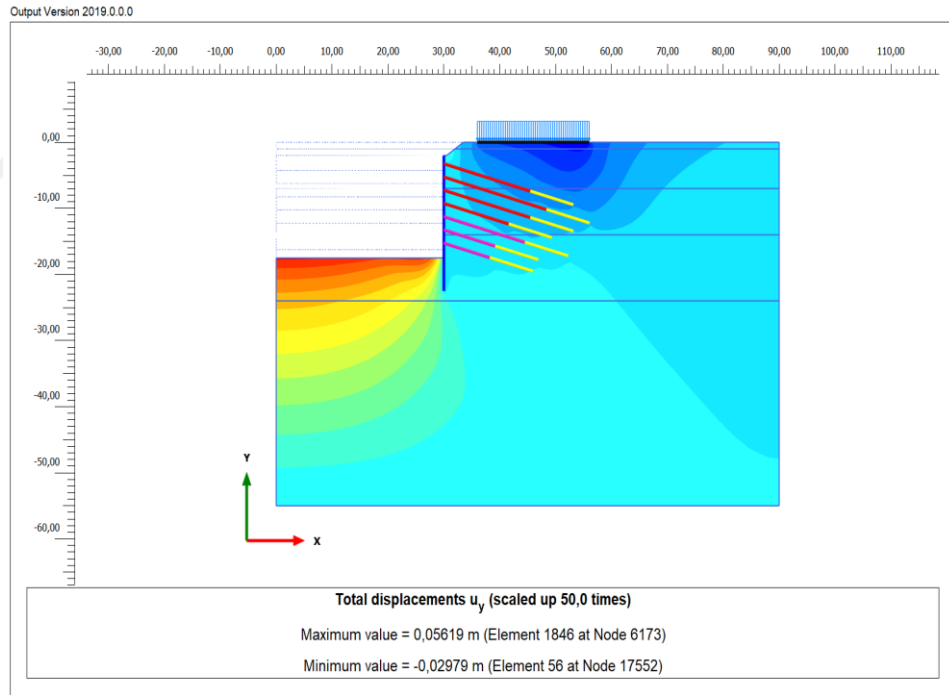
Şekil 7.5. 1-1 kesiti kazık yatay deplasmanı



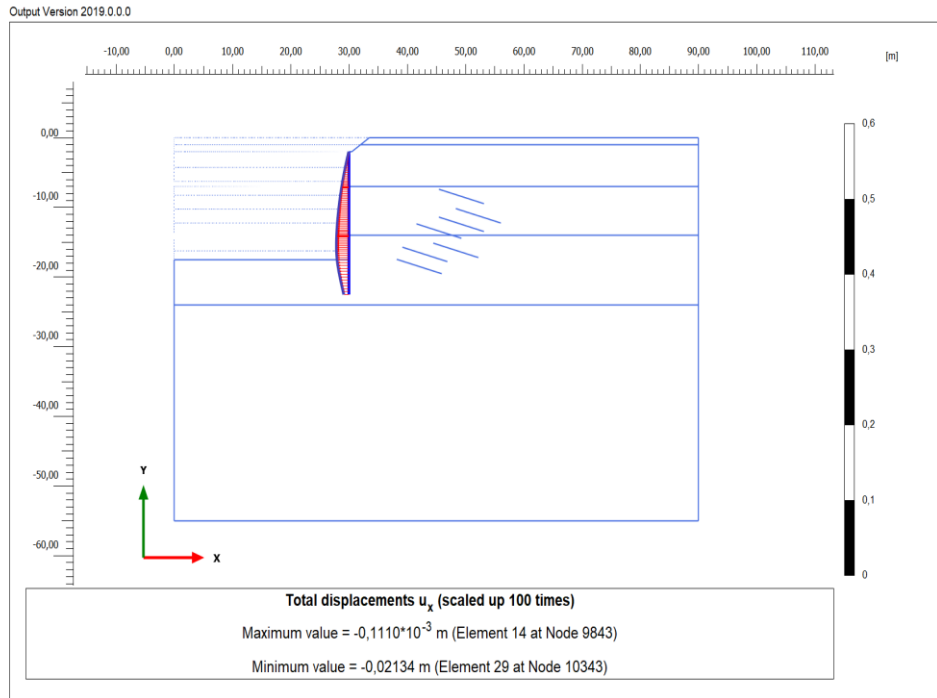
Şekil 7.6. 4-4 kesiti toplam deplasman



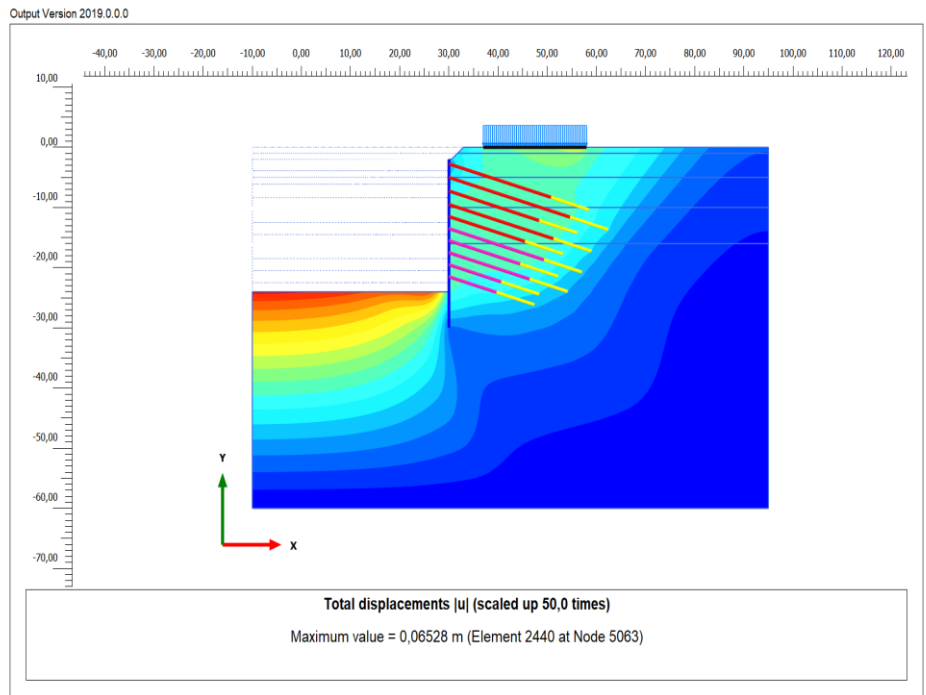
Şekil 7.7. 4-4 kesiti yatay deplasman



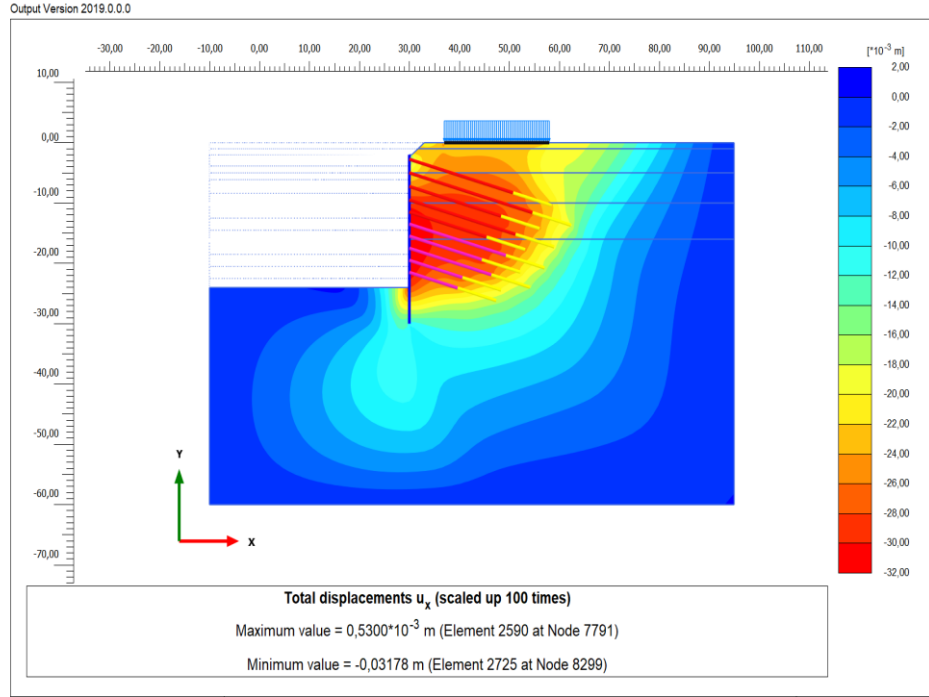
Şekil 7.8. 4-4 kesiti düşey deplasman



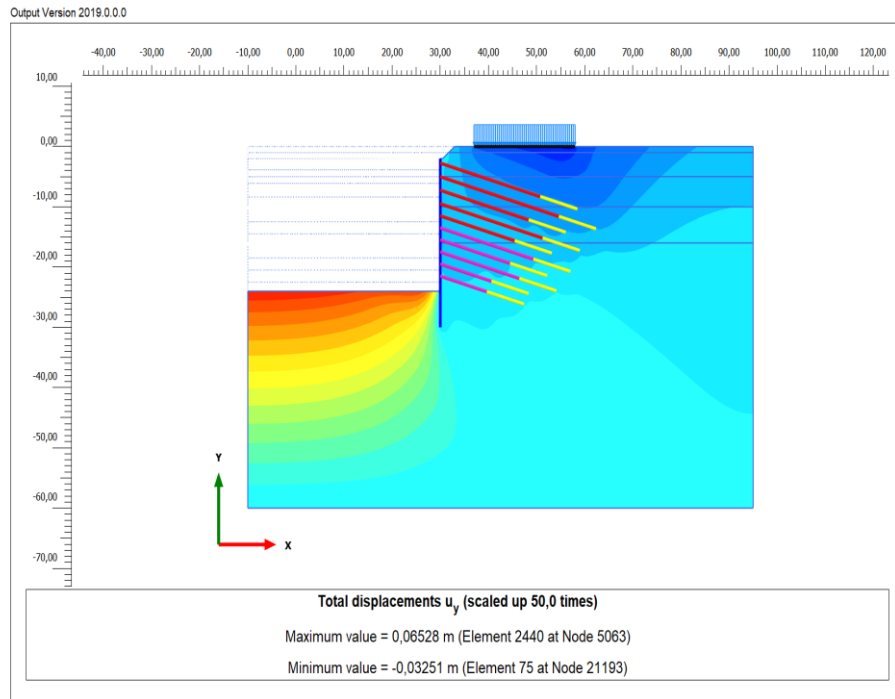
Şekil 7.9. 4-4 kesiti kazık yatay deplasmanı



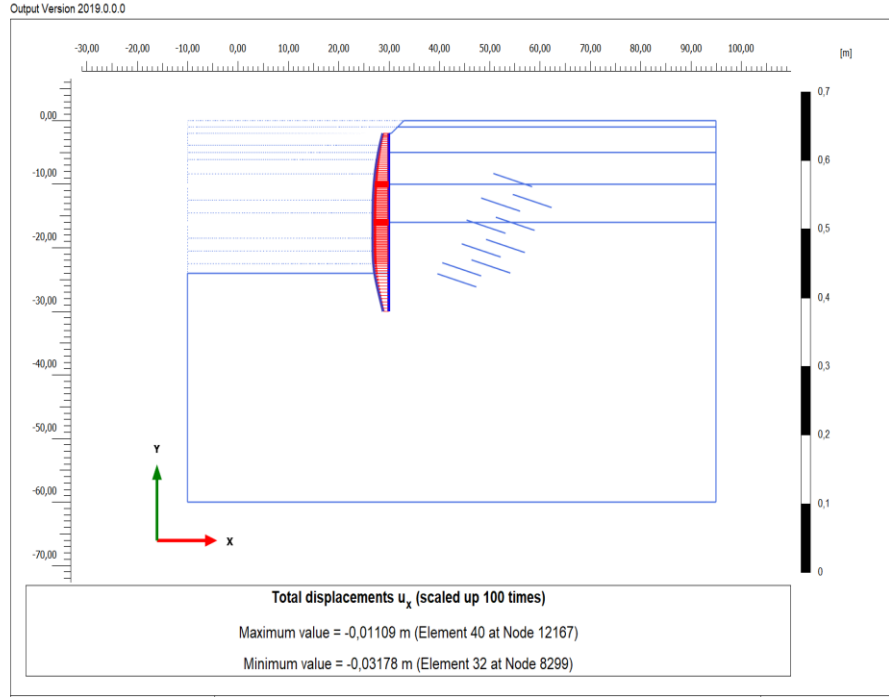
Şekil 7.10. 7-7 kesiti toplam deplasman



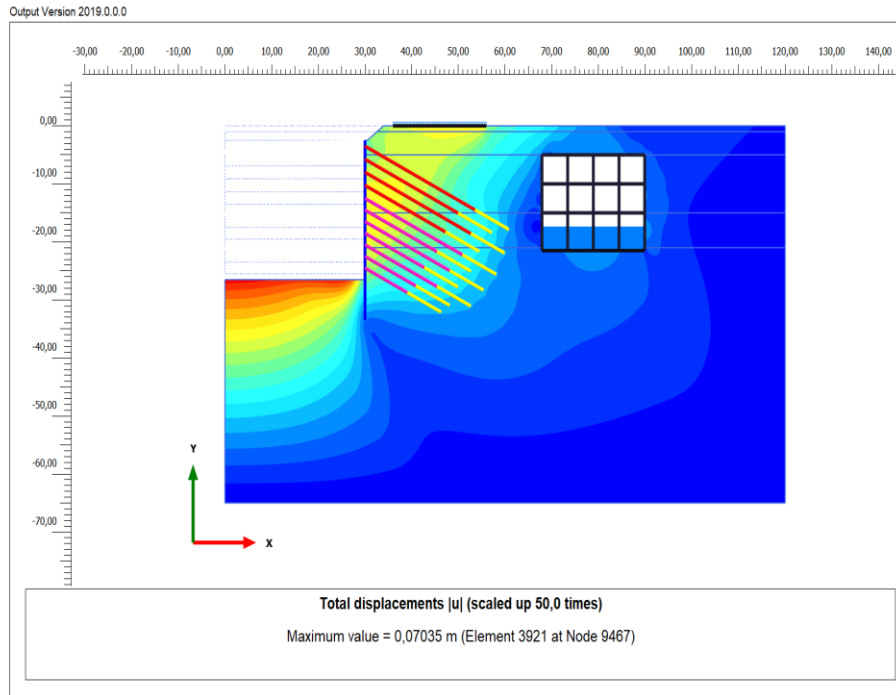
Şekil 7.11. 7-7 kesiti yatay deplasman



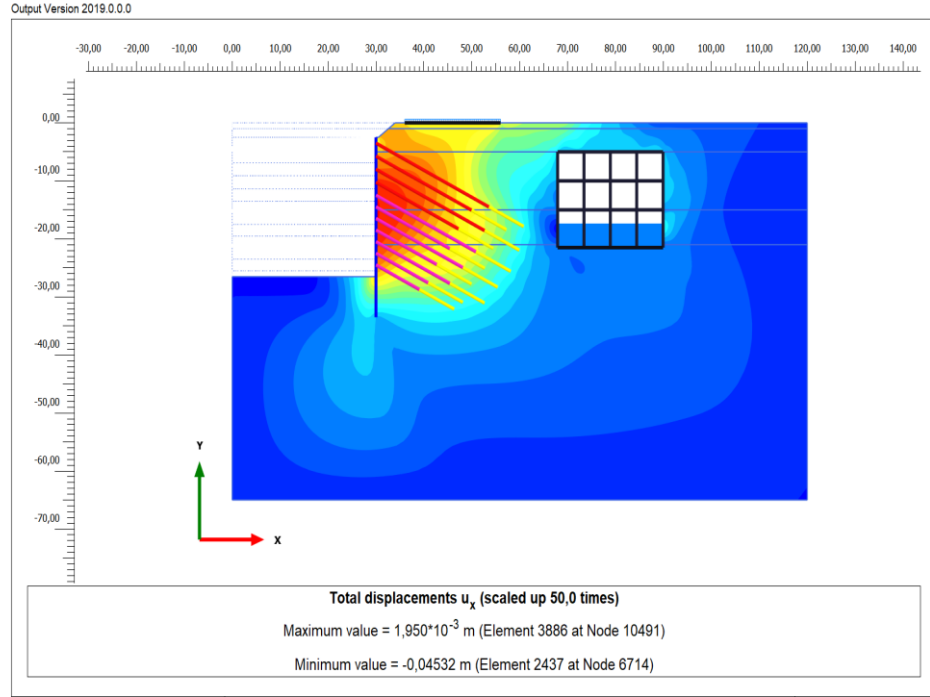
Şekil 7.12. 7-7 kesiti düşey deplasman



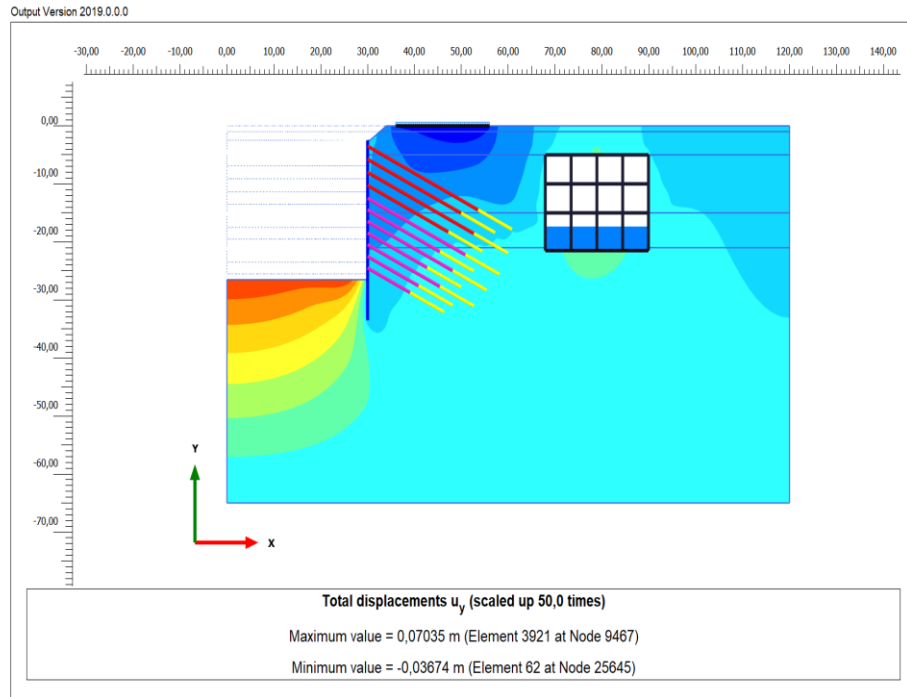
Şekil 7.13. 7-7 kesiti kazık yatay deplasmanı



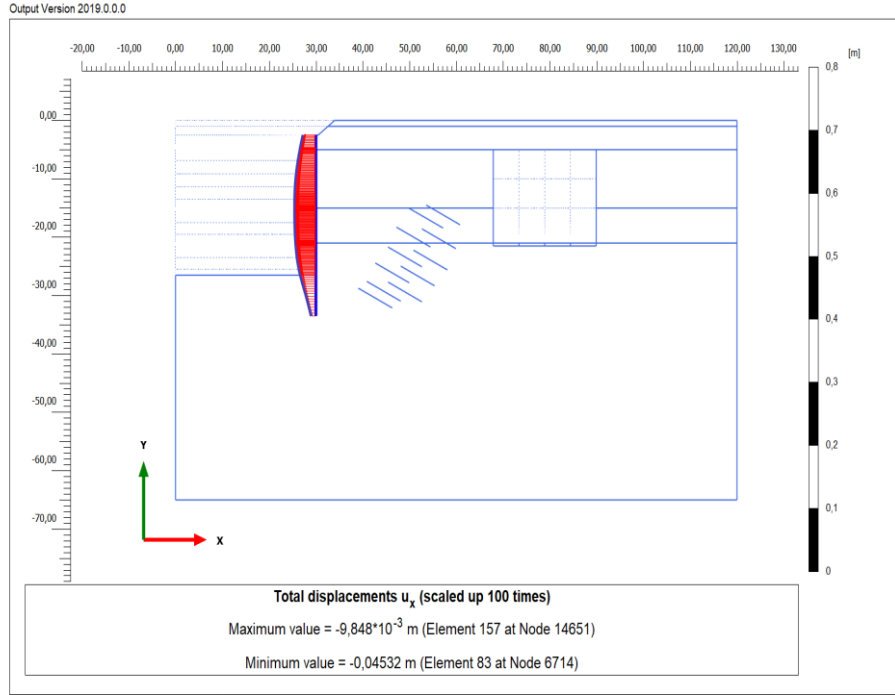
Şekil 7.14. 8-8 kesiti toplam deplasman



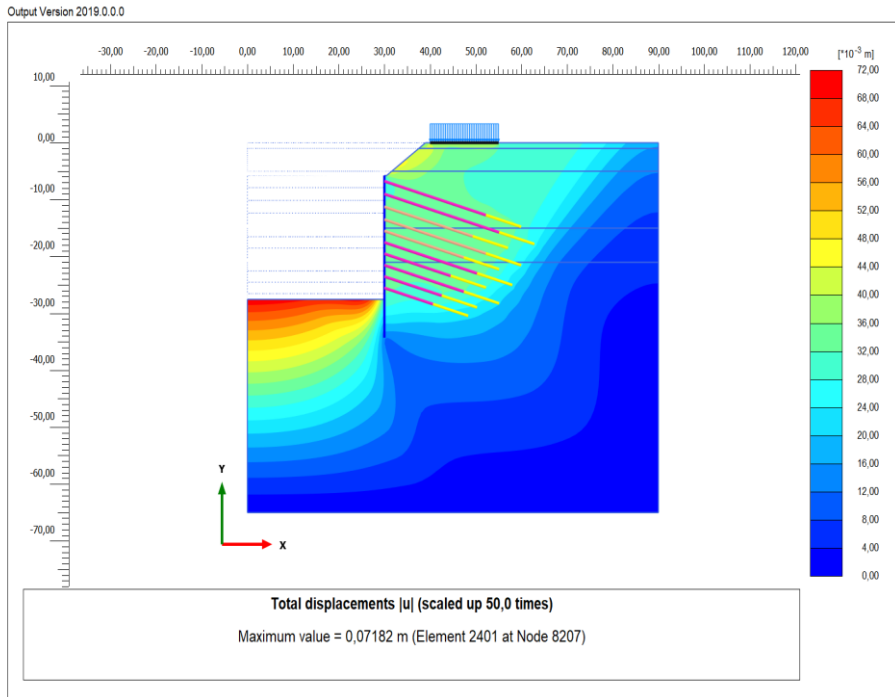
Şekil 7.15. 8-8 kesiti yatay deplasman



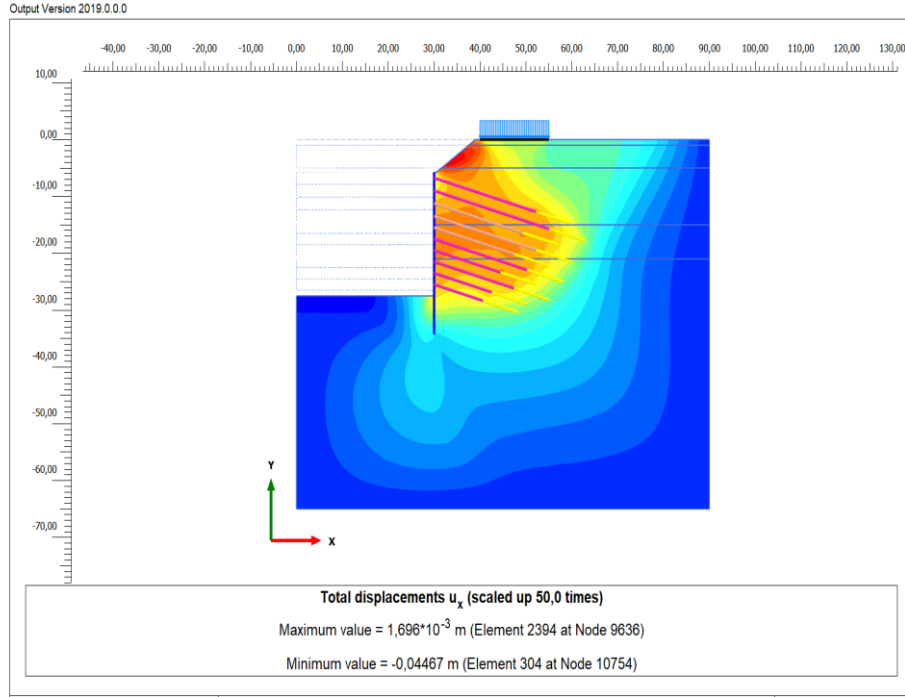
Şekil 7.16. 8-8 kesiti düşey deplasman



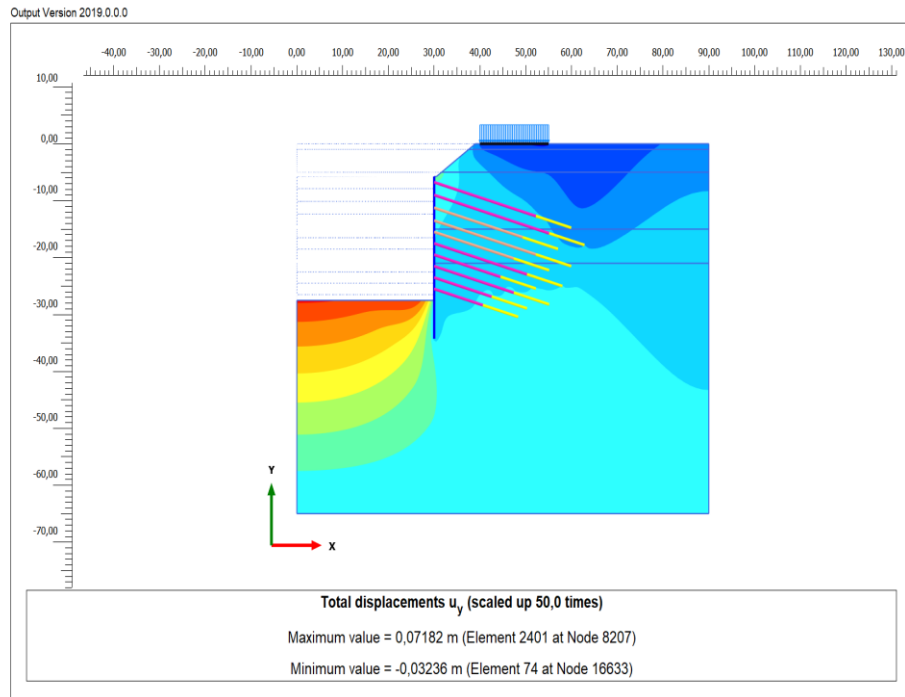
Şekil 7.17. 8-8 kesiti kazık yatay deplasmanı



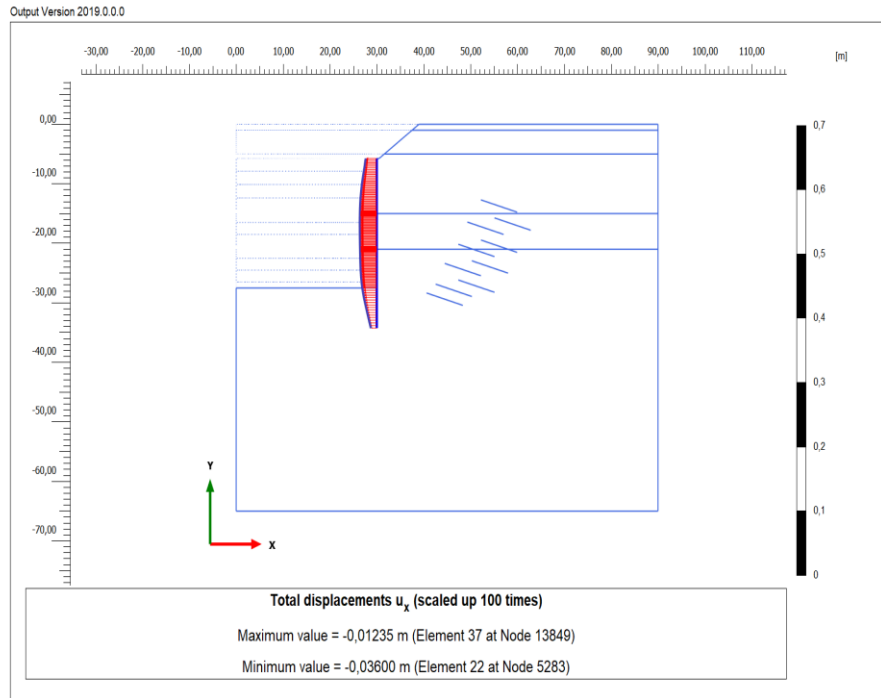
Şekil 7.18. 10-10 kesiti toplam deplasman



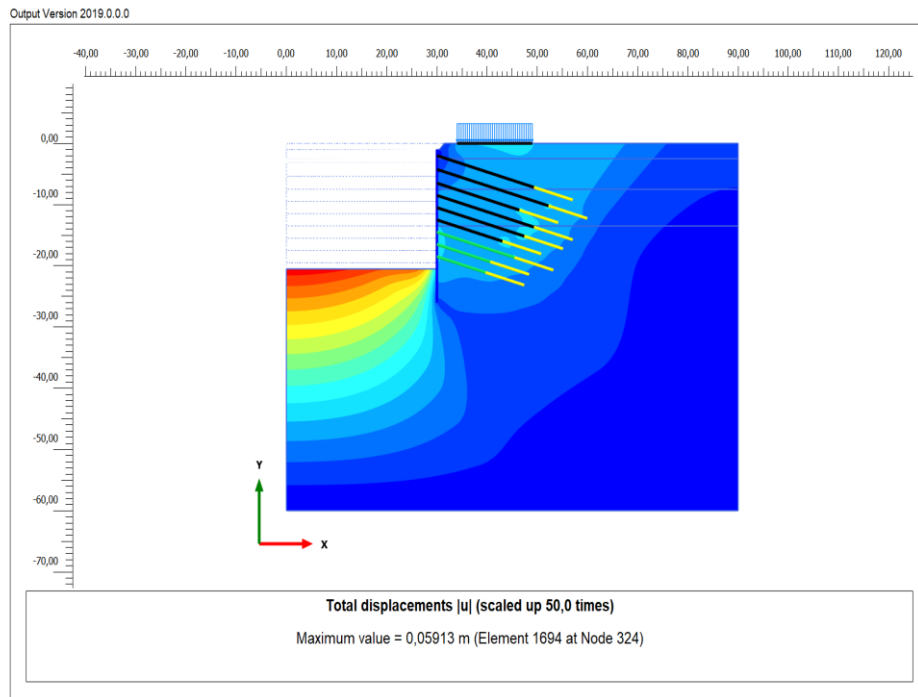
Şekil 7.19. 10-10 kesiti yatay deplasman



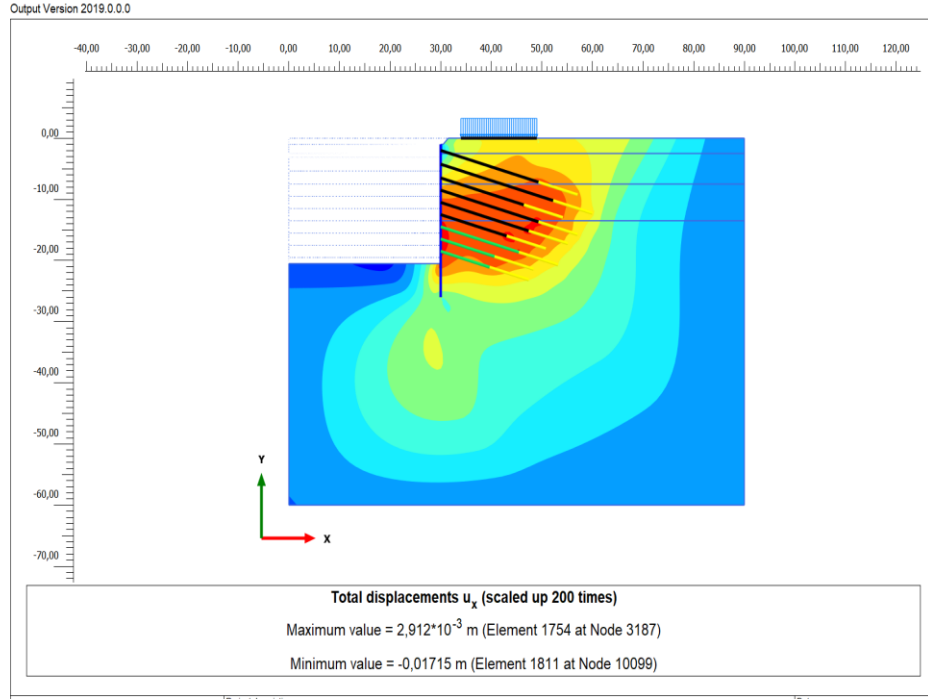
Şekil 7.20. 10-10 kesiti düşey deplasman



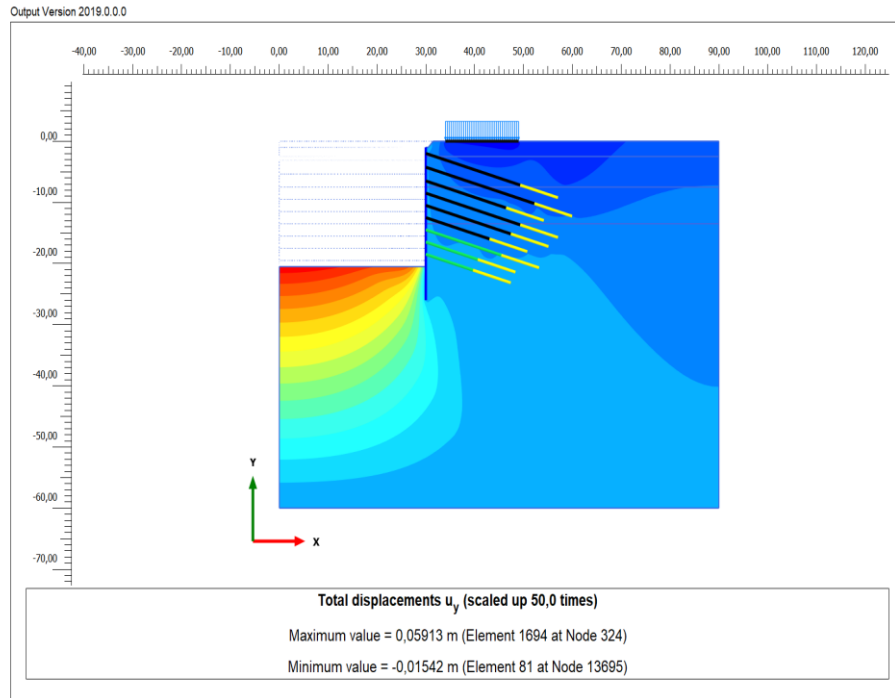
Şekil 7.21. 10-10 kesiti kazık yatay deplasman



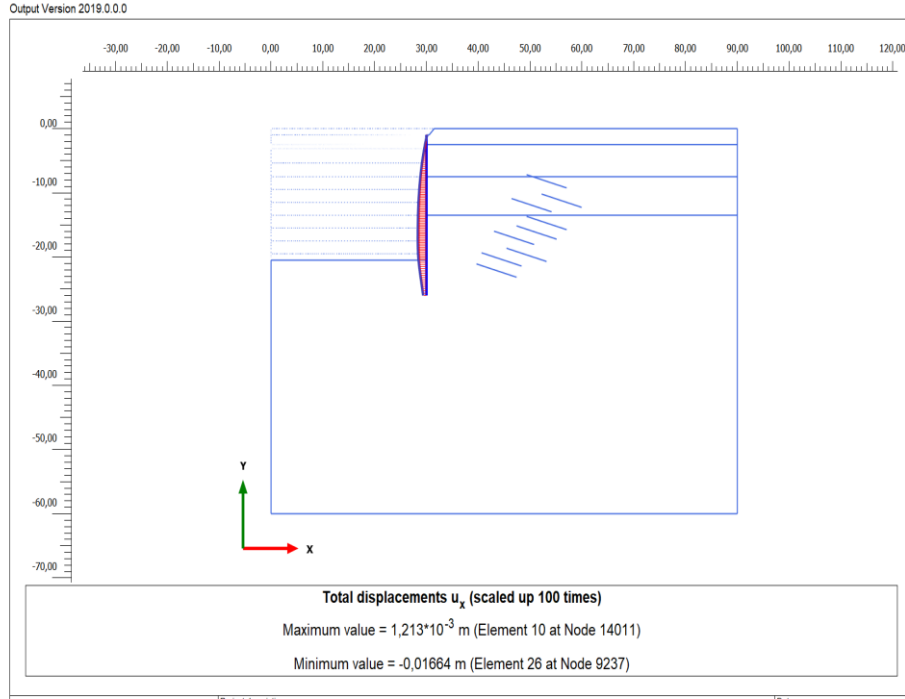
Şekil 7.22. 11-11 kesiti toplam deplasman



Şekil 7.23. 11-11 kesiti yatay deplasman



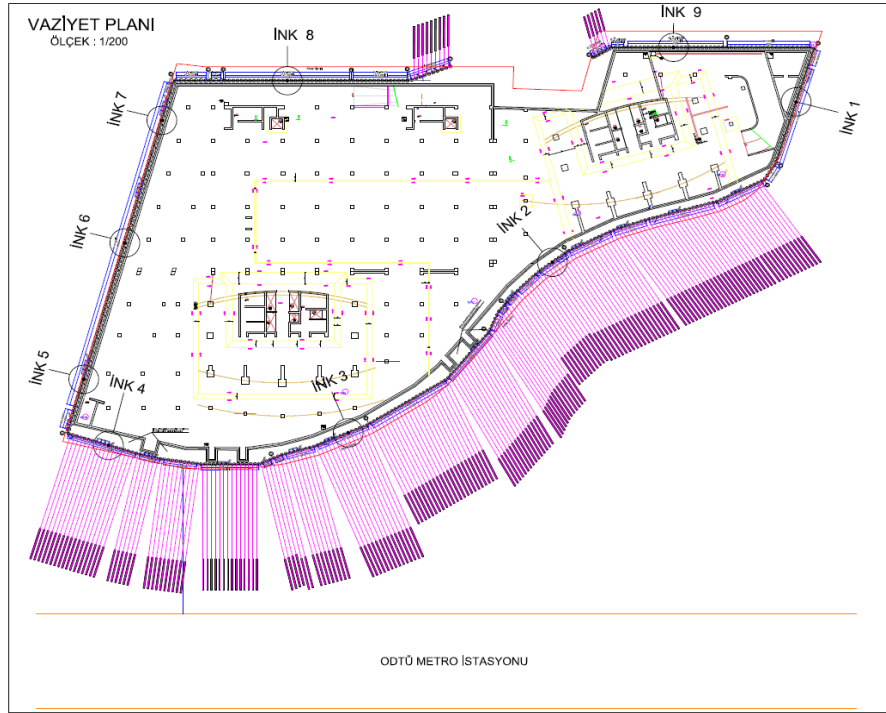
Şekil 7.24. 11-11 kesiti düşey deplasman



Şekil 7.25. 11-11 kesiti kazık yatay deplasmanı

7.6. İnklinometre Ölçümleri ve Sayısal Sonuçları ile Karşılaştırma

İnklinometre ölçümlerinden deformasyonun derinlik boyunca değişimi ve miktarı hakkında bilgi elde edilebilmesi için en az iki kayda ihtiyaç vardır. Bu iki kayıttan tarih olarak ilk alınan ölçüm referans ölçümü olarak kabul edilmekte, diğer ölçüm veya ölçümler, referans ölçümü ve projesinde belirlenen maksimum deplasman değeriyle karşılaştırılmaktadır. Proje kapsamında olası zemin hareketlerinin incelenmesi amacı ile 8 adet inklinometre teşkil edilmiştir. Yerleştirilen inklinometrelerin konumları Şekil 7.26'da gösterilmiştir.



Şekil 7.26. Yerleştirilen inklinometre konumları

İnklinometrelere ait derinlik ve kesit bilgileri ile referans okuma tarihleri Çizelge 7.11’de verilmiştir.

Çizelge 7.11. İnklinometre Derinlik ve Konum Bilgileri ile Referans Okuma Tarihleri

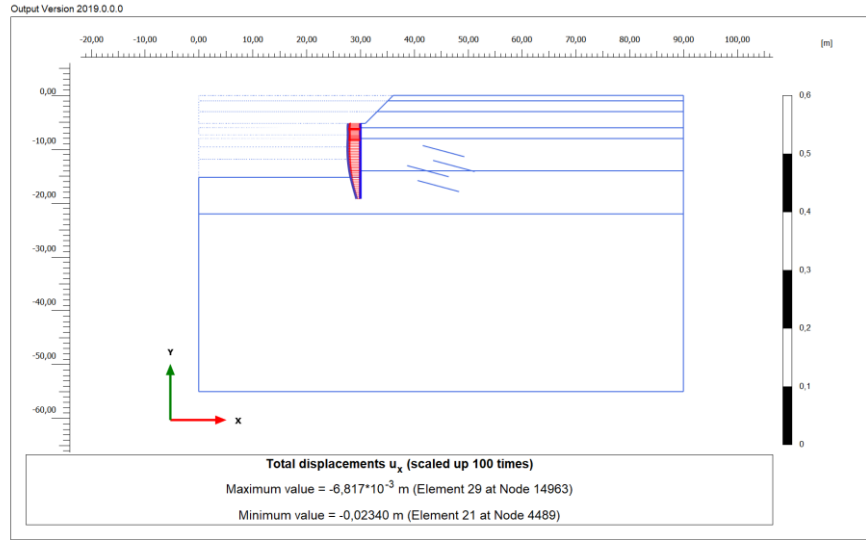
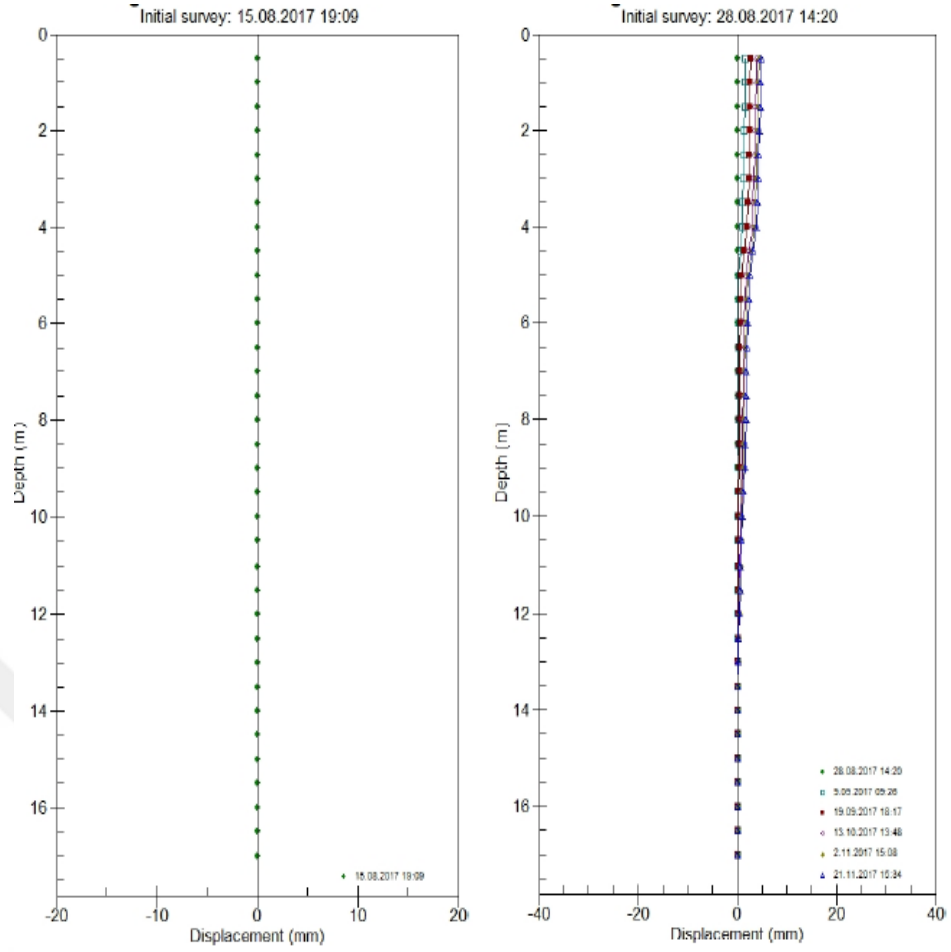
İnklinometre Kuyusu	İnklinometre Boyu (m)	Kazı Kotu	Cephe Bilgisi	Referans Okuma Tarihi (Cihaz -1)	Referans Okuma Tarihi (Cihaz -2)
İNK-2	22,10	846,49	E-F Cephesi	16.06.2017	08.09.2017
İNK-3	29,60	846,49	H-I Cephesi	16.06.2017	29.08.2017
İNK-4	32,60	846,49	I-J Cephesi	24.05.2017	29.08.2017
İNK-5	30,10	846,49	J-K Cephesi	18.06.2017	29.08.2017
İNK-6	30,10	846,49	J-K Cephesi	11.07.2017	29.08.2017
İNK-7	30,10	846,49	J-K Cephesi	18.06.2017	19.08.2017
İNK-8	26,60	846,49	M-N Cephesi	15.08.2017	29.08.2017
İNK-9	17,10	846,79	A'-A Cephesi	15.08.2017	28.08.2017

İksa projesi kapsamında planlanan inklinometreler kazıklar içerisinde inşa edilmiş olup belirli aralıklarda okumalar yapılarak deplasmanlar takip edilmiştir. Maksimum izin verilen deplasman değerleri FHWA-IF-99-015 Ground Anchors standardına göre kazı derinliğinin %0.5'idir. Sayısal analiz sonuçlarından elde edilen deformasyon sonuçları ve literatürde izin verilen maksimum deplasman değerleri Çizelge 7.12'de gösterilmiştir.

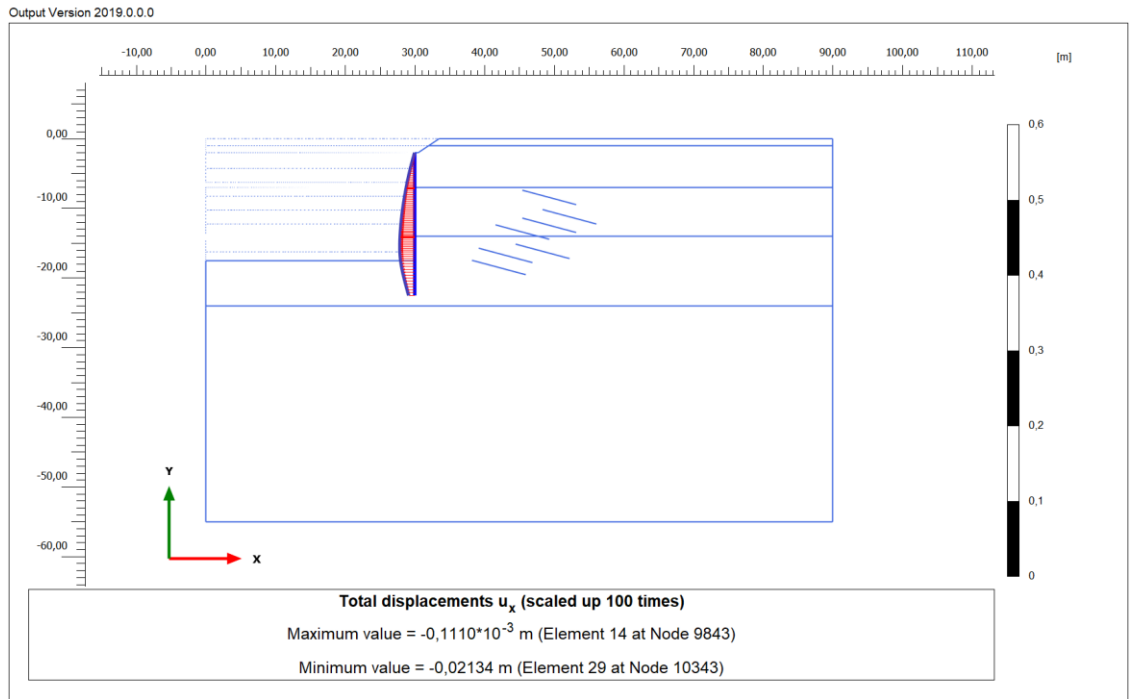
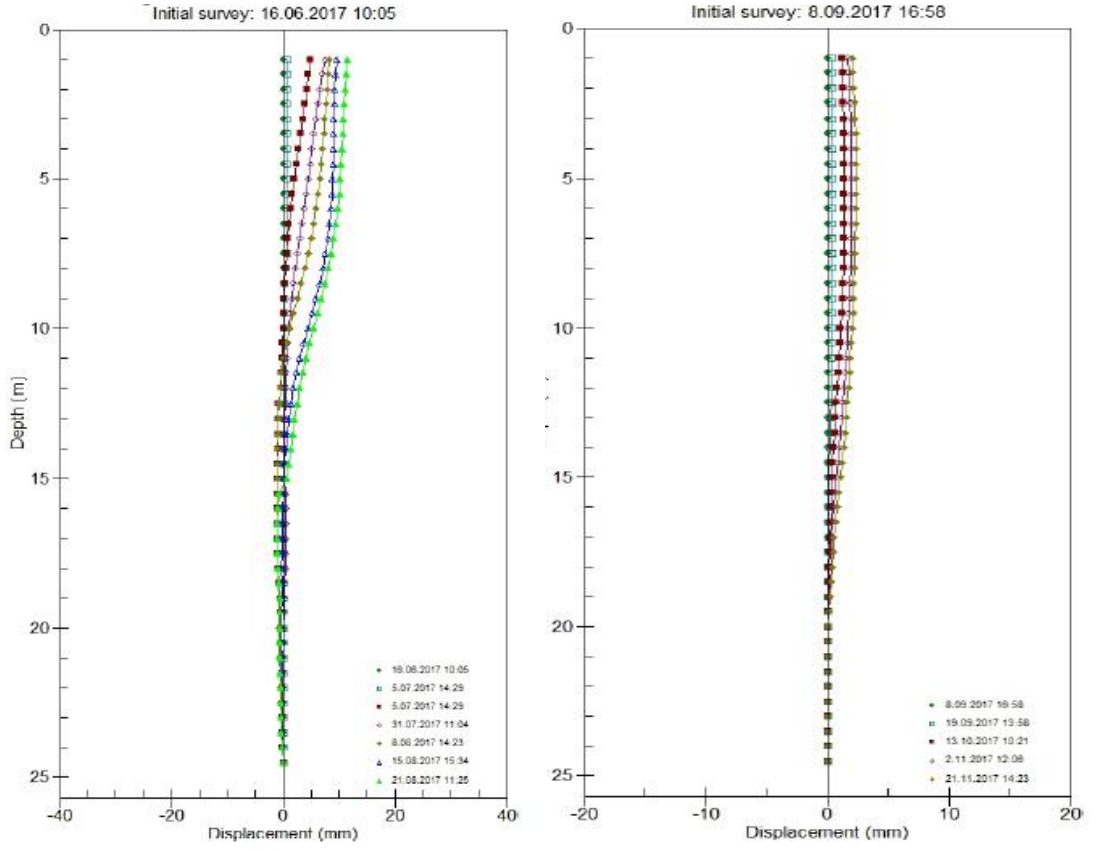
Çizelge 7.12. İnklinometre Kuyularına Ait Okuma Tarihleri ve Hareket Durumu

Kesit No	Kazı Derinliği (m)	Deplasman (mm)	Plaxis 2D Deplasman (mm)	Literatürde İzin Verilen Maksimum Deplasman (mm)
1-1	11.21	5.00	23.40	56.05
4-4	17.51	13.00	21.34	87.55
7-7	23.51	8.50	31.78	117.55
8-8	26.51	23.00	45.32	132.55
10-10	27.51	15.00	36.00	137.55
11-11	20.51	8.50	16.64	102.55

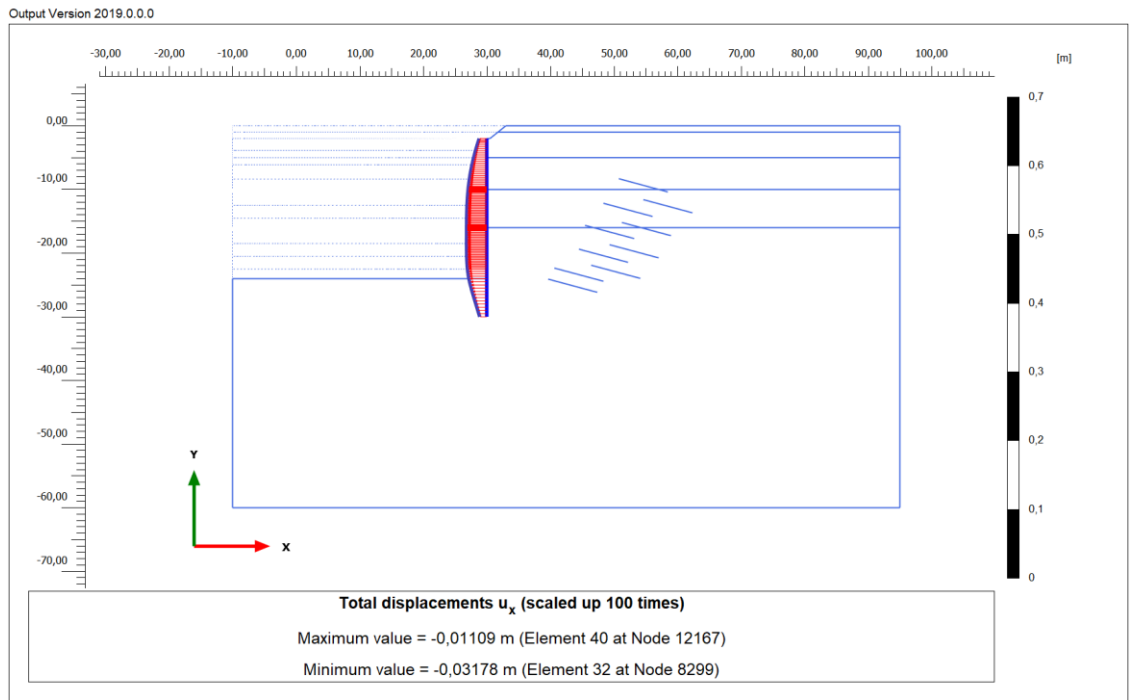
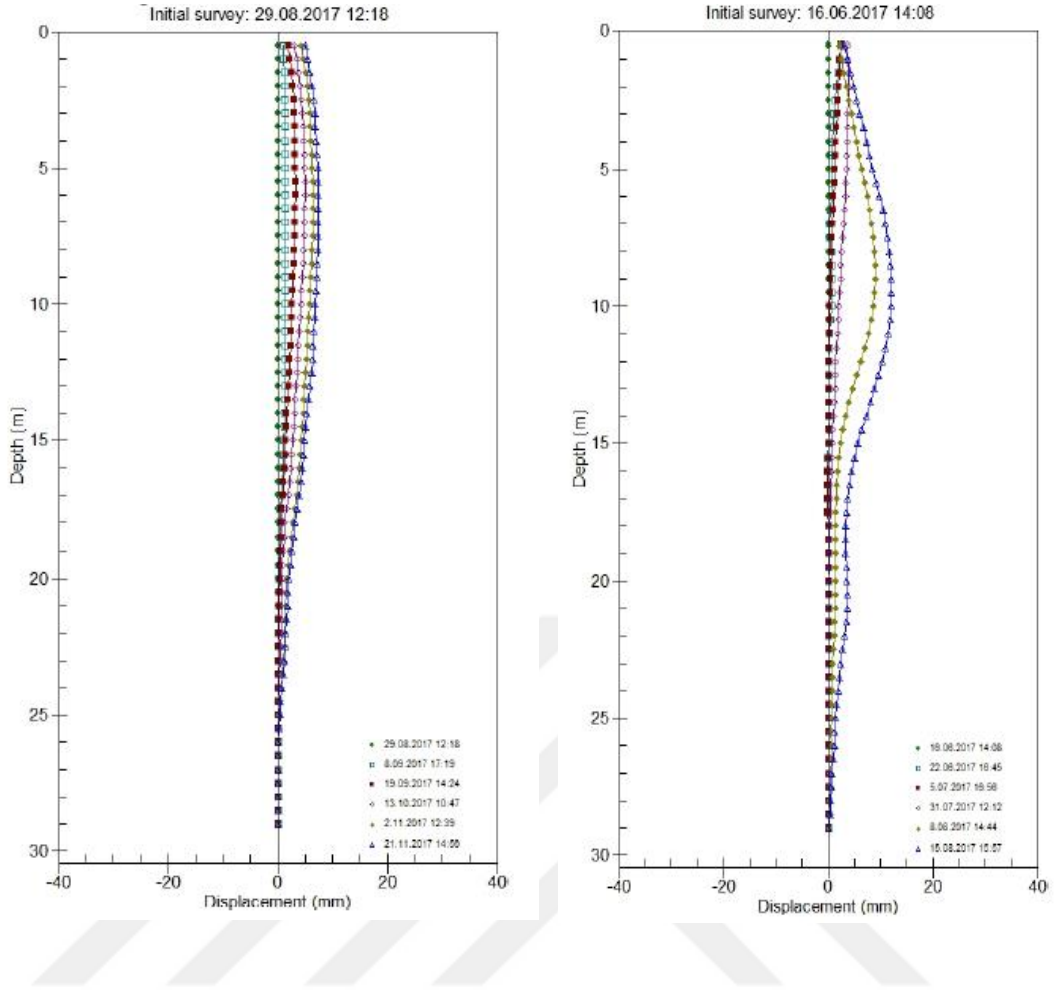
Kesitlere ait inklinometre ölçümleri ve sayısal analizlerde hesaplanan maksimum kazık yatay deplasmanları aşağıda sunulmaktadır (Şekil 7.27-7.32).



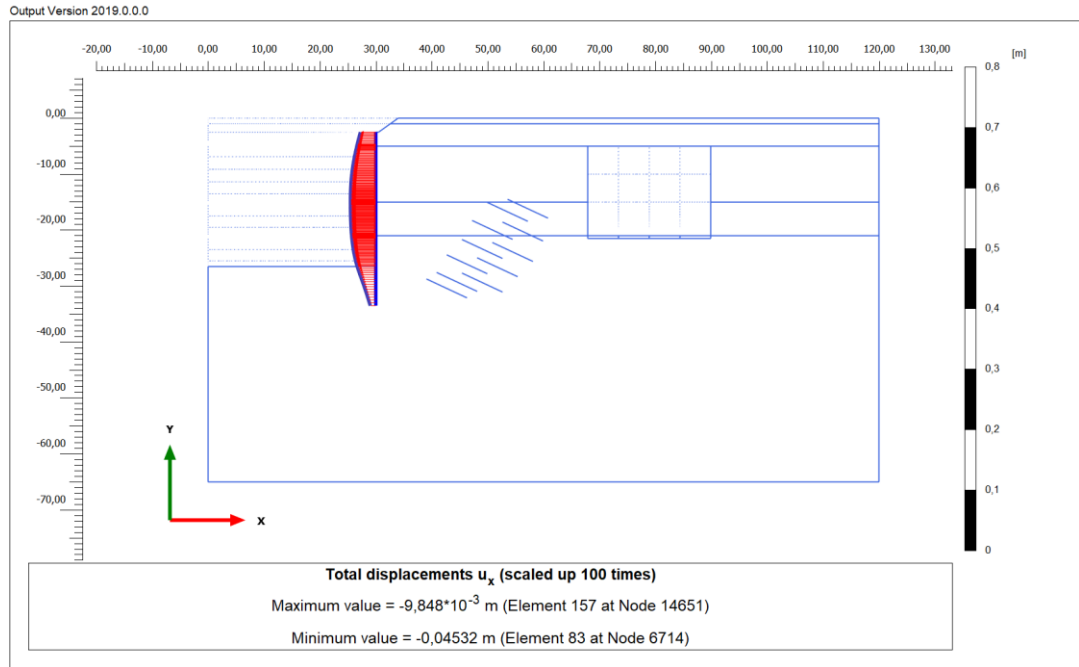
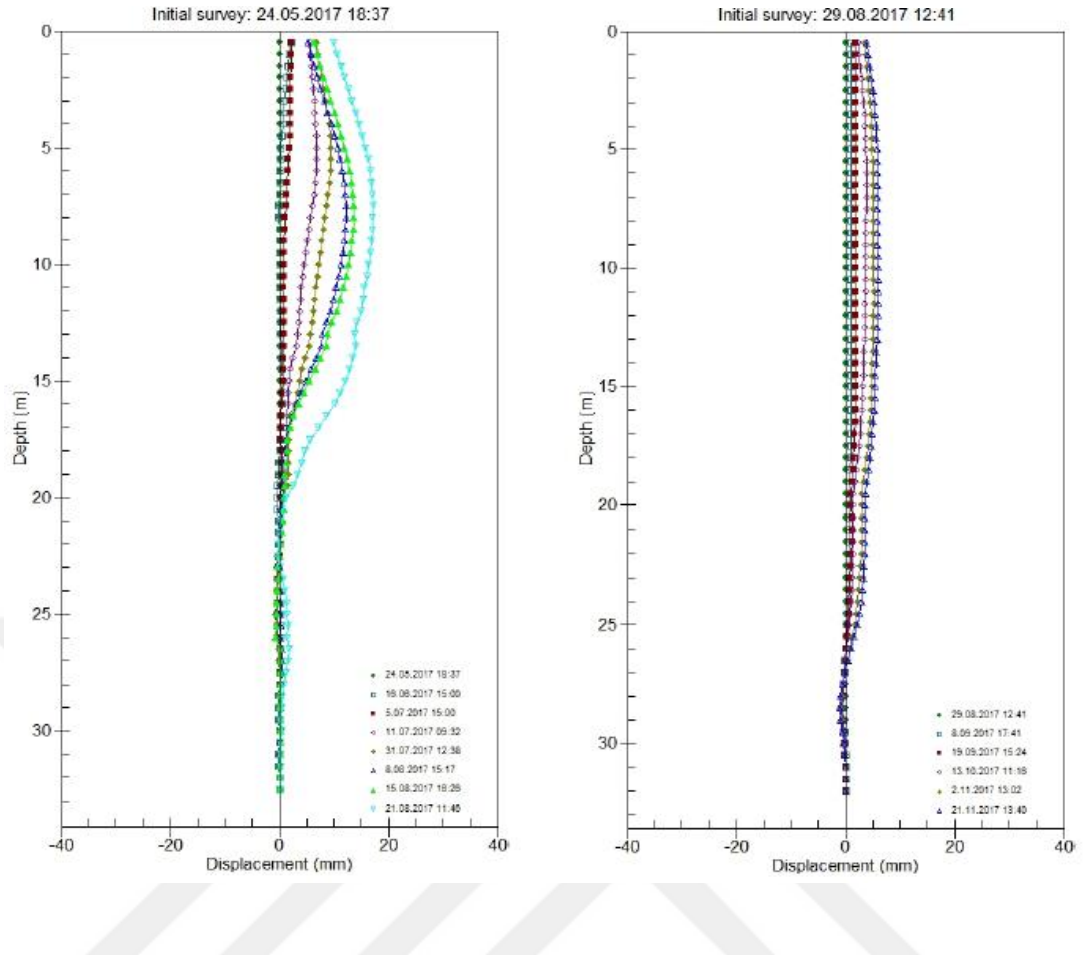
Şekil 7.27. Yatay deplasman inklinometre ve sayısal analiz sonuçları (1-1 kesiti)



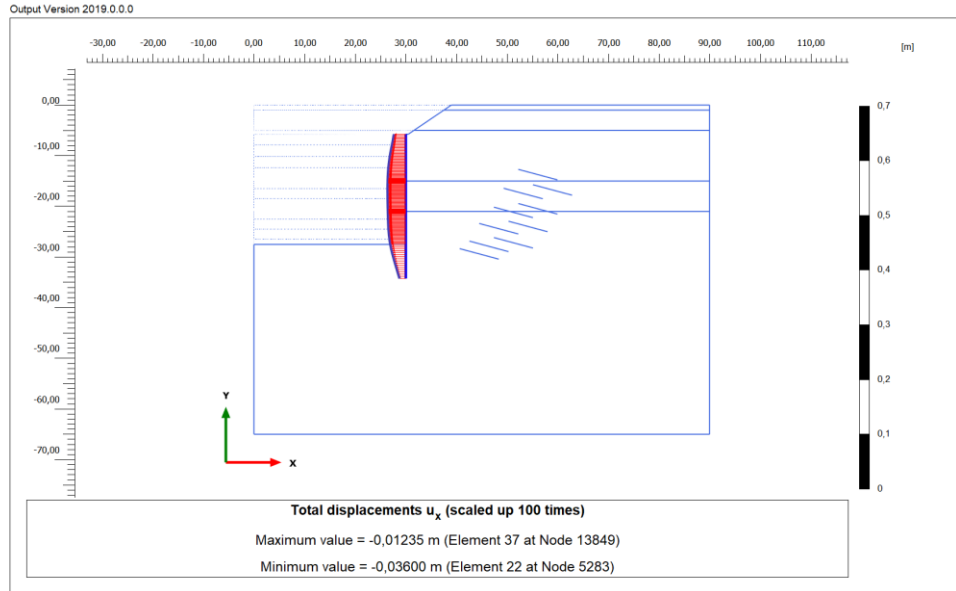
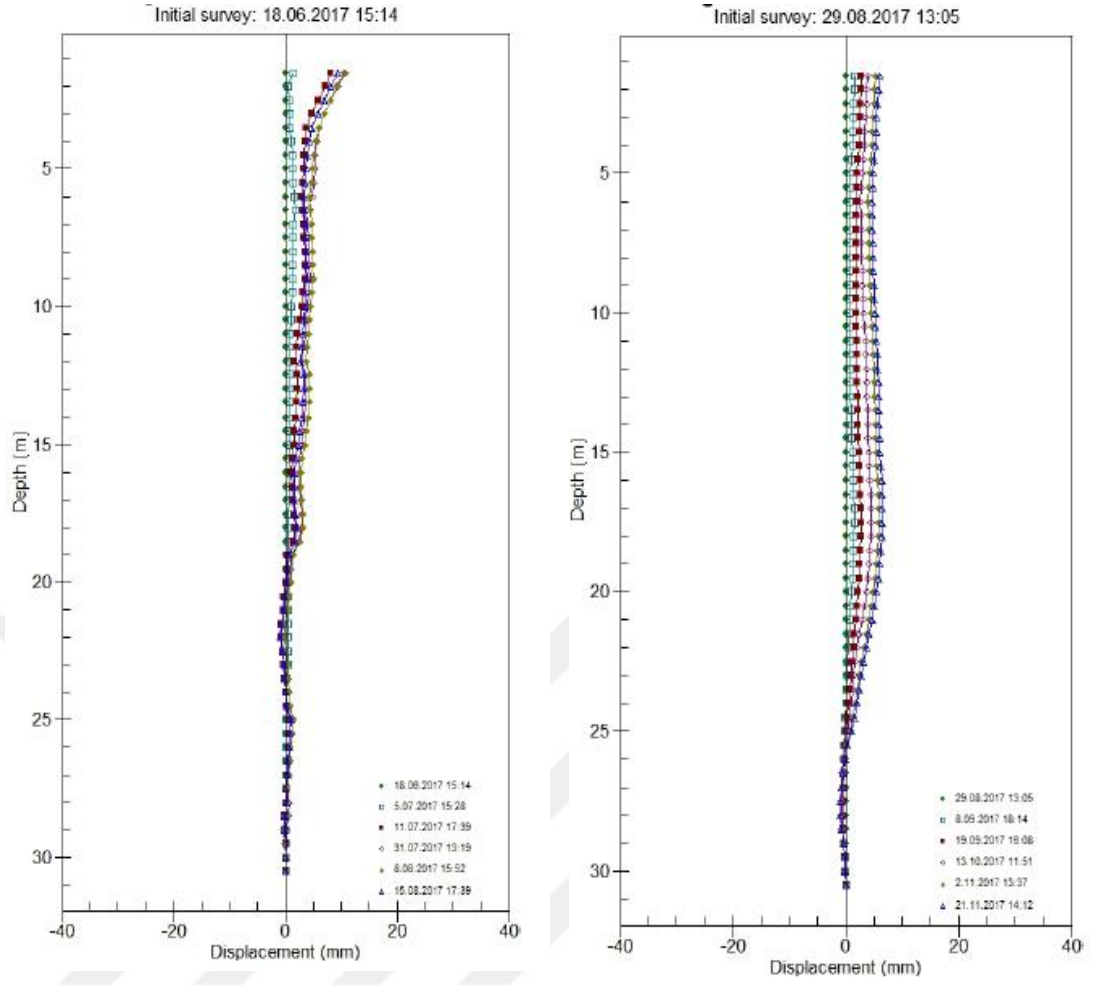
Şekil 7.28. Yatay deplasman inklinometre ve sayısal analiz sonuçları (4-4 kesiti)



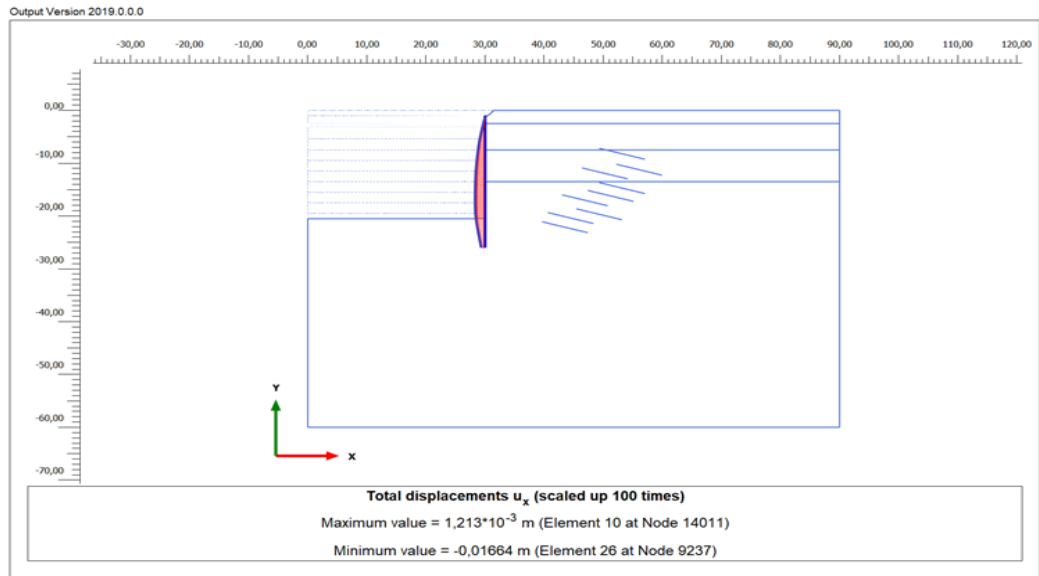
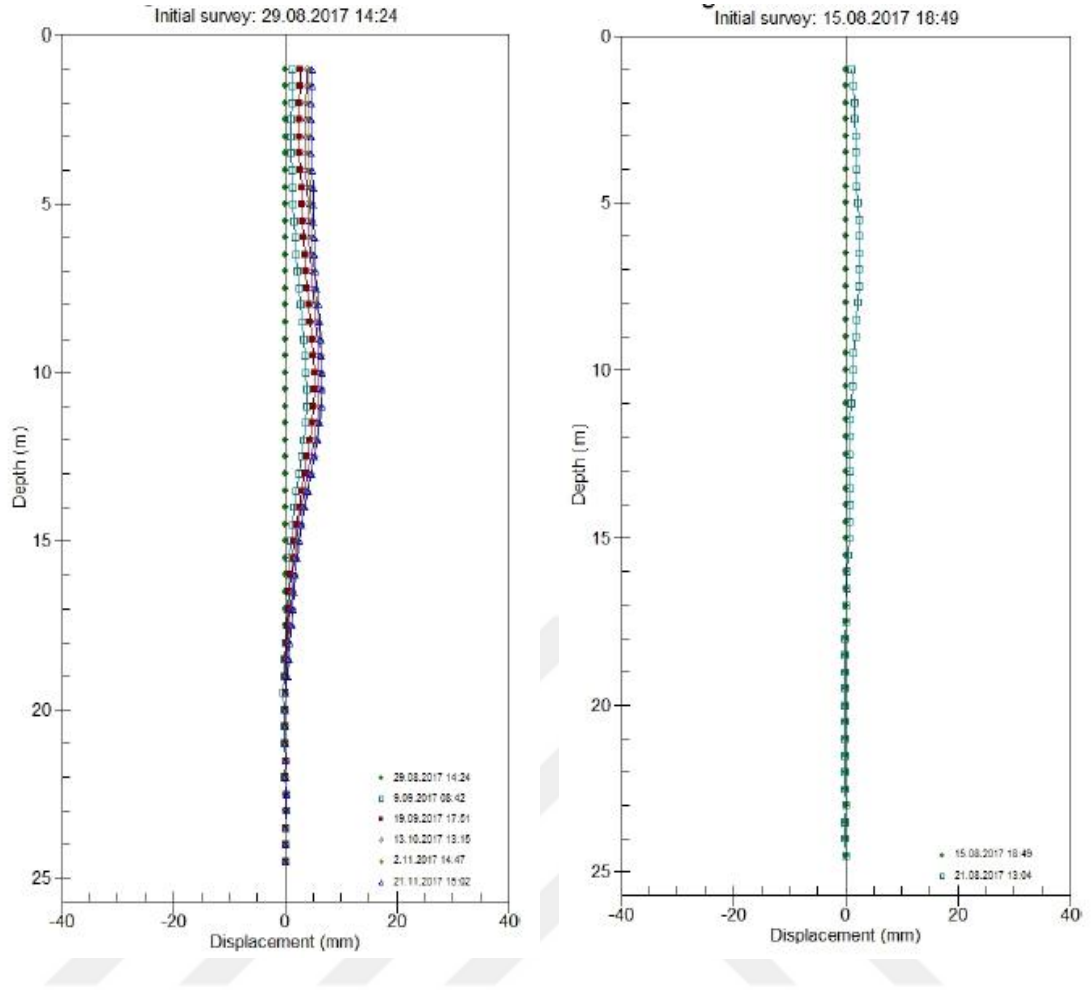
Şekil 7.29. Yatay deplasman inklinometre ve sayısal analiz sonuçları (7-7 kesiti)



Şekil 7.30. Yatay deplasman inklinometre ve sayısal analiz sonuçları (8-8 kesiti)



Şekil 7.31. Yatay deplasman inklinometre ve sayısal analiz sonuçları (10-10 kesiti)

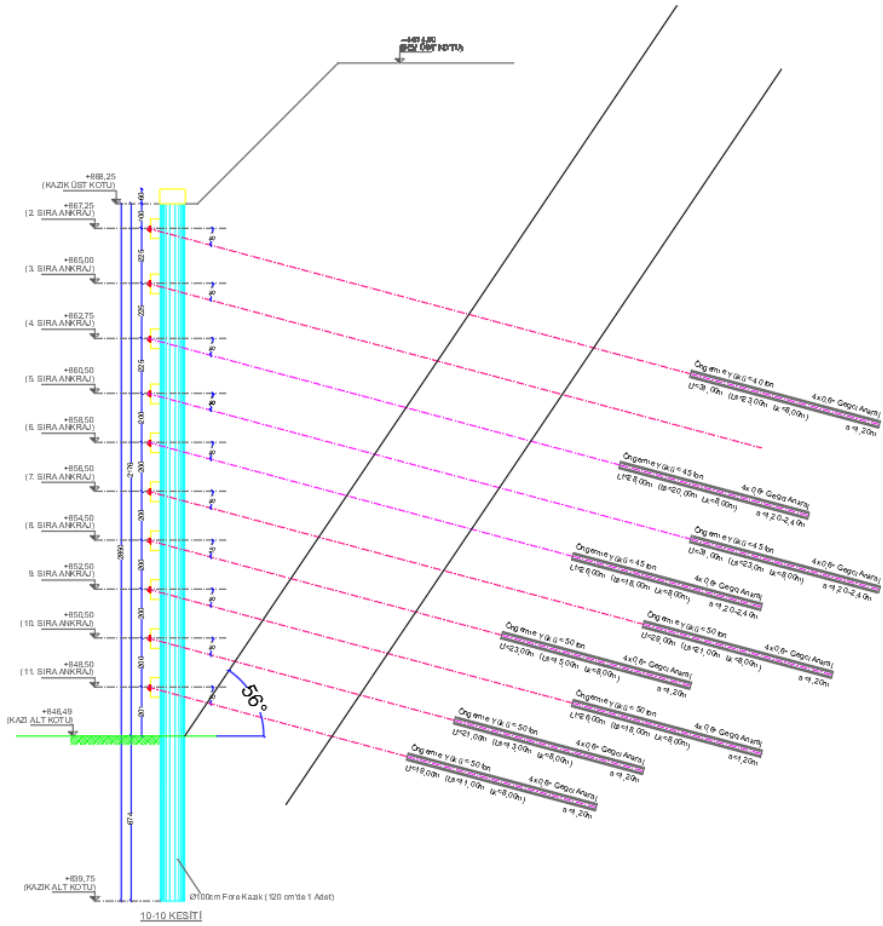


Şekil 7.32. Yatay deplasman inklinometre ve sayısal analiz sonuçları (11-11 kesiti)

Yapılan değerlendirmeler sonucunda inklinometre okumaları sayısal analiz sonucunda elde edilen deplasmanlardan daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Sayısal analiz deplasmanları ise müsaade edilen kazı yüksekliğinin %0.5'i olan maksimum sınır değerin altında kalmaktadır. Dolayısıyla sistem deplasman açısından güvenli olmaktadır.

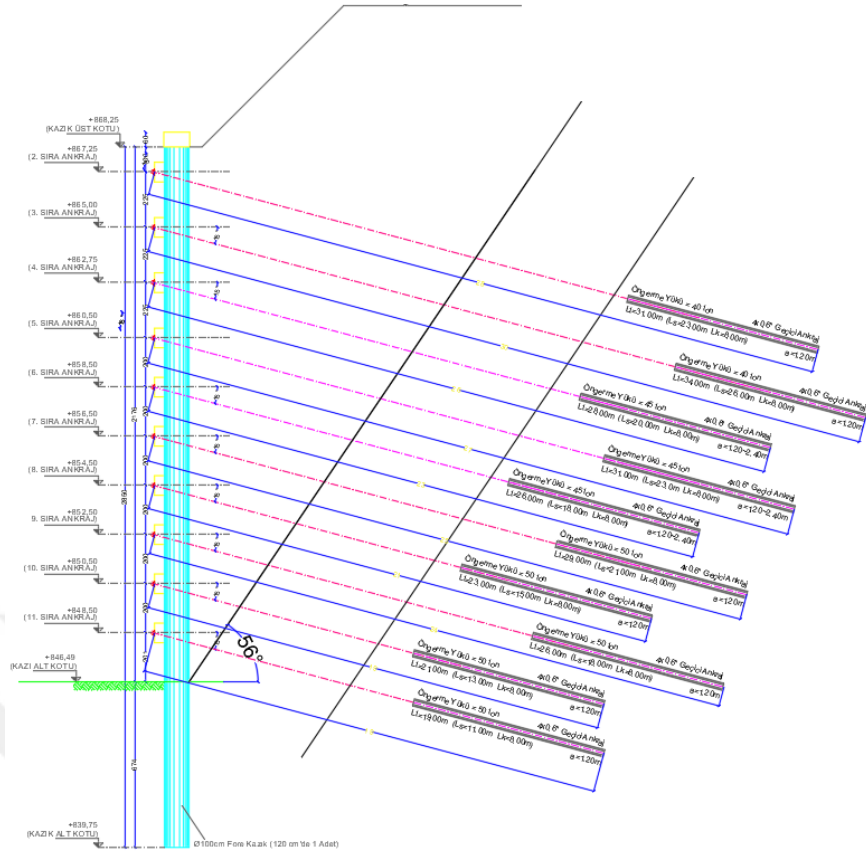
7.7. Ankraj Serbest Boyunun İksa Sisteminde Yatay Deplasmana Etkisi

Bir bütün olarak çalışan iksa sisteminde düşey destek elemanları kazıklardan oluşurken yatay destek elemanları ise ankrajlardan oluşmaktadır. Ankrajlar, yatay toprak basınçlarının kazıklar üzerinde oluşturduğu basıncı ankraj serbest bölgesiyle kayma dairesinin dışına aktararak ankraj kökleri aracılığıyla yine zeminin kendisine taşıttıran yatay destek elemanlarıdır. Kök bölgesinin etkileşim içerisinde olduğu zeminin kayma mukavemeti ne kadar büyük ise ankrajların yük taşıma kapasitesi o kadar artar. Tez çalışmasının bu bölümünde ankraj köklerinin açılan kazı çukurunun kayma dairesi dışında kalması koşulu ile ankraj serbest boyunun iksa sistemi yatay deplasmanı üzerindeki etkileri incelenmiştir. İnceleme en kritik kesit olan 10-10 kesiti üzerinde yapılmıştır. Ankraj serbest boylarının minimum uzunlukları $45 + \phi/2$ ilkesi dikkate alınarak ve bu ilkeye göre kayma kaması belirlendikten sonra kayma kamasına güvenli uzunluk (kazı derinliğinin %20'si veya 3.0m hangisi büyükse) da ilave edilerek elde edilmiştir. Bu çalışmada ankraj kök boyları sabit tutulmuştur. 10-10 kesitinin ankraj boyları Şekil 7.33'de gösterilmektedir.



Şekil 7.33 10-10 Kesiti ankraj uzunlukları

Ankraj serbest boyunun etkisi, ilk tasarım olan Kesit 10-10 ile ankraj serbest boyları ortalama %10 azaltılarak analiz edilen yine aynı kesit üzerindeki deplasmanları karşılaştırılarak sonuçlar yorumlanmıştır. Ankraj serbest boylarının %10 azaltıldığı inceleme kesiti Şekil 7.34’de sunulmaktadır.



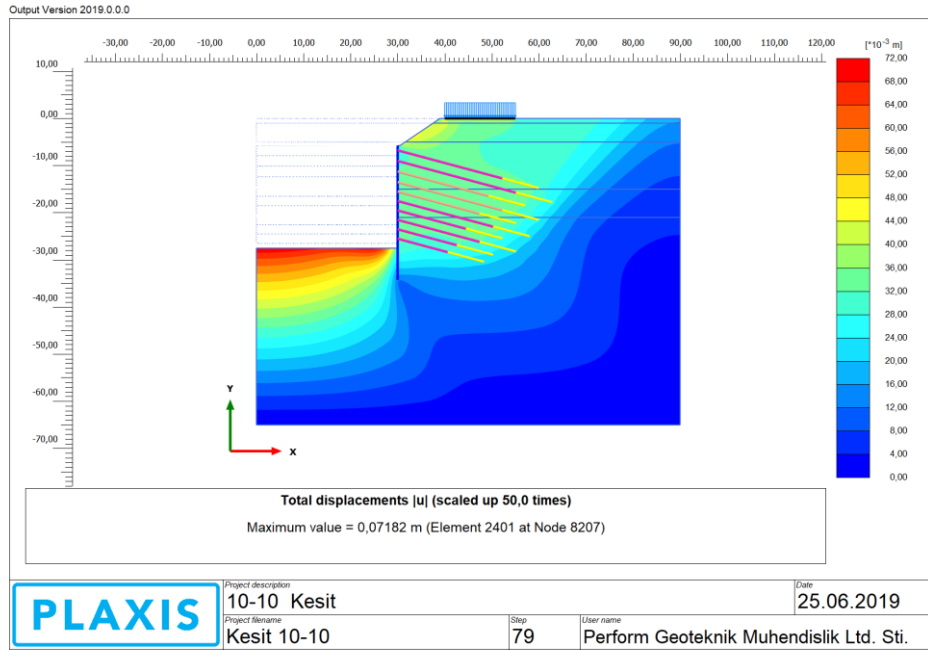
Şekil 7.34 %10 azaltılmış ankraj serbest bölge kesiti

Deplasman yönünden iksa sistemine etkisi incelenen ankraj boy bilgileri Çizelge 7.13'de gösterilmektedir.

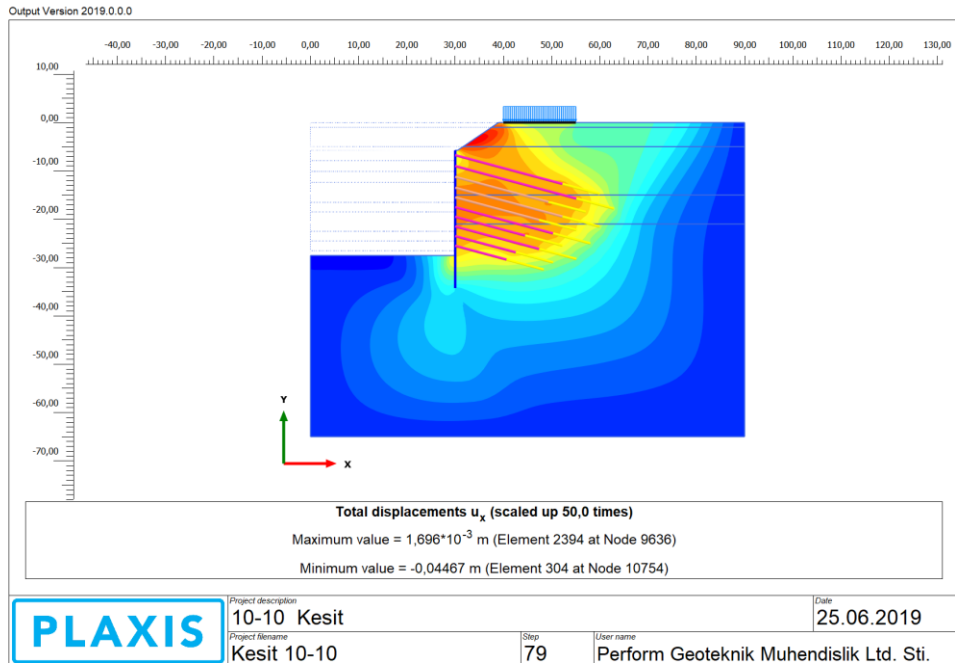
Çizelge 7.13. Ankraj Boy Bilgileri

Ankraj Sırası	Kesit 10-10 Ankraj Boyları		Ankraj Serbest Boyları %10 Azaltılmış Kesit Ankraj Boyları	
	Toplam ankraj boyu	Kök boyu	Toplam ankraj boyu	Kök boyu
1. Sıra	31	8	28	8
2. Sıra	34	8	30	8
3. Sıra	28	8	26	8
4. Sıra	31	8	27	8
5. Sıra	26	8	23	8
6. Sıra	29	8	25	8
7. Sıra	23	8	21	8
8. Sıra	26	8	24	8
9. Sıra	21	8	19	8
10. Sıra	19	8	19	8

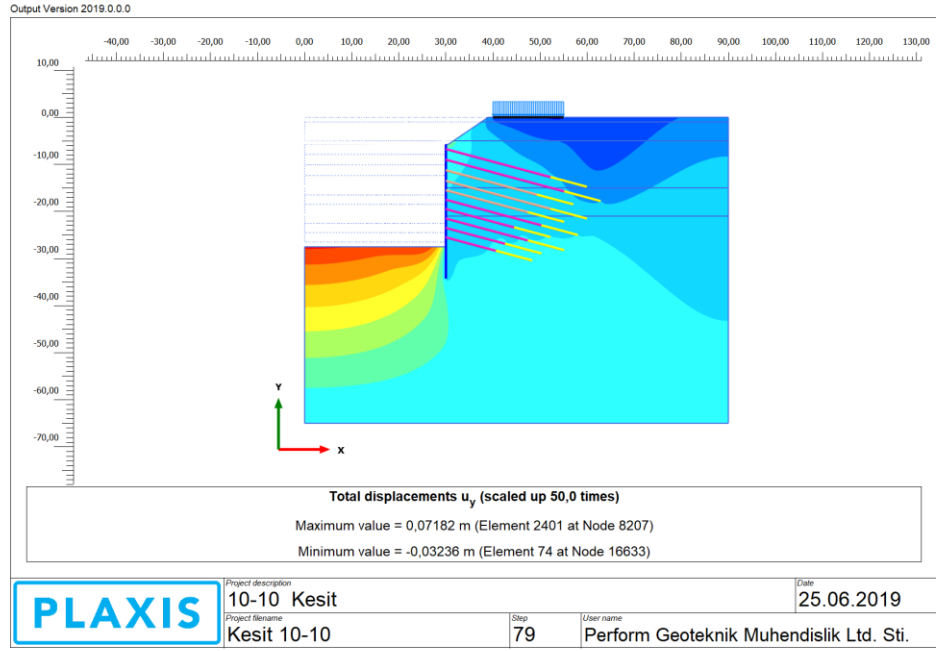
Çizelge 7.13’de verilen kesit 10-10 ankraj boylarına göre yapılan sayısal analiz sonuçları Şekil 7.35-7.38’de sunulmaktadır.



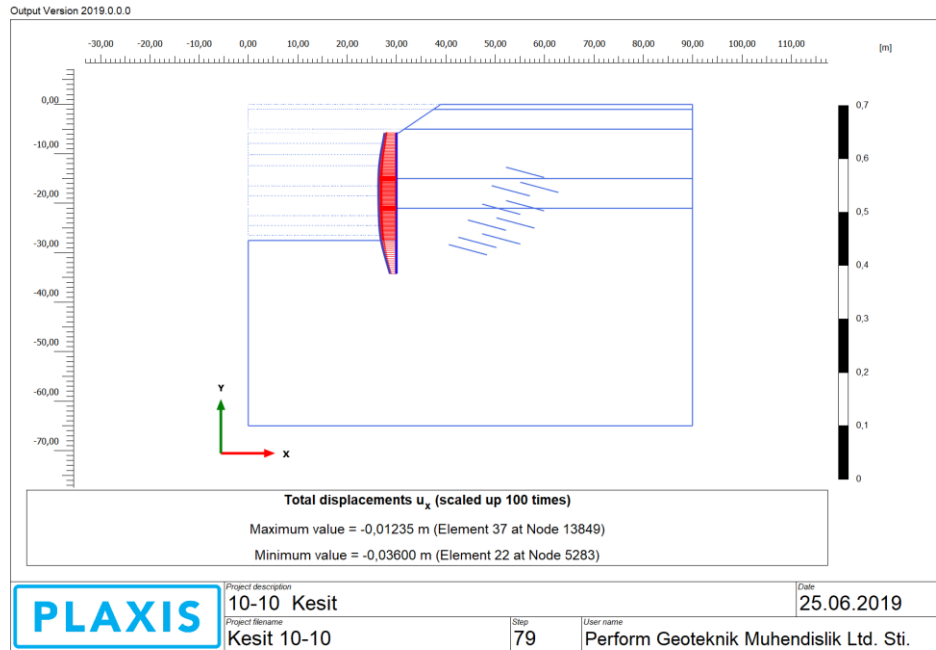
Şekil 7.35 Kesit 10-10 toplam deplasman



Şekil 7.36 Kesit 10-10 yatay deplasman

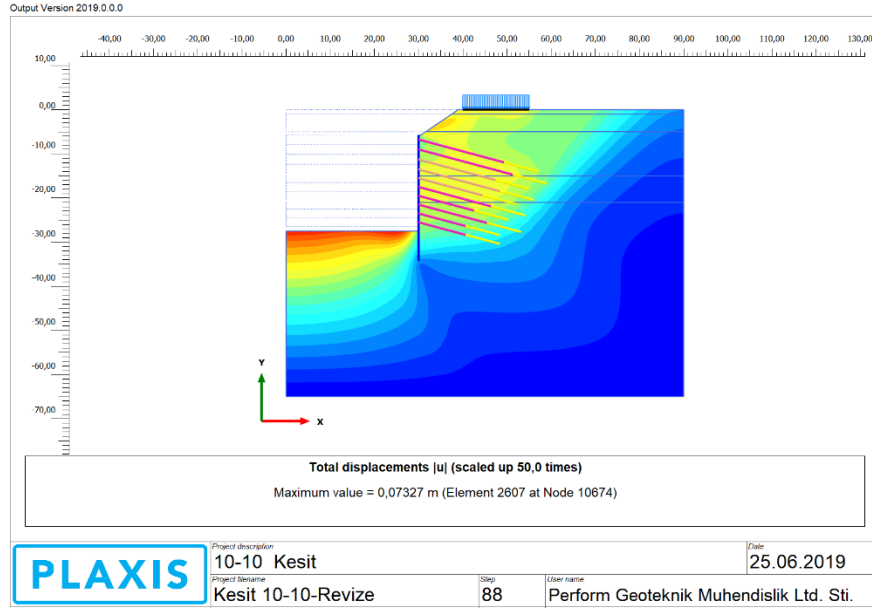


Şekil 7.37 Kesit 10-10 düşey deplasman

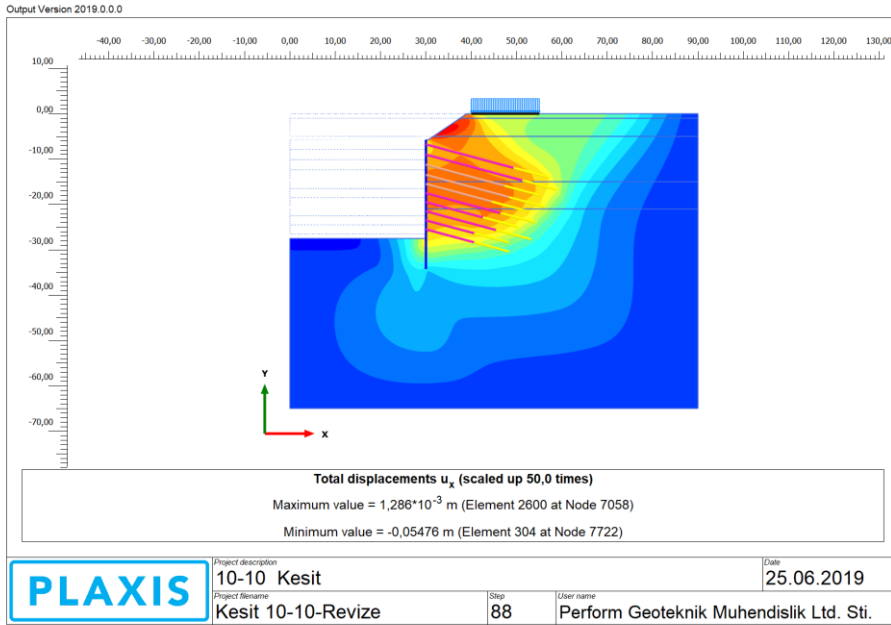


Şekil 7.38 Kesit 10-10 kazık yatay deplasman

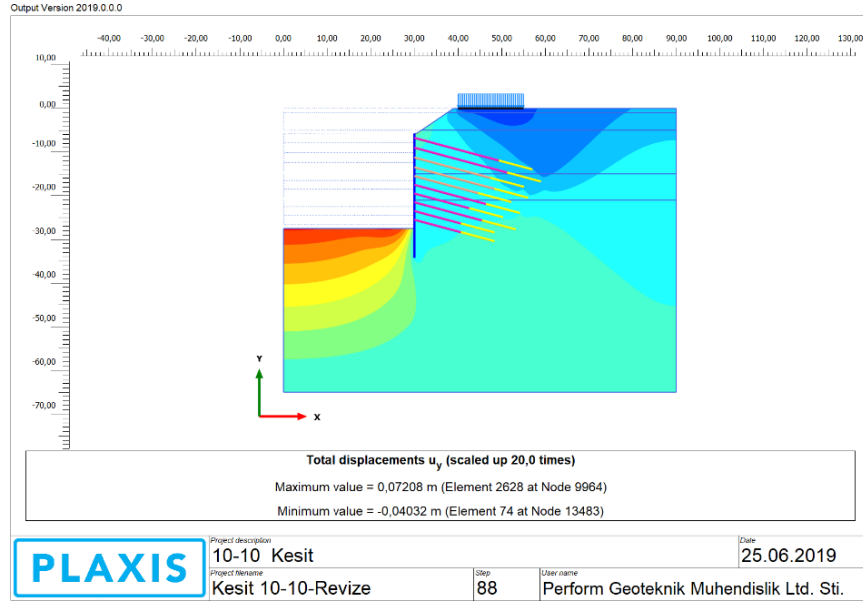
Çizelge 7.13’de verilen 10-10 kesitinin %10 azaltılmış ankraj boylarına göre yapılan sayısal analiz sonuçları Şekil 7.39-7.42’de sunulmaktadır.



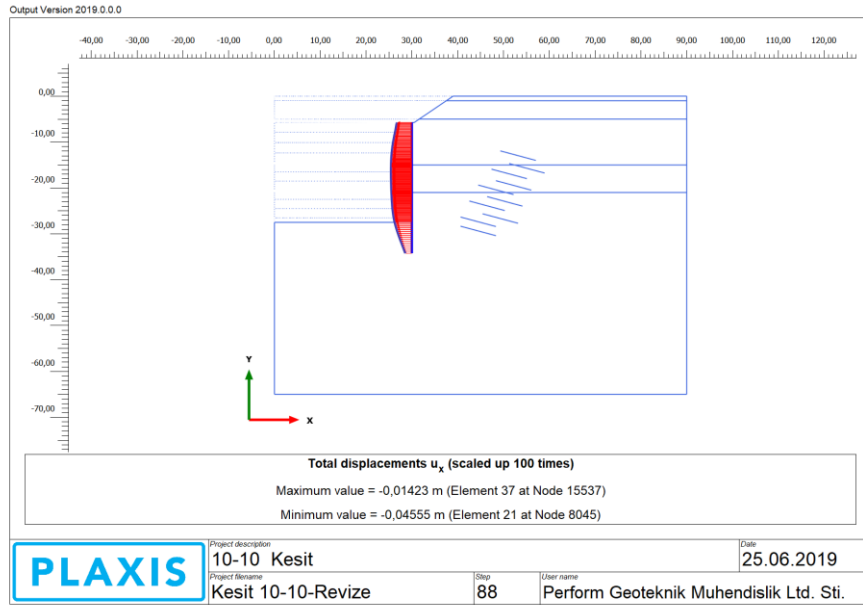
Şekil 7.39 %10 azaltılmış kesit 10-10 toplam deplasman



Şekil 7.40 %10 azaltılmış kesit 10-10 yatay deplasman



Şekil 7.41 % 10 azaltılmış kesit 10-10 düşey deplasman



Şekil 7.42 % 10 azaltılmış kesit 10-10 kazık yatay deplasman

Sayısal analiz sonuçları karşılaştırılarak elde edilen sonuçlar Çizelge 7.14'de toplu halde sunulmaktadır.

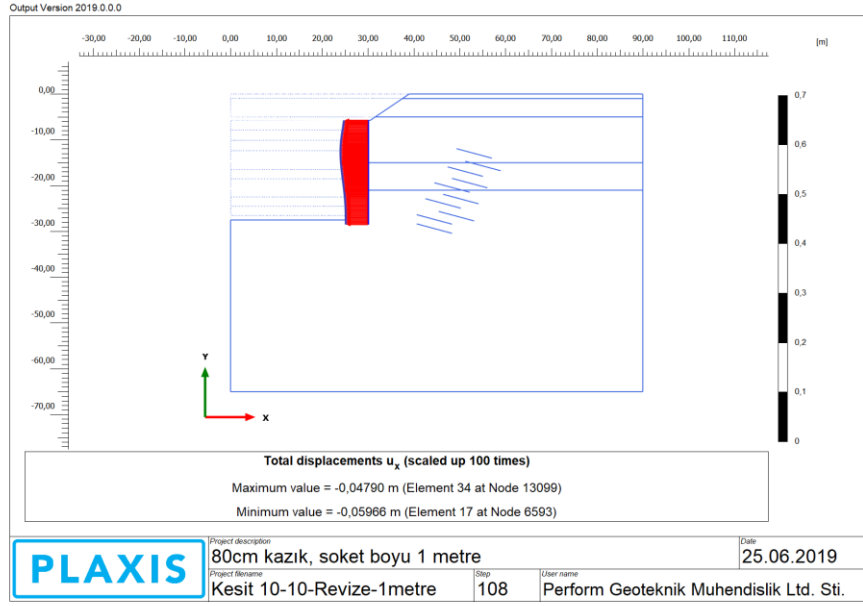
Çizelge 7.14. Sayısal Analiz Sonuçları Deplasman Değerleri

Kontrol	Kesit 10-10	%10 Azaltılmış Kesit
Kazık yatay deplasman değeri (cm)	3.6	4.55
Toplam yatay deplasman (cm)	4.467	5.476
Toplam Düşey Deplasman (cm)	7.182	7.208
Toplam Deplasman (cm)	7.182	7.327
Müsaade edilen aralığı (cm) (kazı derinliğinin % 0.25 ile % 0.5'i)	6.88-13.75	6.88-13.75

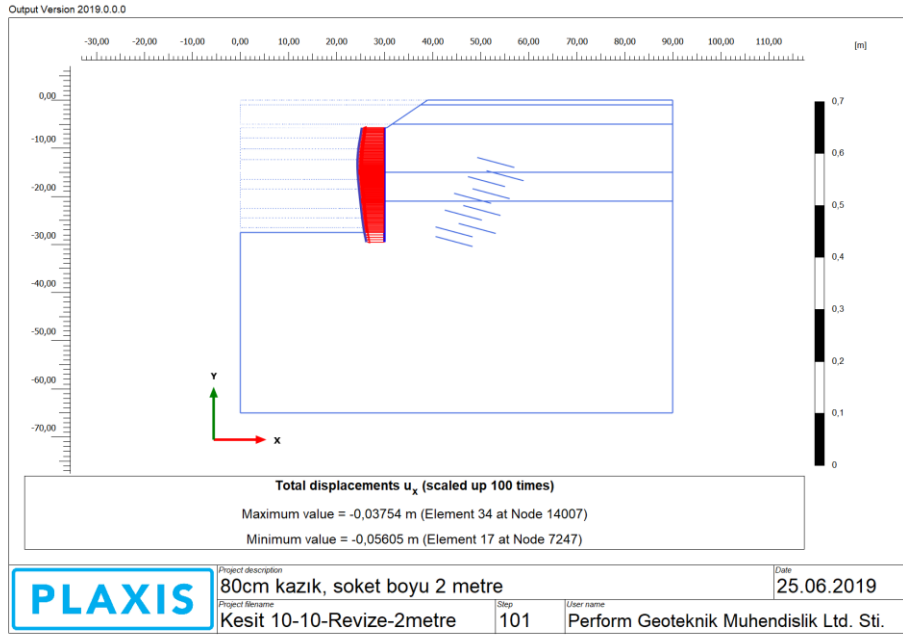
Yapılan değerlendirme sonucunda her iki kesitte de meydana gelen deplasmanların müsaade edilen limitler içerisinde kaldığı, ancak ankraj serbest boyları %10 oranında azaltılan kesitte deplasmanların daha fazla olduğu belirlenmiştir. Güvenlik ve ekonomi kriterleri birlikte düşünüldüğünde ankraj serbest boylarının, ankraj kök bölgesinin kayma dairesinin dışında kalması koşulu ile kısaltılabileceği sonucu çıkarılmıştır.

7.8. Kazık Soket Boyunun İksa Sisteminde Yatay Deplasmana Etkisi

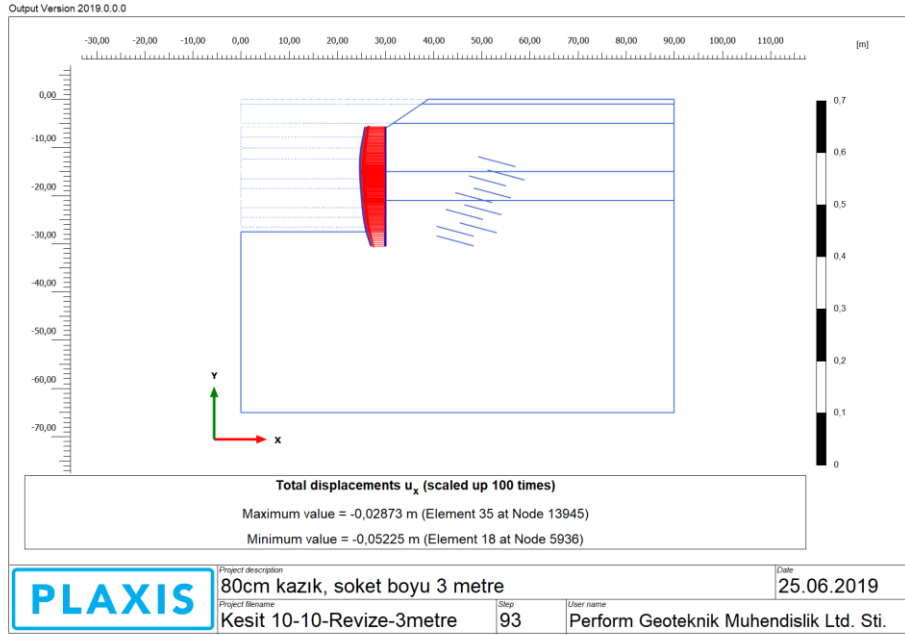
Ankraj serbest boyunun iksa sistemine olan etkilerinin yanında kazık soket boyunun da iksa sisteminde deplasmanlara ne tür bir etki edeceği araştırılmıştır. Araştırmada bir önceki bölümde ankraj serbest boylarının %10 azaltıldığı kesit kullanılmıştır. Aynı zamanda iki farklı kazık çapı kullanılarak araştırmanın kapsamı genişletilmiştir. Analizlerde kullanılacak kazık çapı 100cm ve 80cm fore kazık olarak belirlenmiştir. Soket boyu da 1 metre ile 7 metre arasında değişken seçilerek analizler gerçekleştirilmiştir. 80 cm çapında fore kazığın farklı soket boylarındaki yatay deplasman değerleri Şekil 7.43-7.49'da, 100cm çapında fore kazığın farklı soket boylarındaki yatay deplasman değerleri Şekil 7.50-7.56'da sunulmaktadır.



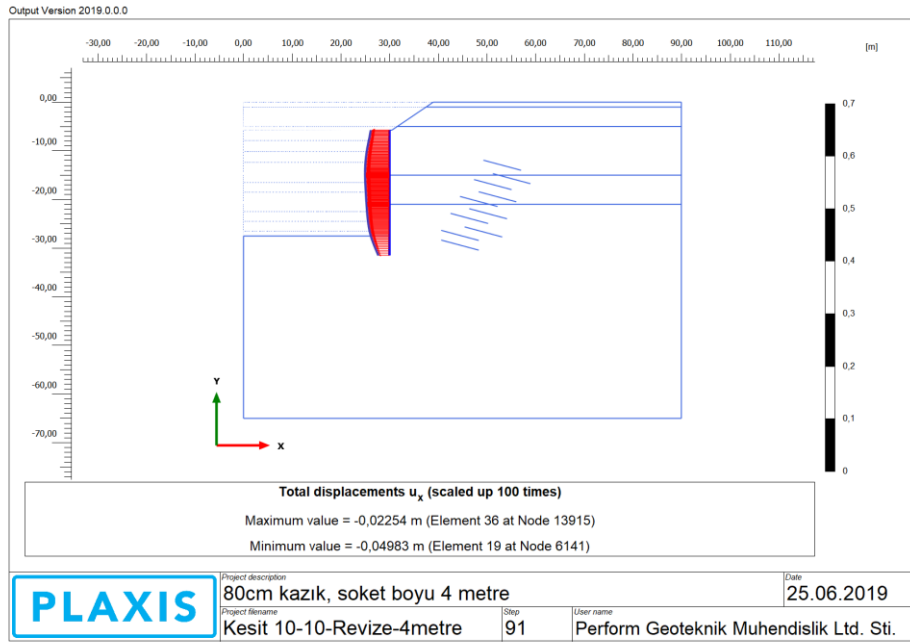
Şekil 7.43 80cm çapında 1.0m soketli kazık yatay deplasmanı



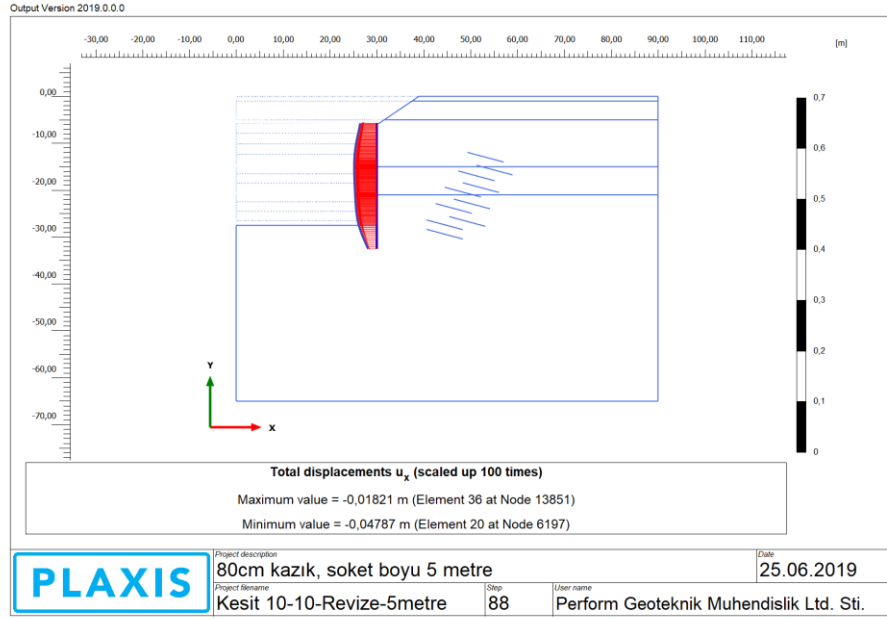
Şekil 7.44 80cm çapında 2.0m soketli kazık yatay deplasmanı



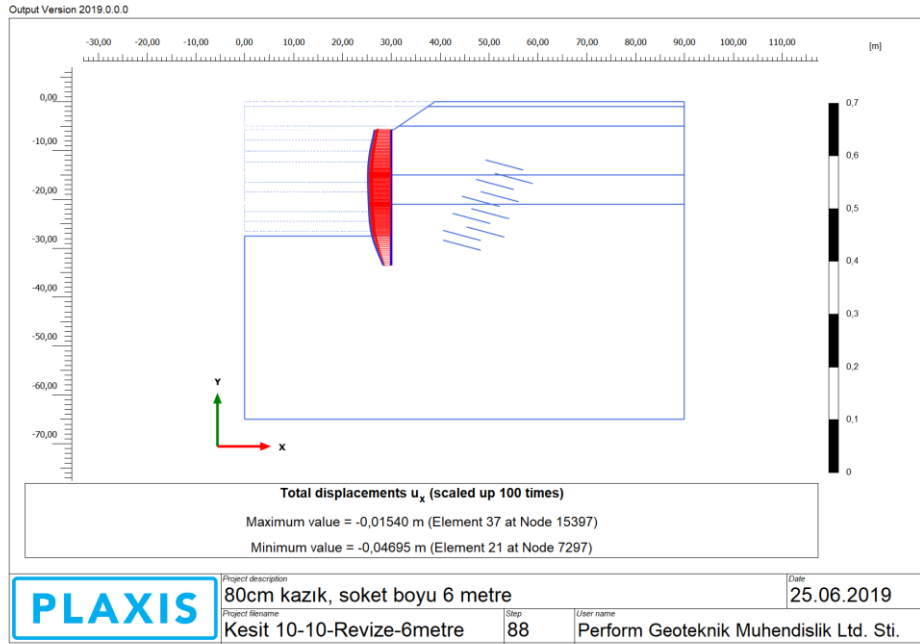
Şekil 7.45 80cm çapında 3.0m soketli kazık yatay deplasmanı



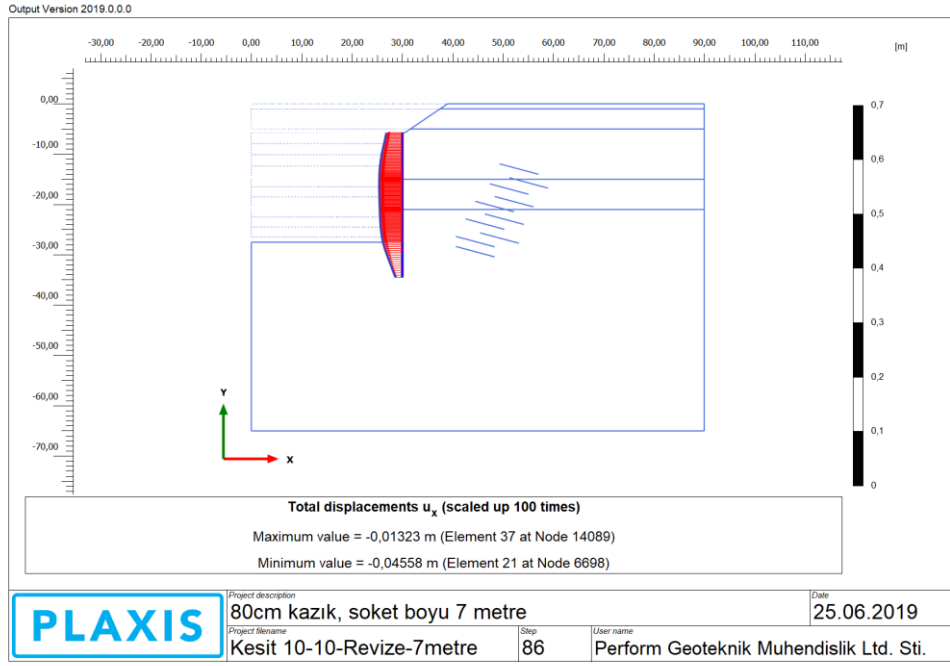
Şekil 7.46 80cm çapında 4.0m soketli kazık yatay deplasmanı



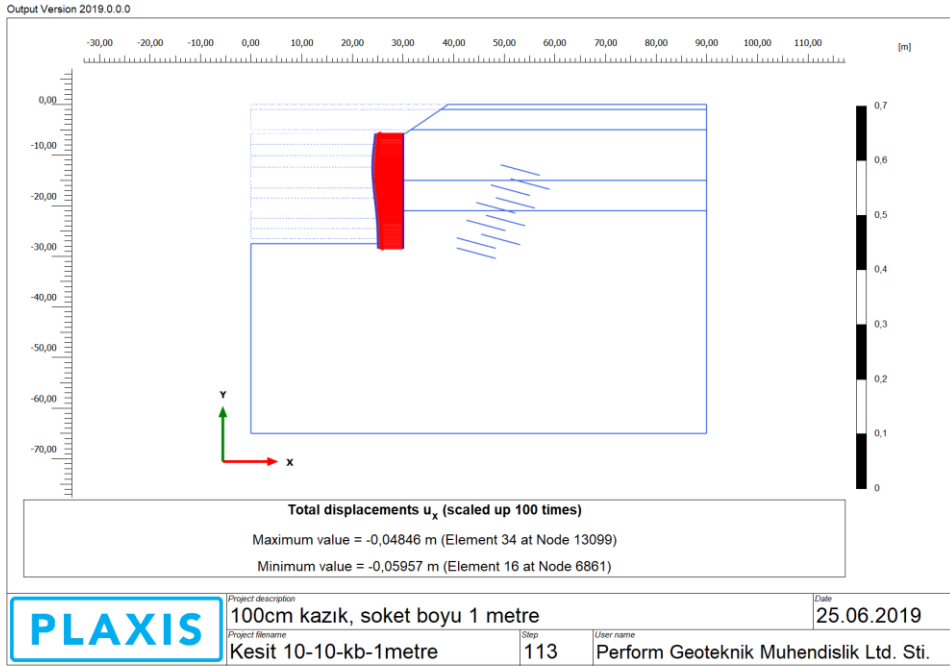
Şekil 7.47 80cm çapında 5.0m soketli kazık yatay deplasmanı



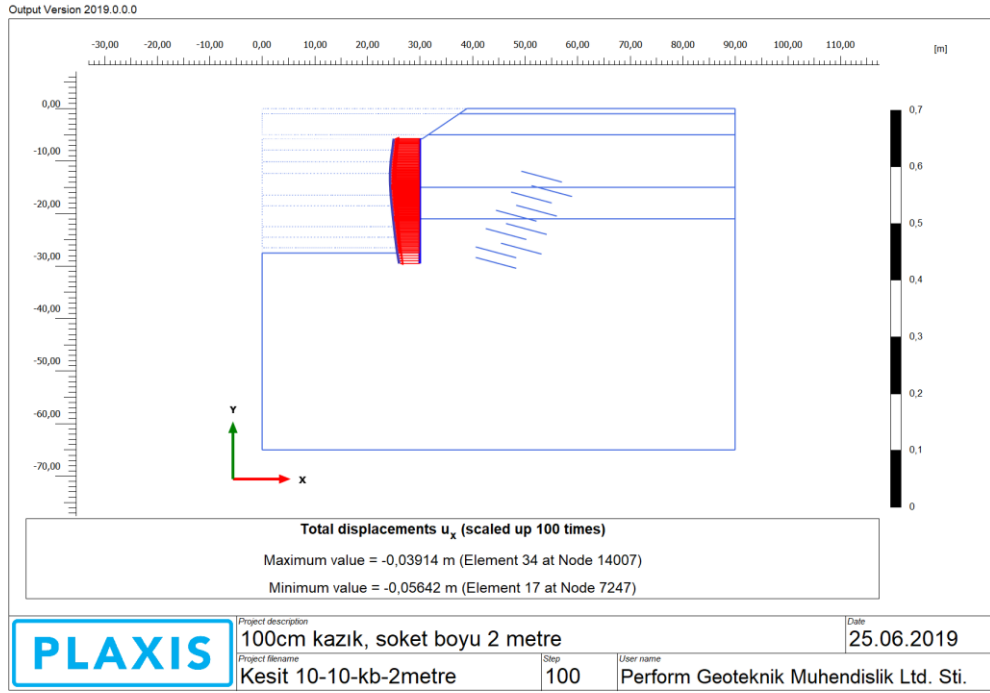
Şekil 7.48 80cm çapında 6.0 m soketli kazık yatay deplasmanı



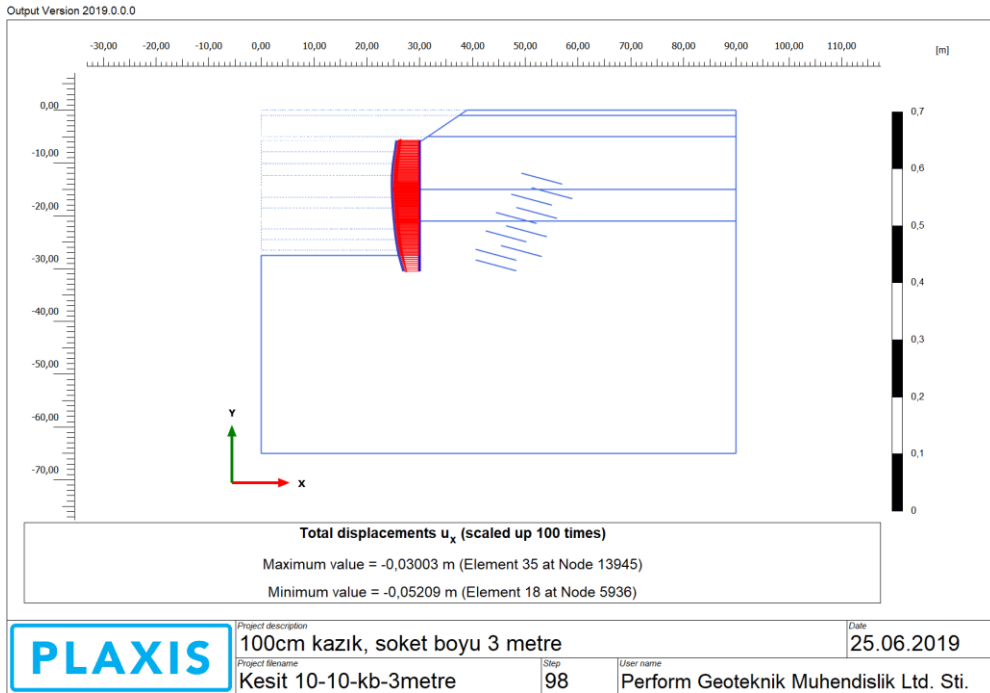
Şekil 7.49 80cm çapında 7.0m soketli kazık yatay deplasmanı



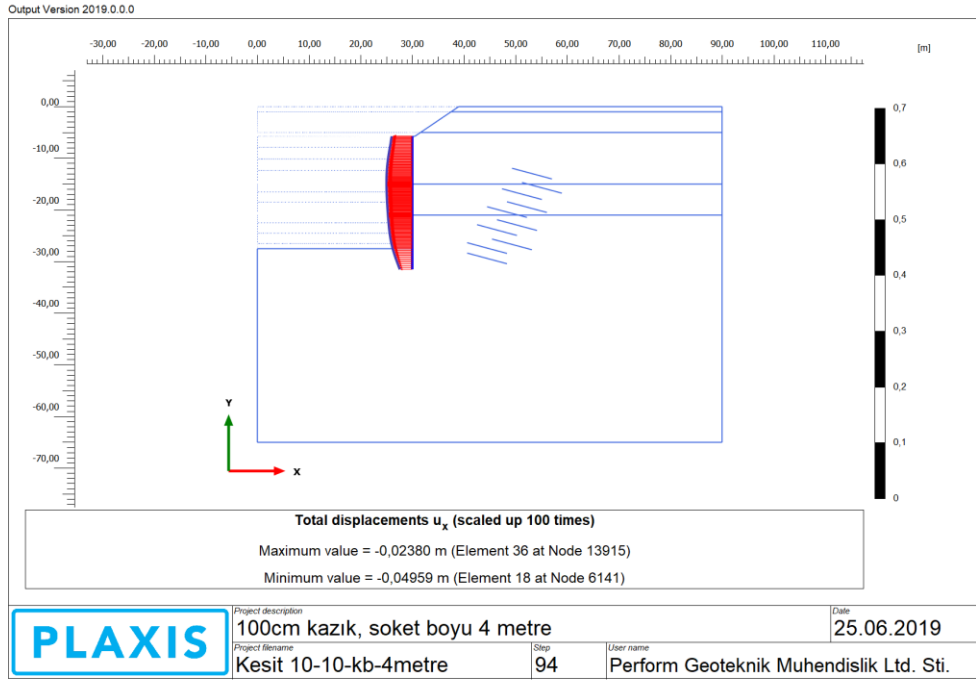
Şekil 7.50 100cm çapında 1.0m soketli kazık yatay deplasmanı



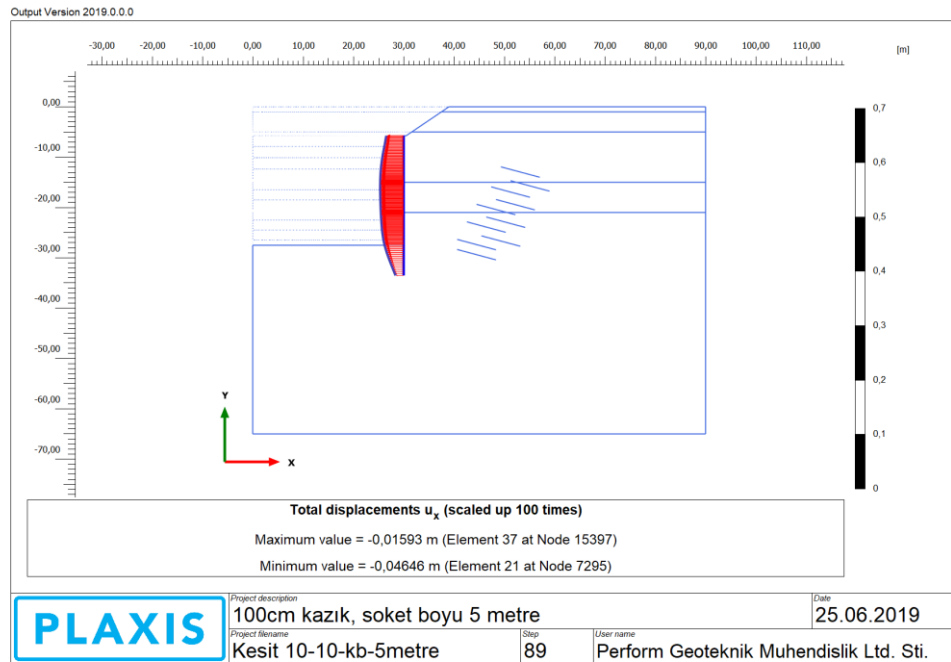
Şekil 7.51 100 cm çapında 2 m soketli kazık yatay deplasman



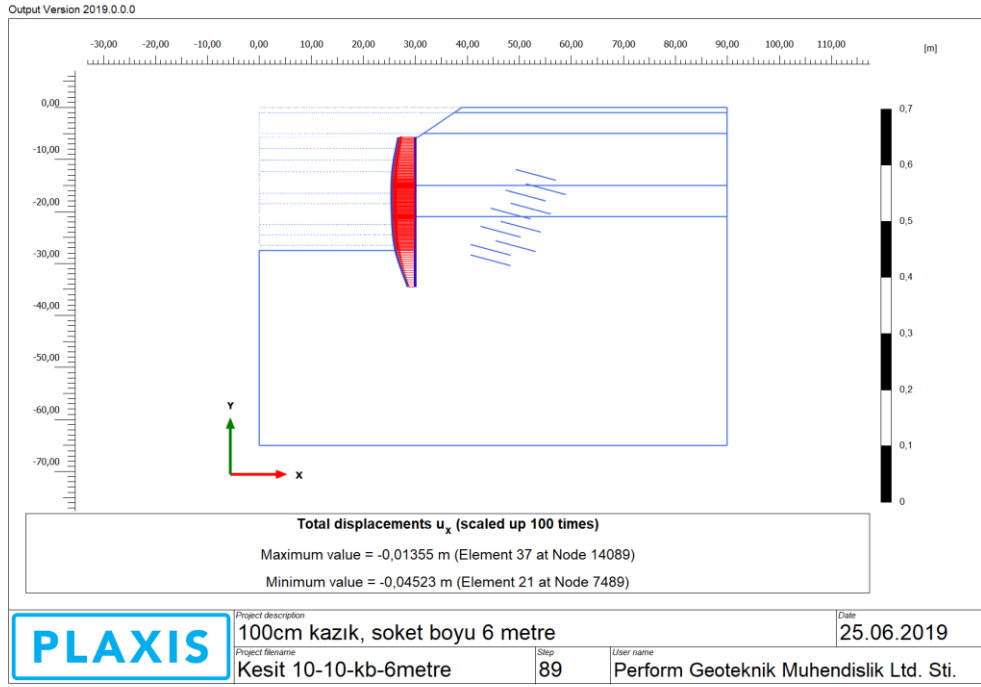
Şekil 7.52 100cm çapında 3.0m soketli kazık yatay deplasmanı



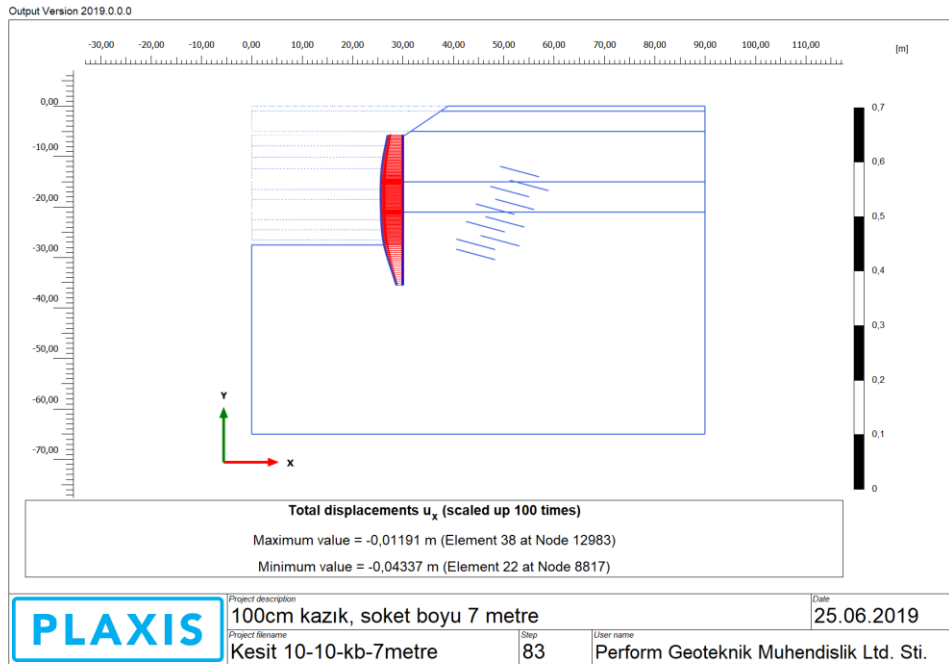
Şekil 7.53 100cm çapında 4.0m soketli kazık yatay deplasmanı



Şekil 7.54 100cm çapında 5.0m soketli kazık yatay deplasmanı



Şekil 7.55 100cm çapında 6.0m soketli kazık yatay deplasmanı

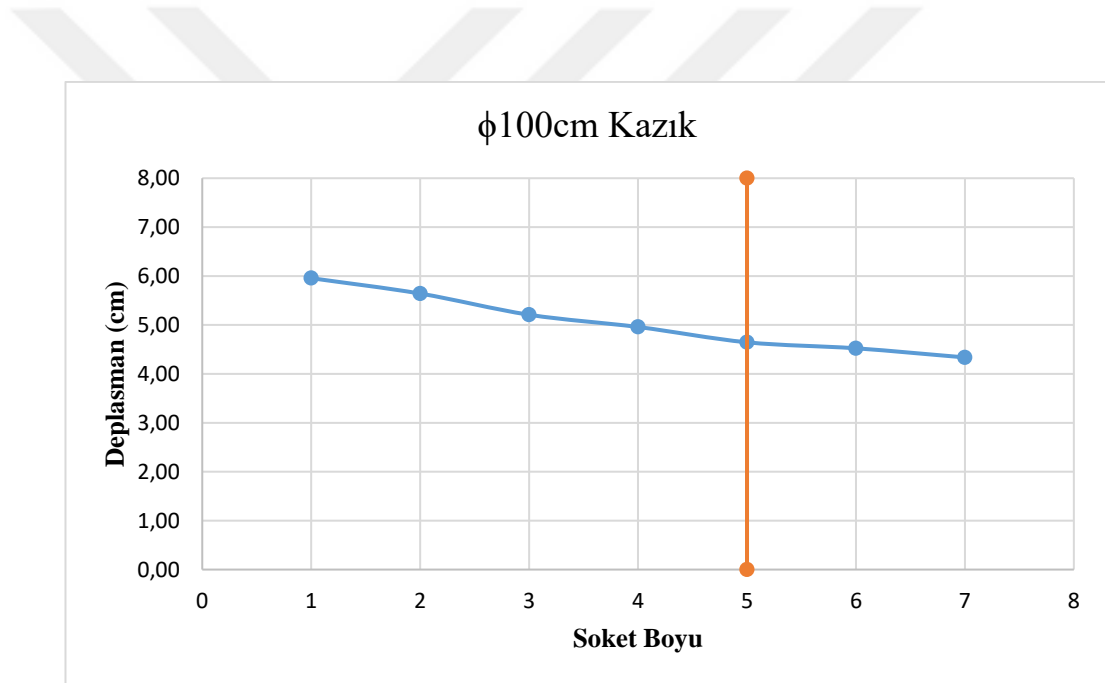


Şekil 7.56 100cm çapında 7.0m soketli kazık yatay deplasmanı

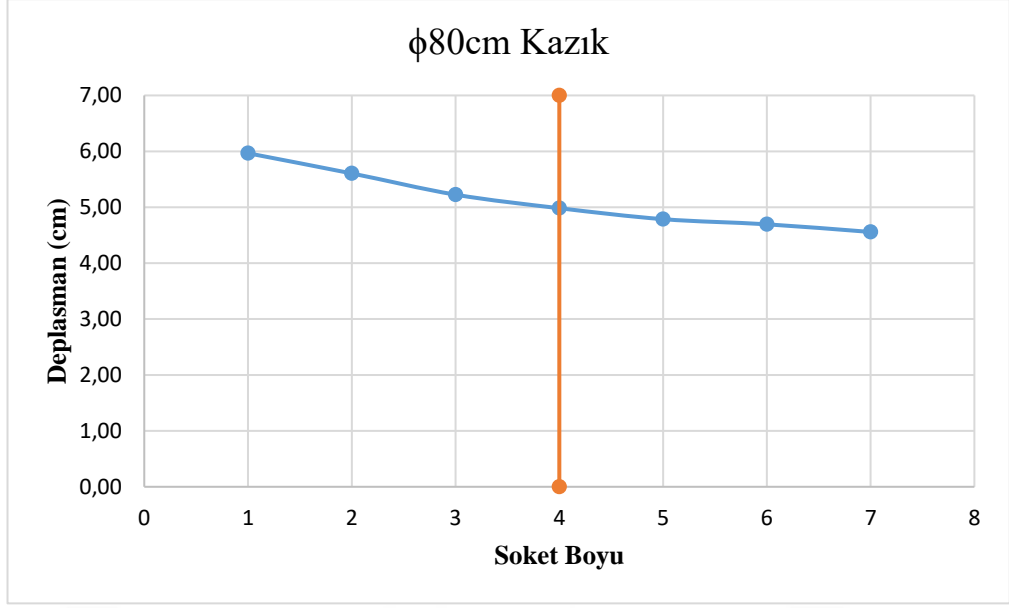
Farklı çaptaki kazıkların farklı soket boylarında iksa sistemi yatay deplasmanını nasıl etkilediği incelenerek analiz edilmiştir. Analiz sonuçları toplu halde Çizelge 7.15’de grafik olarak da Şekil 7.57 ve 7.58’de sunulmaktadır.

Çizelge 7.15. Farklı Soket Boyundaki Kazık Deplasmanları

Soket boyu (m)	100cm Çaplı Fore kazık (merkezden merkeze 120cm)	80cm Çaplı Fore kazık (merkezden merkeze 120cm)
	Kazık Yatay Deplasmanı	Kazık Yatay Deplasmanı
1	5.957	5.966
2	5.642	5.605
3	5.209	5.225
4	4.959	4.983
5	4.646	4.787
6	4.523	4.695
7	4.337	4.558



Şekil 7.57 100cm kazık soket boyu-deplasman ilişkisi



Şekil 7.58 80cm kazık soket boyu-deplasman ilişkisi

Kazık soket boyu ve deplasman arasındaki ilişki incelendiğinde kazık soket boyu arttıkça kazık deplasmanının azaldığı sonucuna varılmıştır. Dikkat çeken diğer bir sonuç da ankrajlar ile desteklenmiş kazıklarda kazık çapının beş katından (5D) fazla soketlenen kazıklı iksa sisteminde ciddi bir deplasman olmadığıdır.

8.SONUÇLAR

Bu çalışmada, derin bir temel kazısı için yapılan öngermeli zemin ankraji ile desteklenen fore kazıklı iksa projesi sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Tez dahilinde Beştepe Kuleleri Ofis-Ticaret İnşaatı iksa uygulama projesi incelenmiştir. Proje kapsamında yapılacak olan inşaata ait 15.20m ile 27.51m arasında değişiklik gösteren temel kazısı için geoteknik araştırmalar yapılmıştır. Yapılan geoteknik araştırmalar sonucu zemin etüt raporu, arazinin genel durumu ve geoteknik parametreler birlikte değerlendirildiğinde derin kazı çalışmasının düşeyde 100cm ve 80cm çapında fore kazıklar ile yatayda ise ankrajlar (yüksek mukavemetli düşük gevşemeli 0.6inç çapında 7 telli sarmal halatlar) ile sağlanması kararlaştırılmıştır. Ayrıca belirli kazıklar içerisine tam boy inklinometreler yerleştirilerek iksa sisteminde meydana gelen deplasmanlar gözlemlenmiştir.

Çalışma kapsamında kritik kesitler belirlenerek Plaxis 2D programı ile derin kazı analizleri yapılarak sonuçlar inklinometre okumaları ile karşılaştırılmıştır. Kritik kesit olarak 10-10 kesiti seçilerek maksimum yükseklik olarak bu kesit dikkate alınmıştır. Fore kazık boyu 14m, çapı 80cm, kazık aralığı 100cm olarak belirlenmiş olup 1-1, 4-4, 7-7, 8-8, 10-10, 11-11 kesitleri seçilerek hesaplamalar yapılmıştır. Kesitlerde ankraj düşey aralığı 2.0m iken, yatay aralıkları 1.2m ile 2.4m arasında değişen değerler kullanılmıştır. Ayrıca ankraj hesaplarında 8.0m kök boyu olan 3 ve 4 adet 0.6inç çaplı ASTM A 416 şartlarına uygun halatlar kullanılmıştır. Ankraj eğimleri yatayla 15° ve 25° olarak belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda inklinometre okumaları sayısal analiz sonucunda elde edilen deplasmanlardan daha düşük olduğu anlaşılmıştır. Sayısal analiz deplasmanları ise müsaade edilen kazı yüksekliğinin %0.5'i olan maksimum sınır değerinin altında kalarak, sistemin deplasman açısından güvenli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ayrıca çalışma kapsamında ankraj serbest boyu ve fore kazık soket boyundaki değişimin iksa sistemine etkileri yatay deplasman açısından incelenmiştir. Ankraj serbest boyunun etkisi, kesit 10-10 ile ankraj serbest boyları ortalama %10 azaltılarak

analiz edilen yine aynı kesit üzerindeki deplasmanları karşılaştırılmış, yapılan değerlendirme sonucunda her iki kesitte de meydana gelen deplasmanların müsaade edilen limitler içerisinde kaldığı, ancak ankraj serbest boyları %10 oranında azaltılan kesitte deplasmanların daha fazla olduğu belirlenmiştir. Güvenlik ve ekonomi kriterleri birlikte düşünüldüğünde ankraj serbest boylarının, ankraj kök bölgesinin kayma dairesinin dışında kalması koşulu ile kısaltılabileceği sonucu çıkarılmıştır. Fore kazık soket boyunun da iksa sisteminde etkileri ankraj serbest boylarının %10 azaltıldığı kesit kullanılarak analiz edilmiştir. Analizlerde kullanılacak fore kazık çapı 100cm ve 80cm olarak belirlenmiştir. Soket boyu da 1 metre ile 7 metre arasında değişken seçilerek analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarında kazık soket boyu ve deplasman arasındaki ilişki incelendiğinde kazık soket boyu arttıkça kazık deplasmanının azaldığı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- AKBAŞ, M., “Derin Kazıların Numerik Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 182, 2010.
- ARSLAN, B., ÖZTOPRAK, S., “Derin Kazılarda Çok Sıra Ankrajlı İksa Sistemleri ile Ankastre Fore Kazık İksa Sistemlerinin Tasarımı ve Maliyet Karşılaştırması”, II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, 429-440, İstanbul-Türkiye, 17-19 Kasım 2005.
- BAŞESKİ, O., “Derin Kazılarda İksa Sistemi Üzerine Bir İnceleme”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 114, 2008.
- BERİLGİN, M.M., “ Ankrajlı Perdelerde Zemin Yapı Etkileşiminin İncelenmesi”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 215, 1996.
- BERİLGİN, M., TUNCA, M., “Derin Kazılardan Kaynaklanan Zemin Oturmalarının Sayısal Analizlerle İncelenmesi”, 4. Geoteknik Sempozyumu, 419-428, Çukurova Üniversitesi, Adana-Türkiye, 1-2 Aralık 2011.
- BOL, E., “Fore Kazıklı-Ankrajlı İksa Sistemlerinin Killi Zeminlerde Uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 168, 1996.
- CANSIZ, B.M., “İksa Sistemlerinde Köşe Etkisinin İki Boyutlu Sonlu Eleman Analiz Yöntemi ile İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 73, 2014.
- ÇINAR, A., “Trakya Formasyonunda Yapılan Öngermeli Ankrajlı Derin Kazıların Sonlu Elemanlar ile Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 158, 2010.
- DEMİRKOÇ, A., “Derin Kazılarda Zemin Çivisi ile Ankrajlı Destek Sistemlerinin Karşılaştırmalı Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 304, 2007.
- ERDİKER, B., “Zemin Çivili İksa Sistemlerinde Öngermeli Ankraj Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 145, 2012.

- ERSOY, İ.M., “İstanbul Çökellerinde Yapılan İksalı Derin Kazıların İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 137, 2016.
- ERZENOĞLU, Ö.B., “Ankrajlı İksa Sistemlerinde Öngerme Kuvvetinin Kazı Davranışı Üzerindeki Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 137, 2015.
- HASANOV, A. H., “Varyasyonel Problemler ve Sonlu Elemanlar Yöntemi”, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 2001.
- HAYTA, Ö., “Finite Element Analysis of Tieback Wall Using Plaxis: A Case Study”, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 123, 2005.
- KAHYAOĞLU, M.R., “Geotekstil Donatılı İstinat Duvarı Deplasman Davranışının Arazi Model Çalışmaları ile Belirlenmesi”, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5 (2), 600-610, 2017.
- KILIÇ, H., “Yumuşak Zeminler Üzerine Oturan Dolgu Barajlarda Deformasyonların Nümerik ve Deneysel Yöntemlerle Belirlenmesi”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 278, 2000.
- KOÇYİĞİT, F., “Kazı Duvarlarının ve Şevlerin Ankraj Sistemleriyle İslahı”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 147, 2003.
- KÖSE, H.K., “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, 117, 2011.
- ÖZDEMİR, İ., “Yapı Elemanları Ders Notları”, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir Teknoloji Eğitim Uygulama Ve Araştırma Merkezi, Eskişehir, 112, 2003.
- ÖZKAZANÇ, D. U., “Kohezyonlu ve Kohezyonsuz Zeminlerde Tek Ankrajlı Palplanş Perdelerinin Bir Bilgisayar Programı Yardımıyla Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 257, 2004.
- SEFİ, F., “Yarı-Top-Down İnşaat Yönteminin Çok Sıra Ankrajlı İksa Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 195, 2014.

- ŞAHİN, M., “Aleltsel Gözlem Yapılan Bir Derin Kazının Sayısal Analizlerle İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 134, 2017.
- TURAN, U., “Ankrajların Zemin Özelliklerine Bağlı Olarak Tasarım Esasları ve Uygulama Teknikleri”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 132, 2003.
- ULUKAN, B., “Anadolu Otoyolu Örneğinde Zemin ve Kaya Ankrajları”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 129, 1988.
- ÜLKÜDAŞ, E., “Palplanşlı Yanaşma Yapılarının Kompüter Destekli Geoteknik Analizi ve Projelendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir, 68, 1992.
- YILDIRIM, S., “Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı”, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2004.

ÖZGEÇMİŞ

1. Adı Soyadı : Elçin ÜNAL
2. Doğum Tarihi : 13/09/1990
3. Ünvanı : İnşaat Mühendisi
4. Öğrenim Durumu : Lisans

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Bitirme Yılı
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Çukurova Üniversitesi	2013
Yüksek Lisans	İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi	2019

5. İş Tecrübesi:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
İnşaat Mühendisi	Uzman Yapı Denetim Ltd.Şti.	2013-2014
İnşaat Mühendisi	Akademi Yelken Yapı Denetim Ltd.Şti.	2015-2018
İnşaat Mühendisi	Mavi Yelken Yapı Denetim Ltd.Şti.	2018-



OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 20/08/2019

Tez Başlığı / Konusu: İKSA YAPILARININ SAYISAL TASARIMI

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Özet ve Abstract, c) Giriş, d) Ana bölümler ve e) Sonuç, f) Kaynakça kısımlarından oluşan toplam 91 sayfalık kısmına ilişkin, 20/08/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme tiplerinden biri uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 30 'dur.

Filtreleme Tip 1 (maksimum %30)

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça hariç,
- 3- Alıntılar dahil,
- 4- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.

Filtreleme Tip 2 (maksimum %10)

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça hariç,
- 3- Alıntılar hariç,
- 4- 5 Kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

20.08.2019
Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Elçin ÜNAL
Öğrenci No: 14GİNŞ006
Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği
Programı: Yüksek Lisans
Statüsü: Y.Lisans Doktora

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

Doç. Dr.
Murat ÖRNEK

RAPORU DÜZENLEYEN

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

Arş.Gör. İlyas ALADAĞ