

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DERİN KAZIDA FARKLI İKSA SİSTEMLERİNİN  
KULLANIMI**

**ALİİHSAN KARAOSMANOĞLU**

**KOCAELİ 2018**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**




**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DERİN KAZIDA FARKLI İKSA SİSTEMLERİNİN**  
**KULLANIMI**

**ALİİHSAN KARAOSMANOĞLU**

**Doç.Dr. Utkan MUTMAN**  
**Danışman, Kocaeli Üniversitesi**  
**Prof.Dr. Safa Bozkurt COŞKUN**  
**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi**  
**Dr.Öğr.Üy. Ayşe Bengü SÜNBÜL**  
**Jüri Üyesi, Bülent Ecevit Üniversitesi**

  
.....  
  
.....  
  
.....

**Tezin Savunulduğu Tarih: 04.07.2018**

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Şehirleşmenin artmasıyla birlikte yükselen binalar bazı sorunları beraberinde getirmiştir. Yüksek binaları sağlam temellere ulaştırmada zorluklar yaşandığı durumlarda ise iksa sistemleri oluşturulmuştur. Bunun yanında otopark gibi sıkıntılarının oluşması da binalarda bodrum katları otopark olarak kullanabilmek için yol kotundan aşağıya doğru derin kazı yapılması ihtiyacını doğurmuştur. Ayrıca şehir merkezlerinde sık yerleşim olması sebebiyle şevli kazı yapılamadığından çeşitli iksa sistemleri geliştirilmiştir.

Farklı iksa sistemlerinin kullanımını inceleyebilmek adına bana imkân veren ve destek olan değerli hocam Doç. Dr. Utkan MUTMAN 'a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Hayatım boyunca benden hiçbir desteğini esirgemeyen ve her an yanımda olan aileme de sonsuz minnet duygularımı sunarım.

Temmuz - 2018

Alihsan KARAOSMANOĞLU

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
TABLolar DİZİNİ .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
GİRİŞ .....	1
1. İKSA SİSTEMLERİ .....	4
1.1. Düşey Destek Elemanları .....	4
1.1.1. Fore kazık.....	4
1.1.1.1. Fore kazık yapım yöntemi.....	4
1.1.1.2. Fore kazık delgisi .....	4
1.1.1.3. Fore kazık donatısı hazırlanması ve yerleştirilmesi .....	5
1.1.1.4. Fore kazık beton dökme işlemi .....	6
1.1.2. Mini kazık .....	6
1.1.2.1. Mini kazık delgisi.....	6
1.1.2.2. Mini kazık donatısı hazırlanıp yerleştirilmesi, beton dökme veya enjeksiyon işlemi .....	7
1.1.3. Diyafram duvar .....	8
1.1.3.1. Genel .....	8
1.1.3.2. Yapım yöntemi .....	8
1.1.3.3. Bentonit bulamacı ve özellikleri .....	10
1.1.4. Palplanş .....	10
1.1.4.1. Genel .....	10
1.1.4.2. Yapım yöntemi .....	11
1.1.4.3. Avantaj ve dezavantajları .....	11
1.1.5. Kazıklı istinat duvarı .....	12
1.1.5.1. Genel .....	12
1.1.5.2. Bağımsız dizilime sahip kazıklar .....	13
1.1.5.3. Teğet kazıklar .....	13
1.1.5.4. Kesişen kazıklar .....	13
1.1.5.5. Karışık dizilime sahip kazıklar.....	14
1.2. Yatay Destek Elemanları.....	14
1.2.1. Ön germeli ankraj.....	14
1.2.1.1. Ankraj yapım yöntemi.....	14
1.2.1.2. Ön germeli ankrajı oluşturan yapısal kısımlar .....	15
1.2.1.3. Ön germeli ankraj imalatı.....	16
1.2.1.4. Delgi metotları.....	17
1.2.1.5. Ankraj demetinin hazırlanması ve yerleştirilmesi.....	17
1.2.1.6. Ankraj demetinin enjeksiyonlanması .....	18
1.2.1.7. Betonarme imalatlar .....	18
1.2.1.8. Ön germe işlemi yapılması.....	19

1.2.2. Zemin çivisi.....	19
1.2.2.1. Zemin çivisi yapım yöntemi.....	19
1.2.2.2. Zemin çivisi/kaya bulonu delgi metotları.....	20
1.2.2.3. Zemin çivisi hazırlanması ve yerleştirilmesi.....	21
1.2.2.4. Zemin çivisi enjeksiyonlanması.....	21
1.2.3. Strut.....	22
1.3. İnklinometre Okumaları.....	22
1.3.1. Genel.....	22
1.3.2. Cihaz özellikleri.....	23
1.3.3. Okuma metodu.....	23
1.4. Optik Okuma.....	24
1.5. Ankraj Yük Hücresi Okuma (Load-Cell).....	24
1.6. İksa Sistemlerinde Karşılaşılabilecek Sorunlar.....	26
1.6.1. Stabilite problemleri.....	26
1.6.2. Taban kabarması.....	27
1.6.3. Zemindeki yer değiştirmeler.....	27
2. İKSA SİSTEMİNE ETKİYEN YÜKLER.....	29
2.1. Toprak Basıncı Dağılımı.....	29
2.2. Coulomb Kama Teorisi.....	29
2.3. Rankine Teorisine Göre Aktif ve Pasif Toprak Basınçları.....	31
2.4. Sükûnetteki Toprak Basıncı.....	35
2.5. Terzaghi ve Peck 'in Görünür Toprak Basıncı Dağılımı.....	35
3. SEÇİLEN ÖRNEK SAHADAKİ DENEY VE HESAP SİSTEMİ.....	37
3.1. Projeye Ait Bilgiler.....	37
3.2. Projenin Bulunduğu Alan Jeolojisi.....	38
3.3. Zemin Özellikleri.....	39
3.3.1. Sondaj kuyuları.....	40
3.4. Arazi Deneyleri.....	40
3.4.1. Standart penetrasyon deneyi (SPT).....	40
3.4.2. Pressiyometre testleri.....	41
3.5. İksa Projesi Kapsamında Kesitler.....	42
3.6. Kesit Hesapları.....	51
3.6.1. IV-IV kesiti.....	51
3.6.2. V-V kesiti.....	52
3.6.3. I-I kesiti.....	53
3.6.4. II-II kesiti.....	54
4. SEÇİLEN ÖRNEK SAHADAKİ İKSA UYGULAMALARI.....	55
4.1. Fore Kazık İmalat Aşamaları.....	55
4.1.1. Delgi yapılması.....	55
4.1.2. Donatı kafesi hazırlanması ve kuyulara indirilmesi.....	56
4.1.3. Fore kazık kuyusunun betonlanması.....	58
4.2. Mini Kazık İmalat Aşamaları.....	59
4.2.1. Delgi yapılması.....	59
4.2.2. Donatı kafesi hazırlanması ve kuyulara indirilmesi.....	60
4.2.3. Mini kazık kuyusunun betonlanması.....	61
4.3. Öngermeli Ankraj İmalat Aşamaları.....	62
4.3.1. Delgi yapılması.....	62
4.3.2. Ankraj halatlarının hazırlanması.....	63
4.3.3. Tendonların yerleştirilmesi.....	64

4.3.4. Enjeksiyon yapılması .....	65
4.3.5. Germe ve kabul .....	66
4.4. Başlık ve Kuşak Kirişi İmalat Aşamaları .....	67
4.4.1. Donatı montajı ve bağlanması .....	67
4.4.2. Kalıp .....	68
4.4.3. Beton dökülmesi .....	69
4.5. İnklinometre Deplasman Okumaları .....	71
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	78
KAYNAKLAR .....	80
EKLER .....	82
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER .....	111
ÖZGEÇMİŞ .....	112



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Fore kazık yapım aşamalarını gösteren bir çizim .....	5
Şekil 1.2.	Diyafram duvara ait panel geometrisi .....	9
Şekil 1.3.	Diyafram duvar imatları dört bölümden oluşmaktadır: (a) Kazı imalatı, (b) Tüplerin yerleştirilmesi, (c) Donatı kafesinin uygulanması, (d) Beton dökme işlemi .....	9
Şekil 1.4.	Diyafram duvarın imalat süreci.....	10
Şekil 1.5.	Örnek bir palplanş perde birleşim detayı .....	11
Şekil 1.6.	Yerinde enjeksiyonlanan kazıklar .....	12
Şekil 1.7.	Bağımsız dizilim (a), Teget kazıklar (b)(c), Kesişen kazıklar (d), Karışık dizilim (e) .....	14
Şekil 1.8.	Ankraj kesiti .....	16
Şekil 1.9.	Strut (boru destek) imalatına örnek olan bir görsel.....	22
Şekil 1.10.	(a)Ölçüm cihazı, (b)Ölçüm eksenleri, (c)Kılıf içindeki probenin görünümü .....	23
Şekil 1.11.	Yük hücresi ile ankraj yükünün uzun süre izlenmesi .....	25
Şekil 1.12.	Yük hücresi ve kurulum şeması.....	25
Şekil 1.13.	Derin kazı alanlarında oluşabilecek stabilite problemlerine ait örnekler .....	27
Şekil 2.1.	Granüler zeminlerde aktif durum için Coulomb Kama Teorisi .....	30
Şekil 2.2.	İki boyutlu koşullarda z derinliğinde zemin elemanı .....	32
Şekil 2.3.	Kohezyonsuz zeminlerde görülen yanal eksenli toprak basınçları .....	33
Şekil 2.4.	Kohezyonlu zeminlerde pasif ve aktif toprak basınçları.....	33
Şekil 2.5.	Tabakalı zeminlerde yanal eksenli toprak basınçları .....	34
Şekil 2.6.	Yeraltı suyu bulunan zeminlerde yanal eksenli toprak basınçları.....	34
Şekil 2.7.	Terzaghi ve Peck tarafından önerilen toprak basıncı dağılımları .....	35
Şekil 2.8.	Tschebotarioff tarafından önerilen toprak basıncı dağılımı .....	36
Şekil 3.1.	Otel projesi cepheden kesit görünüşü .....	37
Şekil 3.2.	Bina vaziyet planı.....	37
Şekil 3.3.	İ.B.B. Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, Kent Jeolojisi Haritası, 2011 .....	38
Şekil 3.4.	Sondaj kuyuları ölçü lokasyonu .....	39
Şekil 3.5.	Sondaj kuyuları zemin kesiti.....	39
Şekil 3.6.	İksa projesine ait görsel.....	42
Şekil 3.7.	İksa projesi A-D akslarına ait görsel.....	42
Şekil 3.8.	İksa projesi A-B akslarındaki imatları gösteren kesit .....	43
Şekil 3.9.	İksa projesi B-D akslarındaki imatları gösteren kesit .....	43
Şekil 3.10.	İksa projesi D-I akslarına ait görsel .....	44
Şekil 3.11.	İksa projesi D-G akslarındaki imatları gösteren kesit.....	45
Şekil 3.12.	İksa projesi G-I akslarındaki imatları gösteren kesit .....	45
Şekil 3.13.	İksa projesi I-N akslarına ait görsel .....	46
Şekil 3.14.	İksa projesi I-L ve M-N akslarındaki imatları gösteren kesit .....	47
Şekil 3.15.	İksa projesi L-M akslarındaki imatları gösteren kesit .....	48
Şekil 3.16.	İksa projesi N-O akslarına ait görsel .....	48

Şekil 3.17.	İksa projesi N-O akslarındaki imalatları gösteren kesit.....	49
Şekil 3.18.	İksa projesi R-S akslarına ait görsel .....	50
Şekil 3.19.	İksa projesi R-S akslarındaki imalatları gösteren kesit.....	50
Şekil 3.20.	IV-IV kesiti X yönünde deplasman sınırı.....	51
Şekil 3.21.	IV-IV kesiti Y yönünde deplasman sınırı.....	51
Şekil 3.22.	V-V kesiti X yönünde deplasman sınırı.....	52
Şekil 3.23.	V-V kesiti Y yönünde deplasman sınırı.....	52
Şekil 3.24.	I-I kesiti X yönünde deplasman sınırı.....	53
Şekil 3.25.	I-I kesiti yönünde deplasman sınırı.....	53
Şekil 3.26.	II-II kesiti X yönünde deplasman sınırı .....	54
Şekil 3.27.	II-II kesiti Y yönünde deplasman sınırı .....	54
Şekil 4.1.	Fore kazık imalat aşamasına ait görsel .....	56
Şekil 4.2.	Donatı kafesi hazırlanmasına ait görsel .....	57
Şekil 4.3.	Donatı kafesinin kuyu içindeki halini gösteren görsel.....	57
Şekil 4.4.	Fore kazık betonlama imalatına ait görsel .....	59
Şekil 4.5.	Mini kazık imalat aşamasına ait görsel .....	60
Şekil 4.6.	Donatı kafesinin kuyuya indirilmesine ait görsel .....	61
Şekil 4.7.	Mini kazık imalatında çimento enjeksiyonunu gösteren görsel.....	62
Şekil 4.8.	Ankraj delgi imalatına ait görsel .....	63
Şekil 4.9.	Ankraj halatlarına ait görsel .....	64
Şekil 4.10.	Tendonların yerleştirildiğini gösteren görsel.....	65
Şekil 4.11.	Enjeksiyon makinesine ait görsel .....	66
Şekil 4.12.	Ankraj germe işlemine ait görsel .....	67
Şekil 4.13.	Kuşak kirişi donatı montajını gösteren görsel .....	68
Şekil 4.14.	Kuşak kirişi kalıp kapatılma aşamasına ait görsel.....	69
Şekil 4.15.	Beton dökme aşamasına ait görsel.....	70
Şekil 4.16.	Başlık kirişi betonunun vibratör yardımıyla yerleştirilmesi .....	71
Şekil 4.17.	İnklinometre borusunu gösteren görsel .....	71
Şekil 4.18.	İnklinometre okumasına ait görsel.....	72
Şekil 4.19.	İnklinometre deplasman analizini gösteren görsel .....	73
Şekil 4.20.	İnklinometre konumlarını gösteren görsel .....	74
Şekil 4.21.	İnklinometre-1 okumasını gösteren görsel .....	75
Şekil 4.22.	İnklinometre-3 okumasını gösteren görsel .....	76
Şekil 4.23.	İnklinometre-4 okumasını gösteren görsel .....	77

## TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Bentonit süspansiyonun özellikleri.....	10
Tablo 2.1. Duvar malzemesi ile zemin daneleri arasındaki sürtünme açısı değerleri .....	31
Tablo 3.1. SK1-SK6 no 'lu sondajlara ait zemin bilgileri .....	40
Tablo 3.2. Standart penetrasyon test değerleri.....	41
Tablo 3.3. Pressiyometre deney değerleri.....	41
Tablo 4.1. İnklinometre ölçme değerlerine ait tablo.....	74



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$c$	: Kohezyon, (kN/m <sup>2</sup> )
$c_u$	: Drenajsız kayma mukavemeti, (kN/m <sup>2</sup> )
$E$	: Elastisite modülü, (N/m <sup>2</sup> )
$K_0$	: Sükûnetteki toprak basıncı katsayısı, (birimsiz)
$K_a$	: Aktif toprak basıncı katsayısı, (birimsiz)
$K_p$	: Pasif toprak basıncı katsayısı, (birimsiz)
$k_h$	: Yatay yatak katsayısı, (kN/m <sup>3</sup> )
$k_v$	: Düşey yatak katsayısı, (kN/m <sup>3</sup> )
$k_w$	: Permeabilite katsayısı, (cm/s)
$L_e$	: Enjeksiyonsuz çivi uzunluğu, (m)
$L_{kök}$	: Ankraj kök boyu, (m)
$P_0$	: Sükûnetteki toprak basıncı, (kN/m <sup>2</sup> )
$P_a$	: Aktif toprak basıncı, (kN/m <sup>2</sup> )
$P_p$	: Pasif toprak basıncı, (kN/m <sup>2</sup> )
$z$	: Derinlik, (m)
$\alpha$	: Duvarın yatayla yaptığı açı, (°)
$\beta$	: Zemin yüzeyinin yatayla yaptığı açı, (°)
$\gamma$	: Doğal birim hacim ağırlık, (kN/m <sup>3</sup> )
$\delta$	: Zemin ile duvar sırtı arasındaki sürtünme açısı, (°)
$\sigma$	: Normal gerilme, (kN/m <sup>2</sup> )
$\tau$	: Kayma gerilmesi, (kN/m <sup>2</sup> )
$\nu$	: Poisson oranı, (birimsiz)
$\phi$	: Kayma mukavemeti açısı, (°)

## Kısaltmalar

SPT	: Standart Penetrasyon Testi
TS	: Türk Standartları

## DERİN KAZIDA FARKLI İKSA SİSTEMLERİNİN KULLANIMI

### ÖZET

Yapılara ait olan kazılarda, kuru zeminlerin kendini tutamayıp kayması ihtimaline karşı, kazı yüzlerine destek olmak amacıyla uygulanan sisteme iksa denir. Yapılacak olan kazı neticesinde oluşturulacak iksa sisteminin yapımında zemin etütlerinden öğrenilen parametreler ve jeolojik durum, çevrede yer alan yapıların ve yolların durumu, altyapı tesisatlarının konumu birlikte irdelenmiştir. Çevre yapılarında insan sağlığını en ufak dahi riske atabilecek durumlardan kaçınılmıştır. Gerekli incelemeler ışığında iksanın ne kadar dayanıma sahip ne tür bir tasarım uygulanacağına karar verilmiştir. İksa yapıları yüksek risk ve önem arz ettiğinden tasarım aşamasında mümkün olduğunca emniyette kalınması öncelik olarak belirlenmiştir.

Örnek proje olarak İstanbul 'da bulunan 32 m kazı derinliği ve 92.000 m<sup>3</sup> hacimde hafriyat alınmasını gerektiren bir otel projesi incelenmiştir. İksa tasarımı yapılırken zeminin tipi kazı derinliği ve tabakalanmanın hangi bölgelerde ne derecede olduğu gerekli etüt çalışmaları ile belirlenmiştir. Çalışma sahasında zemin inceleme raporlarına göre 0-5 m arası dolgu, 5-7 m arası kil, 7-32 m arası ise çatlaklı-kırıklı kumtaşı tabakalarının bulunduğu görülmüştür. Projenin tasarımında iksa sistemi olarak betonarme perde, ankraj, strut, mini kazık, zemin çivisi, fore kazık, sistemleri kullanılmıştır. Oluşturulan iksa projesinde düşey destek elemanları olarak fore kazık kullanılmıştır. Kazı derinliğindeki zemin yapısı şartları zorlaştırdığından mini kazık ve perde sistemle imalata devam edilmiştir. Yatay destek elemanları olarak ise ankrajlar kullanılmıştır. Çevre binaların ve altyapı tesisatlarının iksa bölgesine yakın olmaları durumunda ankraj yerine zemin çivileri tercih edilmiştir. Bunların yanı sıra gerekli dayanımın oluşturulamadığı veya risk teşkil ettiği durumlarda strut boru destekleriyle iksaya tutucu destek sağlanmıştır. Uygulanan bu sistemlerin sağlıklı olup olmadığı inklinometre, loadcell ve optik okuyucular yardımıyla kontrol edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ankraj, Fore Kazık, Inklinometre, Strut, Zemin Çivisi.

## **THE USE OF DIFFERENT REINFORCEMENT SYSTEMS IN DEEP EXCAVATION**

### **ABSTRACT**

In the case of excavations belonging to the buildings, the system applied to support the excavation faces is called shoring in order to keep the dry floors from slipping. The parameters and geological conditions learned from the ground surveys in the construction of the shoring system which will be constructed as a result of the excavation, the situation of the structures and roads in the environment, the location of the infrastructure installations were examined together. In environmental structures, the smallest risk of human health is avoided. In light of the necessary examinations, it is decided what kind of design will be applied to the resistance of the climate. Because of the high risk and importance of the iksa structures, it is prioritized to remain as safe as possible at the design stage.

As a sample project, a hotel project has been examined in Istanbul, which requires 32 m excavation depth and 92,000 m<sup>3</sup> volume. When designing the Iksa, the depth of the floor type excavation and the degree in which areas of the stratification were determined with the necessary study studies. According to the soil examination reports in the field of study, 0-5 m between the filler, 5-7 m between the clay, 7-32 m between the cracks-fractured sandstone layers were found. In the design of the project, concrete curtains, anchors, strut, mini piles, ground nails, bored piles, systems were used as shoring system. Bored piles were used as vertical support elements in the generated shoring project. Since the ground structure in the excavation depth has complied with the conditions, the mini pile and curtain system continued to be production. Anchors are used as horizontal support elements. If the surrounding buildings and infrastructure installations are close to the shoring area, ground nails are preferred instead of anchors. In addition to these, the support of strut pipe supports is provided in case the required resistance is not formed or poses a risk. The health of these systems is controlled by the help of the inclinometer, loadcell and optical readers.

**Keywords:** Anchors, Bored Pile, Inclinometer, Strut, Soil Nails.

## **GİRİŞ**

Günümüzde insanların maddi ve manevi sebeplerle bir arada yaşaması bazı bölgelerde nüfusun yoğun bir şekilde artmasına sebep olur. Bu yoğunlaşmanın sebep olduğu durumlardan biri de inşaat alanlarının azalmasıdır. Nüfus artışının yanında yüzey ölçümü olarak büyüemeyen bu alanlarda toplumsal hayatı dahi iyi kılmak adına ve zemin üstündeki yapı hacimlerinde sınırlamalar yapılması yüzünden mevcut araziler daha verimli kullanılmaya başlanır. Bu sebepten ötürü yerin üstü kadar altı da kullanılır. Bu bağlamda metro inşaatları, yollar, tüneller, yer altı depoları, bodrum kat sayısı fazla binalar, yüksek binalar oluşturulur. Tüm bunlar derin temel kazılarını gerektirmektedir. Derin temel kazılarının oluşturulmak istenmesinden dolayı iksa gereksinimi duyulur. Derin kazılar yapılırken yapıyı ve çevreyi güvende tutmak adına toprak basıncını önlemek için iksa yapıları oluşturulur.

İksa yapılarının oluşturulmasının temel sebebi inşa edilecek olan yapının ve etrafında mevcut olan her türlü yapının emniyeti sağlanır. Bu sebeple iksa oluşturulurken ilk olarak yapılacak olan şey yapının bulunacağı alan ve etrafındaki zemin özelliklerini incelemek, etraftaki yapıların ve bu yapıların statiklerinin durumuyla yerleşimi hakkında detaylı bilgi toplamak, toplanan bilgilerle birlikte ekonomik faktörler de göz önüne alınarak amaca uygun iksa sistemi oluşturmaktır.

İksa sistemi oluşturulurken rijit iksa duvarları ve hesaplarda yükseltilmiş toprak basınç katsayıları alınarak kazı çevresindeki yapıların güvenliği sağlanır. Sistemlerin boyutlandırılması sisteme etkiyen toprak basınçlarının, sanal toprak basınç diyagramlarıyla belirlenmesi ile oluşturulur. Bu yüklere göre sistem elemanlarına gelecek kesit tesirleri hesaplanır ve elemanlar bu tesirlere göre boyutlandırılır.

Zeminin türü ve saha koşullarına bağlı olarak değişik iksa sistemleri oluşturulur. İksa yapılarında kullanılan metotlar kazıklar, duvarlar, ankrajlar, zemin çivileri ve zemin ıslahından oluşmaktadır. İksa yapıları yüksek risk ve önem arz ettiğinden tasarım aşamasında mümkün olduğunca emniyette kalınması gerekir.

Bu çalışmada en derin bölgede maksimum 32 m kazı derinliğinin olması gerektiğinden imalat aşamasında çeşitli zorluklarla karşılaşıldı. Çalışma sahasında zemin inceleme raporlarına göre 0 -5 m arası dolgu, 5-7 m arası kil, 7-32 m arası ise çatlaklı- kırıklı kumtaşı tabakaları bulunur. Projenin tasarımında iksa sistemi olarak betonarme perde, mini kazık, ankraj, fore kazık, zemin çivisi, strut sistemleri kullanıldı.

İmalat aşamasında fore kazık ve ankraj sisteminin kullanımı uygun görüldükten sonra imalata başlandı. Zemin raporları göz önüne alındığında fore kazık derinliğinin artacağı bölgelerde imalatlar bir takım zorluk ve sıkıntılar doğurabileceğinden ötürü derinliğin arttığı kısımlarda imatları daha sağlıklı yapabilmek adına mini kazık ve betonarme perde imatlarına dönüldü. Gerektiği yerlerde dayanımı artırabilmek adına strut (boru destek) imatları yapılmış olup olumsuz bir durum oluşması ihtimaline karşı önlemler alındı. Bu tarz olumsuzlukların oluşabilme ihtimalini önceden tespit ederek önlemler almak biz mühendislerin önemli sorumlulukları arasındadır. Fore kazık imalatı aşamasında oluşan sıkıntılardan bir diğeri de imalat yapılan alanda kazık yapılacak kısma denk gelen eski atık su kanalı oldu. Bu kanalda imalat yapılırken sürekli boşluk sebebiyle göçme oldu ve imalatı hayli zorlaştırdı. Gerek bu sıkıntıyı gidermek gerekse beton dökme işlemi sırasında sızıntıyı önlemek amacıyla kullanılmayan eski su kanalına denk gelen kotta çelik boru sıkıştırılarak imalata devam edildi. Bu çözüm herhangi bir olumsuzluk oluşturmasını engellerken imalata büyük kolaylık sağlandı.

Fore kazıklara yatayda destek olması amacıyla yapılan ankraj imalatı çevre bina kotları ve altyapı kanal vb. alanlarla doğrudan ilişkilidir. Tasarım aşamasında alınan kotlara göre yapılan ankraj açısı ve uzunlukları, imalat yapıldığı sırada oluşabilecek dikkatsizlik gibi durumlarda birtakım sıkıntılar doğurabilir. Bu sebeple yapılan imalatlar çevre ile ilişkili kotlarda son derece dikkatli olarak imal edildi. Ankraj boylarının ve açılarının çözülemediği kısımlarda alternatif çözüm olarak zemin çivisi metoduna geçildi.

Zemin çivileri ankrajlara benzer şekilde imal edilirken boyları ankrajlara nazaran daha kısa yapıldı. Bu durum çevre yapılara zarar vermemek adına önemlidir. Zemin çivileri kuşak kirişlerine plakalar ile sabitlenip enjeksiyonlanarak oluşturuldu. Bu durum işlevini yerine getirebilmesi adına önemli bir unsur oluşturdu.

Zemin çivilerinin ankrajlara nazaran dayanımının az olması sebebiyle sık kullanıldıkları bölgelerde strut (boru destek) imalatı yapılarak dayanım artırılmaya çalışıldı. Strut imalatı, analiz sonucu risk oluşabilecek kısımlarda bulunan kuşak kirişlerine monte edilen plakalara kaynaklanan çelik borular yardımıyla oluşturuldu.

Nihai kota yaklaştıkça zemin şartları sebebiyle fore kazık imalatı zorlaştığından ötürü mini kazık imalatına geçildi. Mini kazıklar fore kazıklara nazaran daha küçük çapta olduğundan ötürü derine ulaşılması daha kolay oldu.

Mini kazığın yeterli görülmediği bölgelerde ise betonarme perde imalatı yapıldı. Maliyet açısından sıkıntı olsa dahi süreklilik ve dayanım açısından önemli bir nokta teşkil etmesi sebebiyle bu imalat riskli görülen bölgelerde sıkça kullanıldı.

İksada en önemli detaylardan biri sürekliliktir. Mümkün olduğunca yatay ve düşey imalatlarda sürekliliği korumaya dikkat edildi. Tasarlanan yapılar yalnızca tekil değil bir bütün halinde düşünüldüğünden emniyette kalacak şekilde oluşturuldu. Süreklilik olduğu takdirde imalatı sıkıntıya giren bir bölümü etrafındaki diğer destek elemanları tolere edebilir. Örneğin bir sorunlu ankrajın imalatı var ise bunu iki yanındaki ankrajı tolere edecek şekilde tasarlamak birtakım olumsuzlukları aşabilmek adına oldukça önem arz etmektedir.

## **1. İKSA SİSTEMLERİ**

Yapı oluşturabilmek için yapılan kazılarda, yeraltı su seviyesinin düşük olduğu kuru zeminlerin, kendini tutamarak kayma yapmasına karşı, kazı yüzlerine destek olmak için uygulanan sisteme iksa denir. İksa sistemini yatayda ve düşeyde destek elemanları oluşturur.

### **1.1. Düşey Destek Elemanları**

İksa sistemlerinin düşey elemanlarından yaygın olarak kullanılanlar fore kazık, mini kazık, diyafram duvar, palplanş ve kazıklı istinat duvarıdır.

#### **1.1.1. Fore kazık**

##### **1.1.1.1. Fore kazık yapım yöntemi**

Yapının oturacağı zeminin oluşturulacak yapıya göre taşıma kapasitesinin düşük olması gibi durumlarda yapıyı sağlam zeminlere ulaştırmak için ya da iksa oluşturabilmek amacıyla yapılan kazıklara fore kazık denir. Bu kazıkların yapım yöntemleri; sahanın durumu, zeminlerine yapısı, kazığın çapı ve derinliğine bağlı olarak değişebilir. Fore kazıklarda delik çapı 50 cm ile 200 cm arasında olabilir.

##### **1.1.1.2. Fore kazık delgisi**

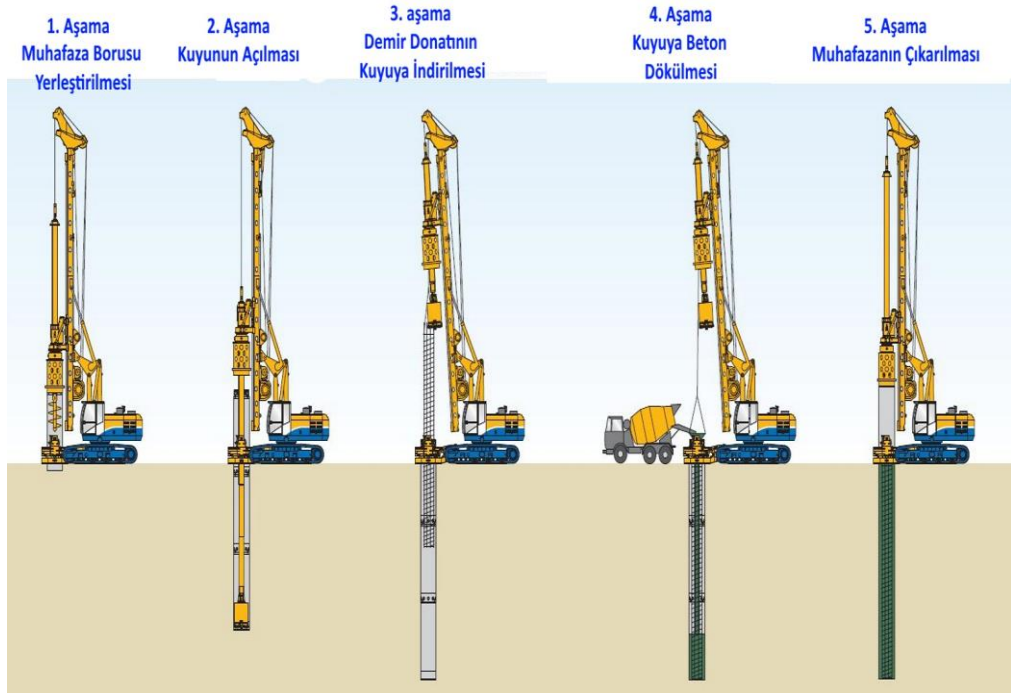
Fore kazık yapımında zemin şartlarına göre değişik teknikler, ekipman ve takım kullanımı imkânımız vardır. Bunlar zemin parametrelerine ve uygulanacak iksa sistemine bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

Projede belirlenen çaptaki betonarme kazıkların forajı Şekil 1.1 'de görüldüğü gibi paletli vince akuple edilmiş rotary delgi makineleri veya hidrolik delgi makineleri ile yapılır.

Yıkıntı yapan, su seviyesi yüksek zeminlerde kuyu borulanacak veya bentonit ile delgi yapılacaktır. Yıkıntı yapmayan zeminlerde kısa bir ön boruyla delgi yapılacaktır. Foraj

sırasında karşılaşılabilecek sert tabakaların geçilmesinde uygun delgi aparatları kullanılır.

- Zemin yapısına bağlı olarak göçme oluşma ihtimali bulunan bölgelerde muhafaza borusu kullanılır.
- Daha sonra makinenin ucunda bulunan baget adı verilen kova niteliği taşıyan vidalama mantığıyla döndükçe içine malzeme dolan baget yardımıyla malzeme dışarı çıkarılır.
- Sahada taşınırken örselenmemesi için delgi yapılan bölgeye yakın bir yerde hazırlanan demir donatı kafesi kuyuya indirilir.
- Hemen ardından fazla beklenmeden betonlama işlemi yapılır. Bu işlem sırasında betonu yerleştirebilmek ve kuyu dibine ulaştırabilmek amacıyla tiremi denilen boru kullanılır.
- Bu aşamadan sonra muhafaza borusu çıkarılır.



Şekil 1.1. Fore kazık yapım aşamalarını gösteren bir çizim [15]

### 1.1.1.3. Fore kazık donatısı hazırlanması ve yerleştirilmesi

- Donatılar kazık yapılan bölgelere yakın bölgede şablonlar kullanılarak kafes haline getirilir. Kaldırma esnasında dağılmasını önlemek üzere demirlere bağ atılarak gerekli rijitlik sağlanır.

- Donatı kafeslerinin birbirine eklenmesi bağ teli ya da kaynak yardımıyla yapılır. Çok ağır olmaları halinde ise klemensle kullanılarak yapılır.
- İmalatı tamamlanan donatı kafesleri vinç kullanılacak kuyulara indirilir.
- Beton dökümü sırasında batma olmaması için donatı kafesi üstten askıya alınır.

#### **1.1.1.4. Fore kazık beton dökme işlemi**

- Kuyuya donatı kafesini indirdikten sonra içine tremi borusu vinç yardımı ile indirilir.
- Beton dökümü sırasında tremi borusu kullanılarak betonun kuyu dibine iletilmesi ve aynı zamanda segregasyonu önlenir.
- Tremiden akacak olan betonun yüksek slump'lı olması gerekir.
- Beton dökümü başlamadan önce tremi borusu tabandan 50 cm yukarı çekilir.
- Kuyu dibinde bulunan yer altı suyunun betonla karışmasını önlemek için tremi borusu sürekli ve asgari 2 m beton içinde bırakılır.
- Beton dökme işlemi kuyu ağzından temiz beton geldiği görülene dek devam ettirilir.

#### **1.1.2. Mini kazık**

Temel kazığı olarak veya derin kazıklarda düşey yer değiştirmelerin önlenmesi, yapıların dönmeye karşı emniyete alınması amacıyla sistemin düşey elemanları olarak mini kazıklar imal edilir. Projede verilen kazık yerleşim planını saha ölçme grubunun yerinde aplikasyonu ile zemin cinsine uygun seçilmiş makine ve ekipman ile imalat yapılır [17].

##### **1.1.2.1. Mini kazık delgisi**

İmalat sırasında genellikle darbeli veya rotary delgi yöntemi, bazen de her ikisinin de birlikte uygulandığı yöntemler kullanılır.

Rotary delgi yöntemi:

Delgi makinesinin dönme yaptığı sırada verdiği baskı kuvveti tijler vasıtası ile, uç kısmında bulunan bit olarak adlandırılan kaya matkabına aktarılarak çalışır. Yumuşak zeminlerde ise göçme olmasına sebebiyet vermemek için farklı bir bit olan kil matkabı kullanılır. Ayrıca dolgu malzemesi ihtiva eden veya yeraltı suyu altında bulunan

zeminlerde delgi esnasında yıkıntıyı önlemek amacıyla muhafaza borusu veya sondaj sıvısı kullanılır [17].

Darbeli delgi yöntemi:

Bu yöntem sert zemin yapısı bulunan bölgelerde kullanılır. Delgi makinesinin uyguladığı dönme hareketi tijler yardımıyla delik ucundaki tabancaya aktarılır. Delik ucundaki tabanca dönerken kompresör sayesinde verilen hava yardımı ile ucunda elmas bulunan bitle kayaya vurma hareketi yaptırır. Delik çapları 22,5 cm – 30 cm arasında değişiklik gösterebilir. Delik delme esnasında açığa çıkan malzemelerin dışarıya atılması delgi hızını ve deliğin kalitesini etkiler. Çünkü delme işleminin sağlıklı bir şekilde ilerleyebilmesi için delik dibinde biriken malzemelerin devamlı olarak dışarı atılması gereklidir. Kompresör yardımıyla hava verilmesi bu işleme katkı sağlar. Delik delme sırasında yetersiz temizlik yapılması bit sıkışmasına, tijlerin kaynak yerinden kırılarak delik içinde kalmasına sebep olur [17].

#### **1.1.2.2. Mini kazık donatısı hazırlanıp yerleştirilmesi, beton dökme veya enjeksiyon işlemi**

Delik delme işlemi bitirilerek gerekli temizlik yapıldıktan sonra projede gösterilen şekilde hazırlanmış olan demir donatı kuyuya indirilir. Kuyu içerisine yavaş yavaş temiz mıcır doldurulur. Demir donatı ile birlikte kuyuya indirilen 2 adet boru bulunur. Bunlardan 1 numaralı borunun içinden kuyuya su/çimento karışımı enjeksiyon ünitesi ile enjekte edilir. Bu işlemden birkaç saat sonra kuyu içinde göçme veya boşluk oluşması ihtimaline karşın belli aralıklarla delinmiş ve bantlanmış 2 numaralı borudan aynı orandaki karışım kuyuya enjekte edilir. Bu işlemler yardımıyla kuyu içinde eğer varsa birikmiş suyun tamamen dışarıya atılmasına azami dikkati gösterilir.

Bu yöntem colcrete yöntemi olup colcrete yöntemi ile betonlamaya alternatif olarak, uygun şartlar oluştuğunda hazır beton kullanılarak betonlama yapılabilir. Betonlamanın sık tercih edilmemesinin sebeplerinden biri de delik çapının küçük olmasıdır. Delik çapı küçük olduğundan ötürü betonlama işleminin sağlıklı yapılamama ihtimali göz önünde bulundurularak colcrete yöntemi tercih edilir.

### **1.1.3. Diyafram duvar**

#### **1.1.3.1. Genel**

Diyafram duvarlar genel olarak bodrum kat otoparkları, tesisler, yüksek binalar, tesisler, hidroelektrik santraller, termoelektrik santraller, atık su arıtma tesisleri, pompa istasyonları, gibi birçok yapının inşasında kullanılmaktadırlar [7].

Diyafram duvarlar, geçirgenliği fazla olan zeminlerde sıvı sızdırmazlığı perdesi işlevi de görürler. Sızdırmazlığın yanı sıra yapıların taşıyıcı elemanı olarak da kullanılabilirler. Diyafram duvarlar uygulanacağı çukurun içerisinde seviyesi sabit olan bir bulamaç (polimer ya da bentonite çamuru kullanılarak) uygulanarak sağlanır. Bu sayede çukur içindeki bulamaç basıncı ile kazıya ait anolar betonlama işlemine kadar stabil tutulur. Bu duvarlar aynı zamanda rijit bir yapıdadır. Bu sebepten ötürü kazı aşamasında oluşacak çift eksenli deplasmanlar diğer istinat duvarlarına nazaran oldukça düşük olur. Genellikle duvar kesitleri atar ve bu sebepten maliyet de yükselir.

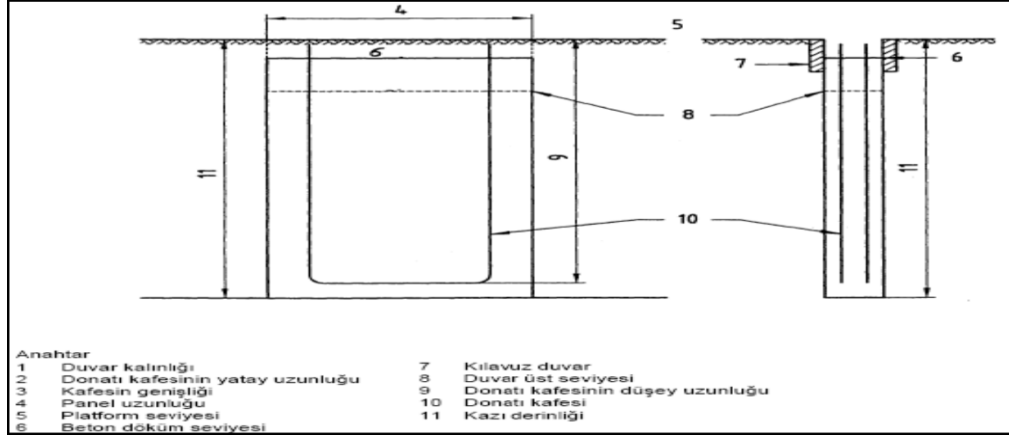
#### **1.1.3.2. Yapım yöntemi**

Diyafram duvarların imalatına başlamadan önce uygulanacak olan bölge üzerinde duvar kalınlığına bağlı olarak ara mesafesi belirlenmiş kılavuz duvarlar kullanılır (Şekil 1.2).

Kılavuz duvarlar iki şekilde imal edilebilir. Bunlar yerinde uygulanan betonarme ya da prekast olarak uygulanabilir. Kılavuz duvarların:

- Aslında diyafram duvarın doğru konumda uygulanmasını sağlamak,
- Kazma işlemi ekipmanına kılavuzluk görevi yapmak,
- Kazma işlemi sırasında kullanılan bulamaç çamuru için bir rezervuar görevi görmek,
- Donatı kafesinin kendine ait konumda asılı kalabilmesini sağlamak için sabit bir destek olmak,

gibi birçok işlevi vardır.

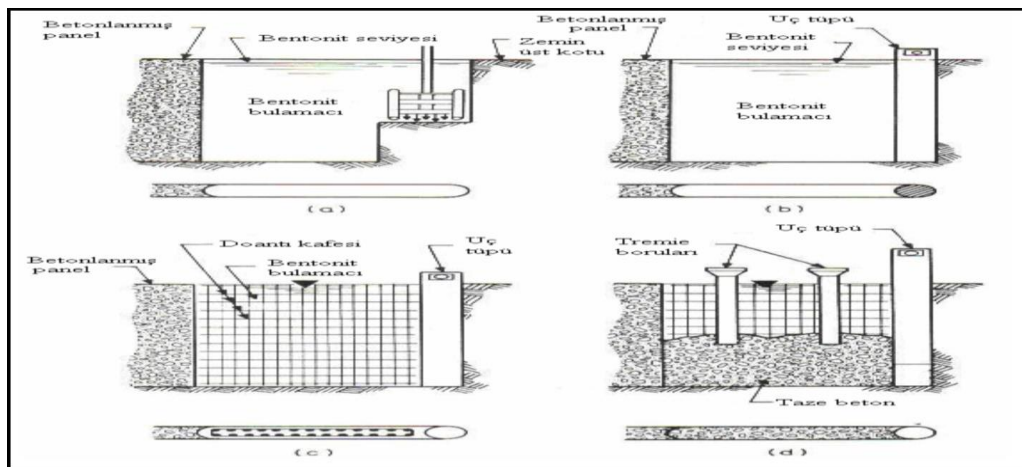


Şekil 1.2. Diyafram duvara ait panel geometrisi [9]

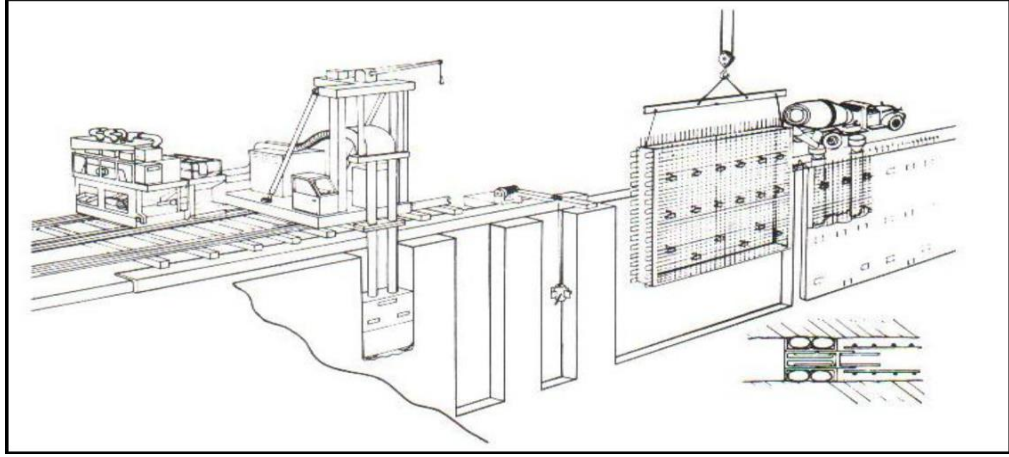
Panele ait uzunluk arttıkça birleşim noktası azalacağından sızdırmazlık derecesi daha fazla olur. Bu uzunluğun artmasının beton dökme süresini etkileyerek soğuk derz oluşma ihtimali oluşturması bazı olumsuzluklara sebep olabilir. Bundan ötürü panele ait uzunluklar genel olarak 3,5 ile 4,5 m olarak tercih edilirler [7].

Diyafram duvara ait imalatlarda hem freze ile panel kazısı yapılırken hem de özellikleri Şekil 1.3.a 'da gösterilen bentonit bulamacı ile stabilitesi sağlanır (Şekil 1.3.a). Bu işlemden sonra komşu iki panelin birbirine bağlanması için panellerin uçlarına tüpler yerleştirilir (Şekil 1.3.b). Hemen sonrasında önceden hazırlanan donatı kafesi kuyuya yerleştirilir (Şekil 1.3.c). Tüm bu işlemler bittikten sonra tremie borusu kullanılarak panele beton dökülür (Şekil 1.3.d).

Diyafram duvara ait olan imalat aşamaları aşağıda verilmiştir.



Şekil 1.3. Diyafram duvar imatları dört bölümden oluşmaktadır: (a) Kazı imalatı, (b) Tüplerin yerleştirilmesi, (c) Donatı kafesinin uygulanması, (d) Beton dökme işlemi [7]



Şekil 1.4. Diyafram duvarın imalat süreci

Şekil 1.4 ‘de diyafram duvar imalatı sırasında uygulanan anolar görülmektedir [7].

### 1.1.3.3. Bentonit bulamacı ve özellikleri

Yer altı suyu seviyesinin yüksek olduğu bölgelerde yapılan kazı sırasında çıkan malzemenin yerine kuyuyu doldurup stabilitesinin sağlamak için bentonit bulamacı kullanılır. Bentonit bulamacının özellikleri şartnamede belirtildiği üzere Tablo 1.1 ‘deki gibi olmalıdır [9].

Tablo 1.1. Bentonit süspansiyonun özellikleri [9]

Özellik	Kullanım Safhaları		
	Taze	Tekrar Kullanım İçin Hazır	Betonlamadan Önce
Birim Hacim Kütlesi	< 1,10	< 1,25	< 1,15
Marsh Değeri (s)	32 - 50	32 - 60	32 - 50
Akışkan Kaybı (ml)	< 30	< 50	-
pH	7 - 11	7 - 12	-
Kum Muhtevası (%)	-	-	< 4
Filtre Keki (mm)	< 3	< 6	-

### 1.1.4. Palplanş

#### 1.1.4.1. Genel

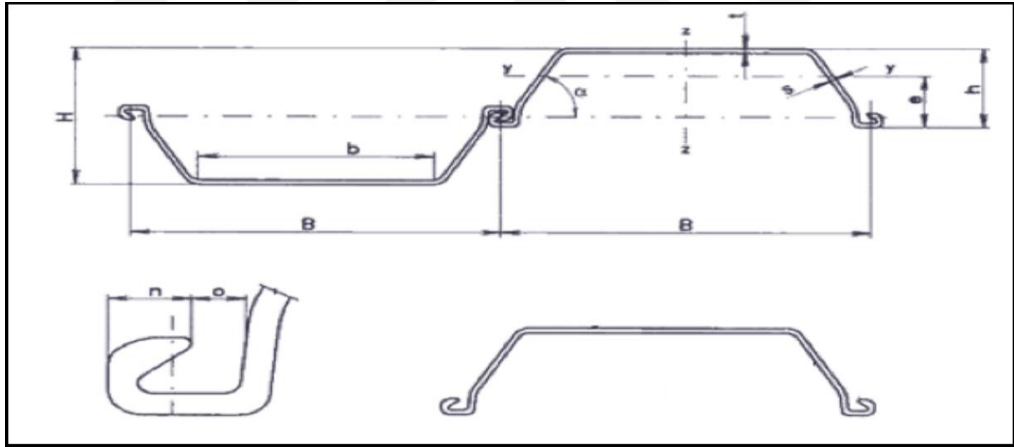
Zeminin kazıya izin vermediği durumlarda, zemini kazıya müsait duruma getirmek için kullanılan yöntemdir. Palplanşlar zemine ekskavatörlere hidrolik çakıcılar takılmak suretiyle çakılır. Palplanş zemine gerekli kazı ölçüsüne göre çakılabilir. Kazıya elverişli olmayan yumuşak zeminlerin göçmesini engellemek için palplanş kullanılır. Palplanş istinat için kullanılacağı gibi su izolasyonu içinde kullanılabilir.

Serbest kazıya izin verilmeyen durumlarda kullanılan palplanşlar genellikle 6-8-10-12 metre boylarındadır.

Palplanşlar çelik, beton ve ahşap olarak hazırlanabilirler. Çelik olan palplanşlar ağır olmalarına karşın en çok mukavemete sahip oldukları ve yeniden kullanılabilirdikleri için uygulamada daha çok kullanılırlar.

#### 1.1.4.2. Yapım yöntemi

Palplanşlardan çelik olanları diğerlerine nazaran daha fazla dayanıma sahip oldukları ve tekrar kullanılabilmeleri sebebiyle tercih edilirler. Derin kazıların yanı sıra kıyı yapılarının oluşturulmasında da kullanılan perdeler yanal yüklerin büyük bir kısmını karşılayabilmektedirler. Kazı derinliğinin az olduğu yerlerde konsol olarak; fazla olduğu kazılarda ise ankrajlı ya da destekli olarak oluşturulurlar (Şekil 1.5). Narin bir yapıda olan palplanşlar, sert zemin içerisinde çakma zorlukları oluşturabilecekleri için tercih edilmezler.



Şekil 1.5. Örnek bir palplanş perde birleşim detayı [11]

#### 1.1.4.3. Avantaj ve dezavantajları

Palplanşlar diğer sızdırmazlık perdeleriyle karşılaştırıldığında tekrar kullanılabilmeleri büyük avantaj sağlar. Diyafram duvarlarda bentonit tankına ihtiyaç durulduğundan ek bir alan gerekirken palplanşlarda bu şekilde ek alan işgal eden ünitelere ihtiyaç duyulmaması da avantajları arasında yer alır.

Palplanş perdeler çakılırken fazlaca gürültü açığa çıkardığında çevre için olumsuz etki oluşturması sebebiyle şehir içi kullanım için çok tercih edilmemektedirler. Şehir içi

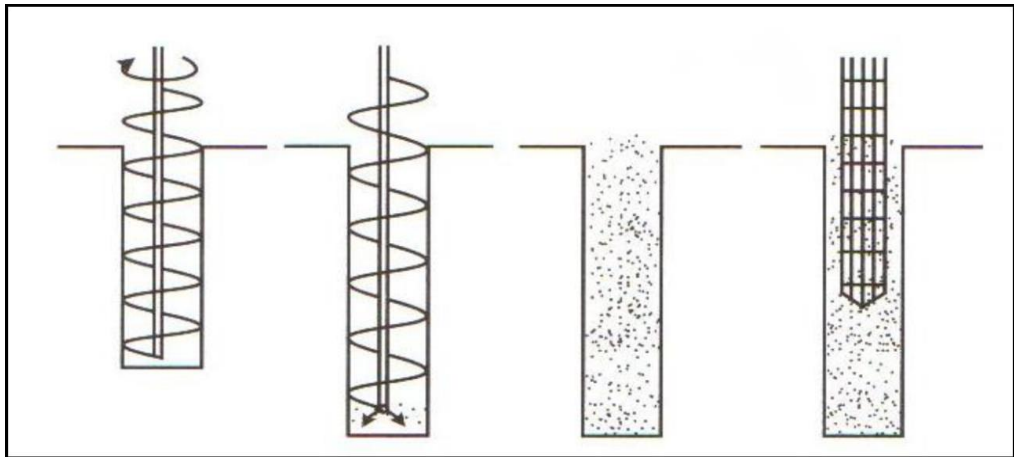
binaların sık olmasından dolayı imalattan sonra geri çıkarılması için gerekli ekipmana ait çalışma alanı yeterli olmadığı için sıkıntılar çıkabilmesi ihtimali palplanş tercihini azaltan etkenlerdendir. Diğer bir dezavantajı ise zorlu zemin koşullarında palplanş perdenin sürülmesi sırasında hasar alarak yırtılma ihtimali olmasıdır. Palplanşların diğer istinat duvarı yapılarına göre daha az rijitliği olduğundan deplasmanların artabilecek olması dezavantajları arasında yer almaktadır.

### 1.1.5. Kazıklı istinat duvarı

#### 1.1.5.1. Genel

Fore kazık imalatında uygulanan diğer yöntemlerden biri ise oyuk gövdeli auger ile delgi sonrası augerin içinden verilen basınçlı enjeksiyonla kuyu içinde kalan artıkların dışarı atılıp kuyunun enjeksiyonla dolması sağlanır ve donatı kafesi veya çelik profil kuyuya indirilir. Bu tip kazıklarda çap 30 ile 60 cm arasında değişmektedir. Konuyla ilgili resim Şekil 1.6 'da görülmektedir [10].

Fore kazık uygulaması yapılan istinat duvarlarında diğerlerine göre avantaj olarak sayılabilecek özellikler arasında diğerlerinde açığa çıkan gürültünün olmaması yer alabilir. Aynı zamanda kazıkların istenilen boylarda imal edilebiliyor olması ve istenilen derinliğe ulaşabiliyor olmasıyla birlikte rijitliğin fazla olması da avantajları arasında yer almaktadır. İmalatların diğerlerine nazaran uzun sürebilmesi imalat süresini uzattığından bu özelliği diğer istinat duvarlarına göre dezavantaj sağlamaktadır. Görevini başarılı bir şekilde yerine getirebilmesi büyük ölçüde işçiliğe bağlı olması da dezavantajları arasında yer almaktadır [10].



Şekil 1.6. Yerinde enjeksiyonlanan kazıklar [10]

İmal edilme şekillerine ve dizilimlerine göre teğet kazıklar, karışık dizilime sahip kazıklar, kesişen kazıklar ve bağımsız dizilim olmak üzere 4 'e ayrılırlar.

#### **1.1.5.2. Bağımsız dizilime sahip kazıklar**

Birbirlerine bağılı olmadan yapılan bu kazıklar kazı seviyesinden aşağıda bulunan yer altı su seviyesinin bulunduğu yerlerde uygulanırlar. Tercih edilmelerinin en önemli etkeni ekonomik ve hızlı olarak imal edilebilmeleridir. Bu kazıklar imal edilirken fazlaca gürültüye sebep olmamaktadırlar.

Bağımsız dizilime sahip kazıklar granüler zeminler, kohezyonlu zeminler, kayalar (sağlam kayalarda karotiyer kullanma şartıyla) için uygundur. Bununla beraber, yumuşak killer ( $c_u < 10 \text{ kN/m}^2$ ) ve zayıf organik zeminler için uygun değildir [10].

#### **1.1.5.3. Teğet kazıklar**

Bu kazıklar, öncelikle birincil kazıklar olarak adlandırılan kazıkların aralarına daha sonra bunlara teğet olarak yapılan ve ikincil kazıklar olarak adlandırılan kazıkların S şeklini oluşturarak bir doğru üzerinde imal edilmeleriyle oluşurlar.

Yer altı sularının yoğun bulunduğu alanlarda teğet kazıkların imalatı kesişen kazıklardan daha kolay olduğundan tercih edilmektedirler. Fakat sızdırmazlıkları az olduğundan sızdırmazlığı sağlamak için kazıkların arasına ek olarak enjeksiyon uygulanabilmektedir [10].

#### **1.1.5.4. Kesişen kazıklar**

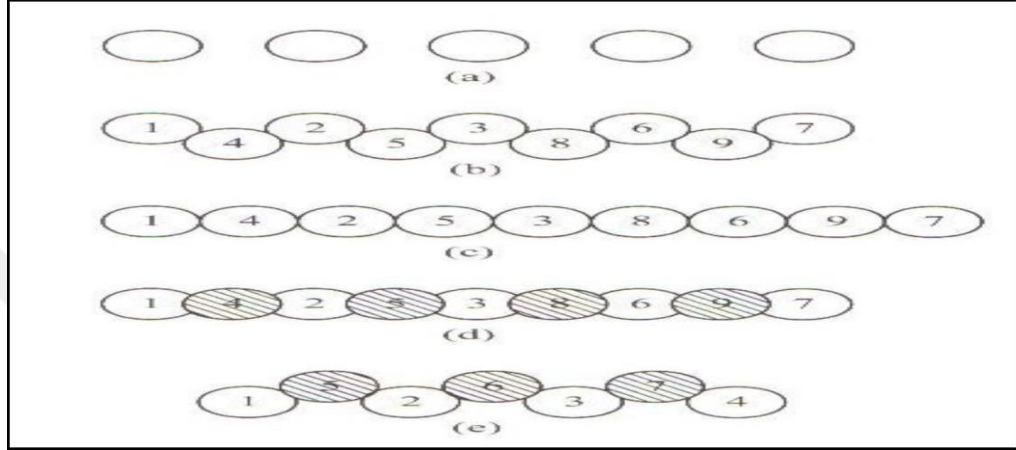
Kesişen kazıklar erkek ve dişi olmak üzere kazıkların birbirine geçmesi ile imal edilir. Bu kazıklar birincil ve ikincil olarak da adlandırılırlar. Birincil kazıklar imal edildikten sonra beton mukavemetinin tam olarak aderansını sağlaması beklenmeden ikincil kazıkların imalatı yapılır. Aksi taktirde betonun dayanımını sağlamış olması imatları zorlaştıracığından olumsuzluklar oluşabilir.

Bu sistemin uygulandığı kazıklarda dişi olarak adlandırılan kazık donatısız imal edilirken erkek olarak adlandırılan kazıklar donatı yerleştirilerek imal edilirler.

Kesişen kazık imalatı, sızdırmazlığı en iyi sağlayan kazık imalat şeklidir [10].

### 1.1.5.5. Karışık dizilime sahip kazıklar

Karışık dizilime sahip kazıklar ilk olarak bağımsız dizilime sahip kazıklara benzer şekilde yapılırlar. Daha sonra sızdırmazlığı sağlamak için bağımsız dizilime sahip kazıkların arkasında jet grout kolonları yapılır (Şekil 1.7). Burada en önemli unsur jet grout kolonlarının kaliteli olarak imal edilmesine dikkat edilmesidir.



Şekil 1.7. Bağımsız dizilim (a), Teğet kazıklar (b)(c), Kesişen kazıklar (d), Karışık dizilim (e) [10]

## 1.2. Yatay Destek Elemanları

### 1.2.1. Ön germeli ankraj

Ankrajlar; dönmeye karşı önlem alınması, kaymaya karşı emniyette kalınması, zeminlerin ön konsolidasyonu, düşey yer değiştirmelerin önlenmesi, yer altı yapılarının stabilitesi, dar olan yerlerde kazık yükleme deneylerinde ön germe sağlamak yapıların sismik stabiliteyi, barajların yükseltilmesi ve dalgakıranlar gibi alanlarda kullanılırlar. Deprem etkilerine karşı temellerin derindeki tabakalara tutturulması ve suyun kaldırma kuvvetine karşı temellerin tespiti için de ankrajlar kullanılır [11].

#### 1.2.1.1. Ankraj yapım yöntemi

##### a) Çalışma sahasının hazırlanması

Çalışma sahasında personellerin ve makinelerin verimli çalışabilmesi, kaliteli imalatlar oluşturulabilmesi ve planlanan hedeflere ulaşabilmesi için saha düzgün ve kuru tutulur. Delgi ve betonlama yapılmasında kullanılan makineler ağır olduğundan

bu makinelerin 10 cm 'den fazla batmadan çalışmalarına imkân sağlayacak biçimde düzeltilerek sıkıştırılır. Dolgu yapılırsa bu dolgular makinelerin hareketlerini ve delme işini zorlaştırmayacak şekilde uygun malzemeler kullanılarak yapılır. Makinelerin ve personellerin üstünde çalışacağı zeminin kuru tutulmasına özen gösterilir.

#### b) Zemin bilgileri

İmalat yapım yöntemleri ve uygulama projeleri zemin yapısına ait raporlara göre belirlenir. Zemin raporlarına uygun makine ve ekipman ayarlanır. Ankraj delgi makinelerinin ve kompresörün seçimi zemin bilgilerine göre belirlenir.

#### c) Çevre bilgileri

Delgiyi zorlaştıran beton ve çelik engellerden yer altında ve üstünde bulunanlar ortadan kaldırılır, çevre yapı ve altyapı kanallarının kotları belirlenip herhangi bir olumsuzluğa sebep olmayacak şekilde proje oluşturulur.

#### d) Ankrajların yerleştirilmesi ve imalat toleransları

Ankrajların yatayda ve düşeyde konumları zemine birer birer işaretlenir. Ankrajların projede verilen yerlerinde ve eğimindeki sapmalar toleransları aşamaz. Ankrajların yapılacağı yerler öncesinde yapılan ankrajları yerlerinden minimum derecede hareket ettirecek şekilde oluşturulur. Bir ankraj imalatı tamamlandıktan sonra en az 24 saat geçmeden yakın çevresinde ikinci bir ankraj imalatı yapılmaz. Eğer yakın çevresinde yapılması gereken ankraj varsa delgiler birer atlamalı yapıp daha sonrasında aradaki ankrajlar tamamlanır. İmalatlarda bu hususlara dikkat edilmeli ki herhangi bir göçme ihtimaline karşı önlem alınmış olunur.

### **1.2.1.2. Ön germeli ankrajı oluşturan yapısal kısımlar**

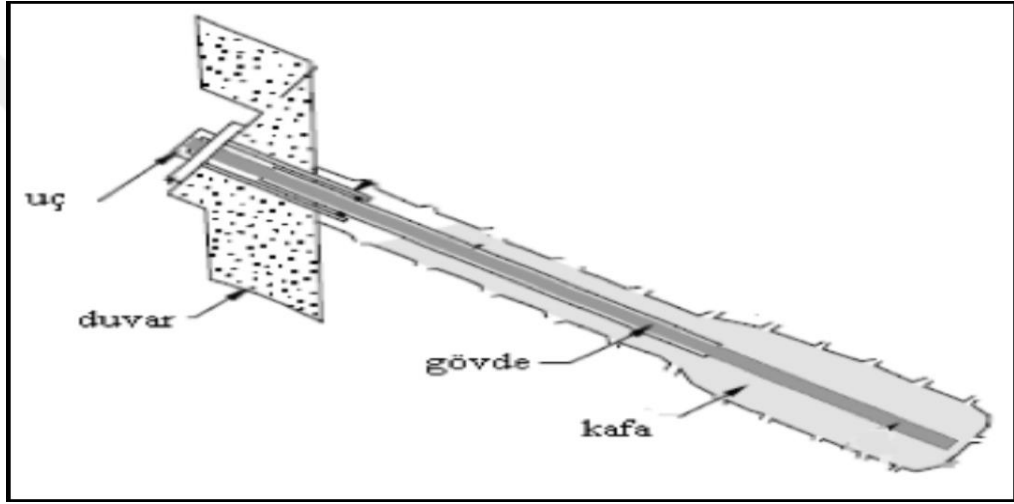
Ön gerilmeli ankrajlar üç kısımdan oluşur (Şekil 1.8), bunlar:

Ankraj Başlığı (Uç): Başlık plakasıyla beraber çalışan bu kısım ön germe kuvvetinin zemini tutan iksaya aktarılmasını sağlar.

Ankraj başlıkları, tendonu oluşturan sarmal çelik halatların tip ve adetlerine göre dizayn edilir. Ankraj tendonlarının başlık plakasına sabitlenmelerinde dişli kısaç kelepçeler – kama (grip) kullanılır.

Serbest Tendon (Gövde): Ankrajların kök kısmı ile başlık kısmını bağlayan, yani ön germe kuvvetini kök bölgesine aktaran ve artan gerilmeyle beraber elastik uzama gösteren kısımdır.

Ankraj Kökü (Kafa): Enjeksiyon yapılarak oluşturulan, enjeksiyon – zemin aderansı ile ön germe kuvvetinin sağlam zemine aktarılmasını sağlayan kısımdır.



Şekil 1.8. Ankraj kesiti [11]

### 1.2.1.3. Ön germeli ankraj imalatı

- İksa uygulanan yüzeyde, zeminin yapısına bağlı olarak anolar halinde kazı yapılır ve mevcut hafriyat kazısı ankraj delgilerinin yapılabilmesi için delgi alt kotundan makinenin rahatça çalışabilmesi için biraz daha derin yapılır.
- Ankraj imatları projede belirtilen boyda, çapta ve eğimde delikler açılarak yapılır.
- Delme işi bittikten sonra imalatı sahada yapılan ankraj demeti kirlenmeden ve örselenmeden kuyu içerisine yerleştirilir.
- Enjeksiyonlama yapıldığı sırada kuyu ağından basınçlı şekilde dışarı gelene dek devam ettirilerek kök bölgesi temiz ve yeterli mukavemette yapılır.
- Ön germe işlemi uygulanacak olan ankrajın yükleri zemin bölgesine ulaştırabileceği betonarme ya da çelik iksa yüzeyleri imal edilir.
- Ardından ankrajlara ön germe işlemi uygulanır.

#### **1.2.1.4. Delgi metotları**

Delgi yapım metotları; yapılacak alanda bulunan malzemelerin miktarı ve cinsi, delginin uygulanacağı zemin ve kaya özellikleri ile birlikte kullanılan ekipman ve makine özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Kohezyonlu olan zeminlerde sondaj sıvısı ile yapılan delginin, gücünde meydana getirdiği azalma dikkate alınır.

Yukarıda belirtilen teknik özellikler dikkate alınarak aşağıdaki yöntemlerden uygun olan biri seçilip uygulanarak delgi yapılabilir.

- Üstten vurmali çekiç (top hummer) yardımı ile delgi (hava veya köpük gereklidir).
- Kaya matkabı (rock bit) yardımı ile delgi (hava veya su gerekebilir).
- İçten vurmali çekiç (down the hole hammer) yardımı ile delgi (hava veya köpük gereklidir) [Bu metot genel olarak kaya delinmelerinde uygun bulunarak kullanılır].
- Burgu (auger) kullanılarak delgi (hava gerekebilir).
- Sondaj kılavuzu borusu (muhafaza borusu) (casing) ile delgi (Bu sistemde muhafaza borusu delik çeperlerindeki olası bir çökmeyi engellediği gibi ayrıca da matkap/burgu ucunun ilerlemesini kolaylaştırır. Kılavuz zarf borunun dönüş istikameti, döner matkap ucunun dönüş istikametinin tersinedir.) Ankraj için açılmış olan sondaj deliklerinde kök kısmının ayrıca büyütülmesi ve düzenlenmesi işlemi daha sonra uygulanan bir delgi işlemidir. Bu metot killi zonlarda zemine aktarılan ankraj gerilme kuvvetini pekiştirmek için kullanılır.

#### **1.2.1.5. Ankraj demetinin hazırlanması ve yerleştirilmesi**

- Dayanımı yüksek olan gevsemeye karşı önlemi alınmış 7 adet telli 0,5, 0,6 ya da 0,7 çaplarında sarmal çelik halatların projesine göre 2-7 adet aralında ya da daha fazlası yan yana getirilir.
- Bu halatlar 80 – 100 cm germe krikosunun kavrayabileceği kadar uzun olacak şekilde projeye uygun boylarda kesilir.
- Çimento enjeksiyonunun bağlanmaması için polietilen enjeksiyon hortumlarının içerisinden geçirilir.
- Ankraj kök bölgesinde bulunan halatların etrafının tamamının çimento enjeksiyonu ile bağlanabilmesi için genellikle plastik olan dağıtıcılar veya ayırıcılar ile demet haline getirilmesi gerekir.

- Ankrajlar kalıcı olarak kullanılacaksa korozyona karşı yüzeyleri korunur ve kılıflar yardımıyla örselenmeye karşı önlemler alınır.
- Ankrajlar deliklere dışarıda krikoyu payı bırakılacak şekilde temizlenip yerleştirilir.
- Halatların deliğinin içinde tük delik boyunca ortalanması sağlanır.
- Ankraj halatları deliklere yerleştirildiği sırada burulmadan yerleştirilmesine dikkat edilir. Aksi takdirde burulma olduğunda halatlara germe sırasında yüklenecek olan yükler fazla gelip kopmalarına sebep olur.

#### **1.2.1.6. Ankraj demetinin enjeksiyonlanması**

Ankrajların kökü için gerekli olan tutunma dayanımı enjeksiyon yardımıyla sağlanır.

Enjeksiyon olarak adlandırılan karışımda ağırlıkça 0,45 oranında su/çimento oranı bulunur. Bunun için enjeksiyon pompası – dinlendiricisi – mikseri kullanılır. Enjeksiyon karışımı hazırlandıktan sonra mikserde karıştırılıp dinlendiriciye alınır ve düşük devirde dinlendirilir. Hazırlanan enjeksiyon hortumlar yardımıyla delik ağzından halatlarla birlikte derine indirilen polietilen hortuma bağlanır ve 1-3 bar basınçla deliğinin içine aktarılır. Ankraj için delinen kuyu ağzından enjeksiyon taşması tamamlandığını anlamamız için yeterli bir durumdur. Eğer kuyu içinde kaçak varsa enjeksiyonun biraz prizini alması beklendikten sonra bir enjeksiyon işlemi daha yapılır. Bu durum tekrar enjeksiyon alışı kesilmediği takdirde tekrarlanır.

Eğer ankrajlara erken süreli bir germe işlemi uygulanacaksa enjeksiyon içinde özel priz hızlandırıcı katkı maddeleri kullanılır.

#### **1.2.1.7. Betonarme imalatlar**

Betonarme imalatlar için gerekli olan hafriyat alım işleri ölçüm ekibi eşliğinden haritacılar yardımıyla yapılır. Ankraj delgisi yapılabilmesi için ankraj kotundan 60 cm derinlikte, kuşak kirişi imalatı yapılacaksa kuşak kirişi alt kotuna kadar kazı yapılır. Kuşak kirişi imalatı için iksanın önüne 1 metre genişlikte, ankraj delgisi için iksanın önüne makinenin paletlerinin düzgün ve sabit bir şekilde oturabileceği bir platform yapılır.

Betonarme imalatlar için gerekli olan donatılar yerinde ve temizlenerek montajı yapılır.

Bunlar kirişlerden oluşmakta ise hazırlanan donatı kafesinin ahşap ya da çelik kalıplar önüne yerleştirilerek imalatı yapılır.

Betonarme imalatlar kalıplar yardımıyla sabitlenir ve vibrasyon yardımıyla sağlıklı bir şekilde yerleştirilerek tamamlanır.

#### **1.2.1.8. Ön germe işlemi yapılması**

Ankrajlara enjeksiyon işlemi yapıldıktan sonra en az 6 gün beklenecek germe işlemi yapılır. Eğer priz hızlandırıcı katkı maddeleri kullanıldıysa bu işlem biraz daha öne çekilir. Ankrajlara germe işlemi uygulanırken mutlaka atlamalı yapılır. Kuşak kirişi betonlama işlemi yapıp mukavemetini alma süresi beklendikten sonra projede belirtilen şekilde plaka ve başlıklar halatların kuşak kirişinin hemen önünde kalan kafa kısmı olarak adlandırılan bölgeye yerleştirilir. Halatlar germe krikosu yardımıyla sabitlenerek germe işlemine başlanır.

#### **1.2.2. Zemin çivisi**

Zemin çivisi imalatı, kazı yapılacak olan yüzeylere destek olması ya da şev stabilitesi sağlayabilmek için yapılan duvar niteliğindeki yapılarda kullanılır. Bu imalatlar ön germe işlemi uygulanmadığından dolayı hareket olmadığı durumlarda çivilere herhangi bir yük gelmez.

##### **1.2.2.1. Zemin çivisi yapım yöntemi**

###### **a) Çalışma sahasının hazırlanması**

Çalışma sahasında personellerin ve makinelerin verimli çalışabilmesi, kaliteli imalatlar oluşturulabilmesi ve planlanan hedeflere ulaşabilmesi için saha düzgün ve kuru tutulur. Delgi ve betonlama yapılmasında kullanılan makineler ağır olduğundan bu makinelerin 10 cm 'den fazla batmadan çalışmalarına imkân sağlayacak biçimde düzeltilerek sıkıştırılır. Dolgu yapılırsa bu dolgular makinelerin hareketlerini ve delme işini zorlaştırmayacak şekilde uygun malzemeler kullanılarak yapılır. Makinelerin ve personellerin üstünde çalışacağı zeminin kuru tutulmasına özen gösterilir.

###### **b) Zemin bilgileri**

İmalat yapım yöntemleri ve uygulama projeleri zemin yapısına ait raporlara göre belirlenir. Zemin raporlarına uygun makine ve ekipman ayarlanır. Ankraj delgi makinelerinin ve kompresörün seçimi zemin bilgilerine göre belirlenir.

#### c) Çevre bilgileri

Delgiyi zorlaştıran beton ve çelik engellerden yer altında ve üstünde bulunanlar ortadan kaldırılır, çevre yapı ve altyapı kanallarının kotları belirlenip herhangi bir olumsuzluğa sebep olmayacak şekilde proje oluşturulur.

#### d) Zemin çivisi yerleştirilmesi ve imalat toleransları

Pasif ankrajlar yatayda ve düşeyde konumları zemine birer birer işaretlenir. Pasif ankrajların projede verilen yerlerinde ve eğimindeki sapmalar toleransları aşamaz. Pasif ankrajların yapılacağı yerler öncesinde yapılan ankrajları yerlerinden minimum derecede hareket ettirecek şekilde oluşturulur. Bir ankraj imalatı tamamlandıktan sonra en az 24 saat geçmeden yakın çevresinde ikinci bir ankraj imalatı yapılmaz. Eğer yakın çevresinde yapılması gereken ankraj varsa delgiler birer atlamalı yapıp daha sonrasında aradaki ankrajlar tamamlanır. İmalatlarda bu hususlara dikkat edilmeli ki herhangi bir göçme ihtimaline karşı önlem alınmış olsunur.

#### **1.2.2.2. Zemin çivisi/kaya bulonu delgi metotları**

Delgi yapım metotları; yapılacağı alanda bulunan malzemelerin miktarı ve cinsi, delginin uygulanacağı zemin ve kaya özellikleri ile birlikte kullanılan ekipman ve makine özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Kohezyonlu olan zeminlerde sondaj sıvısı ile yapılan delginin, gücünde meydana getirdiği azalma dikkate alınır.

Bu pasif ankrajlar iki farklı isimle adlandırılır, bunlar zemin çivisi ve kaya bulonudur.

- Zemin çivisine etkiyen üst tabaka gerilmesi,
- Zemin çivisi ebatları,
- Zemin çivilerinin toprak veya kaya ile aderansı,
- Zemindeki suyun durumu, deşarjı,
- Yatak tabanının durumu ve zemin çivisini çevreleyen toprağın/kayanın nitelikleri,
- Enjeksiyon basıncı ve enjeksiyon miktarı,

Gerekli tetkik kontroller yapıldıktan sonra elde edilen veriler ışığında görülen teknik özellikler dikkate alınarak aşağıdaki yöntemlerden uygun olan biri seçilip uygulanarak delgi yapılabilir.

- Üstten vurmalı çekiç (top hummer) yardımı ile delgi (hava veya köpük gereklidir).
- Kaya matkabı (rock bit) yardımı ile delgi (hava veya su gerekebilir).
- İçten vurmalı çekiç (down the hole hammer) yardımı ile delgi (hava veya köpük gereklidir) [Bu metot genel olarak kaya delinmelerinde uygun bulunarak kullanılır].
- Burgu (auger) kullanılarak delgi (hava gerekebilir).

### **1.2.2.3. Zemin çivisi hazırlanması ve yerleştirilmesi**

Zemin çivisi delginin içinde ortalayıcı ile donatılmış, hava delikleri ve polietilen enjeksiyon hortumu ile birlikte projede yapılan hesaplar ışığında çapı belirlenen bir adet yapı çeliğine bağlanarak delgi yapılan kuyunun içine yerleştirilir. Bunlar korozyon oluşma ihtimaline karşı oluklu kanallar ile korunur. Bunların kuşak kirişi veya istinat duvarlarına bağlanması başlık plakaları yardımıyla olur.

Donatı, kompresör yardımıyla temizlenmiş veya çimento enjeksiyonuyla yıkanmış deliklere yerleştirilir. Zemin yapısı killi olan bölgelerde delme işlemi sırasında su kullanılması taşıma gücünü zayıflatabilir, bunun problem oluşturmaması için çimento enjeksiyonunun sağlıklı olmasına dikkat edilir.

### **1.2.2.4. Zemin çivisi enjeksiyonlanması**

Pasif ankrajların zemin içinde tutunmasını sağlamada en yaygın ve güvenilir metot çeperlerine çimento enjeksiyonu püskürtmektir. Püskürtülen bu enjeksiyon korozyon oluşmasına karşı güvenilir bir koruma ve iyi derecede tutunma dayanımı sağlar.

Bu aşamada en yaygın kullanılan enjeksiyon malzemeleri portland çimentosu ve sudan oluşur. Bazı özel durumlarda katkı malzemeleri de kullanılır. Karışım 0,5 oranında, olduğunca yüksek kıvamlı hazırlanarak uygulanır.

Pasif ankraj uygulama yapılan deliğe yerleştirilmeden önce kuyu içinde enjeksiyonlama işlemi yapılır. Kalıcı olan zemin çivisi imalatlarında setin deliğe yerleştirilmeden önce tamamlanır. Enjeksiyonlama işleminden hemen sonra pasif

ankraj kuyuya yerleştirildiği esnada zarar görmeyeceği anlaşıldığında deliğe yerleştirilip pasif ankraj çevresi enjeksiyonlanır.

### 1.2.3. Strut

İksa yapılarında ankraj delgisi yapımının mümkün olmadığı yerlerde zemin çivilerine ek destek olarak strut (boru destek) imalatı yapılır. Genelde metro şantiyeleri gibi çalışma alanlarının şehir içinde ve dar alanlarda olduğu durumlarda strut imatları yaygın olarak kullanılmaktadır. Projeye göre rijitliğin zayıf olduğu alanlarda iksa sistemi dayanımını artırmak için imal edilir. Projede imal edilen düşey tutuculara yatayda destek vermek amacıyla kullanılan strut boruları, düşey tutuculara karşılıklı olarak kaynak yardımıyla sabitlenen plakalara tekrar kaynak yardımıyla sabitlenerek oluşturulur. Bu plakalar proje nezdinde kuşak kirişine, başlık kirişine veya betonarme perdelerle sabitlenebilir. Şekil 1.9. 'da başlık kirişine desteklenmiş örnek bulunmaktadır.



Şekil 1.9. Strut (boru destek) imalatına örnek olan bir görsel [16]

## 1.3. İnklinometre Okumaları

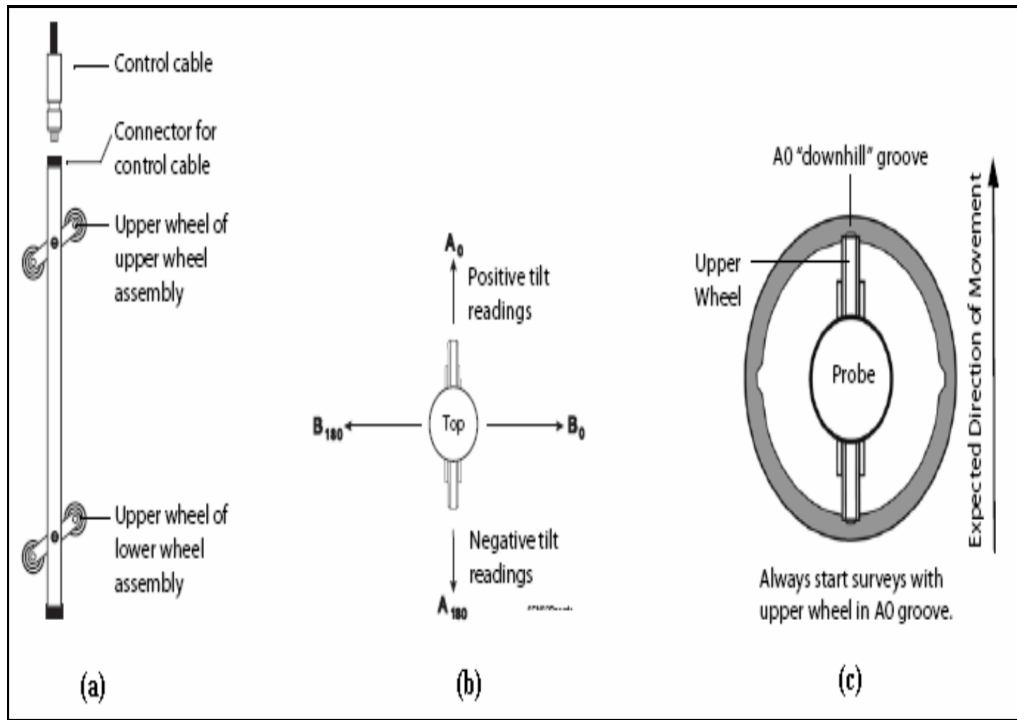
### 1.3.1. Genel

İnklinometre okumaları iksa imalatı aşamalarında yapıya ait aksenal deplasmanları ya da sapmaları ölçmek için yapılır. Bu okumalar inklinometre adı verilen cihaz

yardımıyla yapılır. Yalnızca bir tane inklinometre cihazı kullanılarak fazla sayıda ölçüm alınabildiği gibi aynı zamanda ölçüm hassasiyeti fazla olmasından ötürü kütlelerde ve zeminde oluşabilen çok küçük hareketleri dahi kaydedebilir. Ölçüm yapılırken dikkatli olunmalıdır. Ölçüm yapıldığı esnada oluşan ciddi boyutta bir kaya hareketi inklinometre cihazının kuyu içinde kalmasına sebep olabilir.

### 1.3.2. Cihaz özellikleri

İnklinometre cihazı probe olarak adlandırılan deplasman algılayıcısı, deplasman ölçümlerini kaydeden cihaz ve probe ile kayıt cihazı arasındaki iletimi sağlayan bağlantı kablосundan oluşur (Şekil 1.10). Algılayıcı ucunda iki adet tekerlek bulunur. Bu tekerleklerin gövde kısmı çelikten oluşur. 4 adet kanalı bulunan dairesel boru içinde hareket eden algılayıcı probe yapılan ölçümleri elektriksel yolla kayıt cihazına göndererek grafik formlara dönüştürür.



Şekil 1.10. (a) Ölçüm cihazı, (b) Ölçüm eksenleri, (c) Kılıf içindeki probenin görünümü

### 1.3.3. Okuma metodu

Çift eksenli deformasyon ölçümü yapılabilmesi için öncelikli olarak kuyu açılır. Bu kuyunun deforme olmaması için ve borunun kendi etrafında hareketini engellemek

amacıyla borunun çevresi çimento enjeksiyonu ile doldurulur. İnkline borusunun içinde bulunan ve birbirine dik olan 4 adet oluk  $A^+$ ,  $A^-$ ,  $B^+$ ,  $B^-$  eksenini kabul görür. Probenin kolay hareket edebilmesi ve de eksenlerdeki deformasyonların daha hassas ölçülebilmesi için oluklardan biri referans yönü olarak muhtemel hareket yönü ile aynı doğrultuya getirilir. Buna uygun şekilde yerine montajı yapılan 3 m boyundaki inklinometre boruları birbirine eklenip projede belirtilen derinliğe kadar indirilir. Boruların montajı tamamlandıktan sonra çevresi çimento şerbeti ile doldurulur. Çimento enjeksiyonu donduktan sonra referans okuması olarak da adlandırılan baz okuması yapılır. Okumaya başlarken probenin en üstte bulunan tekerleği muhtemel deplasman yönüne getirilip bağlantısı sağlandıktan sonra kuyu derinliğine doğru dikkatli ve yavaş olacak şekilde indirilir. Hassas bir ölçüm yapılabilmesi için probe kuyunun en derin noktasına temas ettirilir. Probe daha sonradan ne sıklıkla okuma yapılması isteniyorsa o kadar mesafe aralığı sağlanarak kablodan çekilip kısa süreyle sabitlenerek okumalar yapılır. Bu mesafenin genel olarak algılayıcı uzunluğu kadar (50 cm) alınması hassasiyet adına sağlıklı bir okumaya fayda sağlar. Okumaların iletiği kayıt cihazı ekranında bulunan değerler alete kaydedilir. Kuyu başına gelene kadar yarım metre arayla bu işlem devam eder ve çift eksenli değerler kayıt altında tutulur. Genellikle referans okuması yapıldığı günden birkaç gün sonra ilk okuma yapılır. Diğer okumalar planlamaya bağlı olarak periyodik bir şekilde tekrarlanır.

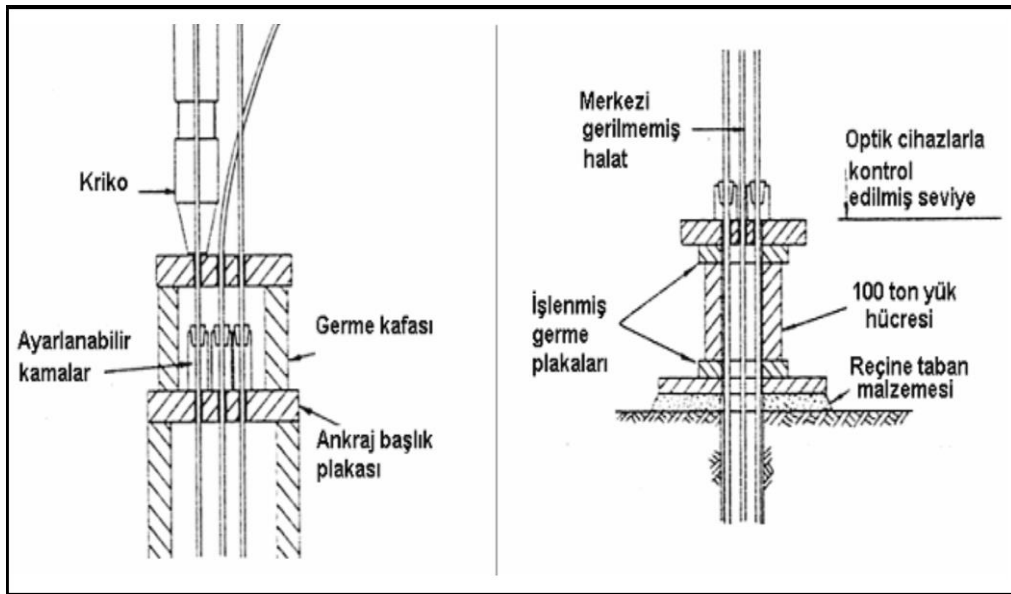
#### **1.4. Optik Okuma**

Harita biriminde yaygın olarak kullanılan optik okuma cihazları sayesinde iksa cephelerinde sıfır okumaları yapılır. Bu sıfır okumaları yapıldığı bölgelere optik okuma yapılabilmesi için işaretler bırakılır. Bu işaretler periyodik olarak düzenli bir şekilde okunur. Bu sayede deplasman ölçüleri hassas bir şekilde ölçülebilir. Risk teşkil eden durumlarda herhangi bir kazaya sebebiyet vermeden gerekli önlemler alınabilir.

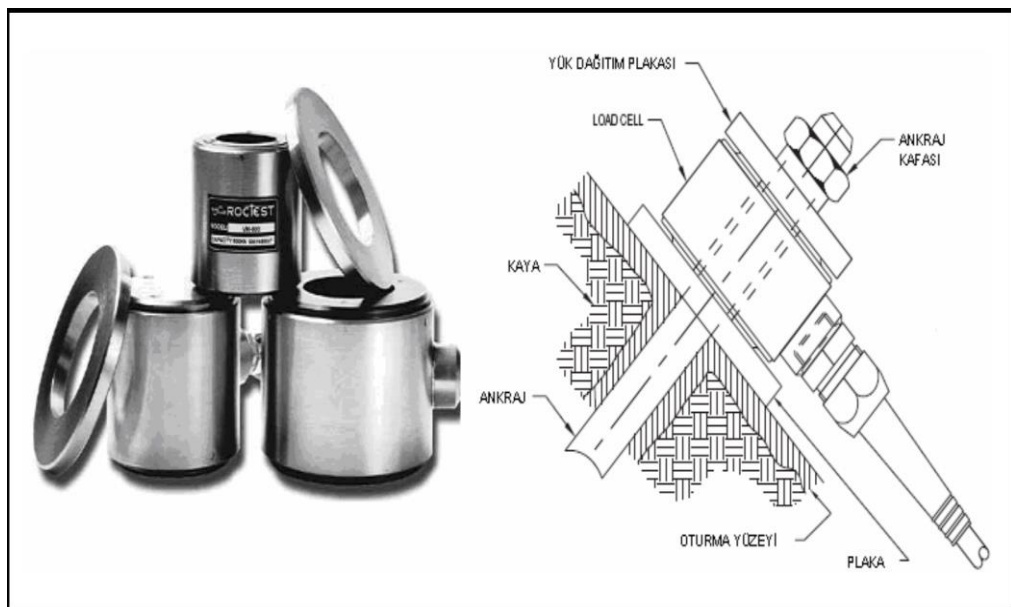
#### **1.5. Ankraj Yük Hücresi Okuma (Load-Cell)**

Yük ölçümü, ankrajların izlenmesinde genel bir işlemdir. Yük hücresi seçiminde, yükün büyüklüğüne, aralığına, doğruluğuna ve çevre koşullarına önem verilmelidir. Kalibrasyon, uzun süreli dayanımı ve yükün eksantrisitesi de titiz bir şekilde göz önüne alınmalıdır. Piyasada çeşitli tipte yük hücreleri bulunmaktadır (mekanik, fotoelastik, strain gauge hücresi, titreşen telli yük hücresi, dolaylı yöntem ve diğer özel

yöntemler). Detaylar Hanna tarafından verilmiştir (1973). Yük ölçümünün en genel yöntemi, tendonun üzerinden geçirilerek ankraj germe plakasıyla yapı arasına sıkıştırılmış silindirik biçimli yük hücresi kullanılmasıdır (Şekil 1.11). Germe plakasının yük hücresi yüzeyine uygun olması ve çok telli tendon kullanılması halinde yük hücresinin alt yüzeyinde halatlar arasında uygun bir merkezleyici kullanılması zorunludur. Yük hücreleri kötü çevre koşullarından etkilenebilecekleri için mekanik tipler tercih edilir. Böyle hücrelerin okumaları problem yaratabilir ve uzaktan okuma sistemi tercih edilebilir. Bu nedenle titreşen telli tür hücreler kullanılmaktadır [12].



Şekil 1.11. Yük hücresi ile ankraj yükünün uzun süre izlenmesi (Barley, 1978)



Şekil 1.12. Yük hücresi ve kurulum şeması

Buradaki titreşen telli yük hücresi halka içerisinde eşit aralıklarla dağılmış üç yük algılama birimi içerir. Halat merkezleyicisi hücrenin tepesinde görülmektedir. Soldaki dağılım kutusu 3 yük hücresine uyum sağlayabilir. Ankraj kökündeki hareketi ölçmek için kullanılan en genel yöntem ankraj kökünün enjeksiyonuna gerilmiş bir tel sabitlemek ve bu teli küçük çaplı bir koruma tüpü içerisinde ankraj kafasına kadar iletmektir (Şekil 1.12). Böylece ankraj kökünün hareketi kaydedilebilir. Eğer sonuçta kesinlik isteniyorsa, böyle bir tekniğin kullanımında büyük bir özen ve deneyim gerekmektedir. Ankraj kökünün hareketinin genellikle çok küçük olduğu hatırlanmalıdır. Bundan dolayı ankraj germinin yapının yerel şekil değiştirmelerine neden olabileceği göz önünde bulundurularak, ankraj kafası yakınlarındaki bilgilerin sabitlenmesine özen gösterilmelidir. Daha basit bir yöntem de halatlardan birini germeden bırakmak ve ankraj kökünün hareketinin ölçümünde kullanmaktır [13]. Yük hücresi ölçümleri iksaya yatay destekte bulunan ankrajların hareketini gösterebilir. Ankrajların sağlıklı olup olmadığını bilmek bizim için iksa sağlığı hakkında fikir yürütmek adına büyük önem taşır. Yük hücreleri ankraj ömrü hakkında bilgi verdiği gibi sahada ankraj germe makinesi ve krikonun sağlıklı bir şekilde çalışıp çalışmadığı hakkında da bize yardımcı olabilir. Periyodik olarak kalibrasyona gitmesi gereken makinelerde herhangi bir kalibrasyon sorunu olup olmadığını görmemize yardımcı olabilir. Loadcell bağlı ankrajda germe işlemi yapıldığı sırada ankraj germe makinesi ve loadcell yük ölçümleri birbiriyle uyduğu durumda makinelerin kalibrasyonu adına bir sıkıntı mevcut olmadığı görülür.

## **1.6. İksa Sistemlerinde Karşılaşılabilecek Sorunlar**

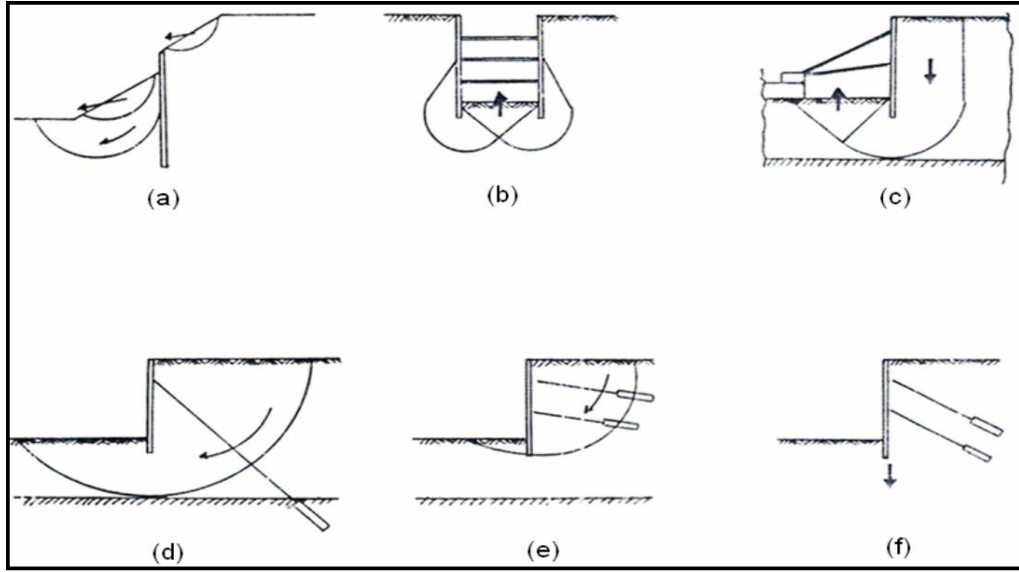
### **1.6.1. Stabilite problemleri**

Geçici ya da kalıcı olarak tasarlanan iksa sistemleri, herhangi olumsuz bir durum oluşmasına karşı yeter ki güvenlik katsayılarını sağlamalıdır.

İnşaat yapılacak olan sahanın zemin yapısının eksik olarak gösterilmesi, mevcut yapıların yanlış analiz edilmesi zemine ait özelliklerin yanlış hesaplanması, yeraltı su seviyesinde değişkenlik olması, hesaplanan aksine iksaya fazladan yük uygulanması, iksa sisteminin birbirine olan kemerleme bağlantılarının yapılamaması, iksa yüzeyinden malzemenin geçirgenli olması sebebiyle akma oluşmasından

kazılarda bir takım stabilite problemleri ortaya çıkabilir. Bu stabilite problemleri aşağıda örneklenmiştir [14].

- İksanın çevresinde oluşturulan şevin kayması (Şekil 1.13.a)
- Göçme oluşması (Şekil 1.13.c, 1.13.d, 1.13.e)
- Taban kabarması (Şekil 1.13.b)
- Düşey oturmalar (Şekil 1.13.f)



Şekil 1.13. Derin kazı alanlarında oluşabilecek stabilite problemlerine ait örnekler

### 1.6.2. Taban kabarması

Derin iksa kazısı imalatlarında kazı yapıldığı sırada çukur tabanında oluşan jeolojik yükün kalkma yönünde kuvvet uygulaması sonucunda tabanda kayma gerilmeleri artar. İksaya uygulanan yanal desteklerin sağlam olduğu kabul edilerek tabandaki kayma gerilmesinin zeminin kayma direncini aştığı anda taban kabarması oluşur (Şekil 1.13.b).

Bunun önüne geçilebilmesi kazı yapılan açıklığıyla derinliğin oranının sınır değerleri aşmamasına dikkat edilmesi gerekir.

### 1.6.3. Zemindeki yer değiştirmeler

Nüfus artışına bağlı olarak yapılarda kısıtlamalara gidilmiş ve bu kısıtlamalar doğrultusunda mevcut yapılara ayrılan alanlar verimli biçimde kullanılmaya

alışılarak binaların sınırlarına mümkün olduğu kadar yaklaşılması zorunlu kılınmıştır. Bu sebepten ötürü etraftaki yapılara zarar verilmemesi için derin kazı çalışmalarında meydana gelebilecek yer değiştirmelerde sınırlamalar yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır [8].

Kazı yapıldığı sırada zeminde meydana gelen Şekil değişikliklerinin durumuna etki eden etkenlerin bazıları aşağıda belirtilmiştir:

- Zemin yapısındaki gerilmelerden ötürü oluşan değişikliklerin etkisi
- İksa için yapılan kazı boyutu
- Kazı yapılacak olan zeminin cinsi
- Kazı yapılacak alandaki yeraltı su seviyesi
- İksa sisteminin rijitliği
- İşçilik ve uygulanacak olan imalat metotları

## **2. İKSA SİSTEMİNE ETKİYEN YÜKLER**

### **2.1. Toprak Basıncı Dağılımı**

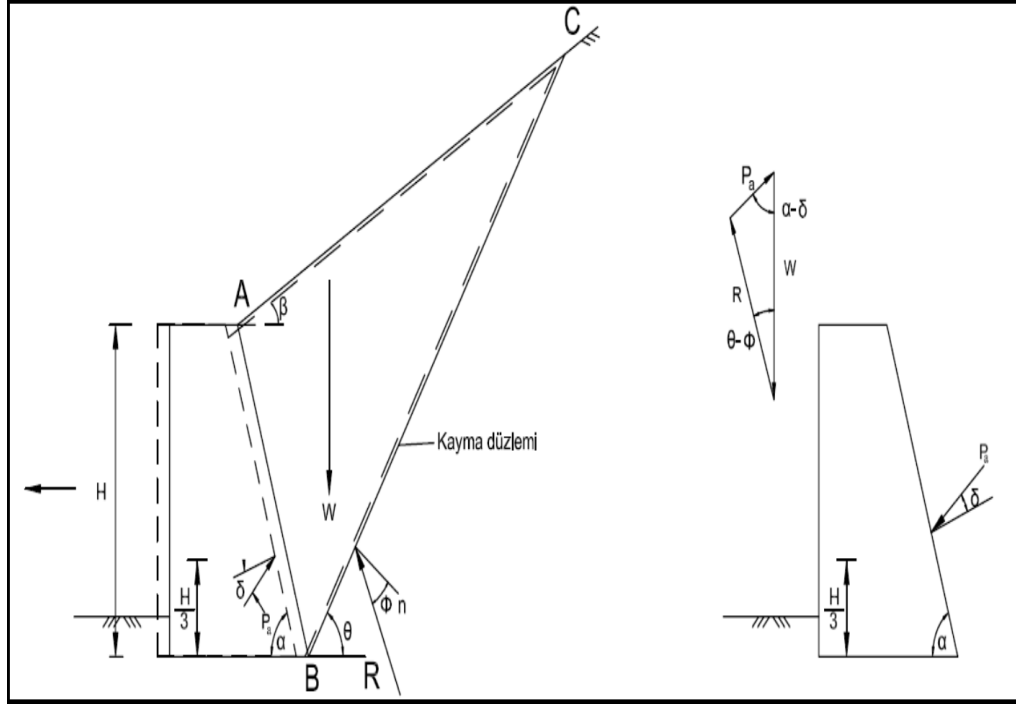
Toprağın kazılması ve uzaklaştırılması sonucunda zeminin dengesi bozulabilir. Kazı sonrasında şev eğimleri güvenlik sınırlarını aşıyorsa, zemin yanal hareket yapar. Uygulamada yapının yapılacağı arazi üzerindeki toprak alındıktan sonra kazı yapılan yüzeyin etrafı güvenle tutulabilmesi için aşırı yanal hareketin engellenmesi için iksa sistemleri geliştirilmiştir. İksa sistemlerinin projelendirilmesi ve boyutlarının oluşturulması için bu sistemlere etkiyen eksenel toprak basınçlarının bilinmesi gerekir.

Aktif toprak basıncı; iksa yüzeyine basınç uygulayan zemin kütlelerinin, iksa sistemine etkidiği anda iksanın kazı alanının içine yönelmesi sonucu oluşan toprak basıncıdır. Pasif toprak basıncı; oluşturulan iksanın hemen ardında bulunan zemini sıkıştırıp arkaya doğru hareket etmesinden ötürü zeminin iksaya ilettiği ve buna göre iksanın bir miktar zemine doğru yer değiştirmesine bağlı olarak ortaya çıkan toprak basıncıdır. Sükunetteki toprak basıncı; iksanın zemine veya zeminin iksaya göre hiçbir deplasman uygulamadığı durumda oluşan toprak basıncıdır. Aktif toprak basıncı; en az değerde olup zeminin iç kısma doğru hareket etmesi sonucunda oluşan kırılma anında meydana gelir. Pasif toprak basıncı ise en yüksek değerde olup zeminin kabarması sonucunda kırılma oluşumundan önce iksaya uygulanan basınçtır.

### **2.2. Coulomb Kama Teorisi**

Coulomb iki boyutlu (2B) toprak basınçları teorisini oluştururken limit denge analiz yöntemini kullanmıştır [1]. Coulomb, düşey ekseninde bulunan duvar arkaya ya da öne doğru hareket ederken duvarın arkasında bulunan zemini göz önünde bulundurmıştır. Granüler yapıya sahip olan zeminlerde kayan zeminler üçgen şeklindedir. Üçgen şeklinde bulunan zemin kayma düzleminin üstünde hareket eder. Bu teorinin öncelikli kabulleri arasında zemin ile duvarın arasındaki sürtünmeye dikkat etmesi yer alır. Normal şartlarda zaten oluşturulan duvarın arkası düz olmadığından, pürüzlü yapıda olması zeminle duvar arasında sürtünme oluşturur. Kohezyonsuz zeminlerde, aktif

durumda duvar öne doğru hareket ederken, arkada oluşan üçgen kama da aşağı doğru kayar (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Granüler zeminlerde aktif durum için Coulomb Kama Teorisi [2]

ABC zemini dengede olduğu durumda kamaya etki eden kuvvetler aşağıda belirtilmiştir.

W: ABC kamasına ait ağırlık

R: BC düzlemi boyunca etki eden bileşke kuvvet

Pa: AB düzlemi boyunca etki eden aktif bileşke kuvvet

Harekete geçen zemin kaması aşağı yönde hareket ettiğinden Pa ve R kuvvetleri sürtünme etkisinden ötürü yüzey normaleri ile hareket yönünün tersine doğru, sırasıyla  $\delta$  ve  $\phi$  açıları oluştururlar. Sisteme etki eden kuvvetler yazılıp, Pa aktif bileşke kuvvetin maksimum olma koşulu kullanılırsa (2.1);

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \quad (2.1)$$

$$K_a = \frac{[\sin(\alpha + \phi)]^2}{(\sin \alpha_g)^2 (\sin \alpha_g - \delta) \left[ 1 + \frac{\sin(\alpha_g + \delta) \sin(\phi - \beta_g)}{\sin(\alpha_g - \delta) \sin(\alpha_g + \beta_g)} \right]} \quad (2.2)$$

$\gamma$ : Zeminin birim hacim ağırlığı

H: İstinat duvarının yüksekliği

Ka: Aktif toprak basıncı katsayısı

Ag: İstinat duvarı arka yüzünün yatay düzlem ile yaptığı açı

$\Phi$ : Kayma mukavemeti açısı

$\delta$ : Duvar ile zemin arasındaki sürtünme açısı

$\beta$ g: Duvar arkasındaki zeminin yatay ile yaptığı açı

$\alpha=90^\circ$ ,  $\delta=0$ ,  $\beta=0$  için denklem 2.2’de verilen aktif durum verilen Rankine aktif toprak basıncı katsayısına eşit olur.

Duvar arkasında duvar malzemesi ile zemin arasındaki sürtünme açısı değerleri aşağıda verilmiştir.

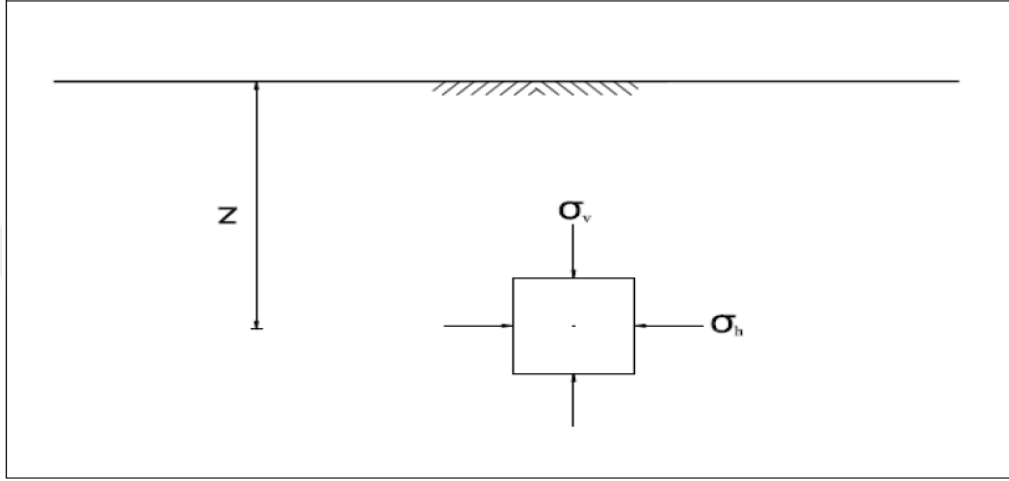
Tablo 2.1. Duvar malzemesi ile zemin daneleri arasındaki sürtünme açısı değerleri [3]

	$\delta(^{\circ})$
Kum çakıl karışımı, iyi derecelenmiş kaya dolgu, temiz çakıl	22-26
Tek boyutlu sağlam kaya, siltli kum-çakıl karışımı, temiz kum	17-22
Silt veya çakıllı ya da kille karışmış kum, siltli kum	17
Plastik olmayan silt, ince kumlu silt	14

### 2.3. Rankine Teorisine Göre Aktif ve Pasif Toprak Basınçları

Rankine düzlem gerilme koşulları altında iki boyutlu (2B) toprak basıncı teorisini ortaya koyarken kayma çizgisi analizi yöntemini kullanmıştır [4]. Başlangıçta düzlem gerilme koşulları altında kohezyonsuz zeminler için oluşturulan Rankine Teorisi, daha sonraları kohezyonlu zeminler ve diğer durumlar için genelleştirilmiştir [5]. Rankine Teorisi, zemin ortamının plastik denge durumuna ulaştığı andaki gerilmeleri dikkate

alır. Zemin ortamının her noktasında deplasmandan dolayı kırılma varsa böyle bir duruma plastik denge denir. İki boyutlu koşullarda Şekil 2.2 'de örnek verildiği üzere, yarı sonsuz ortamda z derinliğindeki bir zemin elemanı bas alındığında, zemin elemanının yatay ve düşey yüzeylerinde kayma gerilmeleri sıfır olup, elemana sadece asal gerilmeler etmektedir. Yarı sonsuz ortamda teorik olarak iki farklı durum söz konusu olabilir.



Şekil 2.2. İki boyutlu koşullarda z derinliğinde zemin elemanı [2]

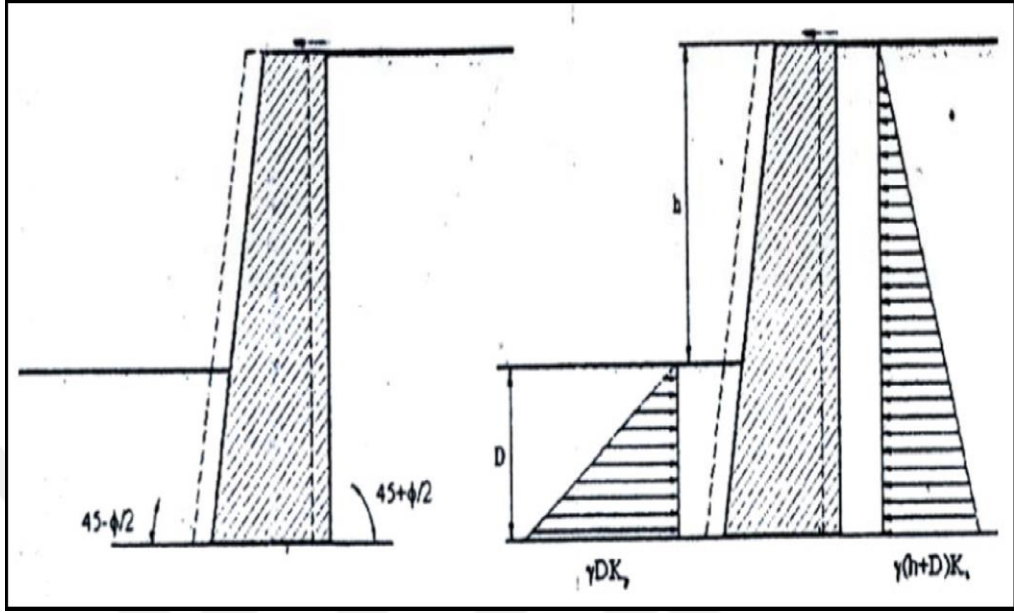
Rankine, problemleri incelediği sırada z derinliğinde bulunan zemin elemanı dengesini dikkate almıştır. Duvar alt nokta çevresinde öne doğru döner ve dışa doğru ötelenirse, zeminde düşey yönlü gerilmelerde değişiklik meydana gelmezken yanal yöndeki gerilmeler zamanla azalır. Göz önüne alınan noktadaki düşey yönlü gerilmelere göre azalan yanal yönlü gerilmeler en düşük noktaya ulaştığından göçme oluşur. Elde edilen bu değer aktif zemin etkisi olarak adlandırılır. Göçme durumuna ulaşıldığında düşey yönlü gerilme büyük asal gerilme, aktif gerilme ise küçük asal gerilme değerinde olur. Bu gerilmeler arasındaki oran ise Mohr Dairesi ile belirlenir.

$$K_a = \left[ \tan \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \right]^2 \quad (2.3)$$

$$K_p = \left[ \tan \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \right]^2 \quad (2.4)$$

Arkasındaki zemine destek olan perdenin düşeyde yaptığı açı ( $\alpha=90^\circ$ ), arkasındaki zeminin yatayda yaptığı açı ( $\beta=0^\circ$ ) ve duvar/zemin arasında bulunan sürtünme açısı sıfır ( $\delta=0^\circ$ ) ise herhangi bir derinlikteki noktaya etkiyen aktif toprak basıncı

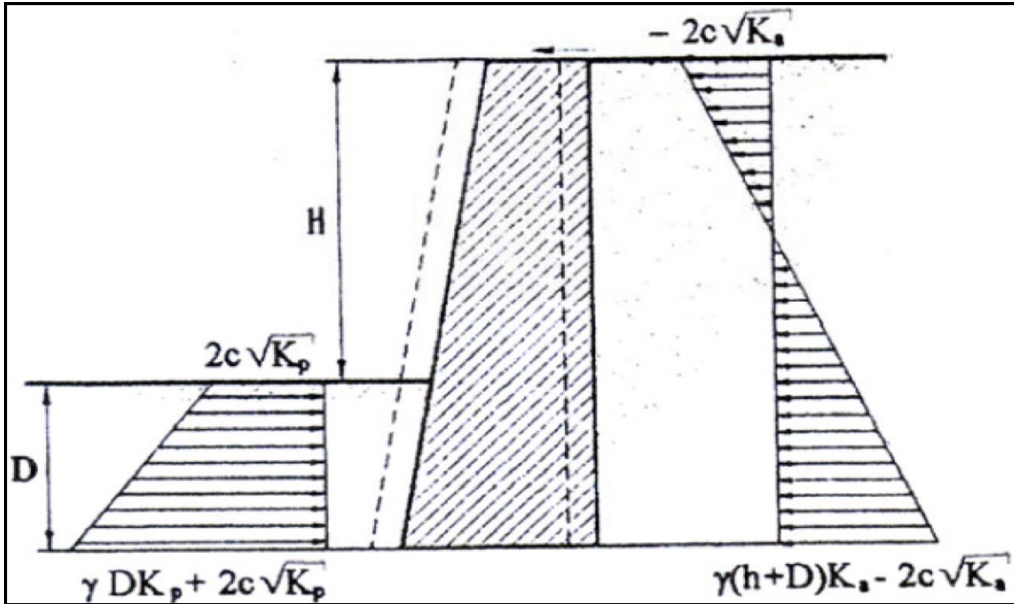
kohezyonsuz zeminlerde (2.5) bağıntısından (Şekil 2.3), kohezyonlu zeminlerde (2.6) bağıntısından elde edilir (Şekil 2.4).



Şekil 2.3. Kohezyonsuz zeminlerde görülen yanal eksenli toprak basınçları

$$P_a = \gamma \cdot z \cdot K_a \quad (2.5)$$

$$P_a = \gamma \cdot z \cdot K_p - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a} \quad (2.6)$$



Şekil 2.4. Kohezyonlu zeminlerde pasif ve aktif toprak basınçları

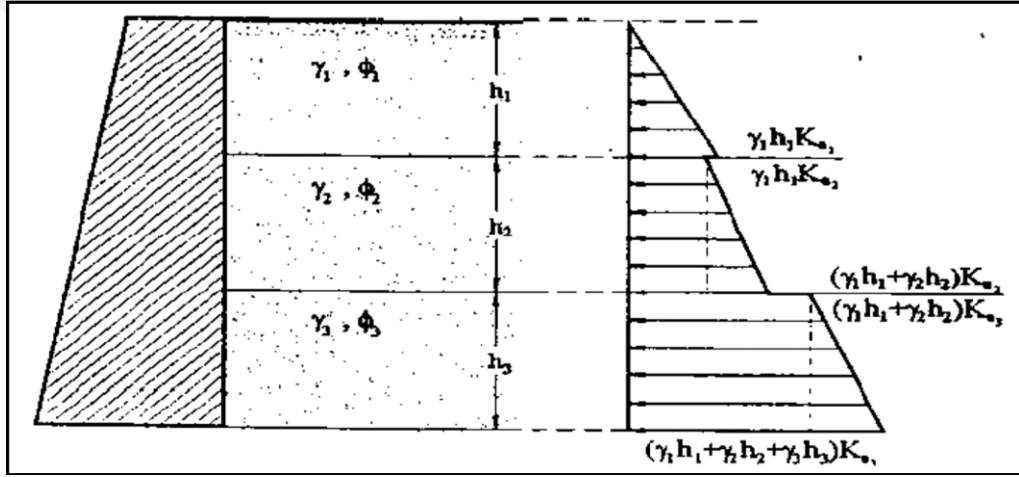
Aktif etkinin doğabilmesi için duvarın gevşek kumda 0,002H, sıkı kumda 0,0005H, yumuşak kilde 0,02H ve katı kilde 0,01H kadar dışa doğru hareket etmesi

gerekmektedir. Pasif toprak basıncının değeri ise kohezyonsuz zeminler için (2.7) ve kohezyonlu zeminler için (2.8) bağıntısından hesaplanır (Şekil 2.3).

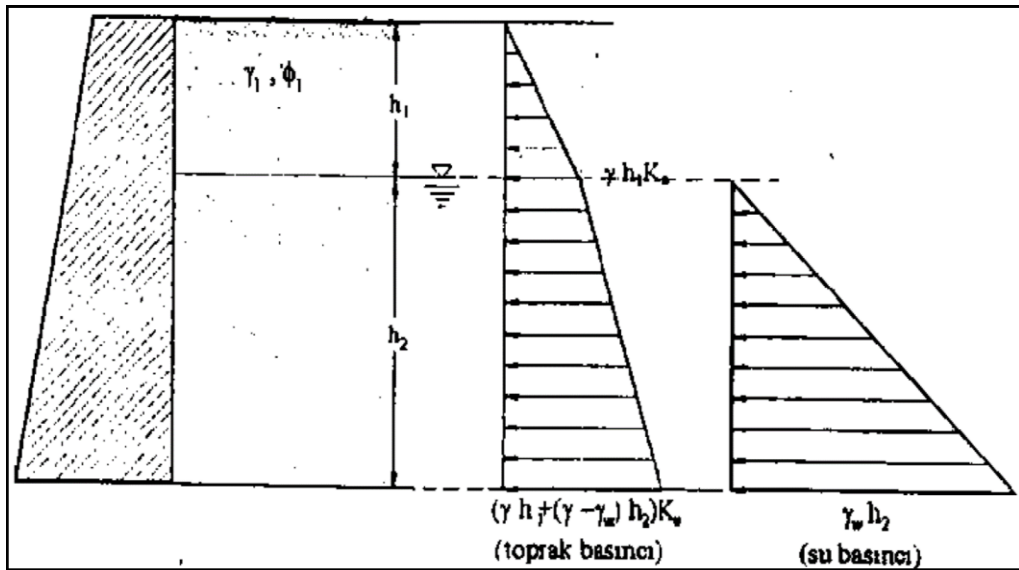
$$P_p = \gamma \cdot z \cdot K_p \quad (2.7)$$

$$P_p = \gamma \cdot z \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p} \quad (2.8)$$

Tabakalı zeminlerde toprak basınçları,  $\gamma$ ,  $\phi$ ,  $c$  ve  $z$  koordinatlarına göz önünde bulundurulur her bir tabakaya ait zemin özellikleri hesaplanır. Su bulunduğu takdirde ise toplam yanal eksenli basınçların hesaplandığı sırada su basıncı da göz önünde bulundurulmalı ve su altındaki birim hacim ağırlıkları kullanılmalı (Şekil 2.5 ve Şekil 2.6).



Şekil 2.5. Tabakalı zeminlerde yanal eksenli toprak basınçları



Şekil 2.6. Yeraltı suyu bulunan zeminlerde yanal eksenli toprak basınçları

## 2.4. Sükûnetteki Toprak Basıncı

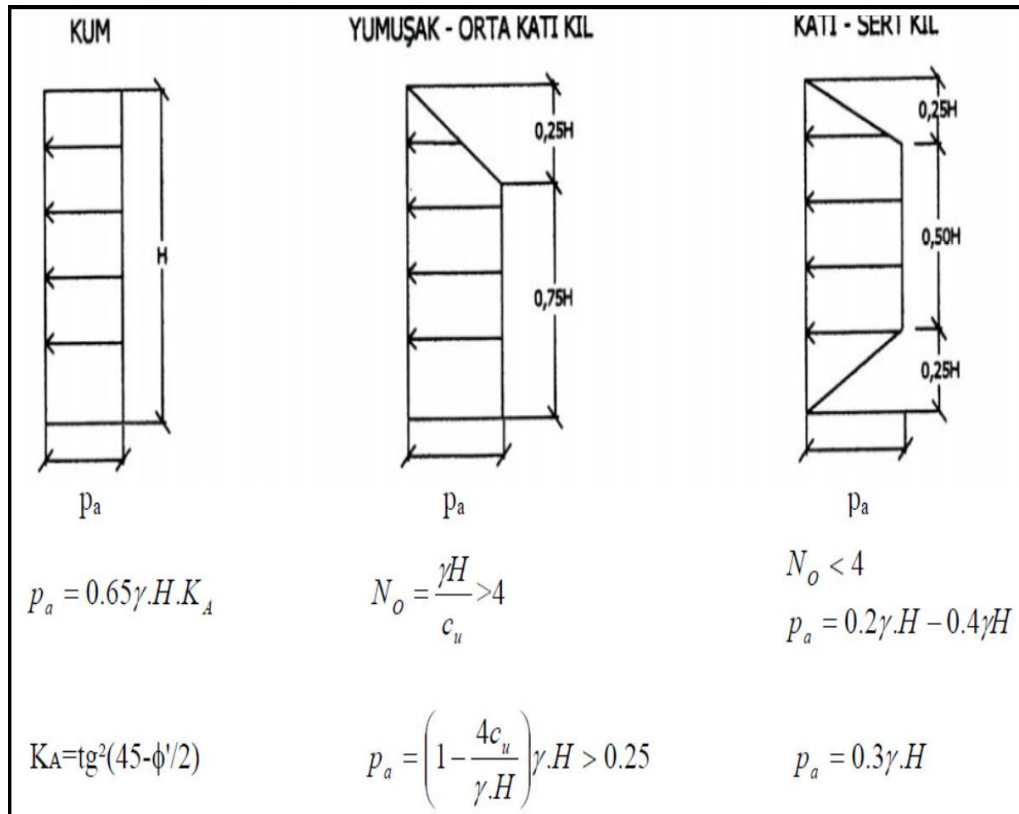
Zaman içerisinde yatay toprak basıncı deformasyonu olmaksızın normal konsolide olmuş kum ve killerin durumunu sağlayan toprak basıncına toprak basıncı denir [6]. Sükûnetteki toprak basıncı aşağıda (2.9) 'da gösterilen denklemle ifade edilir.

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \left[ \tan \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \right]^2 \quad (2.9)$$

## 2.5. Terzaghi ve Peck 'in Görünür Toprak Basıncı Dağılımı

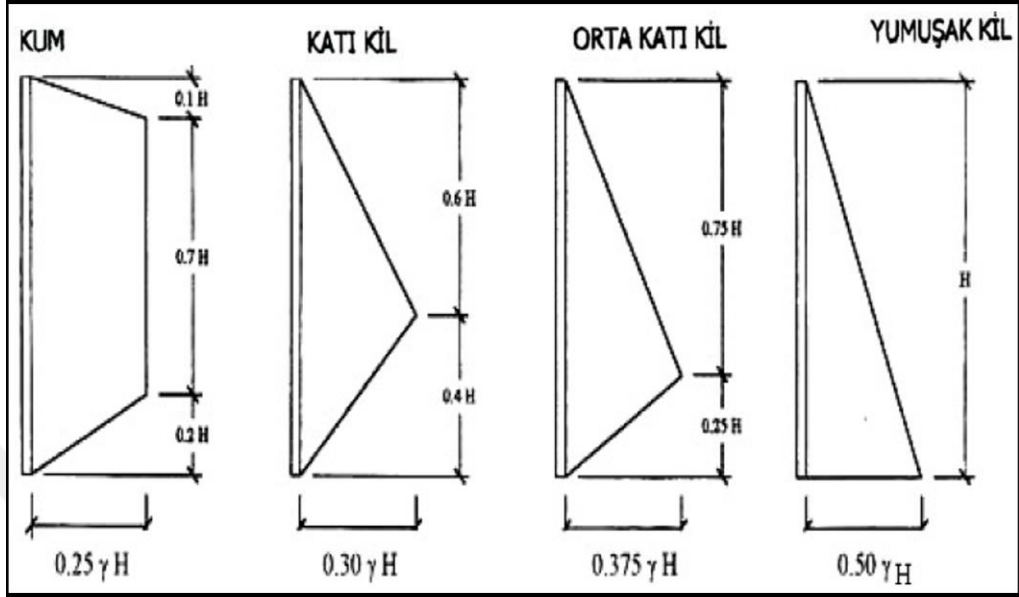
Yatay eksenli basınç dağılımı belirlenirken yeraltı suyunun durumu, sürşarj yükleri ve sırt dolgusu oluşturulurken yapılan sıkıştırmaya bağlı olarak oluşan basıncın belirlenmesi gerekir. Kalıcı olarak inşa edilecek olan iksa sistemleri tasarım aşamasında deprem yüklerine karşı dayanımının da göz önünde bulundurulması gerekir.

Şekil 2.7 'de Terzaghi ve Peck (1967) tarafından öne sürülen basitleştirilmiş toprak basıncı dağılımları gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Terzaghi ve Peck tarafından önerilen toprak basıncı dağılımları

Tschebotarioff (1973) tarafından öne sürülen toprak basıncı dağılımları ise Şekil 2.8 'de verilmektedir.

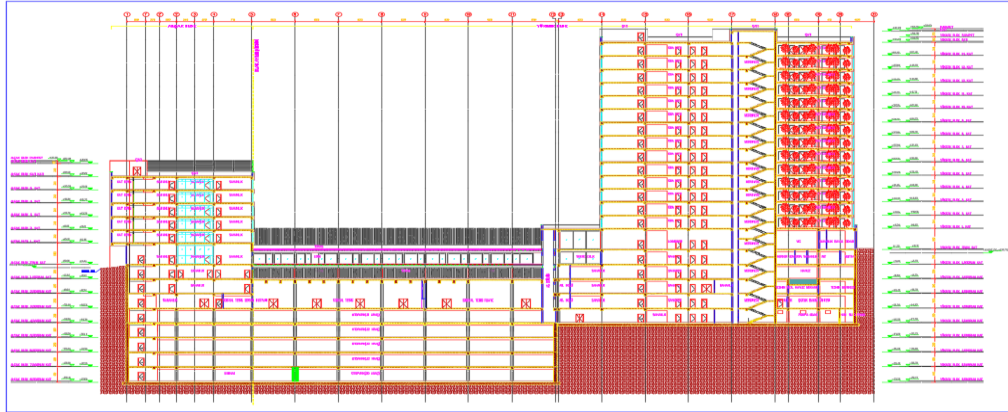


Şekil 2.8. Tschebotarioff tarafından önerilen toprak basıncı dağılımı

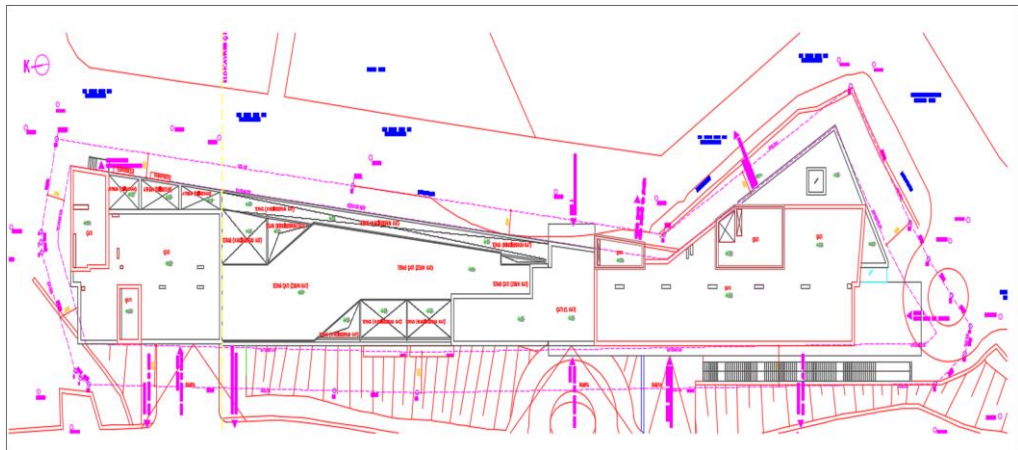
### 3. SEÇİLEN ÖRNEK SAHADAKİ DENEY VE HESAP SİSTEMİ

#### 3.1. Projeye Ait Bilgiler

İnceleme alanında 5 bodrum, 1 zemin, 15 katlı (toplam 20 katlı) bir blok ve 9 bodrum, 1 zemin, 6 normal ve mekanik katlı (toplam 17 katlı) bir blok inşaatı tasarlanmıştır. Proje için 0.0 kotu 118,11 alınmıştır. Toplam 20 katlı blok için oturma yüzölçümü 1009,64 m<sup>2</sup> ve toplam 17 katlı blok için oturma yüzölçümü 904,28 m<sup>2</sup> 'dir (Şekil 3.2). Bina ağırlıkları 3 katsayı ile 17 katlı blok için 46155 ton ve 20 katlı blok için 60600 ton olmuştur. Hesaplanan bina ağırlıklarına göre tabana gelen yük miktarı ise 17 katlı blok için 51 t/m<sup>2</sup> ve 20 katlı blok için 60 t/m<sup>2</sup> olmuştur. Tasarlanan yapılar, otel amacıyla kullanılacaktır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Otel projesi cepheden kesit görünüşü



Şekil 3.2. Bina vaziyet planı

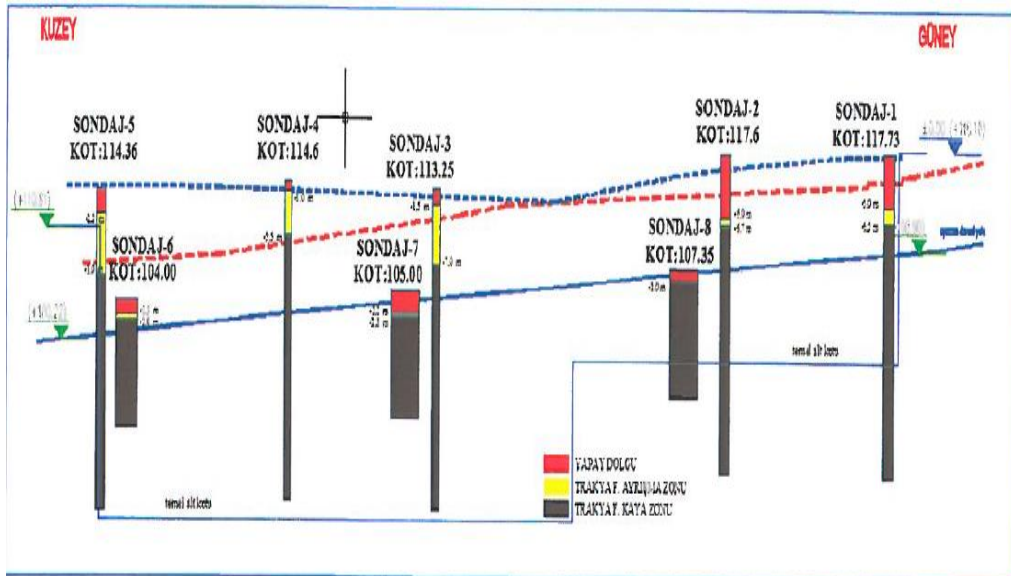


### 3.3. Zemin Özellikleri

İnceleme sahasında bulunan jeolojik birimlerin yanal eksenli ve düşey eksenli değişimlerini inceleyebilmek için 30 m derinliğinde 5 adet ve 12 m derinliğinde 3 adet sondaj kuyusu açılmıştır (Şekil 3.4). Sondaj kuyularında yerinde standart penetrasyon ve pressiyometre deneyleri yapılmıştır. Jeofizik ölçü kapsamında 6 profil boyunca sismik ölçüsü alınmıştır (Şekil 3.5). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından onaylı zemin ve kaya mekaniği laboratuvarında zemin birimlerde elek analizi, atterberg limit tayini, kesme kutusu deneyleri; kaya birimlerde üç eksenli basınç ve nokta yük indisi deneyleri yapılmıştır. Sismik ölçülerde 12 kanallı cihaz kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Sondaj kuyuları ölçü lokasyonu



Şekil 3.5. Sondaj kuyuları zemin kesiti

### 3.3.1. Sondaj kuyuları

İnceleme alanında 30 m derinliğinde 5 adet ve 12 m derinliğinde 3 adet olmak üzere 8 noktada toplam 186 m sondaj yapılmıştır. Sondajlarda dolgu, ayrılmış kaya ürünü kil ve temel kaya olarak tanımlanan Trakya Formasyonu 'na ait kumtaşı litolojisinde kaya birimler belirlenmiştir. Tablo 3.1 'de bazı sondajlara ait birimler, ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 3.1. SK1-SK6 no 'lu sondajlara ait zemin bilgileri

Derinlik	Litoloji	Formasyon
0,0-5,0 m	Dolgu	Yapay Dolgu
5,0-6,5 m	Sarımsı kahve renklere ayrılmış kaya ürünü kil	Trakya Formasyonu Ayrışma Zonu
6,5-30,0 m	Sarımsı kahve gri renkli, sık çatlaklı-kırıklı kumtaşı	Trakya Formasyonu Kaya Zonu
SK1 Sondaj kuyu bilgileri ( Koordinat – X: 415018,48 / Y: 4548634,37 / Sondaj ağız kotu: 117,73 )		
0,0-6,0 m	Dolgu	Yapay Dolgu
6,0-6,7 m	Sarımsı kahve renklere ayrılmış kaya ürünü kil	Trakya Formasyonu Ayrışma Zonu
6,7-30,0 m	Sarımsı kahve gri renkli, sık çatlaklı-kırıklı kumtaşı	Trakya Formasyonu Kaya Zonu
SK2 Sondaj kuyu bilgileri ( Koordinat – X: 414998,64 / Y: 4548652,60 / Sondaj ağız kotu: 117,60 )		
0,0-1,5 m	Dolgu	Yapay Dolgu
1,5-7,0 m	Sarımsı kahve renklere ayrılmış kaya ürünü kil	Trakya Formasyonu Ayrışma Zonu
7,0-30,0 m	Sarımsı kahve gri renkli, sık çatlaklı-kırıklı kumtaşı	Trakya Formasyonu Kaya Zonu
SK3 Sondaj kuyu bilgileri ( Koordinat – X: 415017,42 / Y: 4548699,56 / Sondaj ağız kotu: 113,25 )		
0,0-1,0 m	Dolgu	Yapay Dolgu
1,0-5,0 m	Sarımsı kahve renklere ayrılmış kaya ürünü kil	Trakya Formasyonu Ayrışma Zonu
5,0-30,0 m	Sarımsı kahve gri renkli, sık çatlaklı-kırıklı kumtaşı	Trakya Formasyonu Kaya Zonu
SK4 Sondaj kuyu bilgileri ( Koordinat – X: 415015,17 / Y: 4548741,89 / Sondaj ağız kotu: 114,60 )		
0,0-2,2 m	Dolgu	Yapay Dolgu
2,2-8,0 m	Sarımsı kahve renklere ayrılmış kaya ürünü kil	Trakya Formasyonu Ayrışma Zonu
8,0-30,0 m	Sarımsı kahve gri renkli, sık çatlaklı-kırıklı kumtaşı	Trakya Formasyonu Kaya Zonu
SK5 Sondaj kuyu bilgileri ( Koordinat – X: 415033,70 / Y: 4548771,00 / Sondaj ağız kotu: 114,36 )		
0,0-1,5 m	Dolgu	Yapay Dolgu
1,5-2,0 m	Sarımsı kahve renklere ayrılmış kaya ürünü kil	Trakya Formasyonu Ayrışma Zonu
2,0-12,0 m	Sarımsı kahve gri renkli, sık çatlaklı-kırıklı kumtaşı	Trakya Formasyonu Kaya Zonu
SK6 Sondaj kuyu bilgileri ( Koordinat – X: 415001,28 / Y: 4548753,27 / Sondaj ağız kotu: 104,00 )		
0,0-2,2 m	Dolgu	Yapay Dolgu
2,2-2,8 m	Sarımsı kahve renklere ayrılmış kaya ürünü kil	Trakya Formasyonu Ayrışma Zonu
2,8-12,0 m	Sarımsı kahve gri renkli, sık çatlaklı-kırıklı kumtaşı	Trakya Formasyonu Kaya Zonu
SK7 Sondaj kuyu bilgileri ( Koordinat – X: 414993,88 / Y: 4548713,32 / Sondaj ağız kotu: 105,00 )		
0,0-1,0 m	Dolgu	Yapay Dolgu
1,0-12,0 m	Sarımsı kahve gri renkli, sık çatlaklı-kırıklı kumtaşı	Trakya Formasyonu Kaya Zonu
SK8 Sondaj kuyu bilgileri ( Koordinat – X: 414986,33 / Y: 4548665,56 / Sondaj ağız kotu: 107,35 )		

### 3.4. Arazi Deneyleri

#### 3.4.1. Standart penetasyon deneyi (SPT)

Bu deney dış yüzeyine ait çapı 50,8 mm, iç yüzeyine ait çapı 34,9 mm olan yarıklı tüpün 63,5 Kg ağırlığında bir tokmak ile zemine 15 'er cm 'lik 3 adet giriş için vurulan darbenin sayılmasıyla yapılır. Bu tokmak serbest durumda 0,76 m yüksekliktedir. Son olarak yapılacak olan iki adet 15 cm 'lik giriş için uygulanan darbe sayıları toplamı standart penetasyon direnci (N<sub>30</sub>) sayısını verir. İnceleme alanında yapay dolgu

altında belirlenen ayırışma zonuna ait zemin birimlerde SPT deneyi yapılmıştır. Belirlenen SPT değerleri Tablo 3.2 'de verildi.

Tablo 3.2. Standart penetrasyon test değerleri

Sondaj	Derinlik (m)	SPT (N <sub>30</sub> )
SK3	3,0-3,45	24
SK3	4,5-4,95	27
SK3	6,0-6,45	36
SK4	1,5-1,95	20
SK4	3,0-3,45	22
SK4	4,5-4,95	45
SK5	3,0-3,45	32
SK5	4,5-4,95	29
SK5	6,0-6,45	33

### 3.4.2. Pressiyometre testleri

Pressiyometre deneyleri ile her türlü zemin ve yumuşak kayalar için, temel oturmaları, taşıma gücü ve yerinde elastisite modülleri ile zemine ait olan değişik parametreler hesaplandı. Açılan sondaj deliğine bir sonda indirilerek uygulanan radyal basınçların kuyunun çeperlerinde sebep olduğu deformasyonlara karşılık gelen basınç – hacim grafiğini oluşturması; bu testi yapmamıza yardımcı olan cihazın öncelikli görevidir. Pressiyometre cihazı 3 temel araçtan oluşur. Bunlar sonda, basınç ileten plastik borular ve yerüstü ölçme cihazlarıdır. İncelenen saha alanındaki pressiyometre değerleri Tablo 3.3 'de verildi.

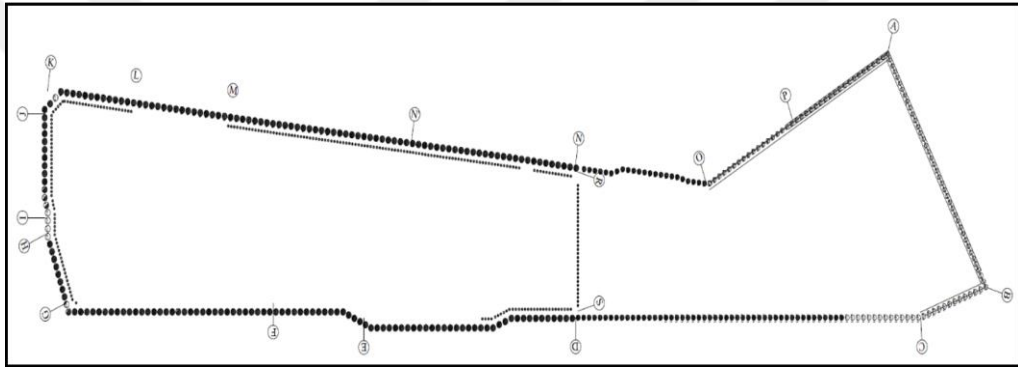
Tablo 3.3. Pressiyometre deney değerleri

Sondaj	Derinlik	Elastisite Modülü (Em)	Limit Basınç (PL)	Net Limit Basınç (PL*)	Em/PL*
Sk1	14,0 m	8,93 mpa	1464 kpa	1307 kpa	6,97
Sk1	17,0 m	11,87 mpa	2266 kpa	2094 kpa	5,78
Sk1	20,0 m	18,45 mpa	2265 kpa	2141 kpa	8,79
Sk1	23,0 m	23,18 mpa	2466 kpa	2328 kpa	10,15
Sk1	26,0 m	25,33 mpa	2665 kpa	2533 kpa	10,20
Sk5	18,0 m	9,56 mpa	1172 kpa	1019 kpa	9,57
Sk5	21,0 m	11,01 mpa	1767 kpa	1635 kpa	6,87
Sk5	24,0 m	16,67 mpa	2169 kpa	2079 kpa	8,18
Sk5	27,0 m	19,13 mpa	1969 kpa	1798 kpa	10,85
Sk5	30,0 m	23,71 mpa	2969 kpa	2796 kpa	8,65

### 3.5. İksa Projesi Kapsamında Kesitler

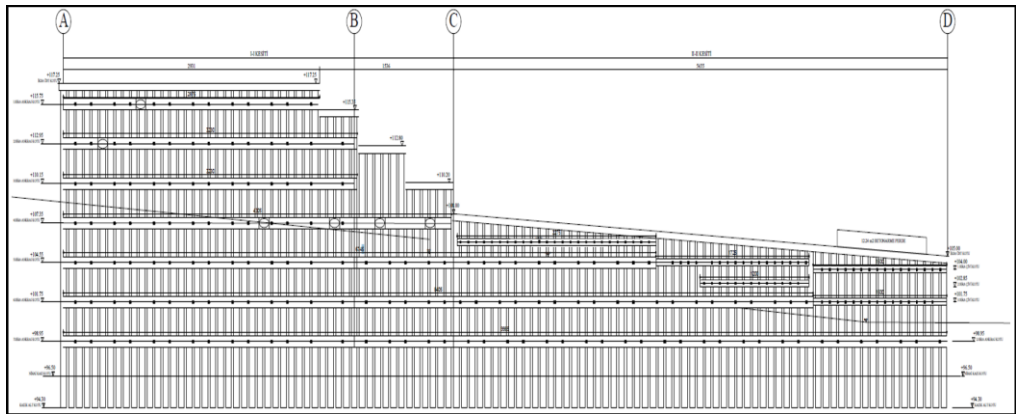
Plaxis hesap raporu doğrultusunda karşımıza çıkan iksa projesine ait kesitler aşağıda belirtilmektedir.

Binanın oturma alanına ve çevre koşullarına göre iksa projeleri hazırlandı. İksaya gelecek olan yükleri tayin etmekte çevre yapılar etkin rol oynadığından bu yapıların önemi büyüktü. Çevre yapıların alt kotları iksa oluşturulurken dikkat edilen etkenlerdendi. Ankraj yükleri, adetleri, uzunlukları, açıları ve kotları tasarlanırken bunlar dikkate alınan hususlar arasındadır. Aşağıda iksa sistemine ait proje ve bu projeye ait akslar yer almaktadır (Şekil 3.6).



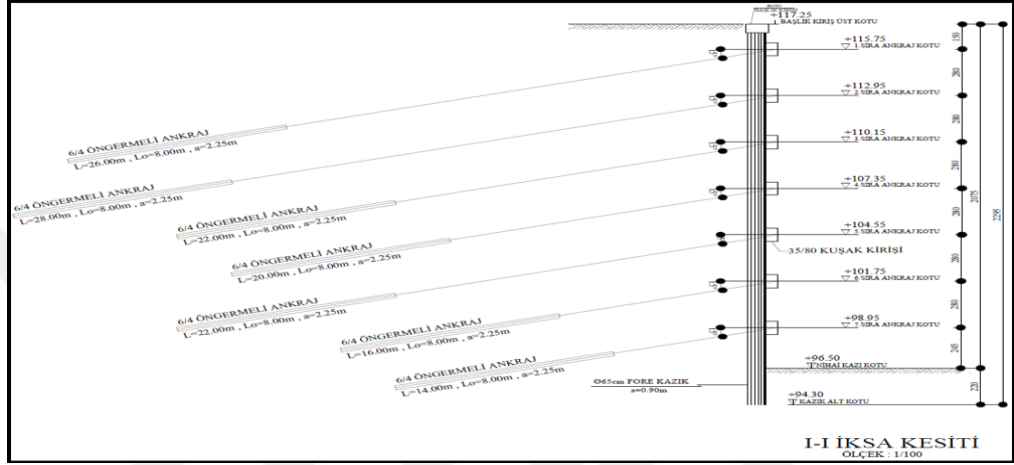
Şekil 3.6. İksa projesine ait görsel

Projenin Güney cephesinde yani A-B aksları arasında 65 cm çaplı fore kazıklar kullanıldı. Bu kısımda bulunan kazıkların boyları 23 m olarak tasarlandı. Güneybatı cephesinde yani B-D aksları arasında ise aynı şekilde 65 cm çaplı fore kazıklar kullanıldı. Bu kısımdaki kazıkların boylarında 21 m ile başlayıp 11 m 'ye düştü (Şekil 3.7).



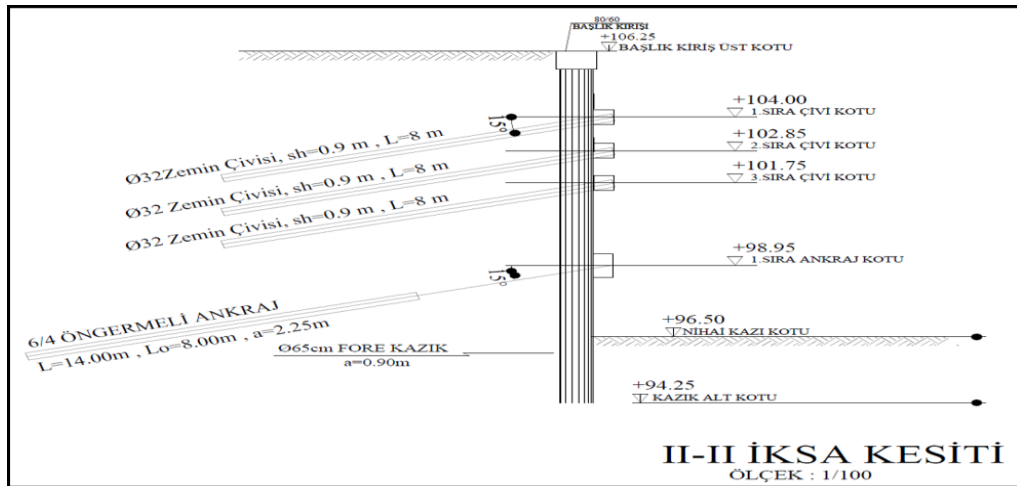
Şekil 3.7. İksa projesi A-D akslarına ait görsel

A-B aksları arasında bir sırada 14 tane olmak koşuluyla 7 sıra ankraj yapıldı. Bu ankraj sıraları 15 derecelik açıyla 8 metresi kök kısmı olarak boyları 14 metre ve 28 metre arasında değişkenlik göstererek imal edildi. Ankraj sıraları arasında 2,80 metrelik bir mesafe olacak şekilde tasarlandı. Bu ankraj sıraları 35x80 cm<sup>2</sup> lik kuşaklarla birbirine bağlandı. Fore kazık başlarında ise bu kazıklar 80x50 cm<sup>2</sup> lik başlık kirişleriyle birbirine bağlandı (Şekil 3.8).



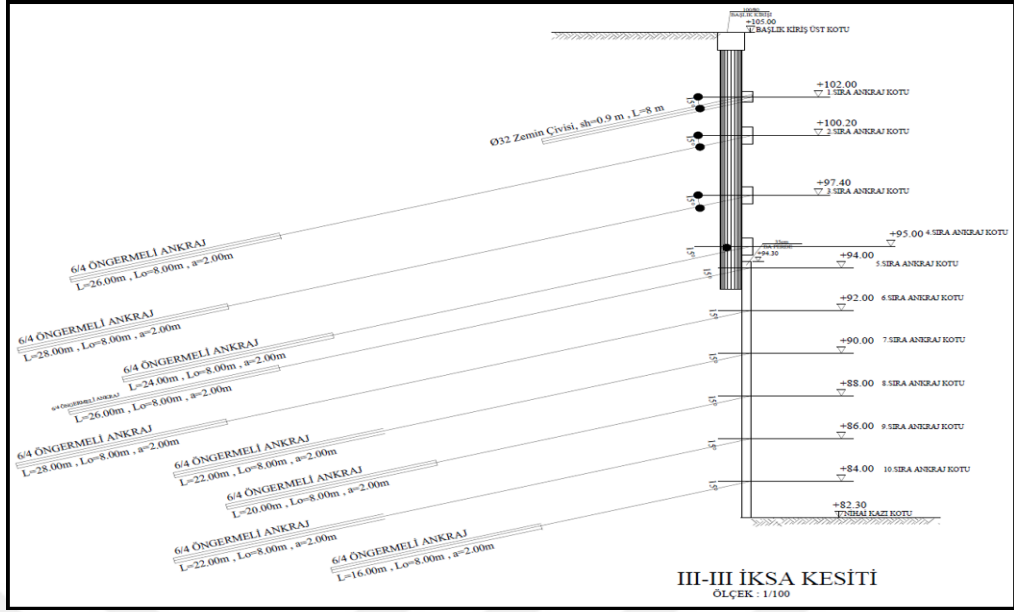
Şekil 3.8. İksa projesi A-B akslarındaki imalatları gösteren kesit

B-D aksları arasında 3 sıra zemin çivisi ve 1 sıra ankraj olacak şekilde iksa tasarlandı. Bu kısımda çevre binaların alt katında bulunan dükkanların altında depo bulunması sebebiyle iksanın bir kısmı bu dükkanların kot olarak üstünde kaldığından zemin çivisi kullanımını tercih edildi. Zemin çivileri 32 mm çaplı ve 8 m boyunda tasarlandı. 4. Sırada bulunan ankrajlar ise 8 m kök kısmı olacak şekilde 14 m boyunda tasarlandı (Şekil 3.9).



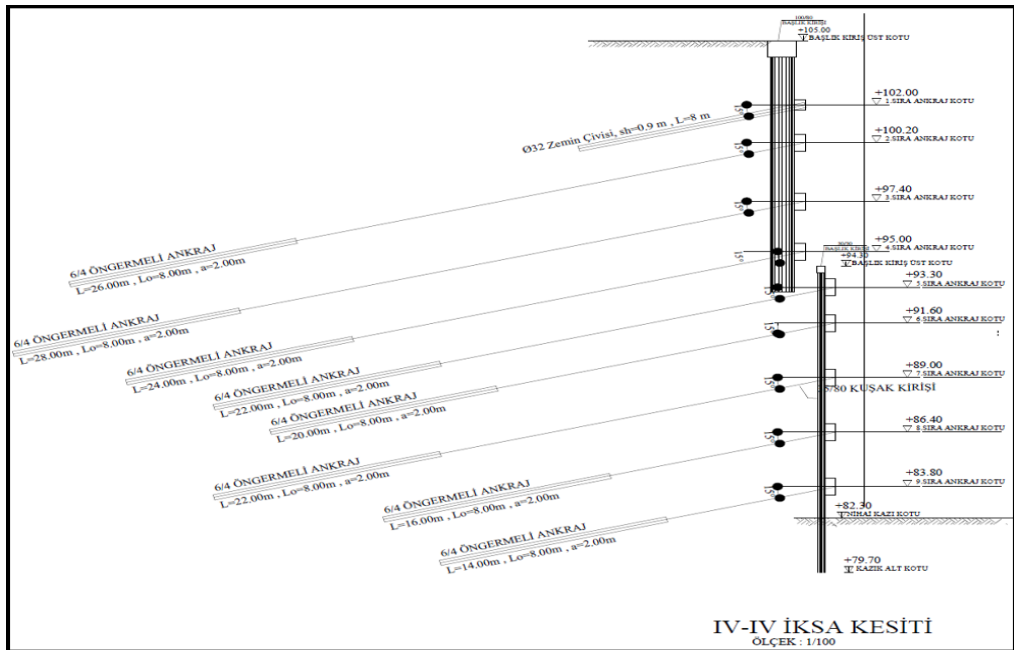
Şekil 3.9. İksa projesi B-D akslarındaki imalatları gösteren kesit





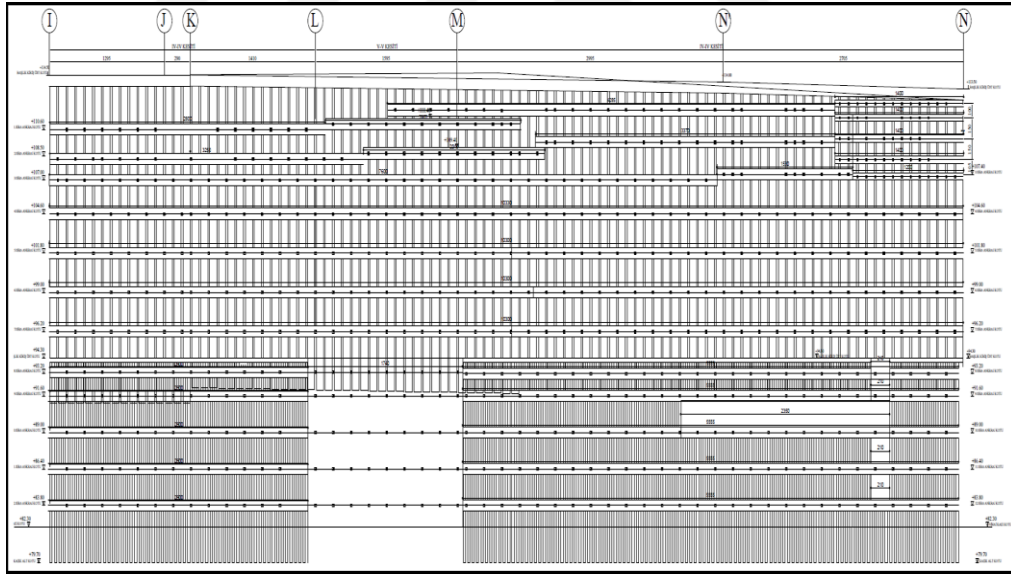
Şekil 3.11. İksa projesi D-G akslarındaki imalatları gösteren kesit

G-I aksları arasında 1 sıra zemin çivisi ve 8 sıra ankraj imalatı yapıldı. Bunlar 15 derecelik açıyla ankrajların 8 metresi kök kısmı olarak boyları 14 metre ve 28 metre arasında değişkenlik göstererek imal edildi. Mevcut cephede evlerin ve dükkanların bodrum katları yer aldığından dolayı 1. Sırada ankraj imalatı yerine 32 mm çapında 8 m uzunluğunda zemin çivisi yapıldı. Fore kazık kısmına denk gelen mesafede 1 sıra zemin çivisi ve 3 sıra ankraj kullanıldı. Fore kazığın inemediği derinliklerde bulunan mini kazık kısmına denk gelen mesafede ise 5 adet ankraj kullanıldı (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. İksa projesi G-I akslarındaki imalatları gösteren kesit

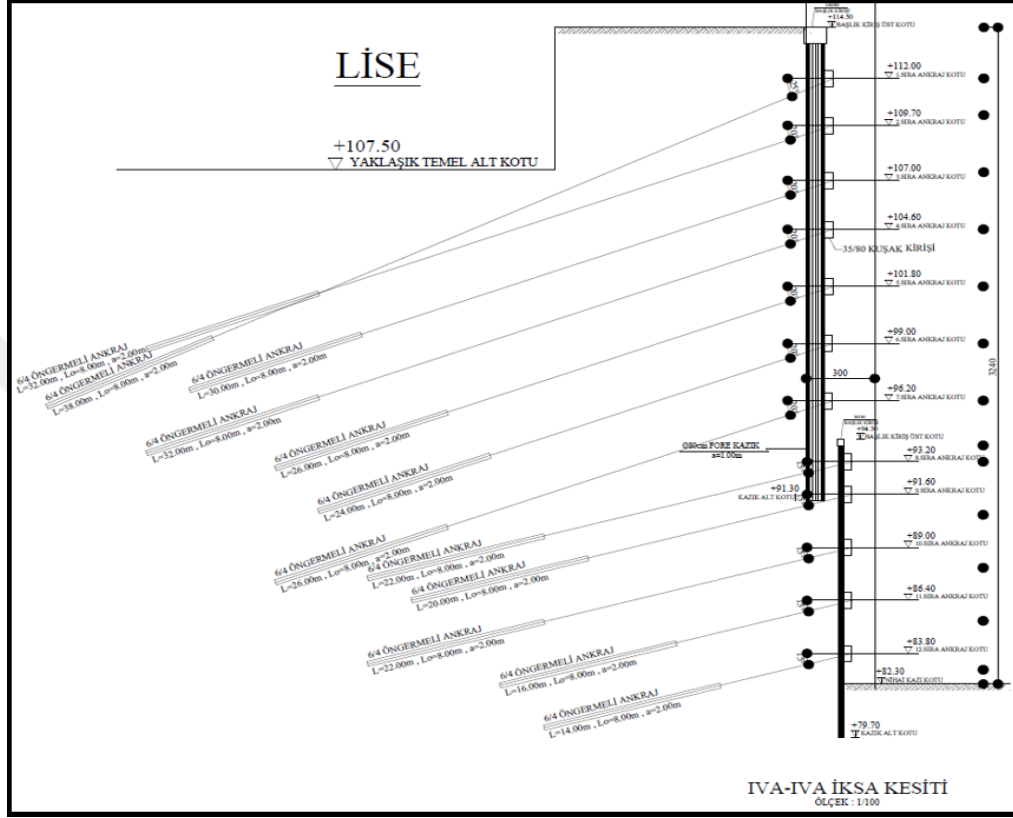
Projenin Kuzey ve Doğu cephesinde yani I-N aksları arasında 80 cm çaplı fore kazıklar kullanıldı. Nihai kazı kotuna inmede fore kazık makinesinin delgi aşaması kısmında zorlanması sebebiyle 25 cm çaplı mini kazık ve 35 cm betonarme perde imalatlarına geçilerek kazıya devam edildi. Bu kısımda bulunan fore kazıkların boyları 23 m olarak tasarlandı. Kalan kısımlarda ise 12 metre betonarme perde ve 14 m mini kazık imalatı yapılarak nihai kazı kotuna inildi. Tüm cephede mini imalatı yapılması öngörülürken sahadaki imalat zorlukları sebebiyle oluşan birtakım olumsuzluklardan ötürü L-M aksları arasında betonarme perde imalatı yapıldı. Fore kazık imalatında kazıkların zemin şartlarına bağlı olarak sağa sola oynaması sebebiyle aksından kaçma ihtimalleri doğdu. Bu bölgede bu gibi sıkıntılar olduğundan imalatlarda betonarme perde çözümüne gidildi. Bina oturumundaki L-M aksları arasında kuranglez boşluğu bulunduğu için burada mini kazık imalatı sıkıntı yaratabilirdi. Mini kazık imalatında kazık çapı, başlık kirişi, kuşak kirişi gibi imalatlar bu mesafeyi olumsuz yönde etkileyeceğinden tercih edilmedi (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. İksa projesi I-N akslarına ait görsel

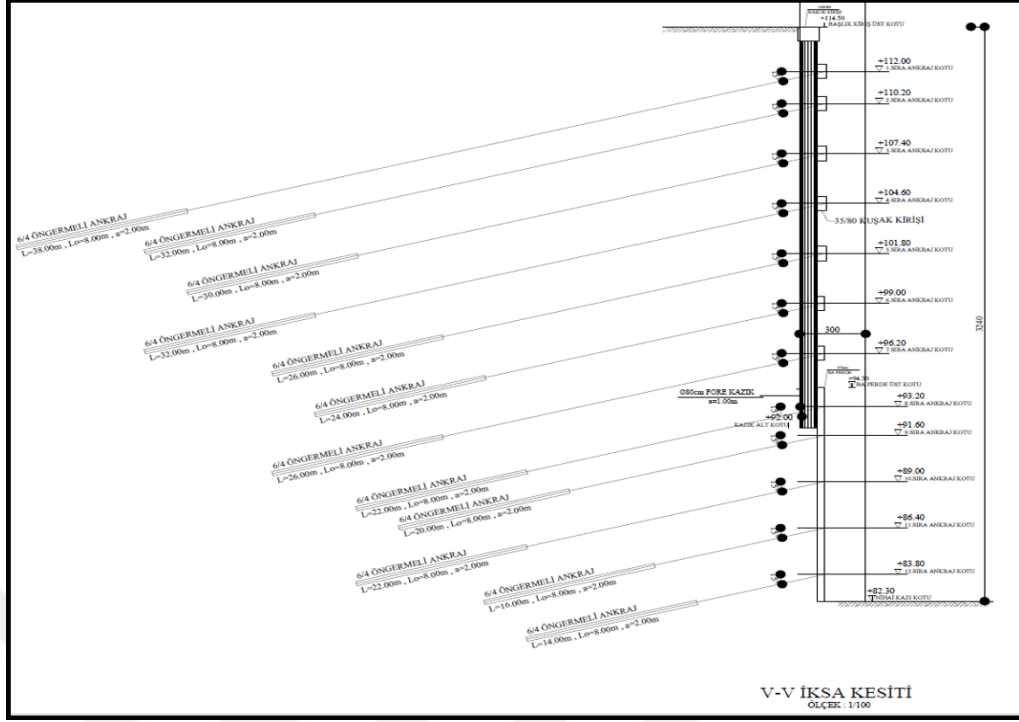
I-L ve M-N aksları arasında 12 sıra ankraj imalatı yapıldı. Bunlardan fore kazık kısmına denk gelen ankrajlardan; 1. Sıradaki ankraj 25 derecelik açıyla diğer 6 sıra ankraj ise 20 derecelik açıyla 8 er metresi kök kısmı olarak boyları 24 metre ve 38 metre arasında değişkenlik göstererek imal edildi. İlgili aksaların bulunduğu iksa bölgesinin hemen arkasında ve yakın mesafede lise ve ilkokulların bulunmasından ve bu okulların bodrum kat kotları iksa ankraj kotlarının bir kısmının altında kaldığından

ötürü delgi açıları arttırılarak tasarım yapıldı ve emniyette kalındı. Fore kazığın inemediği derinliklerde bulunan mini kazık kısmına denk gelen mesafede ise 15 derecelik açıyla 8 metresi kök kısmı olacak şekilde boyları 22 m ve 14 m arasında değişkenlik gösteren 5 sıra ankraj kullanıldı (Şekil 3.14).



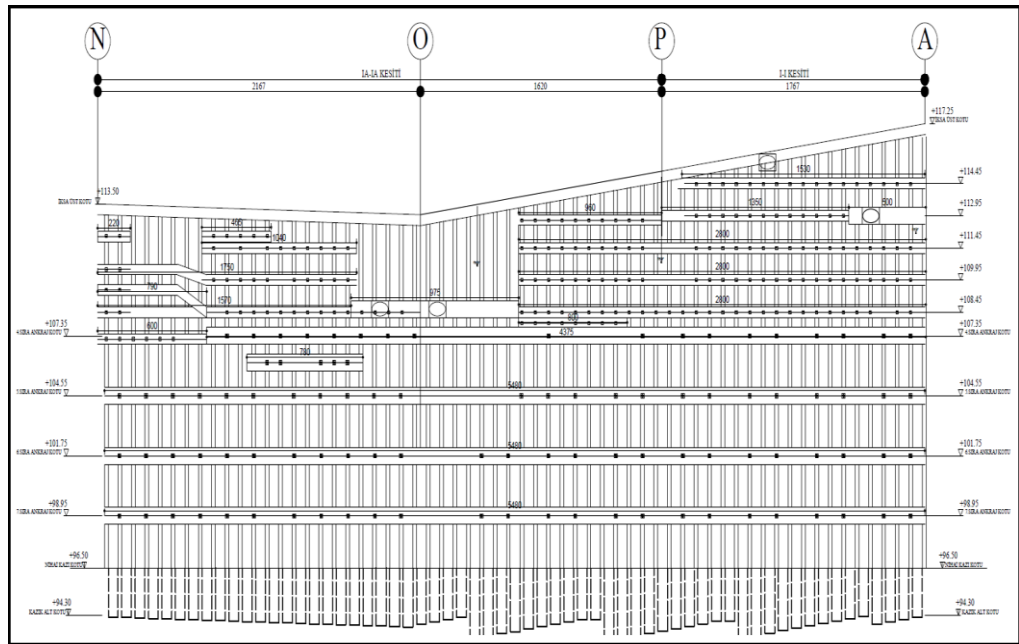
Şekil 3.14. İksa projesi I-L ve M-N akslarındaki imalatları gösteren kesit

L-M aksları arasında 12 sıra ankraj imalatı yapıldı. Bunlar 15 derecelik açıyla ankrajların 8 metresi kök kısmı olarak boyları 14 metre ve 38 metre arasında değişkenlik gösterecek şekilde imalatlar yapıldı. Fore kazık kısmına denk gelen mesafede 7 sıra ankraj kullanıldı. Fore kazığın inemediği derinliklerde bulunan betonarme perde kısmına denk gelen mesafede ise 5 adet ankraj kullanıldı. Bu kısımda iksaya ait kazıklar ile binaya ait olan kuranglez boşluğunun dış konturu arasında mesafe kalmadığından dolayı betonarme perde tercih edildi. Mini kazık kullanıldığında makinenin dik olarak çalışması gerektiğinden fore kazıkların kuşak kirişini kurtarabileceği mesafeye açılmak zorunda kalacağı ve sözünü ettiğimiz mesafe daha da daralacağı görüldü. Bunun yanı sıra 25 cm mini kazık ve 35 cm mini kazıklara ait kuşak kirişi geleceğinden mesafe hayli azalacağı da görüldü. Bunun yerine 35 cm betonarme perde yapılarak bu mesafeler kurtarıldı (Şekil 3.15).



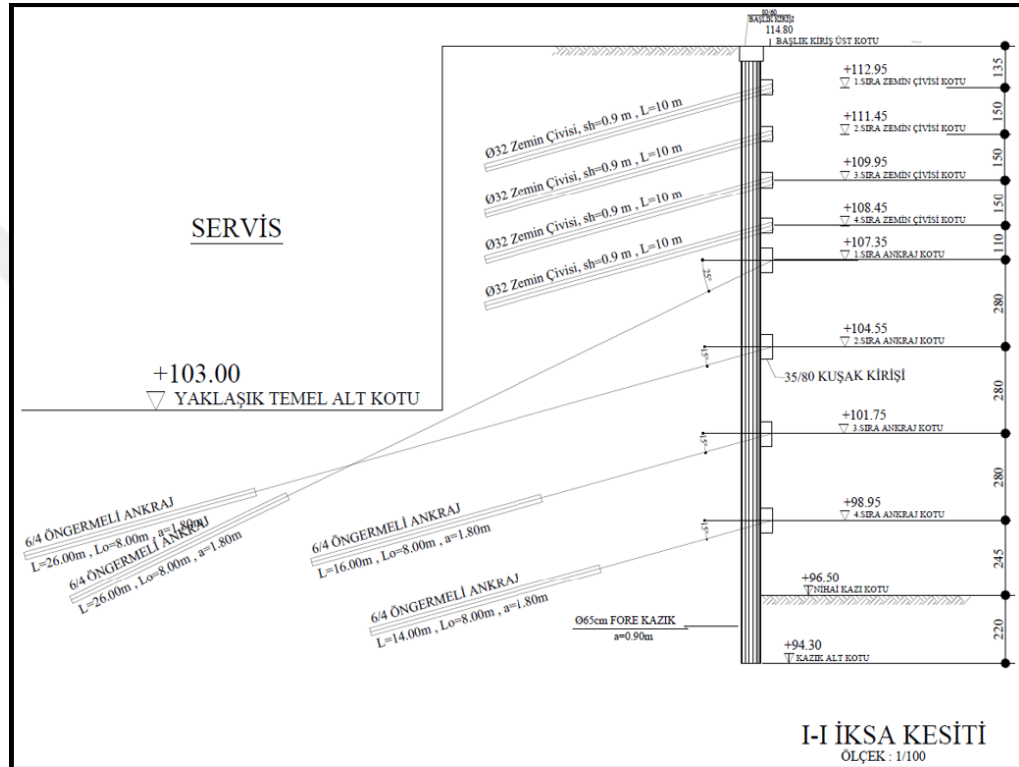
Şekil 3.15. İksa projesi L-M akslarındaki imalatları gösteren kesit

Projenin Doğu cephesinde yani N-A aksları arasında 65 cm çaplı fore kazıklar kullanıldı. Bu kısımda bulunan kazıkların boyları 19 m ve 23 m arasında değişkenlik gösterecek şekilde tasarlandı. Bu tasarımın yapılmasındaki etken mevcut yol kotu oldu. Temel kotu ve yol kotu arasında kalacak olan kazıklar yol kotuna göre ayarlandı (Şekil 3.16).



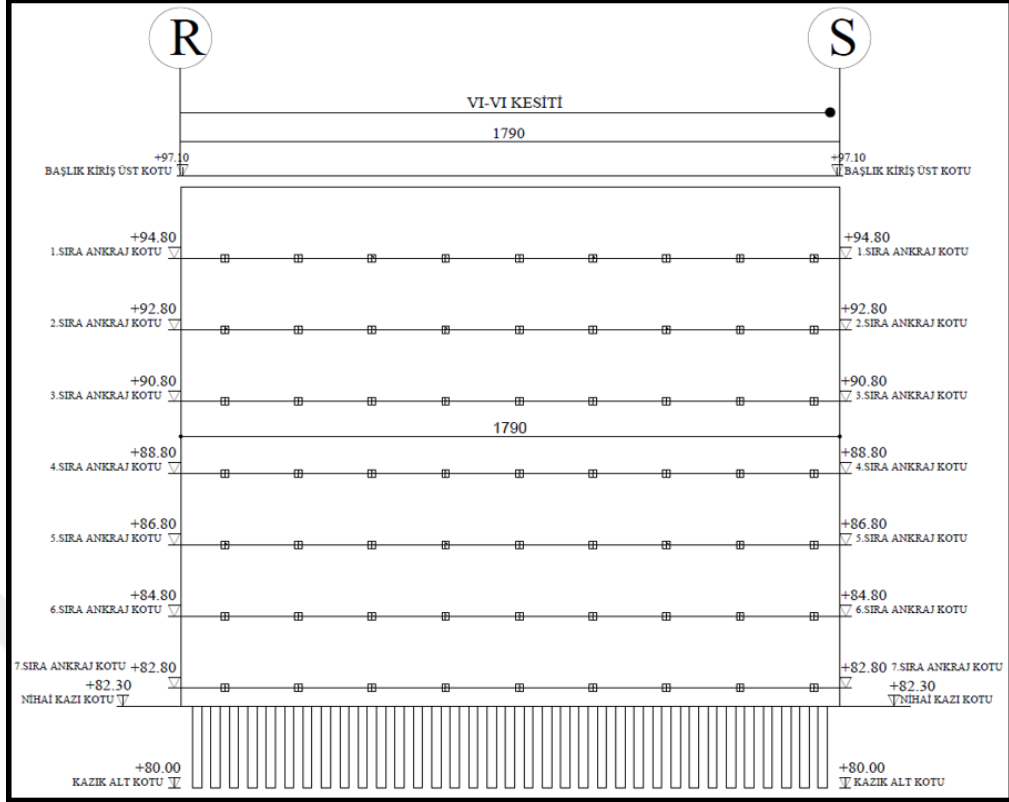
Şekil 3.16. İksa projesi N-O akslarına ait görsel

N-A aksları arasında 4 sıra zemin çivisi ve 4 sıra ankraj olacak şekilde iksa tasarlandı. Bu kısmın arkasında yer alan servis ve çarşı iksa tasarımında zemin çivisi kullanımının tercih edilmesine yol açtı. Zemin çivileri 32 mm çaplı ve 10 m boyunda tasarlandı. 1. Sırada bulunan ankrajlar 25 derecelik açıyla 8 m kök kısmı olacak şekilde 26 m boyunda tasarlandı. Diğer ankrajlar ise 15 derecelik açıyla 8 metresi kök kısmı olacak şekilde boyları 14 m ve 26 m arasında değişkenlik göstererek yapıldı (Şekil 3.17).



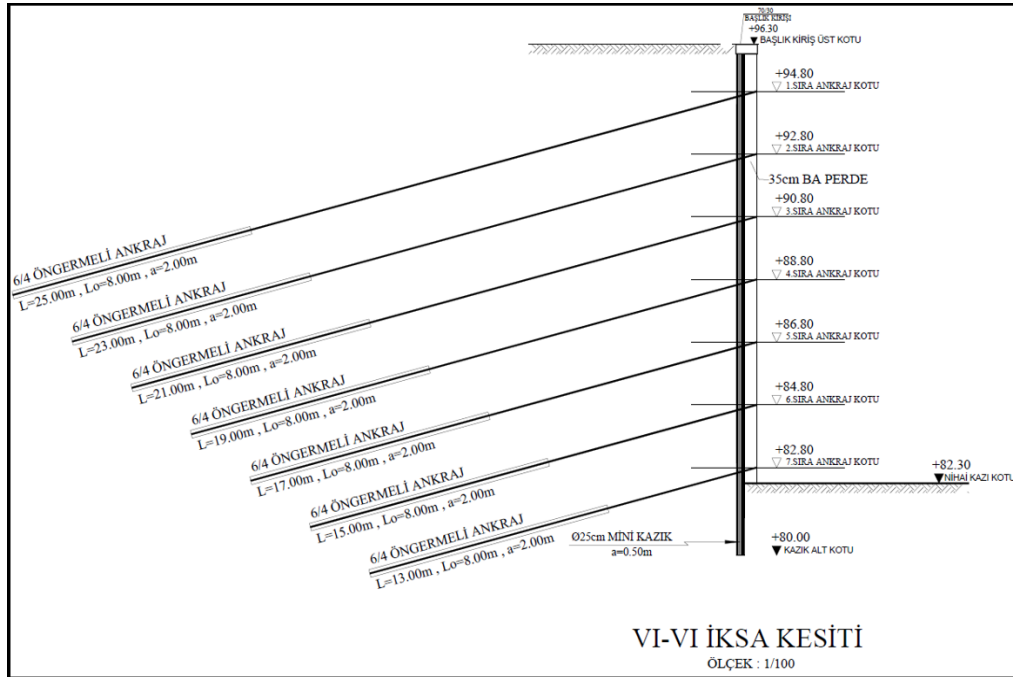
Şekil 3.17. İksa projesi N-O akslarındaki imalatları gösteren kesit

Projenin dilatasyon kısmında yani R-S aksları arasında 25 cm çaplı mini kazıklar ve bu kazıkların önünde 35 cm betonarme perde kullanıldı. Bu kısımda bulunan kazıkların boyları 17 m olacak şekilde tasarlandı. Bu tasarımın yapılmasındaki etken binanın dilatasyon kısmında yer alan kazısı tamamlanmış yüksek bloğun hızlı yükselmesi ve yükü arttırması sebebiyle önlem alınma ihtiyacı hissedilmesi oldu. Betonarme perdeler mini kazığa ek destek olması amacıyla bu sebepten ötürü yapıldı (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. İksa projesi R-S akslarına ait görsel

R-S aksları arasında 25 cm çapında mini kazıklar yapıldı. Bu kazıklarda 7 sıra ankraj imalatı yapıldı. Bunlar 15 derecelik açıyla ankrajların 8 metresi kök kısmı olarak boyları 13 metre ve 25 metre arasında değişkenlik göstererek imal edildi (Şekil 3.19).

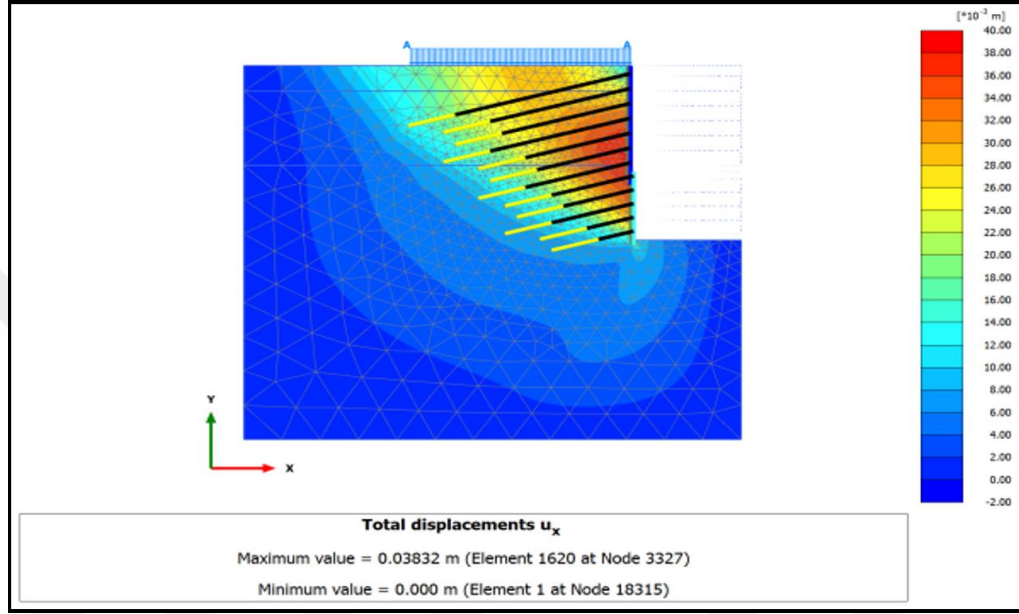


Şekil 3.19. İksa projesi R-S akslarındaki imalatları gösteren kesit

### 3.6. Kesit Hesapları

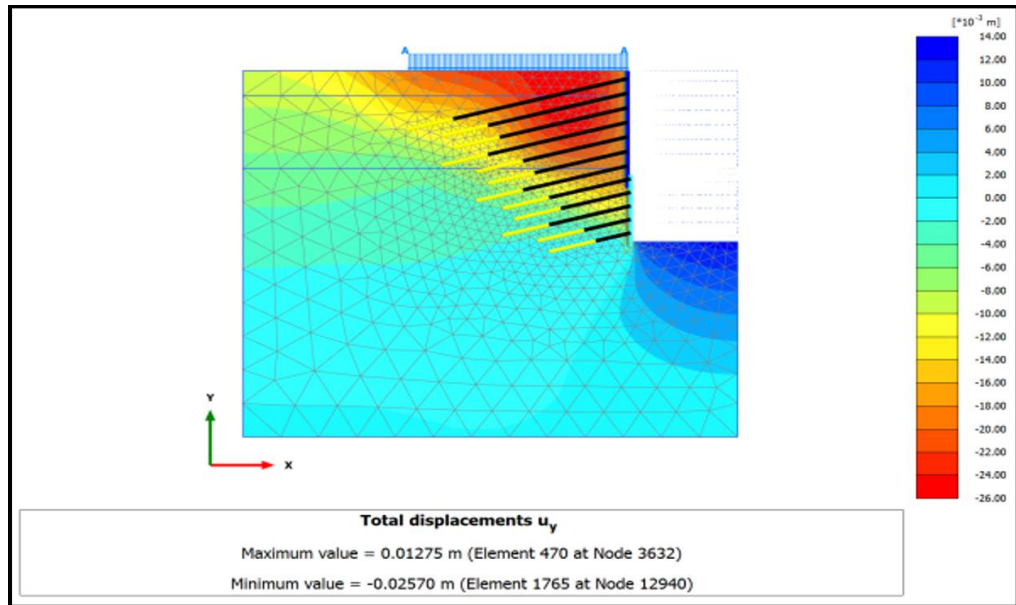
#### 3.6.1. IV-IV kesiti

Şekil 3.20 'de plaxis hesap raporuna göre iksanın IV-IV kesiti X yönünde yapabileceği en yüksek deplasman değeri görülmektedir.



Şekil 3.20. IV-IV kesiti X yönünde deplasman sınırı

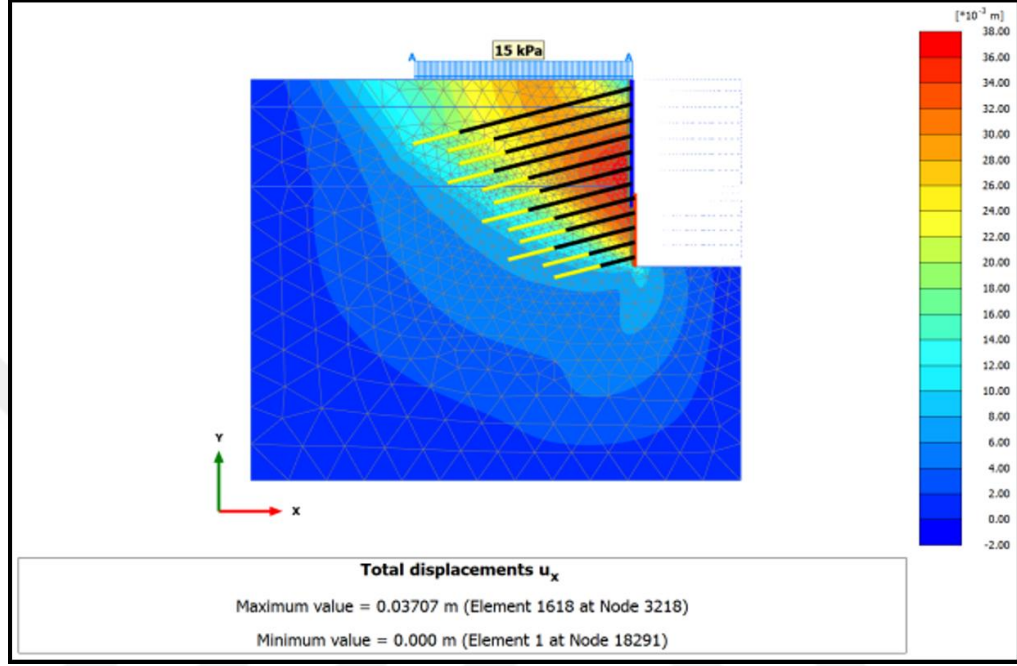
Şekil 3.21 'de plaxis hesap raporuna göre iksanın IV-IV kesiti Y yönünde yapabileceği en yüksek deplasman değeri görülmektedir.



Şekil 3.21. IV-IV kesiti Y yönünde deplasman sınırı

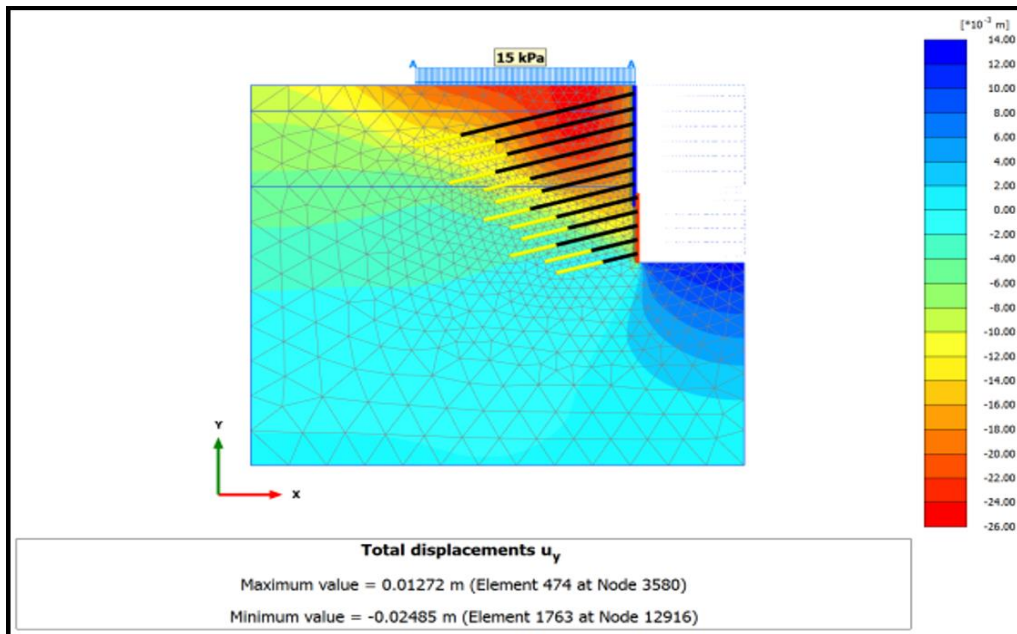
### 3.6.2. V-V kesiti

Şekil 3.22 'de plaxis hesap raporuna göre iksanın V-V kesiti X yönünde yapabileceği en yüksek deplasman değeri görülmektedir.



Şekil 3.22. V-V kesiti X yönünde deplasman sınırı

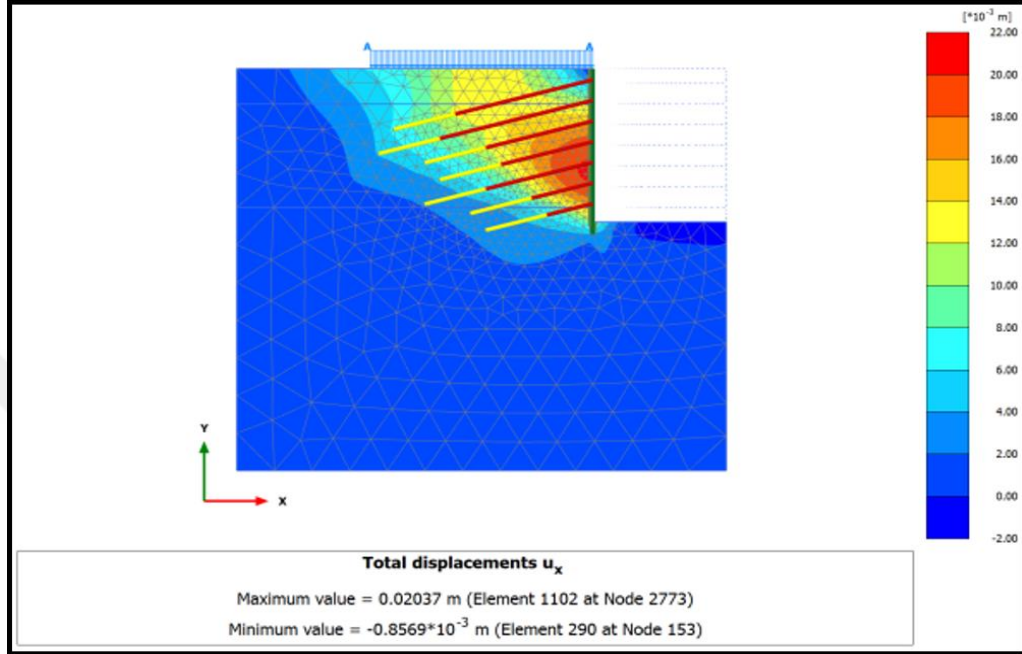
Şekil 3.23 'de plaxis hesap raporuna göre iksanın V-V kesiti Y yönünde yapabileceği en yüksek deplasman değeri görülmektedir.



Şekil 3.23. V-V kesiti Y yönünde deplasman sınırı

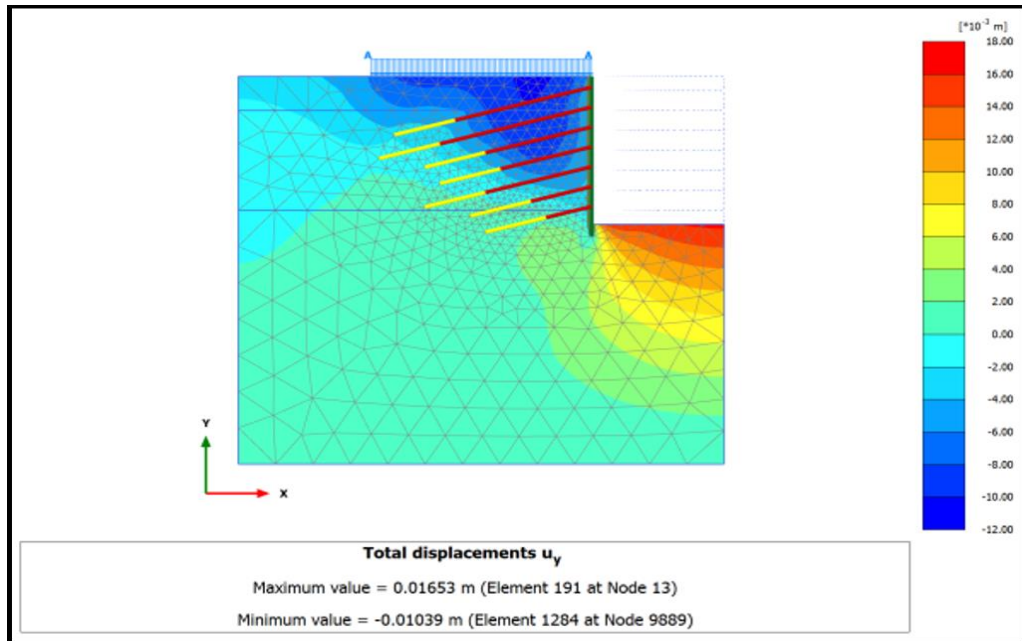
### 3.6.3. I-I kesiti

Şekil 3.24 'de plaxis hesap raporuna göre iksanın I-I kesiti X yönünde yapabileceği en yüksek deplasman değeri görülmektedir.



Şekil 3.24. I-I kesiti X yönünde deplasman sınırı

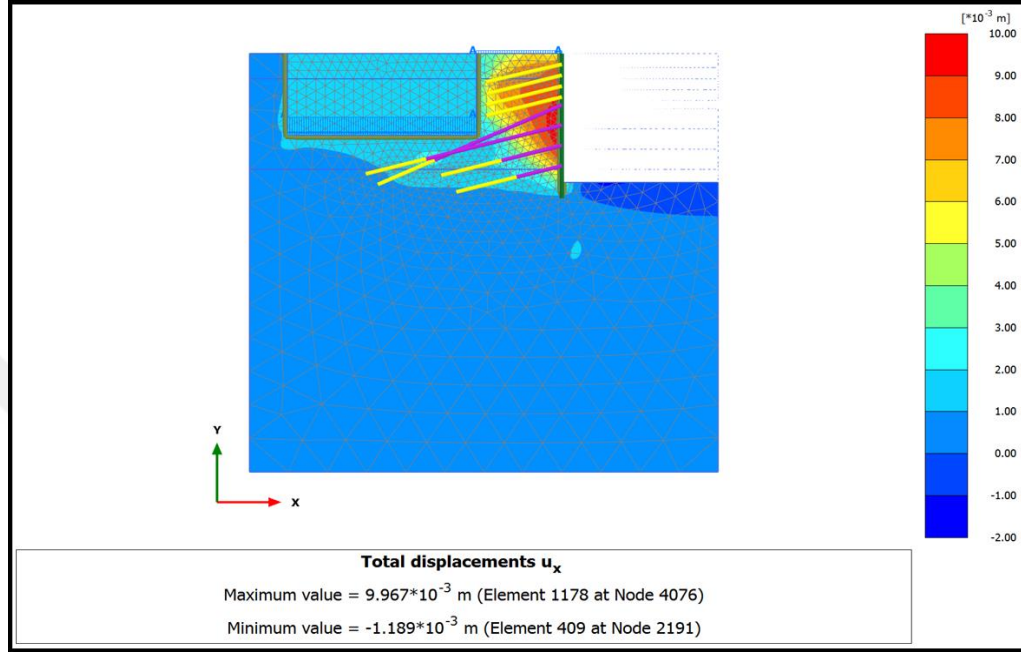
Şekil 3.25 'de plaxis hesap raporuna göre iksanın I-I kesiti Y yönünde yapabileceği en yüksek deplasman değeri görülmektedir.



Şekil 3.25. I-I kesiti Y yönünde deplasman sınırı

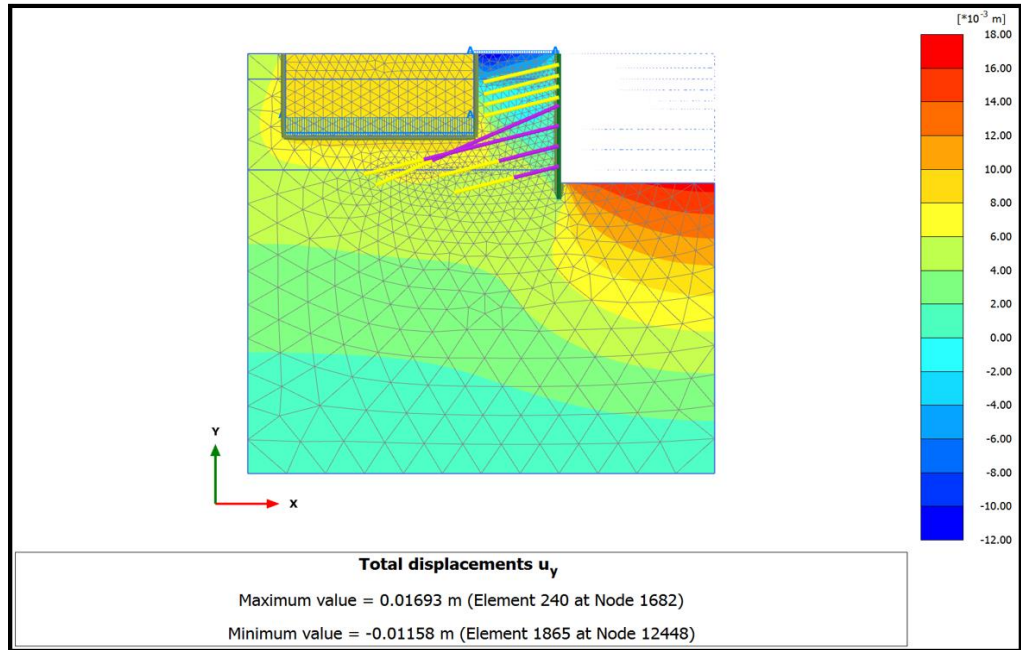
### 3.6.4. II-II kesiti

Şekil 3.26 'de plaxis hesap raporuna göre iksanın II-II kesiti X yönünde yapabileceği en yüksek deplasman değeri görülmektedir.



Şekil 3.26. II-II kesiti X yönünde deplasman sınırı

Şekil 3.27 'de plaxis hesap raporuna göre iksanın II-II kesiti Y yönünde yapabileceği en yüksek deplasman değeri görülmektedir.



Şekil 3.27. II-II kesiti Y yönünde deplasman sınırı

## **4. SEÇİLEN ÖRNEK SAHADAKİ İKSA UYGULAMALARI**

### **4.1. Fore Kazık İmalat Aşamaları**

#### **4.1.1. Delgi yapılması**

Delgiler; onaylanmış olan projesi kapsamında belirtilen açı, uzunluk ve çapta delindi. Delgi sırasında, zemin sınıflarının derinliğe göre değişimini de gösteren fore kazık sicil fişi dolduruldu. Delgi işlemine, uygun yöntemlerle projede gerekli görülen delgi derinliğine inene kadar devam edildi. Kazık boyunca düşeyden sapma miktarının sifıra yakın olmasına özen gösterildi. Bu işlem sırasında çok gerekli görülmediği sürece su kullanılmadı.

Foraj sebebiyle açığa çıkan malzeme, kuyuların ağzından uzaklaştırıldı ve betonlama işlemi yapılmamış olan kuyu ağızları kapalı tutuldu (Şekil 4.1). Kuyularda göçme olması durumunda ya muhafaza borusu kullanılarak delgi yapıldı, ya da kuyu içerisine bentonit çamuru, polimer katkılı stabilizatör akışkan veya su kullanılarak kuyu çeperlerinin stabilitesi sağlandı.

Delgi esnasında malzemeyi dışarıya çıkarmada kullanılan yöntemler delgi kalitesini ve hızını etkiler. Deliğin sağlıklı bir şekilde derinliğe ulaşabilmesi için dipte birikmiş olan malzemenin sürekli olarak dışarı atılması ve kuyunun temiz tutulması sağlandı. Temizlik yapmak için ayrıca temizleme bageti kullanıldı.

Delgilerde zeminin akması ve dökülmesi sebep oluşmaması için uzun süre açık bırakılmadı. Bu doğrultuda delginin tamamlanmasından ve donatı kafesinin indirilmesinden en fazla 24 saat sonra kuyunun betonunun döküm işlemi tamamlanmış oldu.

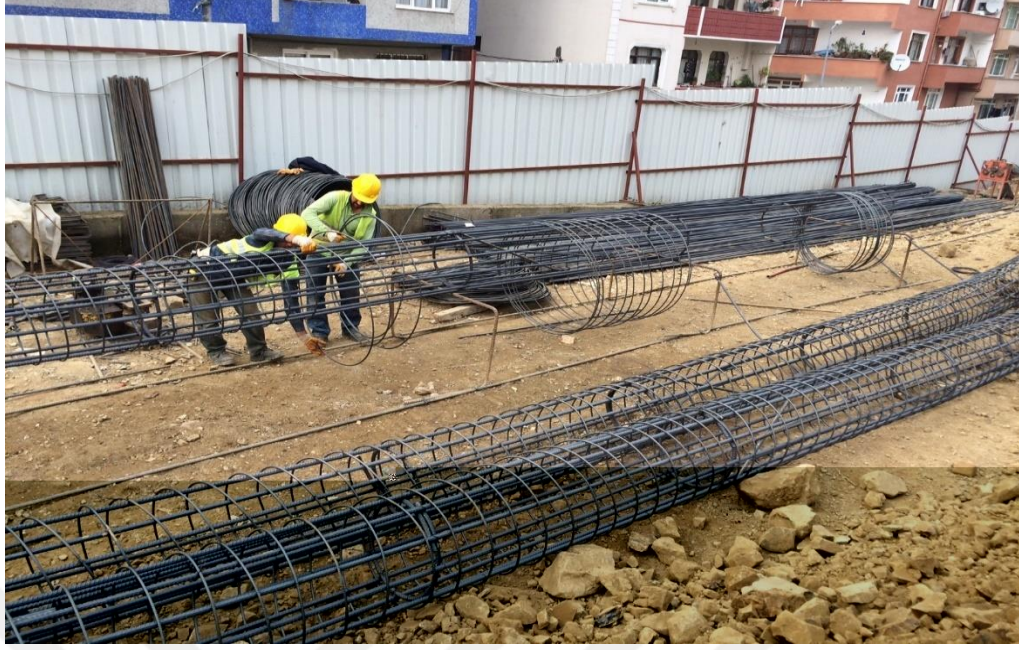


Şekil 4.1. Fore kazık imalat aşamasına ait görsel

#### 4.1.2. Donatı kafesi hazırlanması ve kuyulara indirilmesi

Fore kazık delgisine başlamadan, kazık donatı kafesi hazırlandı. Donatı kafesi, iksa çizimlerinde gösterilen adet ve çapa göre, uygun görülen nervürlü donatı çeliği kullanılarak hazırlandı (Şekil 4.2). Kontrol ekibi tarafından incelenerek uygun bulunmayan donatı kafesleri parçalandı ve kullanılmasına izin verilmedi.

Donatı kafesinin kirlenmemesi için sahada donatı montajının yapıldığı kısım ve delgi sahası temiz tutulmaya özen gösterildi. Boyu 12 m 'den fazla olan donatı kafeslerinin birbirlerine eklenmesi için bağ teli kullanıldı, donatı kafesinin çok uzun ve ağır olması durumunda bağ adedi artırılarak donatı kafesinin kaldırılıp kuyuya yerleştirilmesi esnasında tehlikeli durumların oluşmasına müsaade edilmemeye çalışıldı. Hazırlanan donatı kafesi beton pas payı takozları ile teçhiz edilip, yavaşça yerinden kaldırılıp taşınarak kuyulara indirilmesi kafesin dağılmaması hususunda önemli kılındı.



Şekil 4.2. Donatı kafesi hazırlanmasına ait görsel

Hazırlanan donatı kafesleri kuyu içinde göçme olup olmadığı kontrol edildikten sonra fore kazık delgi makinesi yardımıyla kuyulara indirildi. İndirme esnasında fore kazık uzunluğunun 12 m 'yi aştığı durumlarda birkaç demir parçasıyla askıya alınmış ve kalan ek parçası bağ telleriyle monte edildikten sonra tekrar fore kazık delgi makinesi yardımıyla kuyuya indirildi (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Donatı kafesinin kuyu içindeki halini gösteren görsel

#### 4.1.3. Fore kazık kuyusunun betonlanması

Fore kazık kuyusu donatı kafesinin kuyuya indirilmesini müteakiben ara vermeksizin kuyu betonlandı. Beton temininde gecikme olacağı durumlarda donatı kafesi önceden kuyuya indirilmedi.

Betonlama öncesi kuyu dibi baget ile temizlenmeli, kuyu dibinde su birikip birikmediği kontrol edildi.

Kuyu dibindeki su yüksekliğinin 75 cm 'den fazla olması durumunda TS 3168 'de belirtilen şartlara uygun olarak betonlama borusu (tremi borusu) ile betonlama yapıldı. Tremi borusu birbirine manşon ile eklenmiş 180-250 mm çapında borulardan oluşur. Betonlama borusu aşağıdaki şartları sağlamaktadır;

- Boru çeperlerinin eğilme ve burkulmaya dayanıklı olmasıyla birlikte temiz olmasına da özen gösterildi.
- Borunun ek yapılan bölümlerinde kalın dişli ve su sızdırmayan manşonlar kullanıldı.
- Beton dökümüne başlanmadan önce betonlama borusunun ucu kazık deliğinin dibinden 30 cm yukarıda oldu.
- Betonlama işleri esnasında, beton sürekli bir şekilde ve döküm hızı en az 5 m<sup>3</sup>/saat olacak şekilde deliğe dolduruldu. Daha düşük hızlar boruda birikinti yapacağından beton hızının sabit tutulmasına özen gösterildi.
- Betonlama borusu, dökülmüş olan beton içerisinde sürekli olarak 2,0 m-6,0 m gömülü olacak şekilde tutuldu. Böylece kazık betonunda süreksizlik oluşmasına kesinlikle müsaade edilmedi.

Kuyu dibindeki su yüksekliğinin 75 cm'den daha az olması durumunda TS 3168'de belirtilen şartlara uygun olarak huni ve ekli bir boru ile betonlama yapıldı (Şekil 4.4).

Betonun yerleştirilmesinde problem yaşanabileceğinden agrega çapı düşürülerek işlenebilir bir beton kullanıldı.



Şekil 4.4. Fore kazık betonlama imalatına ait görsel

## 4.2. Mini Kazık İmalat Aşamaları

### 4.2.1. Delgi yapılması

Delgiler; onaylanmış olan projesi kapsamında belirtilen açı, uzunluk ve çapta delindi. Delgi sırasında, zemin sınıflarının derinliğe göre değişimini de gösteren mini kazık sicil fişi dolduruldu. Delgi işlemine, uygun yöntemlerle projede gerekli görülen delgi derinliğine inene kadar devam edildi. Kazık boyunca düşey ekseninde sapma miktarının sifıra yakın olmasına özen gösterildi. Bu işlem sırasında çok gerekli görülmediği sürece su kullanılmadı.

Foraj sebebiyle açığa çıkan malzeme, kuyuların ağzından uzaklaştırıldı ve betonlama işlemi yapılmamış olan kuyu ağzları kapalı tutuldu. Kuyularda göçme olması durumunda muhafaza borusu kullanılmadığı için delici takım içerisinde kuyuya çimento şerbeti zerk edildi ve kuyular tamamen doldurularak imalatlara devam edildi.

Delgi esnasında malzemeyi dışarıya çıkarmada kullanılan yöntemler delgi kalitesini ve hızını etkiler. Deliğin sağlıklı bir şekilde derinliğe ulaşabilmesi için dipte birikmiş

olan malzemenin sürekli olarak dışarı atılması ve kuyunun temiz tutulması sağlandı. Bu işlem kompresör yardımıyla hava verilerek yapıldı (Şekil 4.5).

Delgilerde zeminin akması ve dökülmesine sebep oluşmaması için uzun süre açık bırakılmadı. Bu doğrultuda delginin tamamlanmasından ve donatı kafesinin indirilmesinden en fazla 24 saat sonra kuyunun betonunun döküm işlemi tamamlanmış oldu.



Şekil 4.5. Mini kazık imalat aşamasına ait görsel

#### **4.2.2. Donatı kafesi hazırlanması ve kuyulara indirilmesi**

Mini kazık delgisine başlamadan, kazık donatı kafesi hazırlandı. Donatı kafesi, iksa çizimlerinde gösterilen adet ve çapa göre, uygun görülen nervürlü donatı çeliği kullanılarak hazırlandı. Kontrol ekibi tarafından incelenerek uygun bulunmayan donatı kafesleri parçalandı ve kullanılmasına izin verilmedi.

Donatı kafesinin kirlenmemesi için sahada donatı montajının yapıldığı kısım ve delgi sahası temiz tutulmaya özen gösterildi. Boyu 12 m ‘den fazla olan donatı kafeslerinin birbirlerine eklenmesi için bağ teli kullanıldı, donatı kafesinin çok uzun ve ağır olması durumunda bağ adedi artırılarak donatı kafesinin kaldırılıp kuyuya yerleştirilmesi esnasında tehlikeli durumların oluşmasına müsaade edilmemeye çalışıldı (Şekil 4.6). Hazırlanan donatı kafesi beton pas payı takozları ile teçhiz edilip, yavaşça yerinden kaldırılıp taşınarak kuyulara indirilmesi kafesin dağılmaması hususunda önemli kılındı.



Şekil 4.6. Donatı kafesinin kuyuya indirilmesine ait görsel

#### 4.2.3. Mini kazık kuyusunun betonlanması

Donatı kafesinin kuyuya indirilmesini müteakiben ara vermeksizin kuyu betonlandı. Beton temininde gecikme olacağı durumlarda donatı kafesi önceden kuyuya indirilmedi. Betonlama öncesi kuyu dibinde su birikip birikmediği kontrol edildi. Kuyu dibindeki su yüksekliğinin 75 cm'den fazla olması durumunda betonlama işlemi çimento şerbeti kullanılarak yapıldı (Şekil 4.7).

Betonlamanın çimento şerbeti ile yapılacağı durumda iki farklı yapım yönteminin uygulanması söz konusudur;

- Delgi sırasında kuyularda göçme olması durumunda çimento şerbeti delici takım içerisinden verilebilir, kuyu tamamen betonlandıktan sonra donatı kafesi kuyuya yerleştirilebilir ve kazık imalatı tamamlanabilir.
- Delgi sırasında kuyuda göçme olmuyorsa, delgi tamamlandıktan sonra delici takım kuyu dışına çıkarılabilir, donatı kafesi kuyuya yerleştirilebilir ve donatı kafesi üzerine monte edilmiş polietilen borular ile çimento şerbeti dipten itibaren kuyulara yerleştirilebilir.

Mini kazık imalatında kullanılacak çimento şerbeti için ağırlıkça su/çimento oranı 0,60 olacak şekilde imalat yapıldı.



Şekil 4.7. Mini kazık imalatında çimento enjeksiyonunu gösteren görsel

### 4.3. Öngermeli Ankraj İmalat Aşamaları

#### 4.3.1. Delgi yapılması

Ankrajlar için yapılan delgiler onaylanan projesinde belirtilen açıda, uzunlukta ve çapta olacak şekilde delindi. Delik delme işleminde projede uygun görülen eğimden sapılabilme toleransı  $\pm 3^\circ$  olarak alındı. Projede imalatı uygulanan cephede yapılan ankrajın konumu her yönden 7,5 cm 'lik sapma toleransı içinde kabul edildi. Tolere edilen bu sapma miktarları kümülatif olarak tüm cephe için düşünülmedi. Uygulanacak delgi yöntemi, işlem sırasında çevrede oluşabilecek örselenmeyi en aza indireyecek, delik kuyusunun çökmesine engel olacak ve ankrajın taşıma gücünü azaltmayacak şekilde seçildi (Şekil 4.8). Delgiler kompresör yardımıyla verilen hava ile temizlendi, gerek görüldüğü taktirde delgi işlemi tekrarlandı. Delgi esnasında içeride göçme oluşabilmesi ihtimali söz konusu olduğunda muhafaza borusu kullanılıp göçme oluşması engellendi. Delgi esnasında delgi sicil fişleri tutuldu ve içerisinde

ilerlenen birimler kayıt edildi. Geoteknik raporda veya projede öngörülenden farklı zemin koşullarına rastlanması durumunda kontroller bilgilendirildi ve gerektiği durumlarda iksa sistemi tasarımı revize edilmesine karar verildi.

Delgi, ankraj halatının kuyuya yerleştirilmesi (montaj) ve enjeksiyon işlemleri esnasında ankraj kuyusunun çökmesi ile, erozyon ve su basıncı tahribatlarını önlemek için, gerekli olabilecek teknikler önceden belirlendi ve gerek görüldüğünde kullanıldı.

Ankraj kuyuları dökülme ve zemin boşalmasına sebep olacak süre boyunca açık bırakılmadı. Bu doğrultuda delginin tamamlanmasından en fazla 2,5 (iki buçuk) saat sonra ankraj halatı yerleştirildi ve enjeksiyon işlemi yapıldı.



Şekil 4.8. Ankraj delgi imalatına ait görsel

#### **4.3.2. Ankraj halatlarının hazırlanması**

Ankraj serbest boyu ile kök boyu arasındaki izolasyon detayı projede verilen ve kontroller tarafından onaylandığı şekilde uygulandı. Tüm ankraj halatlarında, özellikleri şartname kapsamında belirtilen merkezleyici ve ayırıcılar kullanıldı. Kök bölgesinin başından ve sonundan 0,50 m mesafeye ilk ve son ayırıcılar yerleştirildi. Hem ayırıcıların hem de merkezleyicilerin arasındaki mesafe 2,50 m 'den fazla tutulmadı (Şekil 4.9).

Hazırlanan ankraj halatları kontrol teşkilatı tarafından incelendi. Kontrol teşkilatı tarafından uygun bulunmayan halatlar imalatta kullanılmadı. Ankraj delgisinin tamamlanmasını takiben kuyu içerisine sürülecek halat, kontroller tarafından bir kez daha incelendi ve pas durumu kontrol edildi. Serbest bölgesi paslanmış halatlar, bakır tel fırça ile temizlendikten sonra kuyu içerisine yerleştirildi.



Şekil 4.9. Ankraj halatlarına ait görsel

#### 4.3.3. Tendonların yerleştirilmesi

Delgi işleminin tamamlanmasının hemen ardından kuyu temizlendi. Kuyunun temizlenmesinden sonra, zeminin akmasına ve dökülmesine fırsat verilmeden (en fazla 8 saat içerisinde) ankraj halatı kuyuya yerleştirildi (Şekil 4.10). Bu işlemin akabinde kuyu enjeksiyonu yapıldı. Halatların yerleştirilmesi sırasında kuyuların temizliğinin kontrolü de yapıldı, projesinde belirtilen boyda ankraj halatı sorunsuzca kuyu içerisine sürülebildiyse kuyu içerisinde göçük oluşmadığı kabul edildi. Halatların bir kısmının dışarıda kalması veya zorlanarak ilerlenmesi durumunda, halat dışarı çıkartılıp kuyu tekrar temizlendi. İkinci kuyu temizlenmesi sonrasında da ankraj halatının yerleştirilmesinde zorluk yaşıyorsa delgi tekrarlandı. Tendonların delgi içerisine

yerleştirilmesi sırasında, tendonun bir kısmı dışarıda kalır ise tendon tamamen dışarı çıkartılıp delgi tekrarlandı.



Şekil 4.10. Tendonların yerleştirildiğini gösteren görsel

#### 4.3.4. Enjeksiyon yapılması

Enjeksiyon yöntemi yüklenici firma tarafından önerildi ve ön onay alındıktan sonra pilot uygulamalarda enjeksiyon yönteminin performansı değerlendirildi ve sonrasında enjeksiyon yöntemi için kesin onay verildi. Enjeksiyonun kontrol teşkilatı tarafından onaylanan karışımına uygunluğu kontrol edildi (Şekil 4.11).

Enjeksiyon işlemi; delgi ve tendon yerleştirilmesini takiben, maksimum 8 saat içinde yapıldı. Enjeksiyon işleminin gecikmesi halinde, tendon dışarı çıkartıldı, delik tekrardan temizlendi ve takiben enjeksiyona başlandı.

Enjeksiyon delgi tabanından başlayarak, tüm deliği dolduracak şekilde yapıldı. Kuyuya tendonların yerleştirilmesinden önce bütün kuyularda kılavuz kullanılarak kuyunun tamamen enjeksiyonla dolması sağlandı, enjeksiyonun kuyu ağzından dışarı taşıdığı görülmeden tendonlar kuyuya yerleştirilmedi.

Enjeksiyonun kuyu ağzından taşığının görülememesi durumunda kontrollere bilgi verildi ve alternatif yöntemler üzerinde fikir birliğine varıldıktan sonra imalatlara devam edildi.



Şekil 4.11. Enjeksiyon makinesine ait görsel

#### 4.3.5. Germe ve kabul

İmal edilen ankrajların etrafındaki enjeksiyon şartnamede tariflenen 21 MPa dayanıma ulaştıktan sonra, projesinde hesap edilmiş olan servis yükünün 1,25 katına gerilip kilitlendi (Şekil 4.12). Germe işlemi sırasında kullanılacak germe krikosunun ve üzerindeki manometrenin kalibrasyonu istendi. Gerilme ekipmanları 6 aydan fazla olmayan aralıklarla düzenli olarak kalibre edildi ve şantiyede kontrol için her zaman kalibrasyon sertifikası bulunduruldu. Germe ve kayıt uygun ekipman ile kontrol teşkilatının gözetiminde ve bu işte tecrübeli personel ile yapıldı. Germe esnasında her bir ankraj üzerinde kanıt testi yapıldı. Germe işlemi için, ankraj kafasına ekipmanının yerleştirildi, belirlenen tekrarlı yüklerde yüklendi, boşaltıldı ve ekipman söküldü. Yükleme ve boşaltma aşamaları testler ile belirlendi.

Ankrajlar, test aşamasından sonra uygulama çizimlerinde belirtilen kilitleme yüklerine yüklenip kilitlendi. Germe esnasında uygulanan yük, tendonların karakteristik çekme dayanımının %80 'ini aşmamasına dikkat edildi.



Şekil 4.12. Ankraj germe işlemine ait görsel

#### 4.4. Başlık ve Kuşak Kirişi İmalat Aşamaları

##### 4.4.1. Donatı montajı ve bağlanması

Donatılar projedeki yerlerine gösterildiği şekilde yerleştirilmiş, beton dökümü ve betonun prizi esnasında yerinden oynamayacak şekilde iyice bağlanmıştır. Yerine konulmuş olan demir kir pas, boya, yağ, çamur ve benzeri yabancı malzemelerden arındırılmıştır. Demirlerin aralıkları her iki yönde de 30 cm'den fazla olduğu zaman demir çubuklarının biri birini kestiği her noktada bağlanmıştır. Aralık 30 cm'den az olduğu takdirde, bağlamanın birer atlayarak yapıldığı durumlar görülmüştür. Demirlerin kalıp yüzüne olan mesafesi; bloklar, askılar ve benzeri pas payı elemanları ile korunmuştur. İkinci sıra demir konulan yerlerde, beton bloklar veya bu işi görecekt diğer araçlarla demir sıraları projelerde gösterilen ölçülere uygun şekilde birbirinden ayrı tutulmuştur. Demirin kalıba temasını önlemek ve demir sıralarını birbirinden ayırmak amacıyla çakıl tanesi, kırma taş, tuğla parçası, madeni boru parçası ve ahşap blok gibi malzemeler kullanılmamıştır. Demirler projelerde gösterildiği şekilde düzenli aralıklarla yerleştirilmiştir (Şekil 4.13).

Komşu iki demir arasındaki serbest açıklık; kullanılan en büyük çaptaki demir çapından veya beton karışımına giren çakılın en büyük boyutundan küçük olmamıştır. Demir; yerine yerleştirildikten, bağlandıktan ve kontrol mühendisi tarafından kontrol edildikten sonra kalıp kurulmasına başlanmıştır.

Betonarme demirleri projelerde gösterilmiş boylarda olmuştur.



Şekil 4.13. Kuşak kirişi donatı montajını gösteren görsel

#### 4.4.2. Kalıp

Bütün kalıplar, iskeleler ve takviyeler güvenli ve taşıma gücü yeterli olacak şekilde seçildi. Kalıp ve iskeleler TS 647 “Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları” standardında belirtilen esaslara uygun olarak hazırlandı, birleştirildi, kuruldu ve fazla deformasyon ve oturma yapmayacak şekilde düzenlendi.

Kalıp tahtaları (panelleri), beton sıkıştırılırken çimento şerbetinin akmasına engel olacak şekilde yapıldı, vibratör etkilerine karşı yeteri kadar dayanımı sağlandı. Kalıp tahtaları birleşme yerlerinde aralık kalmayacak şekilde imal ve muhafaza edildi. Kalıplar kullanıldıkları süre içinde etkiyen bütün kuvvetleri güvenilir şekilde zemine aktaracak durumda oldular.

Bütün kalıplar yatay kuvvetleri güvenli olarak zemine aktarabilecek şekilde enine ve boyuna takviye edildi.

Kalıpları destekleyen iskele ve takviyelerinin tamamı oturma ve kayma hareketinin önleildiği şekilde mesnetlendi. Bu maksatla; prizmatik beton kütleler temel veya ağırlık amacıyla kullanılabilir. Tek yüzlü kalıpların desteklenmesi için kullanılacak takviyelerin mesnetlenmesi uygun görülmediği takdirde beton dökümüne izin verilmedi (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Kuşak kirişi kalıp kapatılma aşamasına ait görsel

#### 4.4.3. Beton dökülmesi

Beton dökülmeden önce, kalıp içerisi yonga, serbest zemin/kaya parçaları vb. yabancı maddelerden, buzdan temizlendi. Kalıp içinde geçici olarak konulan, gergi, destek ve kuşak olduğu durumlarda, dökülen beton seviyesi geçici olarak konulan gergi, destek ve kuşak vb. seviyesine ulaştığında bunlar sökülerek kaldırıldı, beton içerisinde bırakılmadı. Beton kalıpları, beton dökümünden önce yağlandı. Beton dökülürken çakılın ayrışmaması ve donatıların oynamamasına özen gösterildi. Betonun, betoniyerden kalıplara kadar naklinde seçilen taşıma yöntemi Kontrol Mühendisinin onayına bağlıdır. Betonun dökülmesi sırasında borunun alt ucu dökülmüş betonun içinde ve boru daima dolu bulundurulmuştur. Taze beton döküldüğü yerden en fazla 3 m mesafede yayıldı. Beton prize başladıktan sonra kalıp katiyen sarsılmamış ve betondan uzayıp çıkan demirlere bir kuvvet aktarılmadı. Beton mümkün olduğunca

yerleştirileceği yere veya yakın bir bölgesine döküldü. Beton homojen tabakalar halinde yerleştirilmeye çalışıldı. Yerleştirme esnasında büyük yığınların ve eğimli tabakaların oluşturulmasına engel olundu. Betonun yerleştirme ve sıkıştırma hızları uyum içinde oldu. Gecikme ve duraklamalar önlenmeye çalışılmış, bunun sonucu oluşabilecek soğuk derzlerin oluşmasına izin verilmemeye özen gösterildi (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Beton dökme aşamasına ait görsel

Proje kapsamında yaş karışım hazır beton kullanıldı ve transmiksler ile servis edildi. Transmikserler ve karıştırmalı taşıyıcılar, betonu homojen halde teslim etmeye (boşaltmaya) uygun donanımlı olarak ayarlanır. Hazır betonun taşıma süresi; priz geciktirici kimyasal katkıları kullanıldığı ve çimentonun ilk priz süresi 2 saati geçmiş ise, en çok 2 saat ya da toplam 300 devirdir. Bunların hangisi küçük ise o, taşıma süresi olarak kabul edildi. Taşıma süresi, betonun prizini etkileyen kimyasal katkıların kullanımı ve/veya kullanılan çimentonun ilk priz süresine bağlı olarak kullanıcı ile üretici arasında anlaşma sonucuna göre belirlendi. Beton, karılmasından hemen sonra ve ara verilmeden işlendi. Sadece özel durumlarda betonun bir süre işlenmeden bekletilmesine izin verildi. Beton prize başlamadan önce yerine dökülmüş, işlenmiş ve yüzey düzeltme işlemleri tamamlandı. Kalıba dökülen betonu, kalıbın her tarafına yaymak, donatıları iyice sarmasını sağlamak ve hava boşluklarını dışarıya çıkararak doluluğu arttırmak için vibratörle sıkıştırma işlemi yapıldı. Her tür beton sınıfında

(kendinden yerleşen beton hariç), yerleştirme aşamasında, vibratör kullanıldı. Yüklenici beton dökülür dökülmez bekletmeden sıkıştırabilmek için yeterli sayıda vibratörü şantiyede hazır bulundurdu (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Başlık kirişi betonunun vibratör yardımıyla yerleştirilmesi

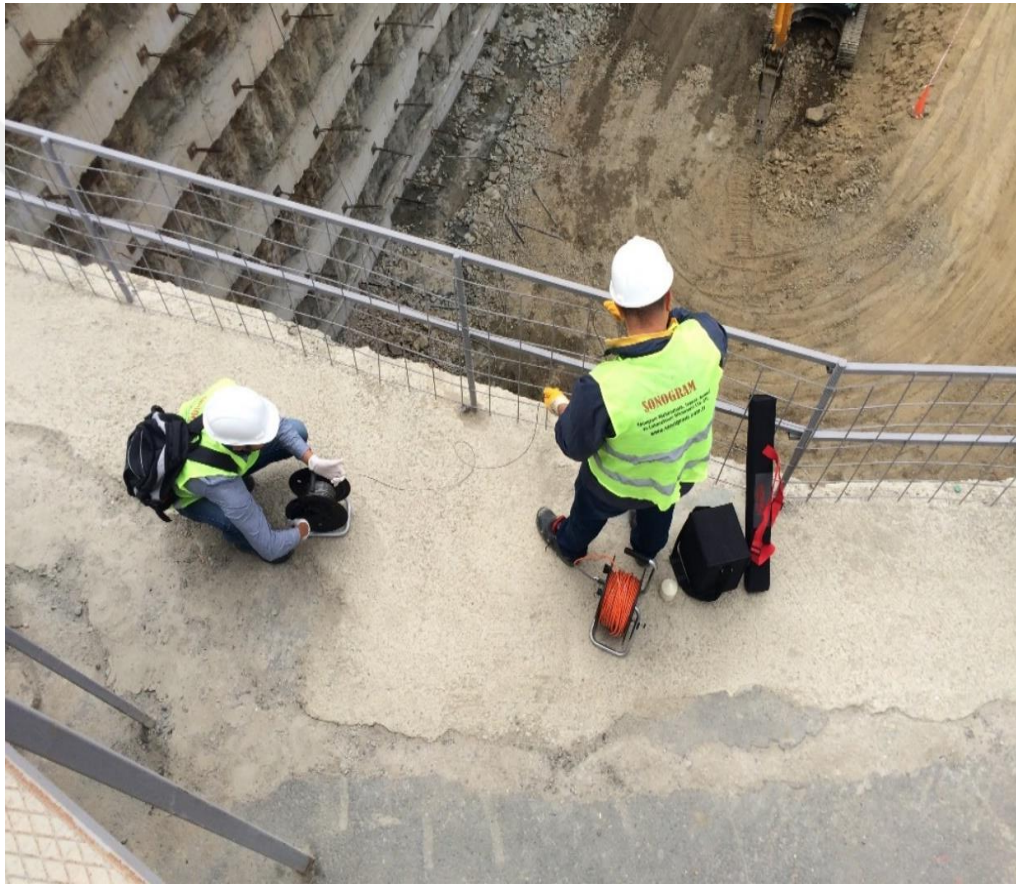
#### 4.5. İnklinometre Deplasman Okumaları

İnklinometre okumaları Şekil 4.17 'de görülen imalat yardımıyla hafriyat alımı sırasında kazık yüzeyi açıldıkça belirli aralıklarla yapıldı. Bu okumalar fore kazık sisteminin sağlığı hakkında bilgi verdi. Fore kazık deplasman kabullerini aşması riskine karşın önlemler alabilme açısından önemli oldu.



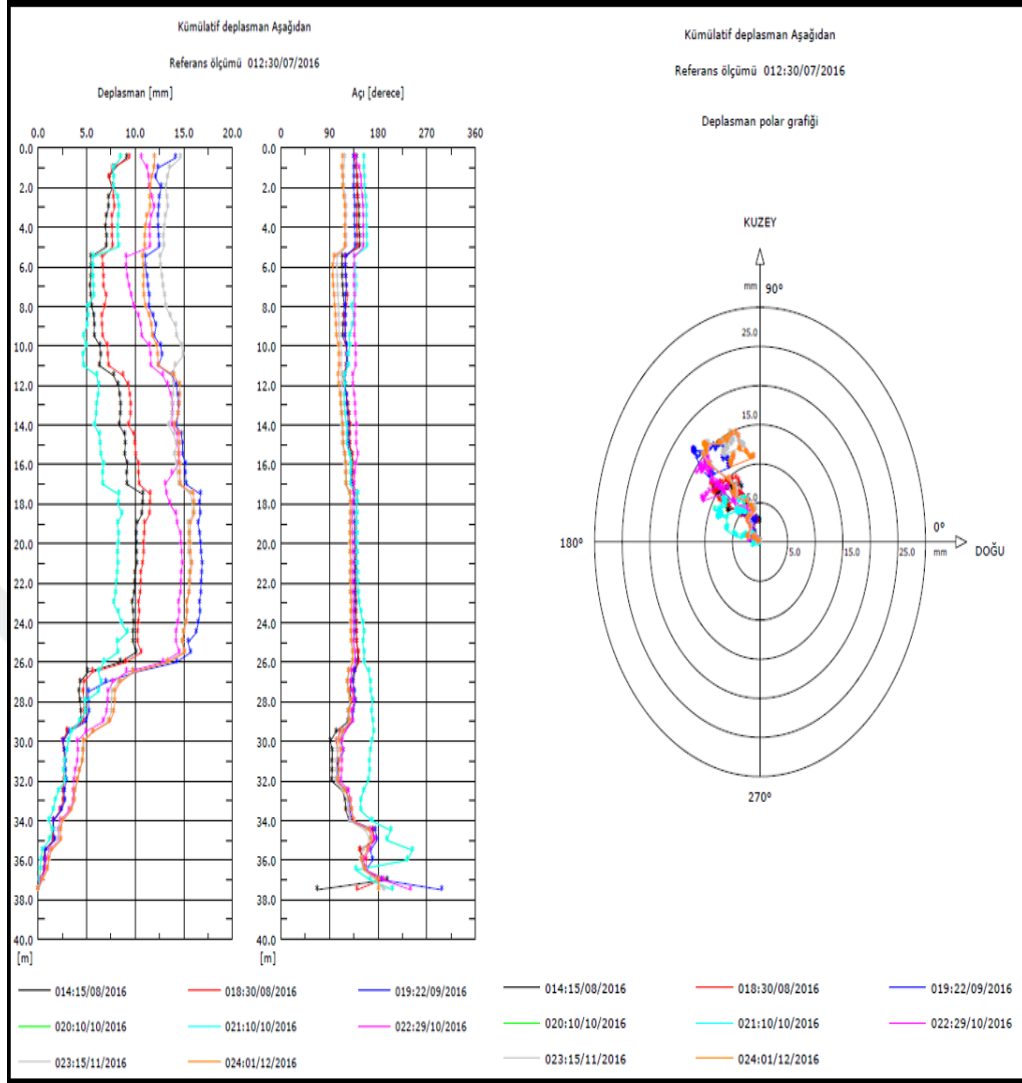
Şekil 4.17. İnklinometre borusunu gösteren görsel

Fore kazık imalatı sırasında inklinometre okumalarının yapılacağı kısımlardaki kazıklara delgi yapıldıktan hemen sonra metal boru bırakıldı. Bu borunun bulunduğu fore kazıkların betonu döküldü. Beton döküldükten sonra ankraj delgi makinesi yardımıyla borunun içi temizlendi. Bu temizleme işleminden sonra probe kılıfı olarak bilinen plastik boru bu metal borunun içine yerleştirildi ve ardından enjeksiyonlama işlemi yapıldı. Enjeksiyonlama işleminin ardından priz süresi dolunca sıfır okuması olarak nitelendirilen ilk okuma işlemi yapıldı. Ardından düzenli olarak okumalar yapıldı ve total deplasman ölçümleri gözlemlendi (Şekil 4.18).



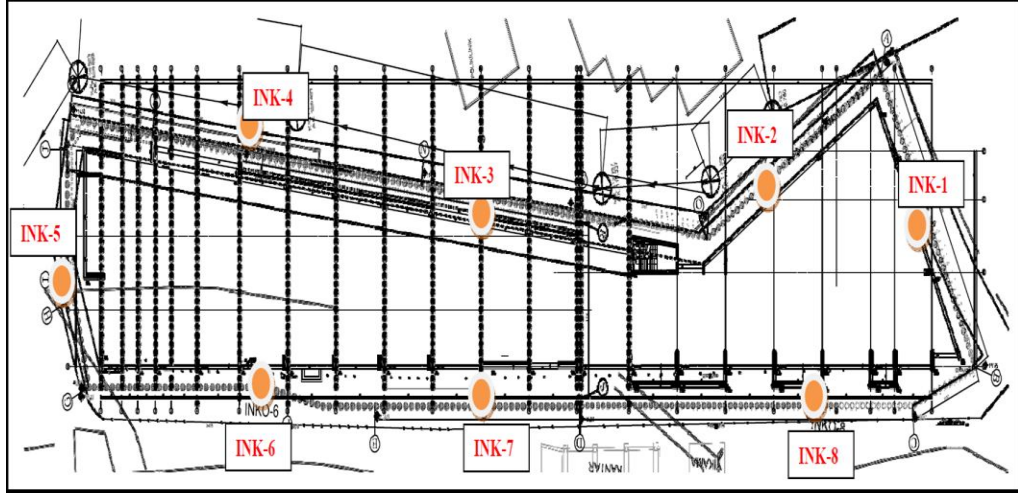
Şekil 4.18. İnklinometre okumasına ait görsel

İnklinometre okuması yapılırken belirli aralıklarla probede ölçülen değerler kayıt altında tutuldu. Bu kayıtlar daha sonra sıfır okuması ile karşılaştırılarak total deplasman ölçümü ortaya çıkarıldı. Çıkarılan ölçümler raporlanarak analiz yapılmak üzere bir danışmana iletildi (Şekil 4.19). Danışmanın incelemeleri ışığında gerekli kabuller dahilinde bir deplasman söz konusu ise önlemler alındı. Bu deplasman ölçümleri düzenli olarak yapıldığından herhangi olumsuz bir duruma karşın gerekli önlemlerin alınabilmiş olması riski azalttı.



Şekil 4.19. İnklinometre deplasman analizini gösteren görsel

İksa sistemleri kademeli olarak imal edildiğinden dolayı düzenli olarak kontrol edilmesi gerekir. İnklinometre okumaları bu kontrolleri kolaylaştıran etkenlerdendir. İnklinometre okumaları düzenli olarak yapıldığından iksanın sağlıklı bir halde olup olmadığı hakkında bize bilgi verir. İnklinometreler ankraj imalatları sırasında hasar görebilirler. Bunun önlenmesi için inklinometrelerin bulunduğu kazıkların yakın kısımlarda yapılan delgiler oldukça dikkatli yapıldı. Fakat bir anlık dikkatsizlik inklinometrelerden birinin hasar almasına sebep oldu. Bu durumda inklinometre sağlıklı okunamadığından hasar alınan derinliğe kadar okundu. Kalan kısım yüksekliği fazla olmadığından dikkatli olarak kazı ve ankraj imalatları yapıp devam edildi.



Şekil 4.20. İnclinometre konumlarını gösteren görsel

Şekil 4.20 'de görüldüğü gibi çalışma alanında inşa edilen INK-1, INK-2, INK-3, INK-4, INK-5 ve INK-8 no 'lu inclinometre kuyularından INK-1, INK-2 ve INK-8 no 'lu kuyularda yapılan okumalar bu kuyuların bulunduğu blok yüksekliğinin belirli bir seviyeye gelmesinin ardından gerek kalmadığı için durduruldu. Referans okumalarından sonra INK-3, INK-4 ve INK-5 no 'lu kuyularda toplam 25 adet ölçüm gerçekleştirildi. INK-6 no 'lu inclinometre kuyusunda ankraj işlemleri sonucunda hasar alması nedeniyle 17.01.2017 tarihinden itibaren ölçüm alınamamaktadır. INK-7 nolu kuyunun sıfırlama okumaları referans okumaları olarak kabul edildikten sonra toplam 19 adet ölçüm gerçekleştirildi. Tüm ölçümlere ait değerler ve oluşan deplasman değerlerine ait grafikler aşağıda yer almaktadır. Referans okumalardan sonra devam eden okuma değerleri mevcut kuyuların inşasından ölçüm yapılan güne kadar doğal ya da yapay nedenlerle zeminde oluşan hareketlerin gözlemlenmesini sağlar. Tablo 4.1 'de inclinometre okumalarına ait bilgiler yer almaktadır.

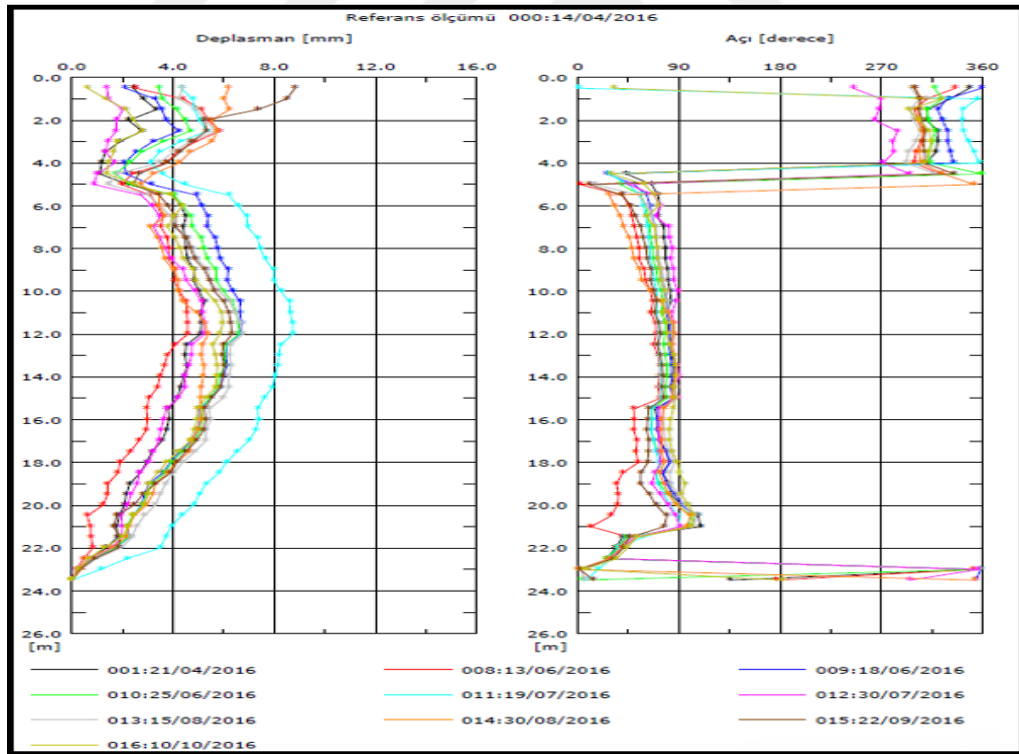
Tablo 4.1. İnclinometre ölçme değerlerine ait tablo

Kuyu No.	İlk Okuma Tarihi	Son Okuma Tarihi	Toplam Okuma Sayısı (Sıfır Okuması Dahil)	Ölçü Sonu İtibari ile Toplam Hareket (mm)
INK-1	14.04.2016	10.10.2016	17	6
INK-2	14.04.2016	22.09.2016	16	12
INK-3	14.04.2016	09.05.2017	26	31
INK-4	14.04.2016	09.05.2017	24	10
INK-5	14.04.2016	09.05.2017	26	18
INK-6	30.05.2017	17.01.2017	17	25
INK-7	30.05.2017	09.05.2017	20	38
INK-8	14.04.2016	10.10.2016	17	8

Plaxis deplasman ölçü hesaplamalarıyla inklinometre sonuçlarından kritik öneme sahip olan birkaç tanesi karşılaştırıldığında iksa imalatlarının sağlıklı bir şekilde yapıldığı görüldü.

İnklinometre-1 değerlerine göre total deplasman değeri 20 mm değerlerinde sınır koşullarını oluşturduğu bilinirken yapılan değerlendirmeler sonucunda, INK-1 kuyularında yapılan devamlı ölçülerde hareket miktarlarının 2 cm 'yi aşmadığı görüldü (Şekil 4.21). İnklinometre okumalarına göre bu alanda toplam hareket miktarının 6 mm olduğu görüldü. Bu kısımda 7 sıra ankraj sıraları 15 derecelik açıyla 8 metresi kök kısmı olarak boyları 14 metre ve 28 metre arasında değişkenlik göstererek imal edildi.

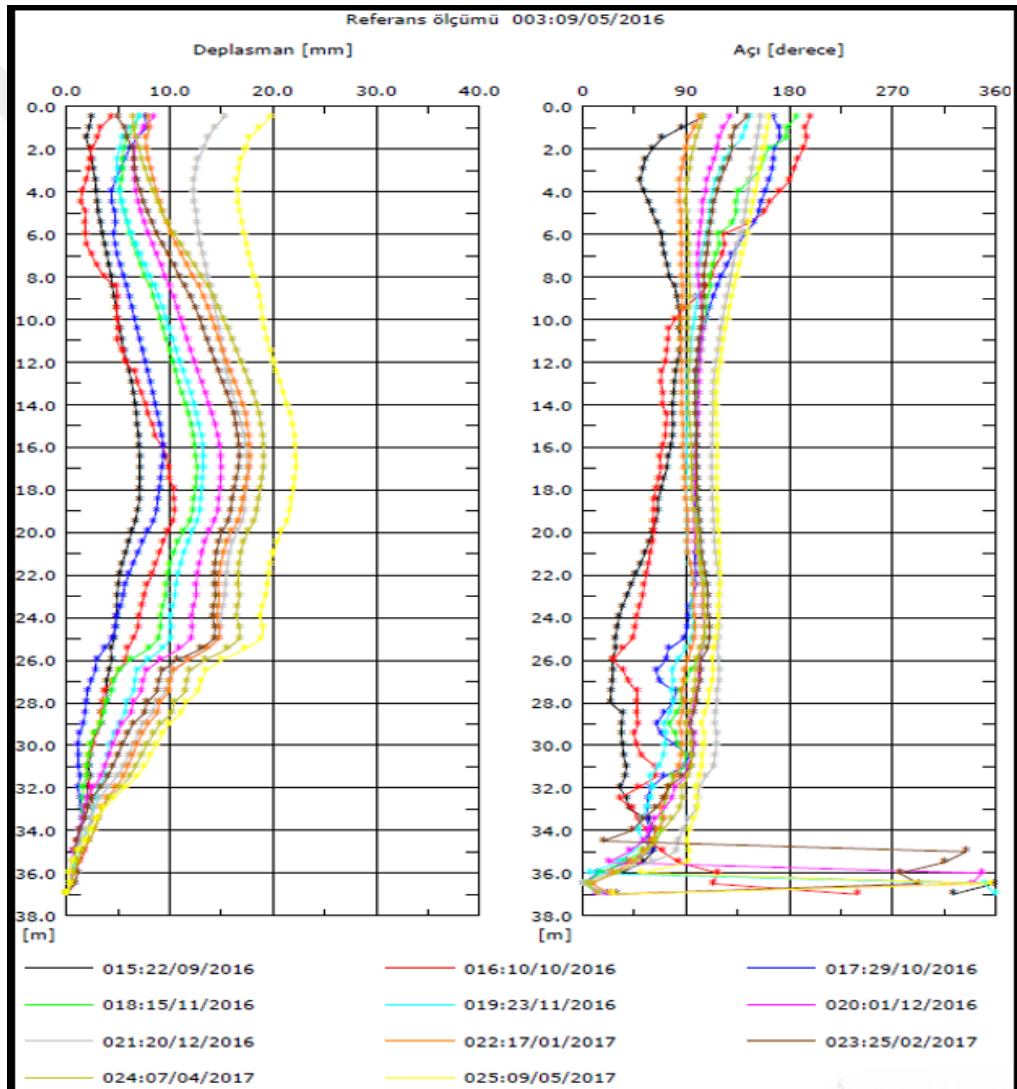
Tablo 4.1. 'de deplasman ölçüm günleri ve bu günlere ait deplasman miktarları görülmektedir. Alt kısımda tarihler ve bu tarihlerin kaçınıcı ölçümlere ait olduğu da yer almaktadır.



Şekil 4.21. İnklinometre-1 okumasını gösteren görsel

İnklinometre-3 değerlerine göre total deplasman değeri 38 mm değerlerinde sınır koşullarını oluşturduğu bilinirken yapılan değerlendirmeler sonucunda, INK-3 kuyularında yapılan devamlı ölçülerde hareket miktarlarının 31 mm olduğu

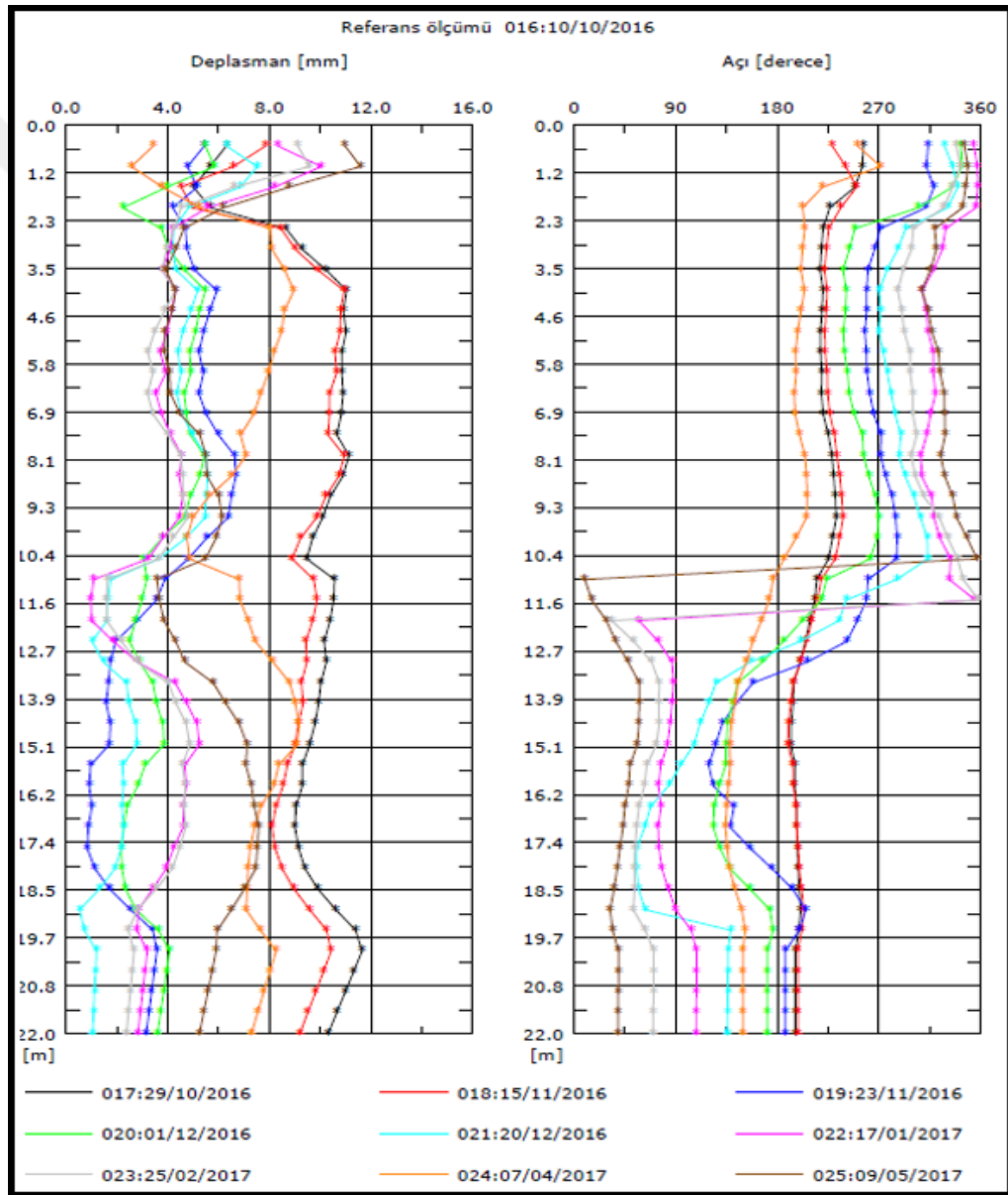
görülmektedir (Şekil 4.22). Bu kısımda 12 sıra ankraj imalatı yapıldı. Bunlardan fore kazık kısmına denk gelen ankrajlardan; 1. Sıradaki ankraj 25 derecelik açıyla diğer 6 sıra ankraj ise 20 derecelik açıyla 8 er metresi kök kısmı olarak boyları 24 metre ve 38 metre arasında değişkenlik göstererek imal edildi. Fore kazığının inemediği derinliklerde bulunan mini kazık kısmına denk gelen mesafede ise 15 derecelik açıyla 8 metresi kök kısmı olacak şekilde boyları 22 m ve 14 m arasında değişkenlik gösteren 5 sıra ankraj kullanıldı. Tablo 4.1. 'de deplasman ölçüm günleri ve bu günlere ait deplasman miktarları görülmektedir. Alt kısımda tarihler ve bu tarihlerin kaçınıcı ölçümlere ait olduğu da yer almaktadır.



Şekil 4.22. İnklinometre-3 okumasını gösteren görsel

İnklinometre-4 değerlerine göre total deplasman değeri 37 mm değerlerinde sınır koşullarını oluşturduğu bilinirken yapılan değerlendirmeler sonucunda, İNK-4

kuyularında yapılan devamlı ölçülerde hareket miktarlarının 10 mm olduğu görülmektedir (Şekil 4.23). Bu kısımda 12 sıra ankraj imalatı yapıldı. Bunlar 15 derecelik açıyla ankrajların 8 metresi kök kısmı olarak boyları 14 metre ve 38 metre arasında değişkenlik gösterecek şekilde imalatlar yapıldı. Fore kazık kısmına denk gelen mesafede 7 sıra ankraj kullanıldı. Fore kazığın inemediği derinliklerde bulunan betonarme perde kısmına denk gelen mesafede ise 5 adet ankraj kullanıldı. Şekil 6.4. 'de deplasman ölçüm günleri ve bu günlere ait deplasman miktarları görülmektedir. Alt kısımda tarihler ve bu tarihlerin kaçınıcı ölçümlere ait olduğu da yer almaktadır.



Şekil 4.23. İnklinometre-4 okumasını gösteren görsel

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- Çevre yapıların iksa imalat kotlarına denk gelen kısımlarında farklı alternatifler üretildi. Çevre yapıların ankraj kotlarına denk geldiği kısımlarda ankrajlar uzun olduğundan sıkıntı çıkarabileceği için zemin çivisi kullanımını tercih edildi.
- Zemin çivileri ankrajlara oranla daha kısa ve düşük aderanslı olduğundan daha sık imal edilerek gerekli dayanım sağlanmaya çalışıldı.
- Çevre yapıların iksaya yakın olduğu ve ankraj kotlarına denk geldiği durumlarda iksa delgi açısı arttırılarak bu sorun aşılmaya çalışıldı.
- Ankraj açısının arttırılmasıyla çözülemeyen durumlarda zemin çivisi kullanılıp aderans sağlanamadığında da iksaya destek olması amacıyla strut boru destek kullanıldı.
- Fore kazık ve ankraj imalatları arasında göçme oluşmaması için birer veya ikişer atlanarak yapıldı. Delgileri tekrarlamak zaman ve maliyet açısından problem teşkil edebilirdi.
- Başlık kirişi imalatları için zaman kazanmak ve maliyeti düşürmek adına fore kazık üst kotları başlık kirişi alt kotlarına kadar döküldü. Ardından iki tarafa kalıp yapmak yerine içe bakan yüzünün hafriyatı temizlenip arka tarafına kalıp yapmamak için toprağa yaslandı.
- Kazı çalışmaları sırasında kazık yüzeylerini birden açmak uygun olmayacağından bu durumun aksilikler yaşamamıza sebep olmaması için ankraj imalatı kısmında yapılacak olan kazılar kuşak kirişi alt kotuna kadar yapıldı.
- İmalatlar sürerken hafriyat alınıp taşınmasını durdurmamak için ankraj delgi makinesinin çalışabileceği bir platform mesafesi bırakılarak şevli bir şekilde hafriyat kazısına devam edildi.
- Mevcut alanda zemin şartları derine inildikçe kayaç fizyolojisi bakımından değişiklik gösterip sertleştiğinden dolayı fore kazık imalatı yapılmakta zorlanıldı.
- Bu durumda mini kazık imalatları ve betonarme perde imalatları tasarlandı. Mini kazık betonarme perdeye nazaran daha seri ilerleyen imalat olduğundan zaman kazanmak adına faydalı oldu.

- Mini kazık çapları küçük olduğundan kazı derinliğine inildikçe boşluklar oluşmaması adına mini kazıklarda mıcır kullanmak yerine enjeksiyon yapılarak imento şerbeti ile dolduruldu. Kazığın boş çıkması iksa sisteminin sürekliğini olumsuz etkileyeceğinden sıkıntılarla karşılaşılabilirdi.
- Strut boru destek imalatlarının görevini yerine getirebilmesi için boru alınlarının kaynak yapılacakları plakalara tam oturması sağlandı.
- İnklinometre sonuçlarından kritik derinliğe ulaşanlardan 3 numaralı inklinometrenin hesap raporunda görülen total deplasman değeri 38 mm değerlerinde olduğu bilinirken yapılan değerlendirmeler sonucunda toplam hareket miktarının 31 mm olduğu görüldü. Sınır koşullarına göre ciddi bir okuma değerine sahip olduğu görülen bu değer dikkat edilmesine ve bu inklinometrenin bulunduğu cephede imalatların daha özenli bir şekilde devam ettirilmesine sebep oldu. Bu cephede deplasman değerinin artabileceği ihtimaline karşın ankrajlar arası mesafe kısaltılması veya strut boru desteği gibi önlemlerin alınabileceği ngrld.

## KAYNAKLAR

- [1] Coulomb C.A., An Attempt to Apply The Rules of Maxima and Minima to Several Problems of Stability Related to Architecture, *Mem. Acad. Roy.*, 1776, 7,343-382.
- [2] Uzuner B.A., *Temel Mühendisliğine Giriş*, Derya Yayınevi, Trabzon, 1995.
- [3] Yıldırım S., *Zemin İncelenmesi ve Temel Tasarımı*, Birsen Kitapevi, İstanbul, 2009.
- [4] Rankine W.J.M., On The Stability of Loose Earth, *Philosophical Transactions of The Royal Society of London*, 1857, **147**, 9-27.
- [5] Kumbasar V., Kip F., *İnşaat Mühendisliğinde Zemin Mekaniği*, Çağlayan Kitapevi, İstanbul. 1984.
- [6] Sabatini P.J., Pass D.G., Bachus R.C. *Ground Anchors and Anchored Systems*, Office of Bridge Technology, SW Washington, 1999.
- [7] Xanthakos P.P., *Slurry Walls as Structural Systems*, McGraw-Hill, New York, 1994.
- [8] Ük M., Derin Kazılar ve Derin Kazılara Bir Örnek: Flame Towers Projesi İksa Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009, 252000.
- [9] TS EN 1538, Özel Jeoteknik Uygulamalar: Diyafram Duvarlar, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 2001.
- [10] Ou C.Y., *Deep Excavation: Theory and Practice*, Taylor & Francis Group, London, 2006.
- [11] Altun G., Ankrajlı ve Ankrajsız Derin Kazı İksa Sistemlerinin Sayısal Yöntemler ile Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2013, 337208.
- [12] Hanna T.H., *Foundations in Tension: Ground Anchors*, McGraw Hill, UK, 1983.
- [13] Daldal G.İ., Halat Tendonlu Ankrajlarda Gerilme Dağılımının Belirlenmesi ve Kazı Derinliğine Bağlı Olarak Duvar Hareketlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.

- [14] Dumlu M., Derin Kazılar ve Destekleme Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1988.
- [15] <http://www.zeminarastirma.com/referanslar/fore-kazik-yapim-asamalari/> (Ziyaret tarihi: Nisan 2018).
- [16] <https://www.vpgroundforce.com/gb/shoring-equipment/products/specialist-struts/mp125-and-hsk150-hydraulic-struts/> (Ziyaret tarihi: Nisan 2018).
- [17] <http://altyapi.com/> (Ziyaret tarihi: Şubat-Nisan 2018).








**EKLER**

## **EK-A**





### **Plaxis Hesap Raporu**

Geoteknik hesaplar PLAXIS bilgisayar yazılımı kullanılarak yapılmıştır. 1987 yılında Hollanda 'nın Delft Teknik Üniversitesi 'nde geliştirilmiş, geoteknik mühendisliği projelerinde kompleks problemleri sonlu elemanlar yöntemi yardımı ile çözebilmeye yarayan, deformasyon analizleri, stabilite analizleri, dinamik analizler, zamana bağlı davranış analizleri yapan ve yapı ile zemin arasındaki ilişkiyi modelleyen bir yazılımdır. İnşaat, jeoloji, maden mühendisleri tarafından kullanılan zemin, yapı modelleme ve analiz programıdır. Türevlerine nazaran oldukça kullanışlı olmakla birlikte, zemin sınırları ve özellikleri verildikten sonra oluşturulan zemin ağı birimleri oldukça stabildir. Böylece daha sağlıklı neticeler elde edilebilir. En basit ambar temelinden, büyük çaplı tünellere kadar kullanım imkânı vardır. Hesaplarda kullanılan zemin ve malzeme özellikleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 1: Zemin parametreleri değerleri

Identification		Yapay Dolgu	Ayrışmış Grovak	Az Ayrışmış Grovak
Identification number		1	2	3
Drainage type		Drained	Undrained (A)	Undrained (A)
Colour				
$\gamma_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup>	19.00	22.00	23.00
$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	20.00	22.00	23.00
Dilatancy cut-off		No	No	No
$e_{init}$		0.5000	0.5000	0.5000
$e_{min}$		0.000	0.000	0.000
$e_{max}$		999.0	999.0	999.0
Rayleigh $\alpha$		0.000	0.000	0.000
Rayleigh $\beta$		0.000	0.000	0.000
$E_{50}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	15.00E3	45.00E3	150.0E3
$E_{oed}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	15.00E3	45.00E3	150.0E3
$E_{ur}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	45.00E3	135.0E3	450.0E3
power (m)		0.5000	0.5000	0.5000
$C_c$		0.02300	7.667E-3	2.300E-3
$C_s$		6.900E-3	2.300E-3	0.6900E-3
$e_{init}$		0.5000	0.5000	0.5000
$C_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	5.000	10.00	15.00
$\phi$ (phi)	°	28.00	33.00	35.00
$\psi$ (psi)	°	0.000	3.000	5.000
$v_{ur}$		0.2000	0.2000	0.2000
$P_{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	100.0	100.0	100.0
$K_{d,nc}$		0.5305	0.4554	0.4264
$C_{inc}$	kN/m <sup>2</sup> /m	0.000	0.000	0.000
$Y_{ref}$	m	0.000	0.000	0.000
$R_f$		0.9000	0.9000	0.9000
Tension cut-off		Yes	Yes	Yes
Tensile strength	kN/m <sup>2</sup>	0.000	0.000	0.000
Undrained behaviour		Standard	Standard	Standard
Skempton-B		0.9866	0.9866	0.9866
$v_u$		0.4950	0.4950	0.4950
$K_{w,ref} / n$	kN/m <sup>2</sup>	1.844E6	5.531E6	18.44E6
$R_{inter}$		0.8000	0.8000	0.8000

Tablo 2: Kiriş parametreleri değerleri

Identification		D=80 cm Fore Kazık sh=1 m	D=65 cm Fore Kazık sh=0.9m	D=25 cm Mini Kazık Sh=0.5 m	D=35 cm Betonarme Perde
Identification number		1	2	3	4
Comments					
Colour					
Material type		Elastic	Elastic	Elastic	Elastic
Isotropic		Yes	Yes	Yes	Yes
End bearing		Yes	Yes	Yes	Yes
$EA_1$	kN/m	15.00E6	11.06E6	2.454E6	10.50E6
$EA_2$	kN/m	15.00E6	11.06E6	2.454E6	10.50E6
$EI$	kN m <sup>2</sup> /m	603.2E3	292.1E3	9587	107.2E3
$d$	m	0.6947	0.5629	0.2165	0.3500
$w$	kN/m/m	2.000	1.000	1.000	2.000
$\nu$ (nu)		0.1500	0.1500	0.1500	0.1500
Rayleigh $\alpha$		0.000	0.000	0.000	0.000
Rayleigh $\beta$		0.000	0.000	0.000	0.000

Tablo 3: Geotekstil parametreleri değerleri

Identification		Ankraj Kk
Identification number		1
Comments		
Colour		
Material type		Elastic
Isotropic		Yes
EA <sub>1</sub>	kN/m	175.0E3
EA <sub>2</sub>	kN/m	175.0E3

Tablo 4: Ankraj Parametreleri Değerleri

Identification		4x0.6 inch Sper Tendon sh=2 m	4x0.6 inch Sper Tendon sh=2.258 m
Identification number		1	2
Comments			
Colour			
Material type		Elastoplastic	Elastoplastic
EA	kN	109.2E3	109.2E3
L <sub>spacing</sub>	m	2.000	2.250
F <sub>max,tens</sub>	kN	640.0	640.0
F <sub>max,comp</sub>	kN	640.0	640.0

## Kesit Hesapları

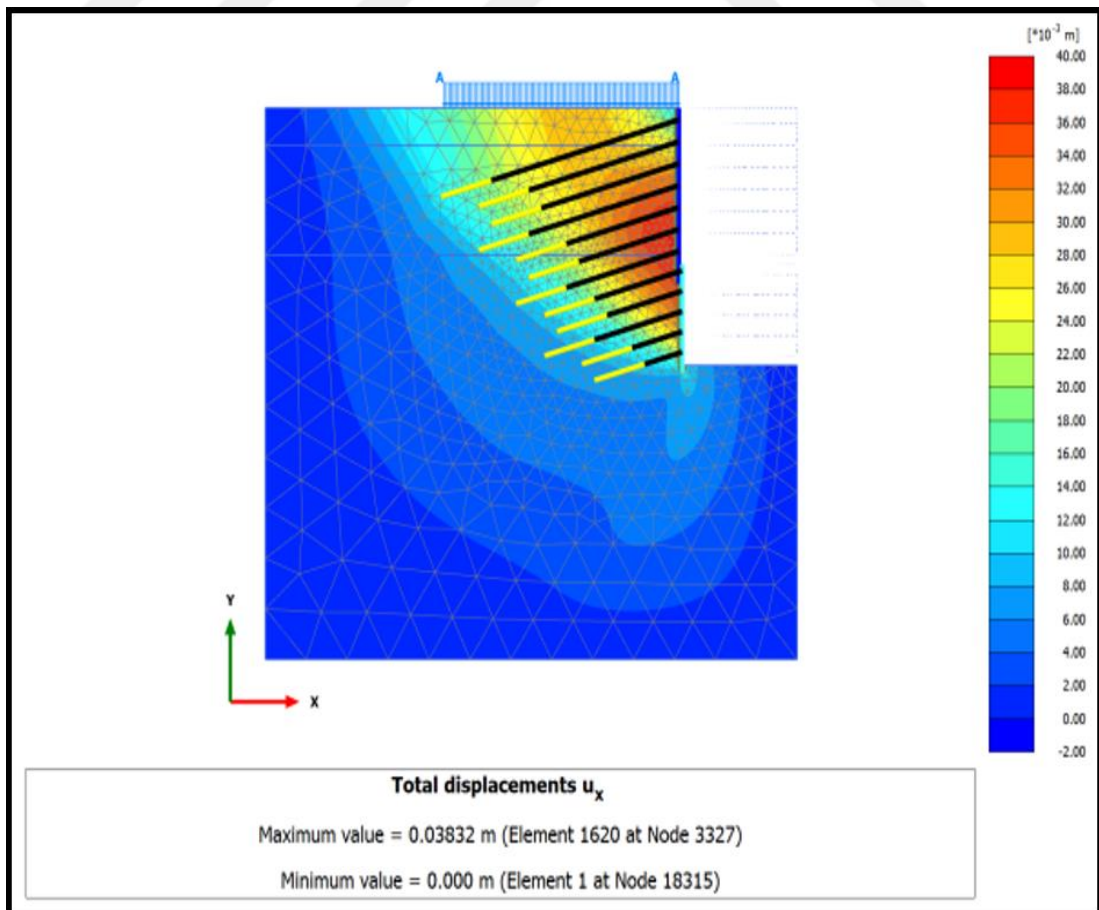
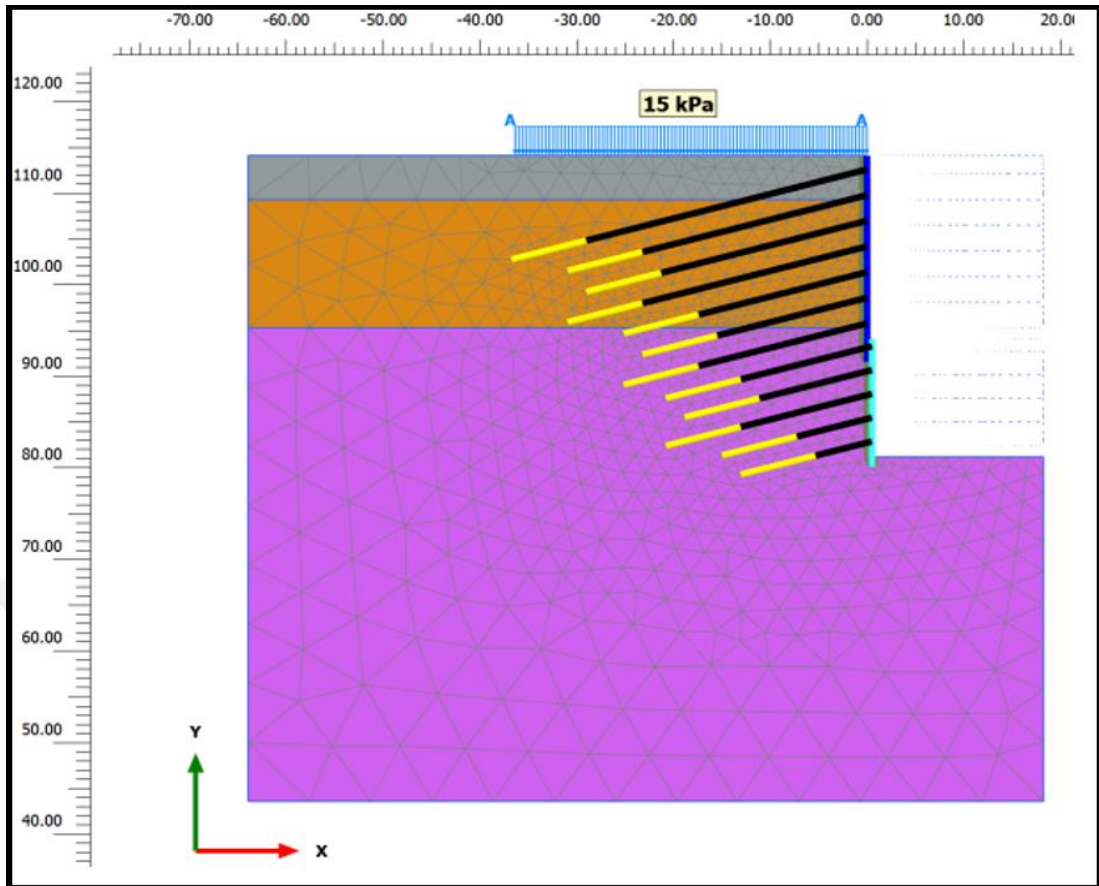
### IV-IV kesiti

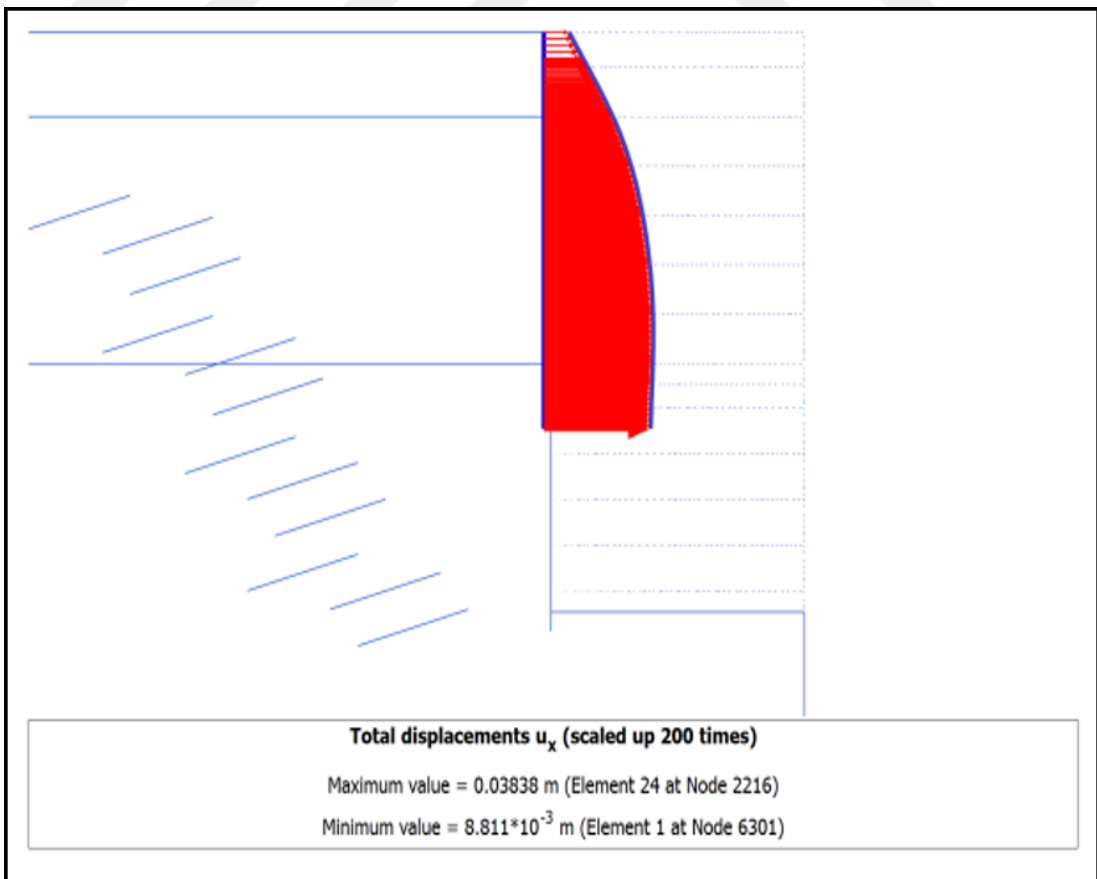
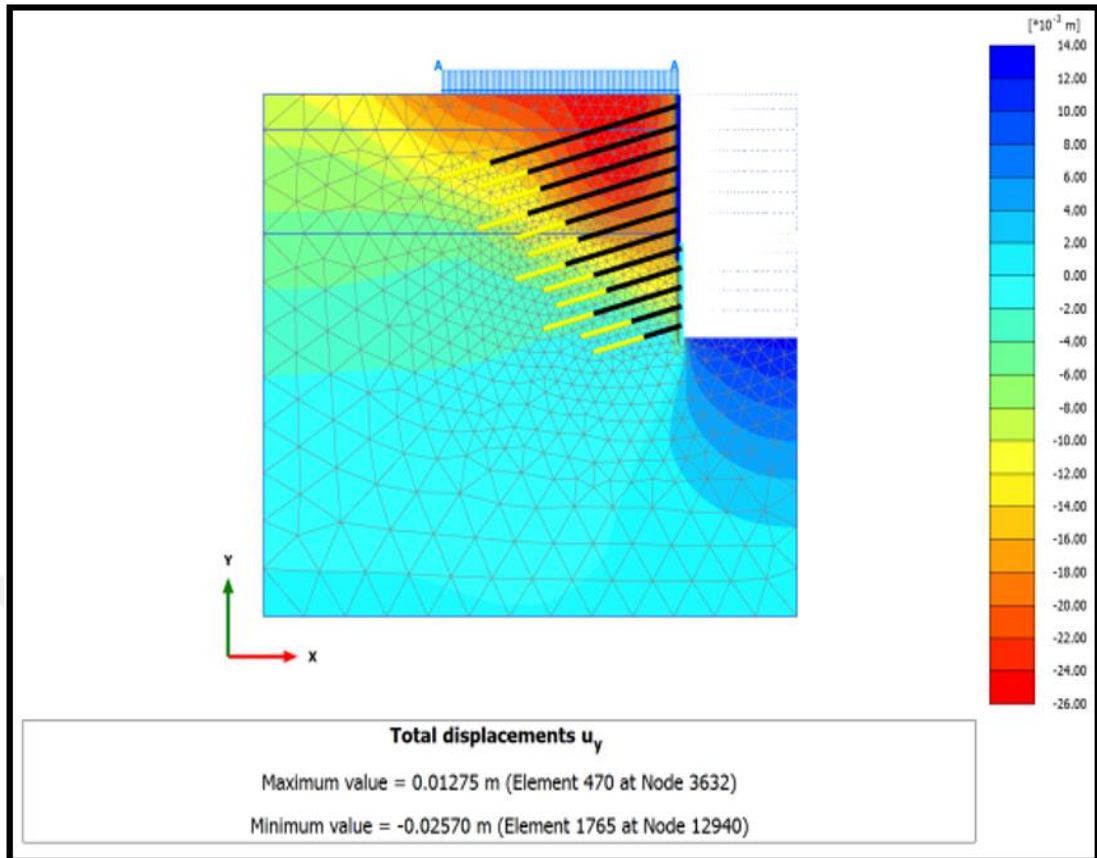
<b>Kazı st Kotu:</b>	114.1	metre
<b>Kazı Derinliği:</b>	20.00	metre
<b>Kazı Alt Kotu:</b>	94.10	metre
<b>Kazık Alt Kotu:</b>	91.60	metre
<b>Kazık apı:</b>	80	cm
<b>Kazık Aralığı:</b>	1	metre
<b>Ankraj Adedi:</b>	7	adet
<b>Sursarj:</b>	15	kPa

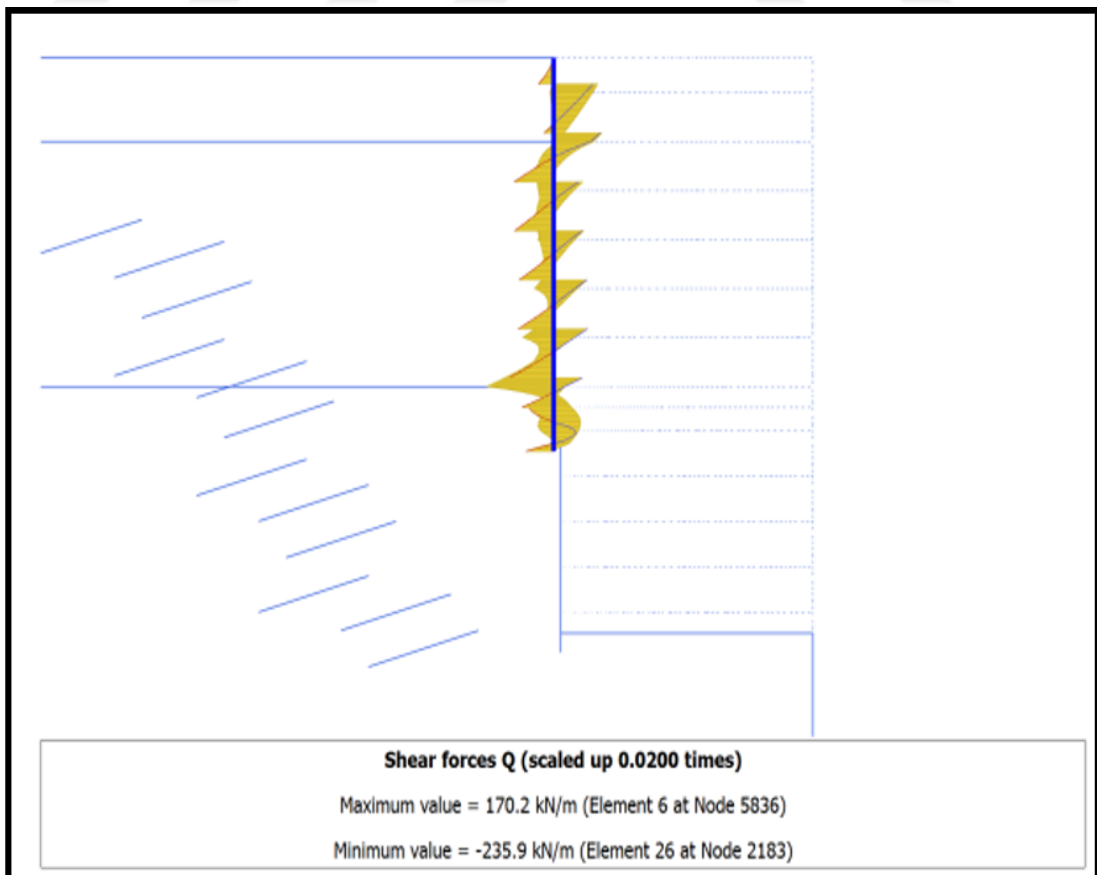
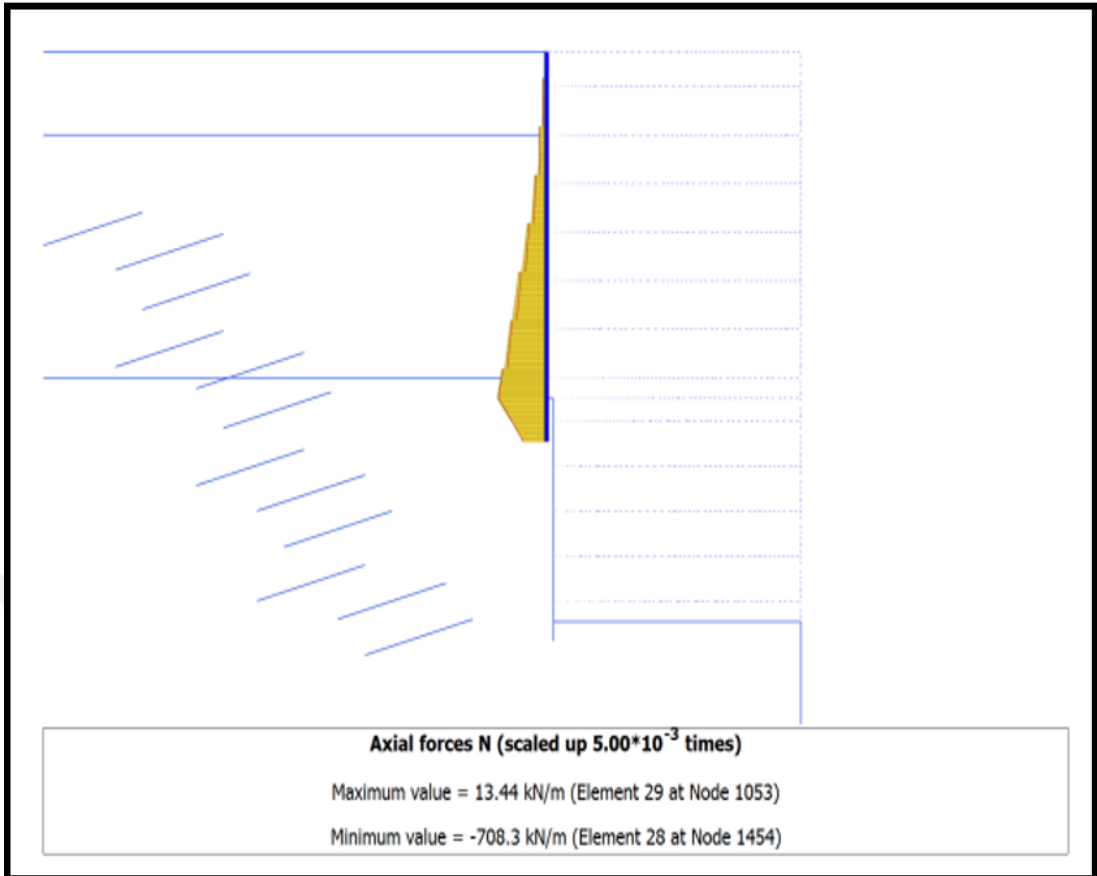
Ankraj No	Düsey Aralık	Yatay Aralık	Ankraj Boyu	Kök Boyu	Açısı	Ankraj Kotu
1	1.500	2.000	38.000	8.000	15.000	112.600
2	2.800	2.000	32.000	8.000	15.000	109.800
3	2.800	2.000	30.000	8.000	15.000	107.000
4	2.800	2.000	32.000	8.000	15.000	104.200
5	2.800	2.000	26.000	8.000	15.000	101.400
6	2.800	2.000	24.000	8.000	15.000	98.600
7	2.800	2.000	26.000	8.000	15.000	95.800

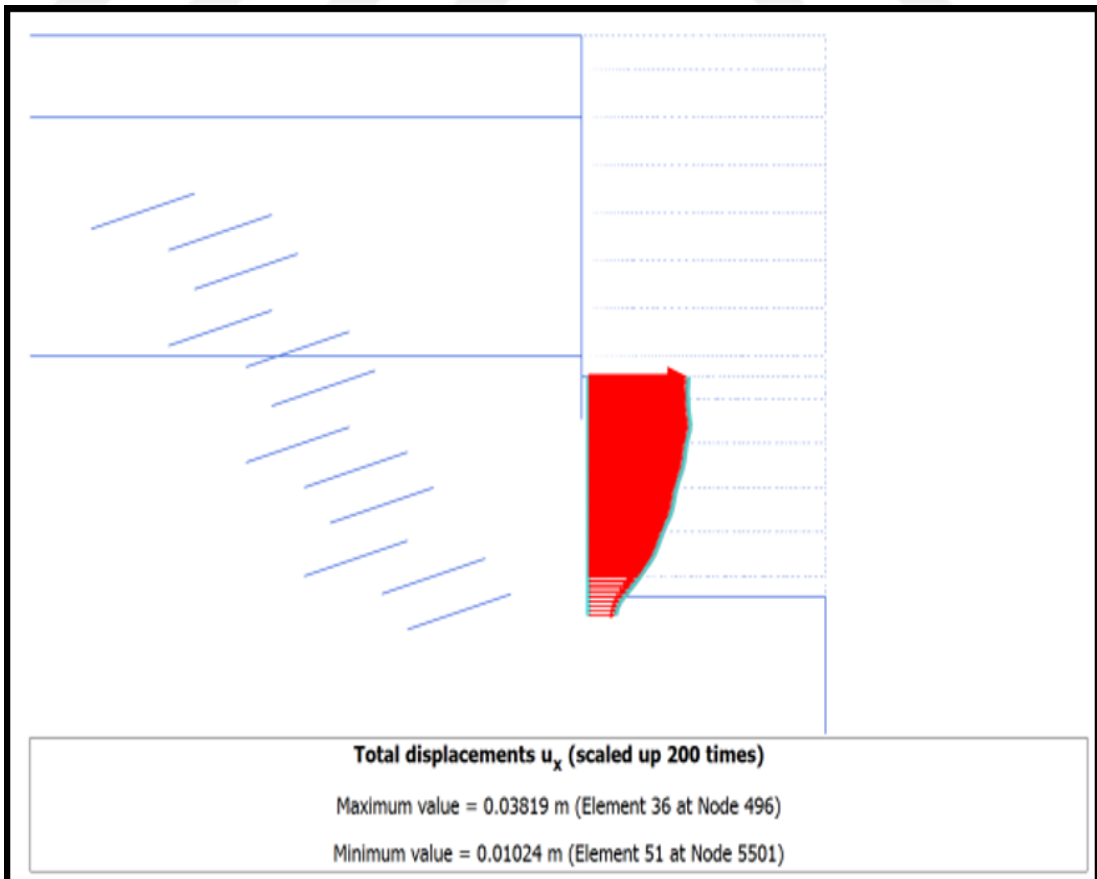
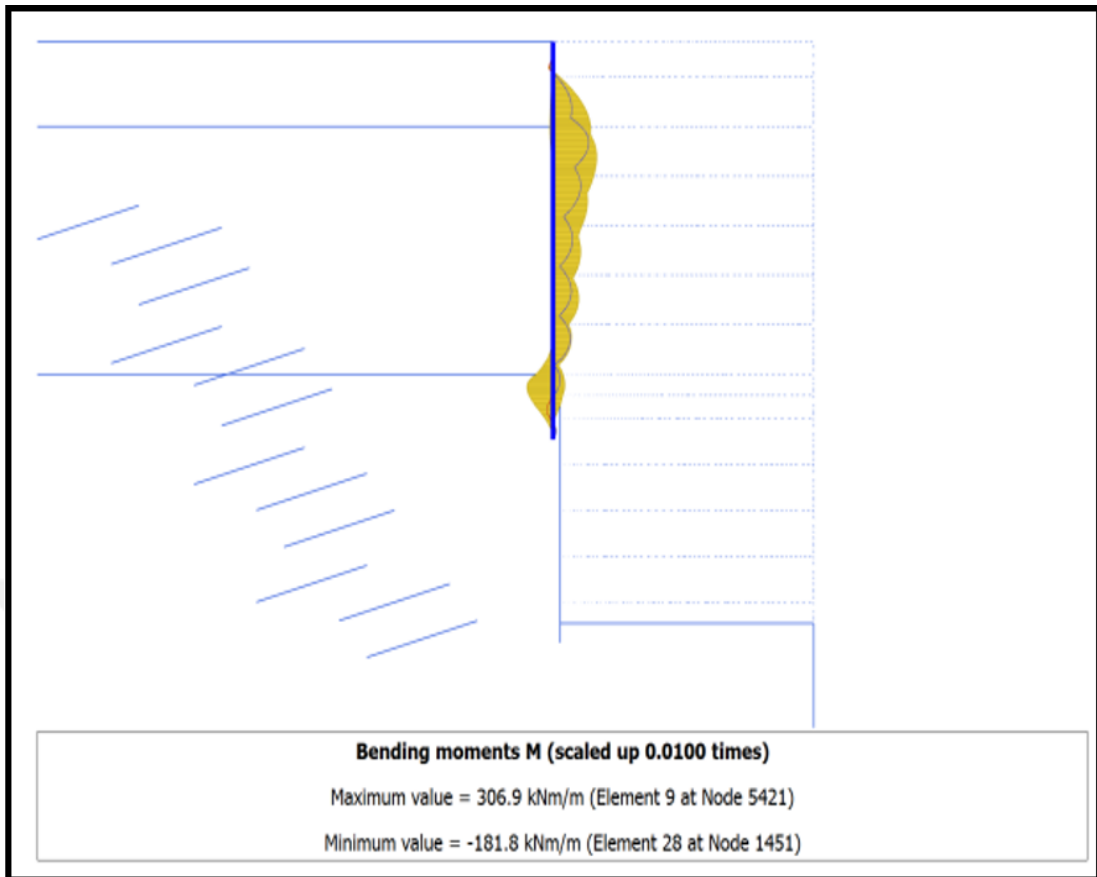
<b>Kazı st Kotu:</b>	94.10	metre
<b>Kazı Derinliği:</b>	12.90	metre
<b>Kazı Alt Kotu:</b>	81.20	metre
<b>Kazık Boyu (Dik):</b>	14.00	metre
<b>Kazık Alt Kotu:</b>	80.10	metre
<b>Kazık apı:</b>	25	cm
<b>Kazık Aralığı:</b>	0.5	metre
<b>Ankraj Adedi:</b>	5	adet
<b>Sursarj:</b>	0	kPa

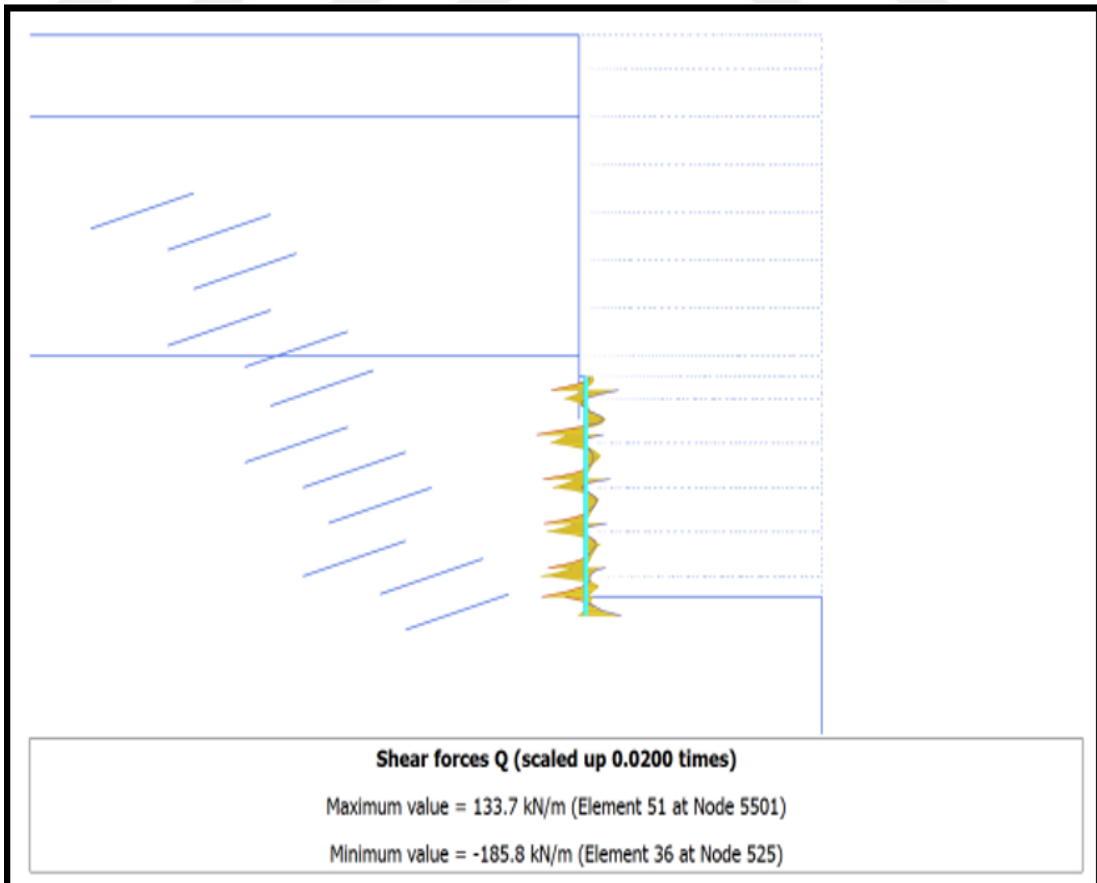
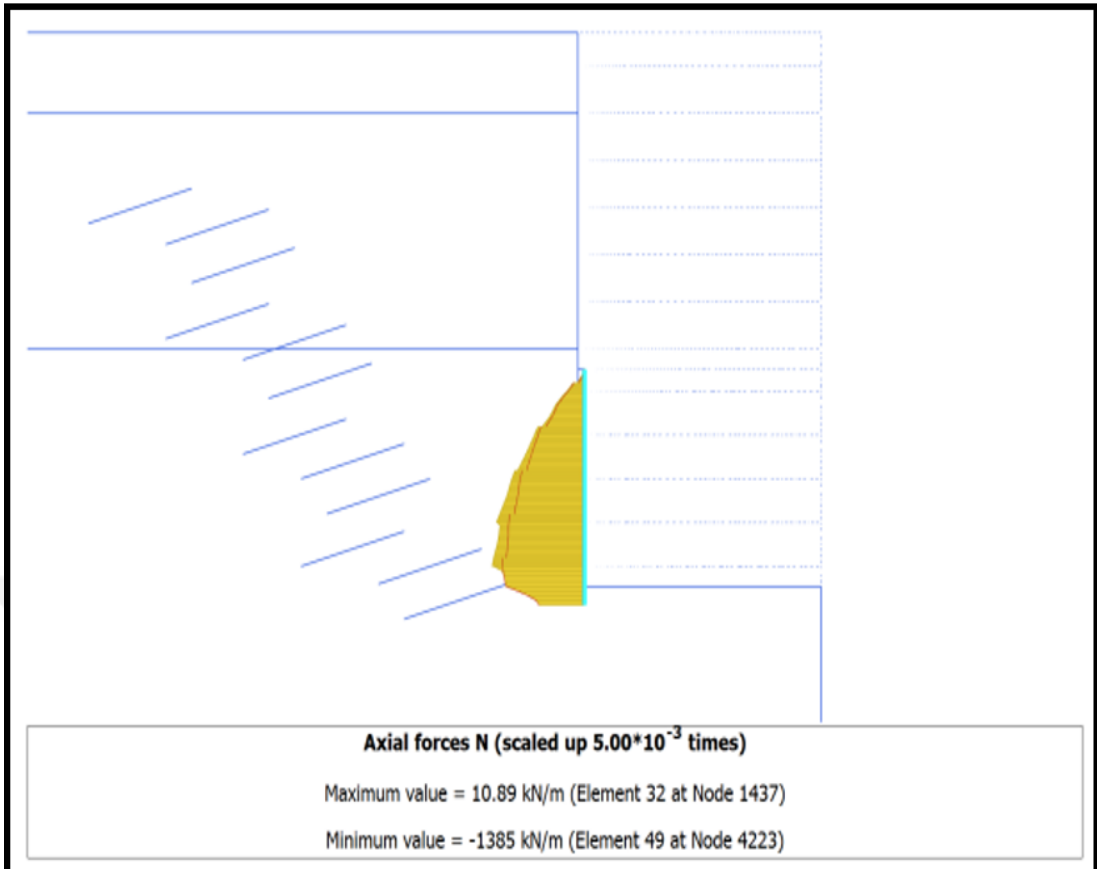
Ankraj No	Dsey Aralık	Yatay Aralık	Ankraj Boyu	Kk Boyu	Aısı	Ankraj Kotu
1	0.800	2.000	22.000	8.000	15.000	93.300
2	2.600	2.000	20.000	8.000	15.000	90.700
3	2.600	2.000	22.000	8.000	15.000	88.100
4	2.600	2.000	16.000	8.000	15.000	85.500
5	2.600	2.000	14.000	8.000	15.000	82.900

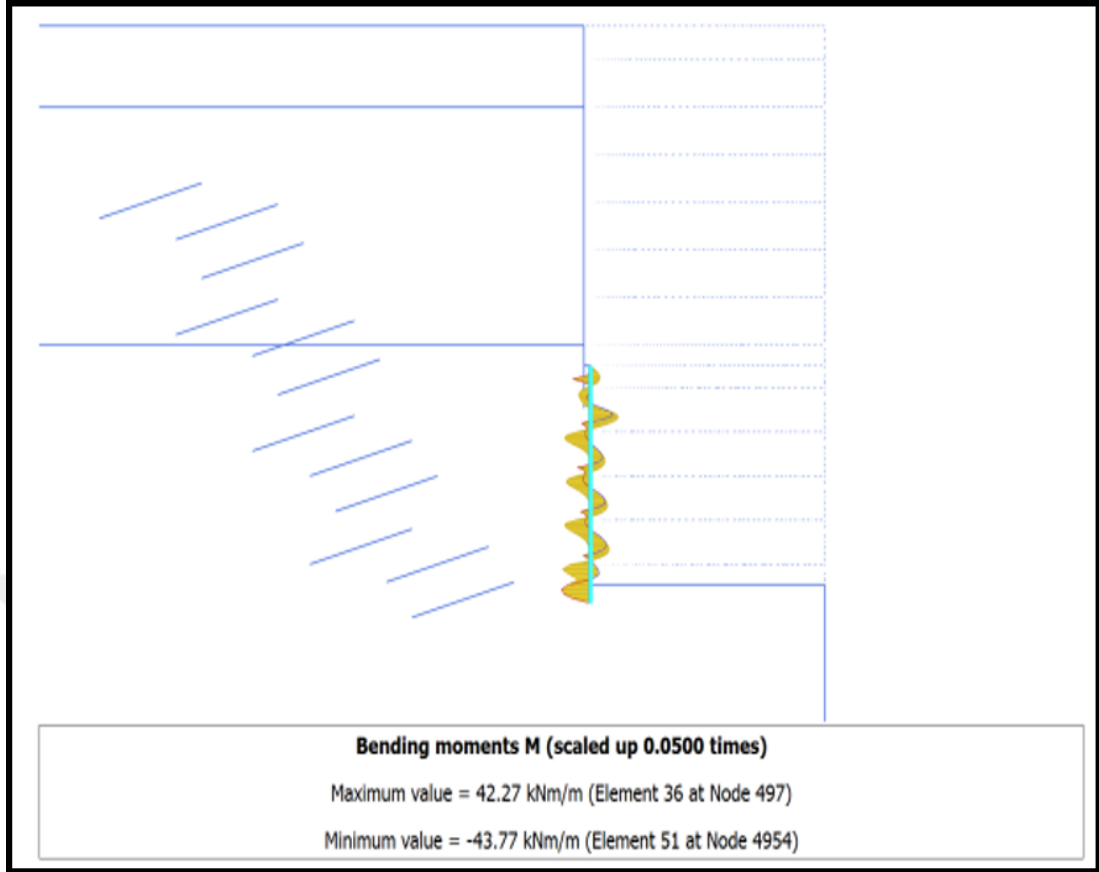






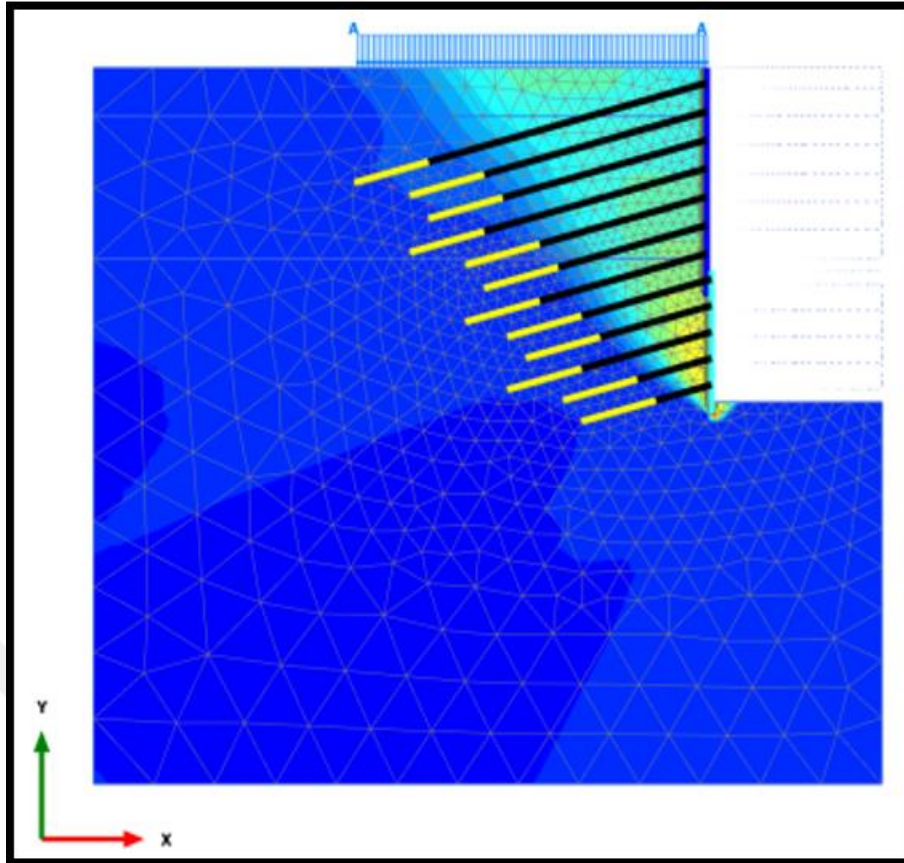






Tablo 5. IV-IV Kesiti ankraj yükleri

Structural element	Y [m]	N [kN/m]	N <sub>min</sub> [kN/m]	N <sub>max</sub> [kN/m]
Node-to-node anchor 1-1	112.600	197.134	0.000	200.000
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	104.835	197.134	0.000	200.000
Node-to-node anchor 2-2	109.800	203.368	0.000	203.368
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	103.588	203.368	0.000	203.368
Node-to-node anchor 3-3	107.000	234.893	0.000	234.893
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	101.306	234.893	0.000	234.893
Node-to-node anchor 4-4	104.200	245.929	0.000	245.929
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	97.988	245.929	0.000	245.929
Node-to-node anchor 5-5	101.400	247.170	0.000	247.170
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	96.741	247.170	0.000	247.170
Node-to-node anchor 6-6	98.600	254.596	0.000	254.596
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	94.459	254.596	0.000	254.596
Node-to-node anchor 7-7	95.800	267.268	0.000	267.268
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	91.141	267.268	0.000	267.268
Node-to-node anchor 8-8	93.300	266.355	0.000	266.355
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	89.677	266.355	0.000	266.355
Node-to-node anchor 9-9	90.700	266.213	0.000	266.213
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	87.594	266.213	0.000	266.213
Node-to-node anchor 10-10	88.100	263.354	0.000	263.354
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	84.477	263.354	0.000	263.354
Node-to-node anchor 11-11	85.500	245.363	0.000	245.363
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	83.429	245.363	0.000	245.363
Node-to-node anchor 12-12	82.900	225.000	0.000	225.000
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	81.347	225.000	0.000	225.000



Multipliers				
Prescribed displacements X	$M_{DispX}$	0.000	$\Sigma M_{DispX}$	1.000
Prescribed displacements Y	$M_{DispY}$	0.000	$\Sigma M_{DispY}$	1.000
Load system A	$M_{LoadA}$	0.000	$\Sigma M_{LoadA}$	1.000
Load system B	$M_{LoadB}$	0.000	$\Sigma M_{LoadB}$	1.000
Soil weight	$M_{Weight}$	0.000	$\Sigma M_{Weight}$	1.000
Acceleration	$M_{Accel}$	0.000	$\Sigma M_{Accel}$	0.000
Strength reduction factor	$M_{sf}$	3.323E-3	$\Sigma M_{sf}$	1.597
Time	Increment	0.000	End time	0.000

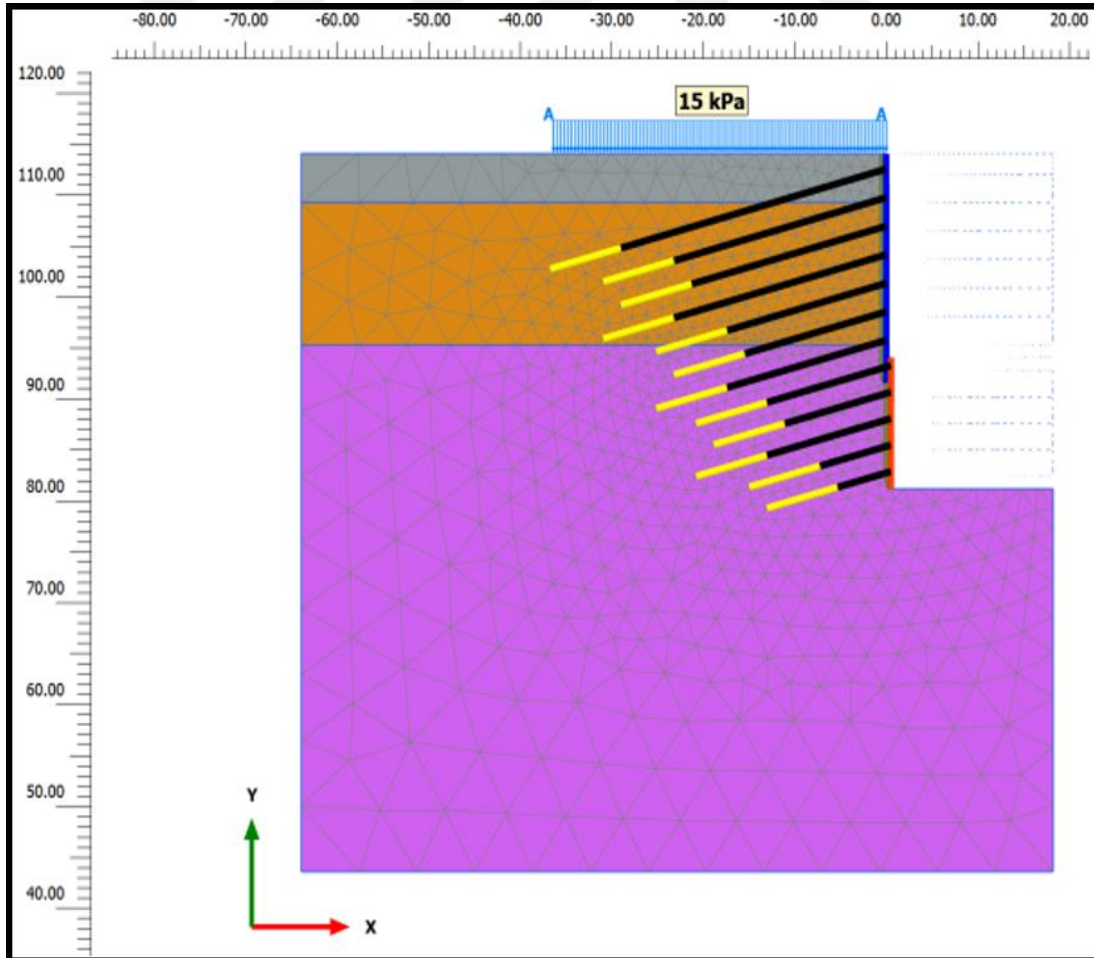
V-V kesiti

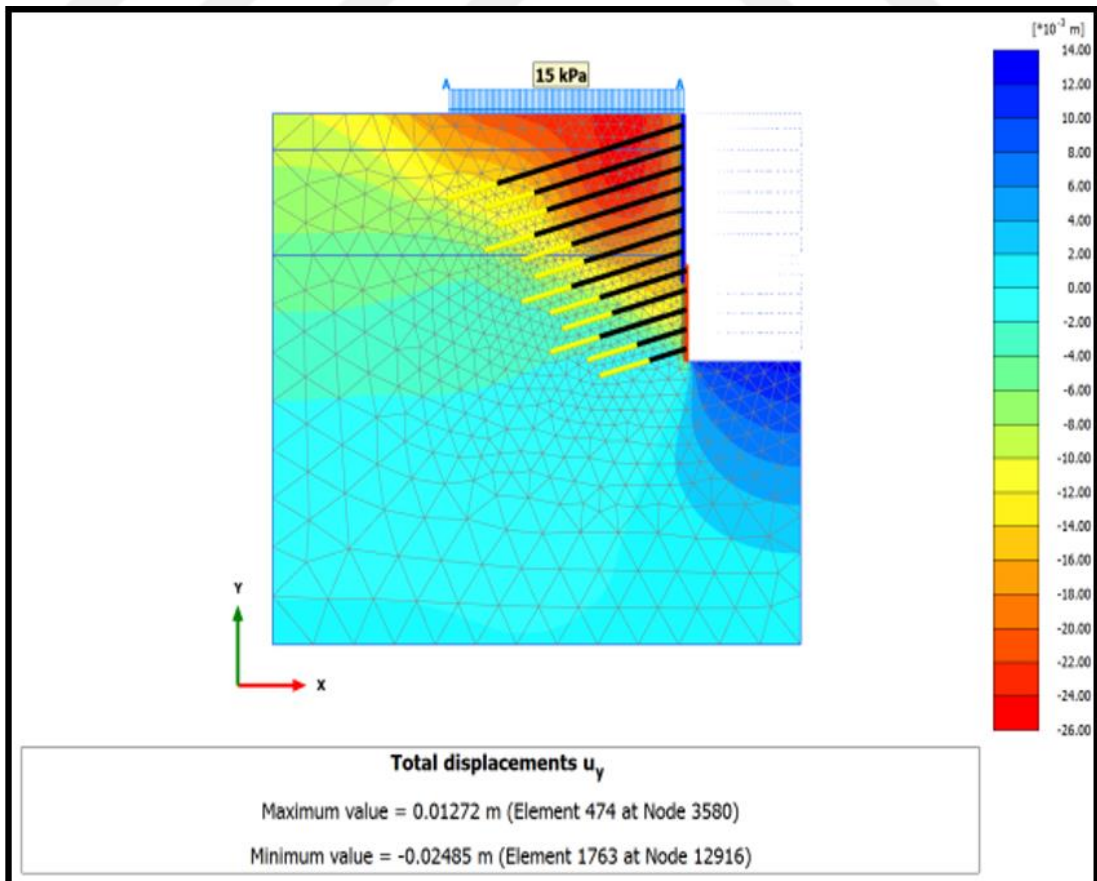
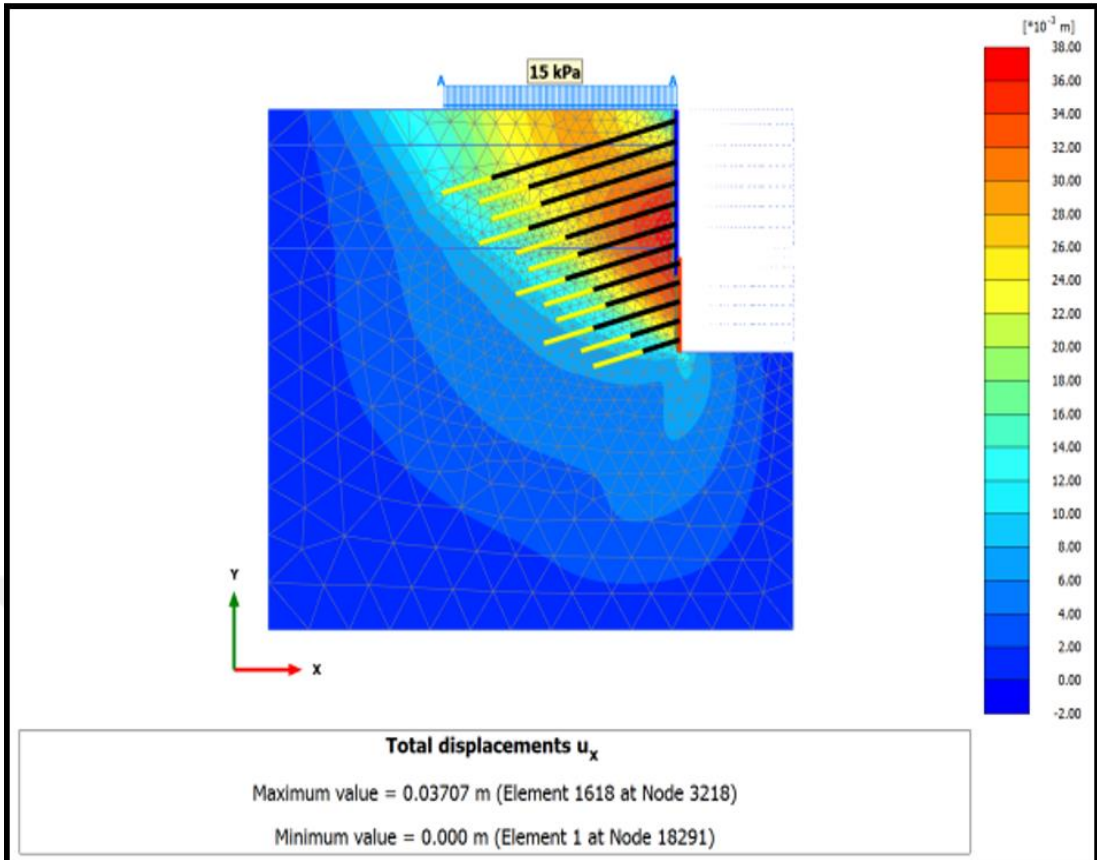
<b>Kazı Üst Kotu:</b>	114.1	metre
<b>Kazı Derinliği:</b>	20.00	metre
<b>Kazı Alt Kotu:</b>	94.10	metre
<b>Kazık Alt Kotu:</b>	91.60	metre
<b>Kazık Çapı:</b>	80	cm
<b>Kazık Aralığı:</b>	1	metre
<b>Ankraj Adedi:</b>	7	adet
<b>Sursarj:</b>	15	kPa

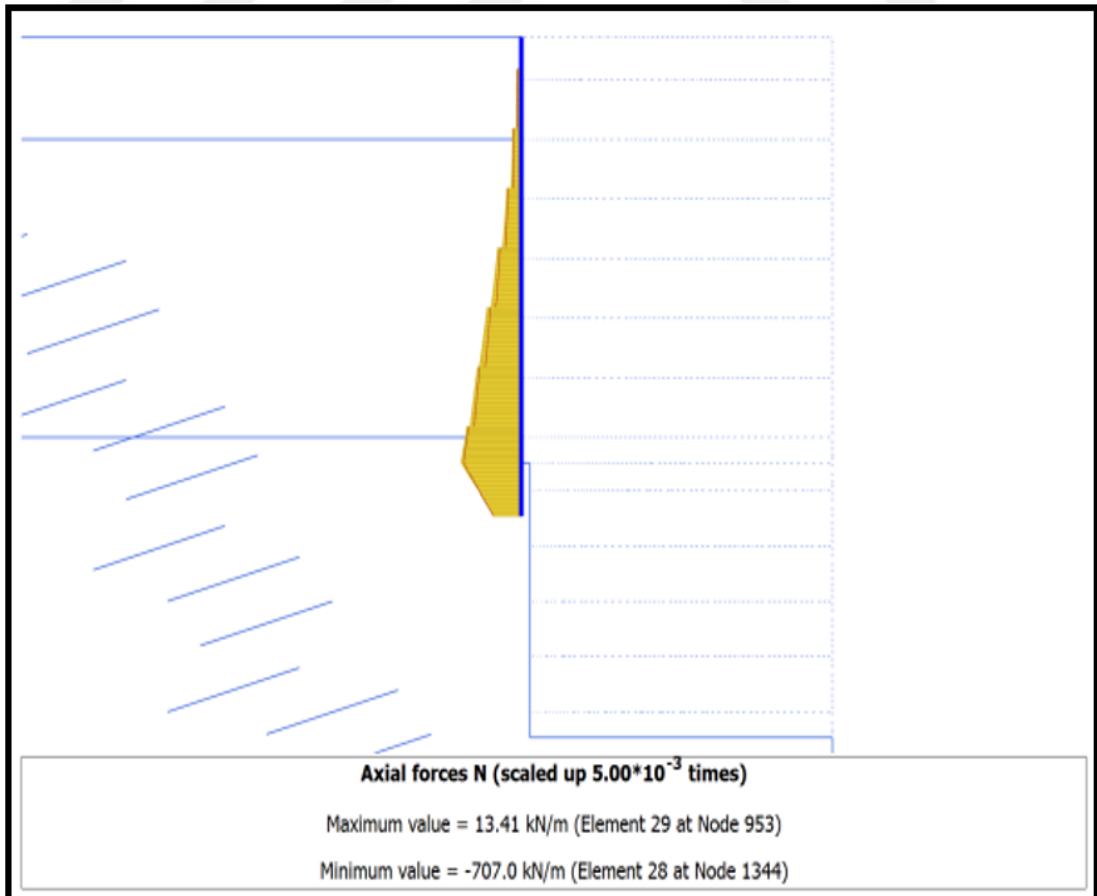
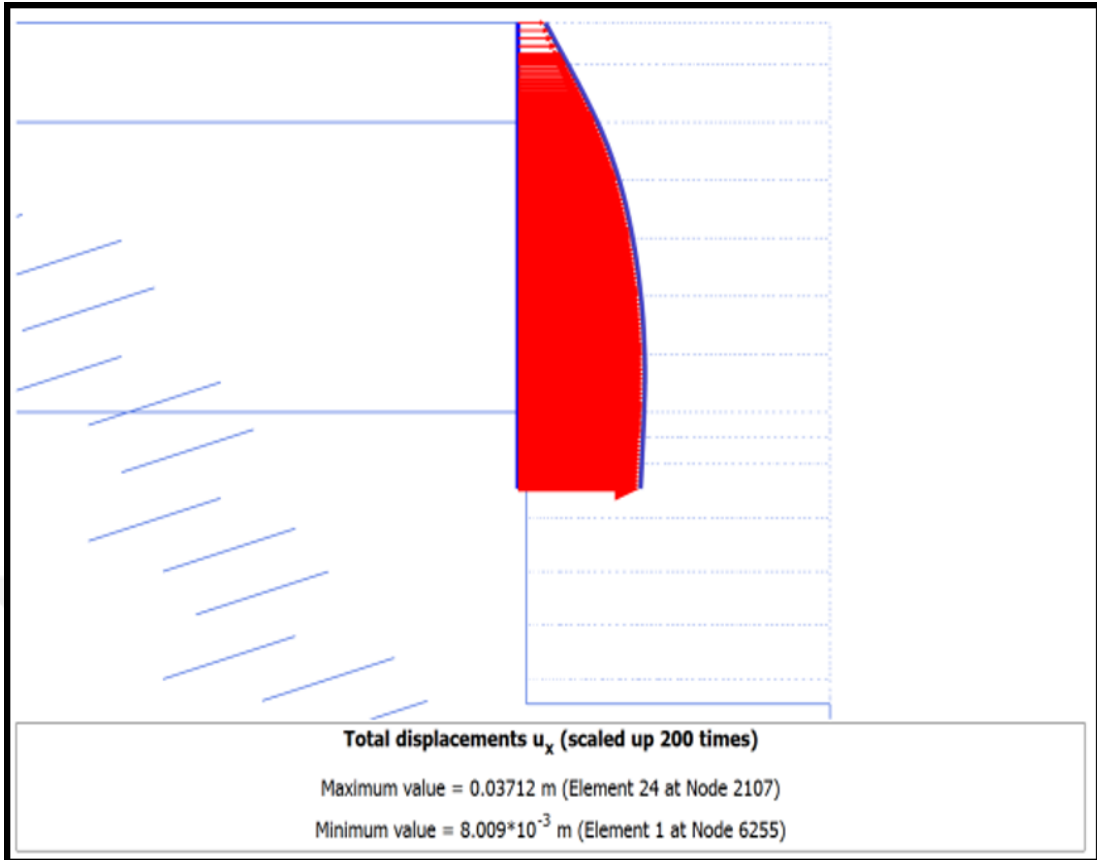
Ankraj No	Düsey Aralık	Yatay Aralık	Ankraj Boyu	Kök Boyu	Açısı	Ankraj Kotu
1	1.500	2.000	38.000	8.000	15.000	112.600
2	2.800	2.000	32.000	8.000	15.000	109.800
3	2.800	2.000	30.000	8.000	15.000	107.000
4	2.800	2.000	32.000	8.000	15.000	104.200
5	2.800	2.000	26.000	8.000	15.000	101.400
6	2.800	2.000	24.000	8.000	15.000	98.600
7	2.800	2.000	26.000	8.000	15.000	95.800

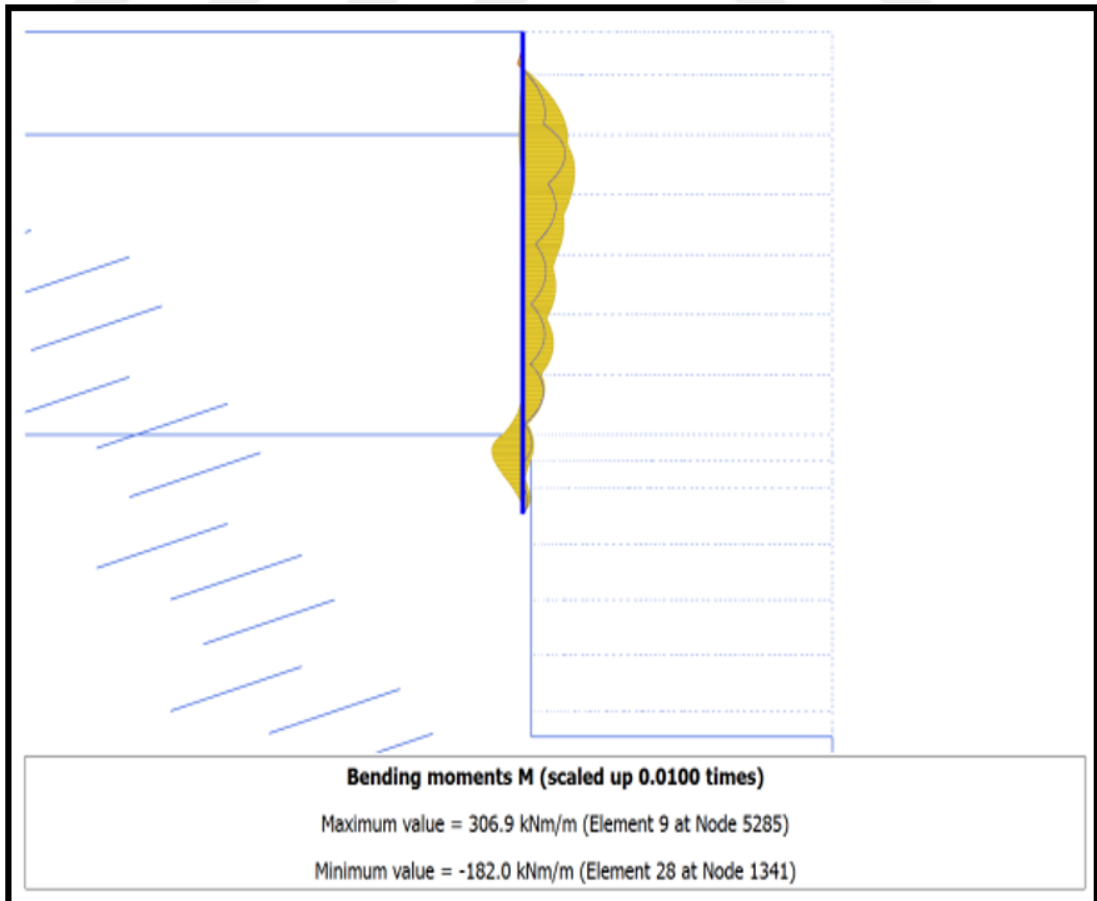
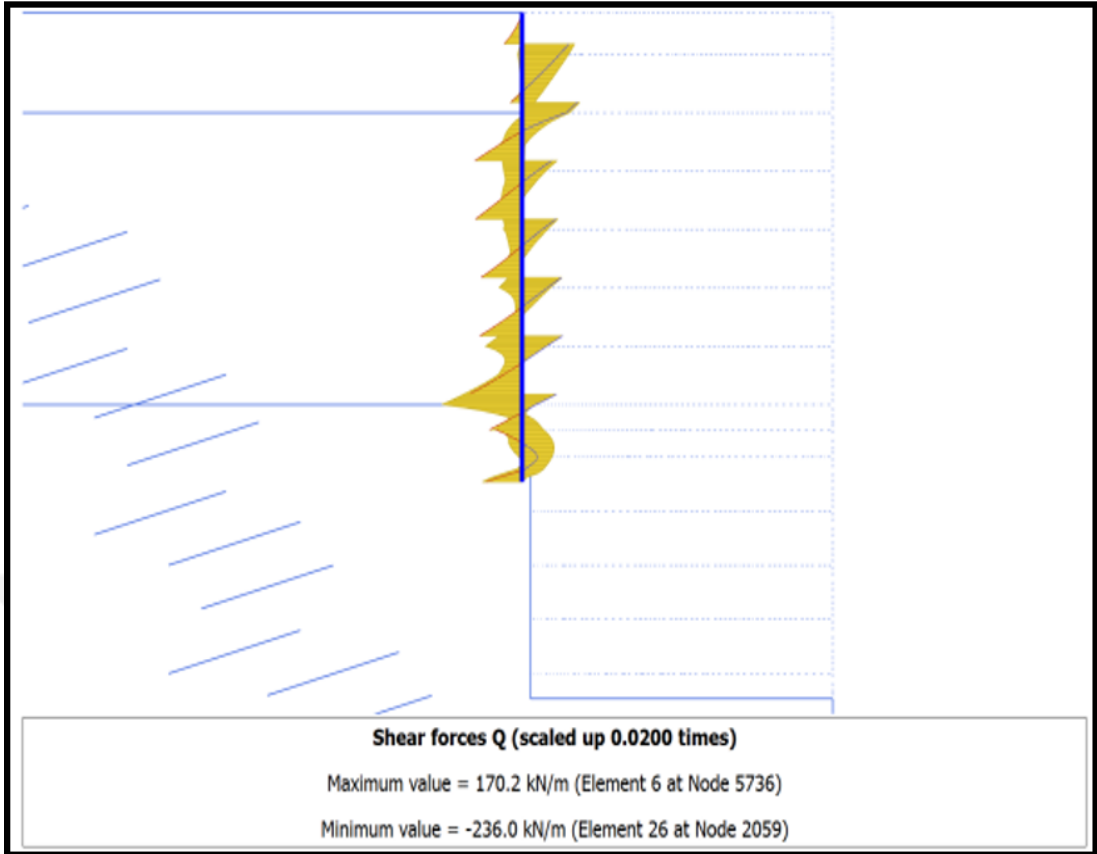
<b>Kazı Üst Kotu:</b>	94.10	metre
<b>Kazı Derinliği:</b>	12.90	metre
<b>Kazı Alt Kotu:</b>	81.20	metre
<b>Kazık Boyu(Dik):</b>	14.00	metre
<b>Kazık Alt Kotu:</b>	80.10	metre
<b>Kazık Çapı:</b>	35 cm BAP	cm
<b>Ankraj Adedi:</b>	5	adet
<b>Sursarj:</b>	0	kPa

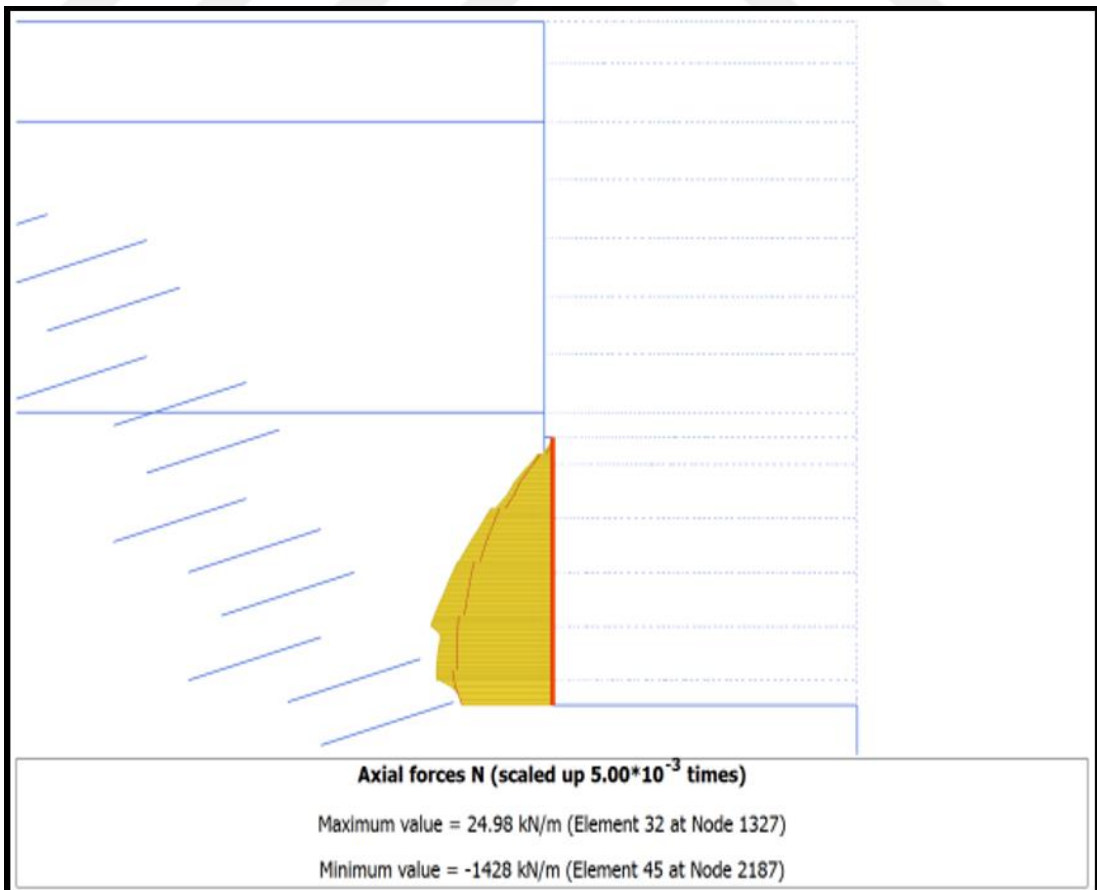
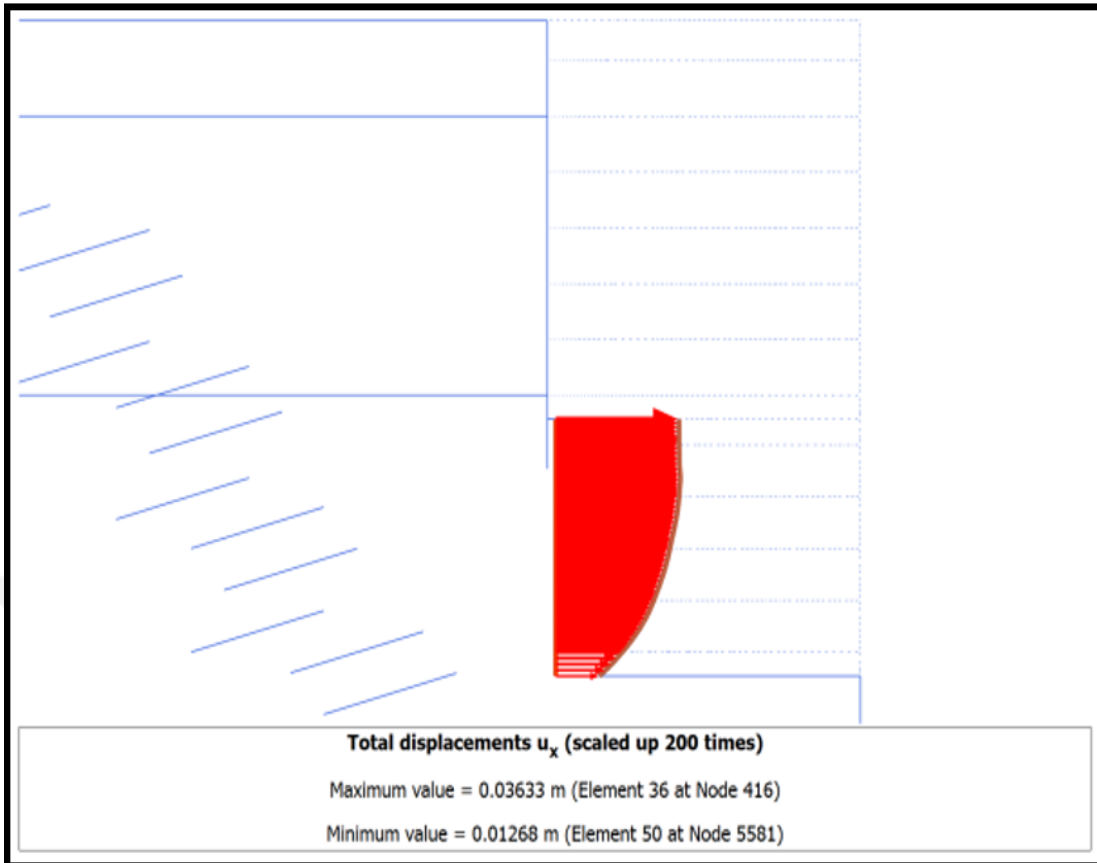
Ankraj No	Düsey Aralık	Yatay Aralık	Ankraj Boyu	Kök Boyu	Açısı	Ankraj Kotu
1	0.800	2.000	22.000	8.000	15.000	93.300
2	2.600	2.000	20.000	8.000	15.000	90.700
3	2.600	2.000	22.000	8.000	15.000	88.100
4	2.600	2.000	16.000	8.000	15.000	85.500
5	2.600	2.000	14.000	8.000	15.000	82.900

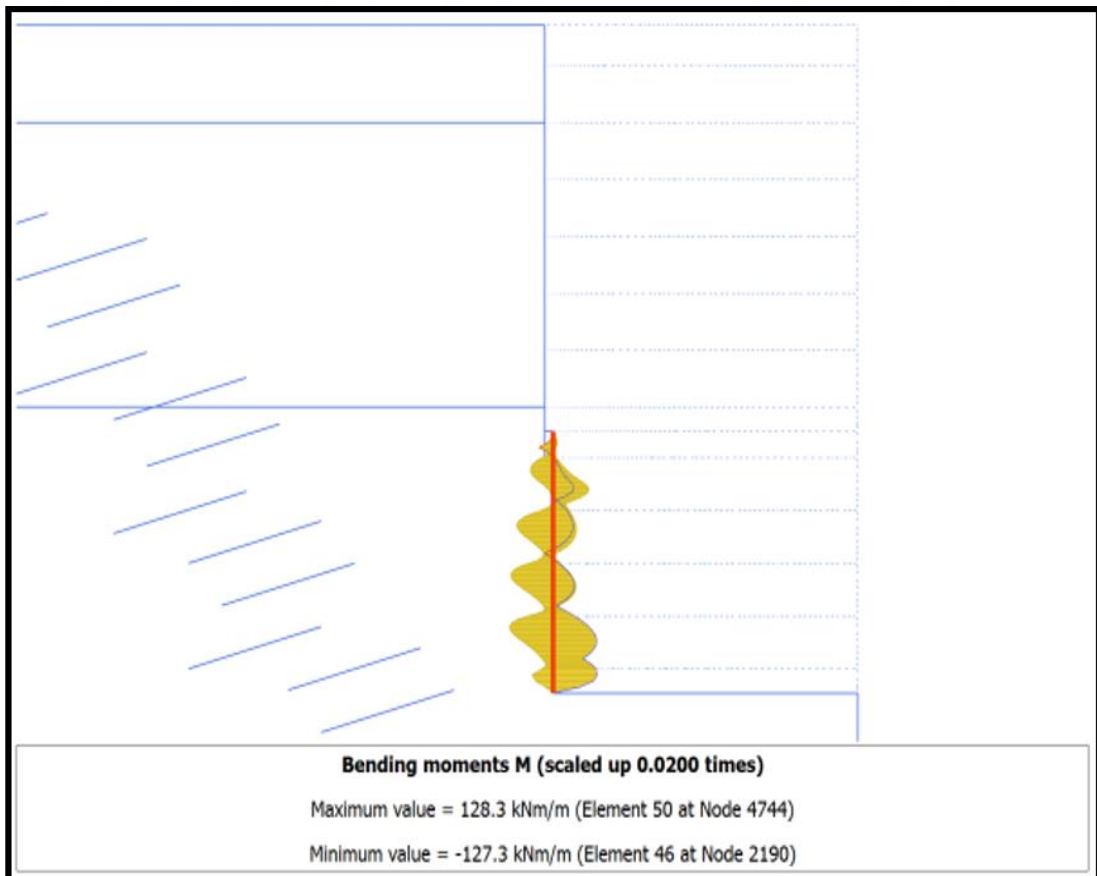
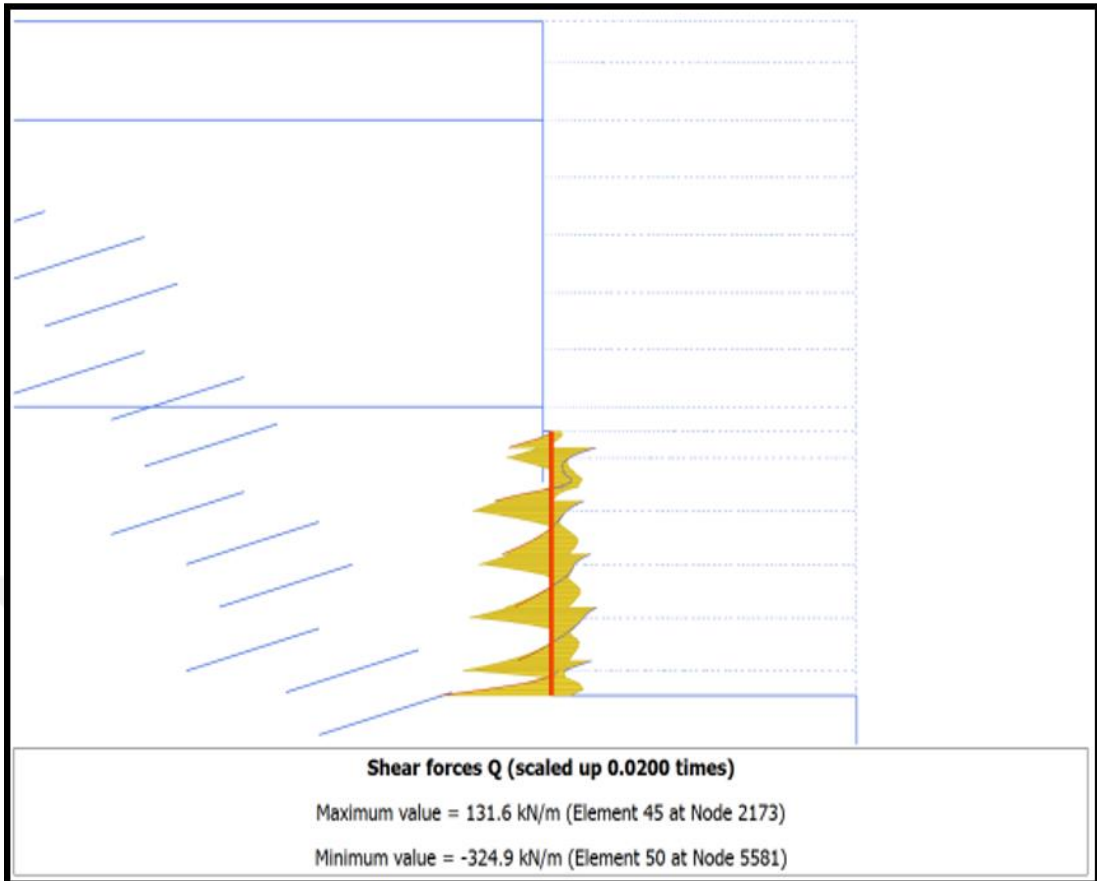






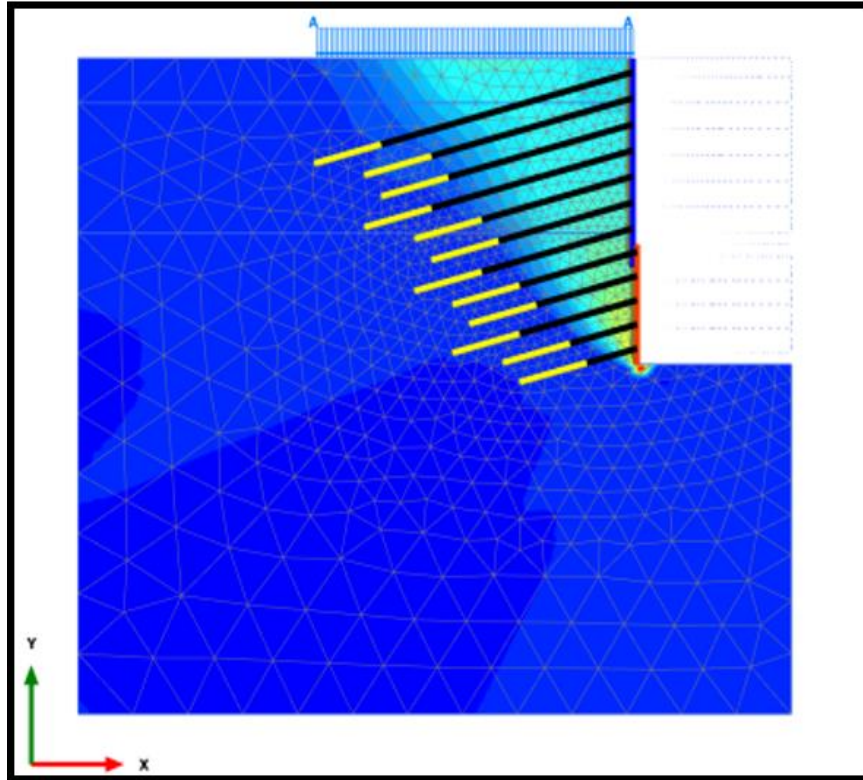






Tablo 6. V-V Kesiti ankraj yükleri

Structural element	Y [m]	N [kN/m]	N <sub>min</sub> [kN/m]	N <sub>max</sub> [kN/m]
Node-to-node anchor 1-1	112.600	196.593	0.000	200.000
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	104.835	196.593	0.000	200.000
Node-to-node anchor 2-2	109.800	202.565	0.000	202.565
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	103.588	202.565	0.000	202.565
Node-to-node anchor 3-3	107.000	233.799	0.000	233.799
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	101.306	233.799	0.000	233.799
Node-to-node anchor 4-4	104.200	244.733	0.000	244.733
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	97.988	244.733	0.000	244.733
Node-to-node anchor 5-5	101.400	245.369	0.000	245.369
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	96.741	245.369	0.000	245.369
Node-to-node anchor 6-6	98.600	252.251	0.000	252.251
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	94.459	252.251	0.000	252.251
Node-to-node anchor 7-7	95.800	265.513	0.000	265.513
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	91.141	265.513	0.000	265.513
Node-to-node anchor 8-8	93.300	266.354	0.000	266.354
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	89.677	266.354	0.000	266.354
Node-to-node anchor 9-9	90.700	269.164	0.000	269.164
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	87.594	269.164	0.000	269.164
Node-to-node anchor 10-10	88.100	267.525	0.000	267.525
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	84.477	267.525	0.000	267.525
Node-to-node anchor 11-11	85.500	250.303	0.000	250.303
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	83.429	250.303	0.000	250.303
Node-to-node anchor 12-12	82.900	225.000	0.000	225.000
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2 m)	81.347	225.000	0.000	225.000

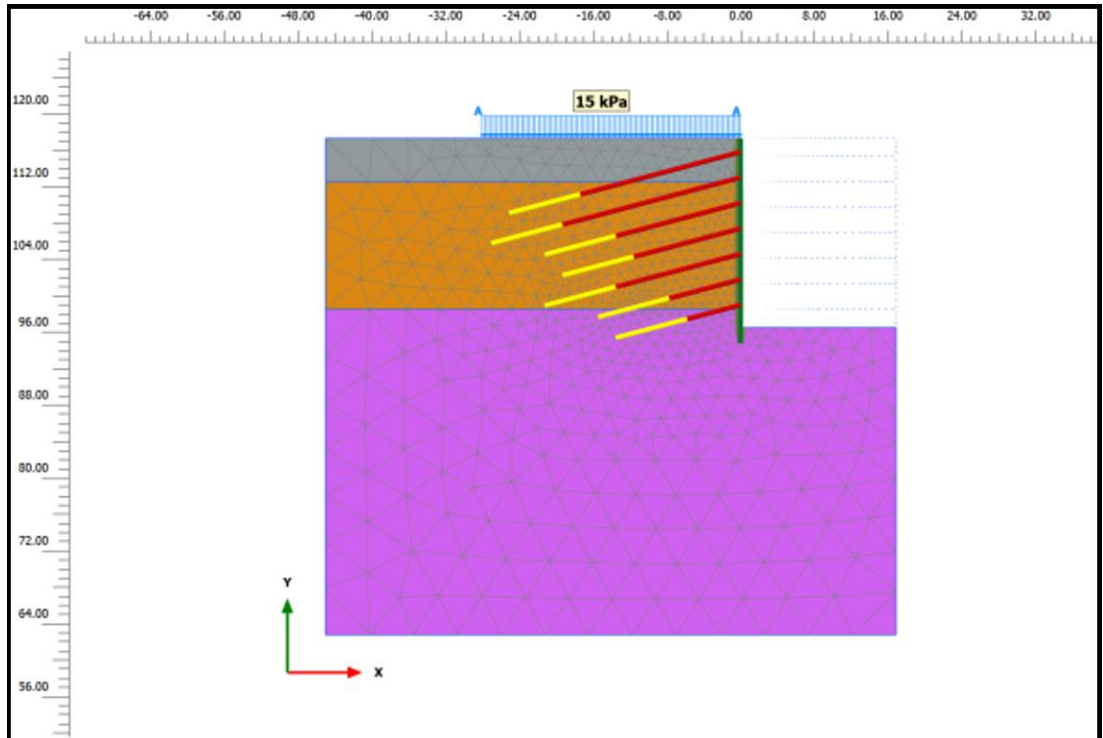


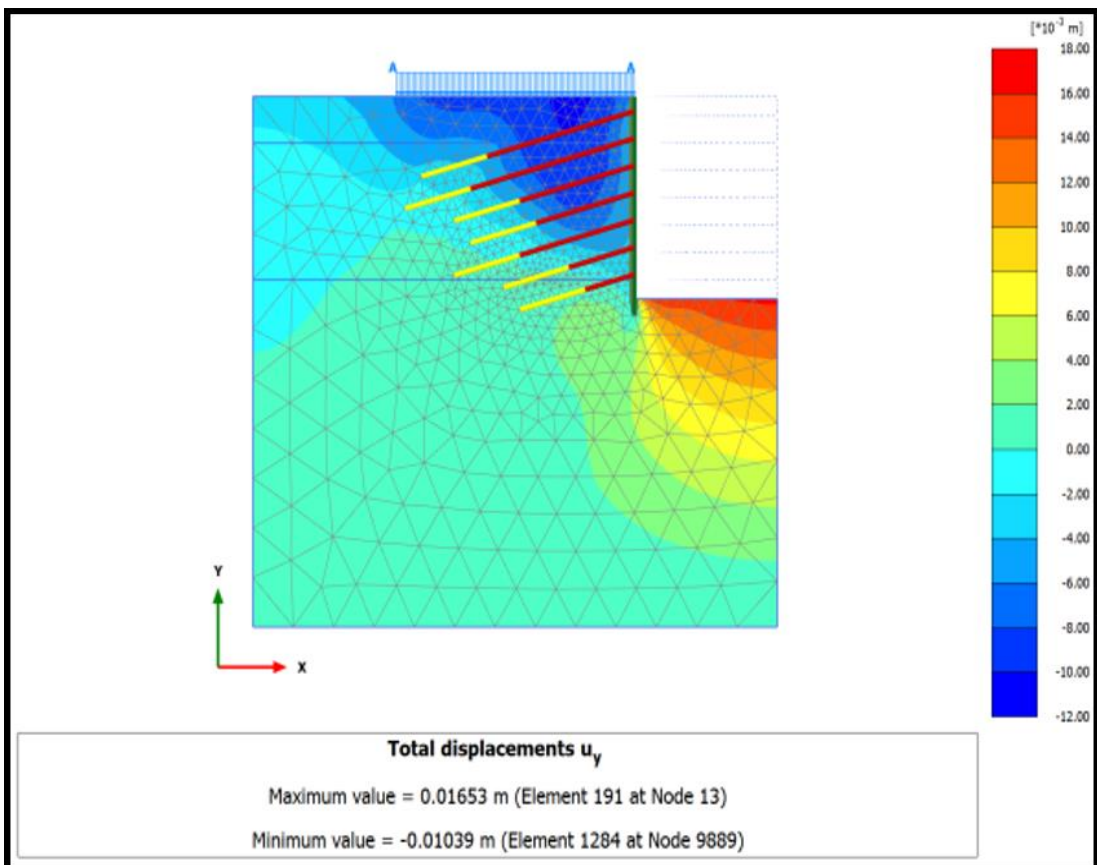
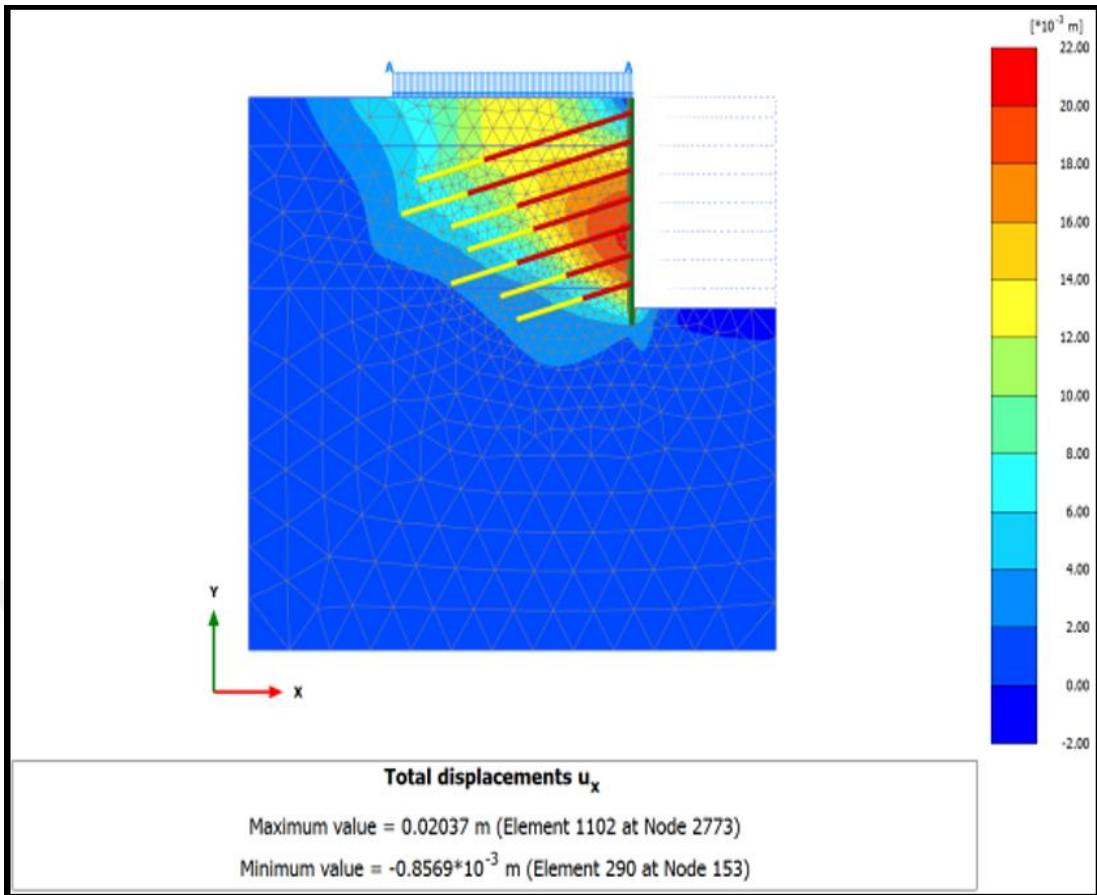
Multipliers				
Prescribed displacements X	$M_{DispX}$	0.000	$\Sigma M_{DispX}$	1.000
Prescribed displacements Y	$M_{DispY}$	0.000	$\Sigma M_{DispY}$	1.000
Load system A	$M_{LoadA}$	0.000	$\Sigma M_{LoadA}$	1.000
Load system B	$M_{LoadB}$	0.000	$\Sigma M_{LoadB}$	1.000
Soil weight	$M_{Weight}$	0.000	$\Sigma M_{Weight}$	1.000
Acceleration	$M_{Accel}$	0.000	$\Sigma M_{Accel}$	0.000
Strength reduction factor	$M_{sf}$	3.086E-3	$\Sigma M_{sf}$	1.587
Time	Increment	0.000	End time	0.000

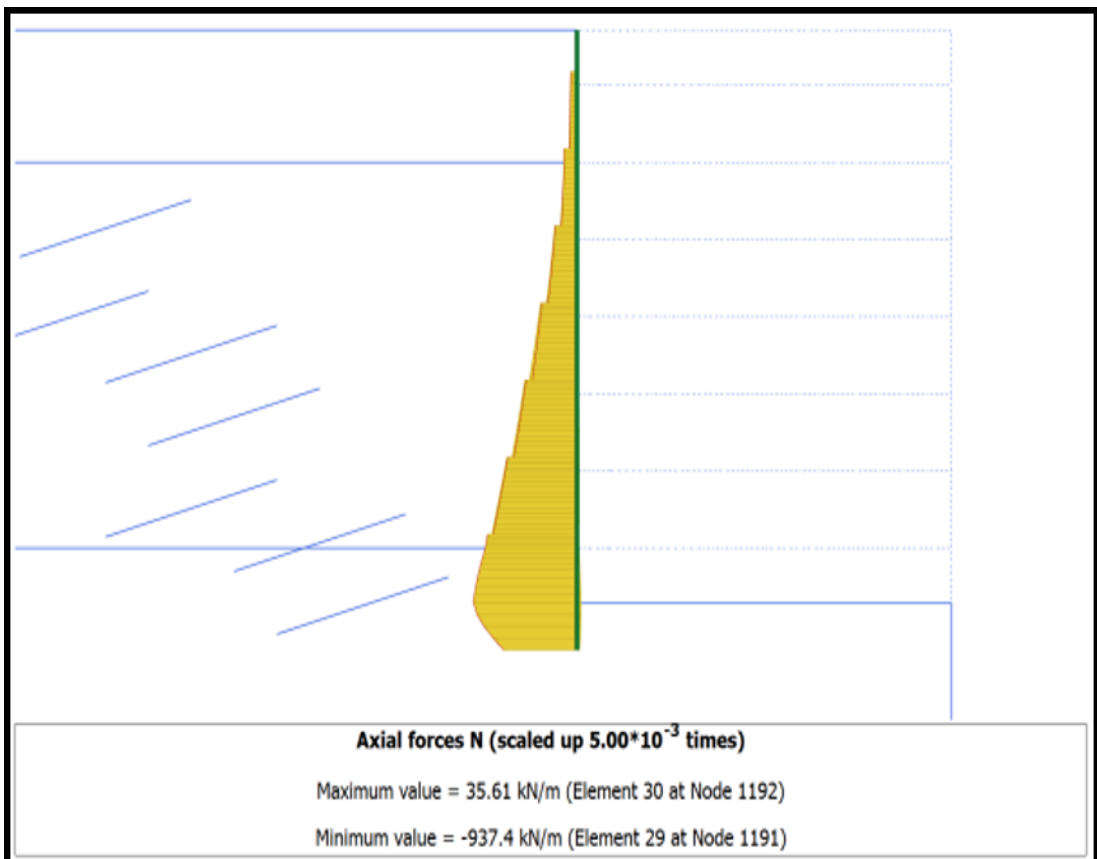
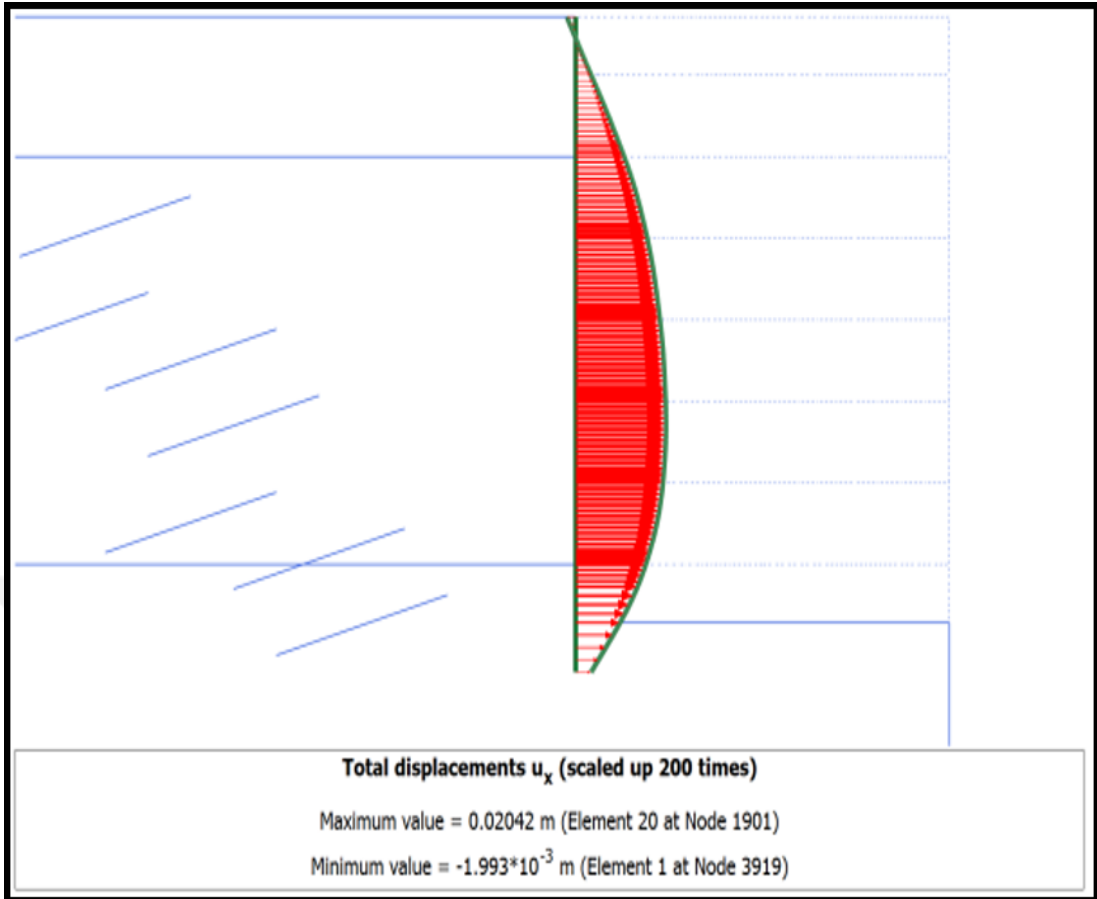
I-I kesiti

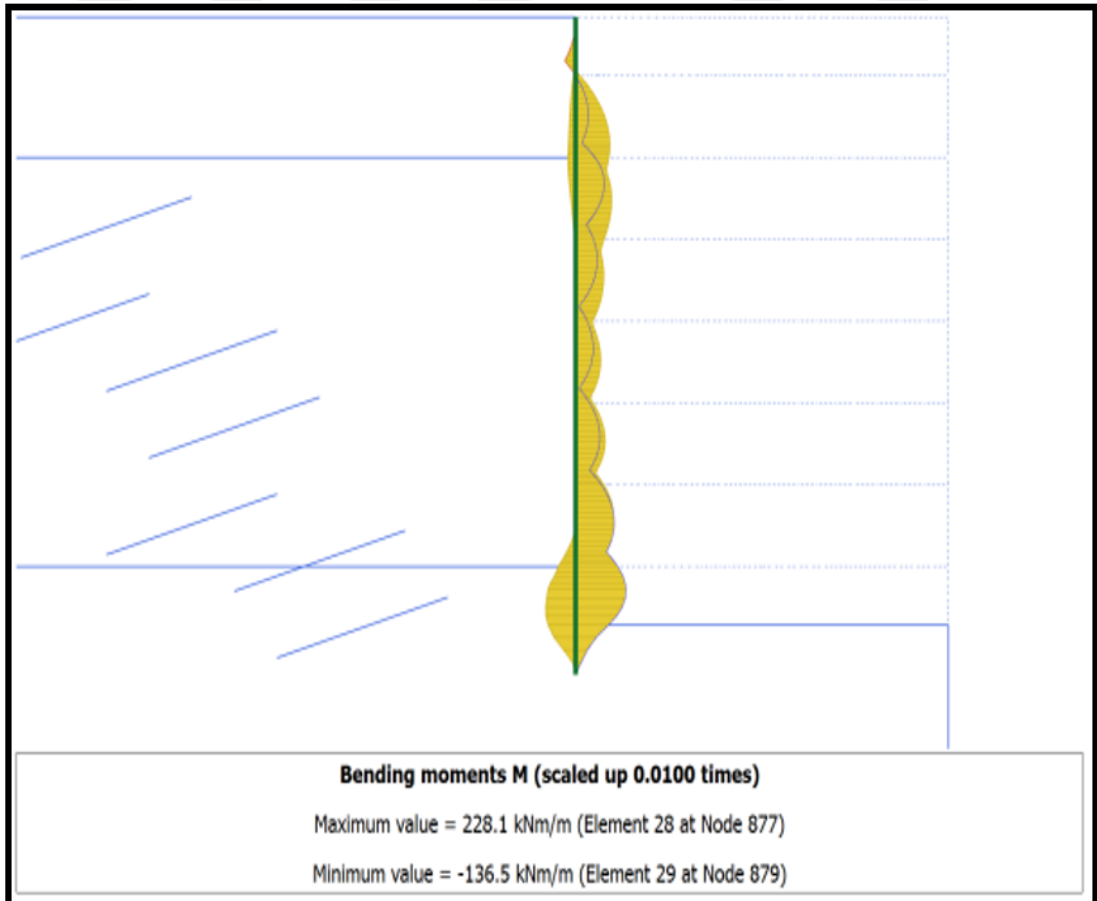
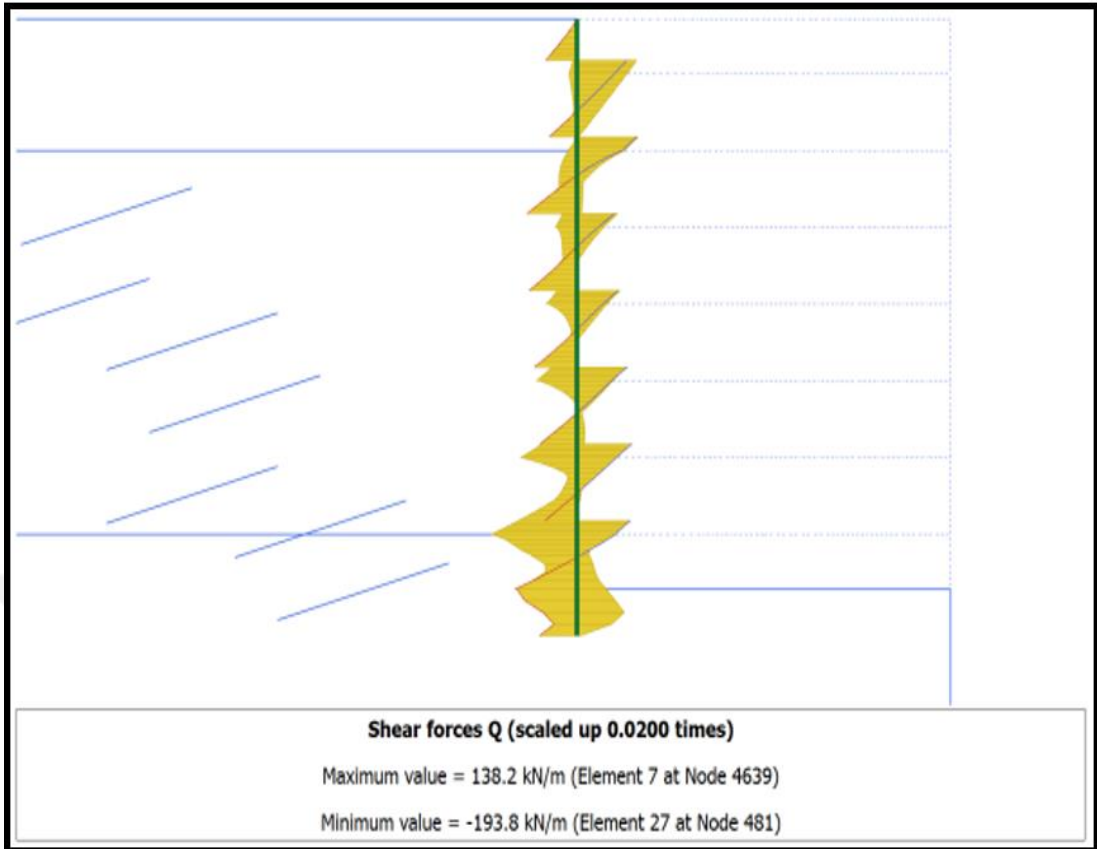
<b>Kazı Üst Kotu:</b>	117.3	metre
<b>Kazı Derinliği:</b>	20.80	metre
<b>Kazı Alt Kotu:</b>	96.50	metre
<b>Kazık Alt Kotu:</b>	94.8	metre
<b>Kazık Çapı:</b>	65	cm
<b>Kazık Aralığı:</b>	0.9	metre
<b>Ankraj Adedi:</b>	7	adet
<b>Sursarj:</b>	15	kPa

Ankraj No	Düşey Aralık	Yatay Aralık	Ankraj Boyu	Kök Boyu	Açısı	Ankraj Kotu
1	1.500	2.250	26	8	15	115.800
2	2.800	2.250	28	8	15	113.000
3	2.800	2.250	22	8	15	110.200
4	2.800	2.250	20	8	15	107.400
5	2.800	2.250	22	8	15	104.600
6	2.800	2.250	16	8	15	101.800
7	2.800	2.250	14	8	15	99.000



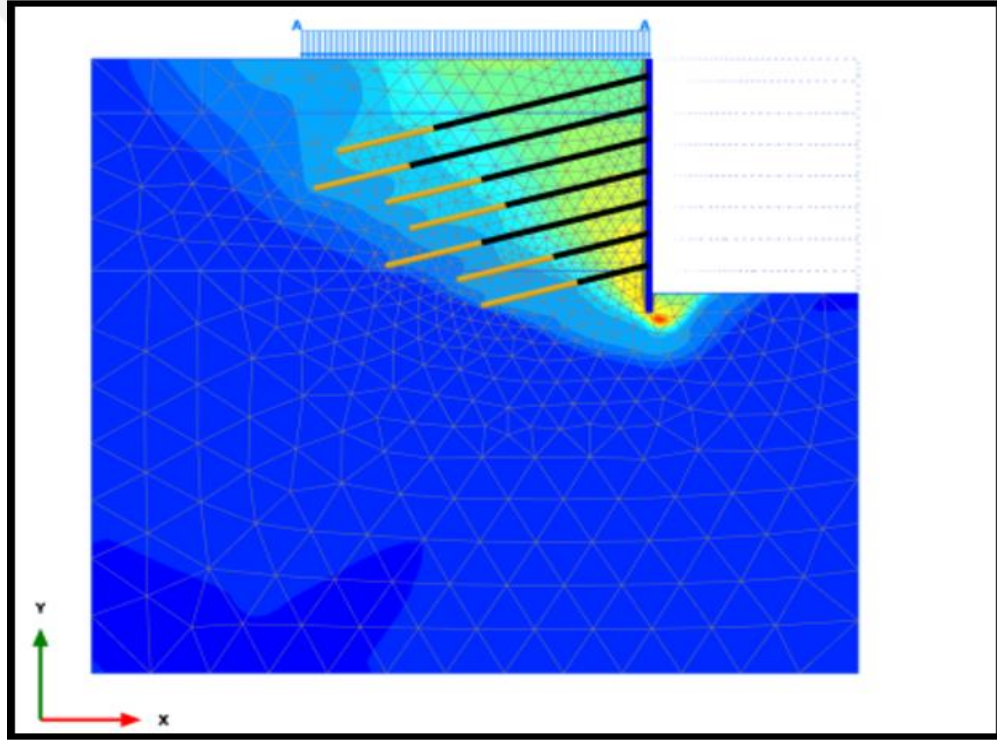






Tablo 7. I-I Kesiti ankraj yükleri

Structural element	Y [m]	N [kN/m]	N <sub>min</sub> [kN/m]	N <sub>max</sub> [kN/m]
Node-to-node anchor 1-1	115.800	189.503	0.000	200.000
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2.25 m)	111.141	189.503	0.000	200.000
Node-to-node anchor 2-2	113.000	205.443	0.000	205.443
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2.25 m)	107.824	205.443	0.000	205.443
Node-to-node anchor 3-3	110.200	205.790	0.000	205.790
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2.25 m)	106.577	205.790	0.000	205.790
Node-to-node anchor 4-4	107.400	209.074	0.000	209.074
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2.25 m)	104.294	209.074	0.000	209.074
Node-to-node anchor 5-5	104.600	217.842	0.000	217.842
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2.25 m)	100.977	217.842	0.000	217.842
Node-to-node anchor 6-6	101.800	215.660	0.000	215.660
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2.25 m)	99.729	215.660	0.000	215.660
Node-to-node anchor 7-7	99.000	200.000	0.000	200.000
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=2.25 m)	97.447	200.000	0.000	200.000

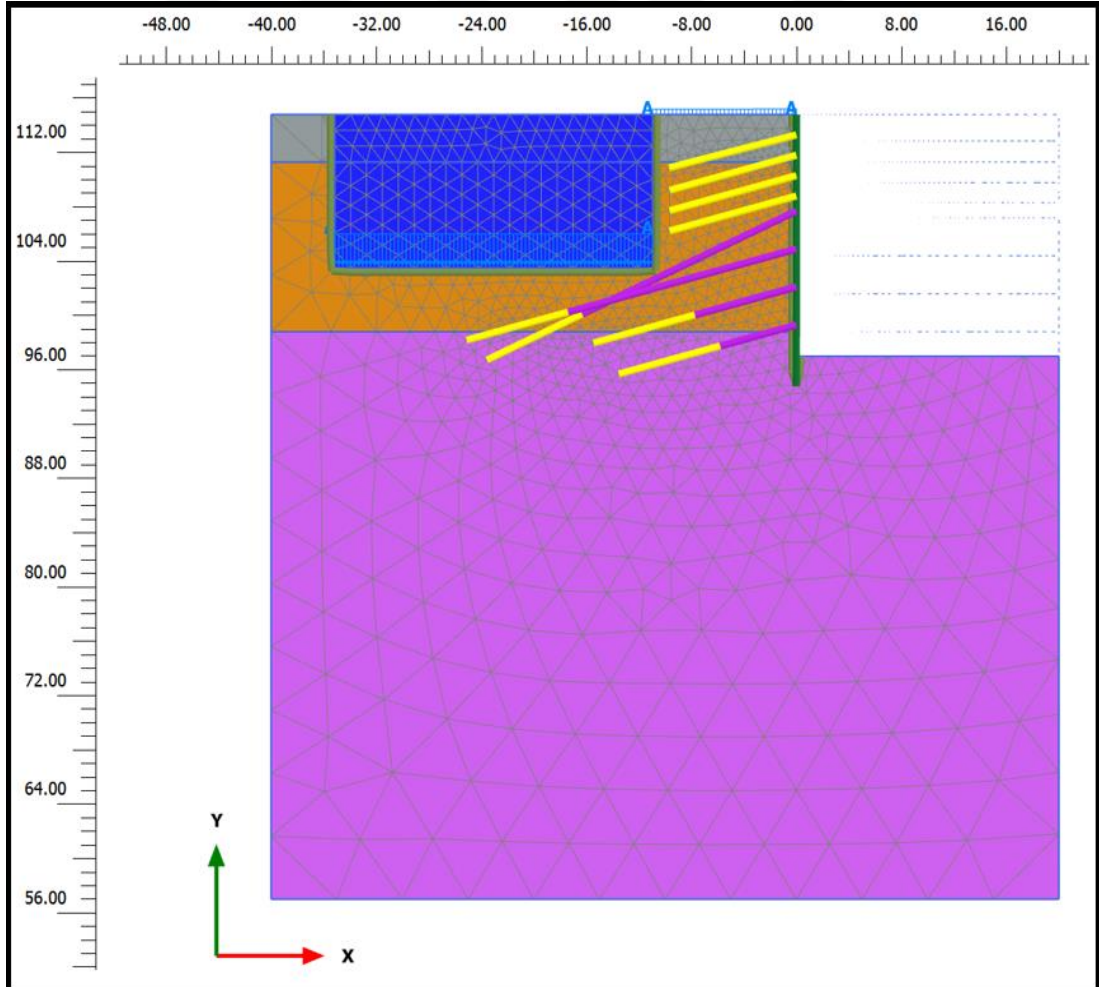


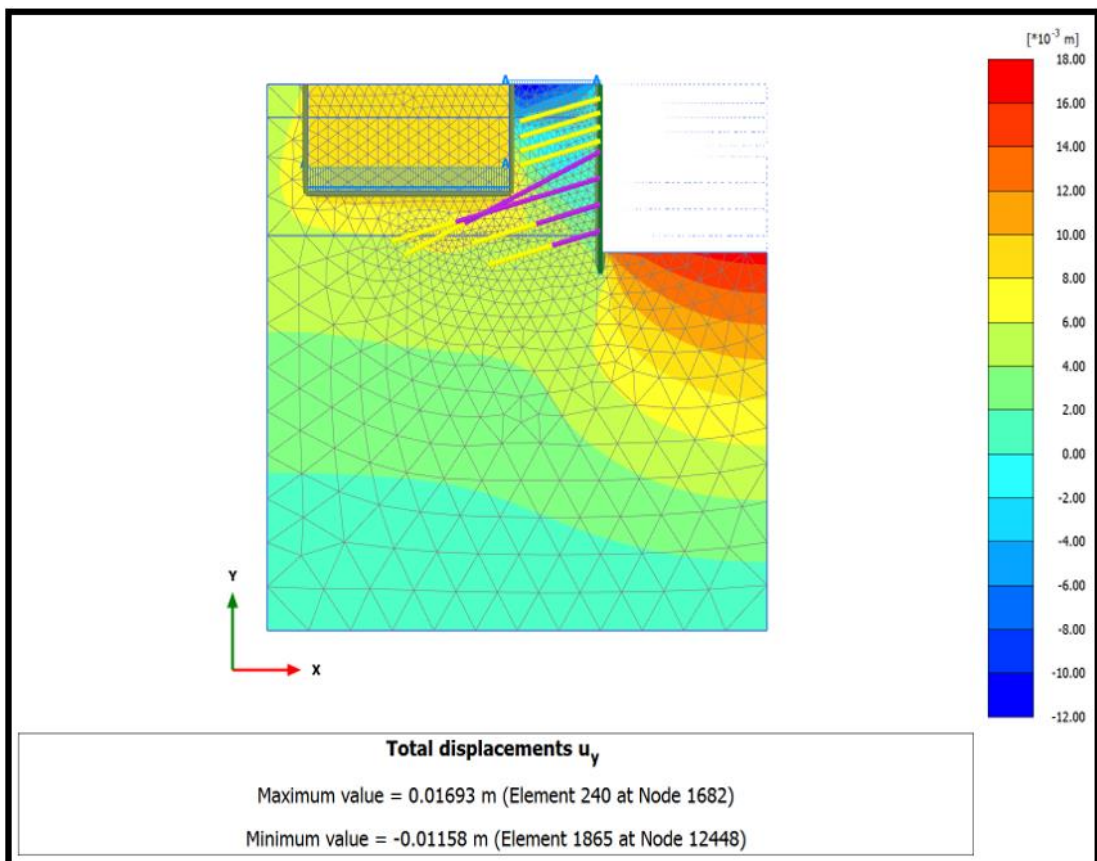
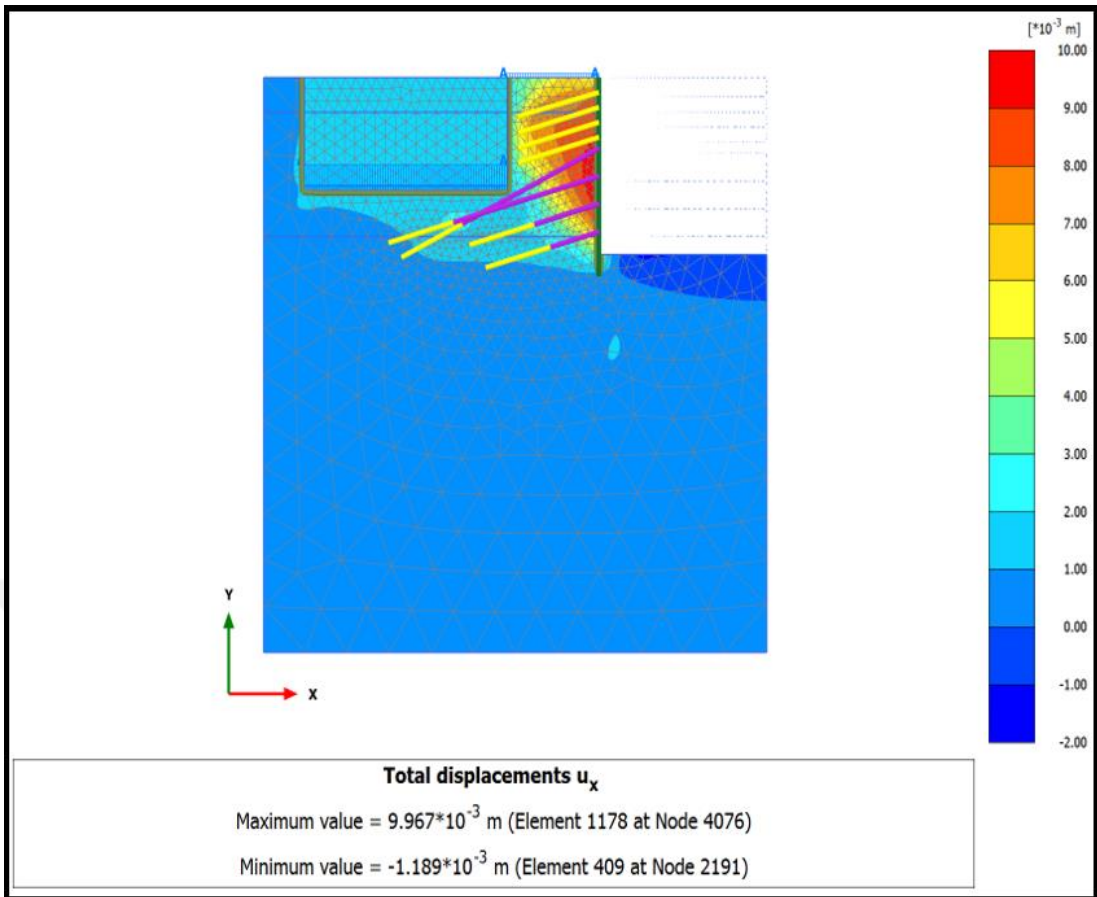
Multipliers				
Prescribed displacements X	$M_{DispX}$	0.000	$\Sigma M_{DispX}$	1.000
Prescribed displacements Y	$M_{DispY}$	0.000	$\Sigma M_{DispY}$	1.000
Load system A	$M_{LoadA}$	0.000	$\Sigma M_{LoadA}$	1.000
Load system B	$M_{LoadB}$	0.000	$\Sigma M_{LoadB}$	1.000
Soil weight	$M_{Weight}$	0.000	$\Sigma M_{Weight}$	1.000
Acceleration	$M_{Accel}$	0.000	$\Sigma M_{Accel}$	0.000
Strength reduction factor	$M_{sf}$	8.860E-3	$\Sigma M_{sf}$	2.173
Time	Increment	0.000	End time	0.000

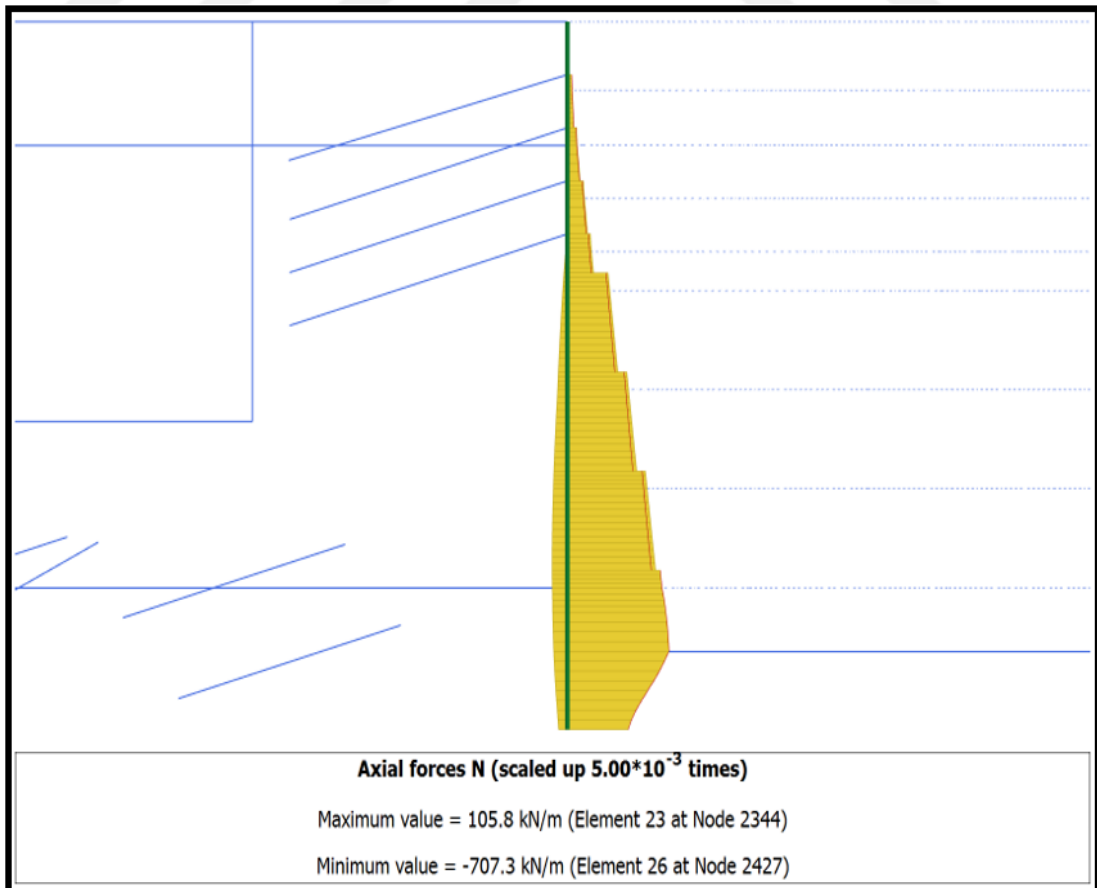
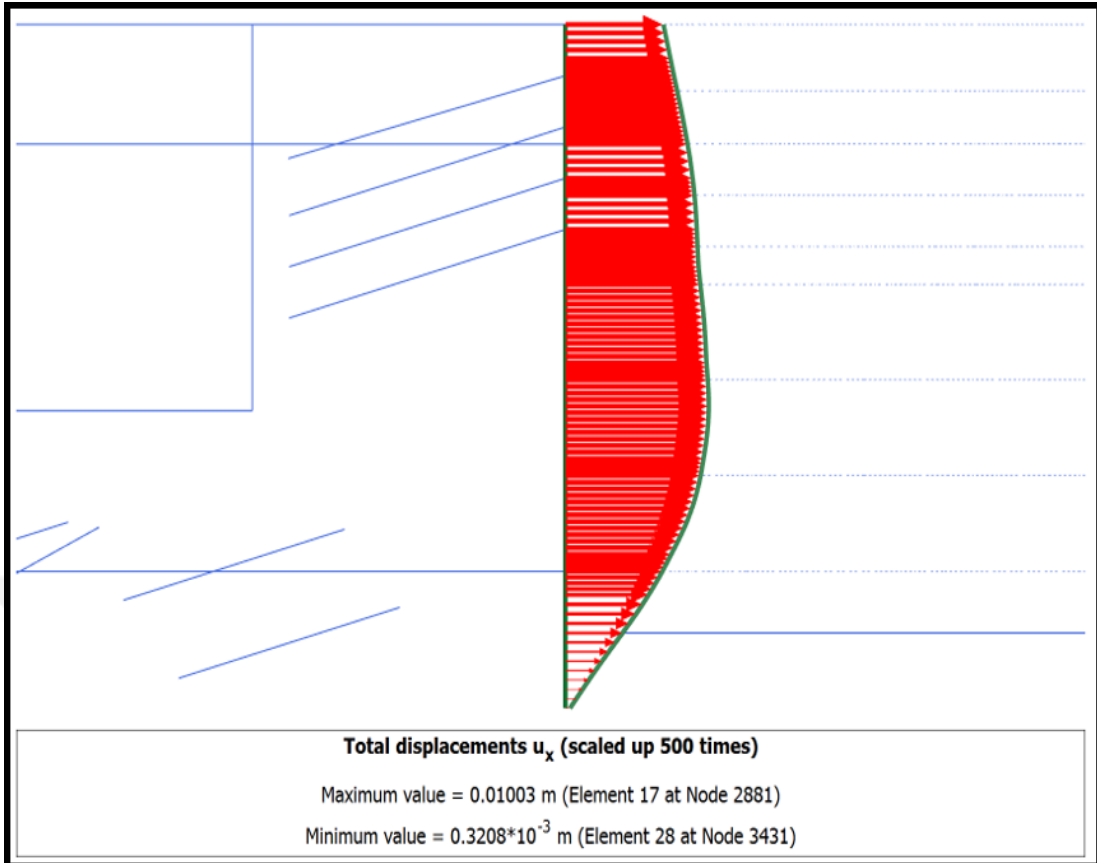
II-II kesiti

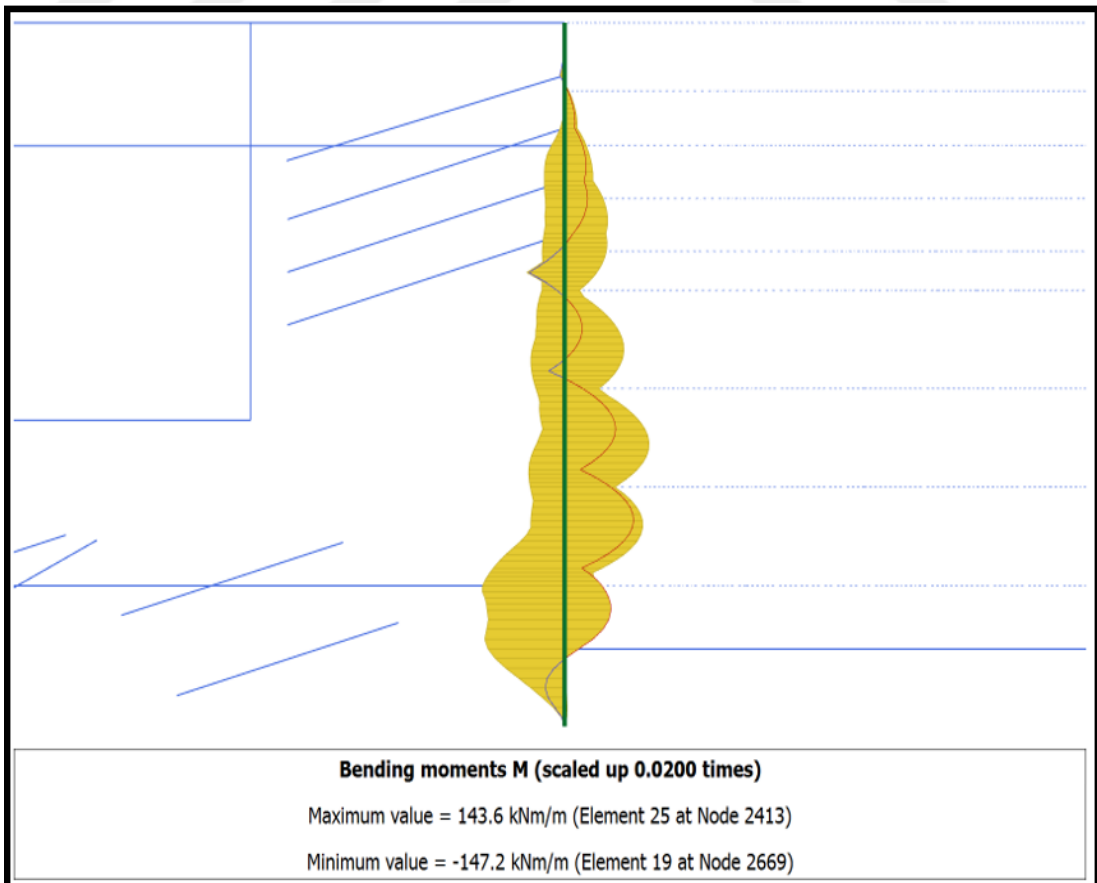
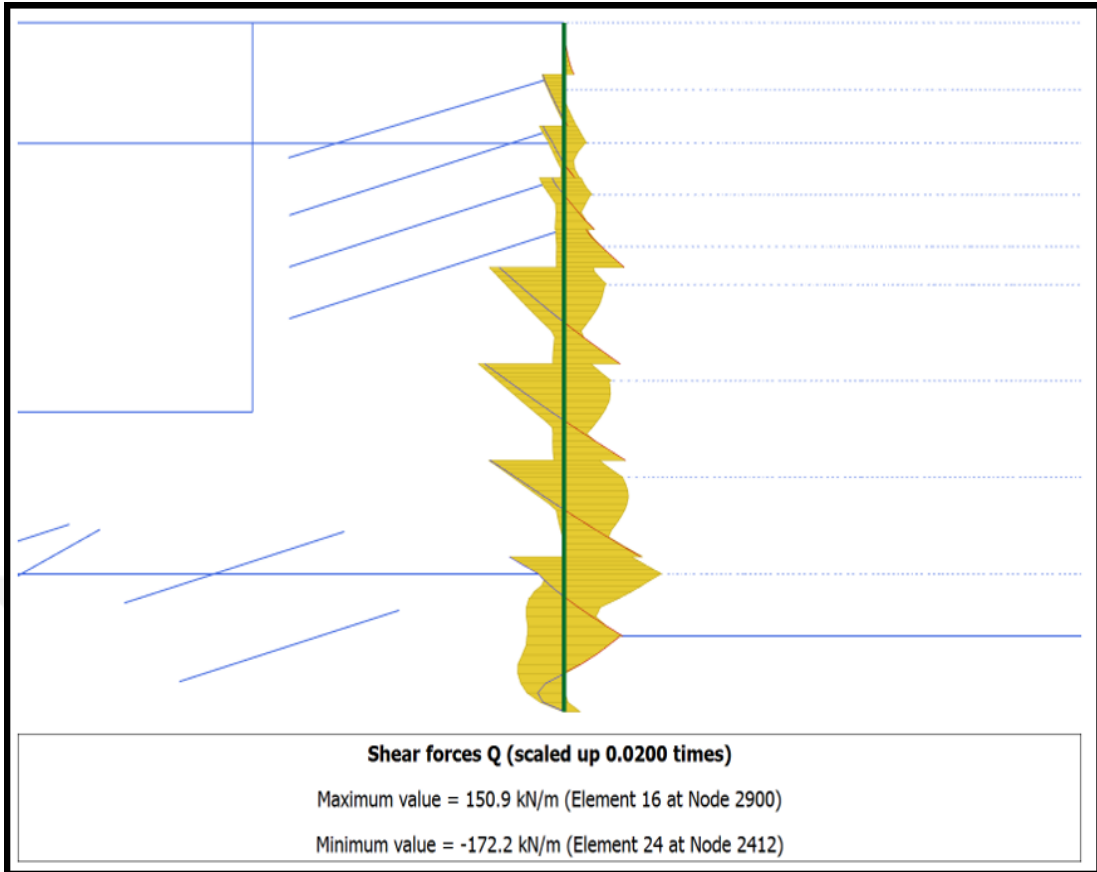
<b>Kazı Üst Kotu:</b>	114.8	metre
<b>Kazı Derinliği:</b>	17.80	metre
<b>Kazı Alt Kotu:</b>	97.00	metre
<b>Kazık Alt Kotu:</b>	94.8	metre
<b>Kazık Çapı:</b>	0.65	cm
<b>Kazık Aralığı:</b>	0.9	metre
<b>Ankraj Adedi:</b>	8	adet
<b>Sursarj:</b>	15-90	kPa

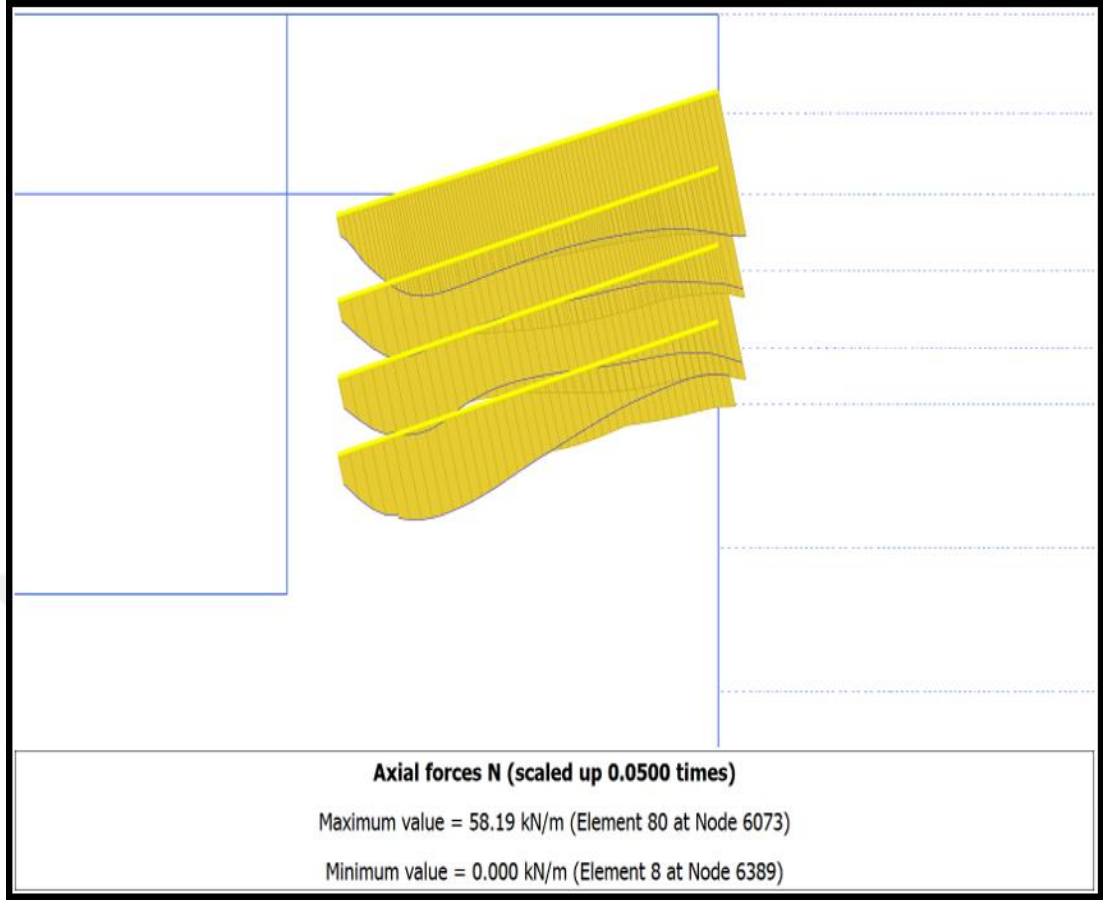
Ankraj No	Düşey Aralık	Yatay Aralık	Ankraj Boyu	Kök Boyu	Açısı	Ankraj Kotu
1	1.500	0.900	10	10	15	113.300
2	1.500	0.900	10	10	15	111.800
3	1.500	0.900	10	10	15	110.300
4	1.500	0.900	10	10	15	108.800
5	1.100	1.800	26	8	25	107.700
6	2.800	1.800	26	8	15	104.900
7	2.800	1.800	16	8	15	102.100
8	2.800	1.800	14	8	15	99.300





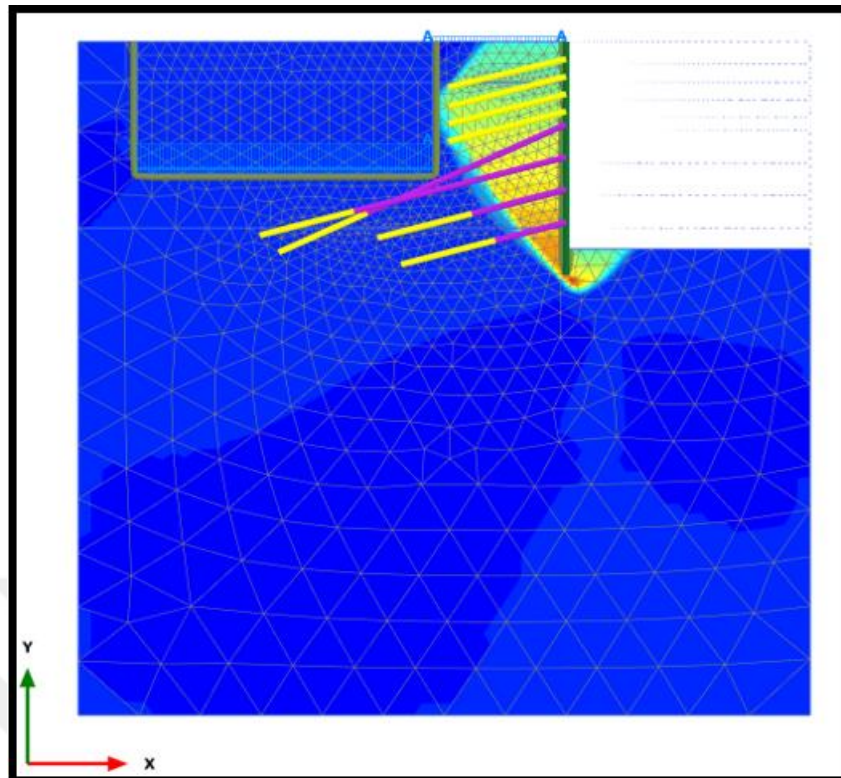






Tablo 8. II-II Kesiti ankraj yükleri

Structural element	Y [m]	N [kN/m]	N <sub>min</sub> [kN/m]	N <sub>max</sub> [kN/m]
Node-to-node anchor 1-1	107.700	236.063	0.000	240.000
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=1.8 m)	100.093	236.063	0.000	240.000
Node-to-node anchor 2-2	104.900	239.655	0.000	240.000
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=1.8 m)	100.241	239.655	0.000	240.000
Node-to-node anchor 3-3	102.100	238.853	0.000	240.000
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=1.8 m)	100.029	238.853	0.000	240.000
Node-to-node anchor 4-4	99.300	240.000	0.000	240.000
(4x0.6 inch Süper Tendon sh=1.8 m)	97.747	240.000	0.000	240.000



Multipliers				
Prescribed displacements X	$M_{DispX}$	0.000	$\Sigma M_{DispX}$	1.000
Prescribed displacements Y	$M_{DispY}$	0.000	$\Sigma M_{DispY}$	1.000
Load system A	$M_{LoadA}$	0.000	$\Sigma M_{LoadA}$	1.000
Load system B	$M_{LoadB}$	0.000	$\Sigma M_{LoadB}$	1.000
Soil weight	$M_{Weight}$	0.000	$\Sigma M_{Weight}$	1.000
Acceleration	$M_{Accel}$	0.000	$\Sigma M_{Accel}$	0.000
Strength reduction factor	$M_{sf}$	4.573E-3	$\Sigma M_{sf}$	1.538
Time	Increment	0.000	End time	0.000

## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] Mutman U., **Karaosmanoğlu A.** Derin Kazıda Farklı İksa Sistemlerinin Kullanımı, The Use Of Different Reinforcement Systems In Deep Excavations, *International Conference on Multidisciplinary Sciences*, Ankara, 25-26 Kasım 2017.



## ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Rize 'de doğdu. 5 yaşına kadar Rize 'de yaşadıkdan sonra İstanbul 'a taşındı. İlk ve orta öğrenimini İstanbul 'da İhsan Şerif İlköğretim Okulu 'nda tamamladı. Aynı şekilde lise öğrenimini de İstanbul 'da bulunan Güner Akın Lisesi 'nde tamamladı. 2011 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden 2016 yılında mezun oldu. 2016 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı 'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Lisans dönemi sonra erip mezun olduktan sonra İstanbul 'da özel bir inşaat firmasında mesleği adına çalışmaya başladı ve bu görevi hâlen sürdürmektedir.

