

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PROJESİNDEN FARKLI İNŞA EDİLMİŞ ANKRAJLI BETONARME İSTİNAT
PERDESİNİN YAPISAL KUSURLARININ ANALİZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET MURAT ASLAN

OCAK 2020

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PROJESİNDEN FARKLI İNŞA EDİLMİŞ ANKRAJLI BETONARME İSTİNAT
PERDESİNİN YAPISAL KUSURLARININ ANALİZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Murat ASLAN

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Tuna ÜLGER

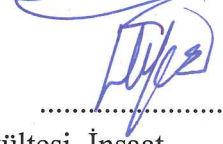
ZONGULDAK
Ocak 2020

KABUL:

Mehmet Murat ASLAN tarafından hazırlanan “Projesinden Farklı İnşa Edilmiş Ankrajlı Betonarme İstinat Perdesinin Yapısal Kusurlarının Analizi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 03/01/2020

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tuna ÜLGER

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü



Üye: Doç. Dr. Utkan MUTMAN

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Bengü SÜNBÜL GÜNER

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü



ONAY:

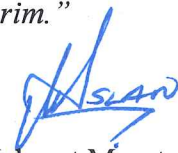
Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../2020



Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Mehmet Murat ASLAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PROJESİNDEN FARKLI İNŞA EDİLMİŞ ANKRAJLI BETONARME İSTİNAT PERDESİNİN YAPISAL KUSURLARININ ANALİZİ

Mehmet Murat ASLAN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Tuna ÜLGER

Ocak 2020, 81 sayfa

Coğrafi olarak engebeli şehirlerde derin kazılara ihtiyaç vardır. Kazı alanını çevreleyen yapıların yoğunluğu, uygun bir iksa yapısı seçmek için anahtar faktördür. Son yıllarda, imalat hatalarından kaynaklı iksa yapılarının yetersizliği can ve mal kaybına neden olmuştur. Bu çalışmada, inşaat hatalarından dolayı kazıklı bir ankrajlı istinat duvarının emniyet açısından değerlendirilmesi, duvar inşaatından önce duvar yakınında bulunan bina da oluşan yapısal çatlakları bina sahibinin bildirmesinden sonra araştırılmıştır. Görsel inceleme, inşa edilen duvarın resmi olarak onaylanmış projeye tutarsız olduğunu ortaya koydu. İlk önce mevcut duvarın sonlu elemanlar modeli SAP2000'de modellendi, ikinci modelde duvarın onaylanan projesi kullanılarak inşa edilmesi durumuna göre modellenmiştir. Bu nedenle, birinci ve ikinci modellerin yapısal performansı incelenmiştir. Üç farklı zemin tipi özellikleri dikkate alınarak istinat duvarı arkasındaki yanal toprak basıncı değerleri elde edilmiştir. İstinat duvarının toplam yüksekliği, zeminde 6,4 metreden 8,1 metreye kadar yükselirken, onaylanan projede 2,25 metre olan ankraj aralıkları düşey mesafesi inşa edilen duvarda 2,5 metreden ila 4,2 metreye kadar

ÖZET (devam ediyor)

arttığı tespit edilmiştir. Ankraj yerleşimine ek olarak, duvar boyunca drenaj borusu da inşaat sırasında yerleştirilmemiştir. İstinat duvarındaki yukarıda belirtilen tutarsızlıklar göz önüne alındığında, iki boyutlu modelde toplam 12 farklı durum, üç boyutlu modelde ise 4 farklı durum incelenmiştir. İstinat duvarı sistemleri için sonuçlar karşılaştırıldı ve bu çalışmada kapasite kontrolleri yapıldı. Ankrajlar arasındaki mesafe arttıkça, ankrajlar arasındaki momentler ve yer değiştirmeler giderek artar; bununla birlikte, sonuçlar duvarın hala kabul edilebilir sınır toleransları içerisinde kaldığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Çatlaklar, İstinat duvarı, Yapısal hatalar, Yanal deplasman, Yanal toprak basıncı

Bilim Kodu: 624.05.00.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

STRUCTURAL INVESTIGATION OF CONSTRUCTION DEFICIENCIES IN A RETAINING WALL PROJECT

Mehmet Murat ASLAN

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Tuna ÜLGER

January 2020, 81 pages

Deep excavations are required in geographically rugged cities. The density of the structures surrounding excavation site is the key factor to select an appropriate shoring structure. In recent years, the failure of shoring structures due to manufacturing defects have caused loss of life and property. In this study, the health of a piled anchored retaining wall due to construction errors was investigated after the owner of the adjacent building, which existed before the wall construction, has reported structural cracks. The visual investigation revealed that the constructed wall is inconsistent with the officially approved project. The finite element model of the existing wall was constructed first in SAP2000, and second modeled was constructed as the wall was supposed to be constructed using the approved project. Therefore, the structural performance of the first and second models were investigated. Three different types of soil properties are considered in determination of the earth pressures including the in situ backfill soil properties of the retaining wall. The earth pressure affecting the shoring system were calculated using Terzhagi-Peck model. The total height of the retaining wall increases from 6.4;

ABSTRACT (continued)

meters to 8.1 meters from the ground on the site, and the vertical distance between two anchor lines increases from 2.5 to 4.2 meters on the constructed wall, which was given 2.25 meters on the approved project. In addition to the anchor placement, the drainage pipe along the wall was not installed during the construction. Considering the aforementioned discrepancies in the retaining wall, total of 12 different cases were investigated in two dimensional model, and 4 different cases were investigated in three-dimensional model. The results for those retaining wall systems were compared and the capacity checks were performed this paper. As the distance between the anchors is increases, moments and displacements between the anchors gradually increases; however, the results showed that the wall still stays within the acceptable serviceability tolerances.

Keywords: Cracks, Lateral displacement, Lateral earth pressure, Retaining wall, Structural defect

Science Code: 624.05.00.

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasını, bana öneren ve alıőmanın her aşamasında gerek bilgi ve tecrübelerini gerekse desteğini benden esirgemeyen, önerileriyle ufkumu aan, değerli zamanını bana ayıran danıőmanım ve saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi Tuna ÜLGER'e teőekkürlerimi bir bor bilirim. Ayrıca alıőma süresince görüş ve bilgilerini benimle paylaşan ve bana yardımcı olan Arő. Gör. Muhammet KARABULUT'a teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde emeği olan, hoőgörüsünü benden esirgemeyen, maddi, manevi olarak destekleyen ve haklarını ödeyemeyeceğim aileme teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xviii
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
1.1 ÇALIŞMANIN AMACI.....	1
1.2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR HAKKINDA BİLGİLENDİRME	2
BÖLÜM 2 YANAL TOPRAK BASINÇ HESAPLARI.....	7
2.1 GENEL BİLGİLER.....	7
2.2 COULOMB (KAMA) TEORİSİ.....	7
2.3 RANKİNE TEORİSİ.....	8
2.4 İKSA YAPILARINDA YANAL TOPRAK BASINÇ HESABI	12
2.4.1 Terzaghi – Peck toprak basıncı dağılımı önerisi.....	12
2.4.2 Klenner önerisi.....	14
2.4.3 Tschebotarioff tarafından önerilen toprak basıncı dağılımı.....	15
2.4.4 Lehmann tarafından önerilen toprak basıncı dağılımı	16
2.4.5 İsviçre SIA-191 şartnamesi toprak basıncı dağılımı önerisi	17

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 3 ZEMİN ANKRAJLARI.....	19
3.1 GENEL BİLGİLER.....	19
3.2 ZEMİN ANKRAJLARI	19
BÖLÜM 4 HASARLI YAPI VE ANKRAJ SİSTEMLERİ SAYISAL MODELLERİ	25
4.1 ANKRAJ SİSTEMİNİN İKİ BOYUTLU MODELLERİ	28
4.2 ANKRAJ VE PERDE SİSTEMİNİN ÜÇ BOYUTLU MODELİ.....	63
4.3 BETONARME KAZIK VE PERDE DE EMNİYET TAHKİKLERİ	71
BÖLÜM 5 SONUÇLAR.....	77
KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ	81

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Kohezyonsuz zeminde aktif durum.....	8
Şekil 2.2 Kohezyonsuz Zeminde pasif durum	8
Şekil 2.3 Aktif Rankine durumu	9
Şekil 2.4 Genel bir zeminde ($c \neq 0, \Phi \neq 0$) aktif yanal toprak basınçlarının dağılımı.	9
Şekil 2.5 Pasif Rankine durumu	10
Şekil 2.6 Genel bir zeminde ($c \neq 0, \Phi \neq 0$) pasif yanal toprak basınçlarının dağılımı	10
Şekil 2.7 Kohezyonsuz zeminde aktif ve pasif durum	11
Şekil 2.8 Zeminde su bulunması durumu.....	11
Şekil 2.9 Terzaghi– Peck tarafından önerilen toprak basıncı dağılımları	13
Şekil 2.10 Klenner tarafından önerilen toprak basıncı çizgisel yük dağılımı	15
Şekil 2.11 Tschebotarioff tarafından önerilen toprak basıncı dağılımları.....	16
Şekil 2.12 Lehmann’ın önerdiği toprak basıncı dağılımı.....	17
Şekil 2.13 İsviçre SIA-191 nolu şartnamesi ile önerilen toprak basıncı dağılımı.....	18
Şekil 3.1 Çok sıra ankrajlı iksa sistemlerinde yenilme şekilleri	20
Şekil 3.2 Yatak katsayısının derinlikle değişimi	23
Şekil 4.1 İksa sisteminde ki imalat hatasından kaynaklandığı düşünülen çatlaklar	26
Şekil 4.2 Projesine uygun yapılmayan istinat duvarının mevcut durumu	28
Şekil 4.3 İki ankrajlı iksa yapısını temsilen oluşturulan model	30
Şekil 4.4 Kum zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanal toprak basıncı	31
Şekil 4.5 Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı birinci durum için	31
Şekil 4.7 Maksimum yatay deplasman.....	32
Şekil 4.8 Eksenel kuvvet diyagramı	32
Şekil 4.9 Moment diyagramı	33
Şekil 4.10 Yumuşak-orta katı killi zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen toprak basıncı.....	33
Şekil 4.11 Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı	34
Şekil 4.12. Yatay deplasman diyagramı.....	34
Şekil 4.13 Eksenel kuvvet diyagramı	35
Şekil 4.14 Moment diyagramı.....	35

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.15 Çatlaklı-sert katı killi zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen toprak basıncı	36
Şekil 4.16 Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı	36
Şekil 4.17 Yatay deplasman diyagramı	37
Şekil 4.18 Eksenel kuvvet diyagramı	37
Şekil 4.19 Moment diyagramı	38
Şekil 4.20 Üç ankrajlı iksa yapısını temsilen oluşturulan model	39
Şekil 4.21 Kum zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanal toprak basıncı	39
Şekil 4.22 Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı	40
Şekil 4.23 Yatay deplasman diyagramı	40
Şekil 4.24 Eksenel kuvvet diyagramı	41
Şekil 4.25 Moment diyagramı	41
Şekil 4.26 Yumuşak-orta katı kil zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen toprak basıncı	42
Şekil 4.27 Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı	42
Şekil 4.28 Yatay deplasman diyagramı	43
Şekil 4.29 Eksenel kuvvet diyagramı	43
Şekil 4.30 Moment diyagramı	44
Şekil 4.31 Çatlaklı-sert katı killi zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen toprak basıncı	45
Şekil 4.32 Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı	45
Şekil 4.33 Yatay deplasman diyagramı	46
Şekil 4.34 Eksenel kuvvet diyagramı	46
Şekil 4.36 Moment diyagramı	47
Şekil 4.37 Kum zeminler için Terzaghi – Peck’in önerdiği yanal toprak basıncı.....	47
Şekil 4.38 İksa yapısında oluşan sürşarj basıncı	48
Şekil 4.39 Yatay deplasman diyagramı	48
Şekil 4.40 Eksenel kuvvet diyagramı	49
Şekil 4.41 Moment diyagramı	49
Şekil 4.42 Yumuşak-orta killi zemin için Terzaghi–Peck’in önerdiği toprak basıncı doygun zeminde	50
Şekil 4.43 İksa yapısında oluşan sürşarj basıncı sekizinci durum için.....	50
Şekil 4.44 Yatay deplasman diyagramı	51

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.45 Eksenel kuvvet diyagramı	51
Şekil 4.46 Moment diyagramı	52
Şekil 4.47 Çatlaklı sert killi zemin için Terzaghi–Peck’in önerdiği toprak basıncı doygun zeminde	52
Şekil 4.48 İksa yapısında oluşan sürşarj basıncı	53
Şekil 4.49 Durum 9 için yatay deplasman diyagramı doygun zemin durumunda	53
Şekil 4.50 Eksenel kuvvet diyagramı	54
Şekil 4.51 Moment diyagramı	54
Şekil 4.52 Üç ankrajlı sistem modeli	55
Şekil 4.53 Kum zemin için Terzaghi–Peck’in önerdiği toprak basıncı doygun zeminde	55
Şekil 4.54 İksa yapısında oluşan sürşarj basıncı onuncu durum için	56
Şekil 4.55 Yatay deplasman diyagramı	56
Şekil 4.56 Eksenel kuvvet diyagramı	57
Şekil 4.57 Moment diyagramı	57
Şekil 4.58 Yumuşak orta kil zemin için Terzaghi–Peck’in önerdiği toprak basıncı doygun zeminde	58
Şekil 4.59 İksa yapısında oluşan sürşarj basıncı	58
Şekil 4.60 Yatay deplasman diyagramı	59
Şekil 4.61 Eksenel kuvvet diyagramı	59
Şekil 4.62 Moment diyagramı	60
Şekil 4.63 Çatlaklı sert kil zemin için Terzaghi–Peck’in önerdiği toprak basıncı doygun zeminde	61
Şekil 4.64 İksa yapısında oluşan sürşarj basıncı	61
Şekil 4.65 Yatay deplasman diyagramı	62
Şekil 4.66 Eksenel kuvvet diyagramı	62
Şekil 4.67 Moment diyagramı	63
Şekil 4.68 İksa yapısının mevcut durumunu temsil eden modelin üç boyutlu görünüşü.	64
Şekil 4.69 İksa yapısının mevcut durumunu temsil eden modelin önden görünüşü.	64
Şekil 4.71 İksa yapısının projeye uygun durumunu temsil eden modelin üç boyutlu görünüşü.	65
Şekil 4.72 İksa yapısının projeye uygun durumunu temsil eden modelin önden görünüşü (ankraj sıraları işaretlenmiştir)	65
Şekil 4.73 Sert killi zeminin kuru hali için yapılmış analiz sonucunda elde edilen maksimum moment değerleri verilmektedir.	66

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.74 Sert killi zeminin doygun hali için yapılmış analiz sonucunda elde edilen maksimum moment değerleri verilmektedir.....	67
Şekil 4.75 Sert killi zeminin kuru hali için yapılmış analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman (uy) değerleri verilmektedir	68
Şekil 4.76 Sert killi zeminin doygun hali için yapılmış analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman (uy) değerleri verilmektedir.	69
Şekil 4.77 Sadece kazık kesitine gelen yanıl toprak basınç yükü	71
Şekil 4.78 Sadece kazık kesitine gelen sürşarj yükü.....	72
Şekil 4.79 İki ankrajlı ve kuru zemin için moment diyagramı.....	73
Şekil 4.80 Perde duvar kesit detayları	75
Şekil 4.81 İstinat duvarının en üst kısmında ki ankrajlara gelen kuvvetler kuru zemin için ...	75
Şekil 4.82 İstinat duvarının en üst kısmında ki ankrajların yatay deplasman kuru zemin için	76
Şekil 4.83 İstinat duvarının en üst kısmında ki ankrajlara gelen kuvvetler doygun zemin için	76
Şekil 4.84 İstinat duvarının en üst kısmında ki ankrajların yatay deplasman doygun zemin için	76

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 Kayaçlar için kök sıyrılma değerleri	22
Çizelge 3.2 Yatay Yatak Katsayıları	23
Çizelge 4.1 Kum zemin için analiz sonuçları.....	69
Çizelge 4.2 Yumuşak orta killi zemin için analiz sonuçları.....	70
Çizelge 4.3 Çatlaklı sert killi zemin için analiz sonuçları	70
Çizelge 4.4 Üç boyutlu modellerin çatlaklı sert killi zemin için analiz sonuçları	70



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

A_s	: Boyuna donatı toplam kesit alanı
M_R	: Eğilme momenti maksimum sınırı
f_{yd}	: Donatı tasarım çekme mukavemeti
f_{ck}	: Beton karakteristik basınç mukavemeti
f_{cd}	: Beton tasarım basınç mukavemeti
f_{ctd}	: Beton tasarım çekme mukavemeti
D	: Kazık çapı
R	: Kazık yarıçapı
s	: Kazık aralığı
pp	: Pas payı
A_c	: Betonun en kesit alanı
b	: Çekirdek çapı
d	: Faydalı yükseklik
A_w	: Çekirdek alanı
M	: Eğilme momenti
M_d	: Tasarım eğilme momenti
$V_{r, mak}$: Kesit maksimum kesme kuvveti dayanımı
V_c	: Kesme dayanımına beton katkısı
V_w	: Kesme dayanımına donatı katkısı
V_r	: Kesit kesme kapasitesi
L_k	: Ankraj kök bölgesi kısmının uzunluğu
γ_n	: Zemini doğal hacim ağırlığı
σ	: Gerilme
σ_o	: Sükunet durumunda yanıl toprak basıncı
σ_d	: Düşey toprak basıncı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

K_0	: Sükunetteki toprak basıncı katsayısı
c	: Kohezyon
H	: İstinat duvarı yüksekliği
P_{ult}	: Ankraj taşıma gücü



BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 ÇALIŞMANIN AMACI

Ülkemizde ve dünyada nüfusun hızla arttığı devasa şehirlerde yaşam alanı bulmak giderek zorlaşmakta daire ve ev fiyatları inşaat yapılacak alanların azalmasından dolayı artmaktadır. Bu durum mevcut arsaları daha verimli kullanmayı zorunlu kıldığından engebeli arazilerde bile inşaat kaçınılmaz olmuştur. Bunu yapabilmek için derin temel kazılarına ihtiyaç duyulmaktadır. Derin temel kazılarını yapabilmek için ise uygun bir iksa sistemi oluşturmak gerekir. Yapılarda oluşacak imalat kaynaklı hasarları minimize etmek için yapının inşa edileceği arsaya en uygun iksa yapısı seçilmelidir. Aksi halde bazen çok kısa sürede bile iksa yapısının yetersizliğinden zeminde meydana gelecek olan hareketlenmeden dolayı yapının taşıyıcı elemanlarında ve döşemelerde çatlaklar gözlemlenebilir.

Bu tez çalışmasında istinat duvarı yakınında ki binada çatlakların meydana gelmesine sebep olduğu düşünülen, imalat hataları ve projesine aykırı inşa edilen istinat duvarı incelenmiştir. Yapısal çatlakların sebebi mevcut iksa yapısından kaynaklı olup olmadığı SAP 2000 programında yapılan nümerik analizler ile kıyaslanarak yorumlanmıştır.

Tez çalışmasının birinci bölümünde, çalışmanın amacı ile ilgili bilgiler verilmiş ve bu konu ile ilgili daha önce literatürde yapılan çalışmalara hakkında özet bilgiler verilmiştir.

Nümerik analizlerin yapılabilmesi için hesabı gerekli olan yanal toprak basınçlarının hesabı ile ilgili bilgiler tez çalışmasının ikinci bölümünde, verilmiştir. Yanal toprak basınçlarının hesabında kullanılan farklı teoriler anlatılmıştır. Zeminde oluşan aktif, pasif ile sükünet durumlarında toprak basıncı katsayılarının hesapları açıklanmıştır. Çok sıra ankrajlı sistemlere gelen toprak basınçlarının hesabı için bilinen araştırmacılar; Lehmann, Klenner, Terzaghi-Peck, Tschebotarioff ve İsviçre SIA-191 yönetmeliği tarafından önerilen yöntemler hakkında bilgi verilmiştir.

Bu tez çalışmasının üçüncü bölümünde zemin ankrajları ve kazıklı perdeler ile ilgili detaylı bilgiler verilmiştir. Zemin ankrajlarının ve kazıklı perdelerin yapım teknikleri ve yöntemleri anlatılmıştır. Zemin ankrajlarının yapısal kısımları gösterilmiştir. İmalat tekniklerine göre zemin ankrajları anlatılmıştır. Zemin ankrajları, taşıma gücü hesabı için kullanılan formüller verilmiş ve açıklanmıştır. Zemin ankrajlarının hesapları ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Oluşturulan ankraj sistemleri bu bölümde anlatılmıştır. Bu sistemler arasında ki farklar nelerdir ve üzerlerine etkiyen yüklerin farklılıkları ile hangi yönteme ve metoda göre belirlendikleri açıklanmaktadır. Oluşturulan iki ankrajlı sistem ile üç ankrajlı sistem arasında özellikle yatay deplasman bakımından farkların neler olduğu ve elde edilen değerlerin yönetmeliklerde izin verilen sınırlar içerisinde kalıp kalmadığı irdelenmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde iksa sisteminin mevcut durumunu yansıtan ve projesine uygun olacak şekilde imal edilmiş olsaydı yapısal açıdan incelendiğinde ne gibi farkların oluşacağı ve mevcut durumunun yapısal açıdan oluşturduğu olumsuzlukları anlamak için yapılan analizlere yer verilmiştir. Bu analizler iki boyutlu ve üç boyutlu olarak yapılmıştır. Ayrıca istinat perdesi yapımında bırakılmayan barbakanlardan dolayı zeminin kuru durumuna ek olarak daha elverişsiz bir hale gelmiş olan doygun hali de incelemiş olup kıyaslamalar yapılmıştır.

Sonuç bölümünde ise yapısal açıdan mevcut iksa yapısının ne durumda olduğu ve yapılan nümerik analizlerin sonuçları değerlendirilmiştir.

1.2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR HAKKINDA BİLGİLENDİRME

Derin kazı iksa sistemleri; ankrajlı, fore kazıklı ankrajsız, istinat duvar ve palplanş perdeler olmak üzere çeşitli araştırmacılar tarafından değişik yönleriyle çok kez incelenmiştir. Dadaşbilge (2015) yapmış olduğu çalışmada özellikle iksa sistemi projelerinde uygulama sırasında karşılaşılan ve ofisteki tasarım aşamasında öngörülemeyen olumsuzlukların etkisiyle projenin kısmen de olsa revize edilmesi ihtiyacı doğduğunu vurgulamıştır. Bu revizyonların sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için sahadan düzenli olarak ve kaliteli bilgi gelmesi büyük önem taşıdığına değinmektedir. Aktaş (2018) çalışma kapsamında yanal zemin basıncı ve iksa yapılarının tasarımı konuları ile ilgili farklı analitik yöntemler incelenmiştir. Bu amaçla sonlu elemanlar yöntemine dayanan iki boyutlu geoteknik yazılımı Plaxis 2D kullanılarak sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Aktaş sonuç olarak içsel sürtünme açısının (zemin

mukavemetinin) yüksek olduğu durumlarda analitik yöntem ile yapılan hesaplar düşük gömülme derinliği değeri verdiğini vurgulamıştır. Bu gibi durumlarda sonuçların irdelenip, güvenli tarafta kalınarak gömülme derinliği belirlenmesi gerektiği söylenmiştir.

Altun (2013) ankrajlı ve ankrajsız derin kazı iksa sistemlerinin sayısal yöntemler ile analizi isimli yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında iksa sistemlerini analiz etmiştir. Derin bir kazının yapılmasında zemin çoğu kez kendini yeterli süre tutabilir özelliğe sahip olmamaktadır. Bu durumda çeşitli yöntemlere başvurarak kazı alanında güvenliği sağlamak amacıyla kazının desteklenmesi gerekmektedir. Fore kazıklı istinat duvarı ve ankrajlı istinat duvarları bunlarda bazılarıdır. Bu çalışmada derin kazılarda fore kazıklı ve ankrajlı iksa yöntemleri incelenerek, önce nümerik olarak analiz edilmiş, sonra bu analizi çok daha hızlı ve çok daha az hata payı ile yapmak için bir program geliştirilmiştir.

Sütcüoğlu (2010) öngermeli ankrajlı bir derin iksa sistemi inşaatı isimli yüksek lisans tez çalışması yapmıştır. Sütcüoğlu bu çalışmada, öngermeli ankrajların çok ayrışmış ve önemli derecede süreksizlikler içeren grovaplarda yapılan bir derin kazı destek projesindeki performansı saha ölçümleri incelenmiştir. Sonuç olarak, uygulama projesinin birçok bakımdan aşırı güvenli olmasına rağmen, öngermeli ankrajlarda uygulanan çekme kuvvetinin çatlaklı grovaplarda zaten var olan süreksizliklerin daha ilerlemesine ve beklenmeyen hareketlerin ortaya çıkmasına neden olabileceği anlaşılmıştır. Sincil (2006) yılında ankrajlı kazık duvarların sayısal çözümlenmesi üzerine yaptığı yüksek lisans tezinde ankrajlı kazık duvarların sayısal analizi ile yerinde ölçümler ile sayısal verilerin, üst yapı ve zemin stabilitesi açısından karşılaştırılmasını içermektedir. Plaxis isimli sonlu elemanlar programı kullanılarak modellenmiş ve analizler yapılmıştır. Sayısal analizde kullanılacak olan zemin parametreleri yöntemin başarısında anahtar rol oynadığından, bu parametrelerin seçimine önem verilmiştir.

Canoğulları (2019) yapmış olduğu ankrajlı fore kazıklı iksa sistemlerinin tasarımı ve sonlu elemanlar yöntemi ile analizler yapmıştır. Bu çalışmada dayanma yapılarının türleri ve kullanım alanları anlatılmış temel mühendisliğinde sık karşılaşılan problemlerden olan iksa sistemleri için çözümler yapılmıştır. Aynı zemin profiline sahip modeller üzerinde yapılan analizler sonucunda ankraj sayısının artmasının fore kazıkta meydana gelen yer değiştirmeler üzerinde olumlu yönde etki ettiği gözlemlenmiştir. Helvacıoğlu (2015) zemin ankrajlarının taşıma gücü ve imal yöntemlerinin taşıma gücüne etkisi isimli yüksek lisans tez çalışmasının yapmıştır. Bu tez çalışmasında, çalışma prensibi olarak, aktif ve pasif olmak üzere iki ana gruba

ayrılabilen ankrajların taşıma gücü bu tezin kapsamında esas alınmıştır. Bu tezin hazırlanması esnasında yapılan çalışmaların amacında, değişik karakterlerdeki zeminlerde imalatı yapılan ankrajların imalat yöntemi ve tekniklerinin taşıma gücüne yansıtacağı etkisi yatmaktadır. Mekanik özellikleri (kayma direnci, deformasyon modülü vb.) yönünden zayıf veya yüksek plastisiteye sahip zeminlerde yapılacak olan ankraj imalatlarında doğru tasarım yapılması için arazide deneylerin önemi anlaşılmıştır. Aksoy (2015) ankrajlı iksa sistemlerinde öngerme kuvvetinin kazı davranışı üzerindeki etkisi isimli yüksek lisans tez çalışmasını yapmıştır. Aksoy bu çalışma da Gözönüne alınan sayısal modelde, duraylılık analizleri de gerçekleştirilerek ankraj kuvvetlerinin destekli kazının duraylılığı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Plaxis sonlu elemanlar yöntemi ile modellenen sistemde duvar arkasında oluşan yatay (u_x) ve düşey yer değiştirmelerin (u_y) belirlenmiş ve kazı derinliği (H), ankraj kök uzunluğu, çevre sürtünmesi uç direnci (T_{max}), güvenlik katsayısı (M_{sf}), aktif toprak basınçlarının (P_a) birbirleri ile ilişkileri grafiklerle değerlendirilmiştir. Bu tez kapsamında öngerme kuvvetinin artmasının perde yatay yer değiştirmeleri üzerindeki etkisinin oldukça önemli olduğu ve analizleri yapılan modeller karşılaştırıldığında öngerme kuvveti arttıkça yer değiştirmelerin azaldığı anlaşılmaktadır. Gandomi ve Kashani (2018) istinat duvarları üzerine optimizasyon çalışması yapmış ve sismik yükler altında incelemiştir. Gandomi ve Kashani (2018) geliştirdikleri algoritmik yöntemle tutarlı sonuçlar elde ettikleri çalışmada verilmektedir. Xu ve Hatemi (2019) betonarme istinat duvarlarının kayma dengesi ve yanal yer değiştirme analizleri üzerine çalışma yapmıştır. Saha gözlemleri göstermiştir betonarme toprak istinat duvarları, geleneksel ağırlık istinat duvarlarına kıyasla genellikle üstün sismik performans gösterdiği bu çalışmada vurgulanmıştır. Xu ve Hatemi (2019)'da yaptıkları çalışmada donatı yerleştirilmesinin ve duvarın kayma stabilitesi ile yer değiştirmesinin tasarımlarda hesaba katılmadığını vurgulamıştır. Önerdikleri yöntem ile laboratuvar modeli testlerinin sonuçlarına karşı kıyaslanır ve yer ivmesi katsayıları gibi faktörlerin etkisi ile duvarın sağlamlığı üzerinde donatı ve dolgu özellikleri incelenir. Gaudio vd. (2018) istinat duvarları tasarlamak için performans dayalı bir yaklaşım üzerine çalışma yapmışlardır. Pseudo statik yöntem kullanılarak deprem kaynaklı yerdeğiştirmeler üzerine yapılan çalışmada jeosentetik malzemeler ile güçlendirilmiş istinat duvarları performansı incelenmiştir. Jeosentetik betonarme istinat duvarlarının ciddi deprem yükleri altında bile iyi performans gösterdiği bu çalışmada ifade edilmektedir. Liu vd (2018) betonarme yapıların deprem performansı ve deprem yoğunluğu arasında ki ilişki yakın fay durumu dikkate alınarak incelemiştir. Güçlü deprem hareketlerine maruz kalan istinat yapılarında elasto plastik deformasyonlarında dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Krabbenhoft (2018) istinat duvarlarını statik ve sismik açıdan incelemiştir. Bu çalışmada sismik

toprak basıncı sorunu, yatay dolgulu istinat duvar için dikkate alınmıştır. Sonuç olarak yeni toprak basıncı katsayıları, çeşitli gömülü tutma yapılarının tasarımına uygulanmasının uygun olduğu vurgulanmıştır. Carrubba ve Colonna (2000) istinat duvarları için sayısal yöntemlerin karşılaştırılması üzerine odaklanmışlardır. Analiz sonuçları, uygun bir geoteknik veri seçimi yapıldığında, basitleştirilmiş ve analitik yaklaşımlar duvar maksimum eğilme momenti ve bağlantı yükü için karşılaştırılabilir değerler verir.





BÖLÜM 2

YANAL TOPRAK BASINÇ HESAPLARI

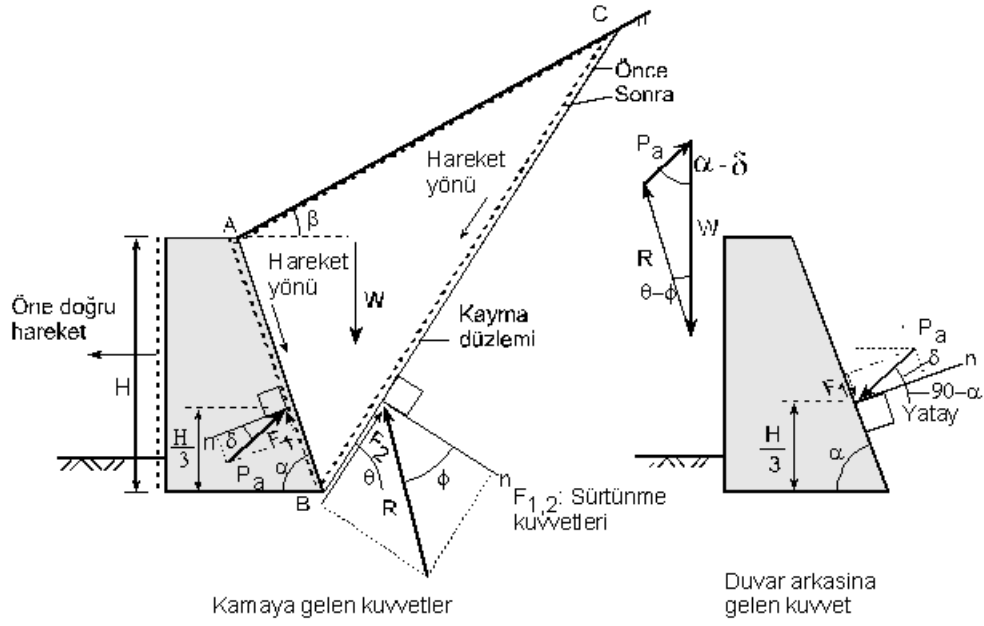
2.1 GENEL BİLGİLER

Zemini ayıran ve farklı yüzeylerde denge de tutan iksa yapılarına toprak yanal olarak bir basınç etkisinde bulunmaktadır. İksa yapılarının statik ve dinamik hesapları için bu yanal toprak basınçlarının belirlenmesi gerekmektedir. Yanal toprak basınçlarının hesaplanması da temel iki teori vardır. Bunlar Coulomb Kama Teorisi (1776) ve Rankine Teorisidir (1857).

2.2 COULOMB (KAMA) TEORİSİ

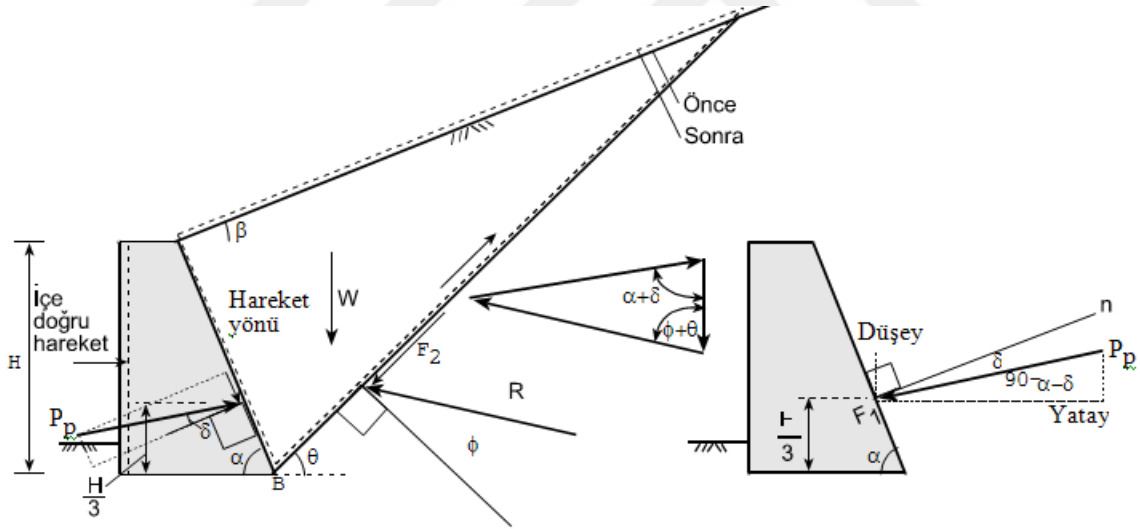
Kendi ismini vermiş olduğu bu teoride Coulomb, duvar öne veya arkaya doğru hareket ederken duvar arkasında oluşan ve kayan zemini dikkate alarak bu teoriyi benimsemiştir. Kohezyonsuz zeminlerde, duvar arkasında kayan kitlenin şekli üçgen biçimlidir ve bu kitle kayma düzlemi üzerinde kayar. Bu teorinin en önemli kabullerinden biri, zemin ile duvar arkası arasında sürtünme olduğudur. Gerçekte, duvar arka yüzü pürüzlü olup, zeminle duvar arasında sürtünme vardır.

Zeminde oluşan bir ABC kaması (Şekil 2.1) düşünölsün. Kamaya sırasıyla şü kuvvetler etki etmektedir. ABC kamasının kendi ağırlığı W , BC kayma düzlemi boyunca etkiyen R bileşke kuvveti ve AB düzlemi boyunca etkiyen P_a aktif bileşke kuvvetidir. P_a ve R kuvvetleri, sürtünmelerden dolayı yüzey normaleri ile hareket yönünün tersi tarafta sırasıyla δ ve Φ açıları yapmaktadırlar (Şekil 2.1). BC kayma düzleminde, zeminin zeminle sürtünme açısı Φ' dir.



Şekil 2.1 Kohezyonsuz zeminde aktif durum (Çevik 2017).

Kohezyonsuz bir zeminde, pasif durumda ise duvar arkaya doğru giderken, kama aşağıya doğru hareket eder (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Kohezyonsuz Zeminde pasif durum (Çevik 2017).

2.3 RANKİNE TEORİSİ

İlk zamanlar sadece kohezyonsuz zeminler için önerilen Rankine Teorisi, daha sonraları kohezyonlu zemin ve diğer durumlar için daha kapsamlı olacak hale getirilmiştir. Rankine Teorisi, zemin ortamının plastik denge durumuna ulaştığı andaki gerilmeler baz alınır. Zemin

ortamının her noktasında kırılma varsa eğer bu duruma “plastik denge durumu” denir. Zeminin sükunetteki durumuna “elastik denge durumu” denir (Uzuner 2007).

a) Sükunet durumu: Zemin ortamında herhangi bir deformasyonun olmadığı duruma “sükunet durumu” denir.

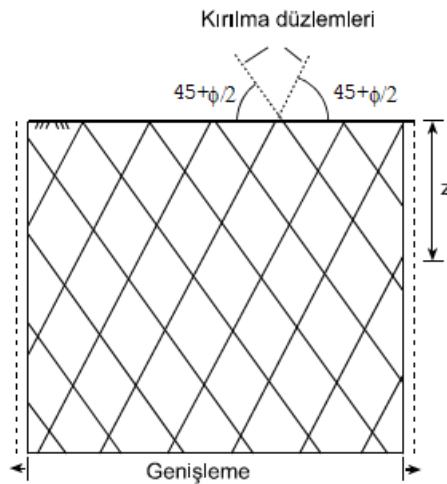
$$\sigma_o = K_o * \sigma_d \quad (2.1)$$

σ_o : Sükunet durumunda yanal toprak basıncı

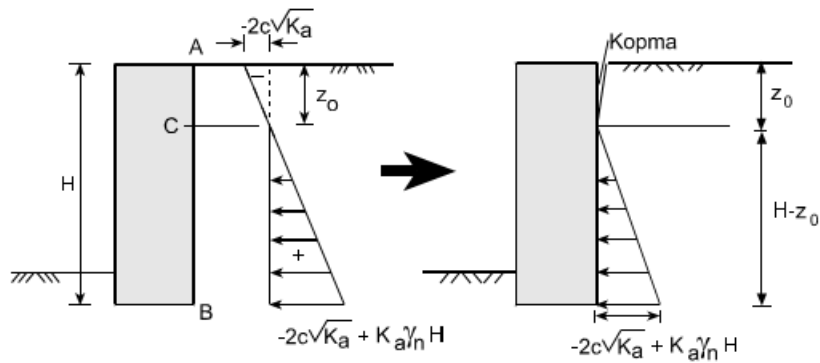
σ_d : Düşey toprak basıncı

K_o :Sükunetteki toprak basıncı katsayısı

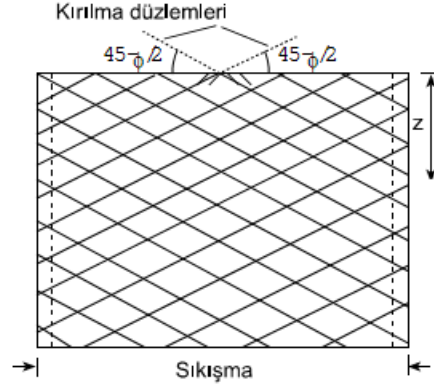
b) Plastik denge durumu: Plastik denge durumu elde edebilmek için yarı sonsuz zemin ortamında, zemin ortamının yanal deformasyona (sıkışma ve genişleme) tabi tutulması gerekir (Uzuner 2007).



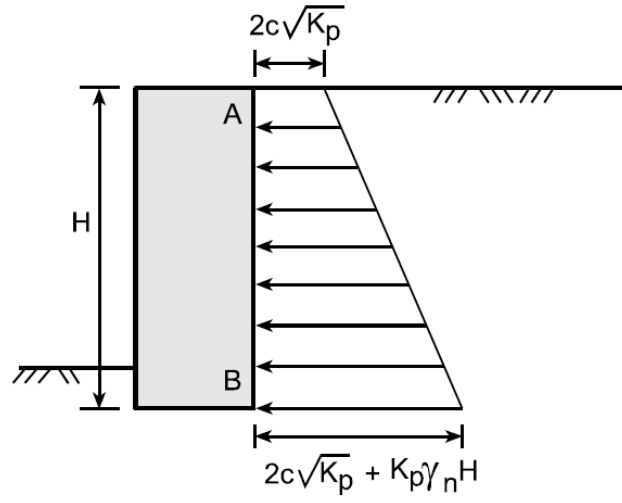
Şekil 2.3 Aktif Rankine durumu (Uzuner 2007).



Şekil 2.4 Genel bir zeminde ($c \neq 0$, $\Phi \neq 0$) aktif yanal toprak basınçlarının dağılımı (Uzuner 2007).

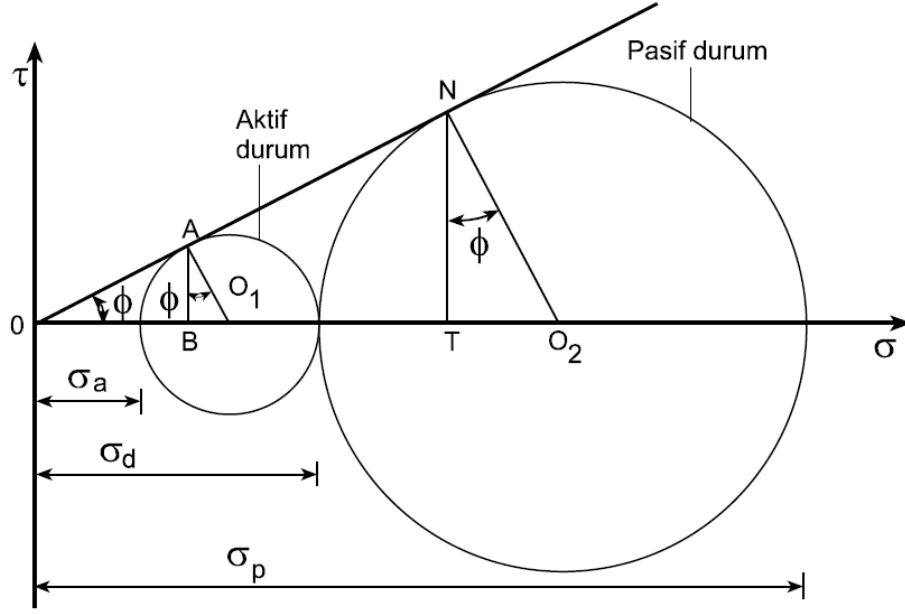


Şekil 2.5 Pasif Rankine durumu (Uzuner 2007).



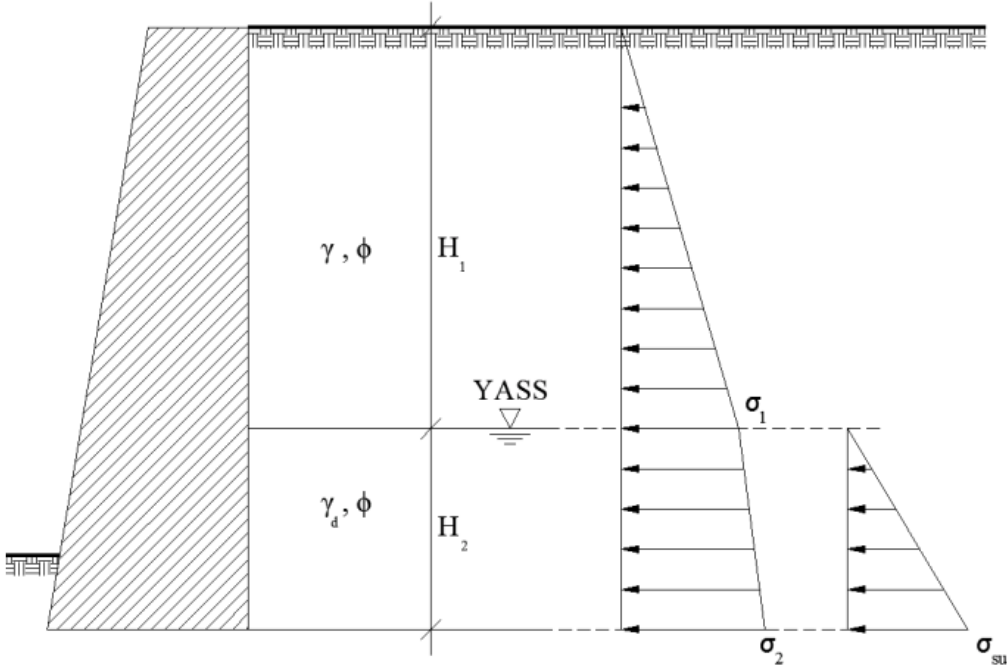
Şekil 2.6 Genel bir zeminde ($c \neq 0$, $\Phi \neq 0$) pasif yanal toprak basınçlarının dağılımı (Uzuner 2007).

Aktif ve pasif toprak basıncı katsayılarının bağıntıları kolayca türetilebilir. Kohezyonsuz bir zemin için aktif durumda (Şekil 2.7);



Şekil 2.7 Kohezyonsuz zeminde aktif ve pasif durum (Uzuner 2007).

Zeminde su bulunması durumunda yanal toprak basınç dağılımı aşağıda ki gibi olur.



Şekil 2.8 Zeminde su bulunması durumu.

Duvar çevresinde var olan yapı yükleri, geçici/kalıcı yükler, trafik yükleri vb. sürşarj yükü olarak tanımlanabilmektedir. İksa yapısı tasarımında sürşarj yükünden oluşan yanal toprak

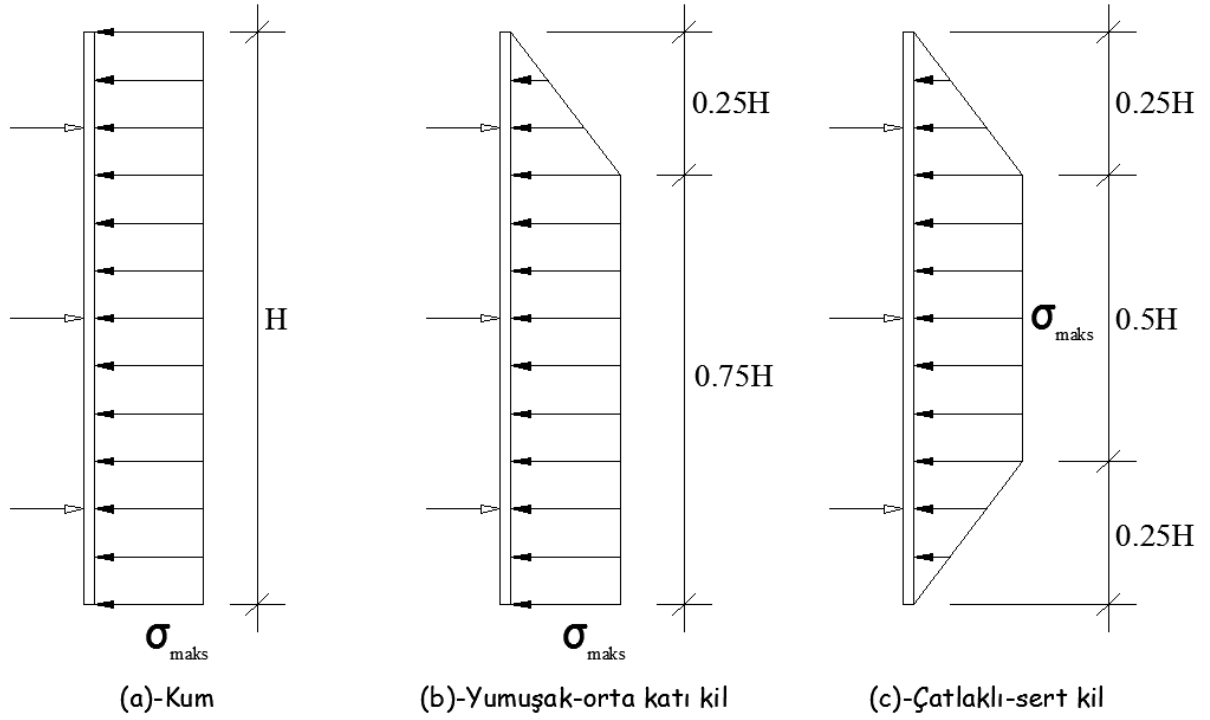
basıncı hesaplanarak sisteme etkilimelidir. Sürşarj yükleri; noktasal (kN), çizgisel (kN/m) veya alana yayılı (kN/m²) olabilmektedir (Çevik 2017).

2.4 İKSA YAPILARINDA YANAL TOPRAK BASINÇ HESABI

Dayanma yapılarının rijitlikleri derin kazı iksa sistemlerinin daha fazladır. Ayrıca destekleme sistemlerinde, bölgesel toprak basıncı birikmeleri sonucu destekleme sisteminin elemanlarında çok büyük yükler oluşmakta ve bundan dolayı sistemin toptan çökmesine neden olabilecek bir ardışık göçme mekanizması oluşabilmektedir. Bu yüzden yapılacak tasarım, desteklere gelebilecek ortalama yüke göre değil, oluşabilecek maksimum yatay yüklere göre yapılmalıdır. Coulomb ve Rankine tarafından geliştirilen toprak basıncı teorileri çok sıra destekli veya ankrajlı destekleme sistemlerine uygulanamazlar. Bunun sebebi ise oluşabilecek farklı yerdeğiştirmeler ve yukarıda bahsedilen göçme mekanizmasının diğerlerinden farklı olarak ortaya çıkmasıdır. Araştırmacıların yaptığı araştırmalar sonucu, ortaya zemin tiplerine göre çeşitli toprak basıncı dağılımı önerileri çıkmıştır. Aşağıda bu öneriler verilmektedir.

2.4.1 Terzaghi – Peck toprak basıncı dağılımı önerisi

Terzaghi ve Peck tarafından önerilen toprak basıncı dağılımı dikdörtgen ve trapezoidal şeklindedir. Bu dağılımlar; (a) Kum, (b) Yumuşak – orta katı kil ve (c) Çatlaklı – sert kil zeminler için Şekil 2.9 da gösterilmektedir. Ayrıca bu çalışmada Terzhagi-Peck tarafından önerilen yanall toprak basıncı formülleri kullanılmış olup elde edilen basınç değerleri aşağıda verilmektedir.



Şekil 2.9 Terzaghi– Peck tarafından önerilen toprak basıncı dağılımları (Çevik 2017).

a. Kum zemin için maksimum yanal toprak basıncı bağıntı (2) yardımıyla;

$$\sigma_{maks} = 0,65 \cdot \gamma_n \cdot H \cdot K_a \quad (2.2)$$

$$\sigma_{maks} = 0,65 \cdot 0,333 \cdot 18 \cdot 8 = 31,17 \text{ kN/m}^2$$

Bir kazığa gelen yük 0,65 metre aralıklarla kazık yerleştirildiği için,
 $\sigma_{maks} = 0,65 \cdot 31,17 = 20,26 \text{ kN/m}^2$ kuru zemin için yanal toprak basıncı.

$$\sigma_{maks} = 0,65 \cdot 0,333 \cdot 20 \cdot 8 = 34,63 \text{ kN/m}^2 \text{ doygun zemin için,}$$

$\sigma_{maks} = 0,65 \cdot 34,63 = 22,51 \text{ kN/m}^2$ doygun zemin için bir kazığa gelen yanal toprak basıncı.

b. Yumuşak – orta sert kil zemin için maksimum yanal toprak basıncı bağıntı (2.3) yardımıyla;

$$\sigma_{maks} = (\gamma_n \cdot H) - 4 \cdot c \quad (2.3)$$

$$\sigma_{maks} = 18 \cdot 8 - 4 \cdot 10 = 104 \text{ kN/m}^2$$

Bir kazığa gelen yük 0,65 metre aralıklarla kazık yerleştirildiği için,

$$\sigma_{maks} = 0,65 * 104 = 67,6 \text{ kN/m}^2 \text{ kuru zemin için yanal toprak basıncı.}$$

$$\sigma_{maks} = 20 * 8 - 4 * 10 = 120 \text{ kN/m}^2 \text{ doygun zemin için,}$$

$$\sigma_{maks} = 0,65 * 120 = 78 \text{ kN/m}^2 \text{ doygun zemin için bir kazığa gelen yanal toprak basıncı.}$$

c. Çatlaklı – sert kil zemin için maksimum yanal toprak basıncı bağıntı (2.4) yardımıyla;

$$\sigma_{maks} = (0.2\sim 0.4)\gamma_n H \quad (2.4)$$

$$\sigma_{maks} = 0.3 * 18 * 8 = 43,2 \text{ kN/m}^2$$

Bir kazığa gelen yük 0,65 metre aralıklarla kazık yerleştirildiği için,

$$\sigma_{maks} = 0,65 * 43,2 = 28,08 \text{ kN/m}^2 \text{ kuru zemin için yanal toprak basıncı.}$$

$$\sigma_{maks} = 0.3 * 20 * 8 = 48 \text{ kN/m}^2 \text{ doygun zemin için,}$$

$$\sigma_{maks} = 0,65 * 48 = 31,2 \text{ kN/m}^2 \text{ doygun zemin için bir kazığa gelen yanal toprak basıncı.}$$

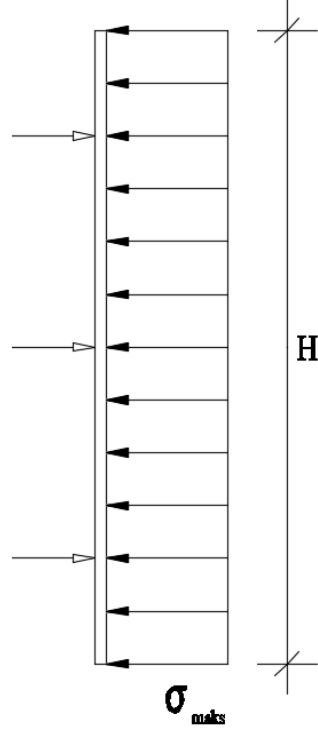
Yanal sürşarj basıncı bütün zeminlerde sabit alınmış olup

$\sigma_{maks} = q * Ka = 40 * 0,333 = 13,32 \text{ kN/m}^2$ bu değer 1 metre içindir. Kazıklar arası mesafe 0,65 metre olduğu için bir kazığa gelen sürşarj basıncı $\sigma_{maks} = 0,65 * 13,32 = 8,66 \text{ kN/m}^2$ olarak bu çalışmada kullanılmıştır.

2.4.2 Klenner önerisi

Klenner dağılımı iksa yapıları için önerilen önemli toprak basıncı dağılımlarından bir diğeridir.

Şekil 2.10'da kohezyonsuz zeminler için toprak basıncı dağılımı görülmektedir.



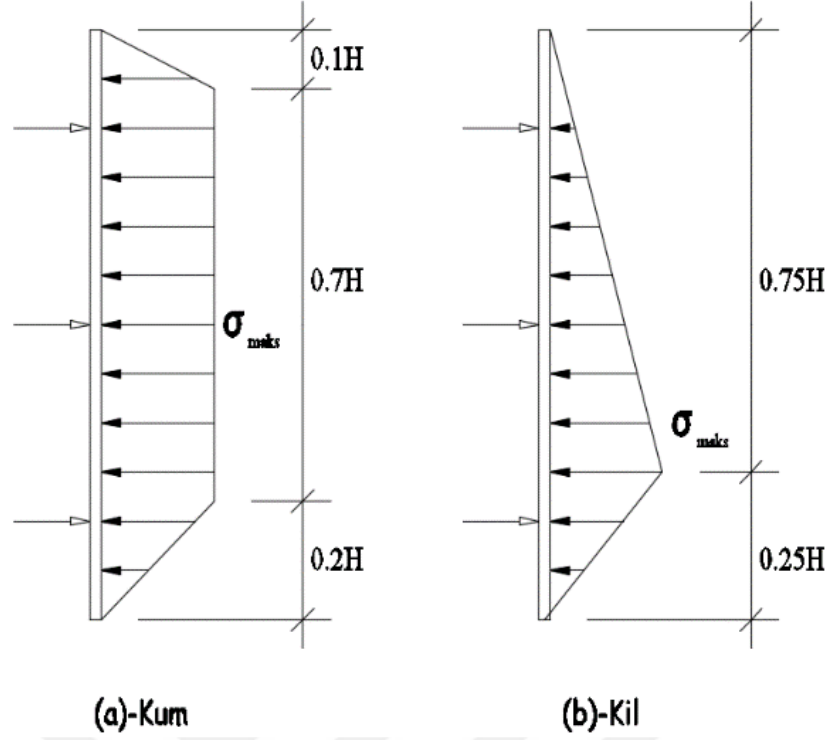
Şekil 2.10 Klenner tarafından önerilen toprak basıncı çizgisel yük dağılımı

Maksimum yanal toprak basıncı değeri, bağıntı (5) yardımıyla kohezyonsuz zeminler için hesaplanabilmektedir.

$$\sigma_{maks} = 0.50\gamma_n H K_a \quad (2.5)$$

2.4.3 Tschebotarioff tarafından önerilen toprak basıncı dağılımı

Terzaghi–Peck tarafından önerilen yamuk toprak basıncı dağılımının, kazının belli bir yüksekliği boyunca doğru olduğunu söyleyen Tschebotarioff bu yüksekliğin üstünde diyagramın maliyet açısından çok ekonomik olmadığını, altında ise emniyetli olmayan sonuçlar verdiğini iddia etmiştir. Şekil 2.11’de farklı zemin tiplerine göre toprak basınçları verilmektedir.



Şekil 2.11 Tschebotarioff tarafından önerilen toprak basıncı dağılımları (Çevik 2017).

a. Maksimum yanal toprak basıncı bağıntı (2.6) veya (2.7) ile kum zemin için hesaplanır;

$$\sigma_{maks} = 0.25\gamma_n H \quad (2.6)$$

ve

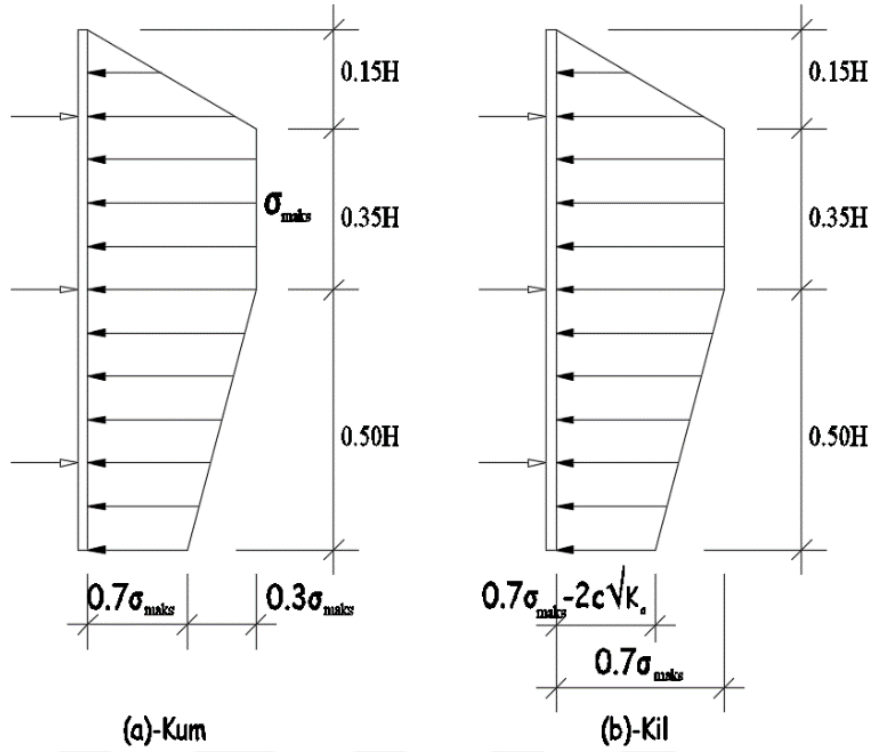
$$\sigma_{maks} = 0.80K_a \gamma_n H \cos \delta \quad (2.7)$$

b. Maksimum yanal toprak basıncı bağıntı (8) ile kil zemin için hesaplanır;

$$\sigma_{maks} = 0.375\gamma_n H \quad (2.8)$$

2.4.4 Lehmann tarafından önerilen toprak basıncı dağılımı

Lehmann dağılımı destekli iksa yapıları için önerilen önemli toprak basıncı dağılımlarından bir diğeridir. Kohezyonsuz zeminler için toprak basıncı dağılımı Şekil 2.12’de verilmektedir.



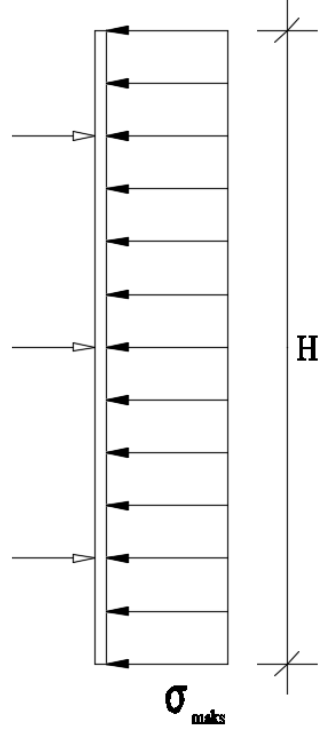
Şekil 2.12 Lehmann'ın önerdiği toprak basıncı dağılımı.

Maksimum yanıl toprak basıncı bağıntı (2.9) ile kohezyonsuz zeminler için hesaplanabilmektedir.

$$\sigma_{maks} = 0.60\gamma_n H K_a \quad (2.9)$$

2.4.5 İsviçre SIA-191 şartnamesi toprak basıncı dağılımı önerisi

Destekli iksa yapıları için önerilen önemli toprak basıncı dağılımlarından bir diğeri de İsviçre SIA-191 şartnamesinde tanımlanan dağılımdır. Şekil 2.13'de kohezyonsuz zeminler için toprak basıncı dağılımı verilmektedir. Maksimum yanıl toprak basıncı bağıntı (2.10) ile kohezyonsuz zeminler için hesaplanabilmektedir.



Şekil 2.13 İsviçre SIA-191 nolu şartnamesi ile önerilen toprak basıncı dağılımı.

$$\sigma_{maks} = 1.30 (0.50\gamma_n H K_a + q K_a) \quad (2.10)$$

BÖLÜM 3

ZEMİN ANKRAJLARI

3.1 GENEL BİLGİLER

Zeminde yapılan kazı çalışmalarından dolayı, kazı bölgesinde gerilme azalması meydana gelecektir. Kazıların sebep olduğu yatay gerilme azalması, zeminin stabilitesini bozacak kadar büyükse, bu durumda meydana gelen gerilme azalması iksa sistemi tarafından karşılanır. Zemin için kullanılacak iksa sisteminin seçiminde aşağıda belirtilen durumlar dikkate alınmalıdır:

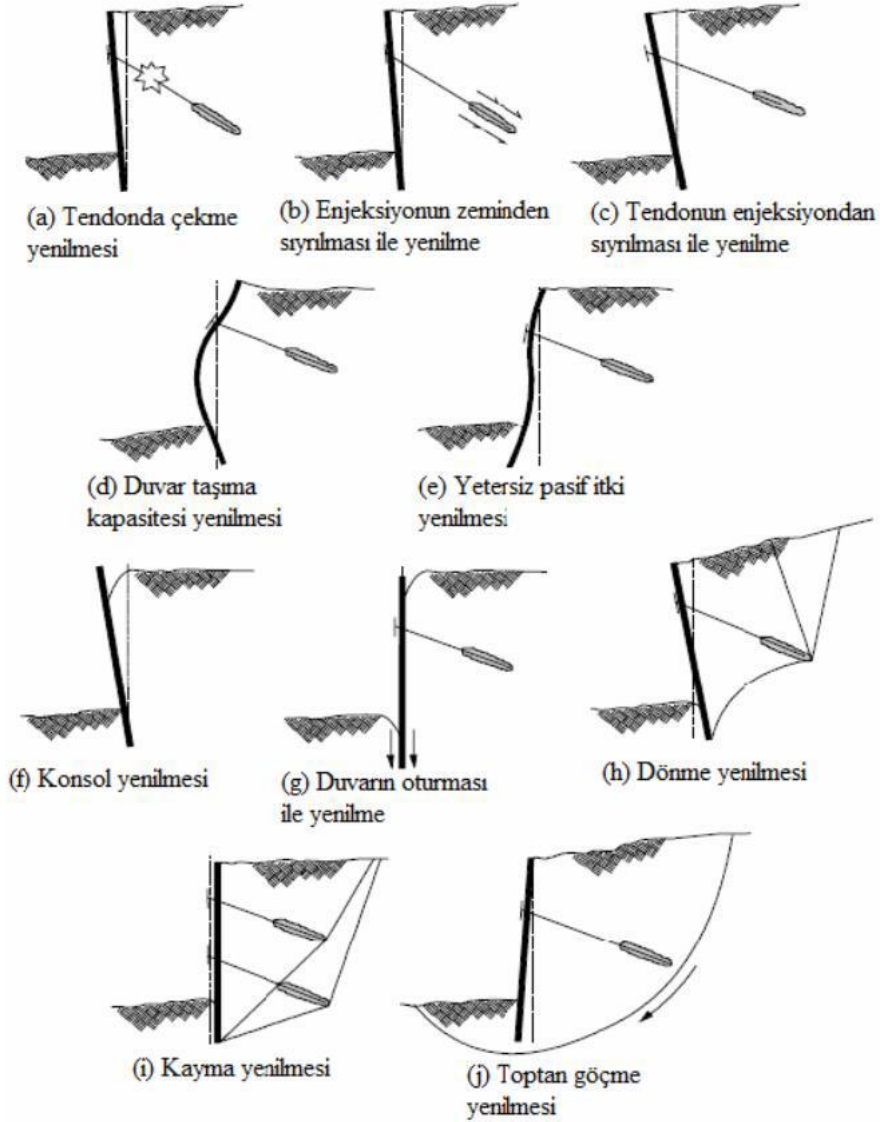
- Zemin tipi ve özellikleri
- Kazının yapılacağı süre
- Yakınında bulunan yapıların taşıyıcı sistemleri, temel sistemleri

Bir kazının derin kazı olarak kabul edilebilmesi için kazı derinliğinin 6 m'den büyük olması gerekmektedir (Terzaghi ve Peck 1967).

3.2 ZEMİN ANKRAJLARI

Ankrajlar, zeminde yapılacak kazılar sonucu meydana gelen yükleri kaya veya zemin ortama aktararak ve perde yatay hareketini mümkün olduğunca önleme amacıyla kullanılırlar. Zemin ankrajına uygulanan öngerme yükünü kayma yüzeyi dışında bulunan taşıyıcı zemine aktararak çalışmaktadır (FHWA-IF-99-015 1999). Zemin ankrajı; ankraj kafa kısmı, ankraj serbest boy kısmı ve ankraj kökü olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Ankraj kafası öngerme kuvvetinin yüzeye yayılarak iletilmesini sağlar. Öngermenin uygulandığı ve gerilen ankrajın kilitlemesinin yapıldığı kısımdır. Ankraj serbest boy kısmı, tendonun harçsız bölümüne verilen isimdir. Bu kısım ankraj öngerme kuvvetini ankraj kök bölgesine aktarmaktadır. Ankraj kökü germe kuvvetini zemine aktaran kısımdır. Enjekte edilen harcın ankraj deliği içerisine yüksek basınçla uygulanması ile bu bölge oluşturulur. Ankraj kök boyu uzunluğu zemin

ankrajlarında 3-12 metre arasında değişirken kaya ankrajlarında bu boy uzunluğu 3-10 metre arasında değişmektedir (Çevik 2017). Ankrajlar kullanım sürelerine göre sınıflandırıldığında geçici ve kalıcı olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Geçici ankrajlar 2 yıl servis ömrüne göre hesaplanırken kalıcı ankrajlar 75 ile 100 yıl arasında servis ömrüne göre hesap yapılmaktadır. Çok sıra ankrajlı iksa sistemlerinde oluşabilecek yenilme durumları Şekil 3.1’ de verilmektedir (FHWA-IF-99-015 1999).



Şekil 3.1 Çok sıra ankrajlı iksa sistemlerinde yenilme şekilleri (FHWA-IF-99-015 1999).

Zemin ankrajı; zemin veya kayada destek olarak, arkasındaki zemin kitlesini ve uygulanan dış yükleri tutan yapısal bir eleman olarak tanımlanabilmektedir. Ankraj taşıma gücü hesabının doğru tahmin edilmesi, sistemin emniyeti açısından önem arz etmektedir. Zemin ankrajının taşıma gücü hesabının yapılabilmesi için enjeksiyon-zemin ara kesitindeki etkileşiminin

bilinmesi gereklidir. Maksimum ankraj taşıma gücü, ankrajın zeminden sıyrılacağı yük olarak kabul edilir. Taşıma gücü hesabının yapılabilmesi için enjeksiyon-zemin ara kesitindeki etkileşiminin bilinmesi gerekmektedir. Maksimum ankraj taşıma gücü, ankrajın zeminden sıyrıldığı yük olarak kabul edilir. Ankraj taşıma gücüne etki eden en önemli faktörler şu şekilde verilebilir:

- Ankraj kök bölgesi çevresindeki zemin-kayanın geoteknik özellikleri
- Ankraj kökü üzerine gelen jeolojik yük miktarı
- Ankraj kökünün çapı, boyu ve imal edilme şekli
- Enjeksiyon basıncı

Ankraj taşıma gücü ankraj kök bölgesinde, eşit dağılım kabulü yapılarak (3.1) bağıntısı ile ifade edilebilir.

$$P_{ult} = \pi * D * L_k * \tau \quad (3.1)$$

L_k ankraj kök bölgesi kısmının uzunluğunu; D ankraj kök bölgesini çapını, ve τ değeri ise enjeksiyon-zemin/kaya ara kesitindeki ortalama kayma gerilmesini ifade etmektedir. Granüler zeminlerde ankraj taşıma gücü (3.2) bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

$$P_{ult} = 1.5 * \pi * D * L_k * \sigma_v * \tan \phi \quad (3.2)$$

L_k ankraj kök bölgesi uzunluğunu; D ankraj kök bölgesini çapını; ϕ içsel sürtünme açısını ve σ_v değeri ankraj kök bölgesi orta kısmındaki düşey gerilmeyi ifade etmektedir. Ankraj taşıma gücü killi zeminlerde (3.3) bağıntısı ile hesaplanmaktadır (Xanthakos 1991).

$$P_{ult} = \pi * D * L_k * a * s_u \quad (3.3)$$

Bu denklem (3.3) takımında L_k ankraj kök bölgesi uzunluğunu, D ankraj kök çapını, a değeri adezyon faktörü (0.28- 0.45 arası) ve s_u kök bölgesindeki zeminin drenajsız kayma mukavemetini ifade etmektedir.

Çizelge 3.1 Kayaçlar için kök sıyrılma değerleri (NAVFAC, 1983)

Kayaç Tipi (Sağlam, bozulmamış)	Ankraj Kökünde Son Kayaç-Enjeksiyon Gerilmesi (kPa)
Granit ve Bazalt	1725-3100
Kireçtaşı	207-2760
Dolomitik Kireçtaşı	1380-2070
Yumuşak Kireçtaşı	1035-1520
Kayrak ve Sert Şeyl	830-1380
Yumuşak Şeyl	205-830
Kumtaşı	830-1035
Tebeşir	205-1035
Marn (sert, gevşek, fissürlü)	170-250

Projede oluşturulan sonlu elemanlar modellerinde ankrajlar sisteme yay tanımlanarak girildi. Mevcut durum dediğimiz durum da düşeyde iki ankraj var iken projesine uygun durumda modelde düşeyde üç ankraj yer almaktadır. Tanımlanan yay katsayıları ise denklem 3.4 de aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$k = \frac{E \cdot A}{l_k} \quad (3.4)$$

$$k = \frac{31000000 \cdot (0,14^2 \cdot \pi / 4)}{8} = 59650 \text{ kN/m}$$

k: Yay sabiti

E: Ankraj bölgesine enjekte edilen betonun elastisite modülü

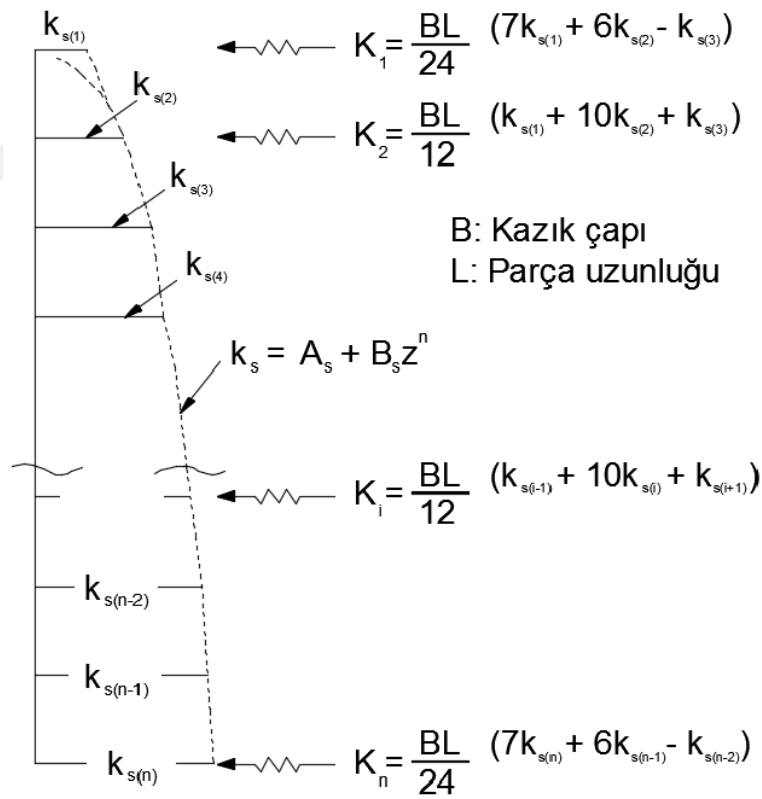
A: Ankraj kesit alanı

l_k : Ankraj kök bölgesi uzunluğu

Yatay Yatak Katsayısı Kavramı: Fore kazıkların soket diye isimlendirilen zemine gömülü olan kısmına etkiyen zemin kuvvetlerini ifade edebilmek için derinliğe bağlı olarak değişen yatay yatak katsayısı hesabı aşağıdaki Şekil 3.2'deki gibi yapılır. Sonlu eleman modellerinde tanımlanan yatay yatak katsayı değerleri de Çizelge 3.2'de verilmektedir.

Çizelge 3.2 Yatay Yatak Katsayıları.

No	Z (metre)	ks (i)	Ks (kN)
1	0	9810,8	1367
2	0,5	32334	4714
3	1	43950	6565
4	1,5	53353	7988
5	2	61556	9224
6	2,5	68969	4992



Şekil 3.2 Yatak katsayısının derinlikle değişimi.



BÖLÜM 4

HASARLI YAPI VE ANKRAJ SİSTEMLERİ SAYISAL MODELLERİ

Bu bölümde hasarlı binadaki çatlaklar şekil 4.1’de verilmektedir. Bu çatlakların bina sınırından 3,60m ile 10,80m arasında bir uzaklıkta ve yaklaşık olarak 2m ile 8-10m arasında değişen derinlikte bir kazı işlemi yapılarak oluşturulan istinat perdesinden kaynaklı olup olmadığı araştırılmaktadır. Bu durumu anlamak için imalat hataları olan iksa sistemini mevcut hatalı durumuna göre ve projesine uygun olarak yapılması durumunda ki haline göre modeller oluşturularak incelenmiştir. Daha sonra yapılan analizlerde özellikle yatay deplasman değerlerinin yönetmeliklerde izin verilen sınır değerlerine göre durum tespiti yapılmıştır. Böylece mevcut çatlaklara iksa sisteminde ki hataların sebep olup olmadığı konusunda daha doğru yorumlar yapmak mümkün olmaktadır. Oluşturulan modeller ve durumlar aşağıda sıralanmaktadır.

1. İki ankrajlı model- Terzaghi-Peck 2a yanal toprak ve sürşarj basıncı- kuru zemin için
2. İki ankrajlı model- Terzaghi-Peck 2b yanal toprak ve sürşarj basıncı- kuru zemin için
3. İki ankrajlı model- Terzaghi-Peck 2c yanal toprak ve sürşarj basıncı- kuru zemin için
4. Üç ankrajlı model- Terzaghi-Peck 2a yanal toprak ve sürşarj basıncı- kuru zemin için
5. Üç ankrajlı model- Terzaghi-Peck 2b yanal toprak ve sürşarj basıncı- kuru zemin için
6. Üç ankrajlı model- Terzaghi-Peck 2c yanal toprak ve sürşarj basıncı- kuru zemin için
7. İki ankrajlı model- Terzaghi-Peck 2a yanal toprak ve sürşarj basıncı- doygun zemin için
8. İki ankrajlı model- Terzaghi-Peck 2b yanal toprak ve sürşarj basıncı- doygun zemin için
9. İki ankrajlı model- Terzaghi-Peck 2c yanal toprak ve sürşarj basıncı- doygun zemin için
10. Üç ankrajlı model- Terzaghi-Peck 2a yanal toprak ve sürşarj basıncı- doygun zemin için
11. Üç ankrajlı model- Terzaghi-Peck 2b yanal toprak ve sürşarj basıncı- doygun zemin için
12. Üç ankrajlı model- Terzaghi-Peck 2c yanal toprak ve sürşarj basıncı- doygun zemin için
13. Üç boyutlu mevcut durum modeli kuru zemin için
14. Üç boyutlu projeye uygun model kuru zemin için
15. Üç boyutlu mevcut durum modeli doygun zemin için

16. Üç boyutlu projeye uygun model doygun zemin için



a)



b)



c)

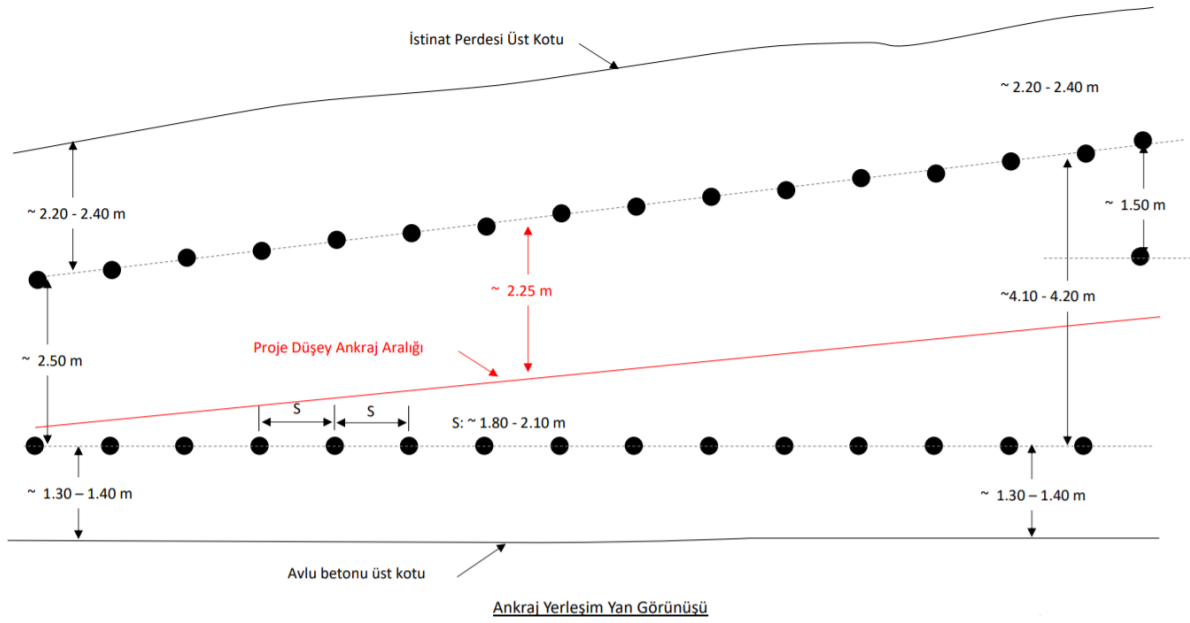
Şekil 4.1 İksa sisteminde ki imalat hatasından kaynaklandığı düşünülen çatlaklar.



a) Duvar yüksekliğinin kısa tarafından



b) Duvar yüksekliğinin uzun tarafından



c) İstinat duvarının mevcut durumunun ankrāj yerleşimi

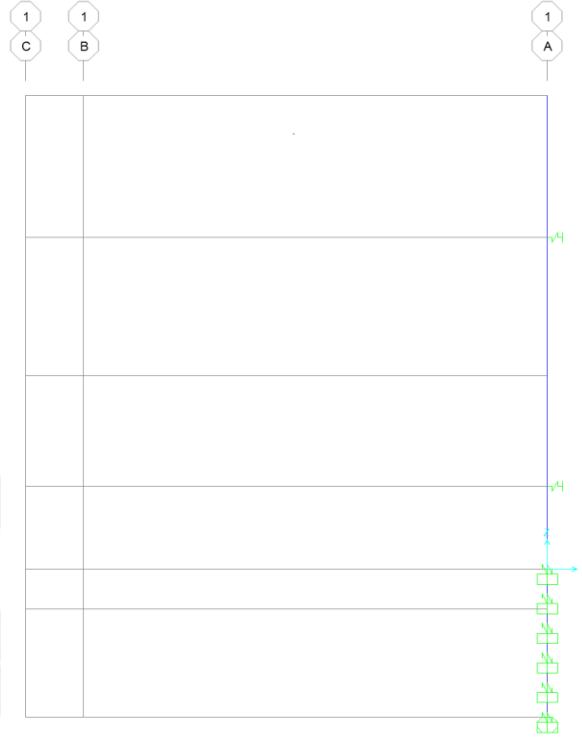
Şekil 4.2 Projesine uygun yapılmayan istinat duvarının mevcut durumu.

4.1. ANKRAJ SİSTEMİNİN İKİ BOYUTLU MODELLERİ

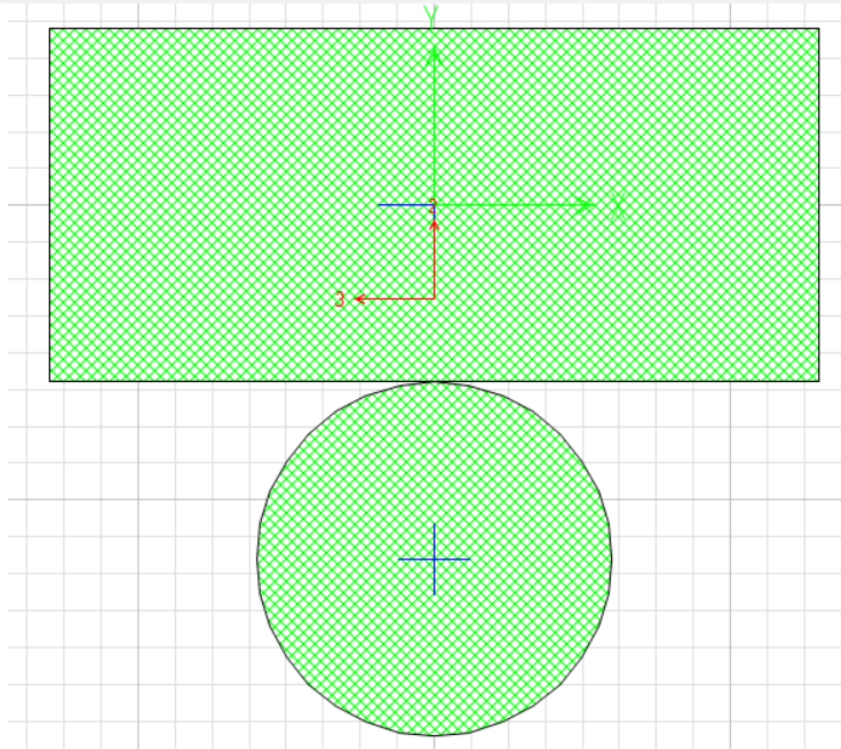
Bu tez çalışması kapsamında ankrājlı sistemler üzerine yapılan çalışmalar genel olarak iki kategoriye ayrılmıştır. Her bir kategori ise kendi içerisinde 6 farklı durumda incelenmiştir. Bu 6 farklı durumdan üçü yükleme tiplerinin zemin ortamının geoteknik özelliklerinin değişmesinden kaynaklanırken diğer üçü ise farklı zemin durumlarının suya doygun olması halini temsil etmektedir. Toplamda 12 farklı durum oluşmaktadır. Birinci kısım kazı derinliği yükseklik boyunca düşey ekseninde iki ankrāj kullanılması hali ikinci kısım da ise aynı kazı derinliği yükseklik boyunca düşeyde 3 ankrāj uygulanması durumu olarak iki ana sınıfta incelenmiştir.

Birinci durum kuru kum zemin için Şekil 9 a'da verilen Terzaghi – Peck tarafından önerilen maksimum yanal toprak basıncı bağıntı (2) yardımıyla hesaplanmıştır. Bu durumda düşey eksen de iki ankrāj kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında incelenen iksa yapısından dolayı hasar gördüğü düşünülen bina için iddia edilen iksa yapısında mevcut durumda düşeyde iki ankrāj yer almaktadır. Dolayısıyla düşey ekseninde kazı derinliği yükseklik boyunca iki ankrāj kullanılması mevcut iksa yapısını da temsil etmektedir. Şekil 4.3'de bu iksa yapısını temsilen oluşturulan model verilmektedir. Ankrāj yerlerine yaylar tanımlandığı Şekil 4.3-a)'da

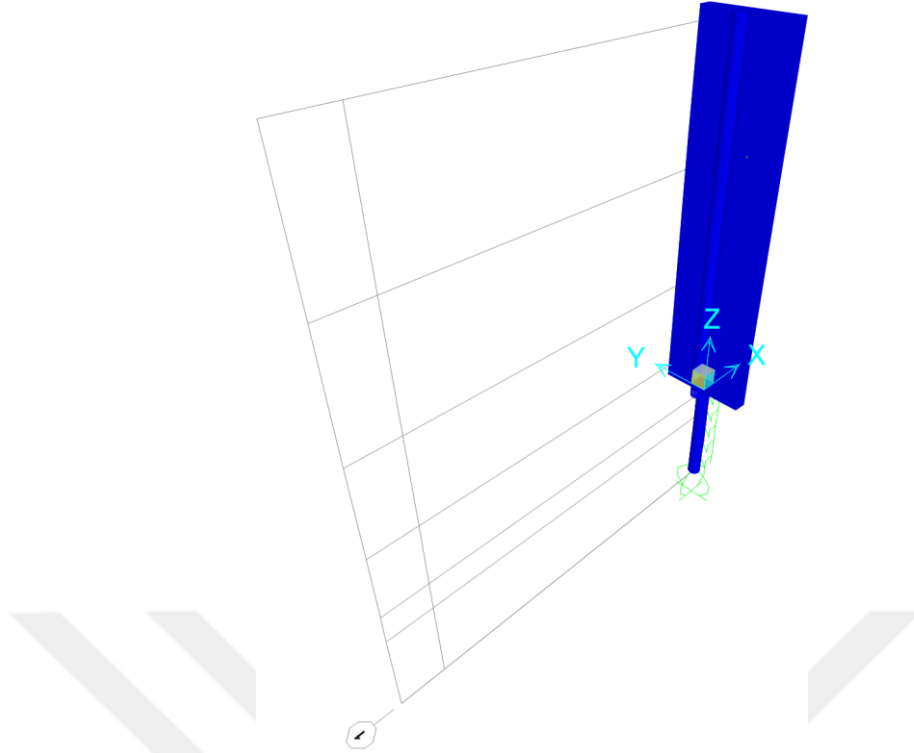
görülmektedir. Ayrıca iksa sisteminde kullanılan 30 cm çapındaki fore kazıkları ve 25 cm kalınlığındaki perde duvar en kesiti detayı da şekil 4.3-b)' de verilmektedir.



a) Ankraj yerine kullanılan yay modelleri



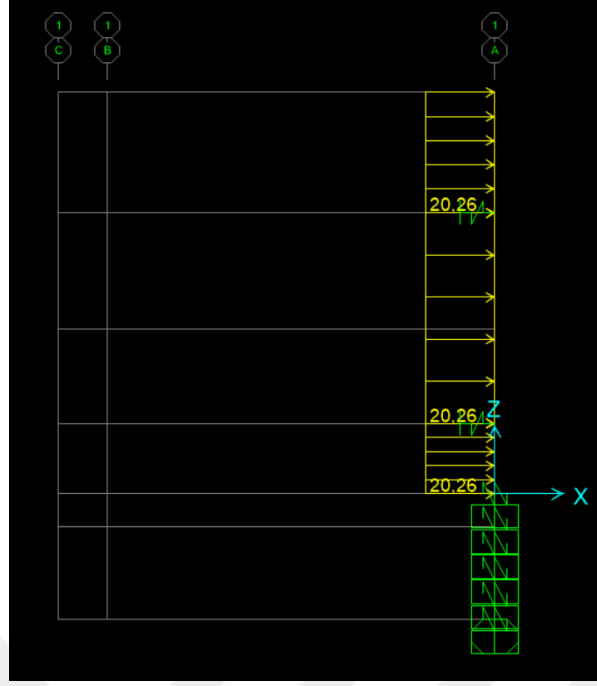
b) Modelde kullanılan fore kazık ve perde en kesiti



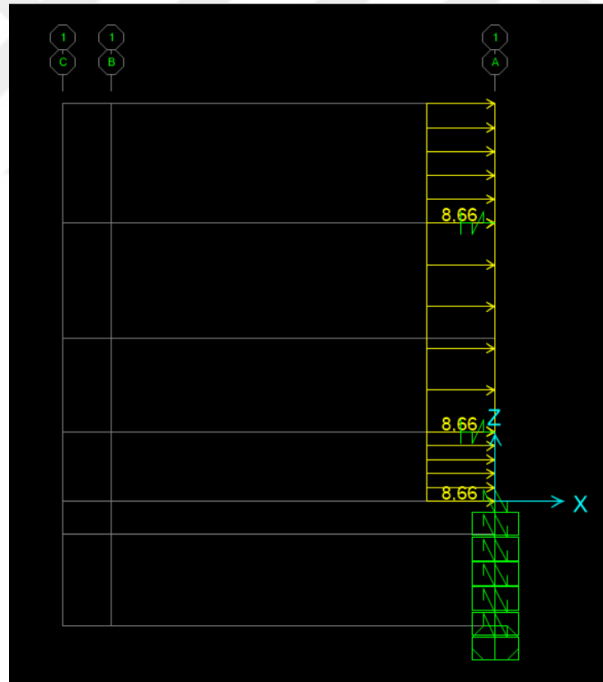
c) Fore kazık ve perde üç boyutlu görünüşü

Şekil 4.3 İki ankrajlı iksa yapısını temsilen oluşturulan model.

Durum Bir: Birinci durumda kullanılan yanıl toprak basıncı Şekil 4.4’de verilmektedir. İlk durumda zeminin kum olması dikkate alınarak Şekil 4.4’de kum zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanıl toprak basıncı verilmektedir. Maksimum yanıl toprak basıncı değeri 20,26 kN/m olarak görülmektedir. Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı aşağıda ki gibi hesaplanmış ve 8,66 KN/m olarak etki ettirilmiştir.

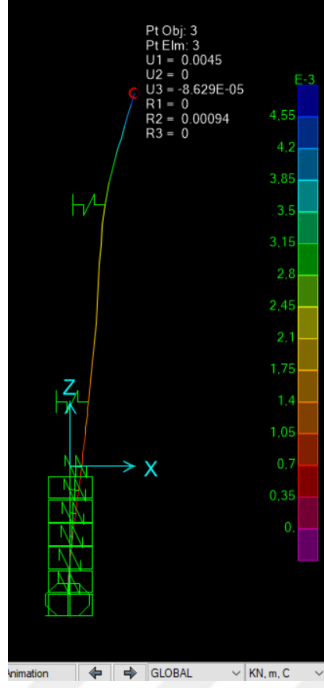


Şekil 4.4 Kum zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanal toprak basıncı.

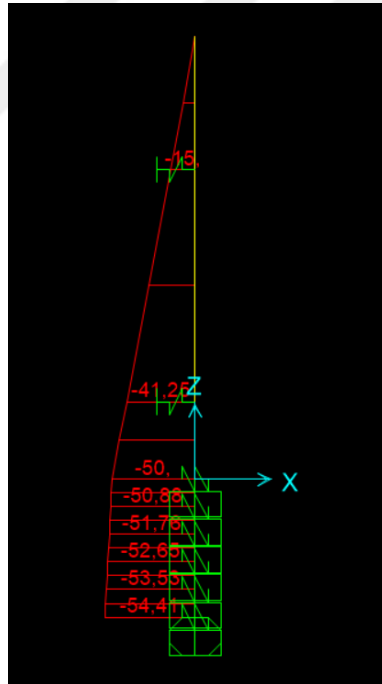


Şekil 4.5 Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı birinci durum için.

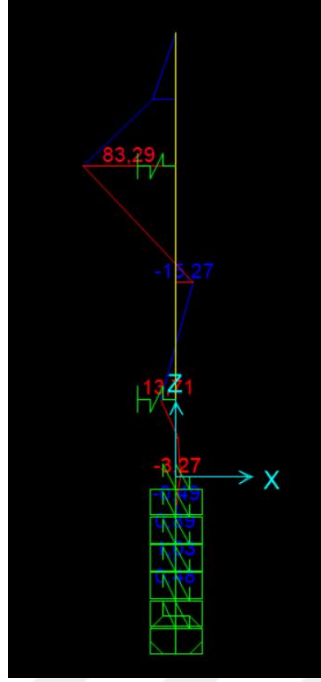
Birinci durum için yanal toprak basıncı ve sürşarj yükü altında yapılan statik analiz sonucunda elde edilen maksimum yatay deplasman iksa yapısının düşeyde en üst kısmında 4.5 mm olarak elde edilmiştir. Analiz sonucu Şekil 4.6'da verilmektedir.



Şekil 4.7 Maksimum yatay deplasman.

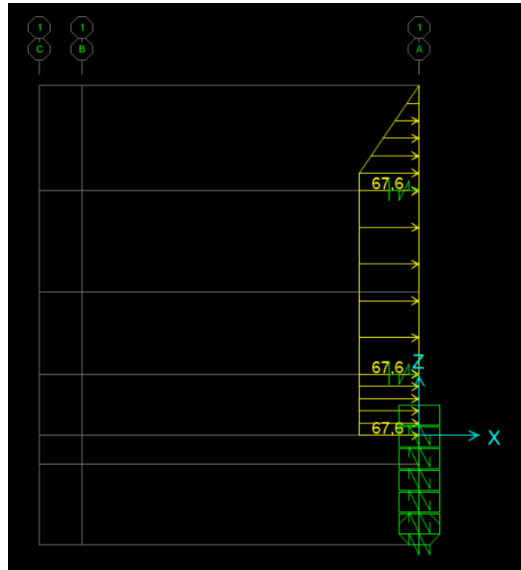


Şekil 4.8 Eksenel kuvvet diyagramı.

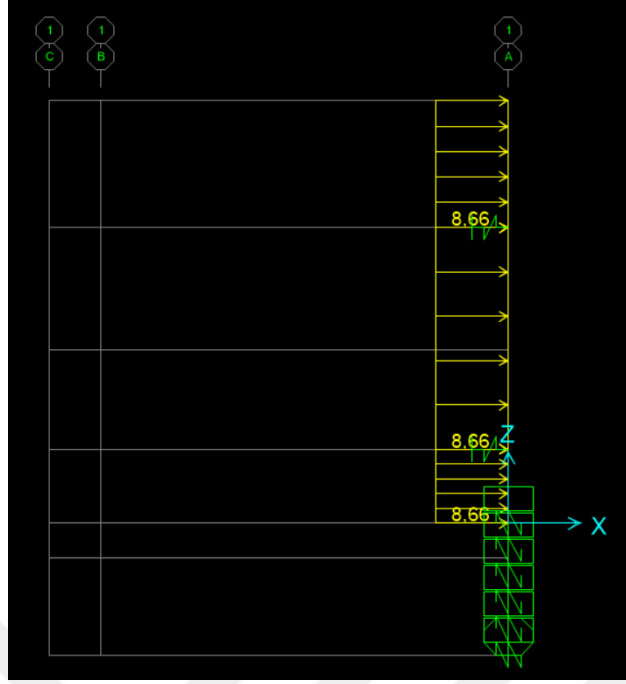


Şekil 4.9 Moment diyagramı.

Durum İki: İkinci durumda kullanılan yanal toprak basıncı Şekil 4.9’da verilmektedir. İkinci durumda zeminin yumuşak-orta katı kil olması dikkate alınarak Şekil 4.9’da killi zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanal toprak basıncı verilmektedir. Maksimum yanal toprak basınç değeri 67,6 kN/m olarak görülmektedir. Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı aşağıda ki gibi hesaplanmış ve 8,66 kN/m olarak etki ettirilmiştir.

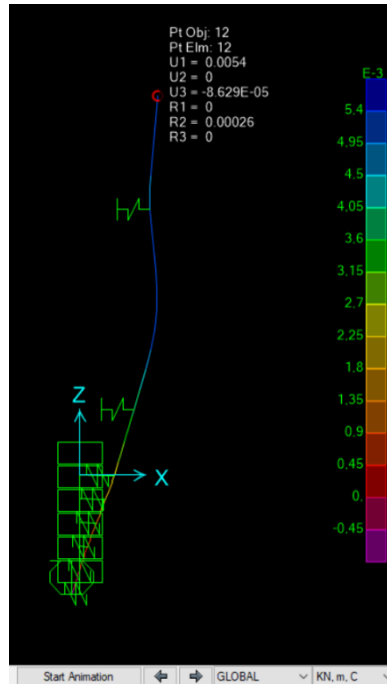


Şekil 4.10 Yumuşak-orta katı killi zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen toprak basıncı.

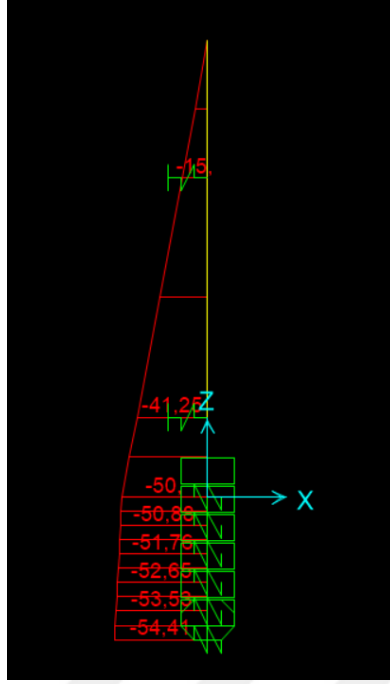


Şekil 4.11 Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı.

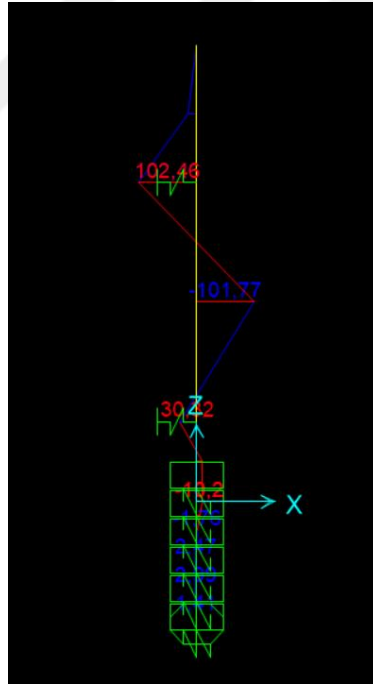
İkinci durum için yanal toprak basıncı ve sürşarj yükü altında yapılan statik analiz sonucunda elde edilen maksimum yatay deplasman iksa yapısının üst kısmında 5.4 cm olarak elde edilmiştir. İksa yapısının orta kısmında ise yatay deplasman değeri yaklaşık 5 cm olarak hesaplanmıştır. Analiz sonucu Şekil 4.12’de verilmektedir.



Şekil 4.12. Yatay deplasman diyagramı.



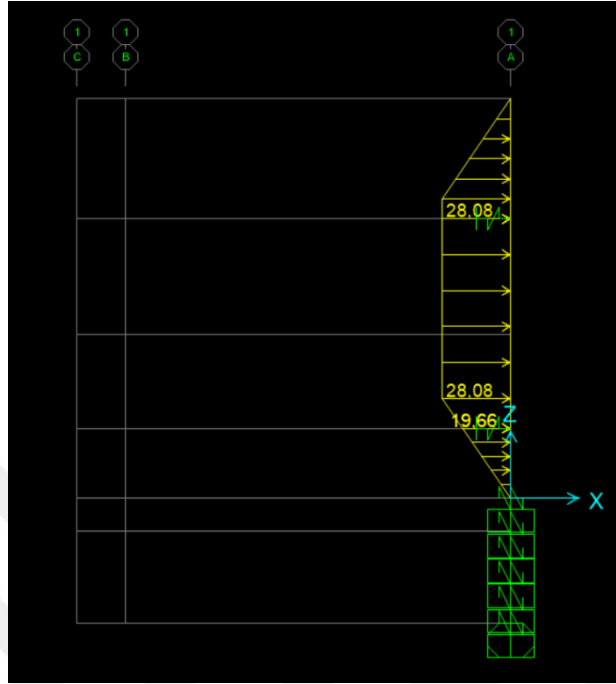
Şekil 4.13 Aksenal kuvvet diyagramı.



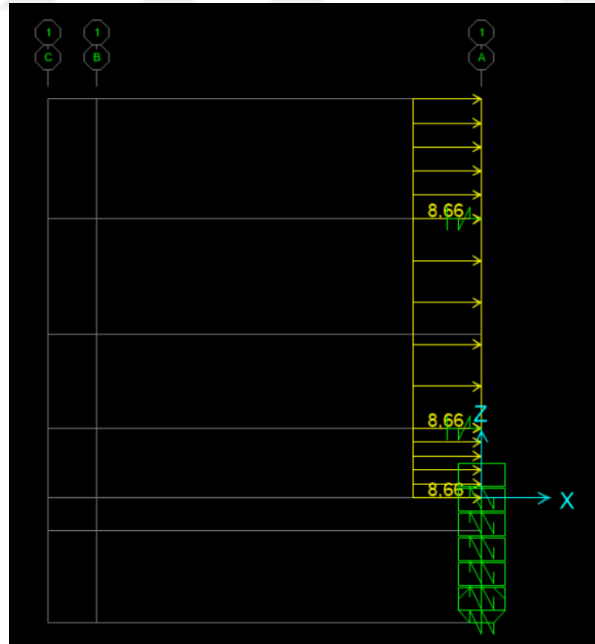
Şekil 4.14 Moment diyagramı .

Durum Üç: Üçüncü durumda kullanılan yanal toprak basıncı Şekil 4.15’de verilmektedir. Üçüncü durumda zeminin çatlaklı sert kil olması dikkate alınarak Şekil 4.15’de killi zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanal toprak basıncı verilmektedir. Maksimum yanal

toprak basınç değeri 28,08 KN/m olarak görülmektedir. Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı aşağıda ki gibi hesaplanmış ve 8,66 KN/m olarak etki ettirilmiştir.



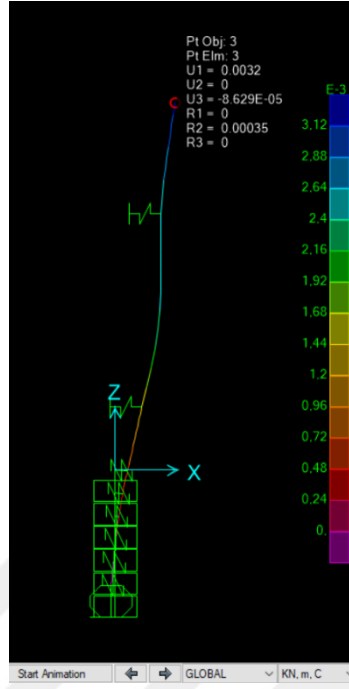
Şekil 4.15 Çatlaklı-sert katı killi zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen toprak basıncı.



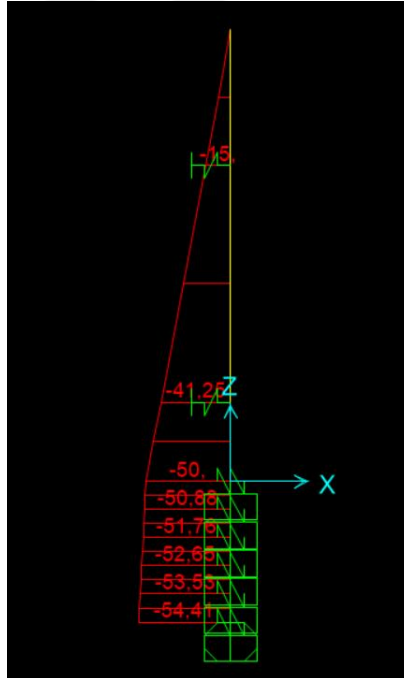
Şekil 4.16 Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı.

Üçüncü durum için yanal toprak basıncı ve sürşarj yükü altında yapılan statik analiz sonucunda elde edilen maksimum yatay deplasman iksa yapısının düşeyde en üst kısmında 3 mm olarak

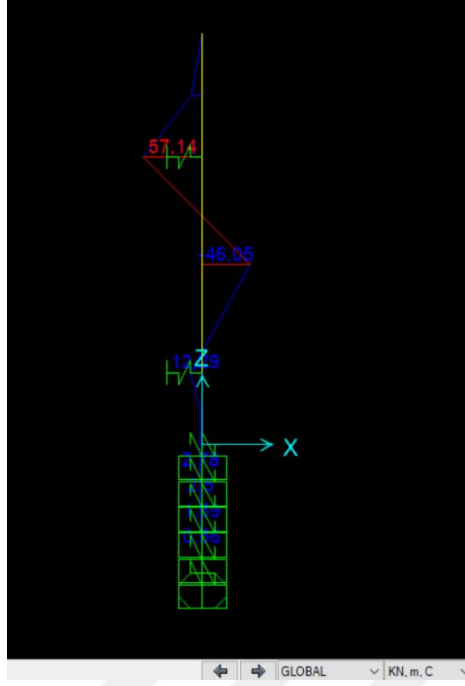
elde edilmiştir. İksa yapısının orta kısmında ise yatay deplasman değeri yaklaşık 2 mm olarak hesaplanmıştır. Analiz sonucu Şekil 4.17’de verilmektedir.



Şekil 4.17 Yatay deplasman diyagramı.

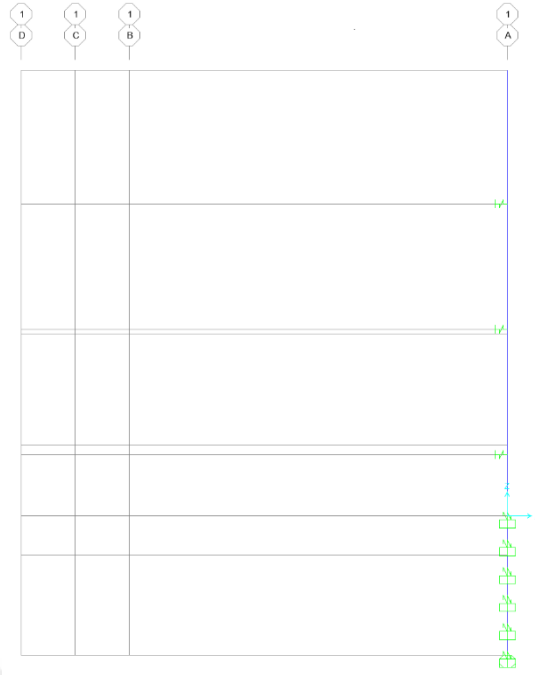


Şekil 4.18 Eksenel kuvvet diyagramı.

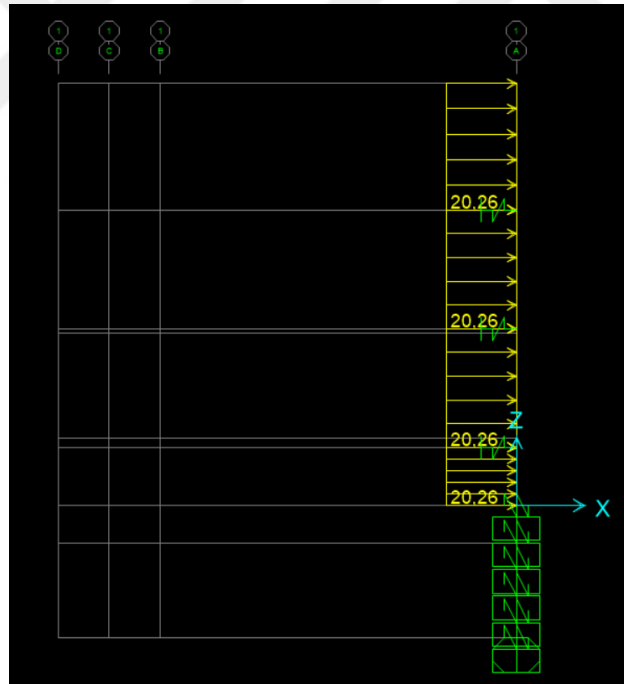


Şekil 4.19 Moment diyagramı.

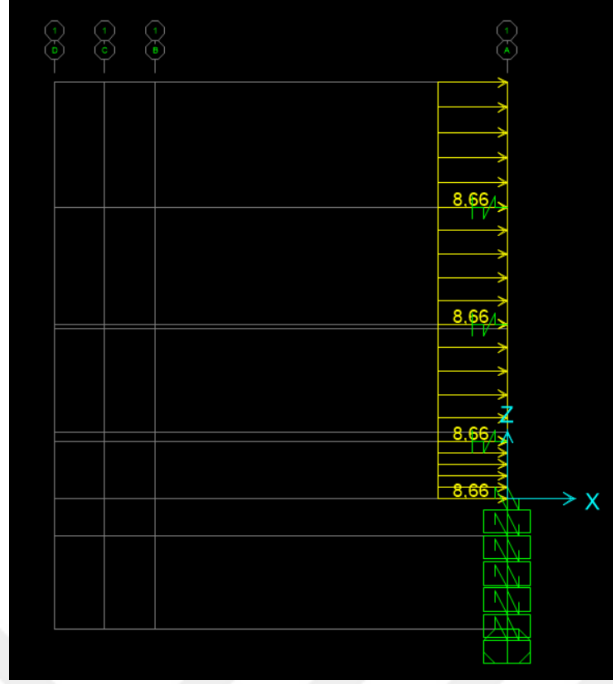
Durum Dört: Dördüncü durumda kullanılan yanal toprak basıncı Şekil 4.20’de verilmektedir. Dördüncü durumda zeminin kum olması dikkate alınarak Şekil 4.20’de kum zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanal toprak basıncı verilmektedir. Maksimum yanal toprak basınç değeri 20,26 kN/m olarak görülmektedir. Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı aşağıda ki gibi hesaplanmış ve 8,66 kN/m olarak etki ettirilmiştir. Bu model de iksa sisteminde düşey ekseninde kazı derinliği boyunca üç ankraj yer almaktadır. Bu modelde zemin kum ve kuru olarak düşünülerek yanal toprak basıncı hesaplanmış ve sisteme bu şekilde uygulanmıştır.



Şekil 4.20 Üç ankrajlı iksa yapısını temsilen oluşturulan model.

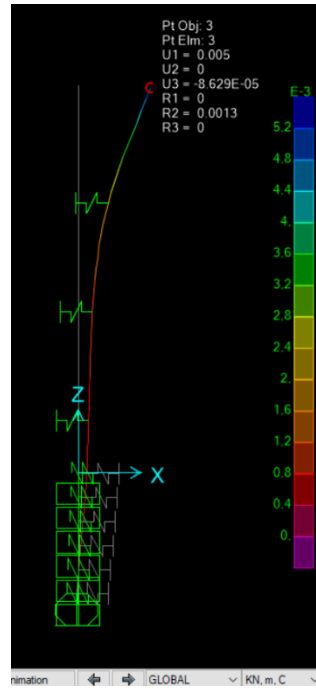


Şekil 4.21 Kum zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanal toprak basıncı.

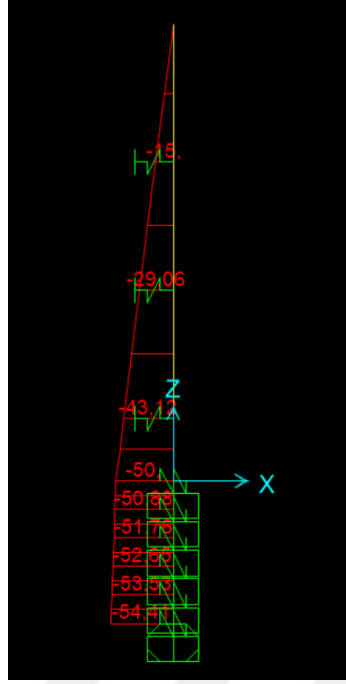


Şekil 4.22 Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı.

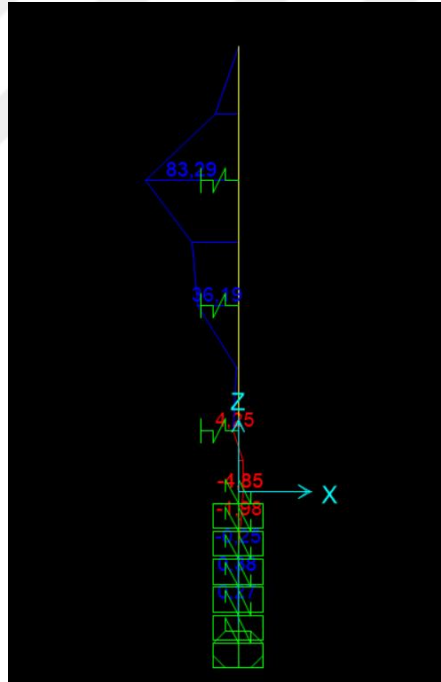
Dördüncü durum için yanal toprak basıncı ve sürşarj yükü altında yapılan statik analiz sonucunda elde edilen maksimum yatay deplasman iksa yapısının üst kısmında 5 mm olarak elde edilmiştir. İksa yapısının orta kısmında sıfıra yakın bir yatay deplasman olduğu da gözlemlenmektedir. Analiz sonucu Şekil 4.23’de verilmektedir.



Şekil 4.23 Yatay deplasman diyagramı.



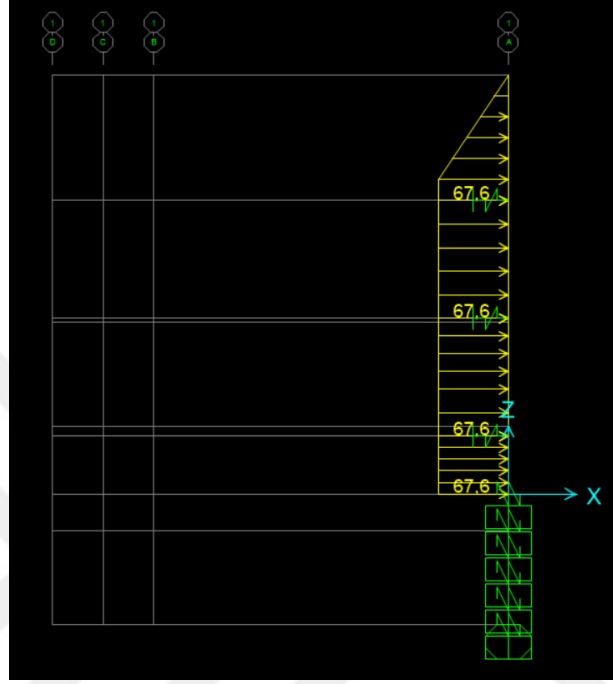
Şekil 4.24 Aksenal kuvvet diyagramı.



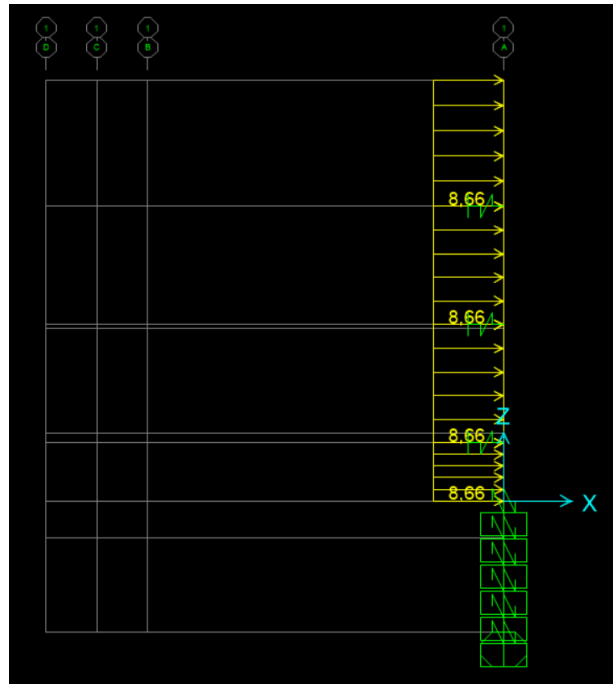
Şekil 4.25 Moment diyagramı.

Durum Beş: Beşinci durumda kullanılan yanal toprak basıncı Şekil 4.26’da verilmektedir. Beşinci durumda zeminin yumuşak-orta katı kil olması dikkate alınarak Şekil 4.26’da killi zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanal toprak basıncı verilmektedir. Maksimum yanal toprak basınç değeri 67,6 kN/m olarak görülmektedir. Hasarlı binadan dolayı

iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı aşağıda ki gibi hesaplanmış ve 8,66 kN/m olarak etki ettirilmiştir. Bu model de iksa sisteminde düşey ekseninde kazı derinliği boyunca üç ankraj yer almaktadır. Bu modelde zemin kum ve kuru olarak düşünülerek yanal toprak basıncı hesaplanmış ve sisteme bu şekilde uygulanmıştır.

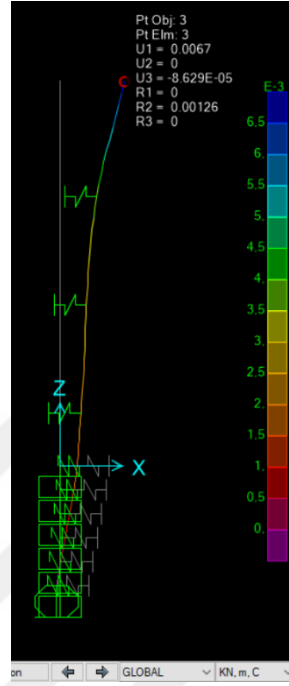


Şekil 4.26 Yumuşak-orta katı kil zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen toprak basıncı.

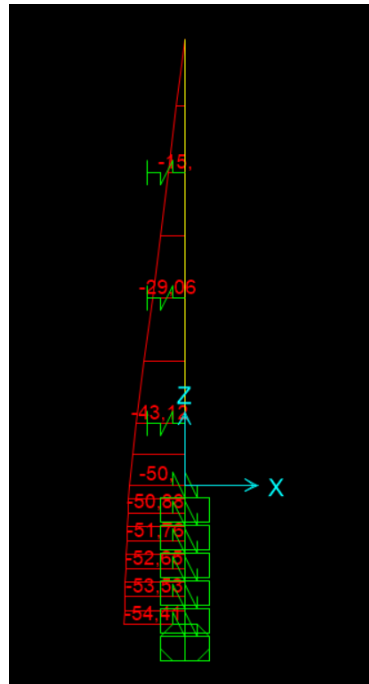


Şekil 4.27 Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı.

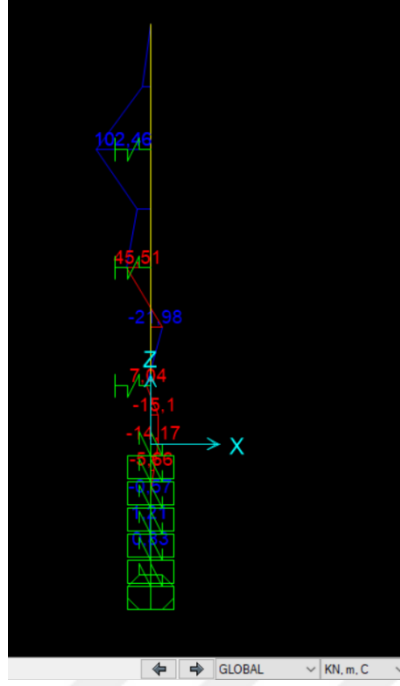
Beşinci durum için yanal toprak basıncı ve sürşarj yükü altında yapılan statik analiz sonucunda elde edilen maksimum yatay deplasman iksa yapısının üst kısmında 6.7 mm olarak elde edilmiştir. İksa yapısının orta kısmında 3 mm'ye yakın bir yatay deplasman olduğu da gözlemlenmektedir. Analiz sonucu Şekil 4.28'de verilmektedir.



Şekil 4.28 Yatay deplasman diyagramı.

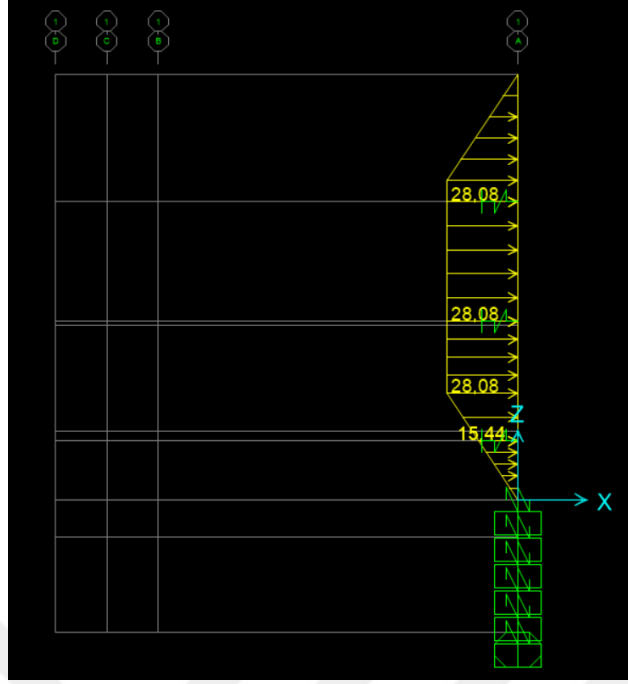


Şekil 4.29 Eksenel kuvvet diyagramı.

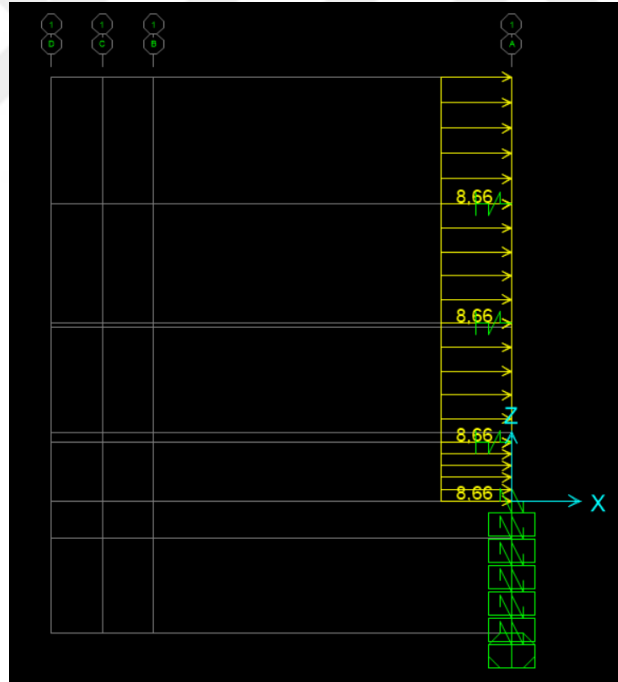


Şekil 4.30 Moment diyagramı.

Durum Altı: Altıncı durumda kullanılan yanal toprak basıncı Şekil 4.31’de verilmektedir. Altıncı durumda zeminin çatlaklı sert kil olması dikkate alınarak Şekil 4.31’de killi zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanal toprak basıncı verilmektedir. Maksimum yanal toprak basınç değeri 28,08 kN/m olarak görülmektedir. Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı aşağıda ki gibi hesaplanmış ve 8,66 kN/m olarak etki ettirilmiştir. Bu model de iksa sisteminde düşey ekseninde kazı derinliği boyunca üç ankraj yer almaktadır. Bu modelde zemin kum ve kuru olarak düşünülerek yanal toprak basıncı hesaplanmış ve sisteme bu şekilde uygulanmıştır.



Şekil 4.31 Çatlaklı-sert katı killi zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen toprak basıncı.

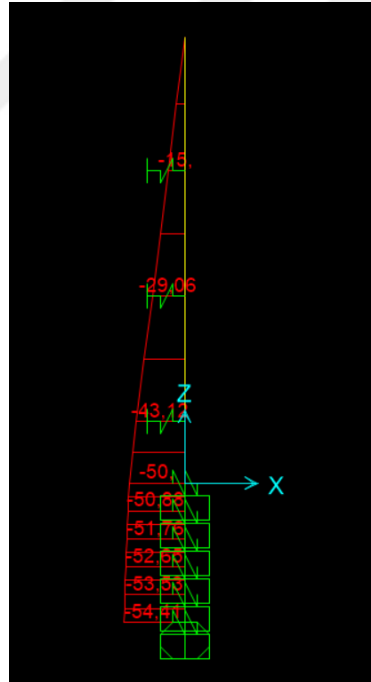


Şekil 4.32 Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı.

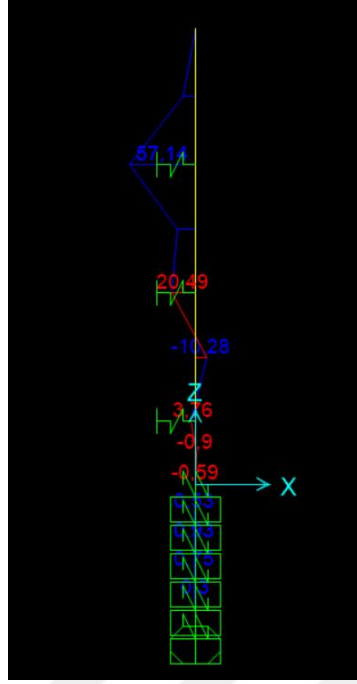
Altıncı durum için yanal toprak basıncı ve sürşarj yükü altında yapılan statik analiz sonucunda elde edilen maksimum yatay deplasman iksa yapısının üst kısmında 3.8 mm olarak elde edilmiştir. İksa yapısının orta kısmında 1.5 mm'ye yakın bir yatay deplasman olduğu da gözlemlenmektedir. Analiz sonucu Şekil 4.33'de verilmektedir.



Şekil 4.33 Yatay deplasman diyagramı.

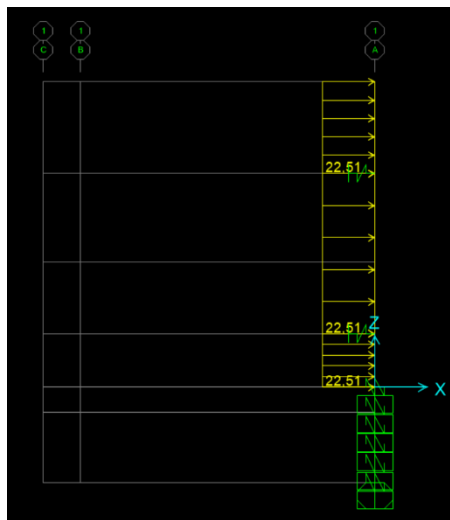


Şekil 4.34 Eksenel kuvvet diyagramı.

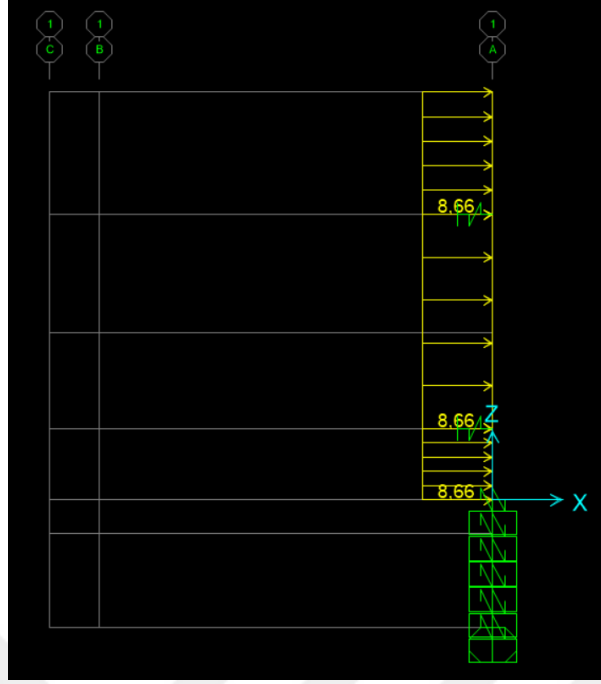


Şekil 4.36 Moment diyagramı.

Durum Yedi: Yedinci durumda kullanılan yanıl toprak basıncı Şekil 4.36'da verilmektedir. Yedinci durumda zeminin kum olması dikkate alınarak Şekil 4.36'da kum zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanıl toprak basıncı doygun zemin için verilmektedir. Maksimum yanıl toprak basınç değeri 22,51 kN/m olarak görölmektedir. Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşun sürşarj basıncı aşağıda ki gibi hesaplanmış ve 8,66 kN/m olarak etki ettirilmişdir. İki ankraj durumu için incelenmişdir.

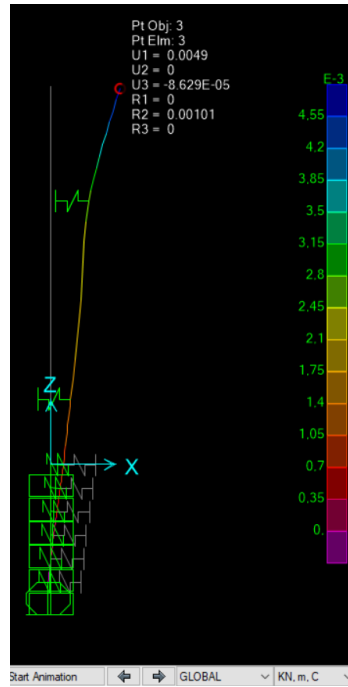


Şekil 4.37 Kum zeminler için Terzaghi – Peck'in önerdiği yanıl toprak basıncı.

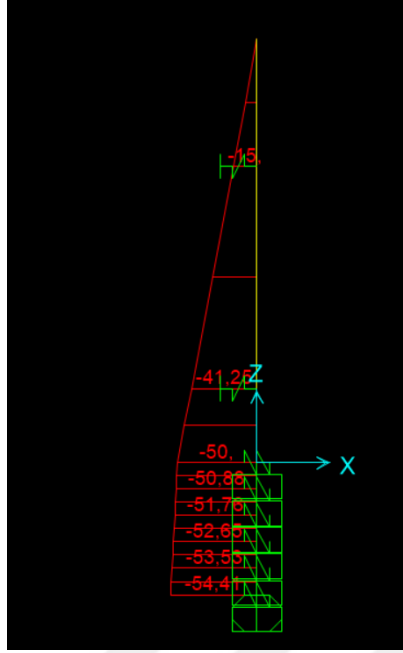


Şekil 4.38 İksa yapısında oluşan sürşarj basıncı.

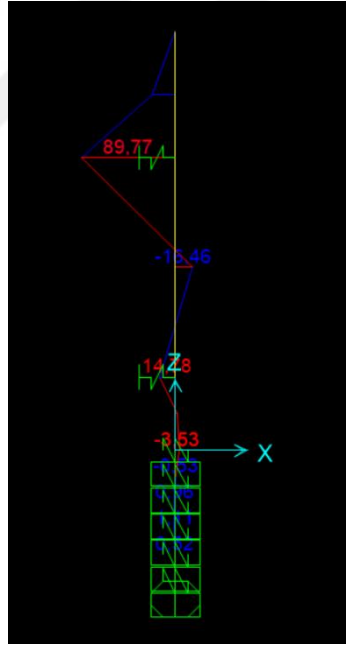
Yedinci durum için yanal toprak basıncı ve sürşarj yükü altında yapılan statik analiz sonucunda elde edilen maksimum yatay deplasman iksa yapısının üst kısmında 5 mm olarak elde edilmiştir. İksa yapısının orta kısmında 2 mm'ye yakın bir yatay deplasman olduğu da gözlemlenmektedir. Analiz sonucu Şekil 4.39'da verilmektedir.



Şekil 4.39 Yatay deplasman diyagramı.

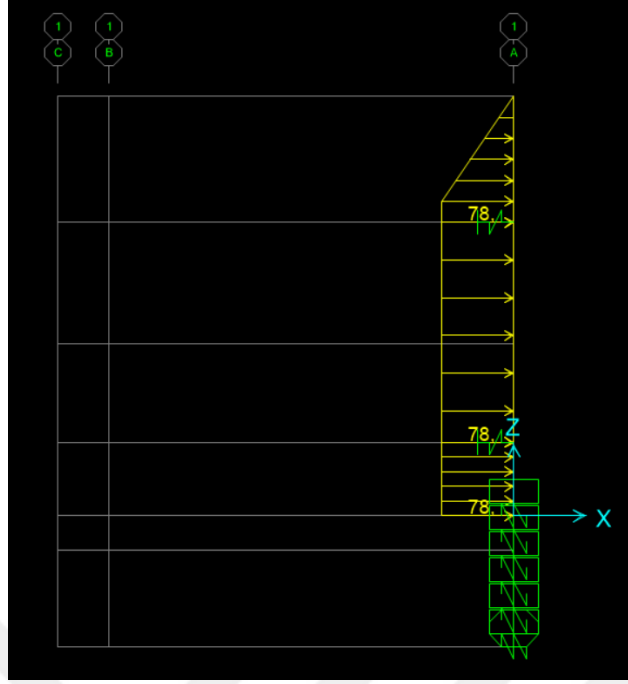


Şekil 4.40 Aksenal kuvvet diyagramı.

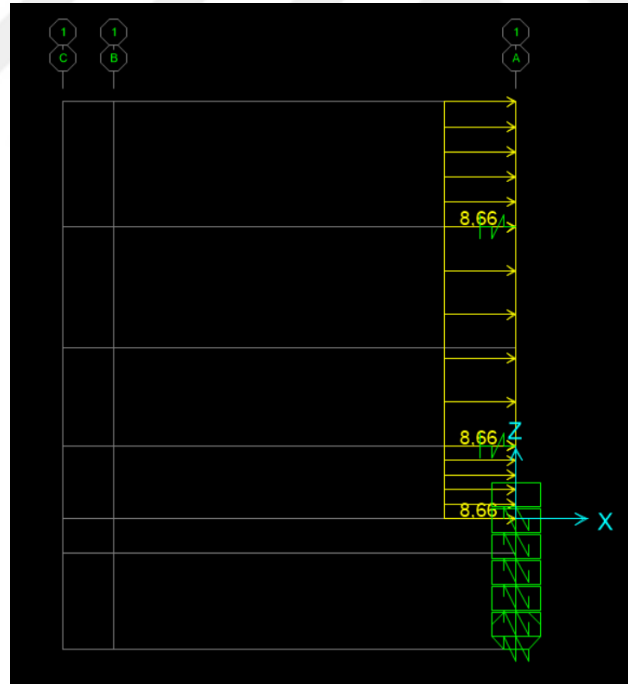


Şekil 4.41 Moment diyagramı.

Durum Sekiz: Sekizinci durumda kullanılan yanal toprak basıncı Şekil 4.42’de verilmektedir. Sekizinci durumda zeminin yumuşak orta kil olması dikkate alınarak Şekil 4.42’de kil doymun zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanal toprak basıncı verilmektedir. Maksimum yanal toprak basınç değeri 78 kN/m olarak görülmektedir. Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı aşağıda ki gibi hesaplanmış 8,66 kN/m olarak etki ettirilmiştir. İki ankraj durumu için incelenmiştir.

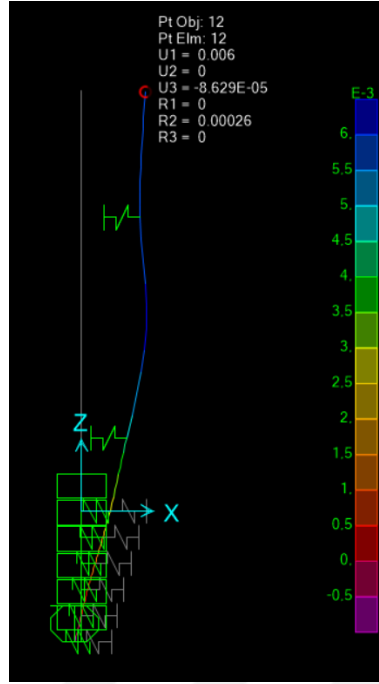


Şekil 4.42 Yumuşak-orta killi zemin için Terzaghi–Peck’in önerdiği toprak basıncı doygun zeminde.

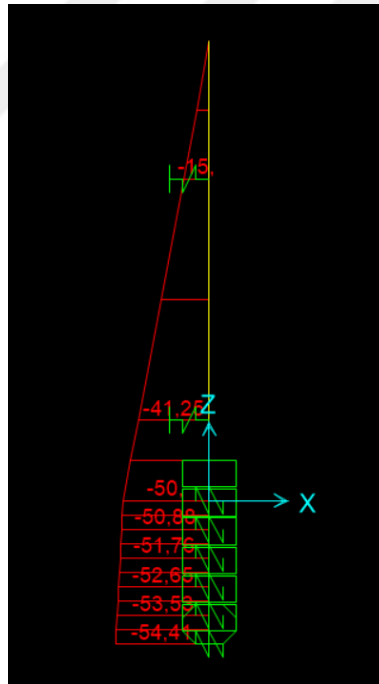


Şekil 4.43 İksa yapısında oluşan sürşarj basıncı sekizinci durum için.

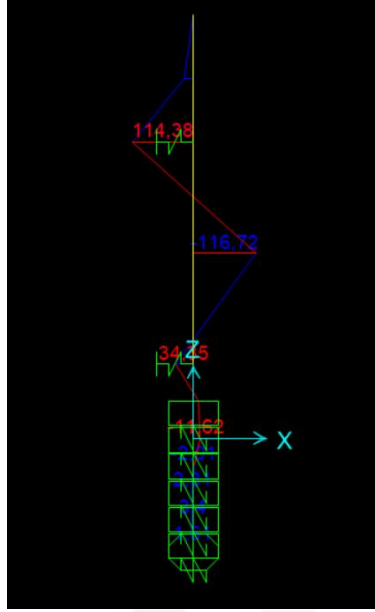
Sekizinci durum için yanal toprak basıncı ve sürşarj yükü altında yapılan statik analiz sonucunda elde edilen maksimum yatay deplasman iksa yapısının orta ve en üst kısmında 6 mm olarak elde edilmiştir. Analiz sonucu Şekil 4.44’de verilmektedir.



Şekil 4.44 Yatay deplasman diyagramı.

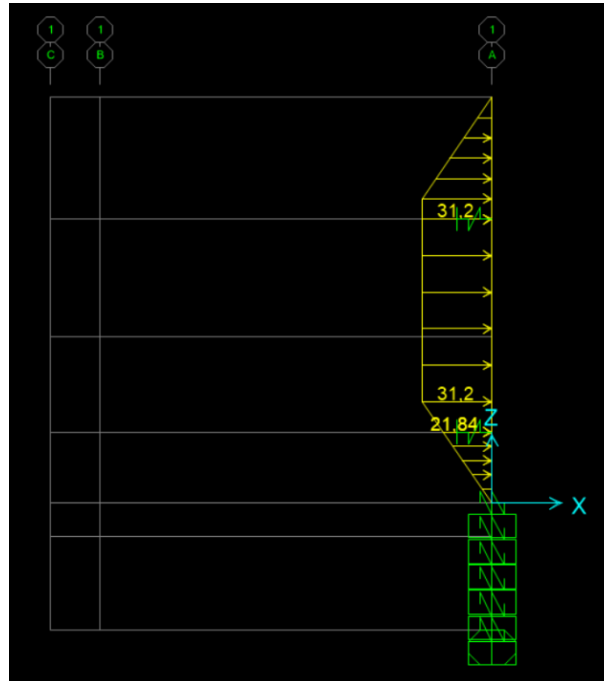


Şekil 4.45 Eksenel kuvvet diyagramı.

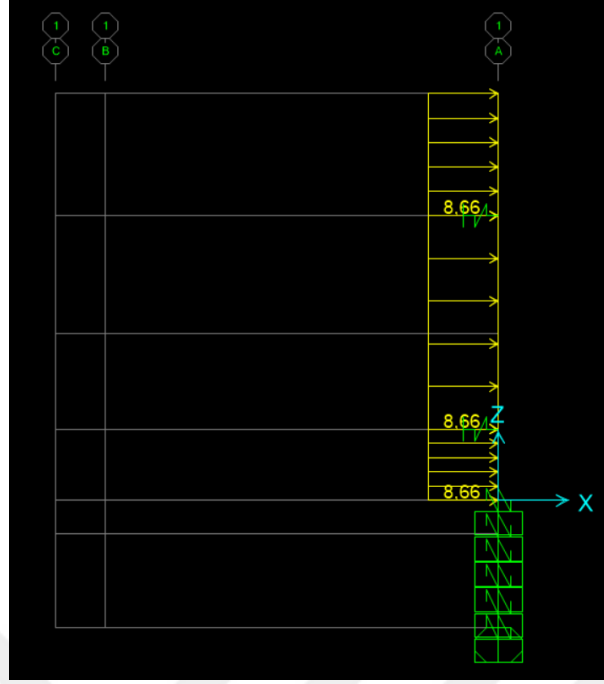


Şekil 4.46 Moment diyagramı.

Durum Dokuz: Dokuzuncu durumda kullanılan yanal toprak basıncı Şekil 4.47’de verilmektedir. Dokuzuncu durumda zeminin çatlaklı sert kil olması dikkate alınarak Şekil 4.47’de kil doygun zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanal toprak basıncı verilmektedir. Maksimum yanal toprak basınç değeri 31,2 kN/m olarak görülmektedir. Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı aşağıda ki gibi hesaplanmış ve birinci durumda 8,66 kN/m olarak etki ettirilmiştir. İki ankraj durumu için incelenmiştir.



Şekil 4.47 Çatlaklı sert killi zemin için Terzaghi–Peck’in önerdiği toprak basıncı doygun zeminde.

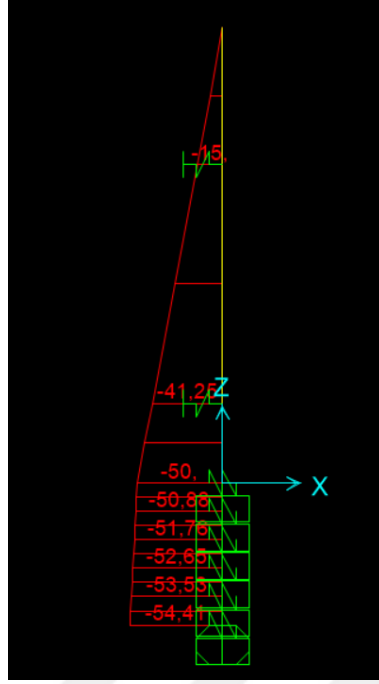


Şekil 4.48 İksa yapısında oluşan sürşarj basıncı.

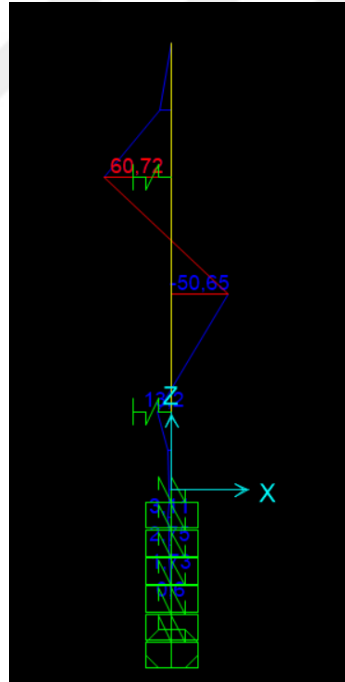
Dokuzuncu durum için yanal toprak basıncı ve sürşarj yükü altında yapılan statik analiz sonucunda elde edilen maksimum yatay deplasman iksa yapısının üst kısmında konsolda 3.4 mm'e yakın olarak elde edilmiştir. İksa yapısının orta kısmında ise 2.5 mm yatay deplasman olduğu da gözlemlenmektedir. Analiz sonucu Şekil 4.49'da verilmektedir.



Şekil 4.49 Durum 9 için yatay deplasman diyagramı doygun zemin durumunda.



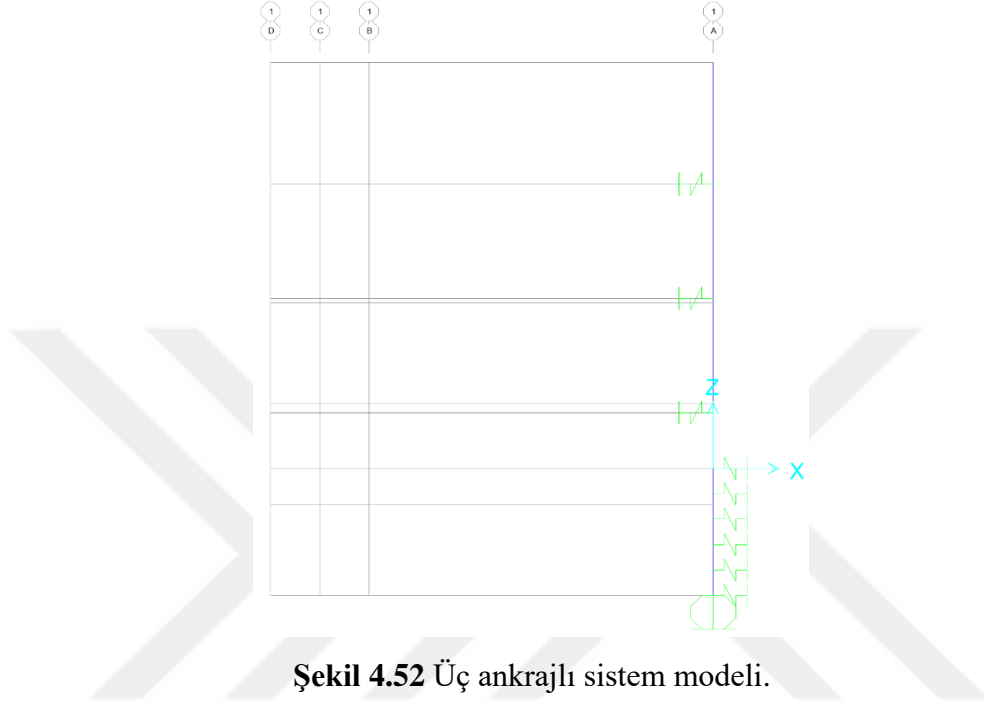
Şekil 4.50 Aksenal kuvvet diyagramı.



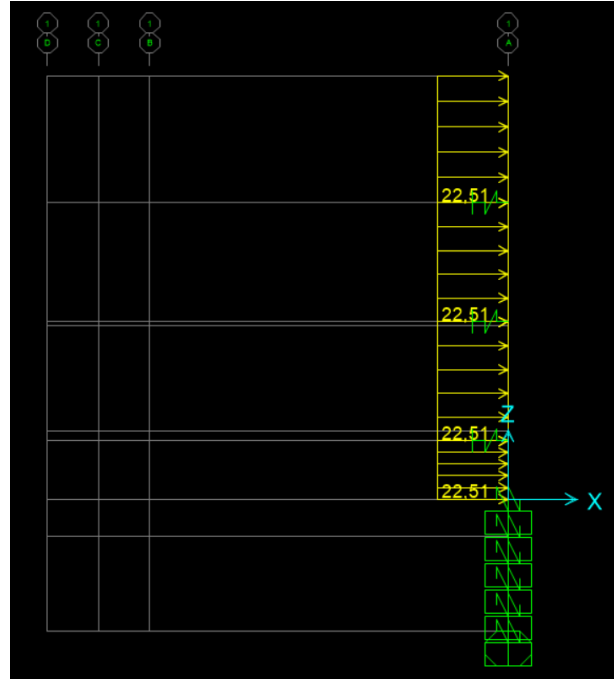
Şekil 4.51 Moment diyagramı.

Durum On: Üç ankrajlı sistemi temsilen ankraj yerlerine tanımlanan yaylı sistem Şekil 4.50’de verilmektedir. Onuncu durumda kullanılan yanıl toprak basıncı Şekil 4.52’de verilmektedir. Onuncu durumda zeminin kum olması dikkate alınarak Şekil 4.52’de kum doygun zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanıl toprak basıncı verilmektedir. Maksimum yanıl

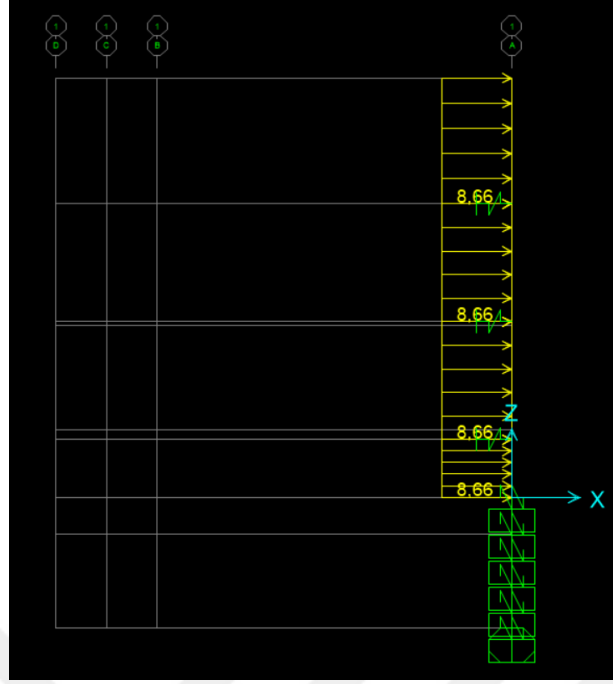
toprak basınç değeri 22,51 kN/m olarak görülmektedir. Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı aşağıda ki gibi hesaplanmış ve birinci durumda 8,66 kN/m olarak etki ettirilmiştir. Üç ankraj durumu için incelenmiştir. Sistemde düşey ekseninde üç ankraj mevcuttur. Durum 10-12 arasında üç ankrajlı sistemlerin analizi yapılmıştır.



Şekil 4.52 Üç ankrajlı sistem modeli.

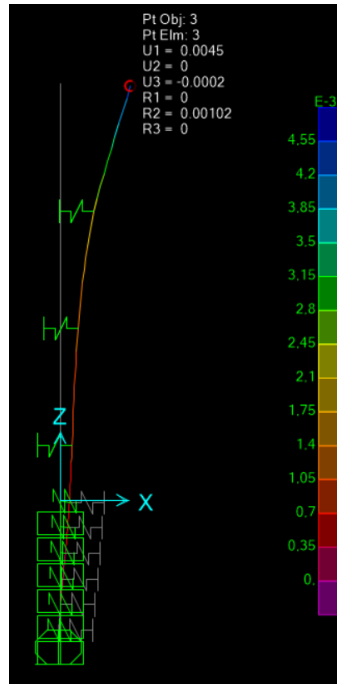


Şekil 4.53 Kum zemin için Terzaghi–Peck'in önerdiği toprak basıncı doygun zeminde.

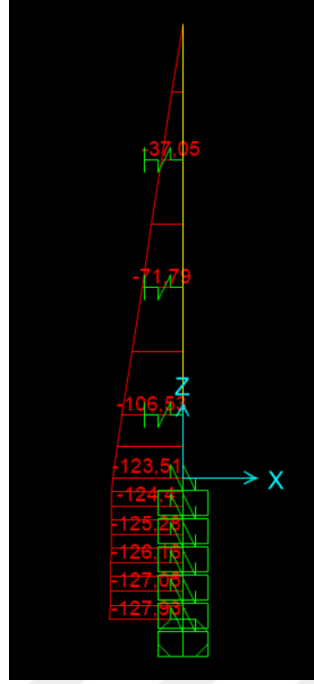


Şekil 4.54 İksa yapısında oluşan sürşarj basıncı onuncu durum için.

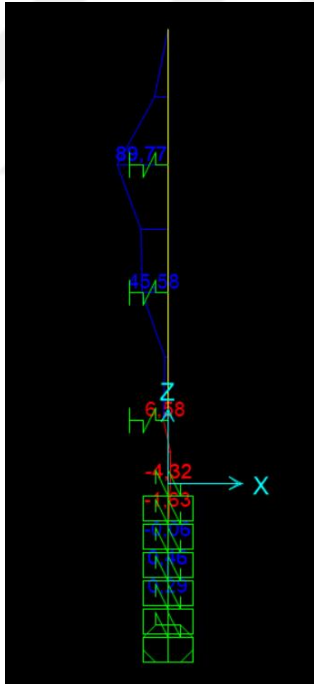
Onuncu durum için yanal toprak basıncı ve sürşarj yükü altında yapılan statik analiz sonucunda elde edilen maksimum yatay deplasman iksa yapısının üst kısmında konsolda 4.5 mm'e yakın olarak elde edilmiştir. İksa yapısının orta kısmında ise yatay deplasmanın 2 mm'ye yakın olduğu gözlemlenmektedir. Analiz sonucu Şekil 4.53'de verilmektedir.



Şekil 4.55 Yatay deplasman diyagramı.



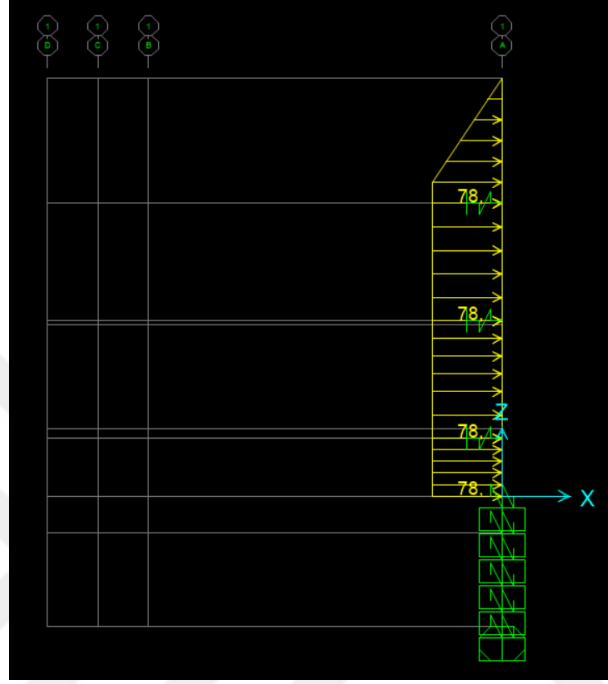
Şekil 4.56 Aksenal kuvvet diyagramı.



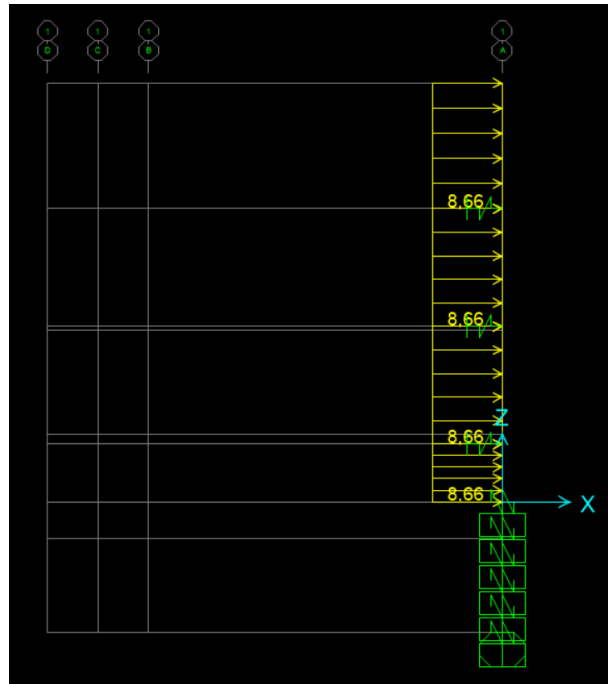
Şekil 4.57 Moment diyagramı.

Durum Onbir: Üç ankrajlı sistemi temsilen ankraj yerlerine tanımlanan yaylı sistem Şekil 4.52’de verilmektedir. Onbirinci durumda kullanılan yanal toprak basıncı Şekil 4.58’de verilmektedir. Onbirinci durumda zeminin yumuşak orta kil olması dikkate alınarak Şekil 4.58’de yumuşak orta killi doygun zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanal

toprak basıncı verilmektedir. Maksimum yanal toprak basınç değeri 78 kN/m olarak görülmektedir. Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı aşağıda ki gibi hesaplanmış ve birinci durumda 8,66 kN/m olarak etki ettirilmiştir. Üç ankraj durumu için incelenmiştir. Sistemde düşey ekseninde üç ankraj mevcuttur.

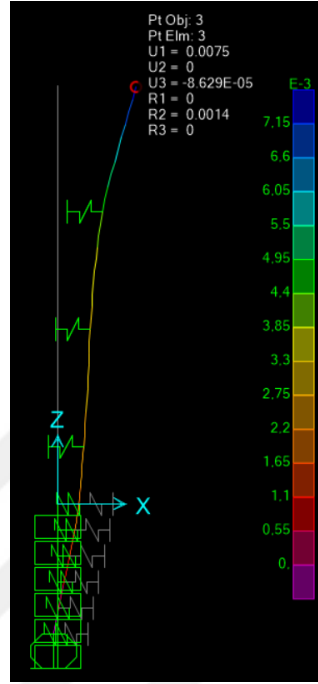


Şekil 4.58 Yumuşak orta kil zemin için Terzaghi–Peck’in önerdiği toprak basıncı doygun zeminde.

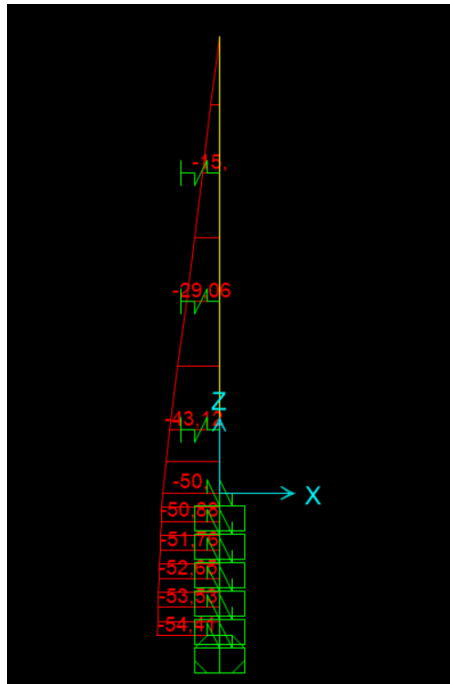


Şekil 4.59 İksa yapısında oluşan sürşarj basıncı.

On birinci durum için yanal toprak basıncı ve sürşarj yükü altında yapılan statik analiz sonucunda elde edilen maksimum yatay deplasman iksa yapısının üst kısmında konsolda 7.5 mm olarak elde edilmiştir. İksa yapısının orta kısmında ise yatay deplasmanın 4 mm'ye yakın olduğu gözlemlenmektedir. Analiz sonucu Şekil 4.60'da verilmektedir.



Şekil 4.60 Yatay deplasman diyagramı.

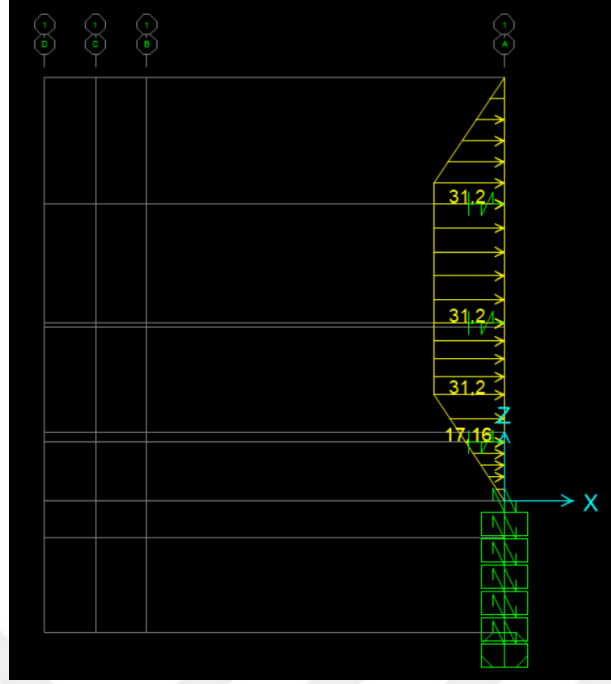


Şekil 4.61 Eksenel kuvvet diyagramı.

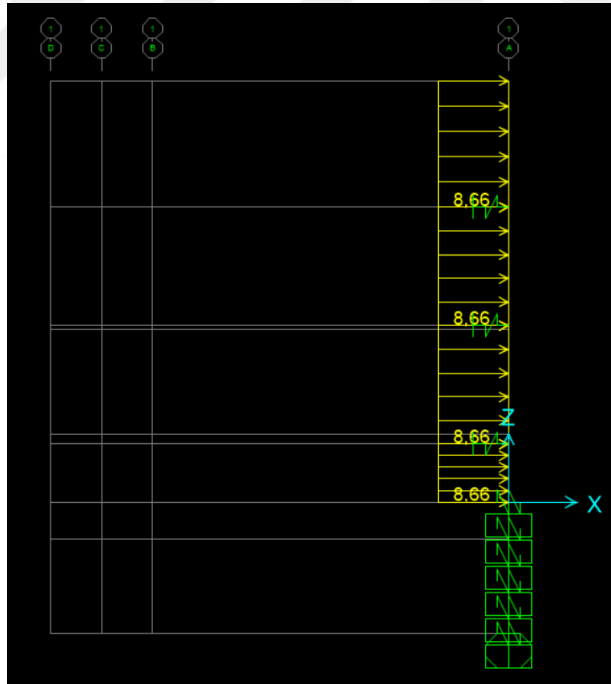


Şekil 4.62 Moment diyagramı.

Durum On iki: Üç ankrajlı sistemi temsilen ankraj yerlerine tanımlanan yaylı sistem Şekil 4.50'de verilmektedir. On ikinci durumda kullanılan yanal toprak basıncı Şekil 4.63'de verilmektedir. On ikinci durumda zeminin çatlaklı sert kil olması dikkate alınarak Şekil 4.63'de çatlaklı sert killi doygun zeminler için Terzaghi – Peck tarafından önerilen yanal toprak basıncı verilmektedir. Maksimum yanal toprak basınç değeri 31.2 kN/m olarak görülmektedir. Hasarlı binadan dolayı iksa yapısında oluşan sürşarj basıncı aşağıda ki gibi hesaplanmış ve on ikinci durumda 8.66 kN/m olarak etki ettirilmiştir. Sistemde düşey ekseninde üç ankraj mevcuttur.

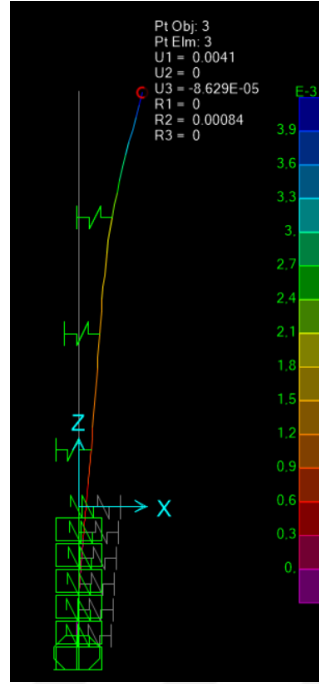


Şekil 4.63 Çatlaklı sert kil zemin için Terzaghi–Peck'in önerdiği toprak basıncı doymun zeminde.

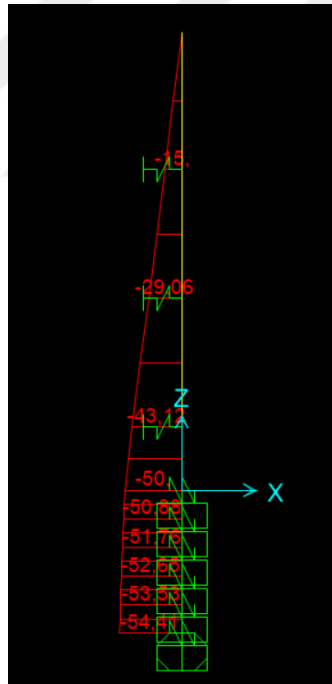


Şekil 4.64 İksa yapısında oluşan sürşarj basıncı.

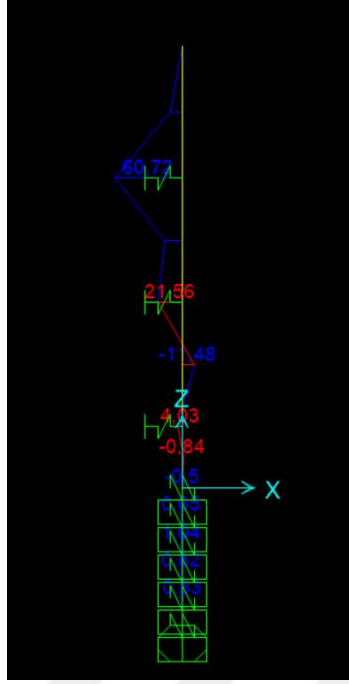
On ikinci durum için yanal toprak basıncı ve sürşarj yükü altında yapılan statik analiz sonucunda elde edilen maksimum yatay deplasman iksa yapısının üst kısmında konsolda 4 mm'e yakın olarak elde edilmiştir. İksa yapısının orta kısmında ise yatay deplasmanın 2 mm'ye yakın olduğu gözlemlenmektedir. Analiz sonucu Şekil 4.65'de verilmektedir.



Şekil 4.65 Yatay deplasman diyagramı.



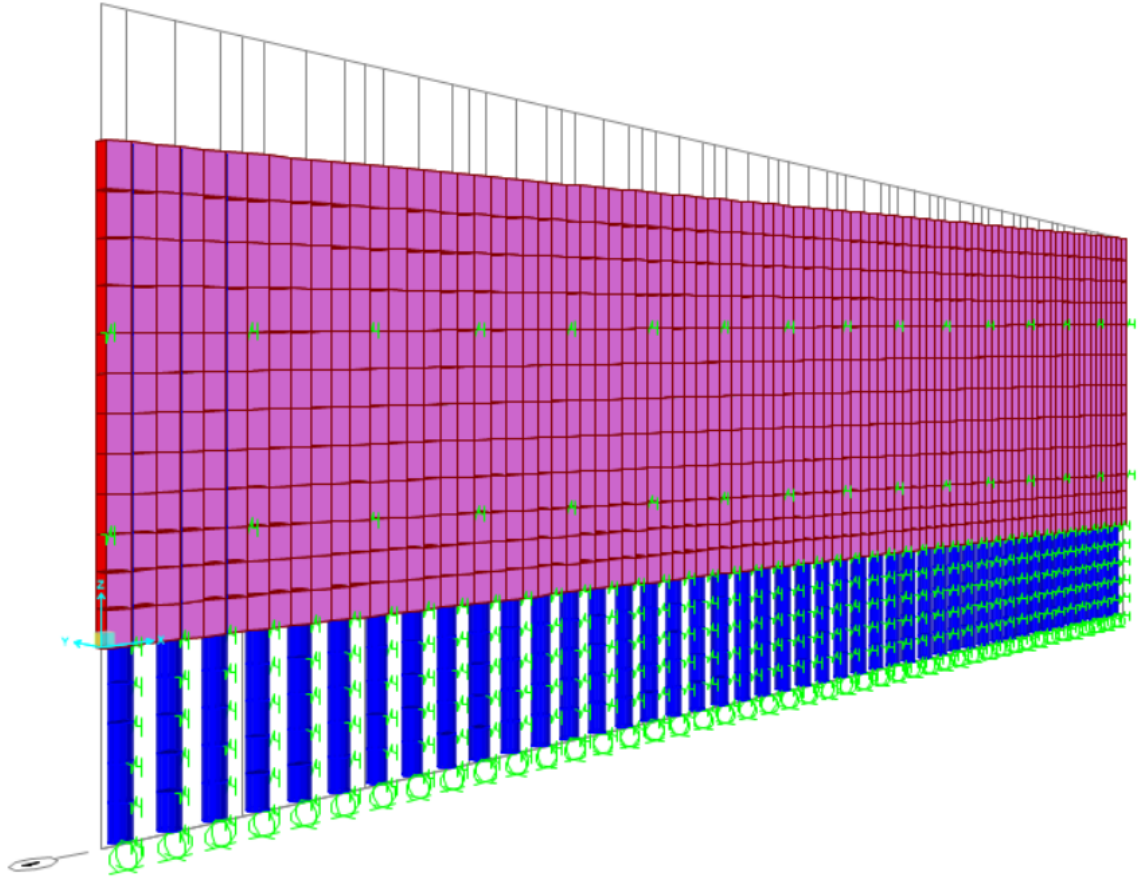
Şekil 4.66 Eksenel kuvvet diyagramı.



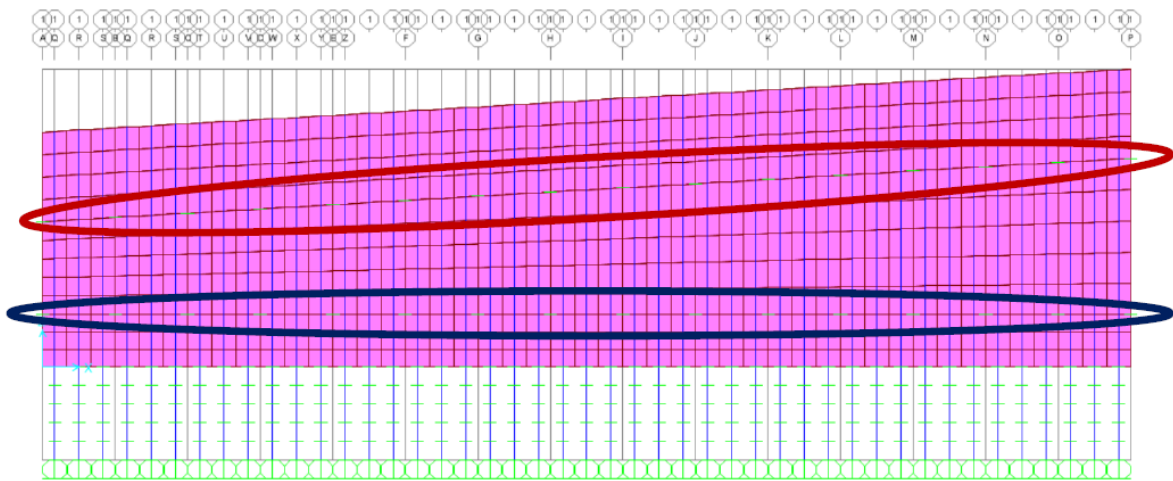
Şekil 4.67 Moment diyagramı.

4.2. ANKRAJ VE PERDE SİSTEMİNİN ÜÇ BOYUTLU MODELİ

Bu bölümde fore kazık, ankraj sistemi ve perdeden oluşan iksa modelinin birebir üç boyutlu modeli iksa sisteminin mevcut durumu ve projesine uygun olmasına göre oluşturulmuştur. Oluşturulan bu iki model zeminin kuru ve doymuş durumları için ayrı ayrı irdelenmiştir. Dolayısıyla toplamda 4 durum bu bölümde ele alınmıştır. Bu modellerde oluşan deformasyonlar, yatay deplasmanlar ve yatay kuvvet değerleri özellikle verilmektedir. Ankrajlar arası açıklığın artmasının oluşan momentlere etkisi ve konsol gibi çalışan en üstteki ankrajdan sonrasında meydana gelen moment değerleri 4 durum için incelenmiştir. Şekil 4.68'de iksa yapısının mevcut durumunu temsil eden üç boyutlu modeli verilmiştir. Şekil 4.69'da ise modelin önden görünüşü verilmektedir.

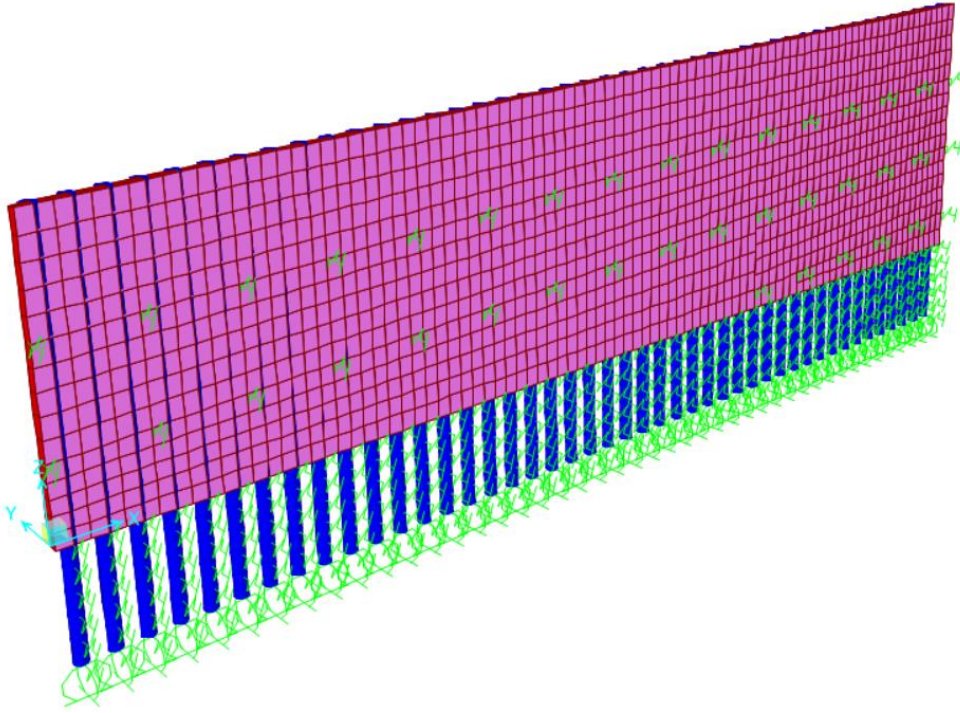


Şekil 4.68 İksa yapısının mevcut durumunu temsil eden modelin üç boyutlu görünüşü.

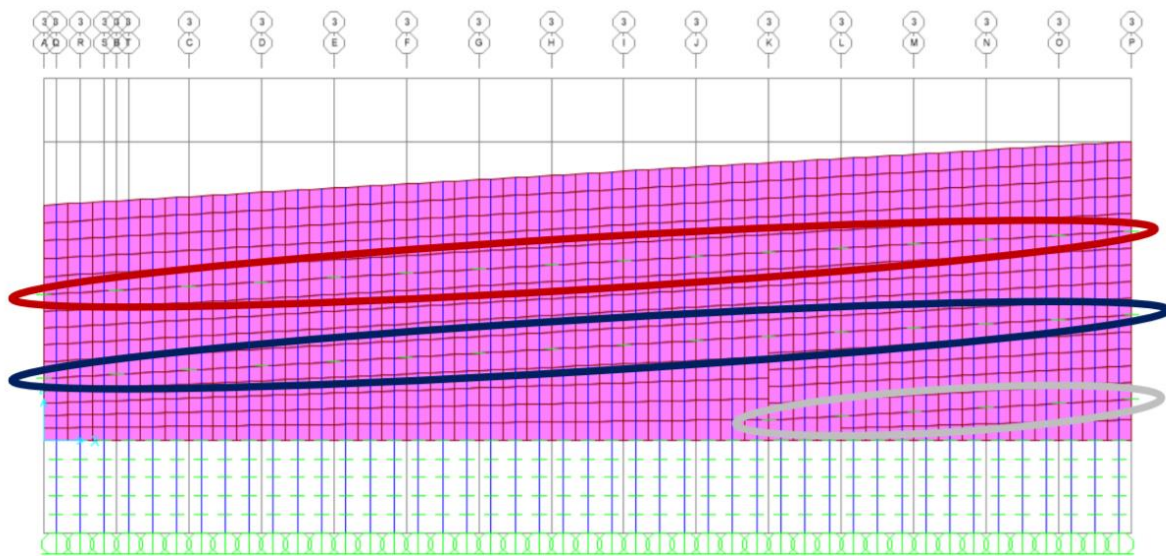


Şekil 4.69 İksa yapısının mevcut durumunu temsil eden modelin önden görünüşü.

Şekil 4.70’de İksa yapısının projeye uygun durumunu temsil eden üç boyutlu modeli verilmiştir. Şekil 4.71’de ise modelin önden görünüşü verilmektedir. Ankrajların dizilimi perdenin üst eğimine paralel olacak şekilde yerleştirilmiş ve perdenin üst kısmından 2.40 metre mesafeye (düşey ekseninde) en üst sıra ankrajlar yerleştirilmiştir. Daha sonra 2.25 metre aralıklar ile zemine doğru inen yatay sıra ankrajlar ile model oluşturulmuştur.

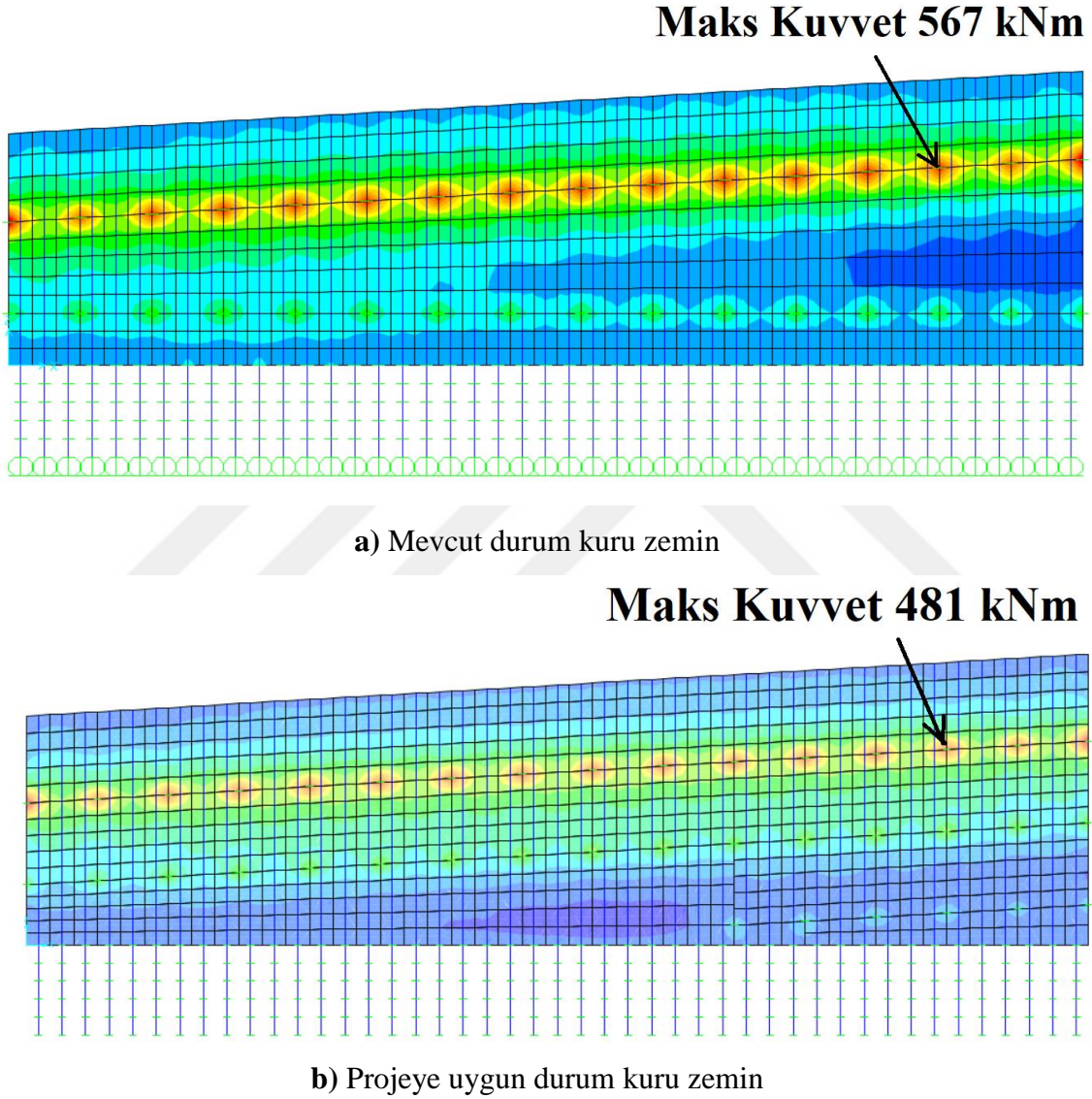


Şekil 4.71 İksa yapısının projeye uygun durumunu temsil eden modelin üç boyutlu görünüşü.

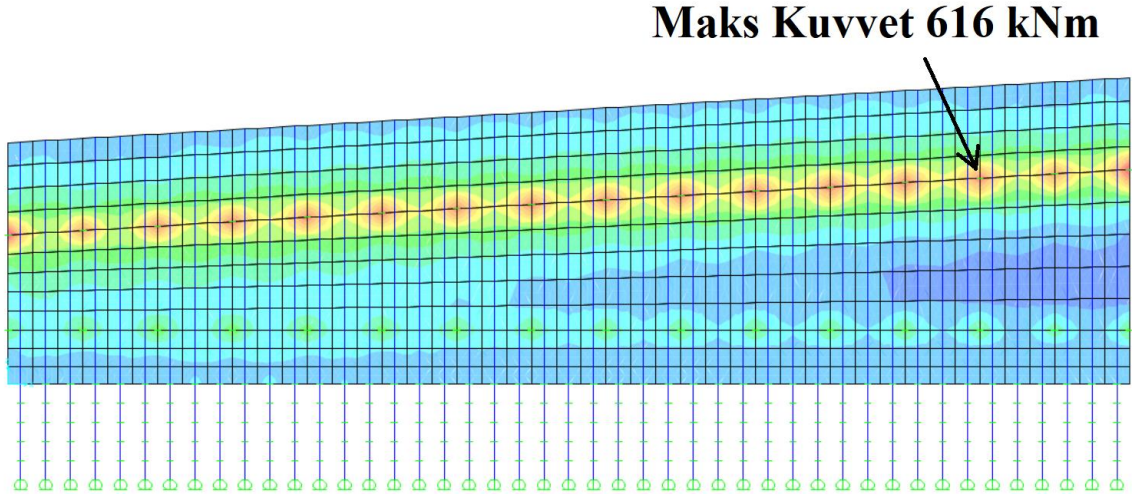


Şekil 4.72 İksa yapısının projeye uygun durumunu temsil eden modelin önden görünüşü (ankraj sıraları işaretlenmiştir).

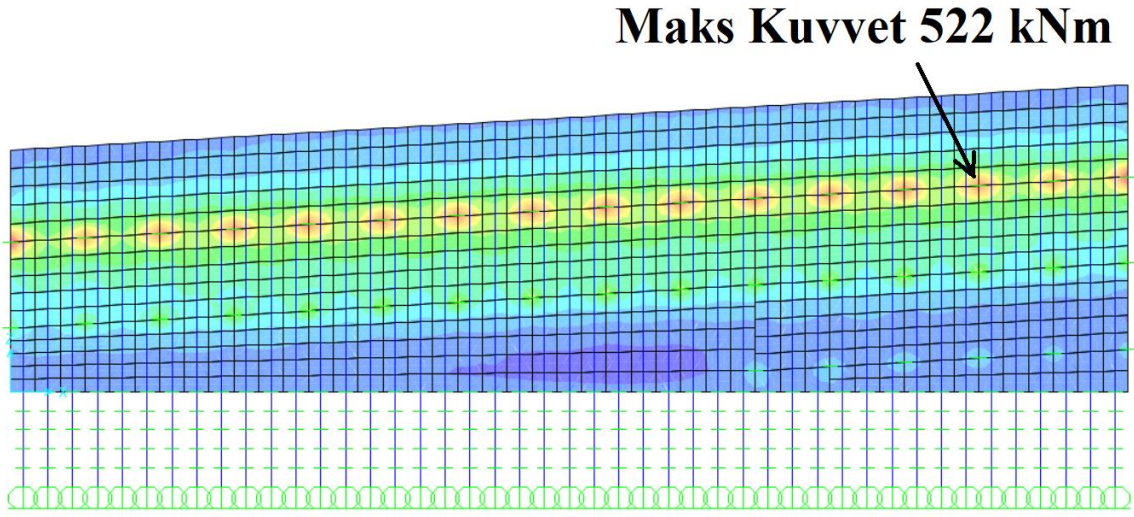
Kuru ve doymun zemin için yapılan analizler aşağıdaki şekillerde (şekil 4.73-76) verilmektedir. Öncelikle üst sıra ankrajlar için mevcut ve projeye uygun durumu temsil eden model için yapılan analizlerde elde edilen maksimum kuvvet değerleri (şekil 4.73 ve 4.74) kuru ve doymun zemin için verilmektedir. Daha sonra her bir ankrajda oluşan yatay deplasman değerleri (şekil 4.75 ve 4.76) kontrol edilerek elde edilen en büyük değerleri verilmektedir.



şekil 4.73 Sert killi zeminin kuru hali için yapılmış analiz sonucunda elde edilen maksimum moment değerleri verilmektedir.



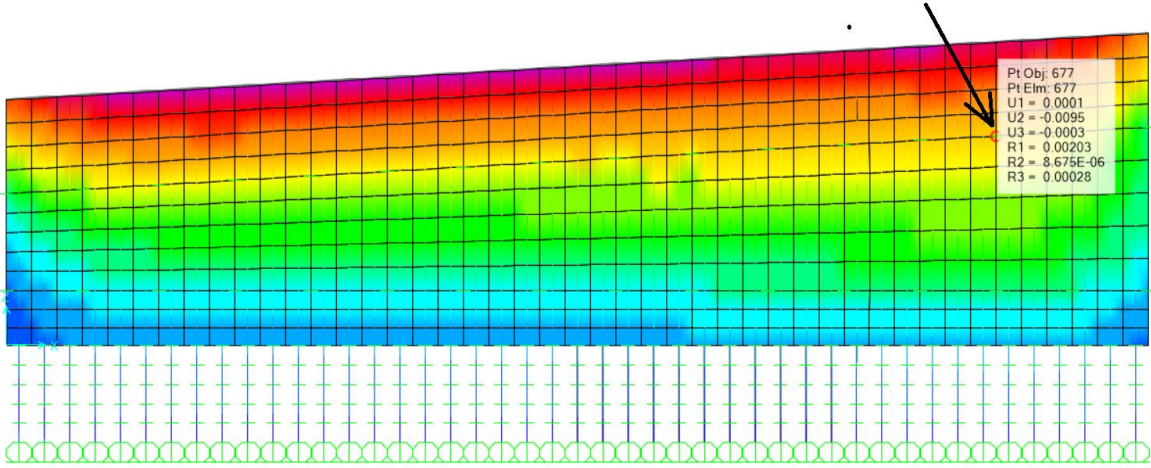
a) Mevcut durum doymun zemin



b) Projeye uygun durum doymun zemin

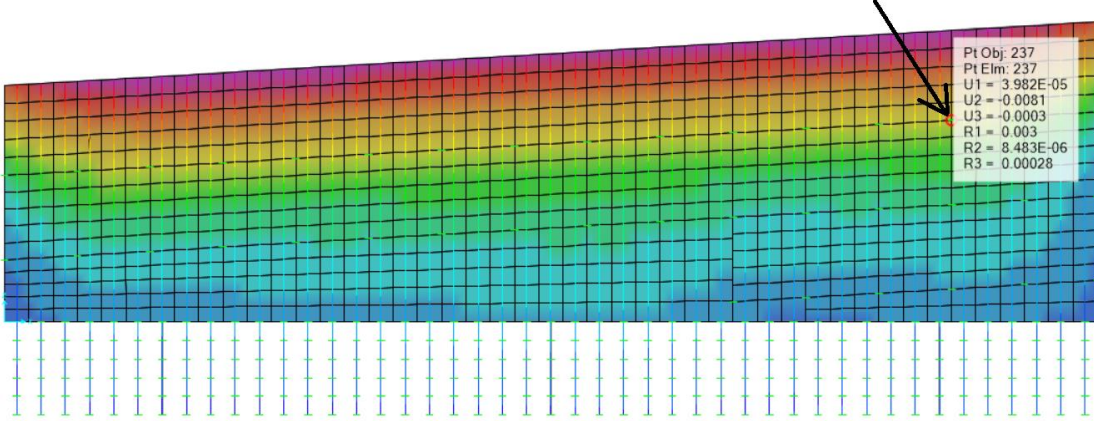
Şekil 4.74 Sert killi zeminin doymun hali için yapılmış analiz sonucunda elde edilen maksimum moment değerleri verilmektedir.

Maks yatay deplasman 9.5 mm



a) Mevcut kuru

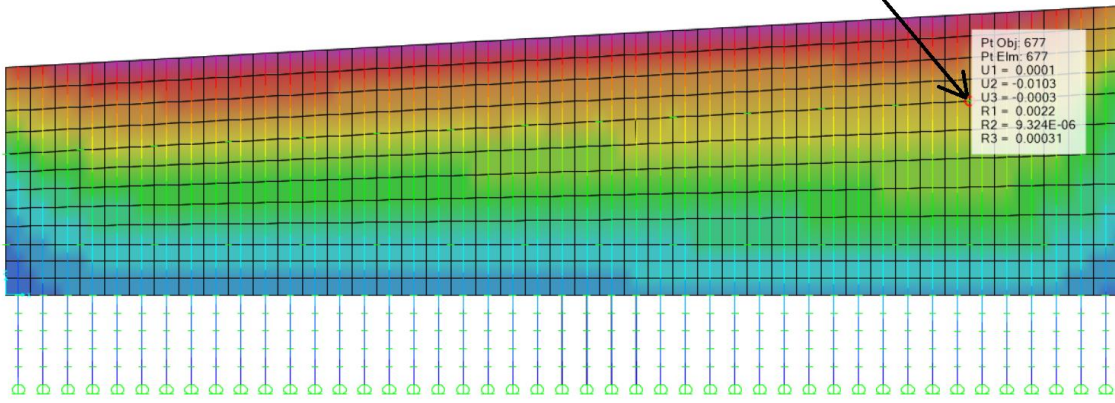
Maks yatay deplasman 8.1 mm



b) Projeye uygun kuru

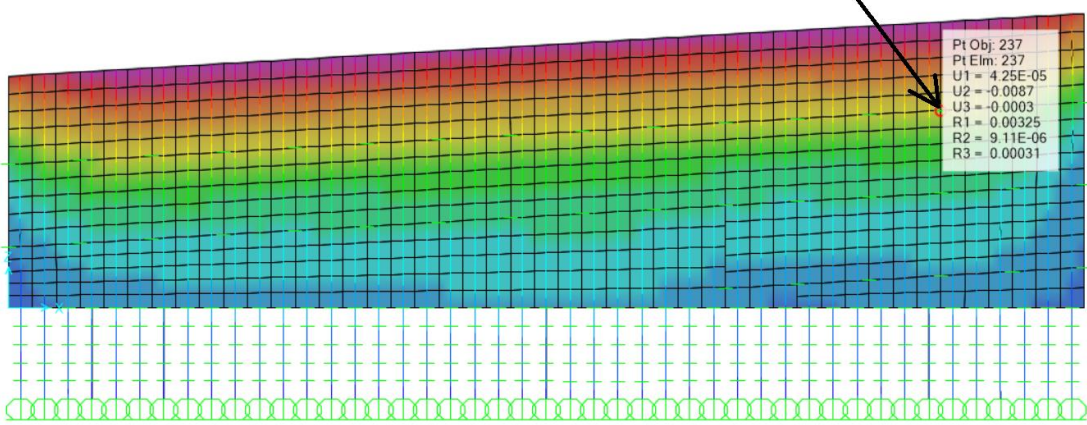
Şekil 4.75 Sert killi zeminin kuru hali için yapılmış analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman (uy) değerleri verilmektedir.

Maks yatay deplasman 10.3 mm



a) Mevcut durum doymun zemin

Maks yatay deplasman 8.7 mm



b) Projeye uygun durum doymun zemin

Şekil 4.76 Sert killi zeminin doymun hali için yapılmış analiz sonucunda elde edilen maksimum deplasman (uy) değerleri verilmektedir.

Farklı zemin tiplerine ve ankraj sayısına göre oluşturulan iki boyutlu ve üç boyutlu modellerden elde edilen yatay deplasman, aksenal kuvvet ve moment değerleri Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1 Kum zemin için analiz sonuçları.

Durum No	Durum İsmi	Maksimum Yatay Deplasman (mm)		Eksenal Kuvvet (kN)	Maksimum Moment (kNm)	
		Orta Bölgede	Üst Bölgede		Orta Bölgede	Üst (Konsol) Bölgede
1	İki ankrajlı zeminin kuru hali	2	4,5	-54,41	-15,27	83,29
2	İki ankrajlı zeminin doymun hali	2,1	4,9	-54,41	-16,46	89,79
3	Üç ankrajlı zeminin kuru hali	2	5	-54,41	41,38	83,29
4	Üç ankrajlı zeminin doymun hali	1,7	5,4	-54,41	44,6	89,77

Çizelge 4.2 Yumuşak orta killi zemin için analiz sonuçları.

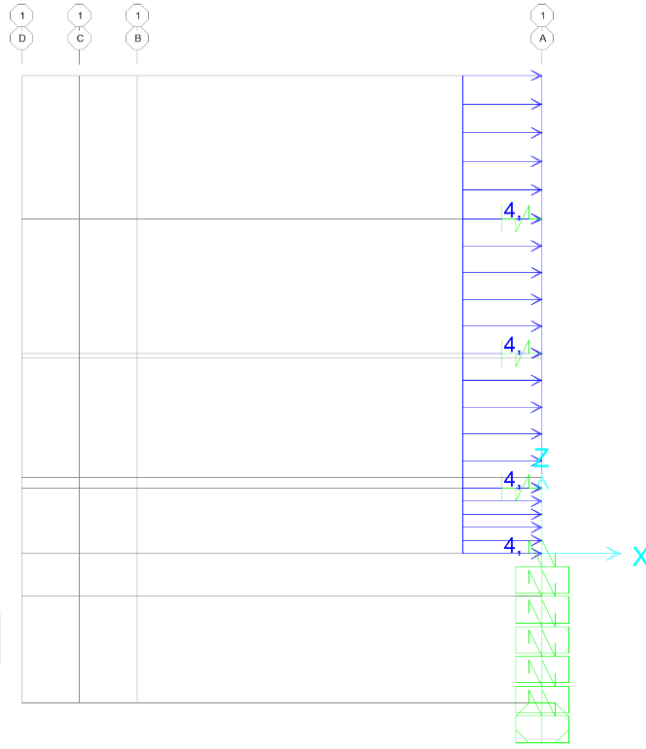
Durum No	Durum İsmi	Maksimum Yatay Deplasman (mm)		Eksenel Kuvvet (kN)	Maksimum Moment (kNm)	
		Orta Bölgede	Üst Bölgede		Orta Bölgede	Üst (Konsol) Bölgede
1	İki ankrajlı zeminin kuru hali	5,3	5,4	-54,41	-101,77	102,46
2	İki ankrajlı zeminin doygun hali	6,2	6	-54,41	-116,72	114,38
3	Üç ankrajlı zeminin kuru hali	3	6,7	-54,41	25,84	102,46
4	Üç ankrajlı zeminin doygun hali	4	6,7	-54,41	27,91	114,38

Çizelge 4.3 Çatlaklı sert killi zemin için analiz sonuçları.

Durum No	Durum İsmi	Maksimum Yatay Deplasman (mm)		Eksenel Kuvvet (kN)	Maksimum Moment (kNm)	
		Orta Bölgede	Üst Bölgede		Orta Bölgede	Üst (Konsol) Bölgede
1	İki ankrajlı zeminin kuru hali	2,4	3,2	-54,41	-46,05	57,14
2	İki ankrajlı zeminin doygun hali	2	3,4	-54,41	-50,65	60,72
3	Üç ankrajlı zeminin kuru hali	1,8	3,8	-54,41	15,56	57,14
4	Üç ankrajlı zeminin doygun hali	1,8	4,1	-54,41	15,95	60,72

Çizelge 4.4 Üç boyutlu modellerin çatlaklı sert killi zemin için analiz sonuçları.

Durum No	Durum İsmi	Maksimum Yatay Deplasman (mm)		Eksenel Kuvvet (kN)	Maksimum Moment (kNm)	
		Orta Bölgede	Üst Bölgede		Orta Bölgede	Üst (Konsol) Bölgede
1	Mevcut durum kuru zemin	6,5	17,5	-550	19,65	-100,34
2	Projeye uygun durum kuru zemin	5,2	18,2	-540	-19,10	-105,1
3	Mevcut durum doygun zemin	6,8	19,2	-605	26	-143
4	Projeye uygun durum doygun zemin	6,5	20,8	-600	-33	-144,5



Şekil 4.78 Sadece kazık kesitine gelen sürşarj yükü.

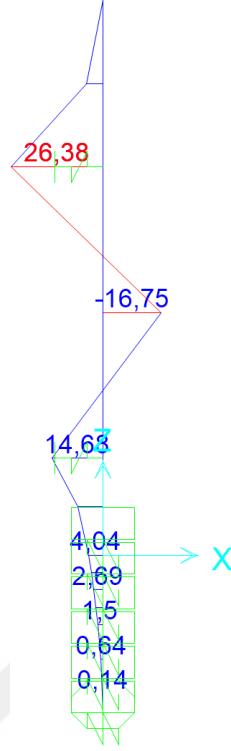
Eksenel Kuvvetin Olmadığı Eğilme Hesabı:

Dairesel kesit basit eğilmeye maruz kalan elemanlarda yaygın olarak kullanılmaz, ancak bitişik kazık duvarları gibi özel durumlarda da karşılaşılabılır. Bu durumda, analiz sonuçları, eğilme mukavemetinin, kesitin geometrisine ve çok basit bir formülle çelik donatının oranına bağlı olduğunu kanıtlamaktadır (Cosenza vd. 2010). Denklem 4.1’de maksimum eğilme momenti kapasitesi formülü verilmektedir.

$$M_{Rd} = k * M_{Rd,max} = k * \frac{A_s}{2} * f_{yd} * (2R - 2c) = k * A_s * f_{yd} * r \quad (4.1)$$

$$M_{Rd,max} = \frac{A_s}{2} * f_{yd} * (2R - 2c) = A_s * f_{yd} * r \text{ eğilme kapasitesini ifade etmektedir.}$$

Bir kazık kesitine gelen yükler altında yapılan analiz sonucunda kazıkta oluşan moment diyagramı aşağıda Şekil 4.79’da verilmektedir. Yükleme durumu zeminin çatlaklı sert killi ve kuru hali için düşünülmüştür. Elde edilen maksimum moment değeri 26,38 kNm olduğu görülmektedir.



Şekil 4.79 İki ankrajlı ve kuru zemin için moment diyagramı.

Malzeme Özellikleri:

Beton sınıfı: C30

Donatı sınıfı: S420

$f_{ck} = 30$ N/mm (Beton karakteristik basınç dayanımı)

$f_{cd} = 13.33$ N/mm (Beton tasarım basınç dayanımı)

$f_{ctd} = 1.0435$ N/mm (Beton tasarım çekme dayanımı)

$f_{yd} = 365.21$ N/mm (Donatı tasarım çekme dayanımı)

Kesit Özellikleri:

Kazık çapı (D): 30 cm

Kazık yarı çapı (R): 15 cm

Kazık aralığı (s): 0.65 m

Paspayı (pp): 0.05 m

En kesit alanı (A_c): $\pi \cdot D^2 / 4 = 0.07$ m²

Çekirdek çapı (b): 0.2

Faydalı yükseklik (d): 0.22

Çekirdek alanı (A_w): 0.03 m²

Betonarme güvenlik sayısı: 1.6

Boyuna donatı hesabı:

Maksimum Eğilme momenti (M): 26,38 kNm/m

Tasarım eğilme momenti (M_d) = $M \cdot \text{Betonarme Güvenlik Sayısı} \cdot s = 26,38 \cdot 1,6 \cdot 0,65 = 27,44$ kNm (Cosenza 2010) yaklaşık olarak $M_d = 27$ kNm diyebiliriz.

$$M_d = k \cdot A_s \cdot f_{yd} \cdot r \quad (4.2)$$

$$r = R - p_p \quad A_s = 11,2 \text{ cm}^2 \quad \text{olarak ede edilir.} \\ k = 0,75 \cdot w^{-0,13} \quad (4.3)$$

$$w = (A_s / (\pi \cdot R^2)) \cdot (f_{yd} / f_{cd}) \quad (4.4)$$

$$A_{s,\min} = 0,01 \cdot A_c = 7,07 \text{ cm}^2$$

Mevcut donatı alanı 6 Φ 16 olduğundan toplam kesit alan 12.1 cm² yapar fakat 12.1 > 11,2 olduğundan kullanılan donatı alanı yeterlidir.

Kesme donatısı (etriye) hesabı:

Seçilen etriye: Φ 10/15 cm, s: seçilen etriye aralığı

$s \leq s_{\max}$ ise 15 < 20 dolayısıyla $\text{\O}t$ sağlar ($\text{\O}t$: boyuna donatı çapı),

$s \leq 12 \cdot \text{\O}t$ 15 < 24 $\text{\O}n$ sağlar ($\text{\O}n$: etriye donatı çapı),

Fore Kazık İçin Kesme Dayanımı Kontrolü:

$V_{r,\max} = 0,85 \cdot A_w \cdot \sqrt{f_{ck}} = 4417 \text{ kN}$ (18), $V_{r,\max}$: kesit maksimum kesme kuvveti dayanımı (TBDY 2018)

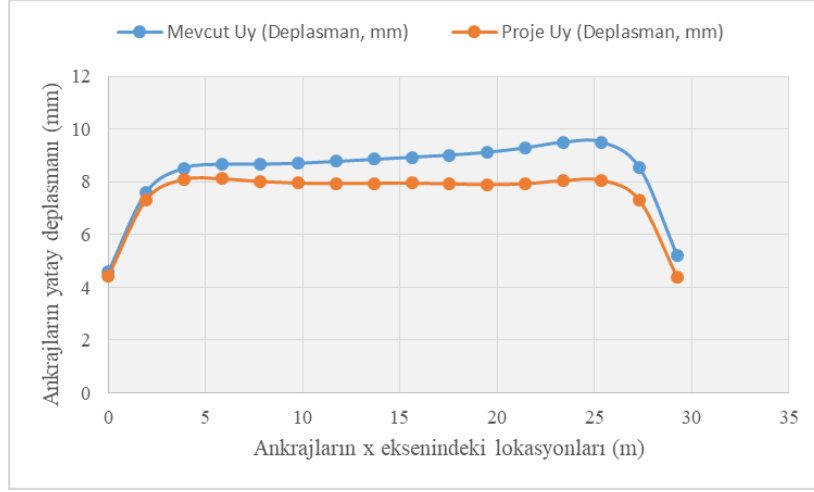
$V_c = 0,58 \cdot f_{ctd} \cdot d \cdot D = 41,7 \text{ kN}$ (19), V_c : kesme dayanımına beton katkısı

$V_w = (n \cdot A_{etr} \cdot d \cdot f_{yd}) / s = 6,59 \text{ kN}$ (20), V_w : kesme dayanımına donatı katkısı, (iki kollu etriye için $n=2$)

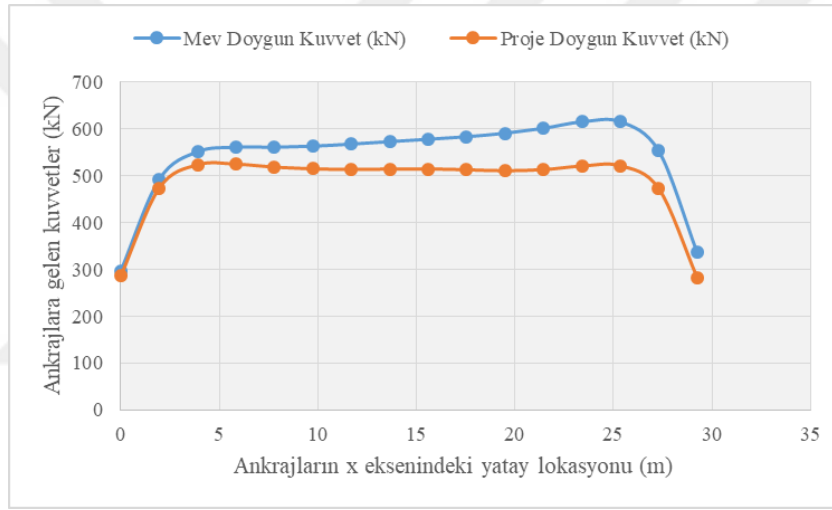
$V_r = 0,8 \cdot V_c + V_w = 40 \text{ kN}$ (21), V_r : kazık kesme kapasitesi

Perde Duvar İçin Eğilme Momenti Hesabı:

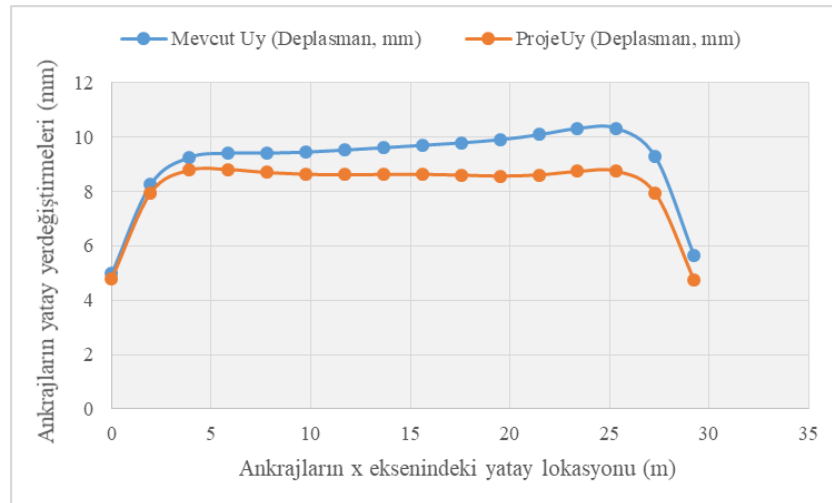
Perde duvarın kesit özellikleri ve malzeme özellikleri belirlendikten sonra mevcut durumun doğgun hali için oluşan maksimum moment etkisi altında yapılan kesit analizi sonrasında kesitin oluşan moment etkisi altında yeterli geldiği yapılan analizle belirlenmiştir. Perde duvar kesiti Şekil 4.80'de verilmektedir. Boyuna Φ 16'lık donatılar 20 cm aralıklarla olacak şekilde



Şekil 4.82 İstinat duvarının en üst kısmında ki ankrajların yatay deplasman kuru zemin için.



Şekil 4.83 İstinat duvarının en üst kısmında ki ankrajlara gelen kuvvetler doygun zemin için.



Şekil 4.84 İstinat duvarının en üst kısmında ki ankrajların yatay deplasman doygun zemin için.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR

İksa sisteminin yapılmasıyla iksa sistemine arazisinin en yakın kısmı 3,6 metre yakınında bulunan binada çatlakların meydana gelmesinden dolayı çatlaklara iksa sisteminin sebep olup olmadığı araştırılmıştır. İksa sistemin de yapısal hataların tespitinden sonra iksa sistemini mevcut durumuna göre ve projesine uygun yapılsaydı kesme kuvvetlerinde, eğilme momentinde, yatay deplasmanlarda, ankrajlara gelen kuvvetlerde ne gibi farklar oluşurdu yapısal anlamda bunlar incelenmiştir. İstinat duvarında ki gözlenen ilk yapısal hata ankrajların projesinde önerilen 2.25 metre aralıklarla yerleştirilmesi yerine istinat duvarının en kısa kısmında iki ankraj arasında ki fark 2.5 metre iken bu fark duvarın en yüksek kısmında 4.2 metreye kadar çıkması dikkatlerden kaçmamaktadır. Ayrıca projesinde var olan barbakanlar bırakılmamış olup bu da iksa sisteminin arkasında bulunan zeminin suyunu dışarı veremeyeceğinden dolayı fazladan hidrostatik yük etkisi oluşturmaktadır. Bunu hesaplara dahil etmek için zeminin kuru ve doygun olması durumlarına göre analizler tekrarlandı. Ancak yapılan analizler sonucunda iksa sisteminin yapısal açıdan güvenli olduğu söylenebilir. Elde edilen yatay deplasman, eğilme momenti altında kazık kesit tahkiki ve perde duvarda kesme kuvveti için yapılan kesit tahkikleri sonucunda yönetmeliklerde yer alan sınır değerlerin aşılmadığı görülmektedir.

- Yatay deplasman açısından yönetmeliklerde izin verilen değer duvar yüksekliğinin %0.3'ünden (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018- Çetin, 2016) daha büyük olamayacağıdır. Bu sınır değere göre elde ettiğimiz en elverişsiz durum için yatay deplasman değeri $20.8 \text{ mm} < 24 \text{ mm}$ olmuştur. Görüldüğü gibi 8 metrelik bir duvar için yapabileceği maksimum değer olan 24 mm'yi aşmamakta ve güvenli tarafta kaldığı söylenebilir.

- Ayrıca iksa yapısının mevcut haliyle projesine uygun haline göre yaptığımız analiz sonuçlarında duvarın en üst kısmında ki ankrajlarda ki yatay deplasman değişimi projeye göre yapılması durumunda yaklaşık olarak % 15-20 civarında daha az yer değiştirme yapacağını göstermektedir.
- Barbakanların konulmamasından kaynaklı zeminin kuru ve doymun durumu için yine yapılan analizler her bir ankraja gelen kuvvetler bakımından değerlendirildiğinde %10-15 arası daha fazla bir kuvvet oluştuğu gözlenmektedir.
- Eğilme momenti bakımından kazık kesit tahkiki yapıldı ve kazıkların emniyetli olduğu görüldü.
- Eğilme momenti bakımından perde duvar için kesit tahkiki yapıldı ve duvarın emniyetli olduğu görüldü.
- Ankrajlara gelen kuvvet artışı ve %15-20 civarında ki yer değiştirmeden dolayı ankraj kökü tahkiki yapılması gerekir.
- İkinci mertebe etkilerde deplasman artışına bağlı artış gösterecektir.
- Kazı sınırında ayrıca emniyetli kazı kotu aşılmış bunun etkileri geoteknik açıdan ayrıca incelenmelidir.

Yapılan incelemeler sonucunda binada meydana gelen sistemlerin iksa yapısından kaynaklanmadığı ancak iksa yapısı yapımı öncesinde şev açma tekniklerinden kaynaklanabileceği ve bundan dolayı binada farklı oturmaların oluştuğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Aksoy Ö B** (2015) Ankrajlı İksa Sistemlerinde Öngerme Kuvvetinin Kazı Davranışı Üzerindeki Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 152 s.
- Aktaş E** (2018) Konsol İksa Yapılarında Tasarım Yöntemlerinin Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hatay, 85 s.
- Altun G** (2013) Ankrajlı ve Ankrajsız Derin Kazı İksa Sistemlerinin Sayısal Yöntemler İle Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 126 s.
- Canoğulları A U** (2019) Ankrajlı Fore Kazıklı İksa Sistemlerinin Tasarımı ve Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, Toros Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin, 86 s.
- Carrubba P and Colonna P** (2000) A Comparison of Numerical Methods Formulti-Tied Walls. *Computers and Geotechnics*, 27 (2000): 117-140.
- Cosenza E, Galasso C and Maddaloni G** (2010) Simplified Assessment of Bending Moment Capacity For Rc Members With Circular Cross-Section. *3rd FIB International Congress* , 29 May - 2 June 2010, Washington, DC, USA. e-book.
- Çetin D** (2016) Performance of Soilnailed And Anchored Walls Based on Fieldmonitoring Data In Different Soil Conditions in Istanbul. *Acta Geotechnica Slovenica*, ISSN 1854-0171 1: 49-63, e-book.
- Çevik S** (2017) Çok Sıra Ankrajlı İksa Sistemlerinde Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 105 s.
- Dadaşbilge O** (2015) Ankrajlı İksa Sistemlerinin Tasarım Esasları ve Proje Uygulamalarından Örnekler. *Türkiye Mühendislik Haberleri TMH – 485* (2): 30-45.
- FHWA-IF-99-015** (1999) Ground Anchors and Anchored Systems. *Geotechnical Engineering Circular No.4, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration*, Washington DC. USA.
- Gandomi A H and Kashani A R** (2018) Automating Pseudo-Static Analysis of Concrete Cantilever Retaining Wallusing Evolutionary Algorithms. *Measurement*, 115 (2018) 104–124.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Gaudio D Masini L and Rampello S** (2018) A Performance-Based Approach To Design Reinforced-Earth Retaining Walls, *Geotextiles and Geomembranes* , 46 (2018) 470-485.
- Helvacioğlu A** (2015) Zemin Ankrajlarının Taşıma Gücü Ve İmal Yöntemlerinin Taşıma Gücüne Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 361 s.
- Krabbenhoft K** (2018) Static and Seismic Earth Pressure Coefficients For Vertical Walls With Horizontal Backfill. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 104 (2018) 403-407.
- Liu H, Hung C and Cao J** (2018) Relationship Between Arias Intensity and The Responses of Reinforced Soil Retaining Walls Subjected to Near-Field Ground Motions. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 111 (2018) 160–168.
- Silva A, Festugato L and Masuero J** (2017) A New Methodology to Assess The Structural Safety of Anchored Retaining Walls. *Thin-Walled Structures*, 117 (2017) 343-355.
- Sincil K** (2006) Ankrajlı Kazık Duvarların Sayısal Çözümlemesi: Durum Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, Atılım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 127 s.
- Sütcüoğlu M** (2010) Öngermeli Ankrajlı Bir Derin İksa Sistemi İnşaatı. *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 177 s.
- Terzaghi K, Peck R B** (1967) Soil Mechanics in Engineering Practice. A Wiley-Interscience Publication JOHN WILEY & SONS, INC. New York, USA.
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)**, 18 Mart 2018, Sayı: 30364
- Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı**, (2018) Kazı Çukurlarının Desteklenmesi İle İlgili Uyulacak Esaslar, 31.08.2018
- Uzuner B A** (2007) Temel Zemin Mekaniği, *Derya Kitabevi*, Trabzon.
- Xanthakos P P** (1991) Ground Anchors and Anchored Structures, *John Wiley and Sons*, Newyork, USA.
- Xu P and Hatemi K** (2019) Sliding Stability And Lateral Displacement Analysis of Reinforced Soil Retaining Walls. *Geotextiles and Geomembranes*, 47(4): 483-492.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Murat ASLAN, 1986 yılında Batman'da doğdu. İlköğrenimini Cengiz Topel İlkokulunda, lise öğrenimini de Batman Lisesi'nde tamamladı. 2009 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2014 yılında lisans öğrenimini bu bölümde tamamladı. 2016 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans öğrenimine başladı. Bugüne kadar birçok inşaat tamamlayan ASLAN özel sektörde saha mühendisi olarak görev yapmaktadır.

İLETİŞİM BİLGİLERİ:

E-posta: mm_aslan@engineer.com