

**T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**SUYA DOYGUN ZEMİNLERDE DERİN KAZI DESTEK
YAPILARININ ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ömer TEKİN**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı**

EYLÜL, 2023

**T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**SUYA DOYGUN ZEMİNLERDE DERİN KAZI DESTEK
YAPILARININ ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ömer TEKİN
(Y2113.090003)**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zeki GÜNDÜZ

EYLÜL, 2023

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans sunduğum “Suya Doygun Zeminlerde Derin Kazı Destek Yapılarının Analizi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakça ’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (25/09/2023)

Ömer TEKİN



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince her an yanımda olan ve her türlü soru ve sorunumda ufkumu açan, danışman hocam Prof. Dr. Zeki GÜNDÜZ'e en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Ayrıca bu güne gelmemde en büyük çaba ve emeği gösteren, her zaman yanımda olan anneme ve babama en içten dileklerimle teşekkür ederim.

İhtiyacım olduğu her an sabırla yanımda olan, yardımını hiçbir an esirgemeyen kıymetli eşime teşekkür ederim.

EYLÜL, 2023

Ömer TEKİN



SUYA DOYGUN ZEMİNLERDE DERİN KAZI DESTEK YAPILARININ ANALİZİ

ÖZET

Derin kazıların desteklenmesi, geoteknik alanında çalışan inşaat mühendislerinin ilgilendiği konuların başında gelmektedir. Derin kazıların desteklenmesinde kullanılan iksa sistemleri, yanal toprak basınçlarını karşılamak üzere yapılan yapı türleridir. Yeterli güvenliğe sahip olmayan iksalarda göçmeler sonucu; komşu yapılarda ve yollarda hasarlar meydana gelebilmektedir. İksa sistemlerinin güvenliği, yapılan kazıların stabilitesi açısından önem arz etmektedir. İksalarda oluşan yatay deformasyonlar; artan kazı derinliği ile artış göstermektedir. Yatay deformasyonlar, kazı stabilitesi ve güvenliği açısından oldukça önemlidir. Özellikle Suya doymuş killi zemin ortamlarında yapılan derin kazılardaki iksalarda, göçme riski daha yüksektir. Bu nedenle derin kazıların desteklenmesi birçok çalışmanın konusu olmuştur.

Derin kazıların desteklenmesinde genellikle fore kazıklar ile yapılan iksalar tercih edilmektedir. Kazı derinliğine bağlı olarak kazıklar ankrajlı veya konsol şeklinde yapılabilmektedir. Kazı derinliğinin fazla olduğu durumlarda ekonomik çözümler; ankrajlı veya karşılıklı destek (strut) sistemleri ile yapılmaktadır. Kazı derinliğinin az olduğu durumlarda ise konsol şeklinde çalışan kazıklar ihtiyacı karşılayabilmektedir.

Yanal toprak basınçları zemin özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Yer altı su seviyesi yüksek suya doymuş killi zeminlerde oluşan yanal toprak basınçları diğer zeminlere kıyasla daha yüksektir.

Kazıklardan oluşan iksa sistemini projelendirilmesinde etki eden başlıca unsurlar zemin özellikleri, kazı geometrisi, kullanılan kazığın malzemesi ve çapıdır.

Projelendirme için dikkate alınan zemin parametreleri kohezyon (c), zeminin kayma direnci açısı (ϕ), birim hacim ağırlık (γ) ve yeraltı su seviyesidir. Suyu doymuş kohezyonlu zeminlerde fore kazıklarla yapılacak iksa sistemlerinin projelendirilmesinde mühendisler yardımcı olmak amacıyla tasarıma etki eden zemin parametreleri, kazı derinliği ve kazık çapı inceleme konusu yapılmıştır. Projelendirmede etkisi olduğu düşünülen suya doymuş zemin özelliklerinin ve kazı derinliğinin; seçilecek kazık çapına olan etkileri sonlu elemanlar yöntemi ile araştırılmıştır. Bu amaçla modellemede Plaxis yazılımı kullanılmıştır. Modellemede suya doymuş zeminlerin kohezyon (c) değerleri 30 ile 100 kPa aralığında, içsel sürtünme açıları (ϕ) 0° ile 10° aralığında, zeminin birim hacim ağırlığı (γ) γ_n : 17 kn/m³ ve γ_d : 19 kn/m³ seçilmiştir. Kazı geometrisi olarak kazı derinlikleri 5.00 m. ile 18.00 m. aralığında seçilmiştir. İksa sisteminde kullanılacak kazık çapları ise; 0,4 m. ile 1,0 m. aralığında seçilerek analizler gerçekleştirilmiştir. Kazık için eğilme rijitliği (EI) $1,068 \cdot 10^6$ kN²/m alınarak kesişen kazık geometrisi kullanılarak gerekli analizler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analizler ile elde edilen veriler incelendiğinde; suya doymuş Suya doymuş killi zeminlerde 10.00 m ve üzeri derinliklerde yapılacak kazılarda, yatay deplasmanların arttığı ve fore kazıklı iksa sistemleri için kazıklarda ankraj gerekliliğinin yoğunlaştığı görülmüştür. Araştırma sonucunda elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve uygulayıcı mühendisler projelendirmede ılsık tutacak öneriler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dayanma Yapıları, Derin Kazı, Yanal Deplasman, Plaxis

ANALYSIS OF DEEP EXCAVATION SUPPORT STRUCTURES IN SATURATED SOILS

ABSTRACT

The support of deep excavations is one of the primary concerns of civil engineers working in the field of geotechnics. The safety of shoring systems is important for the stability of excavations. A number of problems are frequently encountered regarding excavation safety. In cases that do not have sufficient security, cave-ins occur. Neighboring structures and roads may be damaged accordingly. Especially in deep excavations in soft soils, the risk of collapse is higher. Horizontal deformations occurring in deep excavations are very important for excavation stability and safety. Therefore, the support of deep excavations has been the subject of many studies.

The most preferred application method in shoring systems used to support deep excavations is the application with bored piles. Depending on the depth of the excavation, the piles used in shoring systems can be anchored or cantilevered. In cases where the excavation depth is high, economic solutions are realized with anchored or mutual support (strut) systems. In cases where the excavation depth is less, cantilevered piles can meet the need.

Shoring systems are types of structures constructed to meet lateral earth pressures. Lateral earth pressures are directly related to soil properties. Lateral earth pressures in water-saturated clay soils with high groundwater level are higher compared to other soils.

The main factors affecting the design of the shoring system consisting of piles are soil properties, excavation geometry, material and diameter of the pile used. The soil parameters considered for design are cohesion (c), internal friction angle (ϕ), unit

volume weight (γ) and groundwater level. In order to assist engineers in the design of shoring systems to be constructed with bored piles in water-saturated cohesive soils, the soil parameters affecting the design, excavation depth and pile diameter were investigated. The effects of water-saturated soil properties and excavation depth, which are considered to have an effect on the design, on the selected pile diameter are investigated by finite element method. For this purpose, Plaxis software was used for modeling. In the modeling, the cohesion (c) values of the water-saturated soils were chosen between 30 and 100 kPa, the internal friction angles (ϕ) were chosen between 0° and 10° , the unit volume weight of the soil (γ) was chosen between (γ) γ_n : 17 kN/m³ and γ_d : 19 kN/m³ were selected. Excavation depths between 5.00 m. and 18.00 m. were selected as excavation geometry. Pile diameters to be used in the shoring system were selected between 0.4 m. and 1.0 m. and analyzed. The bending stiffness (EI) for the pile was taken as 1.068*10⁶ kN²/m and necessary analyses were performed using the intersecting pile geometry.

When the data obtained from the analyses are analyzed, it is seen that the horizontal displacements increase in excavations to be carried out at depths of 10.00 m and above in water-saturated soft soils and the anchorage requirement in piles for bored pile shoring systems is intensified. The results obtained as a result of the research are evaluated and recommendations are given to the practicing engineers to shed light on project design.

Keywords: Retaining Wall, Deep Excavation, Horizontal Displacement, Plaxis

İÇİNDEKİLER

ONUR SÖZÜ	i
ÖNSÖZ.....	iii
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xxi
I. GİRİŞ.....	1
II. İKSA UYGULAMALARI VE ÇEŞİTLERİ	9
III. HESAPLAMA YÖNTEMLERİ.....	17
IV. MATERYAL VE METOT.....	21
A. PROGRAMA SİSTEM TANITILMASI	24
V. MODELLENEN YATAY YÜKLÜ KAZIKLARDA ANALİZ SONUÇLARI.....	31
VI. YATAY YÜKLÜ KAZIKLARDA ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	39
A. 30 Kpa Kohezyona Sahip Zeminlerde İksa Kazıklarının Yer Değiştirmelerinin Değerlendirilmesi	39
B. 40 Kpa Kohezyona Sahip Zeminlerde İksa Kazıklarının Yer Değiştirmelerinin Değerlendirilmesi	44
C. 50 Kpa Kohezyona Sahip Zeminlerde İksa Kazıklarının Yer Değiştirmelerinin Değerlendirilmesi	51
D. 60 Kpa Kohezyona Sahip Zeminlerde İksa Kazıklarının Yer Değiştirmelerinin Değerlendirilmesi	59
E. 75 Kpa Kohezyona Sahip Zeminlerde İksa Kazıklarının Yer Değiştirmelerinin Değerlendirilmesi	67

F. 100 Kpa Kohezyona Sahip Zeminlerde İksa Kazıklarının Yer Değiştirmelerinin Değerlendirilmesi	75
VII. SONUÇ	87
VIII. KAYNAKÇA.....	105
EKLER.....	107
ÖZGEÇMİş.....	117



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Sistem Seçimi Aşamaları	13
Şekil 2 Plaxis 2D Sonlu Elemanlar Analiz Programı	18
Şekil 3 Düğüm noktaları ve gerilme noktaları	19
Şekil 4 Çalışma alanı (H x L)	23
Şekil 5 Plaxis programı ara yüzü	24
Şekil 6 Plaxis programı zemin tanımlama ekranı	24
Şekil 7 Plaxis programı zemin tanımlama parametre giriş ekranı	25
Şekil 8 Plaxis programı kazık tanımlama ekranı	26
Şekil 9 Plaxis programı kazık tanımlama parametre giriş ekranı	26
Şekil 10 Plaxis YASS tanımlama işlem ekranı	27
Şekil 11 Plaxis programı yass tanımlama işlemi sonrası efektif stress hesabı.....	27
Şekil 12 Plaxis programı analiz öncesi işlem basamağı belirleme ekranı	28
Şekil 13 Plaxis programı analiz işlemi sırasında bekleme ekranı	28
Şekil 14 Plaxis programı analiz çıktısı.....	29
Şekil 15 30 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	39
Şekil 16 30 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	41
Şekil 17 30 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	42
Şekil 18 40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	44

Şekil 19	40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	46
Şekil 20	40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	47
Şekil 21	50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	51
Şekil 22	50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	53
Şekil 23	50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	54
Şekil 24	50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	56
Şekil 25	60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	59
Şekil 26	60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	61
Şekil 27	60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	62
Şekil 28	60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	64
Şekil 29	75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	67

Şekil 30	75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	69
Şekil 31	75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	70
Şekil 32	75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	72
Şekil 33	75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 12m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	73
Şekil 34	100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	76
Şekil 35	100kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	77
Şekil 36	100kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	79
Şekil 37	100kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	80
Şekil 38	100kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 12m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	82
Şekil 39	100kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 14m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	83
Şekil 40	100kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 18m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	85



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1 Kazı destek yapıları kategorileri	12
Çizelge 2 Kazı destek yapısı tipleri ve tipik uygulama koşulları.....	14
Çizelge 3 Çizelge 2. açıklama notları	15
Çizelge 4 Birim hacim ağırlık değeri çizelgesi	21
Çizelge 5 Kayma direnci açışı çizelgesi.....	21
Çizelge 6 Kohezyon değeri çizelgesi	22
Çizelge 7 Kazık çapı çizelgesi	22
Çizelge 8 Yapılacak kazı miktarının çizelgesi	22
Çizelge 9 Kazı derinliği 5 m olan kazıların analiz sonuçları	32
Çizelge 10 Kazı derinliği 6 m olan kazıların analiz sonuçları	33
Çizelge 11 Kazı derinliği 8 m olan kazıların analiz sonuçları	34
Çizelge 12 Kazı derinliği 10 m olan kazıların analiz sonuçları	35
Çizelge 13 Kazı derinliği 12 m olan kazıların analiz sonuçları	36
Çizelge 14 Kazı derinliği 14 m olan kazıların analiz sonuçları	37
Çizelge 15 Kazı derinliği 18 m olan kazıların analiz sonuçları	38
Çizelge 16 30 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	39
Çizelge 17 30 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	40
Çizelge 18 30 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	42
Çizelge 19 40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	44

Çizelge 20	40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	45
Çizelge 21	40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	47
Çizelge 22	40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	48
Çizelge 23	40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 12m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	49
Çizelge 24	40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 14m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	49
Çizelge 25	40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 18m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	50
Çizelge 26	50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	51
Çizelge 27	50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	52
Çizelge 28	50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	54
Çizelge 29	50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	55
Çizelge 30	50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 12m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	57

Çizelge 31	50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 14m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	57
Çizelge 32	50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 18 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi.....	58
Çizelge 33	60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	59
Çizelge 34	60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	60
Çizelge 35	60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	62
Çizelge 36	60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi.....	63
Çizelge 37	60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 12m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	65
Çizelge 38	60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 14m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	65
Çizelge 39	60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 18m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	66
Çizelge 40	75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	67
Çizelge 41	75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	68

Çizelge 42	75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	70
Çizelge 43	75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	71
Çizelge 44	75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 12m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	73
Çizelge 45	75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 14m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	74
Çizelge 46	75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 18m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	75
Çizelge 47	100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	75
Çizelge 48	100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	77
Çizelge 49	100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	78
Çizelge 50	100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	80
Çizelge 51	100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 12m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	81
Çizelge 52	100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 14m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	83

Çizelge 53 100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 18m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi	84
Çizelge 54 Kazı derinliğine göre kritik yer değiştirme değerleri.....	103





SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simgeler/Simge	Tanım
TDBY-2018	Türkiye Deprem Yönetmeliğinde 2018
H	Duvar Yüksekliği
γ	Birim Hacim Ağırlık
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
γ_d	Suya Doygun Zemin Birim Hacim Ağırlığı
γ_{su}	Su Birim Hacim Ağırlığı
γ_n	Doğal Birim Hacim Ağırlık
γ_{sat}	Doygun Birim Hacim Ağırlık
γ_{unsat}	Doygun Olmayan Birim Hacim Ağırlık
EA	Eksenel Rijitlik
EI	Eğilme Rijitlik
ν	Poisson Oranı
D	Kazık Çapı
YASS	Yer Altı Suyu Seviyesi
c'	Efektif (Drenajlı) Kohezyon Dayanımı
ϕ	Zeminin Kayma Direnci Açısı
Göçme D.	Göçme Durumu



I. GİRİŞ

Artan göç hareketliliği özellikle büyük şehirlerde nüfus yoğunluğunu da artırmaktadır. Bu yoğunluk büyük şehirlerde konut ve barınma ihtiyacını her geçen gün daha derinden hissettirmektedir. Nüfusun yoğun olduğu şehirlerde alan ihtiyacı bodrumlu bina yapma eğilimini artırmaktadır. Bodrumlu yapılar derin kazılara odaklı tasarımları artırdığından şehirlerdeki çoğu projenin vazgeçilmezi haline gelmektedir.

Derin kazılar; yeraltı tren istasyonları, yüksek binaların bodrumları, yer altı otoparkları, alışveriş merkezleri gibi yer altı kentsel alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Derin kazıların desteklenmesi amacıyla yapılan iksalar uygun projelendirilmediklerinde, yan binaların temellerinde, duvarlarında ve zemin hareketinde önemli deformasyonlara yol açmaktadır.

Derin kazılar düşey ya da şevli şekilde yapılabilir. Kohezyonlu zeminlerde kazılar şevli veya özel durumlarda düşey yapılabilir. Fakat bitişik yapı nizamında yapılacak kazılarda yan binanın temelini altına inmesi durumunda ya da 1,75 m'den daha derin düşey kazı yapılması durumunda iksa sistemi zorunlu hale gelmektedir.

Temel yapımı için yapılan serbest kazılarda kazı kenarlarında deformasyonlar meydana gelir. Bu deformasyonlar civardaki yapılar için birtakım sıkıntılar yaratabilir. Bu amaçla kazıların desteklenmesi önemli bir konudur. Düşey yapılan kazıların destek sistemleri iksa olarak tanımlanmaktadır. Kazı derinleşip sorunlu zeminlere dönüştükçe, derin kazıların keşfi, tasarımı ve inşasında zorluklar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle derin kazı sonrası performans göz önünde bulundurularak tasarım yapılmalıdır. Derin kazı destek sistemleri, sadece sahanın değil çevredeki binalar, yollar ve mevcut altyapı gibi yapıların da güvenliğini sağlamayı amaçlar.

Derin kazılar için yapılan dayanma yapılarının tasarımında, iksa sisteminin yer değiştirme miktarı ve iksa arkasındaki zeminin oturması ve hareket şekli dikkate alınması gereken önemli bir konudur. Kazı sırasında destek sistemleri için yönetmelik ve esaslarda verilen belirli sınırlamalar, destek sisteminin tasarımında önemli bir rol oynayacaktır. Destek sistemi tasarlanırken çevredeki yapılar dikkatlice düşünülmeli ve bu yapılar için Kazı Destek Yapıları Tasarımı ve Uygulama Esasları (2022) ve TDBY (2018)'de izin verilen limitleri aşmamalıdır. Destek sisteminin yapımı esnasında kazı sahasında oluşabilecek ek hareketler dikkate alınmalıdır. Aksi takdirde, kazı çökmeye neden olabilir ve çevredeki yapılara önemli ölçüde zarar verebilir. Bu nedenle, inşaat aşamasını yönlendirmek için hem geoteknik hem de yapısal yönleri dikkate alan sayısal analizler yapılırken özel dikkat gösterilmelidir.

Suya doymuş Suya doymuş killi zeminlerde yapılan kazılarda iksa yapıları, kazı çevresinin stabilitesi açısından önem arz etmektedir. Yönetmelik ve esaslara uygun yapılmamış kazılar can ve mal kaybına neden olabilmektedir.

Yer altı su seviyesi yüksek suya doymuş zeminlerde derin kazı problemleriyle sıkça karşılaşmaktadır. Yer altı su seviyesi yüksek suya doymuş killi zeminlerde oluşan yanal toprak basınçları diğer zeminlere kıyasla daha yüksektir. Bu derin kazıların yapılmasında kullanılan iksa sistemleri genellikle fore kazıklardan oluşmaktadır. Kazıklardan oluşan iksa sistemini projelendirilmesinde etki eden başlıca unsurlar zemin parametreleri, kazı geometrisi, kullanılan kazığın malzemesi ve çapıdır. Projelendirme için dikkate alınan zemin parametreleri kohezyon (c), zeminin kayma direnci açısı (ϕ), birim hacim ağırlık (γ) ve yeraltı su seviyesidir. İksa sistemlerinin tasarımında etki eden bu unsurların tasarımda olan etkileri inceleme konusu yapılmıştır.

Bu çalışmada, iksa sisteminin tasarımında kazık çapının seçiminde zemin parametrelerinin ve kazı geometrisinin etkileri incelenmiştir. Tasarlanacak iksa sisteminin deplasmanları; Kazı Destek Yapıları Tasarımı ve Uygulama Esasları (2022) ve TDBY (2018)'nin belirtmiş olduğu sınırlı bir düzeyde olmak zorundadır. Kazık çapı ve boyu değişkenlerinin deplasman değerlerini ne kadar değiştirdiği, kohezyon değerinin ve kayma açısının ne kadar etkilediği incelenmiştir.

Modellemede kullanılan zemin özelliklerinden olan kohezyon değerleri 30 ile 100 kPa aralığında, içsel sürtünme açıları 0° ile 10° aralığında seçilmiştir. Kazı geometrisi olarak kazı derinliği 5m ile 18m aralığında seçilmiştir. İksa sisteminde kullanılacak kazık çapları 0,4 m. ile 1,0 m. aralığında seçilerek analizler gerçekleştirilmiştir. Kazık için eğilme rijitliği (EI) $1,068 \cdot 10^6$ kN²/m alınarak kesişen kazık şeklinde gerekli analizler gerçekleştirilmiştir.

İksa sisteminde kullanılan kazıkların yapacağı deplasmanlar, kazık geometrisi ve zemin özellikleri modellenerek sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanmıştır. Sonlu elemanlar yöntemini kullanan plaxis yazılımı ile bu analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler neticesinde ortaya çıkan çıktıların gösterdiği veriler yorumlanarak bu parametrelerin iksa sisteminin deformasyonuna etkileri kıyaslanmıştır.

Çalışma ile elde edilen verilerin aynı zemin şartlarında, aynı kazık boyu ve çapında çalışma yapan mühendislerle yol gösterici olması hasebiyle ve aktif literatürde temiz bilgi akışı açısından önem arz etmektedir.

Çalışmanın incelemesi yapıldığında; İlk bölüm olan giriş bölümünde çalışmanın mahiyeti ve süreçleri hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde, iksa sistemlerinin sınıflandırılması, uygulamaları ve çeşitleri hakkında bilgiler verilmiştir. Kazı destek yapıları uygulama esaslarının üzerinde durulmuştur. Çalışmanın üçüncü bölümünde, kazıkların deplasmanlarının hesaplamasında kullanılan yöntemler, programlar ve süreçleri hakkında bilgiler verilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde, kazılar ve kazıkların uygulama alanları, kazıkların tasarımı ve tasarımını etkileyen faktörler hakkında açıklamalar yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan plaxis ve mc excell programı hakkında bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde, yatay yüklü kazıklarda yapılan analizler belirtilmiş ve analiz sonuçları arasında karşılaştırmalar yapılarak incelenmiştir. Arazi araştırmaları hakkında açıklamalar yapılmıştır. Altıncı bölümü sonuç ve öneriler bölümüdür, elde edilen veriler neticesinde sonuçlar irdelenmiş olup tavsiyeler verilmiştir.

Derin kazılar ve dayanma yapıları üzerine yapılmış çalışmaların incelenmesi çalışmanın doğruluğu ve örnekliği açısından çok önemlidir. Başlıca bu konuda yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Peck, derin kazıları inşaat sırasında desteklenmesi gereken yapılar olarak ifade etti. Araştırmasında kazı derinliğinden, toprak oturma miktarından ve kazı arkasındaki toprağın eğiminden kaynaklanan yanal hareketlere incelemiştir. Bir kazı aynasının arkasındaki yerleşimleri tahmin etmek için Peck tarafından önerilen bir eğri oluşturulmuştur. Peck'in yaklaşımında, kazı tabanının düşey deformasyon miktarı kazının derinliğine, zemin tipine ve sert zemin tabakasının derinliğine bağlıdır.

Mana ve Clough tarafından yapılan bir çalışmada, 11 farklı kazıdaki yatay deformasyonun gözlemsel sonuçları, kazı derinliğinin yüzdesi ve en yüksek yatay deformasyon miktarı, kazı tabanının güvenlik faktörünün bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada, kazı tabanı güvenlik katsayısı 3,5'ten büyük olan sistemlerde yatay deformasyonun kazı yüksekliğinin %0,25 ile %0,5'i arasında değiştiği bulunmuştur.

Clough ve O'Rourke, yumuşak ve orta derecede sert killerde duvarların yanal deformasyonunu, sistem sertliği ve taban genleşme katsayısının bir fonksiyonu olarak belirlemiştir. Clough ve O'Rourke, katı ve çok katı killerde ve kumlarda bir kazı destek sisteminin yatay deformasyonunun kazı yüksekliğinin yaklaşık %0,2'si kadar olduğunu belirtmişlerdir. Bu değerin kazı mesnet derecesinin rijitliğine bağlı olarak %0,7'ye kadar çıkabileceğini vurgulamışlardır.

Ou ve ark. maksimum yatay duvar hareketinin kazı derinliğinin %0,2 ila %0,5'i olduğunu öne sürmüştür.

1996 yılında İngiltere'de yapılan bir çalışmada Fernie ve Suckling, destek sistemlerindeki maksimum yatay hareket değerlerinin bir madenin derinliğinin %0,15 ila %0,2'si arasında değiştiğini belirlemiştir.

Wong ve ark. 1997 Singapur Merkez Karayolu II. Aşama projesinin bir parçası olarak, genel zemin profili, besleyici toprakların altında yatan Suya doymuş killi zeminlerden ve yıpranmış kayalardan oluşuyordu. Bu çalışmada zemin yumuşaklığı ve sertliği ile ilgili iki farklı pozisyon ele alınmıştır. Birinci konuda, Suya doymuş killi zemin tabaka kalınlığı kazı derinliğinin %60'ından az olan zemin grubunda, ikinci konuda ise Suya doymuş killi zemin tabaka kalınlığı kazı derinliğinin

%60'ından çok olan zemin grubunu içerir. Çalışma sonucunda, Suyu doygun killi zemin kalınlığı kazı derinliğinin %60'ından az olan zeminlerde oluşan dayanma yapılarının yanal yer değerlerinin %0,35'den daha az olduğu görülmüştür. Suyu doygun killi zemin kalınlığı kazı derinliğinin %90'ından az olan zeminlerde ise toplam yanal yer değiştirmenin %0,5'in altında olduğu sonucuna varıldığı görülmüştür. Ayrıca çalışma, derin kazı destek elemanlarının yer değiştirmeler üzerindeki etkisini keşfetmeye çalışmıştır. Bu bağlamda ankrajlı ve çaprazlı destek sistemleri karşılaştırılmıştır. Ankrajlı sistemde mesnet elemanının frekans ve ön germe yüklerinden kaynaklanan maksimum yer değiştirmelerin mesnet elemanı ile desteklenen sistemlere göre daha küçük olduğu gözlenmiştir.

Rahmani ve ark. bu çalışmada Adana, Mersin ve Yalova'da tamamlanan üç projeye dayalı olarak yüksek su tablalı zeminlerdeki iksa sistemlerini analiz etmişlerdir. Analizler sonlu elemanlar yöntemine dayalı PLAXIS 2D v8.6 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Adana sahasında su tablasını sabit tutmak için serbest uzunluk, mesnet olarak kullanılan ankraj sayısı ve iksa sistemine bitişik yapılardan kaynaklanan yayılı yükler incelenmiştir. Analiz, iksa sisteminin stabilitesinin ankrajların sayısına, açısına ve uzunluğuna bağlı olduğunu göstermiştir. İkinci bir örnek olarak Yalova iksa sistemi ve bitişik farklı eğimlere sahip tepe şevleri incelenmiştir. İksa sistemine bitişik şev eğim açısının iksanın yatay yer değiştirmesini etkilediği sonucuna varılmıştır. Yeraltı suyunun iksa sistemlerinin stabilitesini etkilediği bilinmektedir. Yeraltı suyu tablası yüzeye yaklaştıkça yatay yer değiştirme artmıştır. İksa sistemi hesaplanırken yeraltı suyunun dikkate alınması tavsiye edilir. Üçüncü bir örnek olarak ise Mersin'in örnek projesi, yüzeye yakın yeraltı suyu tablası için bir iksa sistemini ele almaktadır. 2 sıra enine iksa ve 1 sıra ankraj iksa analizleri için ortaya çıkan yatay yer değiştirmeler kabul edilebilir sınırlar içindedir, ancak 3 sıra iksa analizine kıyasla yatay yer değiştirmeler çok büyüktür. Bu çalışma çerçevesinde, yeraltı suyu seviyesi ile yatay göçme arasındaki ilişki araştırılmıştır. Yeraltı suyunun varlığının zemin parametrelerini olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir.

Bülbül ve arkadaşları yayınladıkları bu çalışmada mevcut binanın kuzeyindeki eski bina yenileme ve güzelleştirme programı kapsamında yenilendiğinden, binanın güvenliğini sağlamak için gerekli önlemlerin alınması için Plaxis v.8.2 yazılımı

kullanılarak iksa sistemi tasarlanmıştır. İksa sistemi olarak kazılmış bir cephe seçilmiştir. Ayrıca iksa sisteminin kurulduğu zeminin elastisite modülü ve kohezyon değerleri kontrollü bir şekilde değiştirilerek zemin parametrelerinin deformasyon ve kesit üzerindeki etkileri incelenmiştir. Zemin Ekspertiz Raporu verilerinin planlama için ne kadar önemli olduğunu, değişikliklerin neden kaynaklandığını ve bu değerlerin belirlenmesinde gerekli hassasiyetin gösterilmemesi halinde sonuçlarının ne olacağını değinilmiştir.

Ş. Seyhan yapmış olduğu çalışmada, yük taşıyan yapılar için kayma, devrilme ve toplam çökme güvenlik faktörü değerlerini tahmin etmek için özellikle makine öğrenme yöntemlerini dikkate almaktadır. Ayrıca tahmin edilen değerleri oluşturan denklemi de belirleyerek yeni bir matematiksel model oluşturmuştur. Matematiksel model oluşturma işlemi polinom regresyon yöntemi kullanılarak elde edilen modeldeki matematiksel ifadelerin çıkarılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Model doğrulama ve model karşılaştırması için, gradyan destekli regresyon ağaçları, karar ağaçları, K-en yakın komşu algoritmaları ve rastgele orman algoritmaları tarafından elde edilen tahminler, gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Tahmin hatası oranı şu ölçümler kullanılarak ölçülüp: ortalama karesel hata, ortalama karesel hata ve ortalama mutlak hatalar belirlenmiştir. Ayrıca tahmin edilen ve gerçekleşen değerler arasında dağılım grafiği oluşturulduğunda korelasyon katsayısının değerinin 1'e çok yakın olduğunu gözlemlenmiştir. Bu nedenle elde edilen matematiksel modelin, taşıyıcı yapıların güvenlik sayıları değerinin belirlenmesinde önemli ve pratik bir çözüm olabileceği düşünülmektedir. Yük taşıyan yapılar bu makalenin tipik bir uygulama alanı olduğundan, matematiksel model oluşturma süreci genelleştirilmiş ve diğer fiziksel problemler için de kullanılabilir. Matematiksel model oluşturma, python programlama dili kullanılarak geliştirilmiş bir Python paketi olarak mevcuttur. Bu, kullanıcıların fizik problemlerinin veri kümelerine dayalı matematiksel modeller için formüller geliştirmesine olanak tanımaktadır. Geliştirilen model elektronik tablo olarak kullanıcıya sunulmuştur.

A. Çınar ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada ayrılmış kumtaşı birimlerinde derin kazılarda uygulanan çivi destek sisteminin davranışı arazi modeli deneyleri kullanılarak çalışılmıştır. Arazi modeli deneyi, test sahasında gerçekleştirilen geoteknik çalışmalardan belirlenen kaya özellikleri dikkate alınarak limit denge ve

sayısal analiz ile tasarlanmıştır. Bu tasarıma göre derin kazı yataya 85° açıyla düşeyde 5 sıra, yatayda 7 sıra çivi ile desteklenerek yapılmıştır. Çiviler 14 mm çaplı nervürlü yapısal çelikten yapılmış, 15° yatay açıyla imal edilmiş 13 cm çapındaki matkap uçlarına yerleştirilmiş ve enjekte edilmiştir. Deneyde kademeli olarak kazının son seviyesine kadar kazı yapılmış, ölçüm cihazları kullanılarak kesitin durumu gözlemlenmiş ve kazının son aşamasında kesite ek yük uygulanmıştır. Çivi başına yerleştirilen yük hücreleri, çivi gövdesine kaynaklanan gerinim ölçerler, dikey eğimölçerler ve püskürtme beton kaplama üzerine yerleştirilen optik reflektörler ile özel gözlemler yapılmıştır. Test sonuçlarının daha iyi değerlendirilebilmesi için, üzerine gerinim ölçer yerleştirilen 28 mm çapındaki çelik yapısal saplama elemanı üzerinde soyulma testleri yapılmış ve püskürtme beton üzerinde serbest basınç testi yapılmıştır. Ek yüklerin etkisi altındaki kazı aşamaları ve ekipman izleme sonuçları çizelge ve çizimler kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmelere dayanarak, çivilerin aşınmış kaya oluşumlarına güvenli bir şekilde yerleştirilebileceği ve çivi destekli kazı tasarımının yerel ve genel stabilitesinin son derece güvenli kaldığı sonucuna varılmıştır.



II. İKSA UYGULAMALARI VE ÇEŞİTLERİ

İksa sistemleri destek yapı ömürlerine göre 2'ye ayrılarak incelenir. İlki geçici destek yapısı olan sistemlerin ikincisi ise kalıcı destek yapılarıdır.

- Geçici Destek Yapısı:

Gerekli stabilite ve sınır koşullarının garanti edilmesi için üzerine etkiyen tüm yükleri iki yıla kadar emmesi amaçlanan geçici bir teknik işlevsel yapıdır. İki yıl sonra tüm yükler ve fonksiyonlar yapının önüne dikilmiş bir bina veya bina benzeri yapıya aktarılmış olur ve yapı görevini yerine getirmiş kabul edilir. İki yıllık süre, tasarım aşamasında gerekli önlemlerin alınması halinde en fazla üç yıla kadar uzatılabilir. Herhangi bir nedenle geçici bir destek yapısının uzun süre muhafaza edilmesi gerekirse, alınacak yapısal ve idari önlemler Bölüm 2.13 ve 4,8'de belirtilmektedir.

- Kalıcı Destek Yapısı:

Üzerine etkiyen tüm yükleri gereken stabilite emniyetini ve sınır koşullarını sağlamak şartıyla, en az destek yapısının uygulandığı kazı çukurunda inşa edilen bina ya da bina türü yapının ömrü boyunca taşımak üzere projelendirilmiş, kalıcı fonksiyonlu mühendislik yapısıdır.

İksa sistemleri yatay ve düşey elamanları incelendiğinde;

- Düşey Elemanlar

Fore Kazık: Foraj (delgi) yöntemi ile açan düşey kuyular içine önceden hazırlanmış donatı kafesi yerleştirilip tremi tekniğiyle hazır beton dökülerek teşkil edilen betonarme elemandır.

Mini Kazık: Foraj (delgi) yöntemi ile 300 mm veya daha küçük çapta açılan düşey kuyular içine yerleştirilen çelik veya betonarme elemandır.

Betonarme Perde: Kısa vadede kendini tutabilen zemin veya kaya aynalarında yatay ve düşeyde donatı sürekliliği sağlanacak şekilde, tek yüzlü kalıp ile oluşturulan, yukarıdan aşağıya doğru inşaa edilen yerinde dökme betonarme elemandır.

Püskürtme Beton Perde: Kısa vadede kendini tutabilen zemin veya kaya aynalarında yatay ve düşeyde donatı sürekliliği sağlanacak şekilde, uygun özellikli pompa ile beton püskürterek oluşturulan, yukarıdan aşağıya doğru inşaa edilen betonarme elemandır.

Kuyu Perde: Düşey saft kazısı tekniğine göre ahşap destekli olarak elle kazılan bir kuyunun içinde tek yüz kalıpla yukarıdan aşağıya doğru imal edilen betonarme elemandır.

Diyafram Duvar: Hidrolik veya mekanik kaşık (grab) veya hidrolik freze (c'tter) ile bağımsız anolar halinde kazılarak delgi sıvısı ile desteklenen kuyular içine dışarıda imal edilmiş donatı kafeslerinin indirilmesi ve tremi yöntemi ile betonlanması şeklinde imal edilen betonarme elemandır.

Palplans: Uzun kenarlarından birbirine lamba-zivana sistemiyle geçirilerek zemine çakılmak suretiyle uygulanan, kısmen su geçirimsizlik özelliği taşıyan, farklı kesitlerde hazır çelik profil elemandır.

Çelik Boru Kazık: Aktarılan yükün büyüklüğü, zemin ve çevresel koşullara bağlı olarak tercih edilen, genellikle darbeli çekiçler ile zemin kaya (veya sualtı) içine sürülen, donatılı veya donatısız olarak imal edilen kompozit elemandır.

CFA (Continuous Flight Auger Kazık Sürekli Burgu Kazık-SBK): Kazık imalatında ve zayıf zeminlerde uygulanan, uzun, helezonik ve sürekli bir burgu (auger) ile delgi boyunca kazık alt ucuna kadar aynı yinde çevrilerek kazısı yapıldıktan sonra, CFA burgu matkabının ortasında yer alan boşluktan basınçlı olarak kuyu içine beton pompalanması ve projede olması halinde dışarıda imal edilmiş donatı kafeslerinin vibrasyonla (veya vibrasyonsuz) indirilmesi şeklinde imal edilen betonarme elemandır.

DSM (Deep Soil Mixing) Kolon: Kanat-burgu monte edilmiş delici-karıştırıcı ekipmanlar ile zeminin delinerek, çimento enjeksiyonu ve yerindeki zeminin karıştırılmasıyla elde edilen zemin çimento kolonudur.

- Yatay Elemanlar

Ön germeli Ankraj: Zeminde veya kaya da yapılan delgi kuyusu içine çelik çekme elemanı (halat veya çubuk) yerleştirilip kuyunun içi dipten yukarıya doğru genellikle çimento şerbeti ile doldurulmak suretiyle imal edilen, kök bölgesi ve serbest bölgeden oluşan ve öngerme yükü uygulanan, sadece eksenel çekme yüküne çalışan taşıyıcı elemandır.

Zemin Çivisi (Pasif ankraj): Zeminde veya kaya da yapılan delgi kuyusu içine çelik çubuk yerleştirilip kuyunun içi dipten yukarıya doğru genellikle çimento şerbeti ile doldurulmak suretiyle imal edilen, boşluk alma amacı dışında çok az öngerme uygulanan veya hiç uygulanmayan taşıyıcı elemandır.

Geçici Ankraj: Herhangi bir özel tedbir alınmadıkça proje ömrü en çok 2 yıl, Geoteknik Sorumlu tarafından proje raporunda ve proje çizim paftalarında açıkça belirtilecek ve yeterliliği hesapla gösterilecek özel tedbirlerle ömrü en çok 3 yıl olan ankraj elemanıdır.

Kalıcı Ankraj: Proje ömrü en az desteklediği kazı çukuru içinde inşa edilen yapının proje ömrü kadar olan ankraj elemanıdır.

İç Destek: Kazı çukurunu destekleyen düşey elemanlar arasında çukurun iç kısmında karşıdan karşıya veya diyagonal olarak yerleştirilen ve bu şekilde düşey elemanların desteklenmesinde kullanılan, çelik boru, profil veya betonarme kesitli taşıyıcı elemandır.

- Birleştirme Elemanları

Başlık Kirişi: Birbirlerinden bağımsız olarak ve aralarında herhangi bir yapısal bağlantı olmadan inşa edilmiş düşey kazı destek elemanlarının yatay toprak basınçlarına karşı birlikte hareket etmeleri amacı ile düşey elemanların üst kısımlarını birleştirecek şekilde inşa edilen, çelik veya betonarme kiriş elemanıdır.

Kuşak Kirişi: Birbirlerinden bağımsız olarak ve aralarında herhangi bir yapısal bağlantı olmadan inşa edilmiş kazı destek elemanlarının, yatay toprak basınçlarına düşey elemanlarla birlikte karşı koyabilmesi amacıyla düşey elemanların önünde inşa edilen, çelik veya betonarme kiriş elemanıdır. Betonarme perde ve püskürtme beton perdeler, gerektiğinde kazıkların önünde imal edilmek suretiyle hem düşey eleman hem de birleştirme elemanı olarak kullanılabilir.

• **Kazı Destek Yapısı Kategorileri**

Kazı Destek Yapıları, taşıdıkları risk ile projelendirme ve uygulama zorluğu bakımından çeşitli kriterler göz önünde bulundurularak üç (3) kategoriye ayrılmıştır. Kazı Destek Yapısı Kategorileri, kazı derinliği, yeraltı suyu varlığı, kazı derinliği boyunca bulunan zemin cinsi, komşu yapı uzaklığı, toplam cephe plan uzunluğu, yapı ömrü ve yatay eleman mevcudiyetine göre Çizelge 1’de belirtilmiştir.

Çizelge 1 Kazı destek yapıları kategorileri

Kazı Destek Yapıları Kategorileri			
Kriterler	Kategori-1	Kategori-2	Kategori-3
Kazı Derinliği (H)	0 - 7 m	<7 - 25 m	> 25 m
Kazı Taban Seviyesi Üzerinde Yeraltı Suyu Varlığı	yok	her durumda	her durumda
Zemin Cinsi	Kaya Sıkı – Çok Sıkı Kum/Çakıl Katı – Sert Kil	Toplam kalınlığı 2 m’yi geçen kontrolsüz dolgu, bitkisel toprak ve organik zeminler hariç hepsi	hepsi
Komşu Yapı Uzaklığı (d)	$d > H$	her durumda	her durumda
Toplam Cephe Plan Uzunluğu	0 - 200 m	her durumda	her durumda
Yapı Ömrü	geçici/kalıcı	geçici	geçici / kalıcı
Yatay Elemanlar	yok	her durumda	her durumda

- Sistem Seçimi Aşamaları

Sistem seçimi aşağıda belirtilen adımlara uygun olarak yapılmalıdır.

Adım 1: Kazı destek yapısı ihtiyacının tanımlanması: Kazı destek yapısının geometrik verileri (yüksekliği, uzunluğu) ve ömrü (kalıcı / geçici) belirlenmelidir. Yeterli yer varsa şevli kazı alternatifi araştırılmalıdır.

Adım 2: Saha koşullarının / kısıtlarının belirlenmesi: Proje gereklilikleri tanımlanır (saha ön incelemesi, yeraltı suyu varlığı, komşu yapılara yakınlık, mevcut altyapı varlığı, iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesi vb.). Saha incelemesi sonrasında bazı kazı destek yapısı tipleri elenir ve gerekli zemin araştırmalarının kapsamının belirlenmesine yönelik bilgiler toplanır.

Adım 3: Destek yapısı tipi alternatiflerinin değerlendirilmesi: Kalan kazı destek yapısı tipleri için proje gereklilikleri detaylandırılır ve maliyet, projelendirme, performans ve inşaat açısından kabul kriterleri belirlenir.

Adım 4: Kabul edilebilir kazı destek yapısı tiplerinin seçimi: Geoteknik veriler, maliyet analizleri ve proje gereklilikleri dikkate alınarak seçilen kazı destek yapısı tipleri içerisinde karar verilen tipin detay hesaplan yapılarak uygulama projeleri, teknik şartnamesi ve ihale dokümanları hazırlanır. Bu adımlar bir akış diyagramı şeklinde aşağıda Şekil 1'de gösterilmiştir



Şekil 1 Sistem Seçimi Aşamaları

Çizelge 2 Kazı destek yapısı tipleri ve tipik uygulama koşulları

Destek Yapısı Tipi	Yapım Tekniği	Zemin Cinsi	Kazı Derinliği (m) (14)			Düseylik Toleransı (4)		Yatay Deplasman (5)	Su Geçirimsizliği	Kalıcı Kullanım
			Kuruda		YASS altında					
			Konsol (2)	Yatay Destekli (6)	Yatay Destekli (6)	Tipik	En iyi (3)			
Palplanşlı Destek Yapısı	Çakma	Kaya hariç tüm zeminler	< 5 m	< 12 m	10m'ye kadar	1/75	1/100	orta	iyi	var
Berlin Duvarı (King Post)	Foraj (delgi) veya çakma	Tüm zeminler ve kaya	< 4 m	< 15 m	Uygulanmaz	1/75	1/75	yüksek	yok	yok
Zemin Karıştırma Duvarı (Soil Mixed Wall)	Jetgrout veya mekanik karıştırma	Kaya hariç tüm zeminler, tercihen iri daneli zeminler	< 4 m	10 m'ye kadar	5 m'ye kadar	1/75	1/100	orta	iyi	sınırlı
Ankrajlı BA Perde	Anolu açık kazı ve tek yüz kalıplı perde	Kaya ve sert kil (9)	Uygulanmaz	20 m'ye kadar	Uygulanmaz	1/100	1/150	orta-yüksek	yok	ek önlemle (7)
Kuyu Perde	İksalı elle kazı ve tek yüz kalıplı perde	Kaya	< 7 m	20 m'ye kadar	Uygulanmaz	1/100	1/150	orta-yüksek	yok	var
Zemin Çivili Destek Yapısı	Anolu açık kazı ve kalıpsız püskürtme beton perde	Kaya ve ara kazı kademelerinde stabilitesini koruyan zeminler (12)	Uygulanmaz	30 m'ye kadar (10)	Uygulanmaz	Şevli imal edildiğinden düzeylik toleransı aranmaz		yüksek	yok	var (7)
Mini Kazıklı Destek Yapısı	D<30cm foraj	Kaya ve ara kazı kademelerinde stabilitesini koruyan zeminler (12)	Uygulanmaz	20 m'ye kadar (11)	Uygulanmaz	1/75	1/100	orta	yok	yok
Aralıklı Kazıklı Destek Yapısı	Sürekli Burgu Kazık (CFA)	Tüm zeminler ve kaya	< 7 m	16 m'ye kadar	Uygulanmaz	1/75	1/100	az-orta	yok	ek önlemle (7)
	Foraj	Tüm zeminler ve kaya	< 7 m	25 m'ye kadar	Uygulanmaz	1/75	1/125	az-orta	yok	ek önlemle (7)
Kesişen Kazıklı Destek Yapısı	Donatısız kazık için SBK (CFA), donatılı kazık için foraj	Tüm zeminler ve kaya	< 7 m	16 m'ye kadar	10 m'ye kadar	1/75 (1)	1/100 (1)	az-orta	iyi	var (8)
	Donatılı ve donatısız kazık için foraj	Tüm zeminler ve kaya	< 7 m	25 m'ye kadar	15 m'ye kadar	1/75 (1)	1/125 (1)	az-orta	iyi-çok iyi	var (8)
Diyafram Duvar	Mekanik Grab	Tüm zeminler ve kaya	< 8 m	25 m'ye kadar	15 m'ye kadar	1/75	1/100	az	iyi-çok iyi	var (8)
	Hidrolik Grab	Tüm zeminler ve SBD<3.0 MPa olan kayalar (13)	< 8 m	35m'ye kadar	25 m'ye kadar	1/100	1/150	az	çok iyi	var
	Freze (Cutter)	Tüm zeminler ve kaya	< 8 m	> 35 m	> 40 m	1/150	1/400	az	çok iyi	var

Çizelge 3 Çizelge 2. açıklama notları (Kazı destek yapıları uygulama esasları 2023)

(1) Kesişen kazıklı duvarların su geçirimsizliği sağlayacağı derinlik kesişme miktarına (tipik olarak 15 - 20 cm), kullanılan kazık makine ve ekipmanının özelliklerine ve karşı koyulması gereken hidrostatik basınç değerine bağlıdır. Projedeki kesişme miktarı, mevcut ekipmanla sağlanabilecek düşeylik toleransına göre, kazık boyunca hiç bir yerde 15 cm'in altına düşmeyecek şekilde seçilmelidir.
(2) Konsol uygulamalar için verilen kazı derinlikleri takribi değerler olup projelendirme sırasında yapılacak hesaplarla deplasman kriterleri de dikkate alınarak belirlenmelidir.
(3) En iyi düşeylik toleransına göre proje hazırlandığı takdirde, bu toleransın aşılmadığı uygulama sırasında özel ekipmanlar kullanılarak yapılacak aletsel ölçümlerle gösterilmelidir.
(4) Belirli bir derinlikteki toplam yatay sapma, tabloda verilen düşeylik toleransı ile derinliğin çarpılarak bulunan değere plandaki başlangıç sapması ilave edilerek bulunur. Plandaki başlangıç sapmasını azaltmak için, diyafram duvar ve kesişen kazıklı duvar uygulamalarında zorunlu olan, kılavuz duvarı kullanılabilir. Plandaki başlangıç sapması seçilen düşey elemanla ilgili uygulama standartlarında verilmiştir.
(5) Deplasman tahkikleri hesapla yapılmalı ve ölçümle teyit edilmelidir.
(6) Yatay destek tipleri Uygulama Esasları içinde tariflenmiştir.
(7) Kalıcı özellikleri haiz ankraj veya zemin çivisi kullanılması, yapı ömrü boyunca periyodik aletsel gözlem ve bakımların yapılması kaydıyla mümkündür.
(8) Kazıkların önünde yüzey kaplaması yapılarak uzun vadeli su geçirimsizliği sağlanması ve ek yerlerindeki muhtemel kusurlar nedeniyle kazıkların arasından toprak dökülmesinin önlenmesi kaydıyla kalıcı kullanım mümkündür. Aynı tedbir mekanik grab ile yapılan diyafram duvar uygulamalarında da alınacaktır.
(9) Perdenin, uygulama sırasında altı kazıldığında hesapla öngörülenden daha fazla düşey ve yatay deplasman yapabileceği göz önüne alınarak gerekli projelendirme ve inşai önlemler alınmalıdır.
(10) Düşeyde en çok 15 m'de bir en az 2.5 m genişliğinde yatay palye yapılacaktır. Duvarın yatayla açısı, özel tedbir alınmadıkça, 80 dereceyi geçmeyecektir.
(11) Boyuna donatıda bindirmeli ek olmaması için mini kazık boyu 12 m'yi aşmamalı, bu doğrultuda kazı derinliği tek palyede 10 m'den fazla olmamalıdır.
(12) Sert kil ve kaya dışındaki zeminlerde uygulanamaz.
(13) SBD: Serbest basınç dayanımı
(14) Tabloda verilen kazı derinliği limitleri standart makine/ekipman ile yapılan uygulamalar için geçerlidir. Düşeyden sapma miktarını ölçebilen özel donanıma sahip makine/ekipman kullanıldığı ve hesapla da herhangi bir stabilite kaybına yol açmayacağı gösterildiği ve bunların saha ölçümleriyle de teyit edildiği durumlarda yukarıda verilen kazı derinlikleri arttırılabilir.



III. HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

İksa sisteminde kullanılan kazıkların yapacağı deplasmanlar, kazık geometrisi ve zemin özellikleri modellenerek sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanmıştır. Sonlu elemanlar yöntemini kullanan plaxis yazılımı ile bu analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler neticesinde ortaya çıkan çıktıların gösterdiği veriler yorumlanarak bu parametrelerin iksa sisteminin deformasyonuna etkileri kıyaslanmıştır.

- Sonlu elemanlar metodu

Sonlu elemanlar metodu; Düzensiz geometriler, karmaşık mesnet koşulları dahil olmak üzere farklı yükler altındaki problemleri aynı anda çözmek ve alt problemlere bölmek yerine, bu problemlerin çözümleri toplanır ve sunulur. Bu sürece ayırıştırma denir ancak bu küçük sorunların karşılıklı bağımlılıkla çözüldüğünü unutmamalıdır. Bağlantı noktaları aynı zamanda düğümlerdir.

Avantajları

Sonlu elemanlar yönteminin diğer yöntemlere göre avantajlarını özetler;

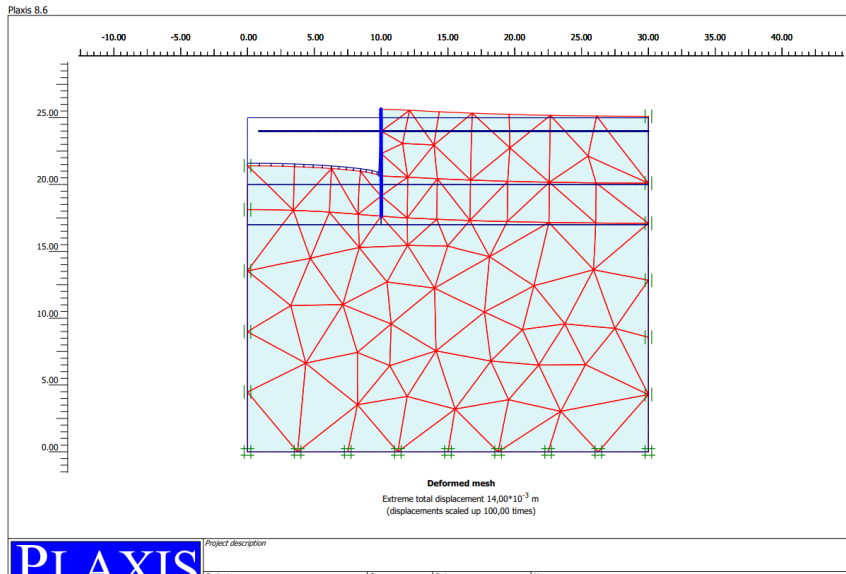
- Farklı malzeme ve geometrilere sahip nesnelerin modellenmesi,
- Çeşitli mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılabilir,
- Karmaşık yük ve mesnet koşullarıyla başa çıkabilme,
- Doğrusal olmayan davranışın modellenmesi,
- Statik yüklere ek olarak, harici yükler de dinamik olarak seçilebilir.

Dezavantajları

- Sonuçların doğruluğu, veri girişinin doğruluğu ile doğrudan ilişkilidir.
- Ayırıştırma, kullanıcı deneyimi gerektirir.
- Yaklaşık sonuçlar verir.

- Plaxis 2D Sonlu Elemanlar Analiz Programı

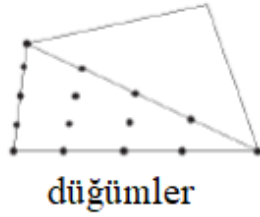
Plaxis 2D, geoteknik mühendisliğinde deformasyon analizi, stabilite analizi ve yer altı suyu akışının analizi için geliştirilmiş iki boyutlu bir sonlu elemanlar programıdır. Plaxis ilk olarak 1987 yılında Delft Teknoloji Üniversitesi tarafından Hollanda’da geliştirilmiştir. Programın amacı, Hollanda ovalarının Suyu doygun killi zeminlerindeki nehir dolgularını analiz edecek iki boyutlu kullanımı kolay bir program geliştirmektir. Daha sonraları Plaxis, geoteknik mühendisliğinin farklı birçok alanında kullanılacak şekilde genişletilmiştir.



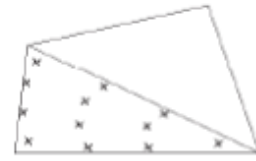
Şekil 2 Plaxis 2D Sonlu Elemanlar Analiz Programı

Günümüzde kazı, baraj ve tünel gibi geoteknik yapıların tasarımında kullanılan Plaxis, hem düzlem şekil değiştirme hem de eksenel simetrik modeller ile deformasyonları, zemin gerilmelerini, yapısal kuvvetleri, su akışını ve basınçlarını hesaplar. Plaxis programında plane strain (düzlem şekil değiştirme) ve axisymmetric (eksenel simetrik) olmak üzere iki farklı model bulunmaktadır. Plane strain modeli, üniform bir kesite ve buna karşılık gelen gerilme durumuna sahip geometriler için kullanılır. Z yönündeki deplasman ve şekil değiştirmelerin sıfır olduğu varsayılır. Axisymmetric model ise üniform radyal kesite sahip dairesel yapılar için kullanılır. Sonlu eleman hesabı yapmak için önemli noktalardan biri geometri modelinin sonlu elemanlara bölünmesidir.

Sonlu elemanlar analizinde üçgen elemanlardan oluşan ağın sıklığının belirlenmesi önemlidir. Varsayılan ağ sıklığı programda orta olarak ayarlıdır, ancak kullanıcı ağı çok sıkı, sıkı, orta sıkı, gevşek ve çok gevşek olarak ayarlayabilir. Plaxis analizlerinde, zemin ve yapısal elemanlar programa tanımlanabilmektedir. Zemin modunda; zemin katmanları, zemin katmanlarının kalınlıkları, yer altı su seviyesi ve zeminin başlangıç gerilme durumu tanımlanır. Projedeki yapısal elemanlar, yükler vb. özellikler ise yapı modunda tanımlanır.

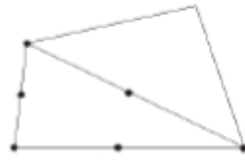


düğümmler

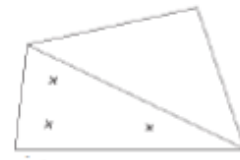


gerilme noktaları

a. 15 düğüm noktalı üçgen eleman



düğümmler



gerilme noktaları

b. 6 düğüm noktalı üçgen eleman

Şekil 3 Düğüm noktaları ve gerilme noktaları

Yapılar (plaka, ankraj), ara yüzler veya yükler gibi özellikler yapı modunda geometrik objelere atanabilir. Plakalar (plate), önemli bir eğilme rijitliği ve normal rijitlik ile zemindeki ince yapıları modellemek için kullanılan yapısal elemanlardır. 'Plate' komutu fore kazık, diyafram duvar, palplanş gibi elemanları modellemek için kullanılır. Ankrajları modellemek için normal rijitliğe sahip iki düğümlü eleman olan 'node to node anchor' kullanılır. Hesaplamalar sırasında, zemin ankrajına öngerme verilebilir.

Geogridler, aksenal rijitliğe sahip olan ancak eğilme rijitliği olmayan elemanlardır. Geogridler sadece çekmeye çalışır ve basıncı karşılamaz. Ankraj kök bölgesi geogrid ile tanımlanır. Ara yüzey elemanı (interface), zemin-yapı etkileşiminin uygun bir şekilde modellenmesi için kullanılan elemanlardır. Ara yüzey elemanı, zemin ile etkileşim içinde olan geometri çizgisinin yanında bir çizgi gibi

görünür. Ara yüzler geometri çizgisinin her iki tarafına da yerleştirilmelidir. Böylece; yapısal elemanlar ile çevreleyen zemin arasında tam bir etkileşim sağlanır.

Deplasman Değerlerinin Üst Limitinin Değerlendirilmesi

Hesap raporunda tolere edilebilir deplasman değerleri olarak, kazı destek sisteminin yatay deplasmanları ve kazı destek sisteminin arkasındaki yapıların düşey deplasmanları her kazı kademesi için ayrı ayrı tanımlanmalıdır. Uygulama sırasındaki deplasman ölçümleri her kazı kademesi için hesapla bulunan deplasman değerleri ve tolere edilebilir deplasman değerleri karşılaştırılmalı ve tehlikeli bir durum meydana gelmeden tedbir alınmalıdır.

Ankrajlı sistemlerde meydana gelecek yanal deplasmanlar için genellikle $0.003 \times H$ (kazı derinliğinin binde üçü) değeri bir üst limit olarak kabul edilmektedir. Yanal deplasmanlar bu değeri aşmayacak şekilde projelendirme yapılmalıdır.

Zemin çivili sistemlerde meydana gelecek yanal deplasmanlar için $0.005 \times H$ (kazı derinliğinin binde beşi) değeri bir üst limit olarak kabul edilmektedir. Yanal deplasmanlar bu değeri aşmayacak şekilde projelendirme yapılmalıdır.

Konsol sistemlerde meydana gelecek yanal deplasmanlar için $0.010H$ (kazı derinliğinin yüzde biri) değeri bir üst limit olarak kabul edilmektedir. Yanal deplasmanlar bu değeri aşmayacak şekilde projelendirme yapılmalıdır.

İçten destekli sistemler için ise meydana gelecek yanal deplasmanlar Yanal Deplasman /,% 2.5- % 5.0'i (kazı derinliğinin binde ikibuçluğu ila binde beşi) değerleri arasında kalacak şekilde bir üst limit olarak kabul edilmektedir. Yanal deplasmanlar bu değerleri aşmayacak şekilde projelendirme yapılmalıdır.

Kazı destek sisteminin arkasında bulunan yapıların herhangi bir hasar meydana gelmeden tolere edebileceği deplasman değerleri ayrıca belirlenmeli ve yukarıda verilen üst limit değerleri buna göre düşürülmelidir.

IV. MATERYAL VE METOT

Suya doygun killi zeminlerde yapılacak kazılarda fore kazıkla yapılacak iksa sistemlerinin güvenliği incelenmiştir. Aşağıda belirtilen farklı zemin parametreleri altında, 1m sabit su seviyesi ile farklı çapta ve farklı derinlikteki kazılar için tasarlanan fore kazıklarda meydana gelen deplasmanlar irdelenmiştir. Modellemede kullanılan zemin parametreleri ile kazık boyutları aşağıda açıklanmıştır.

- Zemin Parametrelerinin Belirlenmesi

Sonlu elemanlar analizi yapılırken zemine ait endeks özellikler, mukavemet ve rijitlik parametrelerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında yapılan analizlerde düşük plastik özellikteki suya doygun killi zemin modellenmiştir. Bu zemin tipine ait parametreler alt başlıklarda belirlenecektir.

- Zeminin birim hacim ağırlık değerinin belirlenmesi

Yumuşak kilin doygun ve kuru birim hacim ağırlık değerinin belirlenmesinde Budhu tarafından önerilen aralıktan γ_n : 17 kn/m³, γ_d : 19 kn/m³ olarak seçilmiştir.

Birim hacim ağırlık değeri	
γ_n : 17 kn/m ³	γ_d : 19 kn/m ³

Çizelge 4 Birim hacim ağırlık değeri çizelgesi

- Efektif kayma mukavemeti açısı (ϕ) değerinin belirlenmesi

Efektif kayma mukavemeti açısı (ϕ) değeri EAB [15] tarafından ve Look [16] tarafından önerilen değerler dikkate alınarak yumuşak kil için $\phi = 0, 4, 6, 10^\circ$ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5 Kayma direnci açısı çizelgesi

Kayma direnci açısı (ϕ)			
0°	4°	6°	10°

- Kohezyon (c') değerin belirlenmesi

Bu çalışmada kullanılan yumuşak kil zemine ait mukavemet tasarım parametreleri, EAB (Recommendations on Excavations)'de önerilen değerler kullanılarak, yumuşak kil olarak verilen aralıktaki ortalama değerler seçilmiştir.

Seçilen kohezyon $c' = 30,0 \text{ kPa}$, $40,0 \text{ kPa}$, $50,0 \text{ kPa}$, $60,0 \text{ kPa}$, $75,0 \text{ kPa}$, $100,0 \text{ kPa}$ olarak belirlenmiştir.

Çizelge 6 Kohezyon değeri çizelgesi

Kohezyon (c') değeri					
30,0 kPa	40,0 kPa	50,0 kPa	60,0 kPa	75,0 kPa	100,0 kPa

- Kazık çapının (D) belirlenmesi

Kazık çapının sabit değerler olarak belirlenmesi bir tasarım parametresidir. Belirlenen bu değerler üzerinden gerekli analizler yapılmış olup sonuçları değerlendirilmiştir. 40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm olarak belirlenmiştir.

Çizelge 7 Kazık çapı çizelgesi

Kazık çapı (D):			
40 cm	65 cm	80 cm	100 cm

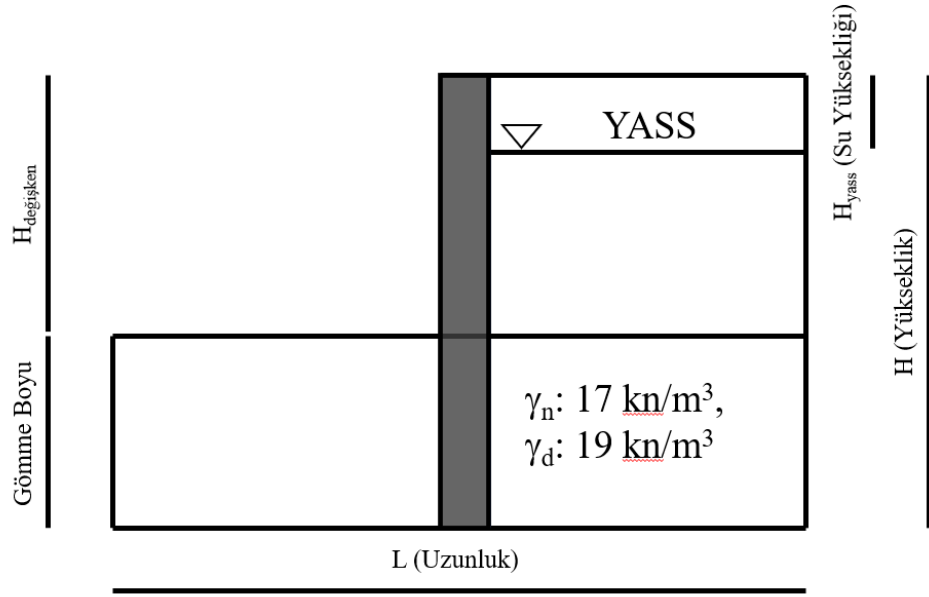
- Yapılacak kazı derinliğinin (H) belirlenmesi

Yapılacak kazı derinliği bir tasarım parametresi olup kıyaslanmak üzere seçilmiş olanları şunlardır; 5m, 6m, 8m, 10m, 12m, 14m, 18m olarak belirlenmiştir.

Çizelge 8 Yapılacak kazı derinlikleri

Yapılacak kazı derinliği (H)						
5 m	6 m	8 m	10 m	12 m	14 m	18 m

Yer altı su seviyesinin yüksek olmasından dolayı kazıklar teğet kazık olarak seçilmiş su geçirimsizliği sağlanması amaçlanmıştır. 3m gömülü, kalan yüksekliklerinin konsol olarak çalıştığı 8 m, 9 m, 11 m, 13 m, 15 m, 17 m ve 21 m boyda olacak şekilde toplam farklı 1344 kombinasyon tanımlanmış ve her kombinasyon için ayrı ayrı analizler yapılarak incelenmiştir. Plaxis programı kullanılarak yapılan hesaplamalar yapılmış, Microsoft Office Excel programı kullanılarak çizelgeler oluşturulmuştur.



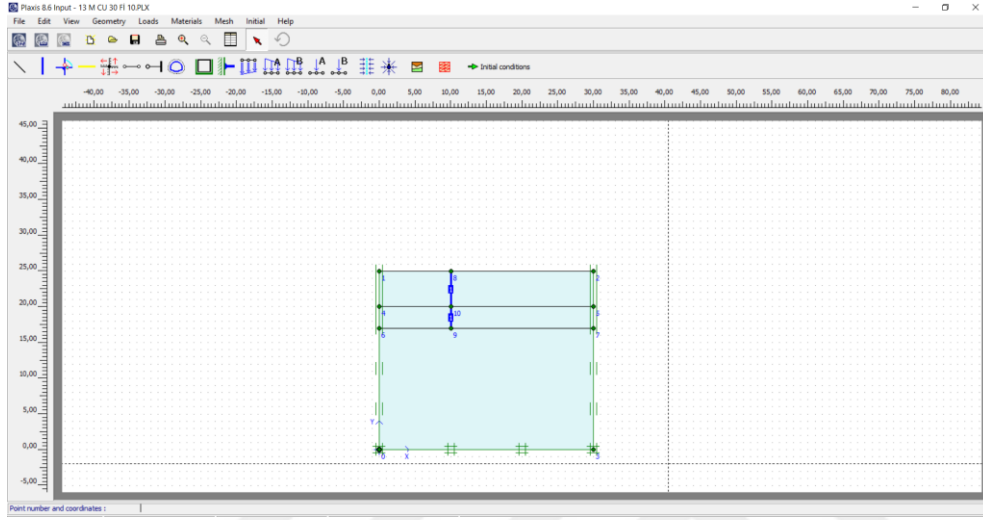
Şekil 4 Çalışma alanı (H x L)

Plaxis programında kullanılmak üzere tasarlanan kazı geometrisi Şekil 4'te belirtilmiştir. Oluşturulan çalışma alanı boyutlandırmaları belirtilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, fore kazıklarda sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanan deformasyon değerlerinin arazi parametrelerine, kazık boy ve çap uzunluklarına göre değişimi incelemektir. Çalışma ile elde edilen verilerin aynı zemin şartlarında, aynı kazık boyu ve çapında çalışma yapan mühendisler yol gösterici olması hasebiyle ve aktif literatürde temiz bilgi akışı açısından önem arz etmektedir.

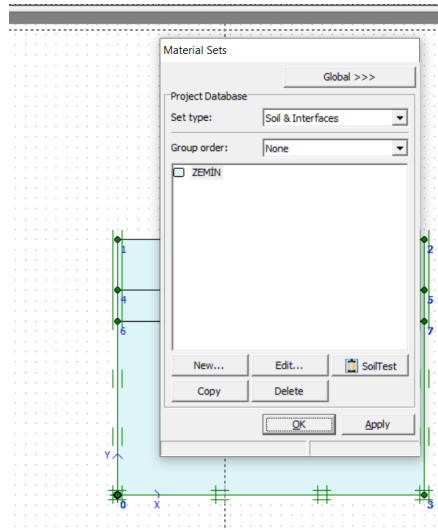
A. PROGRAMA SİSTEM TANITILMASI

Çalışmada 5 m, 6 m, 8 m, 11 m, 13 m, 14 m ve 18 m derinlikte olacak şekilde toplam farklı 1344 kombinasyon tanımlanmış ve her kombinasyon için ayrı ayrı analizler yapılarak incelenmiştir. Plaxis programı ile kazıklarda oluşan deplasmanlar hesaplanmıştır.



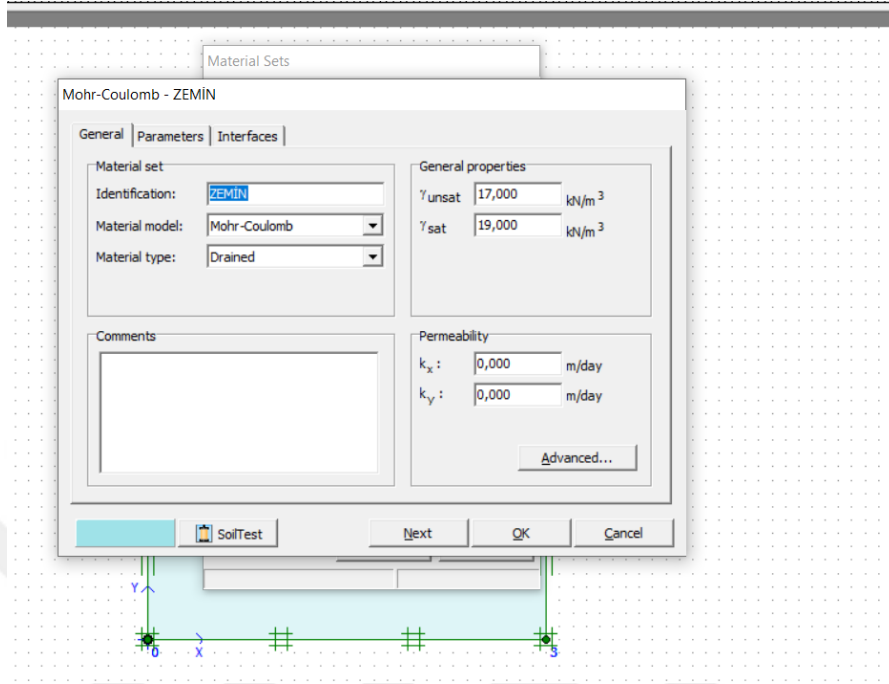
Şekil 5 Plaxis programı ara yüzü

Plaxis programında analizler öncesinde kazık geometrisi esas alınarak şekil 5’te görüldüğü gibi tasarlanmıştır. Çalışma alanı kritik noktalardan, kazı yapılacak noktalara kadar belirlenmiş gerekli işaretlemeler yapılmıştır.



Şekil 6 Plaxis programı zemin tanımlama ekranı

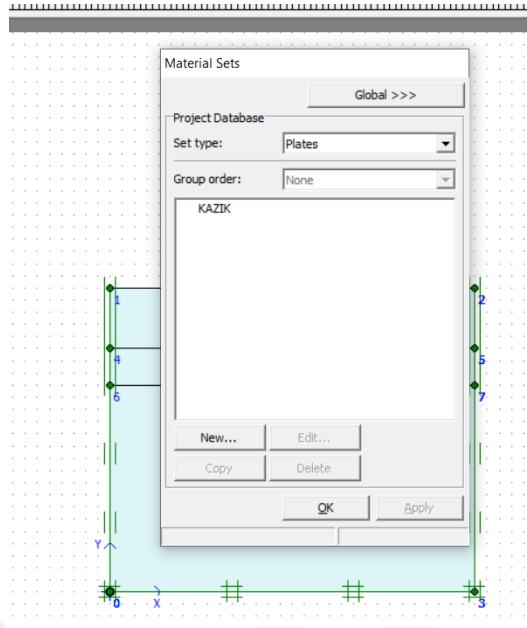
Analiz öncesinde zemin parametrelerinin girildiği ekrandır. Gerekli zemin tanımlama işlemleri gerçekleştirilir. Tanımlama işlemleri, yapılacak analizlerde önem arz etmektedir.



Şekil 7 Plaxis programı zemin tanımlama parametre giriş ekranı

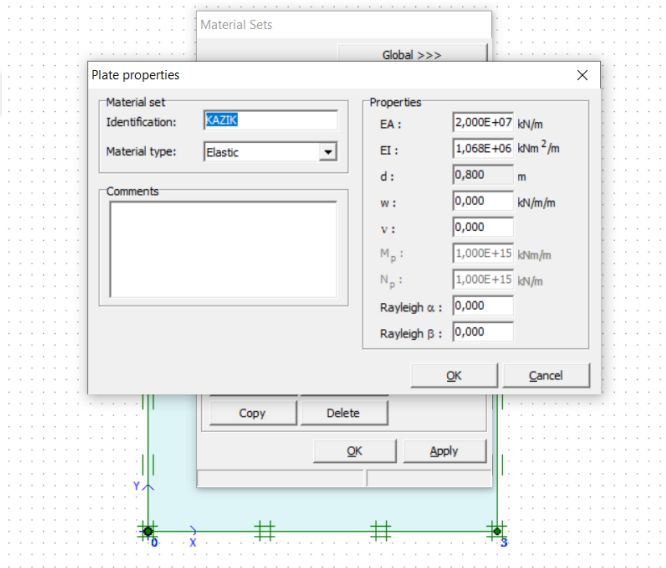
Şekil 7’de görülen ekran zemin parametrelerinin girildiği ve analiz türünün belirlendiği ekrandır. Bu ekranda girilen veriler ile analiz değişkenleri belirlenmektedir. Mohr-Coulomb modeli, zeminin gerilme-şekil değiştirme eğrisinin birinci bölgesinde elastik bir malzeme, ikinci bölgesinde ise tamamen plastik bir malzeme olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu modelde gerilme durumları, çökme anındaki zemin değerleri ile ifade edilmektedir. Bu nedenle sistemlerin ön analizlerinde kullanılması uygundur. Bu modelde zemin katmanlarının sertliğinin derinlikle değişmediği varsayıldığından ve ortalama bir sertlik parametresi kullanıldığından nispeten hızlı analizler yapılmaktadır.

Yumuşak kilin doymuş ve kuru birim hacim ağırlık değerleri γ_n : 17 kN/m³, γ_d : 19 kN/m³ olarak seçilmiştir. Bunun yanında zemine ait kohezyon ve zeminin kayma direnci açısının programa girişleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8 Plaxis programı kazık tanımlama ekranı

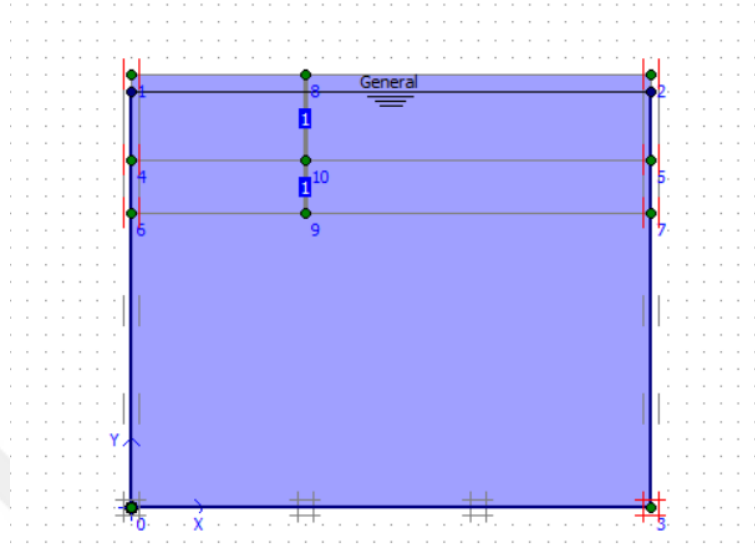
Analiz öncesinde kazık parametrelerinin girildiği ekrandır. Gerekli kazık tanımlama işlemleri gerçekleştirilir. Tanımlama işlemleri yapılacak analizlerde önem arz etmektedir.



Şekil 9 Plaxis programı kazık tanımlama parametre giriş ekranı

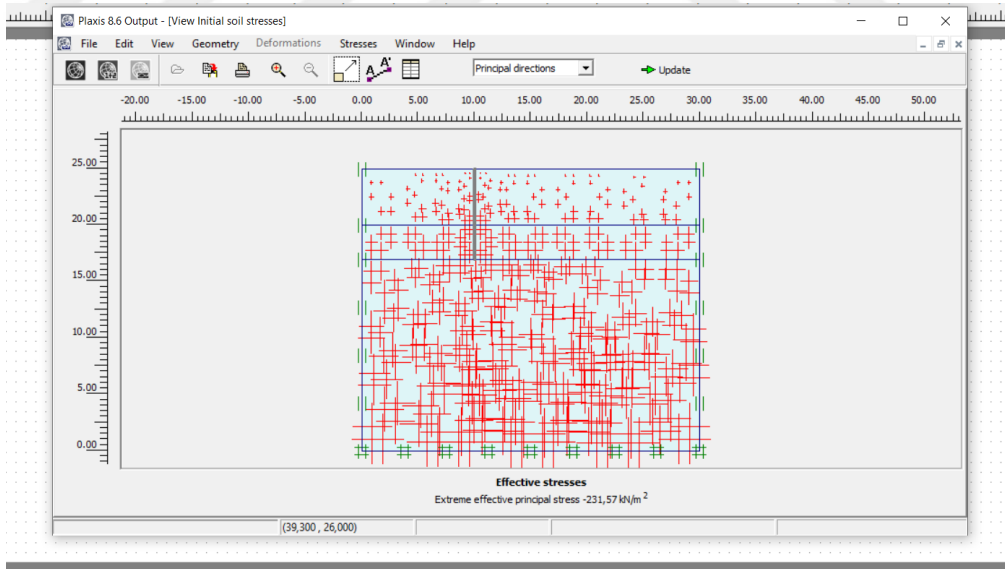
Kazık parametrelerinin girildiği ve analiz türünün belirlendiği ekrandır. Bu ekranda girilen veriler ile analiz değişkenleri belirlenmektedir. Kazık çapı vb parametrelerin programa girişleri gerçekleştirilmiştir. Plaxis-2D eleman programında üretilen kazık elemanı rijit zemin olarak temsil edilir ve malzeme modeli ise doğrusal elastik olarak tanımlanır. Ayrıca kazık modeli gözeneksiz olacak şekilde ayarlanmış olup modül ve

Poisson oranı parametreleri sadece kazık davranışını gösterecek şekilde belirlenmiştir.



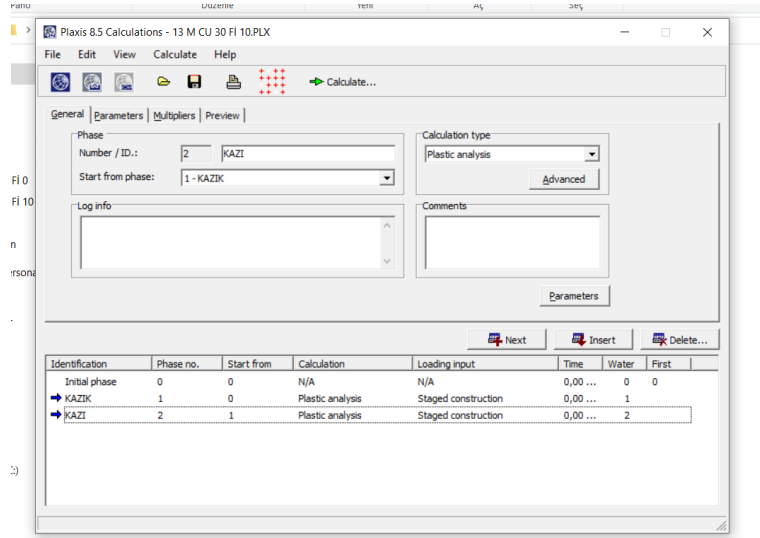
Şekil 10 Plaxis YASS tanımlama işlem ekranı

Zemin tanımlama ve kazık tanımlama işlemleri sonrasında yer altı su seviyesi tanımlaması yapılarak analiz öncesi gerilme hesaplarına geçilir.



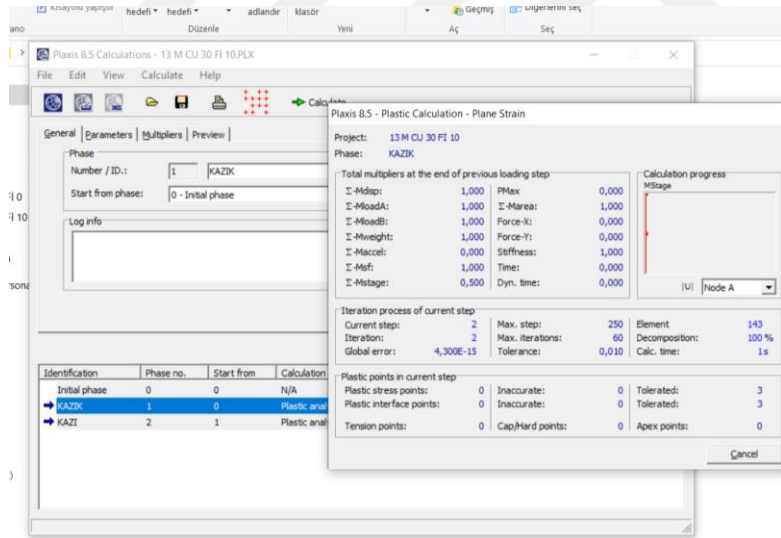
Şekil 11 Plaxis programı yass tanımlama işlemi sonrası efektif gerilme hesabı

Zemin parametreleri ve kazık parametreleri belirlendikten sonra yer altı su seviyesinin tanımlanması ardından analiz işlemi öncesinde efektif gerilme hesabı yapılarak programın gerilmeleri tanımlaması sağlanır.



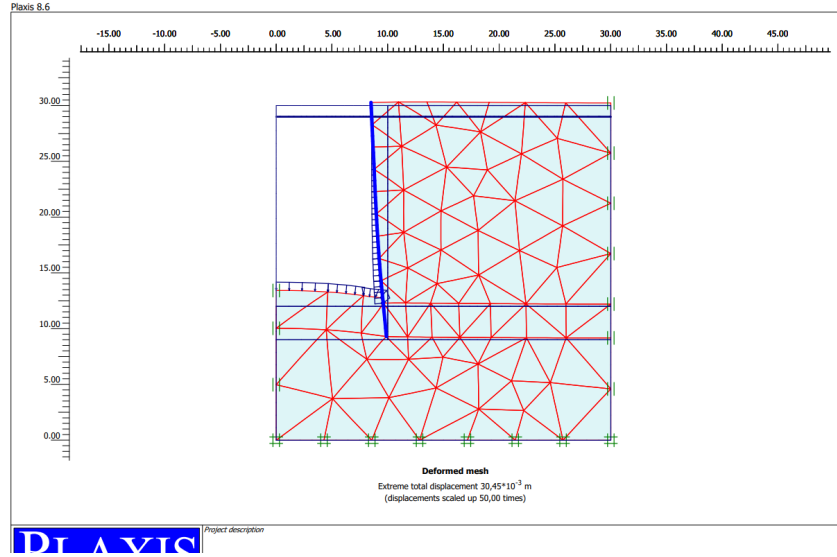
Şekil 12 Plaxis programı analiz öncesi işlem basamağı belirleme ekranı

Tüm parametreler ve gerilmeler eşleştirildikten sonra işlem öncelik sırası belirlenir. Belirlenen işlem öncesi sırasına göre işlemler gerçekleştirilir. Bu nedenle kazı işlemi ve kazığın imalat işleminin öncelik sırası önem arz etmektedir.



Şekil 13 Plaxis programı analiz işlemi sırasında bekleme ekranı

Analizlerin gerçekleştirildiği ekrandır. İşlem sırasında program yoğunluğuna göre bekleme süresi artıp azalabilmektedir.



Şekil 14 Plaxis programı analiz çıktısı

Tüm parametreler tanımlandıktan sonra gerekli analizler ve gerilme hesabı işlem sırası belirlendikten sonra yapılmaktadır. Yapılan analizler neticesinde elde edilen veriler yorumlanmak üzere deplasman değeri için grafiğe dönüştürülmüştür.



V. MODELLENEN YATAY YÜKLÜ KAZIKLARDA ANALİZ SONUÇLARI

Teğet kazıklarla tasarlanan 3m gömülü kalan yüksekliklerinin konsol olarak çalıştığı 8 m, 9 m, 11 m, 13 m, 15 m, 17 m ve 21 m derinlikte olacak şekilde toplam farklı 1344 kombinasyon tanımlanmış ve her kombinasyon için ayrı ayrı analizler yapılarak incelenmiştir. Plaxis programı kullanılarak yapılan hesaplamalar Microsoft Office Excel programı kullanılarak çizelgeler oluşturulmuştur.

Modellemede suya doymuş zeminlerin kohezyon (c) değerleri 30 ile 100 kPa aralığında, içsel sürtünme açıları (ϕ) 0° ile 10° aralığında, zeminin birim hacim ağırlığı (γ) γ_n : 17 kn/m³ ve γ_d : 19 kn/m³ seçilmiştir. Kazı geometrisi olarak kazı derinlikleri 5.00 m. ile 18.00 m. aralığında seçilmiştir. İksa sisteminde kullanılacak kazık çapları ise; 0,4 m. ile 1,0 m. aralığında seçilerek analizler gerçekleştirilmiştir. Kazık için eğilme rijitliği (EI) 1,068*10⁶ kN²/m alınarak kesişen kazık geometrisi kullanılarak gerekli analizler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analizler neticesinde elde edilen deplasmanlar çizelge 10, çizelge 11, çizelge 12, çizelge 13, çizelge 14, çizelge 15 ve çizelge 16'da belirtilmiştir.

Çizelge 9 Kazı derinliği 5 m olan kazıların analiz sonuçları

TOPLAM YER DEĞİŞTİRME (mm)					
Kazı Derinliği 5.00 m					
Kazık Çapı	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°
40	30 kPa	16,00	15,99	15,98	15,96
	40 kPa	15,90	15,89	15,88	15,85
	50 kPa	15,85	15,84	15,83	15,80
	60 kPa	15,84	15,82	15,81	15,77
	75 kPa	15,82	15,79	15,76	15,70
	100 kPa	15,78	15,69	15,59	15,20
65	30 kPa	15,48	15,44	15,39	15,30
	40 kPa	15,20	15,15	15,10	15,00
	50 kPa	14,80	14,75	14,70	14,60
	60 kPa	14,60	14,55	14,50	14,40
	75 kPa	14,20	14,14	14,08	13,95
	100 kPa	14,00	13,93	13,85	13,70
80	30 kPa	13,90	13,85	13,80	13,70
	40 kPa	13,87	13,82	13,76	13,65
	50 kPa	13,84	13,78	13,72	13,60
	60 kPa	13,80	13,74	13,68	13,55
	75 kPa	13,80	13,73	13,65	13,50
	100 kPa	13,60	13,50	13,40	13,20
100	30 kPa	13,80	13,73	13,65	13,50
	40 kPa	13,60	13,51	13,43	13,25
	50 kPa	13,55	13,46	13,38	13,20
	60 kPa	13,50	13,38	13,25	13,00
	75 kPa	13,20	13,08	12,95	12,70
	100 kPa	13,00	12,85	12,70	12,40

5 metre derinliğinde yapılmış olan kazıların analiz sonuçları çizelge 10'da belirtilmiştir.

Çizelge 10 Kazı derinliği 6 m olan kazıların analiz sonuçları

TOPLAM YER DEĞİŞTİRME (mm)					
Kazı Derinliği 6.00 m					
Kazık Çapı	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°
40	30 kPa	16,72	16,60	16,48	16,23
	40 kPa	16,18	16,16	16,14	16,10
	50 kPa	16,01	16,01	16,01	16,00
	60 kPa	15,95	15,89	15,84	15,83
	75 kPa	15,90	15,86	15,79	15,77
	100 kPa	15,89	15,74	15,67	15,30
65	30 kPa	16,71	16,59	16,47	16,23
	40 kPa	16,18	16,14	16,09	16,00
	50 kPa	16,00	15,95	15,90	15,80
	60 kPa	15,71	15,68	15,66	15,60
	75 kPa	15,69	15,64	15,60	15,50
	100 kPa	15,88	15,70	15,30	15,20
80	30 kPa	16,40	16,36	16,31	16,22
	40 kPa	16,17	16,16	16,15	16,12
	50 kPa	16,00	15,97	15,95	15,89
	60 kPa	15,93	15,90	15,87	15,80
	75 kPa	15,88	15,85	15,82	15,75
	100 kPa	15,87	15,63	15,20	15,13
100	30 kPa	16,10	16,08	16,05	16,00
	40 kPa	16,00	15,95	15,90	15,80
	50 kPa	15,94	15,89	15,85	15,75
	60 kPa	15,80	15,78	15,75	15,70
	75 kPa	15,77	15,70	15,64	15,50
	100 kPa	15,70	15,53	15,35	15,00

6 metre derinliğinde yapılmış olan kazıların analiz sonuçları çizelge 11’de belirtilmiştir.

Çizelge 11 Kazı derinliği 8 m olan kazıların analiz sonuçları

TOPLAM YER DEĞİŞTİRME (mm)					
Kazı Derinliği 8.00 m					
Kazık Çapı	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°
40	30 kPa	30,15	27,84	25,53	20,91
	40 kPa	21,22	21,07	20,93	20,63
	50 kPa	20,79	20,72	20,64	20,49
	60 kPa	20,40	20,40	20,40	20,40
	75 kPa	20,20	20,15	20,10	20,00
	100 kPa	20,19	20,09	20,00	19,80
65	30 kPa	30,14	27,83	25,52	20,90
	40 kPa	21,21	21,06	20,92	20,62
	50 kPa	20,64	20,60	20,56	20,47
	60 kPa	20,39	20,39	20,39	20,39
	75 kPa	20,19	20,08	19,98	19,76
	100 kPa	20,07	19,93	19,79	19,50
80	30 kPa	30,13	27,80	25,47	20,80
	40 kPa	21,21	21,06	20,92	20,62
	50 kPa	20,64	20,60	20,55	20,46
	60 kPa	20,38	20,38	20,38	20,38
	75 kPa	20,18	20,04	19,89	19,60
	100 kPa	20,08	19,89	19,69	19,30
100	30 kPa	30,13	27,79	25,44	20,75
	40 kPa	21,21	21,06	20,91	20,61
	50 kPa	20,64	20,59	20,54	20,44
	60 kPa	20,38	20,38	20,38	20,38
	75 kPa	20,17	20,00	19,84	19,50
	100 kPa	20,05	19,81	19,58	19,10

8 metre derinliğinde yapılmış olan kazıların analiz sonuçları çizelge 12’de belirtilmiştir.

Çizelge 12 Kazı derinliği 10 m olan kazıların analiz sonuçları

TOPLAM YER DEĞİŞTİRME (mm)					
Kazı Derinliği 10.00 m					
Kazık Çapı	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°
40	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	25,64	24,41
	60 kPa	Göçme D.	24,00	23,90	23,80
	75 kPa	25,60	23,78	23,65	23,50
	100 kPa	24,99	23,55	23,46	23,30
65	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	24,46
	50 kPa	Göçme D.	25,45	25,28	24,24
	60 kPa	Göçme D.	23,90	23,70	23,70
	75 kPa	24,97	23,59	23,39	23,21
	100 kPa	24,85	23,36	23,24	23,00
80	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	24,31
	50 kPa	Göçme D.	25,12	24,78	24,12
	60 kPa	24,89	23,79	23,64	23,51
	75 kPa	24,71	23,52	23,30	23,08
	100 kPa	24,64	23,19	23,05	22,80
100	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	24,01
	50 kPa	24,91	24,80	24,39	23,71
	60 kPa	24,76	23,64	23,39	23,39
	75 kPa	24,64	23,30	23,07	22,75
	100 kPa	24,53	23,16	22,84	22,35

10 metre derinliğinde yapılmış olan kazıların analiz sonuçları çizelge 13'de belirtilmiştir.

Çizelge 13 Kazı derinliği 12 m olan kazıların analiz sonuçları

TOPLAM YER DEĞİŞTİRME (mm)					
Kazı Derinliği 12.00 m					
Kazık Çapı	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°
40	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	28,32
	60 kPa	Göçme D.	27,6	27,4	27,2
	75 kPa	Göçme D.	27,4	27,2	27
	100 kPa	27,3	27	26,93	26,8
65	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	28,3
	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	30	28
	60 kPa	Göçme D.	27,4	27	27
	75 kPa	27,6	27,1	26,8	26,65
	100 kPa	27	26,8	26,7	26,5
80	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	28
	50 kPa	Göçme D.	30	29	27,77
	60 kPa	Göçme D.	27,2	26,89	26,63
	75 kPa	27,2	27	26,7	26,56
	100 kPa	26,7	26,5	26,4	26,3
100	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	27,4
	50 kPa	Göçme D.	29	28,23	26,98
	60 kPa	28,1	26,9	26,4	26,4
	75 kPa	27	26,6	26,3	26
	100 kPa	26,6	26,41	26,1	25,6

12 metre derinliğinde yapılmış olan kazıların analiz sonuçları çizelge 14’de belirtilmiştir.

Çizelge 14 Kazı derinliği 14 m olan kazıların analiz sonuçları

TOPLAM YER DEĞİŞTİRME (mm)					
Kazı Derinliği 14.00 m					
Kazık Çapı	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°
40	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	60 kPa	Göçme D.	Göçme D.	30	29,24
	75 kPa	Göçme D.	29,54	29,32	29
	100 kPa	29,4	29	28,65	28,43
65	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	30
	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	29,3
	60 kPa	Göçme D.	29,54	29	28,65
	75 kPa	Göçme D.	28,65	28,48	28,42
	100 kPa	28	28,38	28,2	27,8
80	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	29,4
	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	30,32	29
	60 kPa	Göçme D.	Göçme D.	28,67	28,54
	75 kPa	Göçme D.	28,51	28,4	28,36
	100 kPa	27,91	28,27	28	27,1
100	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	29
	50 kPa	Göçme D.	30	29	28,58
	60 kPa	Göçme D.	29	28,5	28,46
	75 kPa	30,23	28,32	28,21	28
	100 kPa	27,78	27,61	27,56	26,85

14 metre derinliğinde yapılmış olan kazıların analiz sonuçları çizelge 15’de belirtilmiştir.

Çizelge 15 Kazı derinliği 18 m olan kazıların analiz sonuçları

TOPLAM YER DEĞİŞTİRME (mm)					
Kazı Derinliği 18.00 m					
Kazık Çapı	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°
40	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	60 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	42,43
	75 kPa	Göçme D.	46	45	41,78
	100 kPa	Göçme D.	40,14	39,85	37,87
65	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	48
	60 kPa	Göçme D.	Göçme D.	42	41,15
	75 kPa	Göçme D.	Göçme D.	41	39,13
	100 kPa	Göçme D.	39,93	39,27	35,43
80	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	46
	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	45
	60 kPa	Göçme D.	Göçme D.	41,43	40,2
	75 kPa	Göçme D.	Göçme D.	40,36	38,56
	100 kPa	Göçme D.	39,24	38,64	31,46
100	30 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.
	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	44,32
	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	43,24	42,87
	60 kPa	Göçme D.	43,78	40,67	39,56
	75 kPa	Göçme D.	40,58	39,65	37,65
	100 kPa	41,42	38,54	37,58	30

18 metre derinliğinde yapılmış olan kazıların analiz sonuçları çizelge 16'da belirtilmiştir.

VI. YATAY YÜKLÜ KAZIKLARDA ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

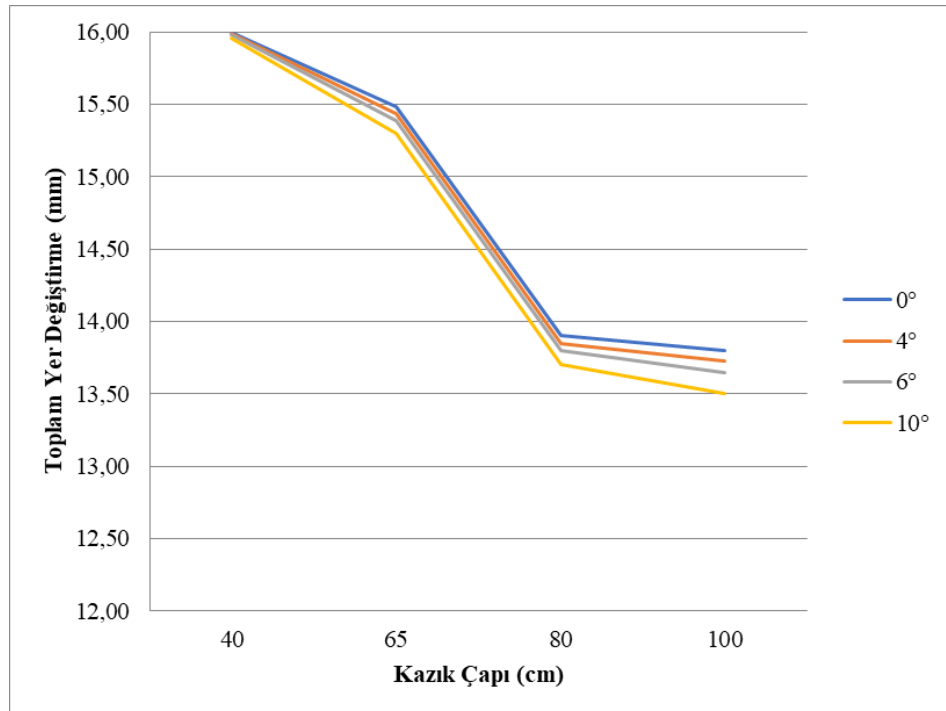
A. 30 Kpa Kohezyona Sahip Zeminlerde İksa Kazıklarının Yer Değiştirmelerinin Değerlendirilmesi

- Kazı derinliği 5 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 16 30 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=30 kPa ve Kazı Derinliği 5.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	0°-10° deplas. değişimi (%)
40	30 kPa	16,00	15,99	15,98	15,96	0,2%
65	30 kPa	15,48	15,44	15,39	15,30	1,2%
80	30 kPa	13,90	13,85	13,80	13,70	1,4%
100	30 kPa	13,80	13,73	13,65	13,50	2,2%
40 -100 cm çapları deplas. değış. (%)		13,75%	14,17%	14,58%	15,41%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=30 değerinde ve $\phi=0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 8 m derinliğinde 3 m gömülü 5 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 15 30 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,2% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,2% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,4% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,2% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının değişiminin yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği,

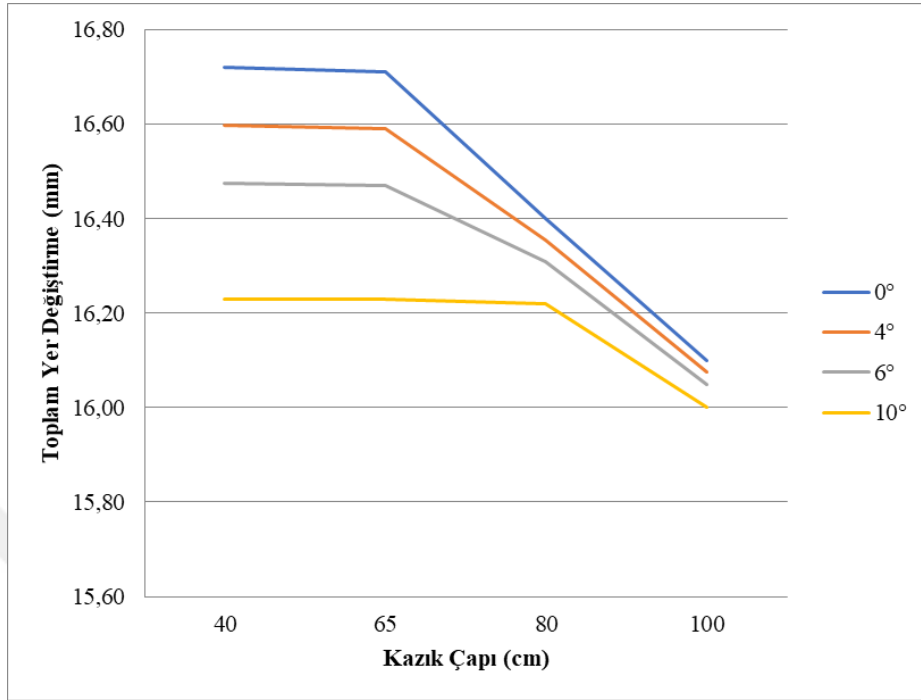
Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi %13-15 düzeyinde azalttığı görülmüştür.

- Kazı derinliği 6 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 17 30 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=30 kPa ve Kazı Derinliği 6.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	30 kPa	16,72	16,60	16,48	16,23	2,9%
65	30 kPa	16,71	16,59	16,47	16,23	2,9%
80	30 kPa	16,40	16,36	16,31	16,22	1,1%
100	30 kPa	16,10	16,08	16,05	16,00	0,6%
40 -100 cm çapları deplas. değiş. (%)		3,71%	3,15%	2,58%	1,42%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, $c'=30$ değerinde ve $\varphi= 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 9 m derinliğinde 3 m gömülü 6 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 16 30 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- φ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\varphi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,9% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\varphi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,9% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\varphi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,1% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\varphi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,6% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

φ açısının artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği,

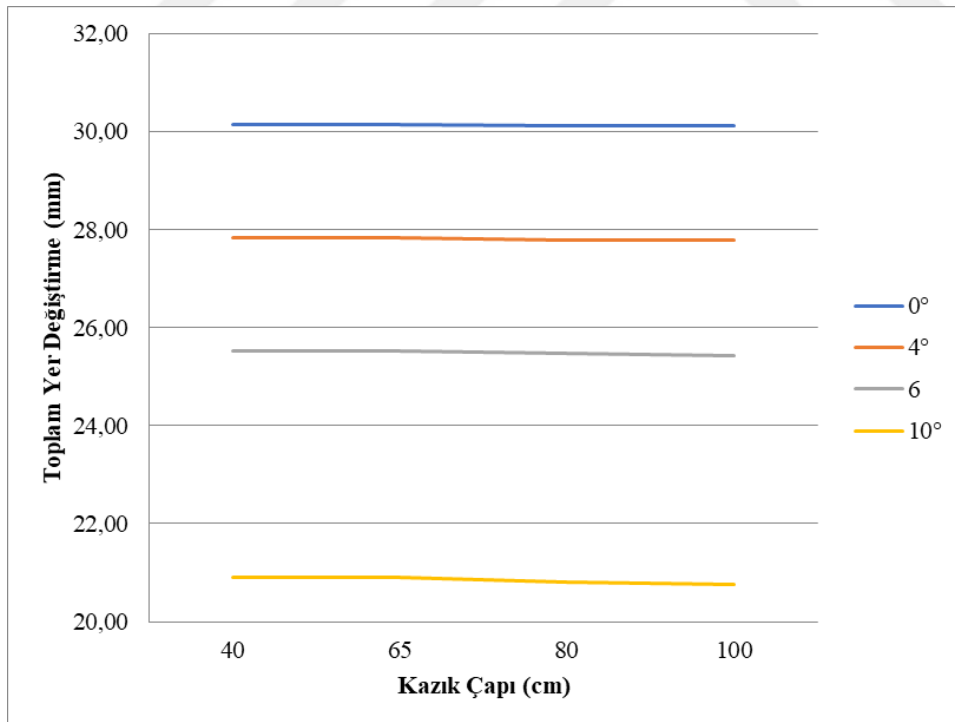
Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği görülmüştür.

- Kazı derinliği 8 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 18 30 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=30 kPa ve Kazı Derinliği 8.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	30 kPa	30,15	27,84	25,53	20,91	30,6%
65	30 kPa	30,14	27,83	25,52	20,90	30,7%
80	30 kPa	30,13	27,80	25,47	20,80	31,0%
100	30 kPa	30,13	27,79	25,44	20,75	31,1%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)		0,07%	0,20%	0,35%	0,77%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=30 değerinde ve $\phi= 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 11 m derinliğinde 3 m gömülü 8 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 17 30 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık apı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^{\circ}-10^{\circ}$) ile toplam yer değiştirmelerde 30,6% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^{\circ}-10^{\circ}$) ile toplam yer değiştirmelerde 30,7% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^{\circ}-10^{\circ}$) ile toplam yer değiştirmelerde 31,0% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^{\circ}-10^{\circ}$) ile toplam yer değiştirmelerde 31,1% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının artmasının yer değiştirmeyi %30-31 düzeyinde azalttığı,

Kazık apı artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği görülmüştür.

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, $c'=30$ değerinde ve $\phi= 0^{\circ}, 4^{\circ}, 6^{\circ}, 10^{\circ}$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 13 m, 15 m, 17 m, 21 m yüksekliklerinde olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen veriler, 13 m, 15 m, 17 m, 21 m yüksekliklerinde kazıkların yer değiştirme değerlerinin kurtarmadığı tespit edilmiş olup ankraj gerekli olduğu belirlenmiştir.

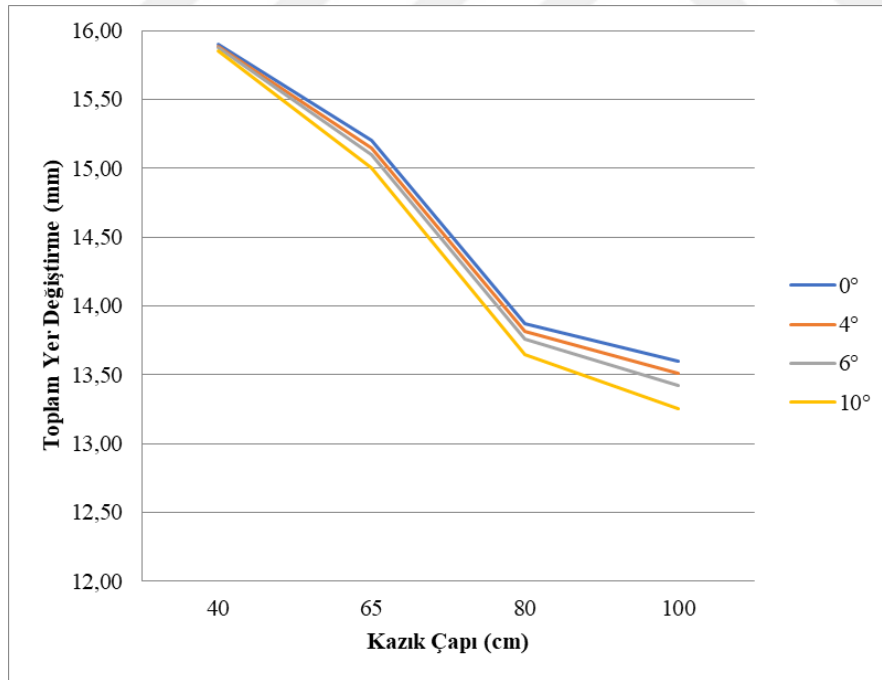
B. 40 Kpa Kohezyona Sahip Zeminlerde İksa Kazıklarının Yer Değiştirmelerinin Değerlendirilmesi

- Kazı derinliği 5 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 19 40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci aısından oluşan deplasmanların analizi

c'=40 kPa ve Kazı Derinliği 5.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	0°-10° deplas. değişimi (%)
40	40 kPa	15,90	15,89	15,88	15,85	0,3%
65	40 kPa	15,20	15,15	15,10	15,00	1,3%
80	40 kPa	13,87	13,82	13,76	13,65	1,6%
100	40 kPa	13,60	13,51	13,43	13,25	2,6%
40 - 100 cm çapları deplas. değiş. (%)		14,47%	14,95%	15,43%	16,40%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=40 kPa değerinde ve $\phi = 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 8 m derinliğinde 3 m gömülü 5 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



şekil 18 40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci aısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık apı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,3% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,3% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,6% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,6% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği,

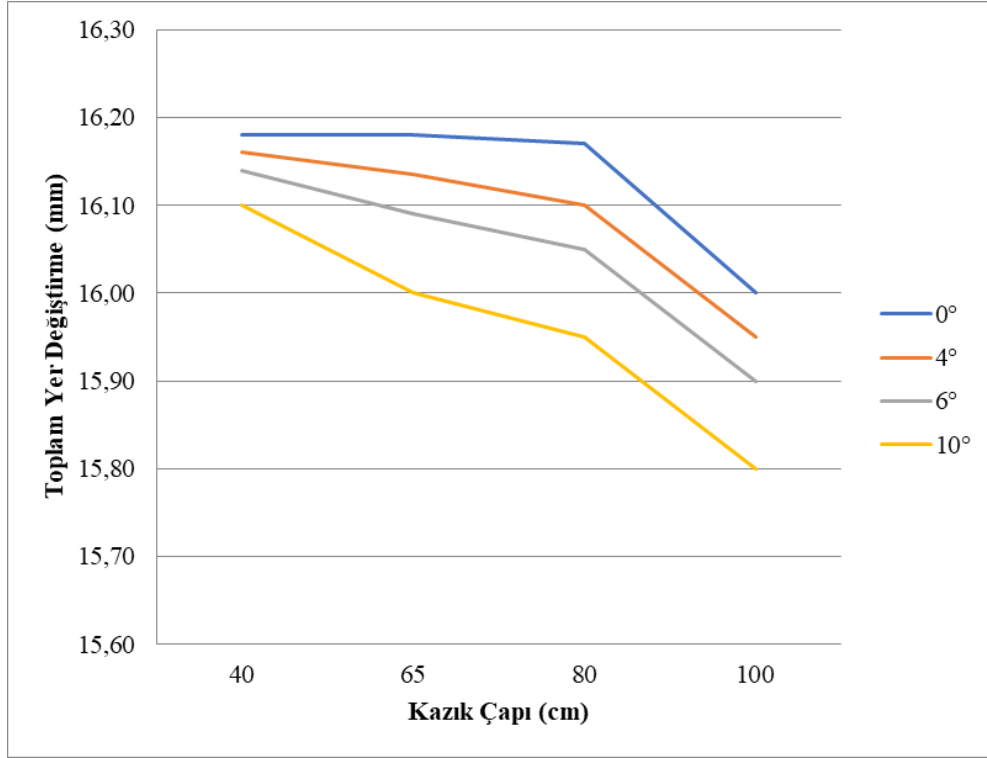
Kazık apı artmasının yer değiştirmeyi %14-16 düzeyinde azalttığı görülmüştür.

- Kazı derinliği 6 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 20 40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=40 kPa ve Kazı Derinliği 6.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı φ				
Kazık Çapı (cm)	c' / φ	0°	4°	6°	10°	
40	40 kPa	16,18	16,16	16,14	16,10	0,5%
65	40 kPa	16,18	16,14	16,09	16,00	1,1%
80	40 kPa	16,17	16,10	16,05	15,95	1,4%
100	40 kPa	16,00	15,95	15,90	15,80	1,3%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)		1,11%	1,30%	1,49%	1,86%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=40 kPa değerinde ve $\phi= 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 9 m derinliğinde 3 m gömülü 6 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 19 40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,5% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,1% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,4% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,3% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının değişiminin yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği,

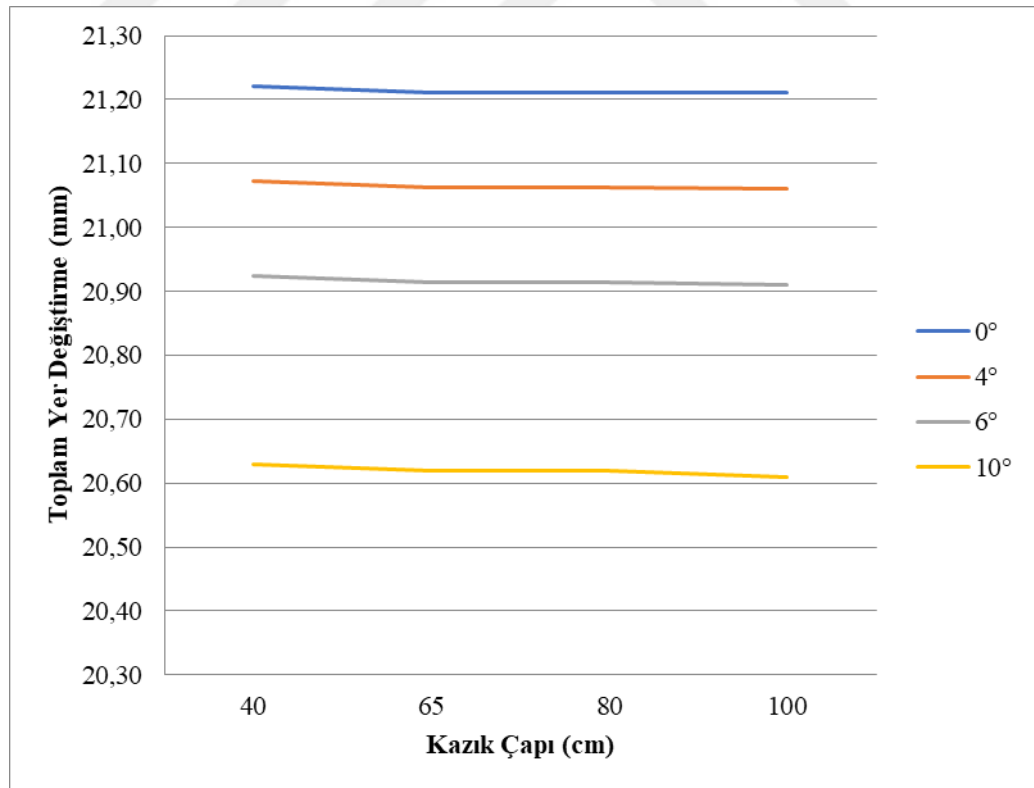
Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği görülmüştür.

- Kazı derinliği 8 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 21 40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=40 kPa ve Kazı Derinliği 8.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	0°-10° deplas. değişimi (%)
40	40 kPa	21,22	21,07	20,93	20,63	2,8%
65	40 kPa	21,21	21,06	20,92	20,62	2,8%
80	40 kPa	21,21	21,06	20,92	20,62	2,8%
100	40 kPa	21,21	21,06	20,91	20,61	2,8%
40 -100 cm çapları deplas. değiş. (%)		0,05%	0,06%	0,07%	0,10%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=40 kPa değerinde ve $\phi = 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 11 m derinliğinde 3 m gömülü 8 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 20 40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık apı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının değişiminin yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği,

Kazık apı artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği görülmüştür.

- Kazı derinliği 10 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 22 40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=40 kPa ve Kazı Derinliği 10.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	
65	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	24,46	
80	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	24,31	
100	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	24,01	
40 -100 cm çaplarıdeplas. değış. (%)						

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=40 kPa değerinde ve $\phi= 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 13 m derinliğinde 3 m gömülü 10 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır. İncelemeler neticesinde 0°, 4°, 6° kayma açılarında oluşan yer değiştirmelerin göçme

meydana getirdiği tespit edilmiş olup, 10° için ise kazık çapı artırıldıkça göçme durumu engellenebilecektir.

- Kazı derinliği 12 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 23 40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 12 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=40 kPa ve Kazı Derinliği 12.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	0°-10° deplas. değişimi (%)
40	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	
65	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	28,3	
80	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	28	
100	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	27,4	
40 -100 cm çapları deplas. değiş. (%)						

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=40 kPa değerinde ve $\phi=0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 15 m derinliğinde 3 m gömülü 12 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır. İncelemeler neticesinde 0°, 4°, 6° kayma açıları arasında oluşan yer değiştirmelerin göçme meydana getirdiği tespit edilmiş olup, 10° için ise kazık çapı artırıldıkça göçme durumu engellenebilecektir.

- Kazı derinliği 14 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 24 40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 14 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=40 kPa ve Kazı Derinliği 14.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	0°-10° deplas. değişimi (%)
40	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	
65	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	30	
80	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	29,4	
100	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	29	
40 -100 cm çapları deplas. değiş. (%)						

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, $c'=40$ kPa değerinde ve $\phi=0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 17 m derinliğinde 3 m gömülü 14 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır. İncelemeler neticesinde $0^\circ, 4^\circ, 6^\circ$ kayma açılarında oluşan yer değiştirmelerin göçme meydana getirdiği tespit edilmiş olup, 10° için ise kazık çapı artırıldıkça göçme durumu engellenebilecektir.

- Kazı derinliği 18 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 25 40 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 18 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=40 kPa ve Kazı Derinliği 18.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	
65	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	
80	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	46	
100	40 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	44,32	
40 -100 cm çapları deplas. değiş. (%)						

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, $c'=40$ kPa değerinde ve $\phi=0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 21 m derinliğinde 3 m gömülü 18 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır. İncelemeler neticesinde $0^\circ, 4^\circ, 6^\circ$ kayma açılarında oluşan yer değiştirmelerin göçme meydana getirdiği tespit edilmiş olup, 10° için ise kazık çapı artırıldıkça göçme durumu engellenebilecektir.

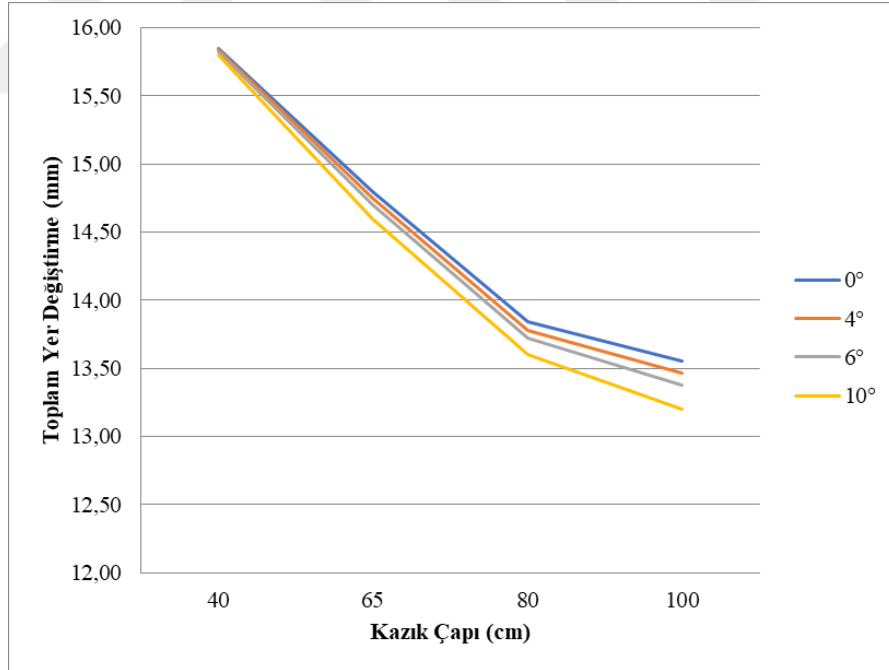
C. 50 Kpa Kohezyona Sahip Zeminlerde İksa Kazıklarının Yer Değiştirmelerinin Değerlendirilmesi

- Kazı derinliği 5 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 26 50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=50 kPa ve Kazı Derinliği 5.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	0°-10° deplas. değişimi (%)
40	50 kPa	15,85	15,84	15,83	15,80	0,3%
65	50 kPa	14,80	14,75	14,70	14,60	1,4%
80	50 kPa	13,84	13,78	13,72	13,60	1,7%
100	50 kPa	13,55	13,46	13,38	13,20	2,6%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)		14,51%	15,00%	15,48%	16,46%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c=50 kPa değerinde ve $\phi= 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 8 m derinliğinde 3 m gömülü 5 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 21 50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.

- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde % 0.3 kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde % 1.4 kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde % 1.7 kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde % 2.6 kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- İçsel sürtünme açısı 0° den 10° ye doğru yaklaştığında kazık çapının 40 cm den 100 cm ye artması durumunda yatay deplasmanlardaki azalma miktarı %14-16 aralığında olmaktadır.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

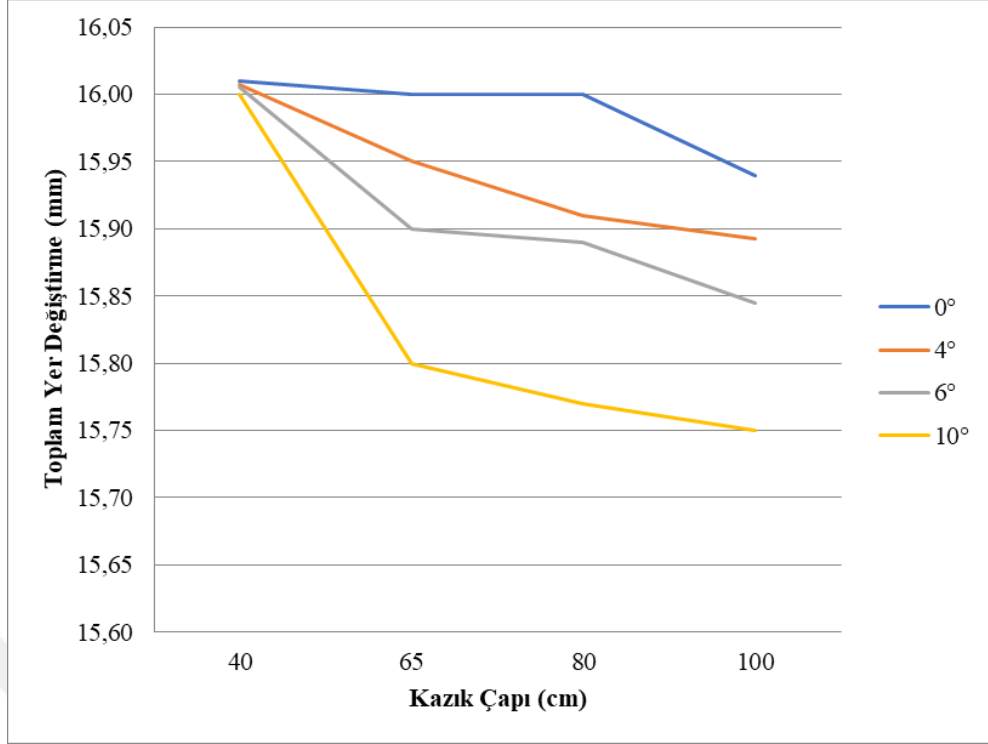
ϕ açısının artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği görülmüştür.

- Kazı derinliği 6 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 27 50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=50 kPa ve Kazı Derinliği 6.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	50 kPa	16,01	16,01	16,01	16,00	0,1%
65	50 kPa	16,00	15,95	15,90	15,80	1,3%
80	50 kPa	16,00	15,91	15,89	15,77	1,4%
100	50 kPa	15,94	15,89	15,85	15,75	1,2%
40 -100 cm çapları deplas. değiş. (%)		0,44%	0,72%	1,00%	1,56%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=50 kPa değerinde ve $\phi=0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 9 m derinliğinde 3 m gömülü 6 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 22 50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,1% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,3% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,4% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,2% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği,

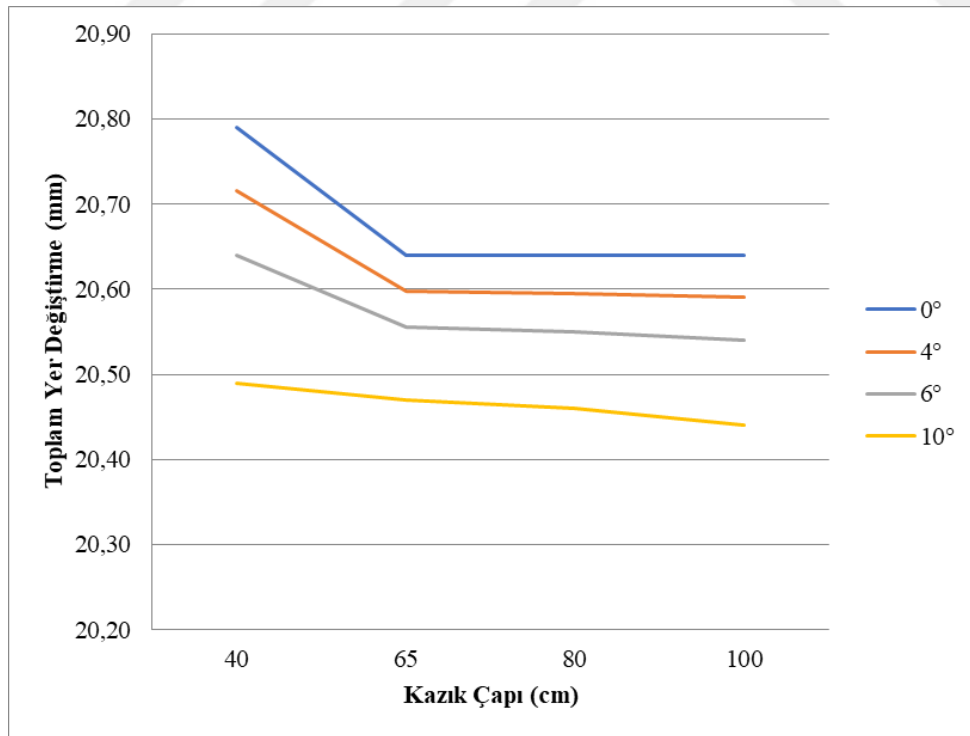
Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği görülmüştür.

- Kazı derinliği 8 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 28 50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=50 kPa ve Kazı Derinliği 8.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	50 kPa	20,79	20,72	20,64	20,49	1,4%
65	50 kPa	20,64	20,60	20,56	20,47	0,8%
80	50 kPa	20,64	20,60	20,55	20,46	0,9%
100	50 kPa	20,64	20,59	20,54	20,44	1,0%
40 - 100 cm çapları deplas. değiş. (%)		0,72%	0,60%	0,48%	0,24%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=50 kPa değerinde ve $\phi = 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 11 m derinliğinde 3 m gömülü 8 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 23 50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık apı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^{\circ}-10^{\circ}$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,4% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^{\circ}-10^{\circ}$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^{\circ}-10^{\circ}$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,9% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^{\circ}-10^{\circ}$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,0% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği,

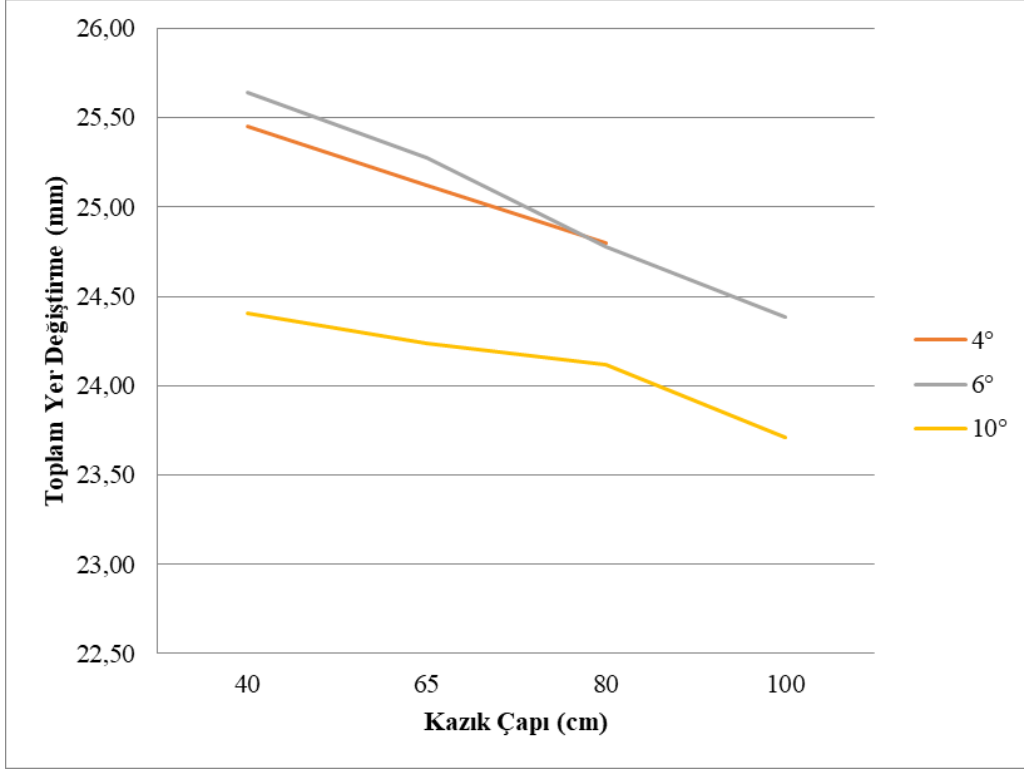
Kazık apı artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği görülmüştür.

- Kazı derinliği 10 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 29 50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=50 kPa ve Kazı Derinliği 10.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				0°-10° deplas. değişimi (%)
Kazık apı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	25,64	24,41	4,8%
65	50 kPa	Göçme D.	25,45	25,28	24,24	4,8%
80	50 kPa	Göçme D.	25,12	24,78	24,12	4,0%
100	50 kPa	24,91	24,80	24,39	23,71	4,8%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)			2,57%	4,89%	2,85%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=50 kPa değerinde ve $\phi= 0^{\circ}, 4^{\circ}, 6^{\circ}, 10^{\circ}$ değişken değerlerinden elde edilen veriler,13 m derinliğinde 3 m gömülü 10 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 24 50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 4,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 4,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 4,0% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 4,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği,

Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği görülmüştür.

- Kazı derinliği 12 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 30 50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 12 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=50 kPa ve Kazı Derinliği 12.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	0°-10° deplas. değişimi (%)
40	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	28,32	
65	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	30	28	6,7%
80	50 kPa	Göçme D.	30	29	27,77	7,4%
100	50 kPa	Göçme D.	29	28,23	26,98	7,0%
40 -100 cm çapları deplas. değiş. (%)			3,33%	5,90%	4,73%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=50 kPa değerinde ve $\phi = 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 15 m derinliğinde 3 m gömülü 12 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır. İncelemeler neticesinde 0° kayma açısında oluşan yer değiştirmelerin göçme meydana getirdiği tespit edilmiş olup, $4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ için ise kazık çapı artırıldıkça göçme durumu engellenebilecektir.

- Kazı derinliği 14 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 31 50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 14 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=50 kPa ve Kazı Derinliği 14.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	0°-10° deplas. değişimi (%)
40	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	
65	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	29,3	
80	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	30,32	29	4,4%
100	50 kPa	Göçme D.	30	29	28,58	4,7%
40 -100 cm çapları deplas. değiş. (%)				4,35%	2,46%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, $c'=50$ kPa değerinde ve $\phi= 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 17 m derinliğinde 3 m gömülü 14 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır. İncelemeler neticesinde 0° kayma açısında oluşan yer değiştirmelerin göçme meydana getirdiği tespit edilmiş olup, $4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ için ise kazık çapı artırıldıkça göçme durumu engellenebilecektir.

- Kazı derinliği 18 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 32 50 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 18 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=50 kPa ve Kazı Derinliği 18.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	
65	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	48	
80	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	45	
100	50 kPa	Göçme D.	Göçme D.	43,24	42,87	0,9%
40 -100 cm çapları deplas. değiş. (%)					10,69%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, $c'=50$ kPa değerinde ve $\phi= 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 21 m derinliğinde 3 m gömülü 18 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır. İncelemeler neticesinde $0^\circ, 4^\circ, 6^\circ$ kayma açılarında oluşan yer değiştirmelerin göçme meydana getirdiği tespit edilmiş olup, 10° için ise kazık çapı artırıldıkça göçme durumu engellenebilecektir.

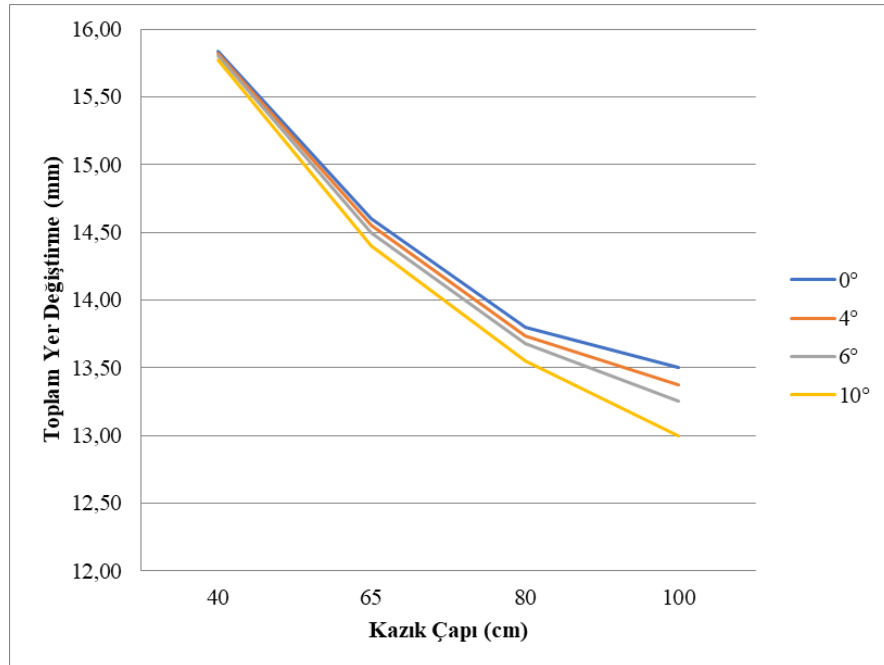
D. 60 Kpa Kohezyona Sahip Zeminlerde İksa Kazıklarının Yer Değiştirmelerinin Değerlendirilmesi

- Kazı derinliği 5 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 33 60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci ağıısından oluşan deplasmanların analizi

c'=60 kPa ve Kazı Derinliği 5.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	0°-10° deplas. değişimi (%)
40	60 kPa	15,84	15,82	15,81	15,77	0,4%
65	60 kPa	14,60	14,55	14,50	14,40	1,4%
80	60 kPa	13,80	13,74	13,68	13,55	1,8%
100	60 kPa	13,50	13,38	13,25	13,00	3,7%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)		14,77%	15,47%	16,17%	17,56%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=60 kPa değerinde ve $\phi = 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 8 m derinliğinde 3 m gömülü 5 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



şekil 25 60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci ağıısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık apı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,4% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,4% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 3,7% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği,

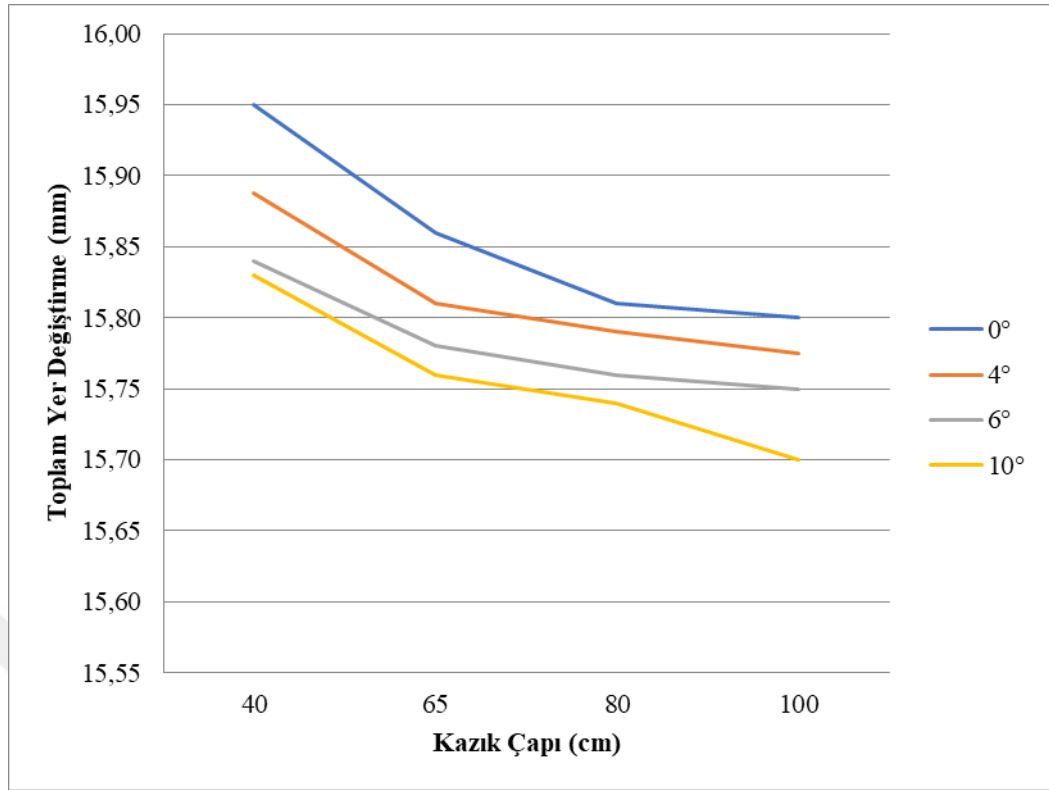
Kazık apı artmasının yer değiştirmeyi %14-17 düzeyinde azalttığı görülmüştür.

- Kazı derinliği 6 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 34 60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=60 kPa ve Kazı Derinliği 6.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	60 kPa	15,95	15,89	15,84	15,83	0,8%
65	60 kPa	15,86	15,81	15,78	15,76	0,6%
80	60 kPa	15,81	15,79	15,76	15,74	0,4%
100	60 kPa	15,80	15,78	15,75	15,70	0,6%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)		0,94%	0,71%	0,57%	0,82%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=60 kPa değerinde ve $\phi= 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 8 m derinliğinde 3 m gömülü 6 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 26 60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,6% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,4% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,6% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının değişiminin yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği,

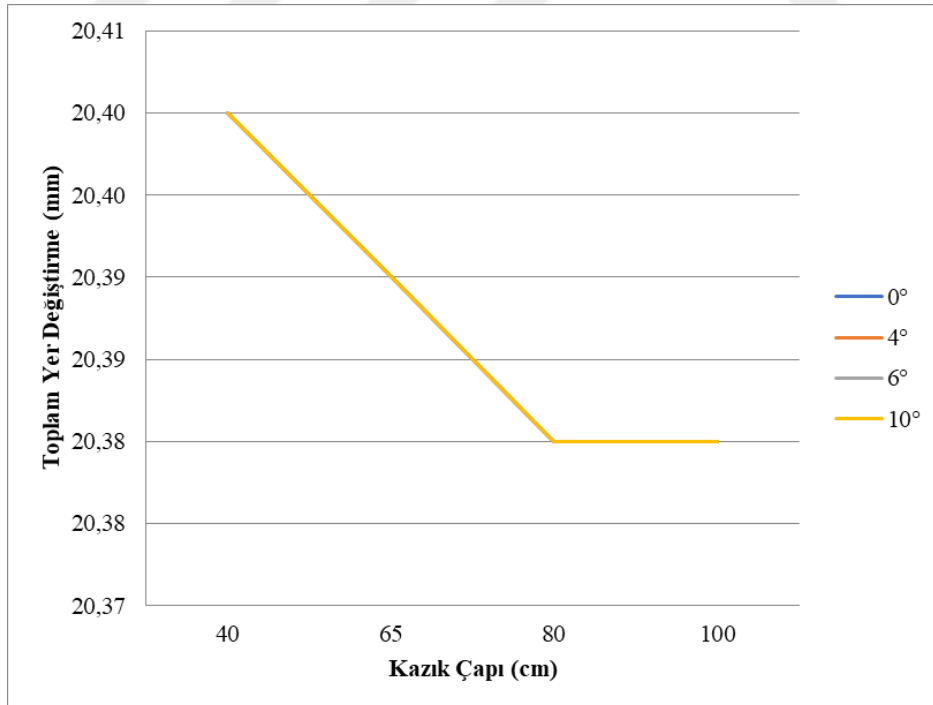
Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği görülmüştür.

- Kazı derinliği 8 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 35 60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=60 kPa ve Kazı Derinliği 8.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	60 kPa	20,40	20,40	20,40	20,40	0,0%
65	60 kPa	20,39	20,39	20,39	20,39	0,0%
80	60 kPa	20,38	20,38	20,38	20,38	0,0%
100	60 kPa	20,38	20,38	20,38	20,38	0,0%
40 - 100 cm çapları deplas. değiş. (%)		0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=60 kPa değerinde ve $\phi = 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 11 m derinliğinde 3 m gömülü 8 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 27 60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık apı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının değişiminin yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği,

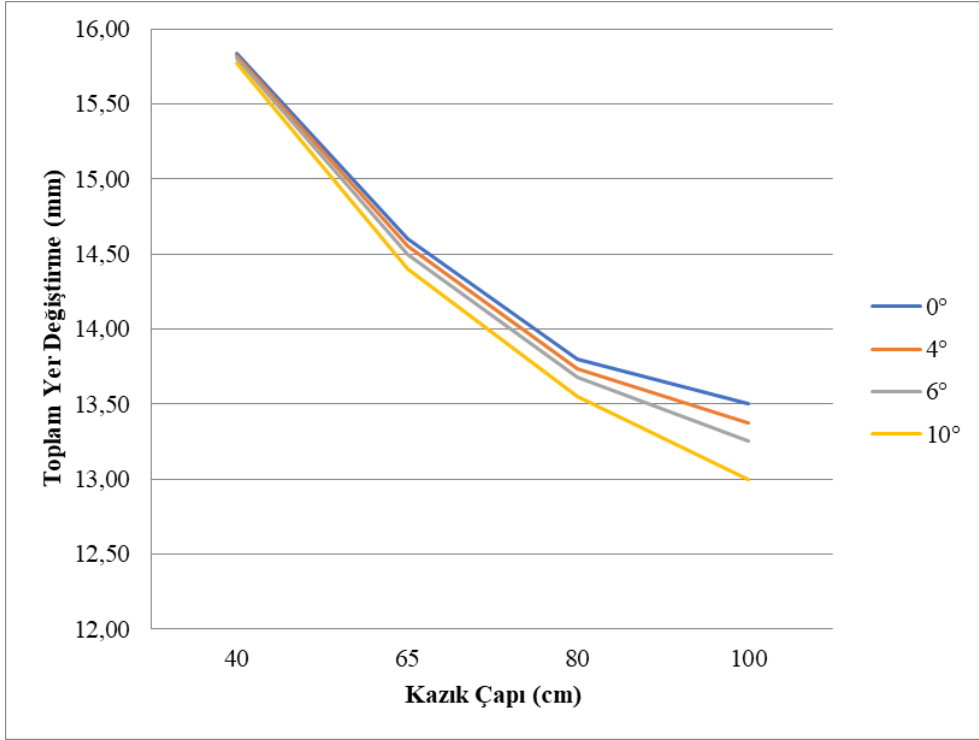
Kazık apı artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği görülmüştür.

- Kazı derinliği 10 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 36 60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=60 kPa ve Kazı Derinliği 10.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				0°-10° deplas. değişimi (%)
Kazık apı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	60 kPa	Göçme D.	24,00	23,90	23,80	0,8%
65	60 kPa	Göçme D.	23,90	23,70	23,70	0,8%
80	60 kPa	24,89	23,79	23,64	23,51	5,6%
100	60 kPa	24,76	23,64	23,39	23,39	5,5%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)		0,52%	1,50%	2,13%	1,72%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=60 kPa değerinde ve $\phi= 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler,13 m derinliğinde 3 m gömülü 10 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 28 60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 5,6% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 5,6% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının değişiminin yer değiştirmeyi %5-6 düzeyinde azalttığı,

Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği görülmüştür.

- Kazı derinliği 12 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 37 60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 12 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=60 kPa ve Kazı Derinliği 12.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı φ				
Kazık Çapı (cm)	c' / φ	0°	4°	6°	10°	
40	60 kPa	Göçme D.	27,6	27,4	27,2	1,4%
65	60 kPa	Göçme D.	27,4	27	27	1,5%
80	60 kPa	Göçme D.	27,2	26,89	26,63	2,1%
100	60 kPa	28,1	26,9	26,4	26,4	6,0%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)			2,54%	3,65%	2,94%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=50 kPa değerinde ve $\phi = 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 15 m derinliğinde 3 m gömülü 12 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır. İncelemeler neticesinde 0° kayma açısında oluşan yer değiştirmelerin göçme meydana getirdiği tespit edilmiş olup, $4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ için ise kazık çapı artırıldıkça göçme durumu engellenebilecektir.

- Kazı derinliği 14 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 38 60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 14 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=60 kPa ve Kazı Derinliği 14.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	60 kPa	Göçme D.	Göçme D.	30	29,24	2,5%
65	60 kPa	Göçme D.	29,54	29	28,65	3,0%
80	60 kPa	Göçme D.	Göçme D.	28,67	28,54	0,5%
100	60 kPa	Göçme D.	29	28,5	28,46	1,9%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)				5,00%	2,67%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=50 kPa değerinde ve $\phi = 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 17 m derinliğinde 3 m gömülü 14 m

konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır. İncelemeler neticesinde 0°, 4° kayma açılarında oluşan yer değiştirmelerin göçme meydana getirdiği tespit edilmiş olup, 6°, 10° için ise kazık çapı artırıldıķça göçme durumu engellenebilecektir.

- Kazı derinliği 18 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 39 60 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 18 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=60 kPa ve Kazı Derinliği 18.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	60 kPa	Göçme D.	Göçme D.	Göçme D.	42,43	
65	60 kPa	Göçme D.	Göçme D.	42	41,15	2,0%
80	60 kPa	Göçme D.	Göçme D.	41,43	40,2	3,0%
100	60 kPa	Göçme D.	43,78	40,67	39,56	9,6%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)				3,17%	6,76%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=50 kPa değerinde ve $\phi=0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 21 m derinliğinde 3 m gömülü 18 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır. İncelemeler neticesinde 0°, 4° kayma açılarında oluşan yer değiştirmelerin göçme meydana getirdiği tespit edilmiş olup, 6°, 10° için ise kazık çapı artırıldıķça göçme durumu engellenebilecektir.

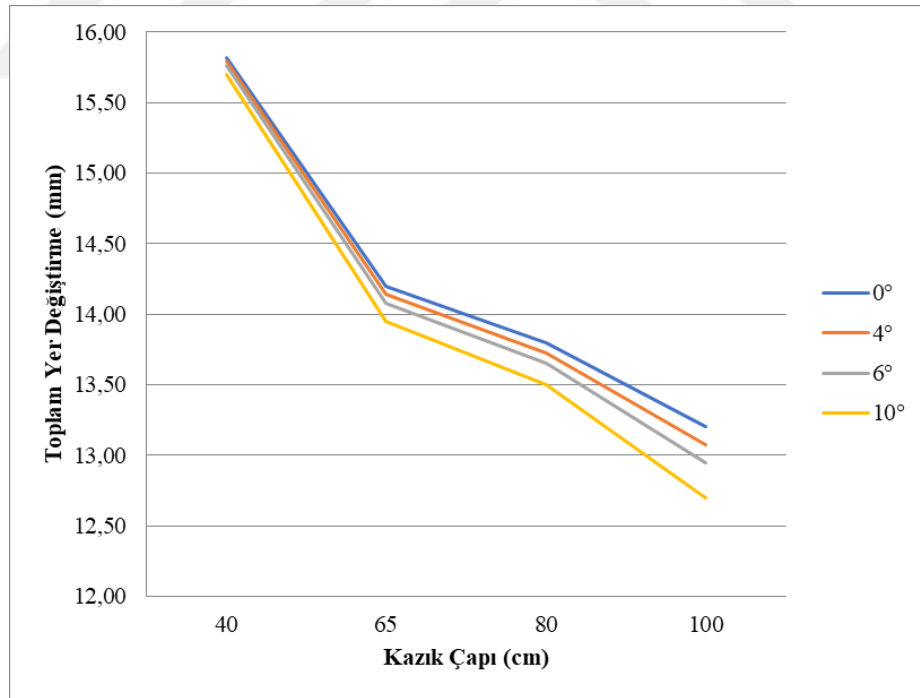
E. 75 Kpa Kohezyona Sahip Zeminlerde İksa Kazıklarının Yer Değiştirmelerinin Değerlendirilmesi

- Kazı derinliği 5 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 40 75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=75 kPa ve Kazı Derinliği 5.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	0°-10° deplas. değişimi (%)
40	75 kPa	15,82	15,79	15,76	15,70	0,8%
65	75 kPa	14,20	14,14	14,08	13,95	1,8%
80	75 kPa	13,80	13,73	13,65	13,50	2,2%
100	75 kPa	13,20	13,08	12,95	12,70	3,8%
40 -100 cm çapları deplas. değiş. (%)		16,56%	17,19%	17,83%	19,11%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=75 kPa değerinde ve $\phi=0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 8 m derinliğinde 3 m gömülü 5 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 29 75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

,Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık apı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^{\circ}-10^{\circ}$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^{\circ}-10^{\circ}$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^{\circ}-10^{\circ}$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,2% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^{\circ}-10^{\circ}$) ile toplam yer değiştirmelerde 3,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği,

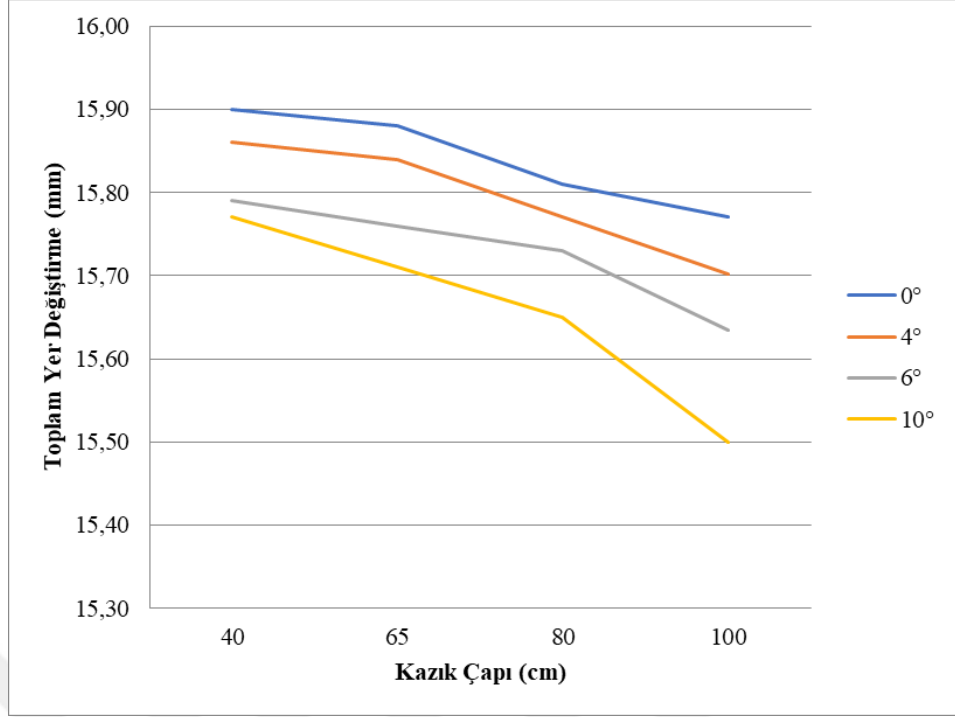
Kazık apı artmasının yer değiştirmeyi %16-19 düzeyinde azalttığı görülmüştür.

- Kazı derinliği 6 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 41 75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=75 kPa ve Kazı Derinliği 6.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	75 kPa	15,90	15,86	15,79	15,77	0,8%
65	75 kPa	15,88	15,84	15,76	15,71	1,1%
80	75 kPa	15,81	15,77	15,73	15,65	1,0%
100	75 kPa	15,77	15,70	15,64	15,50	1,7%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)		0,82%	0,99%	0,98%	1,71%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=75 kPa değerinde ve $\phi= 0^{\circ}, 4^{\circ}, 6^{\circ}, 10^{\circ}$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 9 m derinliğinde 3 m gömülü 6 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 30 75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,1% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,0% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,7% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının değişiminin yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği,

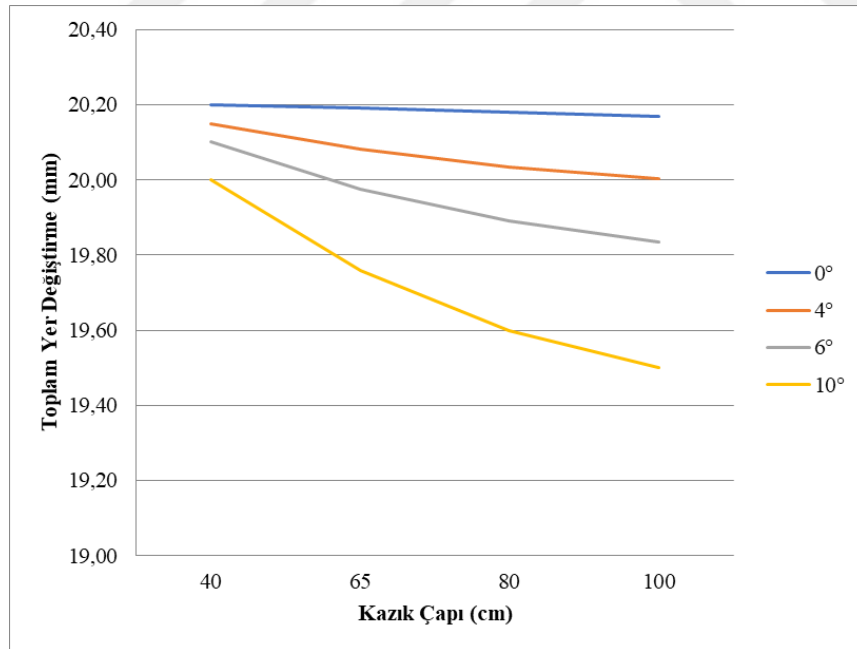
Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği görülmüştür.

- Kazı derinliği 8 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 42 75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=75 kPa ve Kazı Derinliği 8.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	75 kPa	20,20	20,15	20,10	20,00	1,0%
65	75 kPa	20,19	20,08	19,98	19,76	2,1%
80	75 kPa	20,18	20,04	19,89	19,60	2,9%
100	75 kPa	20,17	20,00	19,84	19,50	3,3%
40 -100 cm çapları deplas. değiş. (%)		0,15%	0,73%	1,32%	2,50%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=75 kPa değerinde ve $\phi = 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 11 m derinliğinde 3 m gömülü 8 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 31 75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık apı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,0% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,1% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,9% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 3,3% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının değişiminin yer değiştirmeyi %1-3 düzeyinde azalttığı,

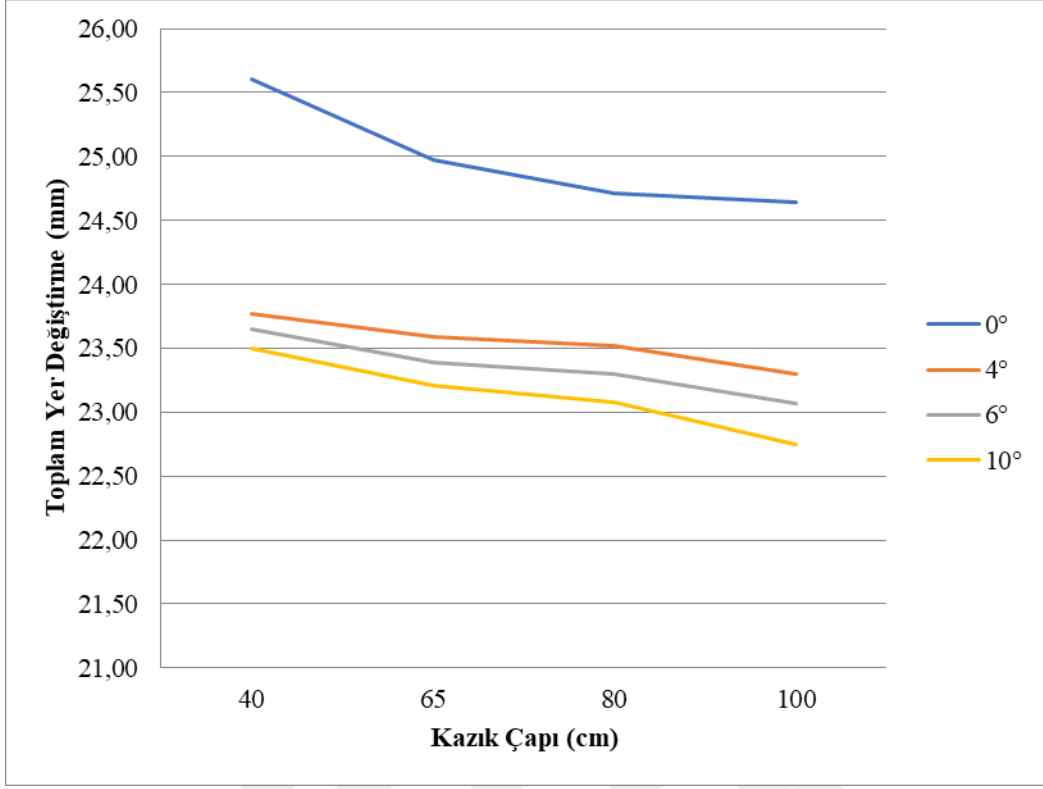
Kazık apı artmasının yer değiştirmeyi ihmal edilebilir düzeyde etkilediği görülmüştür.

- Kazı derinliği 10 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 43 75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=75 kPa ve Kazı Derinliği 10.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				0°-10° deplas. değişimi (%)
Kazık apı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	75 kPa	25,60	23,78	23,65	23,50	8,2%
65	75 kPa	24,97	23,59	23,39	23,21	7,1%
80	75 kPa	24,71	23,52	23,30	23,08	6,6%
100	75 kPa	24,64	23,30	23,07	22,75	7,7%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)		3,75%	1,99%	2,46%	3,19%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=75 kPa değerinde ve $\phi= 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 13 m derinliğinde 3 m gömülü 10 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 32 75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 8,2% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 7,1% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 6,6% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 7,7% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının değişiminin yer değiştirmeyi %6-8 düzeyinde azalttığı,

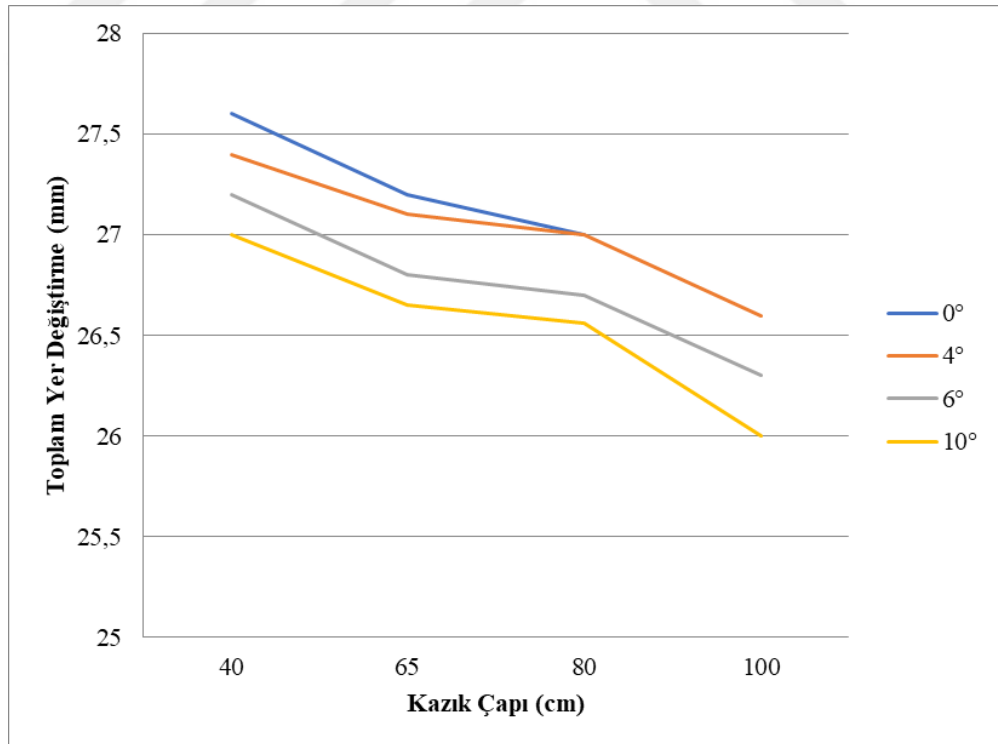
Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi %1-4 düzeyinde azalttığı görülmüştür.

- Kazı derinliği 12 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 44 75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 12 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=75 kPa ve Kazı Derinliği 12.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				0°-10° deplas. değişimi (%)
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	75 kPa	Göçme D.	27,4	27,2	27	1,5%
65	75 kPa	27,6	27,1	26,8	26,65	3,4%
80	75 kPa	27,2	27	26,7	26,56	2,4%
100	75 kPa	27	26,6	26,3	26	3,7%
40 -100 cm çapları deplas. değiş. (%)		2,17%	2,92%	3,31%	3,70%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=75 kPa değerinde ve $\phi=0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 15 m derinliğinde 3 m gömülü 12 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 33 75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 12 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık apı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıklar $\phi=4-10$ değerleri altında incelendiğinde toplam yer değiştirmelerde 1,5% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^{\circ}-10^{\circ}$) ile toplam yer değiştirmelerde 3,4% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^{\circ}-10^{\circ}$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,4% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^{\circ}-10^{\circ}$) ile toplam yer değiştirmelerde 3,7% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının değişiminin yer değiştirmeyi %1-4 düzeyinde azalttığı,

Kazık apı artmasının yer değiştirmeyi %2-4 düzeyinde azalttığı görülmüştür.

- Kazı derinliği 14 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 45 75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 14 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=75 kPa ve Kazı Derinliği 14.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	75 kPa	Göçme D.	29,54	29,32	29	1,8%
65	75 kPa	Göçme D.	28,65	28,48	28,42	0,8%
80	75 kPa	Göçme D.	28,51	28,4	28,36	0,5%
100	75 kPa	30,23	28,32	28,21	28	7,4%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)			4,13%	3,79%	3,45%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=75 kPa değerinde ve $\phi= 0^{\circ}, 4^{\circ}, 6^{\circ}, 10^{\circ}$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 17 m derinliğinde 3 m gömülü 14 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır. İncelemeler neticesinde 0° kayma açısında oluşan yer değiştirmelerin göçme meydana getirdiği tespit edilmiş olup, $4^{\circ}, 6^{\circ}, 10^{\circ}$ için ise kazık çapı artırıldıkça göçme durumu engellenebilecektir.

- Kazı derinliği 18 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 46 75 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 18 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=75 kPa ve Kazı Derinliği 18.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	0°-10° deplas. değişimi (%)
40	75 kPa	Göçme D.	46	45	41,78	9,2%
65	75 kPa	Göçme D.	Göçme D.	41	39,13	4,6%
80	75 kPa	Göçme D.	Göçme D.	40,36	38,56	4,5%
100	75 kPa	Göçme D.	40,58	39,65	37,65	7,2%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)			11,78%	11,89%	9,89%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=75 kPa değerinde ve $\phi=0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 21 m derinliğinde 3 m gömülü 18 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır. İncelemeler neticesinde 0° kayma açısında oluşan yer değiştirmelerin göçme meydana getirdiği tespit edilmiş olup, $4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ için ise kazık çapı artırıldıkça göçme durumu engellenebilecektir.

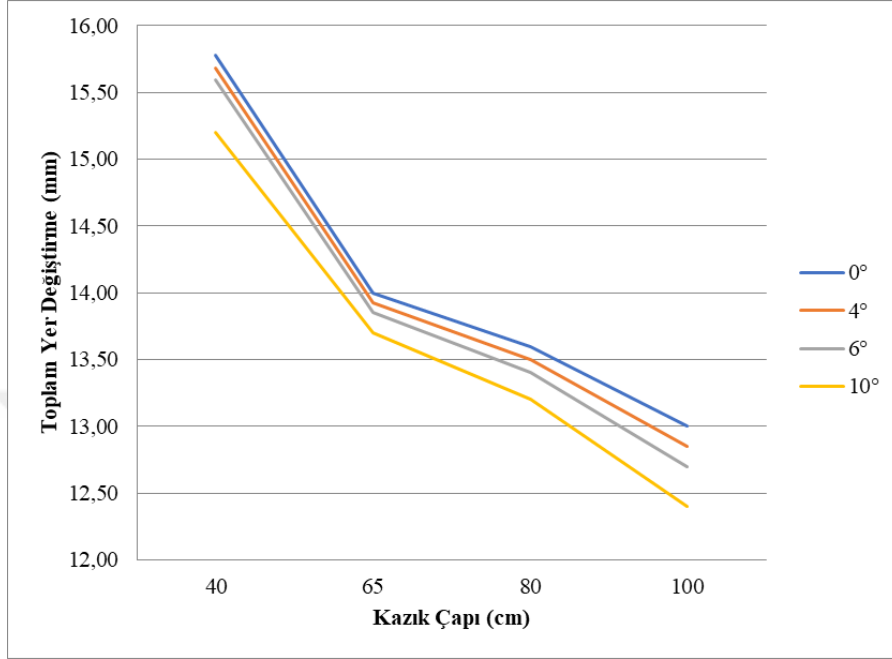
F. 100 Kpa Kohezyona Sahip Zeminlerde İksa Kazıklarının Yer Değiştirmelerinin Değerlendirilmesi

- Kazı derinliği 5 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 47 100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=100 kPa ve Kazı Derinliği 5.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	100 kPa	15,78	15,69	15,59	15,20	3,7%
65	100 kPa	14,00	13,93	13,85	13,70	2,1%
80	100 kPa	13,60	13,50	13,40	13,20	2,9%
100	100 kPa	13,00	12,85	12,70	12,40	4,6%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)		17,62%	18,07%	18,54%	18,42%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm $\varnothing$ unda, $c'=100$ kPa değerinde ve $\varphi=0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 8 m derinliğinde 3 m gömülü 5 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



şekil 34 100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 5 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık apı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- φ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\varphi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 3,7% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\varphi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,1% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\varphi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,9% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\varphi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 4,6% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının değişiminin yer değiştirmeyi %2-5 düzeyinde azalttığı,

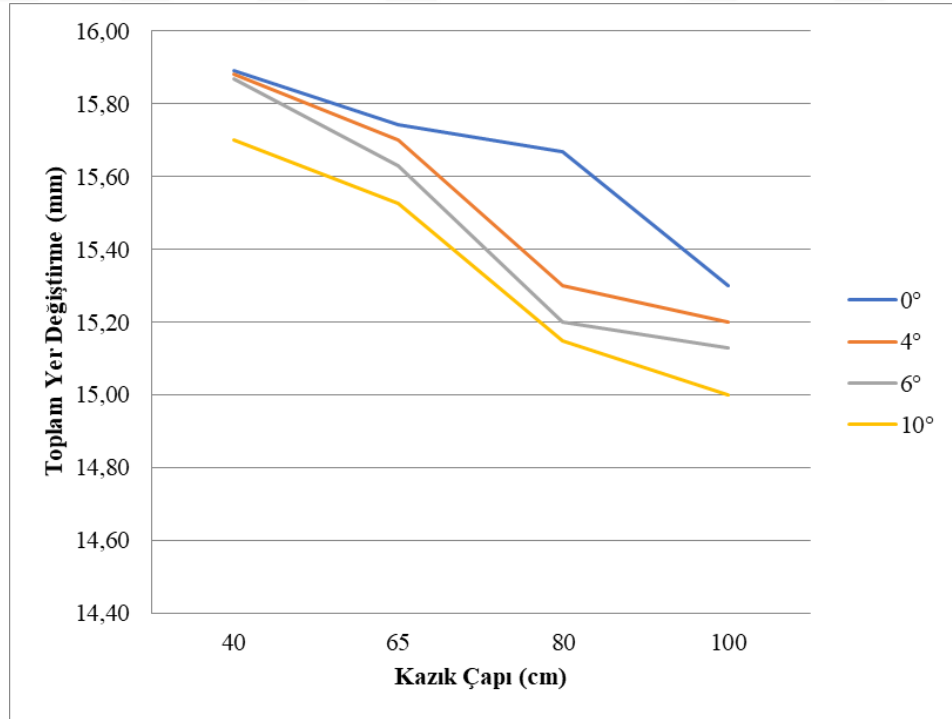
Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi %17-19 düzeyinde azalttığı görülmüştür.

- Kazı derinliği 6 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 48 100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=100 kPa ve Kazı Derinliği 6.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	100 kPa	15,89	15,74	15,67	15,30	3,7%
65	100 kPa	15,88	15,70	15,30	15,20	4,3%
80	100 kPa	15,87	15,63	15,20	15,13	4,7%
100	100 kPa	15,70	15,53	15,15	15,00	4,5%
40 -100 cm çapları deplas. değiş. (%)		1,20%	1,38%	3,32%	1,96%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=100 kPa değerinde ve $\phi = 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 9 m derinliğinde 3 m gömülü 6 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 35 100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 6 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 3,7% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 4,3% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 4,7% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 4,5% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının değişiminin yer değiştirmeyi %3-5 düzeyinde azalttığı,

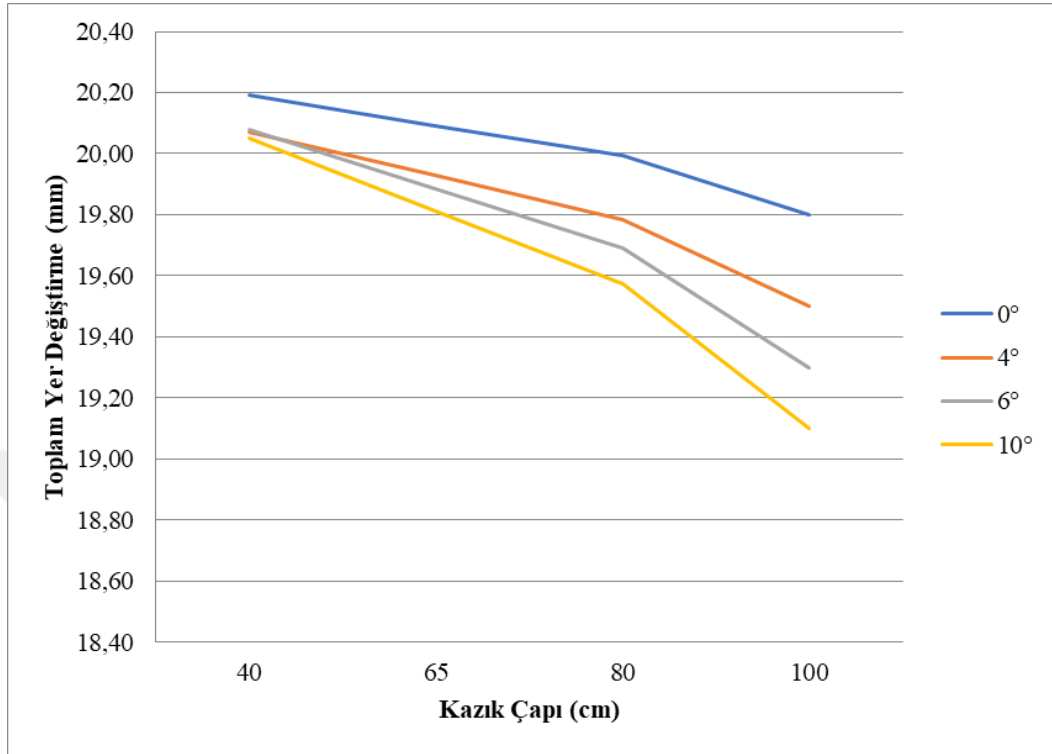
Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi %1-2 düzeyinde azalttığı görülmüştür.

- Kazı derinliği 8 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 49 100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=100 kPa ve Kazı Derinliği 8.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	100 kPa	20,19	20,09	20,00	19,80	1,9%
65	100 kPa	20,07	19,93	19,79	19,50	2,8%
80	100 kPa	20,08	19,89	19,69	19,30	3,9%
100	100 kPa	20,05	19,81	19,58	19,10	4,7%
40 -100 cm çapları deplas. değiş. (%)		0,69%	1,39%	2,10%	3,54%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, $c'=100$ kPa değerinde ve $\phi= 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 11 m derinliğinde 3 m gömülü 8 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 36 100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 8 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,9% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 3,9% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 4,7% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının değişiminin yer değiştirmeyi %1-5 düzeyinde azalttığı,

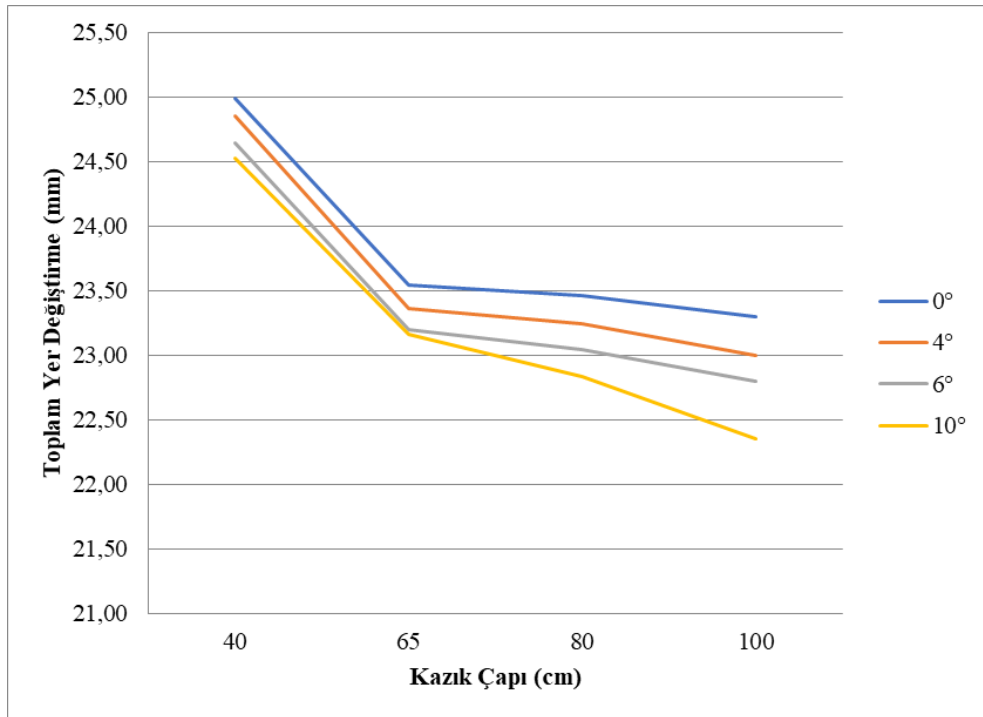
Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi %1-4 düzeyinde azalttığı görülmüştür.

- Kazı derinliği 10 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 50 100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=100 kPa ve Kazı Derinliği 10.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	100 kPa	24,99	23,55	23,46	23,30	6,8%
65	100 kPa	24,85	23,36	23,24	23,00	7,4%
80	100 kPa	24,64	23,19	23,05	22,80	7,5%
100	100 kPa	24,53	23,16	22,84	22,35	8,9%
40 -100 cm çapları deplas. değiş. (%)		1,86%	1,66%	2,66%	4,08%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=100 kPa değerinde ve $\phi = 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 13 m derinliğinde 3 m gömülü 10 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 37 100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 10 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 6,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 7,4% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 7,5% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 8,9% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının artmasının yer değiştirmeyi %6-9 düzeyinde azalttığı,

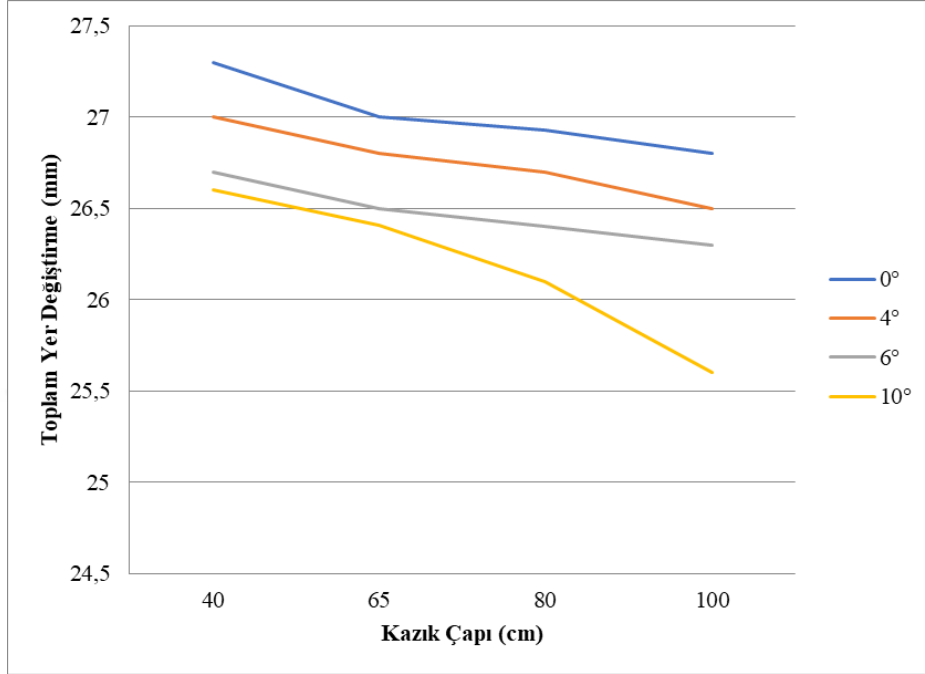
Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi %1-4 düzeyinde azalttığı görülmüştür.

- Kazı derinliği 12 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 51 100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 12 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=100 kPa ve Kazı Derinliği 12.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				
		Zeminin Kayma Direnci Açısı φ				
Kazık Çapı (cm)	c' / φ	0°	4°	6°	10°	0°-10° deplas. değişimi (%)
40	100 kPa	27,3	27	26,93	26,8	1,8%
65	100 kPa	27	26,8	26,7	26,5	1,9%
80	100 kPa	26,7	26,5	26,4	26,3	1,5%
100	100 kPa	26,6	26,41	26,1	25,6	3,8%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)		2,56%	2,19%	3,08%	4,48%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, $c'=100$ kPa değerinde ve $\phi=0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 15 m derinliğinde 3 m gömülü 12 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 38 100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 12 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,9% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 1,5% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 3,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının artmasının yer değiştirmeyi %1-4 düzeyinde azalttığı,

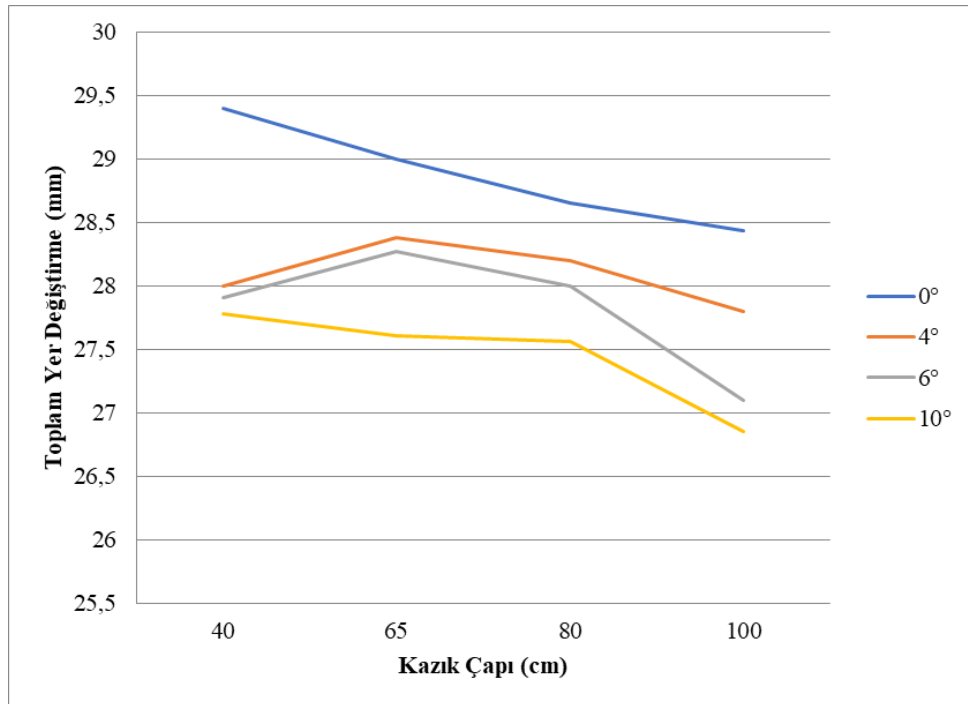
Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi %2-4 düzeyinde azalttığı görülmüştür.

- Kazı derinliği 14 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 52 100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 14 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=100 kPa ve Kazı Derinliği 14.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	100 kPa	29,4	29	28,65	28,43	3,3%
65	100 kPa	28	28,38	28,2	27,8	0,7%
80	100 kPa	27,91	28,27	28	27,1	2,9%
100	100 kPa	27,78	27,61	27,56	26,85	3,3%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)		5,51%	4,79%	3,80%	5,56%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, c'=100 kPa değerinde ve $\phi = 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 17 m derinliğinde 3 m gömülü 14 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 39 100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 14 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 3,3% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 0,7% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 2,9% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 3,3% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının artmasının yer değiştirmeyi %1-3 düzeyinde azalttığı,

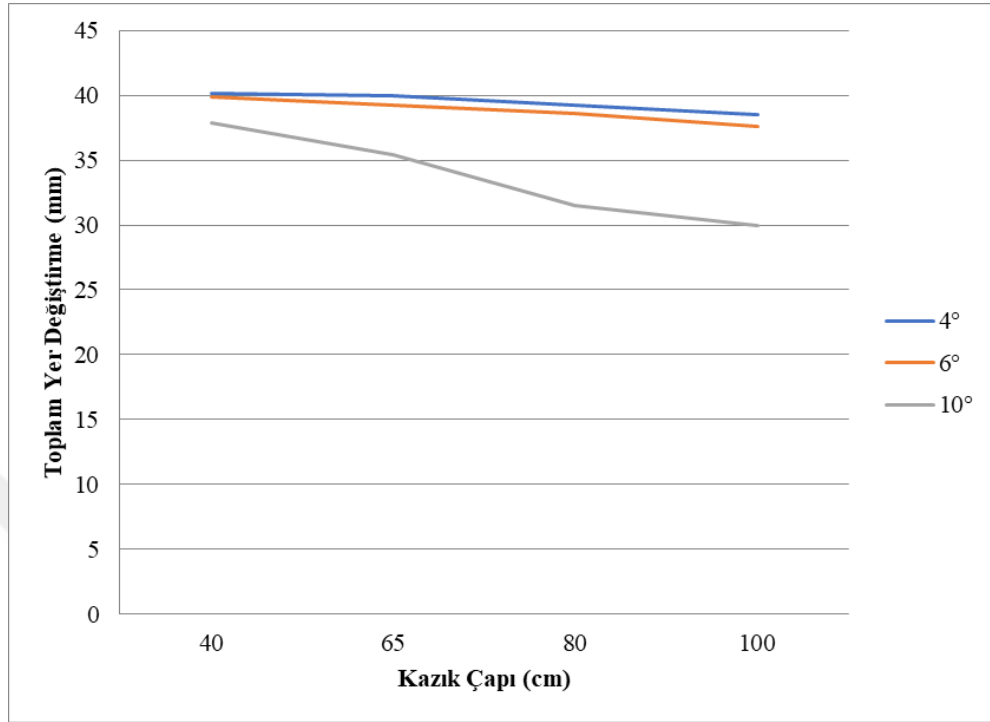
Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi %3-6 düzeyinde azalttığı görülmüştür.

- Kazı derinliği 18 m olan iksaların yer değiştirmelerinin değerlendirilmesi;

Çizelge 53 100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 18 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

c'=100 kPa ve Kazı Derinliği 18.00 m						
		Toplam Yer Değiştirme (mm)				0°-10° deplas. değişimi (%)
		Zeminin Kayma Direnci Açısı ϕ				
Kazık Çapı (cm)	c' / ϕ	0°	4°	6°	10°	
40	100 kPa	Göçme D.	40,14	39,85	37,87	5,7%
65	100 kPa	Göçme D.	39,93	39,27	35,43	11,3%
80	100 kPa	Göçme D.	39,24	38,64	31,46	19,8%
100	100 kPa	41,42	38,54	37,58	30	22,2%
40 -100 cm çaplarıdeplas. değiş. (%)			3,99%	5,70%	20,78%	

40 cm, 65 cm, 80 cm, 100 cm çapında, $c'=100$ kPa değerinde ve $\phi= 0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 10^\circ$ değişken değerlerinden elde edilen veriler, 21 m derinliğinde 3 m gömülü 18 m konsol olacak şekilde tasarlanarak yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 40 100 kohezyon değerine sahip kohezyonlu zeminlerde fore kazık ile desteklenen 18 m derinliğindeki kazılarda; farklı kazık çapı ve zemin kayma direnci açısından oluşan deplasmanların analizi

Toplam yer değiştirme değerleri incelendiğinde;

- Kazık çapı arttıkça toplam yer değiştirmelerde azalma görülmüştür.
- ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür.
- 40 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 5,7% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 65 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 11,3% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 80 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 19,8% kadar bir azalma meydana gelmektedir.
- 100 cm çapında kazıkların; artan zeminin kayma direnci açısı ($\phi=0^\circ-10^\circ$) ile toplam yer değiştirmelerde 27,6% kadar bir azalma meydana gelmektedir.

İncelemeler neticesinde bahse konu kazı için;

ϕ açısının artmasının yer değiştirmeyi %5-28 düzeyinde azalttığı,

Kazık çapı artmasının yer değiştirmeyi %4-21 düzeyinde azalttığı görülmüştür.



VII. SONUÇ

Derin kazıların güvenliğini sağlamak için tasarlanan destek sisteminin olası deformasyonlarının doğru tespiti, hem destek yapısı hem de çevredeki yapılar için çok önemlidir. İksa yapılarına statik zemin yanal yüklerine ek olarak, sismik aktivite de etki eder. Dinamik zemin kesme kuvvetleri de inşaat sırasında yapılara etki eder.

Destek yapısının deformasyonları, desteğin stabilitesinde bir sorundur. Çevredeki yapıların stabilitesinde de sorunlara neden olabilir. Bu nedenle derin kazı çalışmalarında olası deformasyonların belirlenmesi, örneğin derin kazının stabilitesinin belirlenmesi ve buna göre tasarım yapılması çok önemlidir. Taşıyıcı sistemlerde meydana gelen deformasyonlar kazı stabilitesi ve güvenliği açısından en önemli faktörlerdir. Bu nedenle derin kazılar birçok çalışmanın konusu olmuştur. Sayısal yer değiştirme yöntemlerinin gelişmesiyle birlikte yer değiştirmeleri etkileyen parametrelerin keşfedilmesi için çalışmalara başlanmıştır. Günümüz yapı tasarımında güvenlik kriterleri kadar ekonomik tasarımlar da önem kazanmıştır.

Bu çalışmada, iksa sisteminde kullanılan fore kazıklarda hesaplanan deformasyon değerlerinin arazi parametrelerine, kazık boy ve çap uzunluklarına göre değerlendirilerek karşılaştırılması ile deformasyon miktarının hesaplanarak tablolaştırılması sağlanmaktadır.

Kıyaslanan tüm kazı derinliklerinde ϕ değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinde azalma görülmüştür. c' değeri arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinin azaldığı görülmüştür. Yapılan tüm kazılarda, kazı derinliği arttıkça toplam yer değiştirme değerlerinin arttığı görülmüştür.

- Kohezyonu 30kPa olan zeminlerde yapılan kazı işlemleri incelendiğinde;
 - Kazı derinliği 5 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %2,2 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %15,41 oranında azaldığı görülmüştür.

5 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 6 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %2,9 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %3,71 oranında azalttığı görülmüştür.

6 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 8 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %31,1 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %0,77 oranında azalttığı görülmüştür.

8 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha az olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 10 m olan kazılarda;

Kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

- Kazı derinliği 12 m olan kazılarda;

Kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

- Kazı derinliği 14 m olan kazılarda;

Kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

- Kazı derinliği 18 m olan kazılarda;

Kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

- Kohezyonu 40kPa olan zeminlerde yapılan kazı işlemleri incelendiğinde;

- Kazı derinliği 5 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %2,6 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %16,4 oranında azalttığı görülmüştür.

5 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 6 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %1,3 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %1,86 oranında azalttığı görülmüştür.

6 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 8 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %2,8 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %0,10 oranında azalttığı görülmüştür.

8 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha az olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 10 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 10° olması durumunda 65cm, 80cm ve 100 cm çapındaki kazıklarda kazı işlemi gerçekleştirilmiştir. Bunun dışında kalan kazılarda kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

- Kazı derinliği 12 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 10° olması durumunda 65cm, 80cm ve 100 cm çapındaki kazıklarda kazı işlemi gerçekleştirilmiştir. Bunun dışında kalan kazılarda kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

- Kazı derinliği 14 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 10° olması durumunda 65cm, 80cm ve 100 cm çapındaki kazıklarda kazı işlemi gerçekleştirilmiştir. Bunun dışında kalan kazılarda kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

- Kazı derinliği 18 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 10° olması durumunda 80cm ve 100 cm çapındaki kazıklarda kazı işlemi gerçekleştirilmiştir. Bunun dışında kalan kazılarda kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

- Kohezyonu 50kPa olan zeminlerde yapılan kazı işlemleri incelendiğinde;

- Kazı derinliği 5 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %2,6 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %16,46 oranında azalttığı görülmüştür.

5 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 6 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %1,4 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %1,56 oranında azalttığı görülmüştür.

6 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci

açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 8 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %1,0 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %0,72 oranında azalttığı görülmüştür.

8 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha az olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 10 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %4,80 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %4,89 oranında azalttığı görülmüştür.

Zemin kayma direnci açısının 0° olması durumunda 40cm, 65cm ve 80cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi ve 4° olması durumunda 40cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

10 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 12 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %7,40 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %5,90 oranında azalttığı görülmüştür.

Zemin kayma direnci açısının 0° olması durumunda 40cm, 65cm, 80cm ve 100cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi, 4° olması durumunda 40cm ve 65cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi ve 6° olması durumunda 40cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

12 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha az olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 14 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %4,70 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %4,35 oranında azalttığı görülmüştür.

Zemin kayma direnci açısının 0° olması durumunda 40cm, 65cm, 80cm ve 100cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi, 4° olması durumunda 40cm, 65cm ve 80cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi ve 6° olması durumunda 40cm ve 65cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi ve 10° olması durumunda 40cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

14 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha az olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 18 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %0,90 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %10,69 oranında azalttığı görülmüştür.

Zemin kayma direnci açısının 0° olması durumunda 40cm, 65cm, 80cm ve 100cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi, 4° olması durumunda 40cm, 65cm, 80cm ve 100cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi ve 6° olması durumunda 40cm, 65cm ve 100 cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi ve 10° olması durumunda 40cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

18 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kohezyonu 60kPa olan zeminlerde yapılan kazı işlemleri incelendiğinde;

- Kazı derinliği 5 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %3,7 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %17,56 oranında azalttığı görülmüştür.

5 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 6 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %0,8 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %0,94 oranında azalttığı görülmüştür.

6 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 8 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %0,0 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %0,10 oranında azalttığı görülmüştür.

8 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 10 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %5,60 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %2,13 oranında azalttığı görülmüştür.

Zemin kayma direnci açısının 0° olması durumunda 40cm ve 65cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

10 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha az olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 12 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %6,00 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %3,65 oranında azalttığı görülmüştür.

Zemin kayma direnci açısının 0° olması durumunda 40cm, 65cm ve 80cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

12 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha az olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 14 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %3,00 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %5,00 oranında azalttığı görülmüştür.

Zemin kayma direnci açısının 0° olması durumunda 40cm, 65cm, 80cm ve 100cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi, 4° olması durumunda 40cm ve 65cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

14 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 18 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %9,60 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %6,76 oranında azalttığı görülmüştür.

Zemin kayma direnci açısının 0° olması durumunda 40cm, 65cm, 80cm ve 100cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi, 4° olması durumunda 40cm, 65cm ve 80cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi ve 6° olması durumunda 40cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

18 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha az olduğu görülmüştür.

- Kohezyonu 75kPa olan zeminlerde yapılan kazı işlemleri incelendiğinde;

- Kazı derinliği 5 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %3,8 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %19,11 oranında azalttığı görülmüştür.

5 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 6 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %1,7 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %1,71 oranında azalttığı görülmüştür.

6 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 8 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %3,3 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %2,50 oranında azalttığı görülmüştür.

8 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha az olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 10 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %8,2 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %3,75 oranında azalttığı görülmüştür.

10 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha az olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 12 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %3,7 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %3,7 oranında olduğu görülmüştür.

Zemin kayma direnci açısının 0° olması durumunda 40cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

- Kazı derinliği 14 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %7,40 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %4,13 oranında azalttığı görülmüştür.

Zemin kayma direnci açısının 0° olması durumunda 40cm, 65cm ve 80cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut yada ankraj gerekliliği görülmüştür.

14 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha az olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 18 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0° 'den 10° 'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %9,20 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %11,89 oranında azalttığı görülmüştür.

Zemin kayma direnci açısının 0° olması durumunda 40cm, 65cm, 80cm ve 100cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi, 4° olması durumunda 40cm, 65cm ve 80cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut yada ankraj gerekliliği görülmüştür.

18 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kohezyonu 100kPa olan zeminlerde yapılan kazı işlemleri incelendiğinde;

- Kazı derinliği 5 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %4,6 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %18,54 oranında azalttığı görülmüştür.

5 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 6 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %4,70 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %2,04 oranında azalttığı görülmüştür.

6 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 8 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %4,70 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %3,54 oranında azalttığı görülmüştür.

8 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha az olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 10 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %8,90 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %4,08 oranında azalttığı görülmüştür.

10 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha az olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 12 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %3,80 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %4,48) oranından az olduğu görülmüştür.

12 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 14 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %3,30 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %5,56 oranında azalttığı görülmüştür.

14 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha fazla olduğu görülmüştür.

- Kazı derinliği 18 m olan kazılarda;

Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %27,60 oranında azalttığı görülmüştür.

İksalarda kullanılan kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artması durumunda max yer değiştirmenin %20,78 oranında azalttığı görülmüştür.

Zemin kayma direnci açısının 0° olması durumunda 40cm, 65cm ve 80cm çapındaki kazıklarda yapılan kazı işlemi kritik yer değiştirme sınırının üstünde olduğu tespit edildiğinden gerçekleştirilememiştir. Göçme durumunun engellenebilmesi için strut ya da ankraj gerekliliği görülmüştür.

18 m derinliğinde yapılan kazılarda kazık çapının 40 cm'den 100 cm'ye artmasıyla gerçekleşen max yer değiştirme değişiminin; Zemin kayma direnci açısının 0°'den 10°'ye artması durumunda gerçekleşen max yer değiştirme değişiminden daha az olduğu görülmüştür.

Çalışmada göz önüne alınan tüm zemin şartlarında kazı derinliği 8 m'ye kadar olan kazıların, 40 cm çapında tasarlanan fore kazıklarla kazılarının gerçekleştirilebileceği görüldüğünden daha büyük kazık çaplarında tasarım yapılmasına gerek kalmadığı görülmüştür.

Çalışma ile elde edilen veriler incelendiğinde 10 m ve üzeri suya doygun killi zeminlerde yapılacak iksa kazıkları için ankraj gerekliliğinin yoğunlaştığı görülmüştür. Toplam yer değiştirmenin kritik sınır üstünde kaldığı belirlenmiş olup göçme durumu oluşabileceği tespit edilmiştir. Aynı zemin şartlarında kazık boyu ve çapında yapılacak olan değişikliğin ankraj gerekliliğini ortadan kaldırabileceği görülmüştür.

10 m' nin üzerindeki kazılarda, zemindeki kohezyonun düşük olduğu kazık çapının küçük olduğu durumlarda göçme durumuyla karşılaşma riski bulunmaktadır. Zeminin kohezyonunun artmasıyla birlikte kazık çapının artması durumunda 10 m üzerindeki sınırlı derinliklerde kazıklı iksa sistemleri yapılabilecektir.

Çizelge 54 Kazı derinliğine göre kritik yer değiştirme değerleri

Kazı Derinliği (m)	Kritik Yer Değiştirme (mm)	Gouw Kritik Yer Değiştirme (mm) (0.010H)
5	16	50
6	16,72	60
8	21,22	80
10	25,64	100
12	30	120
14	30,32	140
18	48	180

Kazı derinliği incelemelerinde belirlenen kritik yer değiştirme değeri göçme durumu öncesinde, kazığın son yer değiştirme değeri olarak kabul edilmiştir. Bu kritik eşik üstünde gerçekleşen yer değiştirmelerde göçme durumu meydana geldiği tespit edilmiştir.

Gouw, T. L. (2014)'un "Konsol sistemlerde meydana gelecek yanal deplasmanlar için 0.010H (kazı derinliğinin yüzde biri) değeri bir üst limit olarak kabul edilmektedir. Yanal deplasmanlar bu değeri aşmayacak şekilde projelendirme yapılmalıdır." Bir değerlendirmesi bulunmaktadır. Çizelge 55'te Gouw'un yanal deplasmanlar için ileri sürdüğü 0.010 H kriteri ile bu çalışmada elde edilen göçme öncesi deplasman miktarları gösterilmiştir. Çizelge 55 incelendiğinde Gouw'un ileri sürdüğü sınırlar altında da göçme meydana geldiği görülmektedir. Yapılan model çalışmaları sonucunda Gouw'un belirlemiş olduğu sınır deplasman değerlerinin göçme kriterini sağlamadığı açıkça görülmektedir.

10 m den daha derin yapılan kazılarda konsol kazık kullanılması mümkün olduğu analizler neticesinde görülmektedir. Fakat 10 m ve üzerinde yapılan kazılarda

kullanılan iksa tipi fore kazıklarda oluşacak momentlerin yüksekliği dikkate alındığında ekonomik bir çözüm olmaktan uzaklaşacaktır. 10 m ve üzeri yapılacak kazılarda ankraj yada strut kullanılması tavsiye edilmektedir.

Yapılan analizler incelendiğinde görülecektir ki; kazıkların gömme derinliği etkisi incelenmemiştir. Konu ile alakalı yapılacak çalışmalarda iksaların yer değiştirme analizleri yapılırken gömme derinliğinin de değişken olarak irdelenmesinde fayda görülmektedir.

Çalışma ile elde edilen verilerin aynı zemin şartlarında, aynı kazık boyu ve çapında çalışma yapan mühendisler yol gösterici olması hasebiyle ve aktif literatürde temiz bilgi akışı açısından önem arz etmektedir.

VIII. KAYNAKÇA

KİTAPLAR

Kazı Destek Yapıları Uygulama Esasları (2023), Çevre Şehircilik Bakanlığı

PLAXIS 2D Reference Manual, 2022, Plaxis

TBDY, (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

MAKALELER

A. ARDA BAHADIR VE M.İNANÇ ONUR / Derin Kazi Destek Sistemi Tasariminda Zemin Modeli Seçimi: Bir Vaka Analizi / 7. Geoteknik Sempozyumu 22-23-24 Kasım 2017, İstanbul

BÜLBÜL, M.B. VE DEMİR, (2015). Derin Kazılarda İksa Sistemlerinin Tasarımının ve Deformasyonlarının İncelenmesi. 6. Geoteknik Sempozyumu bildiriler kitabı içinde (ss. 957-967). Adana: Çukurova Üniversitesi.

BUDHU, M. (2011). Soil Mechanics and Foundations, 3rd Edition. John Wiley & Sons, Inc., USA

CLOUGH, G. W. VE O'ROURKE, T. D. (1990). "Construction Induced Movements on Situ Walls", Proc. ASCE Conf. On Des., and Perf. Of Earth Retaining Struct., Geotech. Spec. Publ. No.25, ASCE, NewYork, 439-470.

EAB (2014). Recommendations on Excavations, German Geotechnical Society (DGGT)

F. ÇELİK, (2019). Statik Kazık Yükleme Deneyinin Farklı Zemin Modellerinde Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Modellenmesi Ve Arazi Bulgularıyla Karşılaştırılması Öhü Müh. Bilim. Derg. / Ohu J. Eng. Sci 2019, 8(1): 182-192

FERNIE, R. VE SUCKLING, T. (1996). "Simplified Approach for Estimating Lateral Movement of Embedded Walls in U.K. Ground. Proc., Int. Symp. Geo Aspects of Underground Constr. In Soft Ground", City University, London, 131-136.

- GOUW, T. L. (2014). Common Mistakes on the Application of Plaxis 2D in Analyzing Excavation Problems. International Journal of Applied Engineering Research
- Ş. SEYHAN, (2021), Dayanma Duvarlarında Makine Öğrenmesi İle Güvenlik Sayısı Tahmini, KTO Karatay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı (17-18)
- MANA, A. I., CLOUGH, G. W., (1981). “Prediction of Movements for Braced Cut in Clay”, Journal Geotechnical Engineering Division, ASCE, 107 (6): 759-777.
- OU, C. Y., LAİ, C. H. (1994). “Finite Element Analysis of Deep Excavation in Layered Sandy and Clayey Soil Deposits”, Canadian Geotech. J., 31: 204-214.
- WONG, I. H., POH, T. Y. VE CHUAH, H. L. (1997). “Performance of Excavations for Depressed Expressway in Singapore”, J. Geotechnical and Geoenvironment Engineering., ASCE, 123(7): 617-625.
- LOOK, B. G. (2007). Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables. London: Taylor & Francis Group

TEZLER

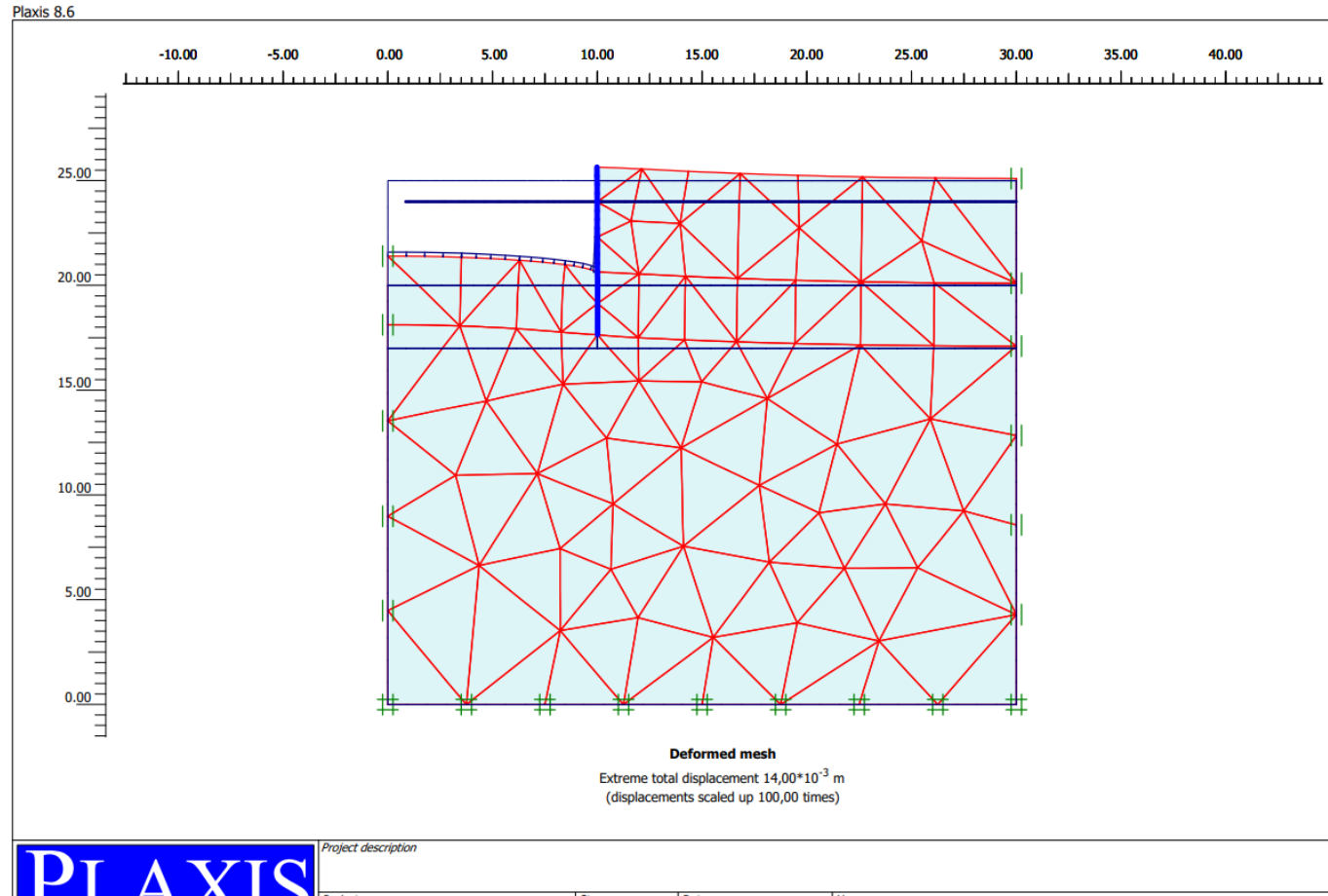
- ARİF ÇINAR VE ARK. (2023), Zayıf Kaya da Çivi Destekli Kazı Davranışının 1:1 Ölçekli Model Deneyi ile İncelenmesi
- PECK, R.B., (1969). “Deep excavations and tunneling in soft ground”, Proceeding 7th International Conference Soil Mechanics and Foundation Engineering, University Nacional Autonoma de Mexico Instituto de Ingeniera, Mexico City.
- RAHMANİ, G.Y. VE LAMAN, M. (2016). Yeraltı Su Seviyesi Yüksek Olan Zeminlerde İksa Sistemlerinin Analizi. Çukurova Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 34(2), 100-110.

EKLER



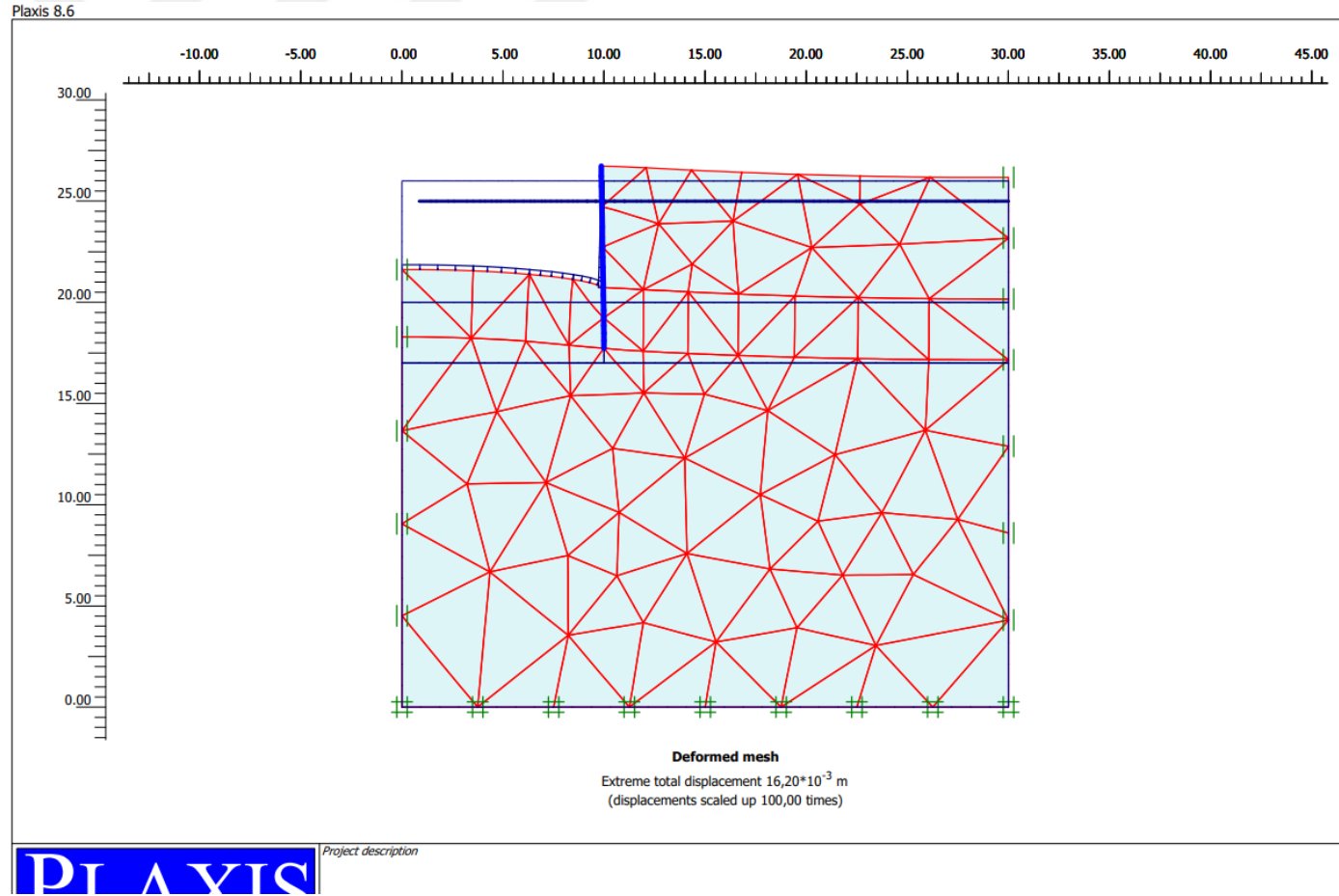


EK-1



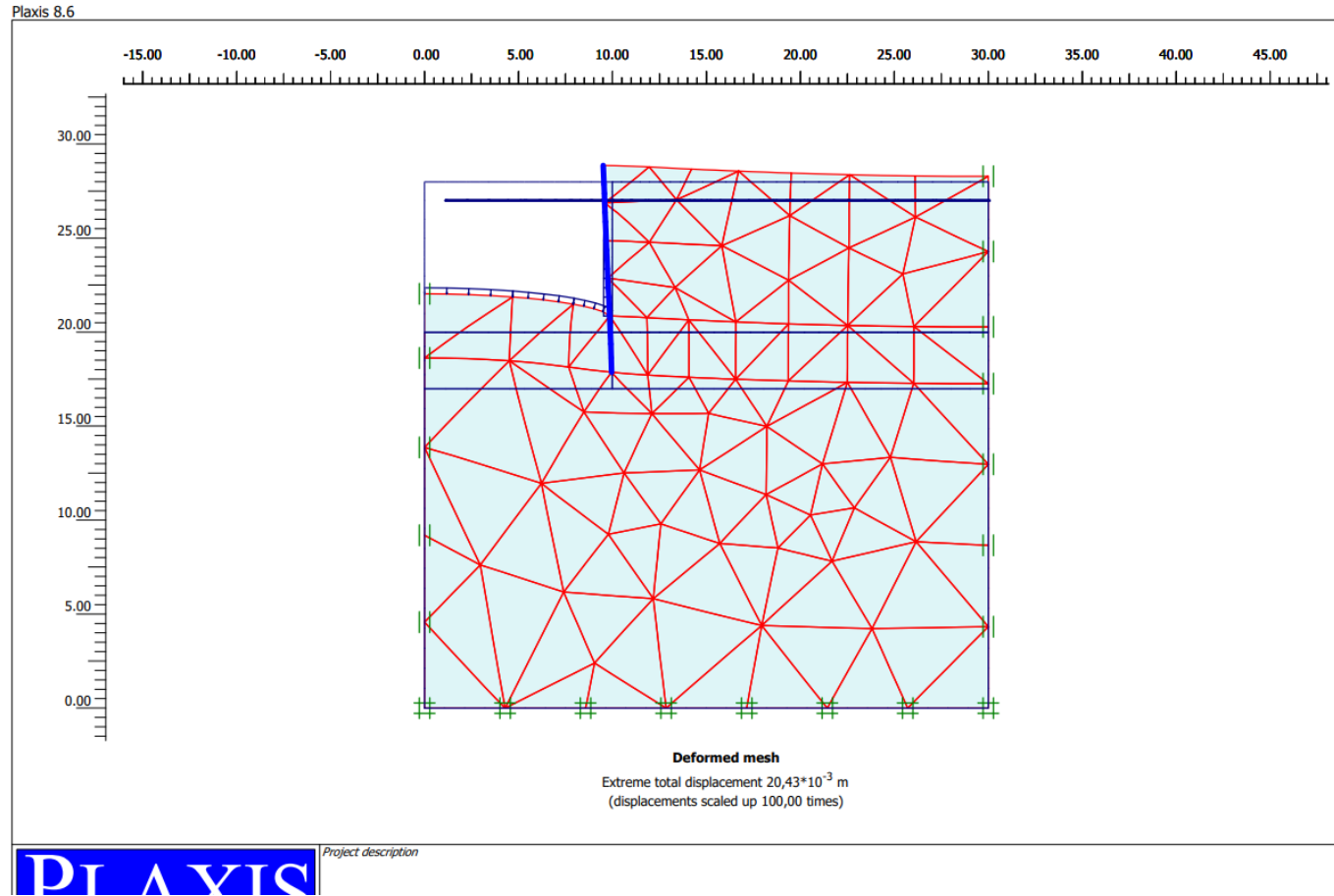
5 m derinlikteki kazılar için tasarlanan 8 m yükseklikteki iksa tasarımı ve toplam yer değiştirme analizi

EK-2



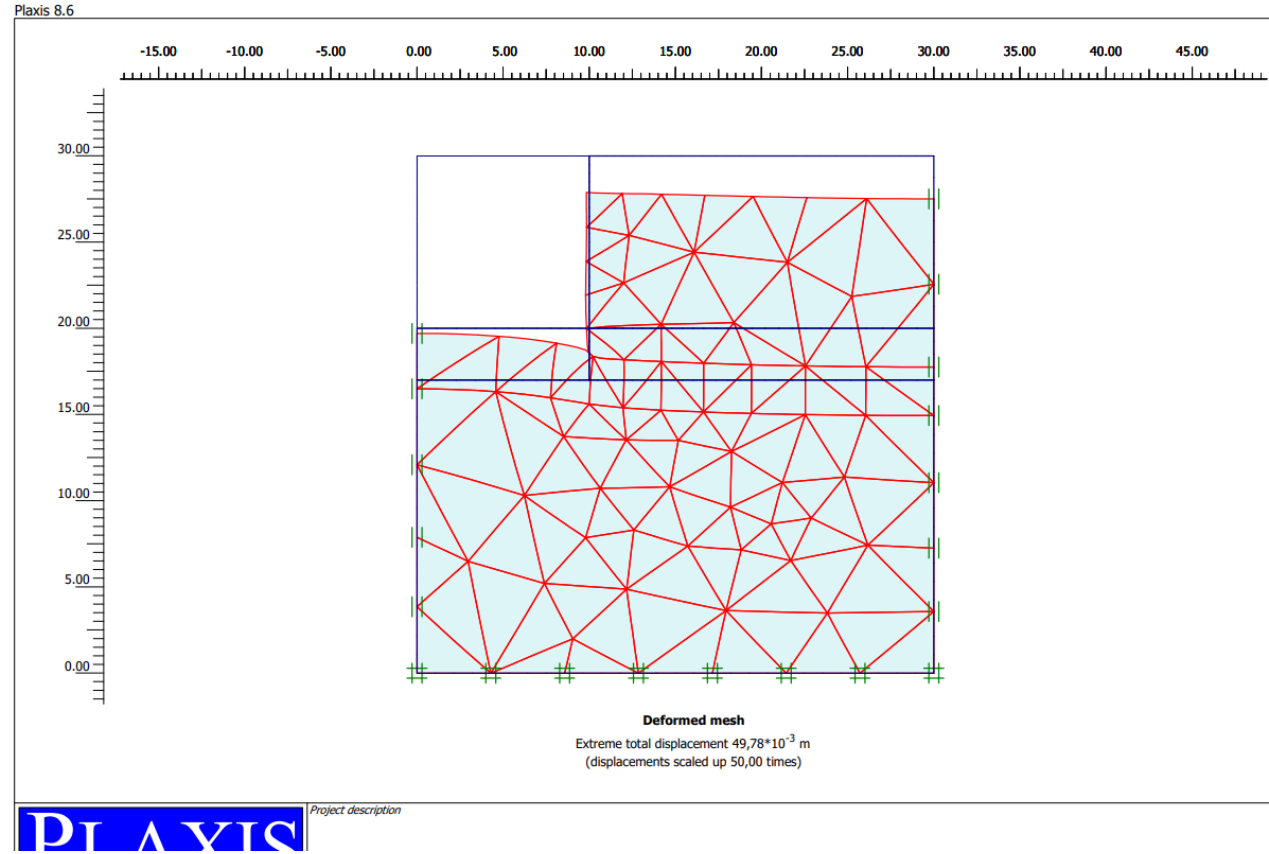
6 m derinlikteki kazılar için tasarlanan 9 m yükseklikteki iksa tasarımı ve toplam yer değıştirme analizi

EK-3



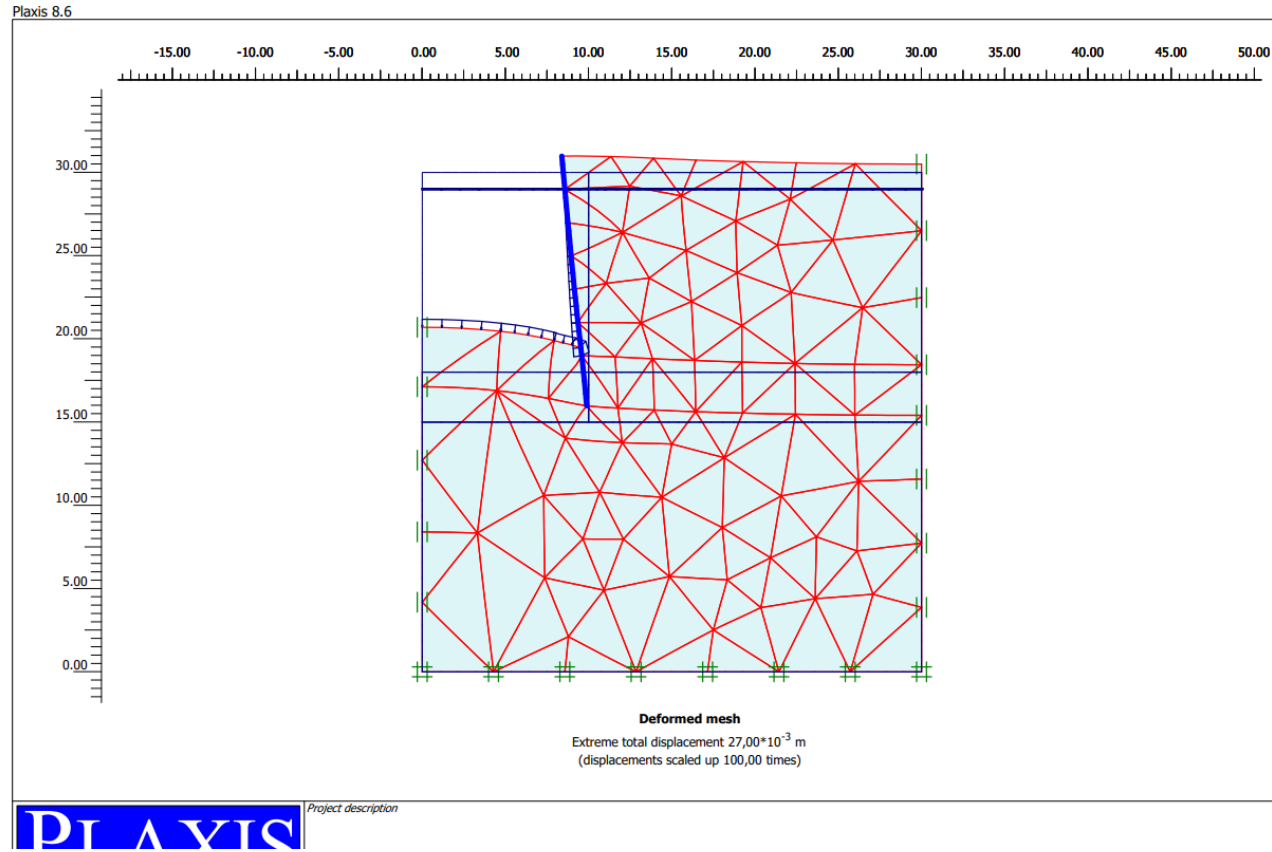
8 m derinlikteki kazılar için tasarlanan 11 m yükseklikteki iksa tasarımı ve toplam yer değiştirme analizi

EK-4



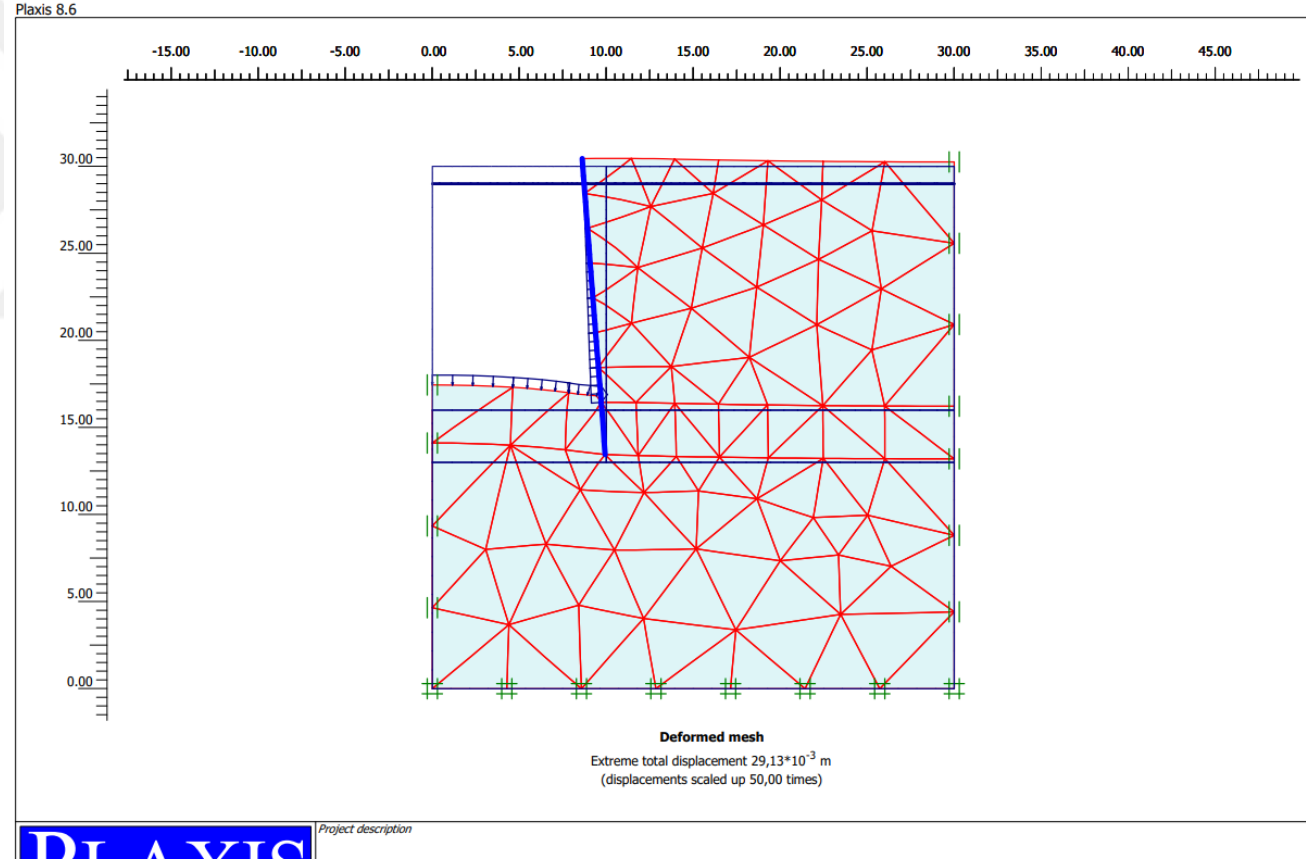
10 m derinlikteki kazılar için tasarlanan 13 m yükseklikteki iksa tasarımı ve toplam yer değiştirme analizi

EK-5



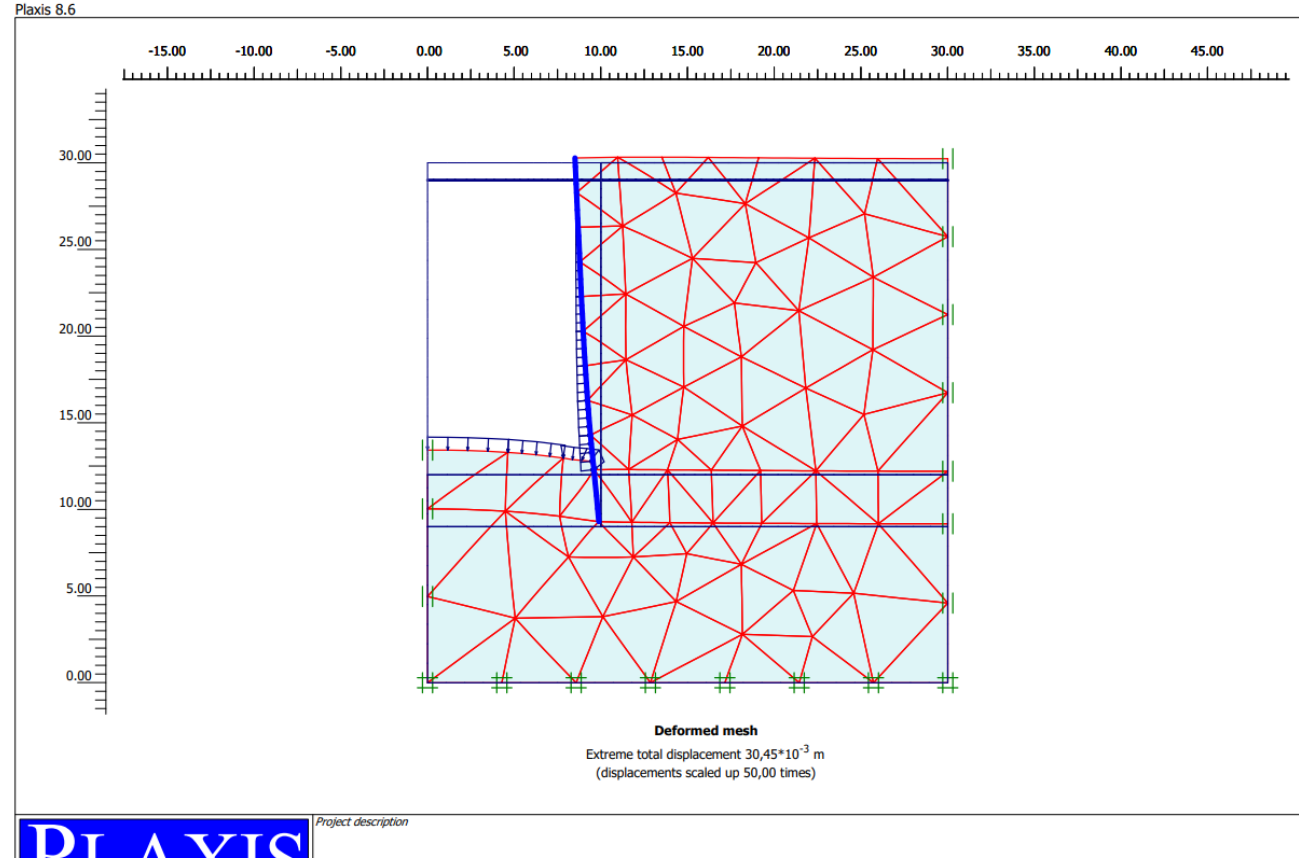
12 m derinlikteki kazılar için tasarlanan 15 m yükseklikteki iksa tasarımı ve toplam yer değiştirme analizi

EK-6



14 m derinlikteki kazılar için tasarlanan 17 m yükseklikteki iksa tasarımı ve toplam yer değiştirme analizi

EK-7



18 m derinlikteki kazılar için tasarlanan 21 m yükseklikteki iksa tasarımı ve toplam yer değıştirme analizi



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : ÖMER TEKİN
Yabancı Dil : İNGİLİZCE
Eğitim Durumu : SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
Lisans
Çalıştığı Kurum/Kurumlar : OSMANGAZİ BELEDİYESİ



