

Ankrajlı İksalarda Analiz Sonuçlarının Saha Deneyleri ile Karşılaştırılması

Uğur VURAL*, Nihat Sinan IŞIK

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Ankraj
İnclinometre
Aşırı konsolidasyon
oranı

Özet

Şehir merkezlerinde insanların kullanım alanlarını artırmak için bodrum kat yapılması uygun bir çözüm olarak gözükmektedir. Bodrum katların yapımının artması ile dar alanlarda ankrajlı iksa sistemi yapımı da artmaya başlamıştır. Ankrajlı iksa sistemlerinin tasarlanması için kazı sırasında oluşan yanal toprak basınçlarının ve deplasmanların bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında aşırı deplasman yapmış olan ankrajlı iksa sistemi incelenmiştir. Sahada uygulanmış sistem bilgisayarda modellenerek aşırı konsolidasyon oranının – yanal zemin basınç katsayısının deplasmanlara etkisi araştırılmıştır.

Comparison of Field Experiments with Analysis Result in Anchored Walls

Keywords:

Anchor
Inclinometer
Over-consolidation
ratio

Abstract

In the city center, building basement floor seems to be a suitable solution to increase the areas of usage. With the increase in depth of basement floors, the construction of anchored retaining systems have started to increase. In order to design anchored retaining systems, lateral earth pressures and displacements during excavation must be known. In this study, the anchored retaining system, in which excessive displacements have occurred. The applied system in the field was modeled using finite element method and the effect of over-consolidation – coefficient of lateral pressure on the displacements was investigated.

1. GİRİŞ

Nüfus yoğunluğunun artması ile şehir merkezlerinde inşaat alanları her geçen gün azalmaktadır. Kısıtlı alanlarda yapılmaya başlanan inşaatlarda otopark, depo, teknik hacim gibi ihtiyaçlara inşaatın emsal alanına dahil olmayan bodrum katlarda yer verilmektedir. Bodrum katların yapımının artması ile şevli kazı yapılamayacak dar alanlarda, geçici ankrajlı iksalar ile kazı güvenliğinin sağlanması amaçlanmaktadır.

Sukünetteki zeminin kontrolsüz kazılması veya uygun dayanma yapıları ile desteklenmemesi halinde zemin göçme durumuna geçerek can ve mal kaybına neden olabilmektedir. Kazı ile oluşacak yanal toprak basınçları ve deplasmanlar belirlenerek dayanma yapılarının tasarlanması gerekmektedir. Coulomb ve Rankine teorileri yanal toprak basınçları ile ilgili en yaygın olarak bilinen teorilerdir. Ancak bu teorilerden elde edilen basınç diyagramları ankraj veya giriş gibi yatay hareketi kısıtlayan destek elemanları olmadan belirlenmiştir. Bu yüzden ankrajlı iksa sistemlerinde duvar arkasında oluşan toprak itkisi klasik yanal toprak basınç diyagramlarından farklıdır. Terzaghi & Peck (1967) ve Tschebotarioff (1973) gibi araştırmacıların ve NAVFAC (1986) gibi kurumların önerdiği bazı toprak basınç diyagramları mevcuttur. Bu toprak basıncı diyagramlarının ankrajlı iksa sisteminin ön tasarımı için kullanılması daha uygun gözükmektedir. Çünkü kazı güvenliğinin sağlanması için zemin ve iksa sisteminin deplasmanlarının bilinip sınırlandırılmaları yapılması daha ekonomik çözümler bulunmasına yardımcı olacaktır.

Ankrajlı iksa sistemlerinde ekonomik ve güvenli çözümlerin yapılabilmesi için saha ve laboratuvar deneylerinin doğru yapıp, yorumlanarak uygun zemin parametrelerinin belirlenmesi ve saha koşullarına uygun sonlu eleman

modeli oluşturulması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında aşırı deplasman yapmış olan bir ankrajlı iksa sisteminin analizleri yapıp, deplasmanın sebepleri irdelenmiştir.

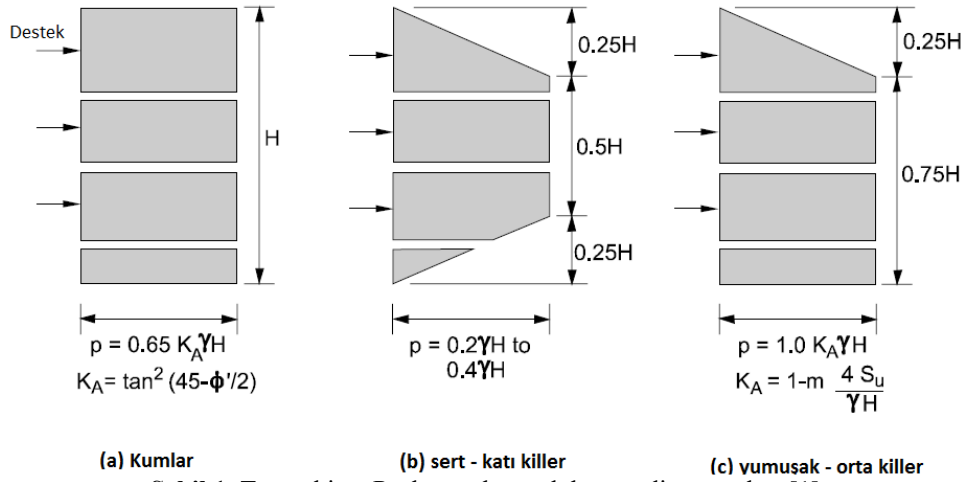
2. MATERYAL VE METOD

2.1. Literatür Çalışması

2.1.1. Yanal Toprak Basınçları

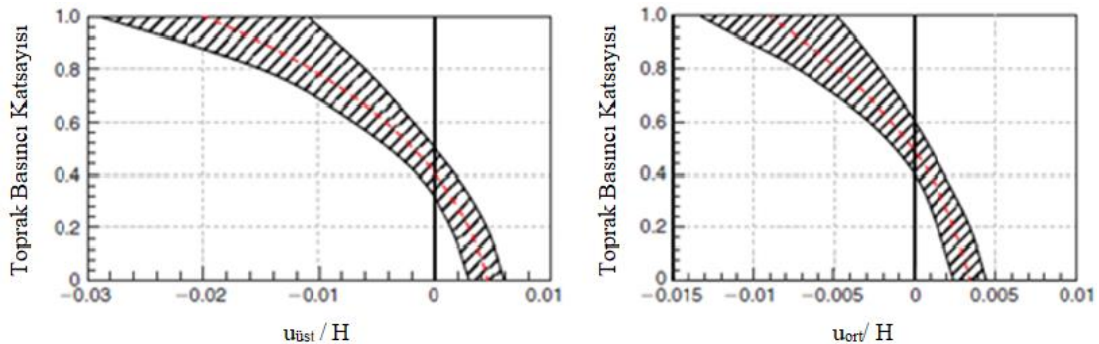
İnşaat uygulamalarında yapılan kazılarda zeminde göçme oluşmaması için uygun bir açı ile şev yapılması veya iksa sistemleri ile zeminin hareketinin engellenmesi veya kısıtlanması gerekmektedir. Yeterli çalışma alanı olmayan inşaatlarda şev ile kazı yapılamayacağı için iksa sistemleri ile göçmeye karşı güvenlik sağlanmalıdır. İksa sistemleri üzerine zeminin oluşturduğu yatay kuvvetler etkimekte olup, tasarım için oluşan bu kuvvetlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Yanal zemin basıncı ile ilgili birçok çalışma yapılmış olup en çok bilinenleri teoriler Coulomb ve Rankine tarafından geliştirilmiştir. Ancak bu teoriler yatay olarak desteklenmemiş olan istinat duvarlarında kullanılmaya daha uygundur.



Şekil 1. Terzaghi ve Peck yanay toprak basınç diyagramları [1]

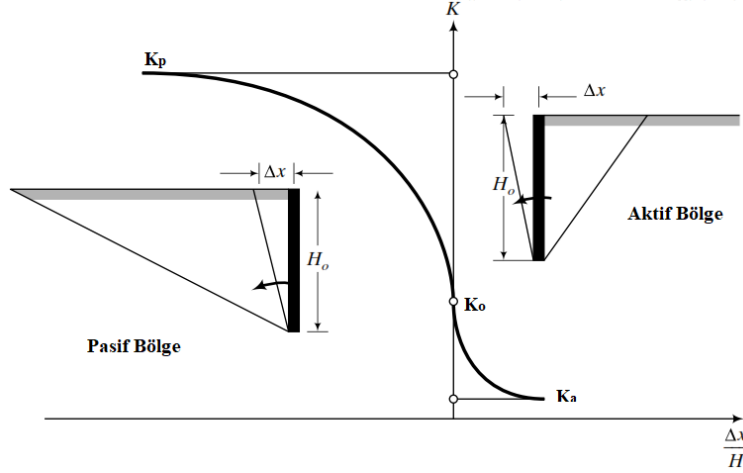
Yatay olarak desteklenmiş olan iksa sistemlerinde klasik teorilerdeki aksine üçgen şeklinde basınç diyagramları oluşmaktadır. Bu basınç diyagramları ile ilgili birçok araştırmacı ve kurumun yaklaşımları olmakla beraber Federal Karayolu İdaresi (FHWA) tarafından önerilen ve Terzaghi & Peck tarafından geliştirilen görünür zemin basıncı zarfları Şekil 1' de verilmiştir



Şekil 2. Toprak basınç katsayıları ve duvar deplasmanları [2]

Briaud ve Kim (1998) yaptığı çalışmada duvar deplasmanları ve toprak basınç katsayıları arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler Şekil 2' de verilmiştir. Yatay kiriş ile destekli bir kazıda içsel sürtünme açısı 30° olan bir kumda aktif yanay toprak basıncı katsayısı 0,33 olması gerekirken Terzaghi ve Peck' in yaklaşımına göre bu değer % 65'i alınarak 0,21 olduğu belirlenmiştir. Şekil 2' de bu yanay toprak basıncı katsayısına karşılık gelen iksa üst deplasmanı/kazı yüksekliği oranı 0.002-0.0045 ve ortalama deplasman/kazı yüksekliği oranı 0.0015 –

0.0035 arasında kaldığı gözlemlenmiştir. Bu durumda sabit yanal toprak basıncı katsayısına karşılık değişken deplasmanlar olduğu anlaşılmaktadır. Ancak mühendisler sonlu elemanlar ile yaptığı tasarımlarda ankraj yükü ve aralıkları, iksa sisteminin rijitliği gibi parametreleri değiştirerek iksa deplasmanına karar verebilmektedirler. İksa deplasmanına karar verilebilmesi Şekil 3’ te görüldüğü üzere zeminin aktif veya pasif durumunu belirleyebilmek anlamına gelir. Terzaghi ve Peck’ in (1967) çalışmasının aksine sabit yanal toprak basıncı yerine deplasman tercihine göre değişken yanal toprak basıncı oluşmaktadır. Tasarımda yüksek ankraj kapasitesi seçilmesi durumunda duvar arkasında pasif itki oluşturup iksa sistemine aşırı yatay kuvvet gelmesine sebep olunurken düşük ankraj kapasitesi seçilmesinde ise iksa sisteminin fazla deplasman yapmasına sebep olunabilir.



Şekil 3. Yanal toprak basıncı katsayısı davranışı [3]

2.1.2. Ankrajlı İksa Sistemleri Tasarım Esasları

Ankrajlı iksa sisteminin tasarımı için yönetmeliklerde geçen önemli bazı hususlar karşılaştırılarak aşağıda sıralanmıştır.

- Ankrajlar iksa arkasındaki zeminin hareket etmediği kısımda kayma gerilmeleri oluşturarak kuşak kirişleri üzerinden iksa sistemine destek sağlamaktadırlar. Zeminin duvar arkasında hareket eden kısmı aktif kama olarak tanımlanmakta ve kazı seviyesinden $45 + \varnothing/2$ açılı bir düzlem üzerinde hareketin olduğu varsayılmaktadır. Amerika Federal Karayolları İdaresi’ nin (FHWA) 1999 yılında hazırlanan “Zemin Ankrajları ve Ankraj Sistemleri” uygulama kılavuzunda $45 + \varnothing/2$ açısı ile oluşan veya bununda arkasında olduğu hesaplanan kayma düzlemine paralel olarak 1,5 m veya kazı derinliğinin % 20’ si kadar uzaklıkta bir düzlem daha belirlenerek ankraj köklerinin minimum bu düzlemin arkasında olması istenmektedir [1]. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın (ÇŞB) 31.08.2018 tarih ve 150340 sayılı genelgesinde ise ankraj kökleri $45 + \varnothing/2$ açısı ile oluşan kayma düzleminden en az 3 m veya kazı derinliğinin % 20’ si kadar uzaklıkta olmalıdır [4].
- ÇŞB’ ye göre ankrajlar arası yatay mesafe en az 110 cm, FHWA’ de ise 120 cm olması istenmektedir.
- Halatlar için güvenlik faktörü BS 8081:2015+A2:2018’ standardına göre 1.5 iken , FHWA’ ya göre tasarım yükü maksimum kapasitesinin % 60’ını ve test yükü ise maksimum kapasitesinin % 80’ini geçmemelidir [5,1]. BS 8081’ e göre minimum serbest boy çubuk elemanlar için 2 m ve halatlar için 5 m iken FHWA’ ya göre bu değerler sırasıyla 3 m ve 4.5 m dir.
- FHWA’ ya göre ankraj kök boyları kayalarda 7 m ve zeminlerde 12 m nin üzerinde olmamalıdır. ÇŞB’ ye göre kohezyonlu zeminlerde ankraj kök boyu en az 10 m olması gerekirken, BS 8081’ e göre en fazla 10 m olmalıdır.
- ÇŞB’ ye göre kohezyonlu zeminlerde servis yükü 35 tonu geçmemeli iken FHWA’ ya göre her zemin türü için zemin parametrelerinin uygun olması durumunda özel ekipmanlar olmadan 26-116 ton arasında servis yükü oluşturulabilir.
- FHWA’ ya göre ankraj açısı $10^\circ - 45^\circ$ arasında yapılabilen olup, genelde tercih edilen $15^\circ - 30^\circ$ arasındadır. ÇŞB’ ye göre ise ankrajlara $15^\circ - 30^\circ$ arasında açı yapabilir, ancak 30° üstünde açılar yapılmak istenirse yükleme deneyleri ile tasarım yükünün ispatlanması istenir.

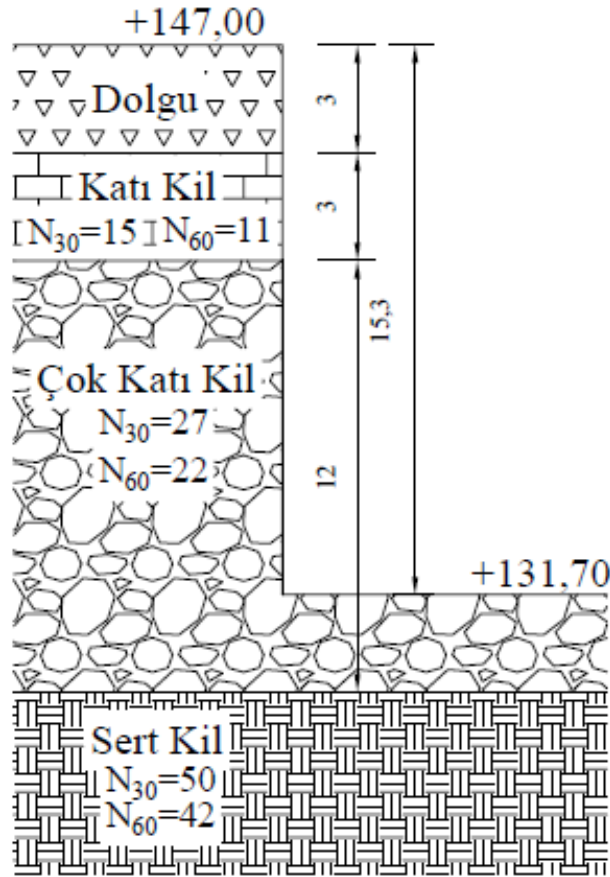
- Ankrajlı iksa sisteminin yatay deplasmanı ÇŞB' ye göre kazı derinliğinin % 0,25 - % 0,5 arasında kalması gerekirken, FHWA' ye göre kumlar ve katı killerde duvar yükseliğinin % 0,2 - % 0,5 arasında olmalıdır.

2.2. Proje Bilgileri

Uygulama sahasında arazi en üst kotu +149.00 dan başlayıp eğimli olarak azalmaktadır. Kazı kotu 131,70 seviyesinde olup, eğimli topoğrafyadan dolayı iksa üst kotunun +147,00 m olduğu Kesit-2 de analizler yapılmıştır. Kazı derinliğinin 15,3 m olduğu Kesit-2' de kazı 12 m seviyesine inene kadar ölçülen inclinometre verileri elde edilmiştir. Zemin profili 1,5 - 4 m arasında killi dolgu, altında ise katı-çok katı- sert yüksek plastisiteli kil tabakalarından oluşmaktadır. Yer altı su seviyesi 5 m seviyesindedir.

Çözüm olarak sunulan çift sıra kazık sistemi yerine uygulamada tek sıra kazık yapılmış ve çift sıra kazık sisteminde önerilen ankraj öngermeleri uygulanmıştır.

Arazide 10 farklı sondaj noktasında SPT deneyi yapılmış olup, buradan elde edilen veriler ile Kesit-2'ye ait idealize zemin profili oluşturulup Şekil 4' te gösterilmiştir.



Şekil 4. Kesit-2 idealize zemin profili

Sahadan alınan numuneler ile yapılan laboratuvar deneylerine ait verileri zemin türlerine göre ayrılmış Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Zemine ait temsili laboratuvar verileri

	DOLGU	KATI KİL	ÇOK KATI KİL	SERT KİL
W _w	-	26,4	26,5	26,1
LL	-	64,27	62,48	63,2
PL	-	24,37	25,15	26,6
PI	-	39,9	37,34	36,6
Plastisite Durumu	-	CH	CH	CH
γ_n (kN/m ³)	17,0	18,7	19,0	19,3
γ_d (kN/m ³)	17,0	14,8	15,0	15,3

2.2.1. Kayma Dayanımı Parametreleri

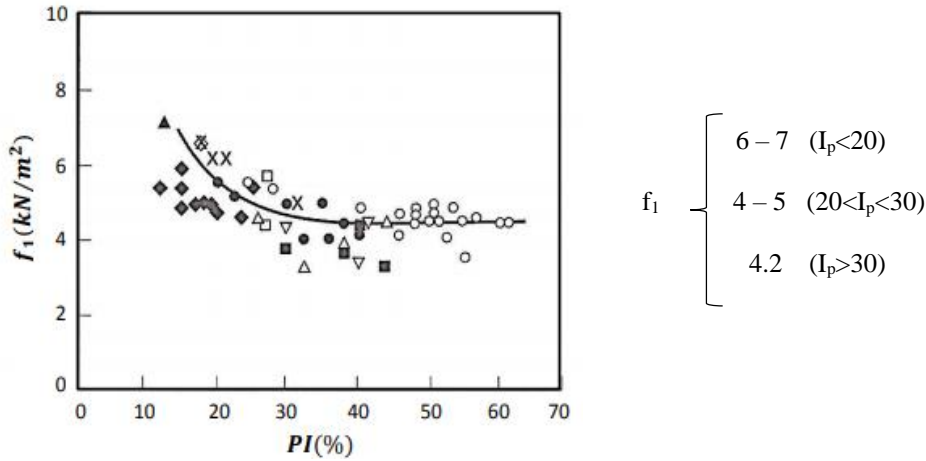
Sahadan alınan toplam 34 adet numune üzerinde üç eksenli basınç ve serbest basınç deneyleri yapılmıştır. SPT değerlerine göre katı kil ile çok katı kile ait darbe sayıları arasında büyük farklar gözükmekte iken üç eksenli basınç ve serbest basınç deneylerinden elde edilen drenajsız kayma dayanımları arasında çok az bir fark (yaklaşık 10 kPa) oluşmuştur. Bu durumun sebebi olarak çok katı kil birimlerden örnek alımı ve laboratuvarında örneklerin tüpten çıkartılması sırasında yaşanan aşırı örselenme olduğu düşünülmektedir. Bu yüzden arazide daha fazla deneyi yapılan ve çok yaygın kullanıldığı için hata payının daha az olduğu düşünülen SPT' den elde edilen verilerin, zemin parametrelerinin belirlenmesinde kullanılması daha uygun görülmüştür.

Literatürde SPT ve drenajsız kayma dayanımı arasında korelasyonu belirlemek için birçok çalışma yapılmıştır. Sivrikaya & Toğrol (2007) yılında yerel zemin koşullarında yaptığı kapsamlı çalışmadan elde ettiği veriler ile diğer araştırmacıların bulduğu korelasyonları karşılaştırmıştır. SPT deneyinin ülkelerde farklı uygulamaları olması ve yapılan bazı araştırmalarda SPT düzeltme katsayılarının uygulanıp uygulanmadığı ile ilgili belirsizlik olmasından dolayı korelasyonların uyumsuz sonuçlar verdiğini tespit etmiştir. Yerel zemin verilerine en uyumlu korelasyonların Terzaghi ve Peck (1967) ve Stroud'un (1974) çalışmaların elde edilenler olduğu belirlenmiştir [6].

Terzaghi ve Peck (1967) yaptığı çalışmada drenajsız kayma dayanımı ile SPT arasında aşağıdaki bağıntıyı bulmuştur [6].

$$c_u = 6.25N \quad (1)$$

Stroud (1974) yaptığı çalışmada üç eksenli basınç deneylerinde ince daneli zeminlerin plastisitesinin artması ile drenajsız kayma dayanımının azaldığını belirlemiştir [6].



Şekil 5. Plastisite ve f_1 değişimi [6]

$$c_u = f_1 N_{60} \quad (2)$$

Sivrikaya ve Toğrol çalışmasında Stroud' un aksine plastisitenin artması ile drenajsız kayma dayanımının arttığını tespit etmiş olup, yüksek plastisiteli killer için aşağıdaki bağıntıyı bulmuştur [6].

$$c_u = 4.85N \quad (3)$$

Yapılan bu çalışmalar sonucunda en düşük değerler Stroud'un (1974) çalışmasından elde edilmiş olup, bu drenajsız kayma dayanımı analizlerde kullanılacaktır.

Sorenson ve Okkels (2013) yaptığı çalışmada üç eksenli deneylerden elde ettiği drenajlı içsel sürtünme açısına ait bağıntı aşağıda verilmiş olup, drenajlı kayma dayanımının da yaklaşık olarak drenajsız kayma dayanımının % 10' nuna tekabül ettiğini belirlemiştir [7].

$$\phi = 45 - 14. \log I_p \quad 4 < I_p < 50 \quad (4)$$

$$\phi = 26 - 3. \log I_p \quad 50 < I_p < 150 \quad (5)$$

Analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. Analizlerde kullanılan kayma dayanımı parametreleri

	KATI KİL	ÇOK KATI KİL	SERT KİL
c_u (kPa)	46	92,4	176,4
c' (kPa)	4,6	9,24	17,64
ϕ (°)	23	23	23

2.2.2. Drenajsız Deformasyon Modülü

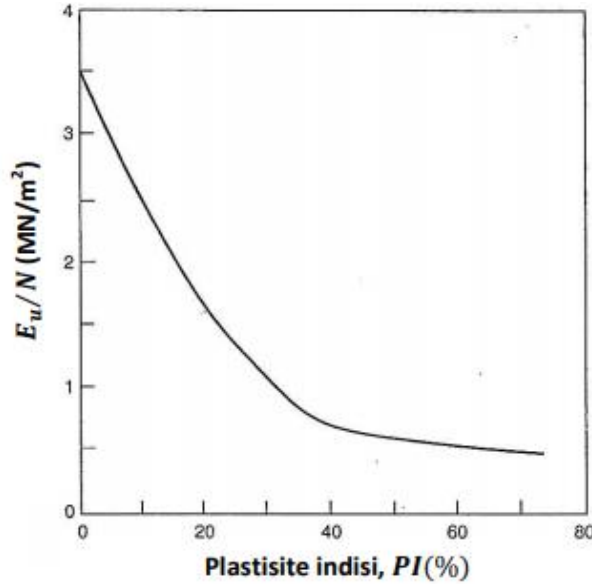
İnce daneli zeminlerde drenajsız deformasyon modülünün hesaplanması için bir çok korelasyon geliştirilmiştir.

Butler (1975) çalışmasında aşağıdaki bağıntıyı önermiştir [8].

$$E_u = (1 - 1.2 MPa). N \quad (6)$$

Stroud (1989) çalışmasında aşağıdaki bağıntıyı önermiştir [9].

$$E' = (0.9 MPa). N \quad (7)$$



Şekil 6. Plastisite ve E_u/N değişimi [8]

Poulos ve Small (2000)'un çalışmasına göre zeminin plastisitesine bağlı olarak drenajsız deformasyon modülünün değişimi Şekil 6’da verilmiştir. Ayrıca drenajsız deformasyon modülünden drenajlı kayma modülüne geçiş yapılabilmesi için yumuşak killer için 0,4 ve sert killer için 0,6 çarpanın kullanılmasını önermiştir [8].

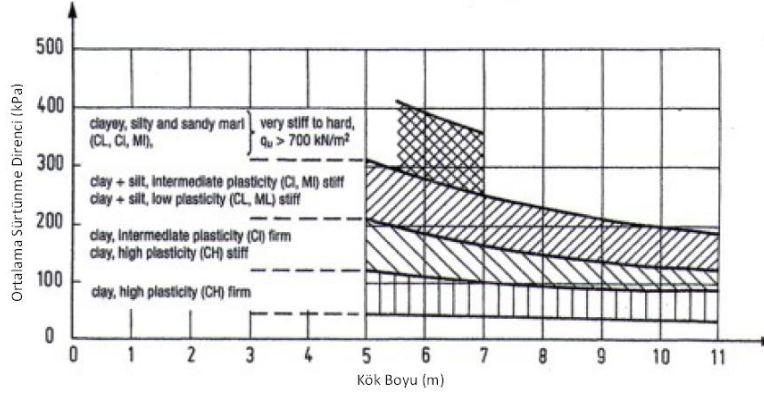
Tablo 3. Drenajsız deformasyon modülleri

	KATI KİL	ÇOK KATI KİL	SERT KİL
C_u	46,2	92,4	176,4
N	15	27	50
E_u (B)	15 000	27 000	50 000
E_s' (B)	7 500	13 500	30 000
E_u (S)	18 495	33 291	61 650
E_s' (S)	9 248	16 645	36 990
E_u (P&S)	10 500	20 250	37 500
E_s' (P&S)	5 250	10 125	22 500

En tutucu değerler Poulos ve Small (2000)'e göre elde edildiği için güvenli tarafta kalmak amacıyla bu değerler kullanılacaktır.

2.2.3. Ankraj Taşıma Kapasitesi

Ostermayer (1975) ankrajların taşıma kapasitesi hakkında yaptığı çalışmada kohezyonlu zeminler ile ilgili önemli tespitlerde bulunmuştur. Kohezyonlu zeminlerde plastisite azalıp, kıvamlılık artıkça sürtünme direnci de artmaktadır. Ankraj kökünün çapının artmasıyla doğrusal olarak taşıma kapasitesi de artmaktadır. Sürtünme direncinin 100 kN/m² nin üstünde olması durumunda ise kök uzunluğunun etkisinin azaldığı gözlemlenmiştir. Ard enjeksiyonun sürtünme direncini artırdığı ve 10 m üzerinde yapılan ankraj köklerinin sürtünme direncini değiştirmedeği gözlemlenmiştir [10].



Şekil 7. Ard-enjeksiyonsuz zeminlerde kök boyu ve ortalama sürtünme direnci [11]

Ostermayer ve Barley (2003) çalışmasında ard-enjeksiyonsuz ankrajların kök boyu ve killerin plastisitesine göre zemin – enjeksiyon ortalama sürtünme dirençlerinin değişimi Şekil 7’ de verilmiştir.

Uygulamada ankraj kök boyu 10 m ve çapı 0,15 m imal edilmiş olup, 32 ton ön germe yapılmıştır. Buna göre ankraj kapasitesi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\tau_{ult} = \pi \cdot D \cdot L \cdot \tau_{avg} \quad (8)$$

$$\tau_{ult} = \pi \cdot 0,15 \cdot 10 \cdot 120$$

$$\tau_{ult} = 565 \text{ kN}$$

Bu durumda güvenlik katsayısı:

$$GK = 565/320 = 1,77 \text{ olarak hesaplanır.}$$

2.3. Modelleme ve Analiz

Zeminin akma yüzeyinin gerilme düzeyine göre değiştiği varsayılan ve derin kazı gibi farklı yükleme koşullarının olduğu saha uygulamalarında kullanılması uygun olan pekleşen zemin modeli (Hardening soil model) analizlerde kullanılmıştır.

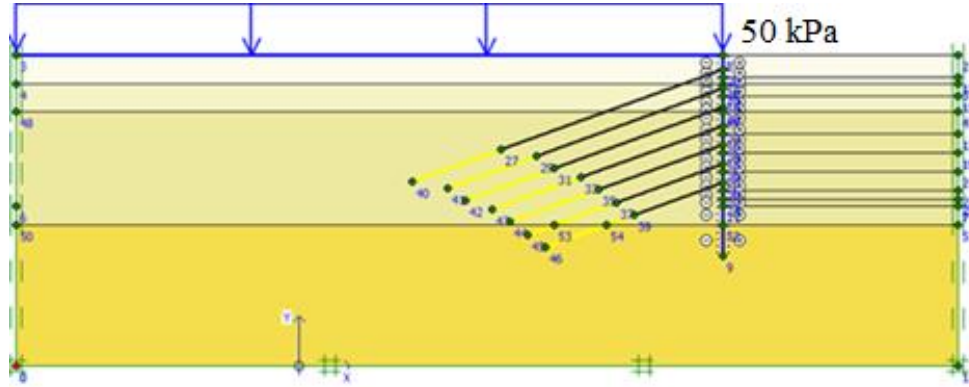
Tablo 4’te programda kullanılan yapısal elemanlara ait teknik bilgiler verilmektedir.

	Tablo 4. Yapısal elemanlara teknik bilgiler		
	KAZIK (S _H =1,2m)	ANKRAJ HALATI (3*0.6’)	ANKRAJ KÖKÜ
d (m)	1.0	-	0.15
A (m ²)	0.79	0.00042	0.017
E (KPa)	30 000 000	2x10 ⁸	21 000 000
v	0.15	-	-
I (m ⁴)	0.05	-	-
EA(kN/m)	19 625 000	-	212 692 159 519
EA(kN)	-	84 000	-
EI	1 226 563	-	-

İksa üst kotunun +147.00 m olduğu Kesit-2 nin arkasında topoğrafyadan dolayı oluşan 3 m ek dolgu yükü Resim-1’ de gösterilmiştir. Sonlu elemanlar modeli oluştururken dolgu yükü uniform yayılı gerilme olarak eklenmiştir. Şekil 8’de sonlu elemanlar analizlerinde kullanılan model ve sınır koşulları gösterilmiştir. Analizlerde Plaxis yazılımı kullanılmış olup, modelleme yapılırken kullanım kılavuzlarından faydalanılmıştır [12]. Modelde 1682 adet 15 düğüm noktalı üçgen eleman kullanılmıştır.



Resim 1. Ek dolgu yükü



Şekil 8. Sonlu elemanlar modeli ve sınır koşulları

Analizleri yapılan ve kazı derinliği 15,3 m olan ankrajlı iksa sisteminin Kesit-2 kısmının sahadaki uygulamasında düşeyde 7 sıra ankraj yapılmıştır. Ancak mevcut inklinometre ölçümleri 12 m kazı derinliğine kadar yapıldığı için, bilgisayar modelinde kademeli olarak 12 m derinliğe inilerek ilk 5 sıra ankraja öngörme uygulanmıştır.

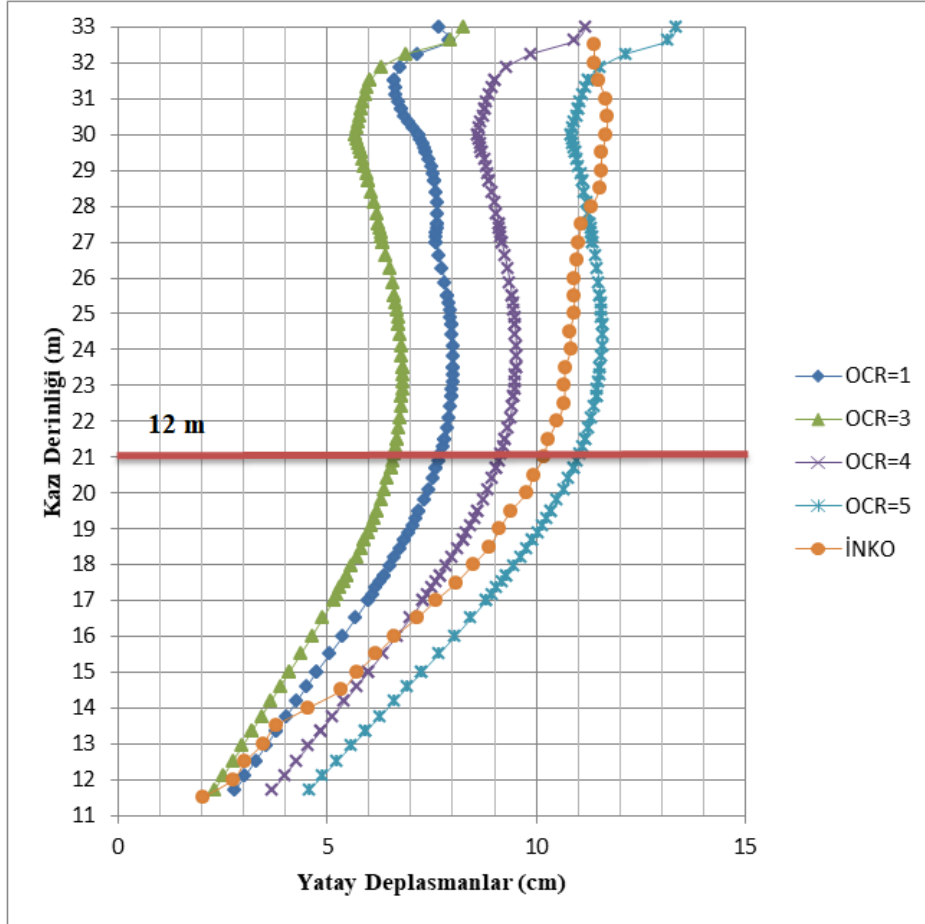
Zemin profilinde yer alan kil tabakalarının aşırı konsolide kil olduğu düşünülmektedir, bununla birlikte konsolidasyon deneyi yapılmadığı için aşırı konsolidasyon oranları bilinmemektedir. Aşırı konsolidasyon oranları dengedeki yatay gerilmeleri arttırmaktadır. Bu nedenle katı ve çok katı kil tabakaları için farklı aşırı konsolidasyon oranı - yanıl toprak basınçları kullanılarak ile analizler yapılmış ve aşırı konsolidasyon oranının kazık sistemi yatay deplasmanı üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

3. BULGULAR

İnklinometre sonuçlarına göre iksa sistemi henüz 12 m seviyesine kadar kazılmışken kazıklı sistem maksimum 11,5 cm civarında yatay deplasman yapmıştır. Yönetmelikler maksimum % 0,5 mertebesinde yatay deplasman/kazı yüksekliği oranı isterken, Kesit-2’ de % bu oran 0,96 seviyesine kadar çıkmıştır.

Farklı aşırı konsolidasyon oranına bağlı olarak kazıkta oluşan yatay deplasmanlar ve inklinometre ölçüm sonuçları Şekil 9’da sunulmuştur. Şekil 9’da görüldüğü üzere aşırı konsolidasyon oranları iksa sistemine gelen yükleri ve deplasmanları büyük ölçüde etkilemiştir. Aşırı konsolidasyon oranı 1’den (normal konsolide durum)

3'e çıktığında yatay deplasmanlar azalmakta ancak aşırı konsolidasyon oranının artışıyla tekrar artmaktadır. Aşırı konsolidasyon oranının artışı dengedeki yanal zemin basıncı katsayısını (K_0) artırdığı için artan aşırı konsolidasyon oranı ile yatay deplasmanların artması beklenmektedir. Bununla birlikte pekleşen zemin modelinde deformasyon modülleri artan minimum asal gerilme (σ_3) yanı yatay gerilme ile artmaktadır. OCR 1 durumundan OCR 3'e geçildiğinde yatay deformasyonların azalması bu etki ile açıklanabilir. İnklinometre verilerinden elde edilen deplasmanlar ile aşırı konsolidasyon oranı 5 olan modelden elde edilen deplasmanlar birbirleriyle uyumlu sonuçlar vermiştir.



Şekil 9. Farklı aşırı konsolidasyon oranlarının deplasman davranışı ve inklinometre sonuçları

4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında aşırı deplasman yapmış ankrajlı bir iksa sisteminin inklinometre ölçümleri ile sonlu eleman analizinin sonuçları karşılaştırılarak deplasmanların sebepleri araştırılmıştır. Laboratuvar deneylerinde herhangi bir aşırı konsolidasyon oranı belirlenmediği için farklı aşırı konsolidasyon oranları ile analizler yapılarak ankrajlı iksa sistemine ait deplasmanlar elde edilmiştir. Aşırı konsolidasyon oranının belli bir seviyenin üzerinde olması durumunda ankrajlı iksa sistemine gelen yanal toprak basınçlarının büyük oranda artarak aşırı deplasmanlar oluşmasına neden olduğu belirlenmiştir. Aşırı konsolidasyon oranının 5 olduğu modelden elde edilen deplasmanlar ile inklinometre ölçümlerinden gelen verilerin uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Kaynakça

- [1] P.J. Sabatini, D.G. Pass, R.C. Bachus, "Ground Anchors and Anchored Systems," Washington (United States), Jun. 1999.
- [2] J.L. Briaud, *Geotechnical Engineering Unsaturated and Saturated Soils*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.
- [3] O. Önal, "Dayanma (İstinat) Yapıları," 2019. [Online]. Available: http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/0bdd5172d386727_ek.pdf. [Accessed: 26-Apr-2019]

- [4] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2018). 31.08.2018 tarih ve 105340 sayılı Genelge.Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- [5] BS 8081:2015+A2:2018, (2018). Code Of Practice For Grouted Anchors, BSI, London.
- [6] O. Sivrikaya and E.Toğrol, “Türkiye’de SPT-N Değeri ile İnce Daneli Zeminlerin Drenajsız Kayma Mukavemeti arasındaki İlişkiler,” *İmo Teknik Dergi*, pp. 4233-4243, 2007.
- [7] K.K. Sorensen and N. Okkels, “Correlation Between Drained Shear Strength And Plasticity Index Of Undisturbed Overconsolidated Clays,” in *18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 2013, pp. 4,5.
- [8] A.O. Erol and Z. Çekinmez, *Geoteknik Mühendisliğinde Saha Deneyleri*. Ankara: Yüksel Proje Yayınları, 2014.
- [9] C.R.I. Clayton, “*The Standart Penetration Test (SPT):Methods and Use*,” London (U.K.), 1995.
- [10] H. Ostermayer, “Construction, Carrying Behaviour And Creep Characteristics Of Ground Anchors” in *Diaphragm Walls and Anchorages*, 1975, pp. 146,147.
- [11] H., Ostermayer and T. Barley, “*Geotechnical Engineering Handbook*,” Ernst & Sohn, vol.2, 2003.
- [12] “Plaxis.” Plaxis, DELFT, 2019.