

ŞEV YAKININDA BULUNAN YATAY ŞERİT PLAKA ANKRAJLARIN ÇEKME KAPASİTELERİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE UPLIFT CAPACITY OF HORIZONTAL STRIP PLATE ANCHORS IN SLOPE

Kaan YÜNKÜL¹

ÖZET

Yapılan bu çalışmada şev yakınlarında bulunan şerit yatay plaka ankrajların çekme davranışları nümerik analizler ile incelenmiştir. Şerit plaka ankrajın gömülme oranının (H/B), şev açısının (β), kohezyonsuz zeminin rölatif sıkılığının (D_r), şerit plaka ankrajın şev kretine uzaklık oranının (b/B) etkisi 2 boyutlu sonlu elemanlar analizi (2D-FEM) ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar boyutsuz yenilme faktörü (F_q) ve çekme kapasitesi oranı ($UCIR$) ile ifade edilmiştir. Şerit plaka ankrajların gömülme derinliğinin ve zeminin rölatif sıkılığın artmasına bağlı olarak ankrajın çekme kapasitelerinde artışlar, şev eğiminin artması ile de ankrajın çekme kapasitelerinde azalmalar görülmüştür. Ek olarak, ankrajın şev kretinden uzaklığının artması ile de çekme kapasitelerinde artışlar ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çekme kapasitesi, Kohezyonsuz zemin, Nümerik analiz, PLAXIS 2D, Şerit plaka ankraj

ABSTRACT

In this study, the uplift behavior of the strip horizontal plate anchors located the near the slope was investigated by numerical analysis. The effects of the embedment ratio (H/B) of the strip plate anchor, the slope angle (β), relative density of cohesionless soils (D_r), the distance ratio of the strip plate anchor to the slope crest (b/B) were studied by 2D finite element analysis (2D-FEM). Obtained results are expressed as dimensionless breakout factor (F_q) and uplift capacity ratio ($UCIR$). Increased in the uplift capacity of plate anchors has been observed depending on the increase in the embedment depth of strip plate anchor, relative density of soil and decrease in slope angle. Additionally, increases in the uplift capacity of plate anchor have also been observed by increasing the distance of the anchor from the slope crest.

Keywords: Uplift capacity, Cohesionless soil, Numerical analysis, PLAXIS 2D, Strip plate anchor

¹ Araştırma Görevlisi, Gazi Üniversitesi, kaanyunkul@gazi.edu.tr

1. GİRİŞ

Yatay plaka ankrajlar genellikle radyo-televizyon istasyonlarında, yüksek gerilim hatlarında, bayrak direklerinde, gömülü borularda, rüzgâr türbinlerinde, reklam panolarında, kıyı yapılarında; dalga, rüzgâr, deprem vd. gibi düşey yönlü etki eden çekme (kaldırma) kuvvetleri ve döndürme momentlerine karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Plaka ankrajların çekme kapasitesi yenilme yüzeyinin içerisinde bulunan zeminin ağırlığı ve yenilme yüzeyinin üzerinde oluşan tepki kuvvetinin düşey bileşenin toplamı olarak ifade edilmektedir. Geoteknik mühendisleri tarafından ise ankrajın boyutun etkisini ihmal etmek için boyutsuz yenilme faktörü kullanılmaktadır (Eş 1).

$$F_q = \frac{Q_{ult}}{\gamma_{HA}} \quad (1)$$

Burada; F_q boyutsuz yenilme faktörünü, Q_{ult} plaka ankrajın çekme kapasitesini, γ zeminin birim hacim ağırlığını, H ankrajın gömülme derinliğini, A plaka ankrajın yüzey alanını simgelemektedir.

Çeşitli araştırmacılar tarafından zeminlere gömülü plaka ankrajların davranışları deneysel, analitik ve nümerik olarak incelenmiştir. Araştırmacıların elde ettikleri sonuçlar doğrultusunda plaka ankrajların çekme kapasitesi; ankrajın gömülme derinliğine (Meyerhof ve Adams 1968; Vesic 1971; Murray ve Geddes 1987; Merifield ve Sloan 2006; Dickin ve Laman 2007; Bildik ve Laman 2011; Emirler vd., 2016; Yünkül vd., 2021; Yünkül ve Gürbüz 2022), plaka ankrajın boyutuna (Ilamparuthi vd., 2002; Bildik ve Laman 2011; Yünkül vd., 2021), plaka ankrajın geometrik şekline (Meyerhof ve Adams 1968; Vesic 1971; Yünkül ve Gürbüz 2022), zeminin türüne ve kayma dayanımına (Balla 1961; Meyerhof ve Adams 1968; Vesic 1971; Ilamparuthi vd., 2002; Bildik ve Laman 2011; Emirler vd., 2016) ve grup etkisine (Emirler vd., 2016; Ganesh ve Sahoo 2019) bağlı olarak değiştiğini raporlamışlardır. Buna rağmen şev yakınlarında bulunan plaka ankrajların çekme davranışları ile ilgili literatürdeki çalışmalar (Kumar 1997; Sadr vd., 2018) oldukça sınırlıdır.

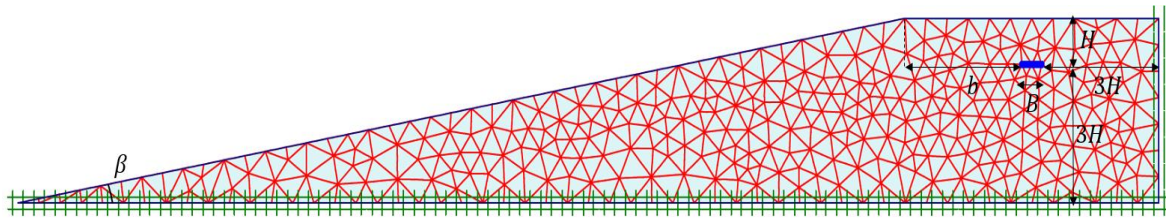
Yapılan bu çalışmada, şev yakınında bulunan şerit plaka ankrajların çekme davranışları 2 boyutlu sonlu elemanlar programları olan PLAXIS 2D ile nümerik olarak incelenmiştir. Ankraj plakasının genişliğinin (B), ankrajın gömülme derinliğinin (H), ankraj plakasının şev kretinden uzaklığının (b), şev eğiminin (β) ve zeminin rölatif sıkılığının (D_r) plaka ankrajın çekme kapasitesine etkisi araştırılmıştır.

2. NÜMERİK MODELLEME

Yapılan bu çalışmada şev yakınında bulunan plaka ankrajların davranışları PLAXIS 2D ile incelenmiş olup yatay şerit plaka ankrajın geometrisine uygun olarak düzlem birim şekil değiştirme koşulları kullanılmıştır. Sonlu elemanlar model ağını (mesh) oluşturmak ve yapılan çalışmanın doğruluğunu artırmak için 15 düğümlü (node) üçgen elemanlar seçilmiştir. Dickin ve Laman (2007) ve Yünkül ve Gürbüz (2021) tarafından yapılan nümerik çalışmalarda elasto-plastik hiberbolik bir zemin modeli olarak Pekleşen Zeminin (Hardening Soil) plaka ankrajların nonlinear yük deplasman davranışlarını daha iyi simule

ettiği raporlanmıştır. Bu nedenle yapılan çalışmada Pekleşen Zemin modeli kullanılmıştır. Plaka ankraj ise paket programda mevcut bulunan plaka yapısal eleman ile modellenmiştir.

Yapılan çalışmada kullanılan geometri Şekil 1’de gösterilmiştir. Plaka ankrajın altından ve sağından 3H uzaklıklar bırakılarak köşe etkileri elimine edilmiştir. Benzer uzaklıklar Consoli vd., (2012), Choudhary vd., (2018) ve Yünkül ve Gürbüz (2021) tarafından da önerilmiştir. Önceden belirlenmiş çekme kuvveti plaka ankrajda yenilme görülenene kadar yüklenir ve yenilme anındaki çekme yükü yatay plaka ankrajın çekme kapasitesi olarak kabul edilir.



Şekil 1. İncelenen geometri

Yapılan çalışmada Brinkgreve vd., (2010) tarafından önerilen amprik kohezyonsuz zemin parametreleri kullanılmıştır. Araştırmacılar tarafından önerilen; kuru birim hacim ağırlık (γ_{dry}), doymun birim hacim ağırlık (γ_{sat}), referans sekant modülü (E_{50}^{ref}), ödemetre yükleme için referans tanjant modülü (E_{oed}^{ref}), yükleme-boşatma durumu için referans Young modülü (E_{ur}^{ref}), üssel kuvvet (m), içsel sürtünme açısı (ϕ), dilatasyon açısı (ψ) ve yenilme oranı (R_f) eşitlikleri Tablo 1’de özetlenmiştir. Yapılan nümerik çalışmada 3 farklı rölatif sıkılık (%30, %50, %70) kullanılacaktır. Bu rölatif sıkılıkta kullanılacak parametrelerde Tablo 1’de gösterilmiştir. Yatay plaka ankrajlar için kullanılan parametreler ise Tablo 2’de sunulmuştur. Tablo 2’de EA normal rijitliği, EI eğilme rijitliğini, d plakanın kalınlığını, w plakanın birim ağırlığını, ν ise Poisson oranını simgelemektedir.

Tablo 1. Yapılan çalışmada kullanılan kohezyonsuz zemin parametreleri

Parametreler	Birimler	Eşitlikler	$D_r = \%30$	$D_r = \%50$	$D_r = \%70$
γ_{dry}	kN/m ³	$15 + 4D_r/100$	16.2	17	17.8
γ_{sat}	kN/m ³	$19 + 1.6D_r/100$	19.48	19.8	20.12
E_{50}^{ref}	kN/m ²	$60000D_r/100$	18000	30000	42000
E_{oed}^{ref}	kN/m ²	$60000D_r/100$	18000	30000	42000
E_{ur}^{ref}	kN/m ²	$180000D_r/100$	54000	90000	126000
m	-	$0.7 - D_r/320$	0.60625	0.54375	0.48125
ϕ	°	$28 + 12.5D_r/100$	31.75	34.25	36.75
ψ	°	$-2 + 12.5D_r/100$	1.75	4.25	6.75
R_f	-	$1 - D_r/800$	0.9625	0.9375	0.9125

Tablo 2. Yapılan çalışmada kullanılan plakanın özellikleri

Parametreler	Birimler	Değerler	Parametreler	Birimler	Değerler
EA	kN/m	2.1×10^6	w	kN/m/m	7.7
EI	kNm ² /m	1750	ν	-	0.250
d	m	0.1			

Yapılan çalışmada kullanılacak nümerik analiz programı Tablo 3’de gösterilmiştir. İlk olarak Seri 1’de yapılan çalışmada kullanılacak optimum ağ boyutu belirlenecektir. Seri 2’de ise boyutsuz yenilme faktörünün değişim göstermediği minimum ankraj genişliği belirlenecektir. Seri 3’de ise ankrajın gömülme derinliği ve rölatif sıklığının yenilme faktörü ile etkisi incelenecektir. Seri 1-3’de şevin yatayda yaptığı açı 0°’dir. Seri 4’de ise üç farklı şev eğiminde, üç farklı rölatif sıklıkta, beş farklı gömülme derinliğinde ve altı farklı ankraj plakasının şevden uzaklığı incelenmiştir.

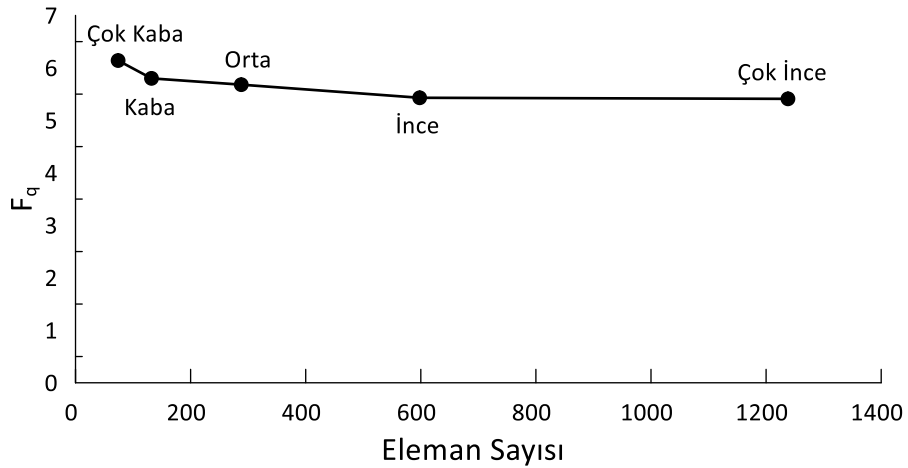
Tablo 3. Yapılan çalışmada kullanılan nümerik analiz programı

Seri	Serinin Amacı	Ağ (Mesh)	D_r (%)	B (m)	H/B	b/B	β (°)
1	Optimum ağ boyutu	Çok kaba-Çok İnce	30	0.5	3	-	-
2	Optimum plaka genişliği	İnce	30	0.05-2	3	-	-
3	Gömülme derinliği, rölatif sıklık	İnce	30, 50, 70	0.5	1-5	-	-
4	Şev kretin uzaklık ve şev eğimi, gömülme derinliği, rölatif sıklık	İnce	30, 50, 70	0.5	1-5	0.5-5	10-30

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Ağ Boyutunun Etkisi

Yapılan nümerik çalışmada çok kaba, kaba, orta, ince ve çok ince ağlar kullanılarak ağ türlerinin boyutsuz yenilme faktörüne etkisi incelenmiştir. Şekil 2’de Seri 1’de kullanılan her bir ağ boyutunda kullanılan eleman sayısı ve elde edilen boyutsuz yenilme faktörü değerleri verilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda optimum ağ boyutu olarak ince ağ olduğu görülmüştür. Bu nedenle diğer nümerik analizlerde ince ağ kullanılmıştır.

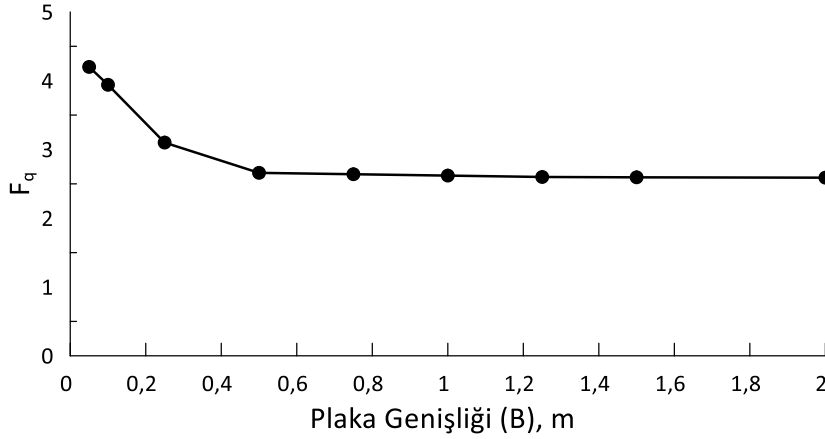


Şekil 2. Ağ boyutunun boyutsuz yenilme faktörü üzerindeki etkisi

3.2. Plaka Genişliğinin Etkisi

Boyutsuz yenilme faktörünün plaka genişliğinin artmasına bağlı olarak azaldığı Ilamparuthi vd., 2002 ve Choudhary vd., 2018 tarafından raporlanmıştır. Bu nedenle küçük ankraj

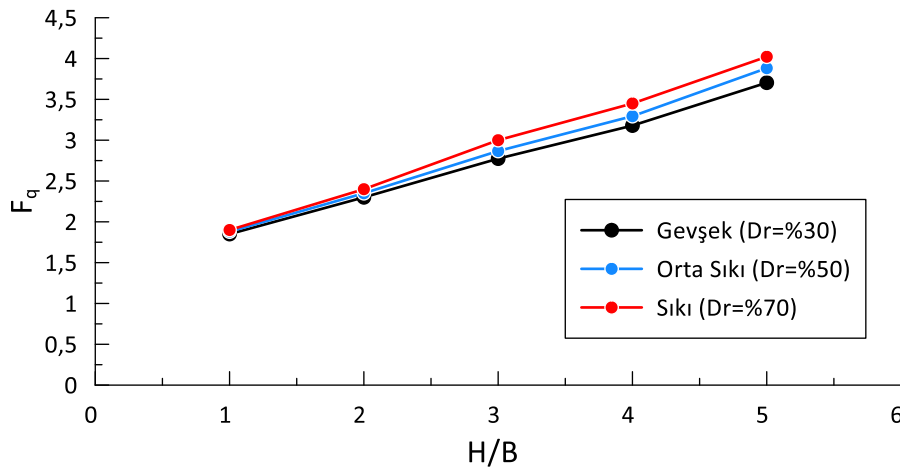
genişliklerinden elde edilen F_q değerleri arazi koşullarını yansıtmamaktadır. Bu yüzden Seri 2 analizinde; 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.50 ve 2 m genişliklere sahip ankrajların çekme davranışları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda 0.5 m'den daha büyük ankrajlarda görülen F_q değerleri arası fark ihmal edilebilir seviyede olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Yatay plaka ankrajın genişliğinin boyutsuz yenilme faktörü üzerindeki etkisi

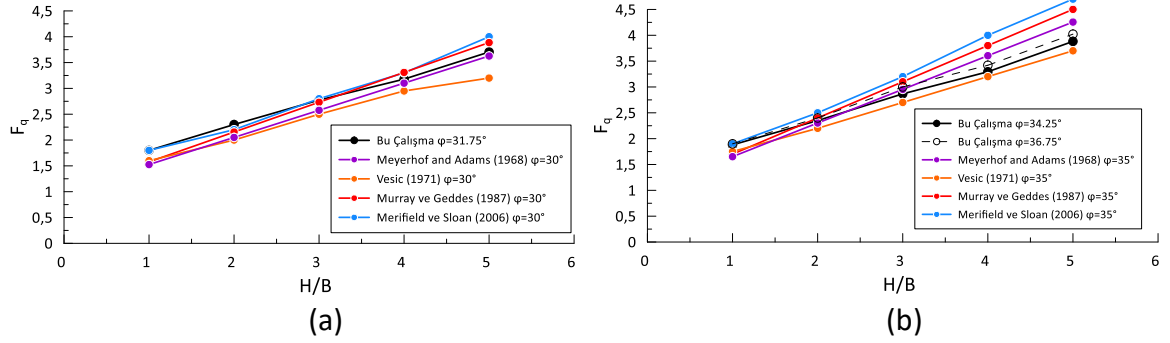
3.3. Ankrajın Gömülme Oranının ve Zeminin Rölatif Sıkılığın Etkisi

Seri 3'de yatay şerit plaka ankrajın gömülme oranının (H/B) ve zeminin rölatif sıkılığın çekme davranışına etkisi incelenmiştir. Literatürde yapılan çalışmalara benzer bir şekilde (Balla 1961; Meyerhof ve Adams 1968; Vesic 1971; Murray ve Geddes 1987; Merifield ve Sloan 2006 Ilamparuthi vd., 2002; Bildik ve Laman 2011; Yünkül vd., 2021; Yünkül ve Gürbüz 2022) gömülme derinliğinin ve rölatif sıkılığın artmasına bağlı olarak boyutsuz yenilme faktöründe artışlar görülmüştür. Bu durumunun nedeni gömülme derinliğinin ve rölatif sıkılığın artması ile birlikte yenilme yüzeyi içerisindeki zemin ağırlığının artması ve yenilme yüzeyine etki eden yanal kuvvetlerin artışı olarak açıklanabilir (Yünkül vd.,2021). Yapılan bu çalışma beş farklı gömülme oranında ve üç farklı rölatif sıkılıkta elde edilen F_q değerleri Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Yatay plaka ankrajın gömülme oranının ve rölatif sıkılığın boyutsuz yenilme faktörü üzerindeki etkisi

Nümerik çalışmadan elde edilen boyutsuz yenilme faktörü değerleri literatürde önerilen teorik yöntemler (Meyerhof ve Adams 1968; Vesic 1971; Murray ve Geddes 1987; Merifield ve Sloan 2006) ile karşılaştırılmıştır (Şekil 5). Elde edilen sonuçlar doğrultusunda gevşek zeminlerde nümerik sonuçlar ile teorik sonuçlar birbirleri ile uyumlu olduğu görülürken, orta sıkı ve sıkı zeminlerde gömülme derinliğinin artmasına bağlı olarak nümerik sonuçlar analitik değerlerden daha düşük çıkmıştır. Benzer sonuçlar Dickin ve Laman (2007) tarafından da raporlanmıştır.



Şekil 5. Nümerik sonuçlar ile teorik sonuçların karşılaştırılması; (a): gevşek zemin, (b): orta sıkı, sıkı zemin

3.4. Ankrajın Şev Kretinden Uzaklık Oranının, Şev Eğimini, Gömülme Derinliğinin ve Rölatif Sıkılığın Etkisi

Ankrajın şev kretine uzaklığına bağlı olarak rölatif sıkılığın ve gömülme derinliğinin etkisinin incelenmesi amacıyla Seri 4'de yaklaşık 270 adet analiz yapılmıştır. Yapılan çalışmada şev eğiminin etkisinin boyutsuz olarak incelenmesi amacı ile çekme kapasitesi oranı ($UCIR$) kullanılmıştır (Eş 2). Bu oran çeşitli araştırmacılar tarafından da önerilmektedir (Sadr vd., 2018; Yünkül ve Gürbüz 2022)

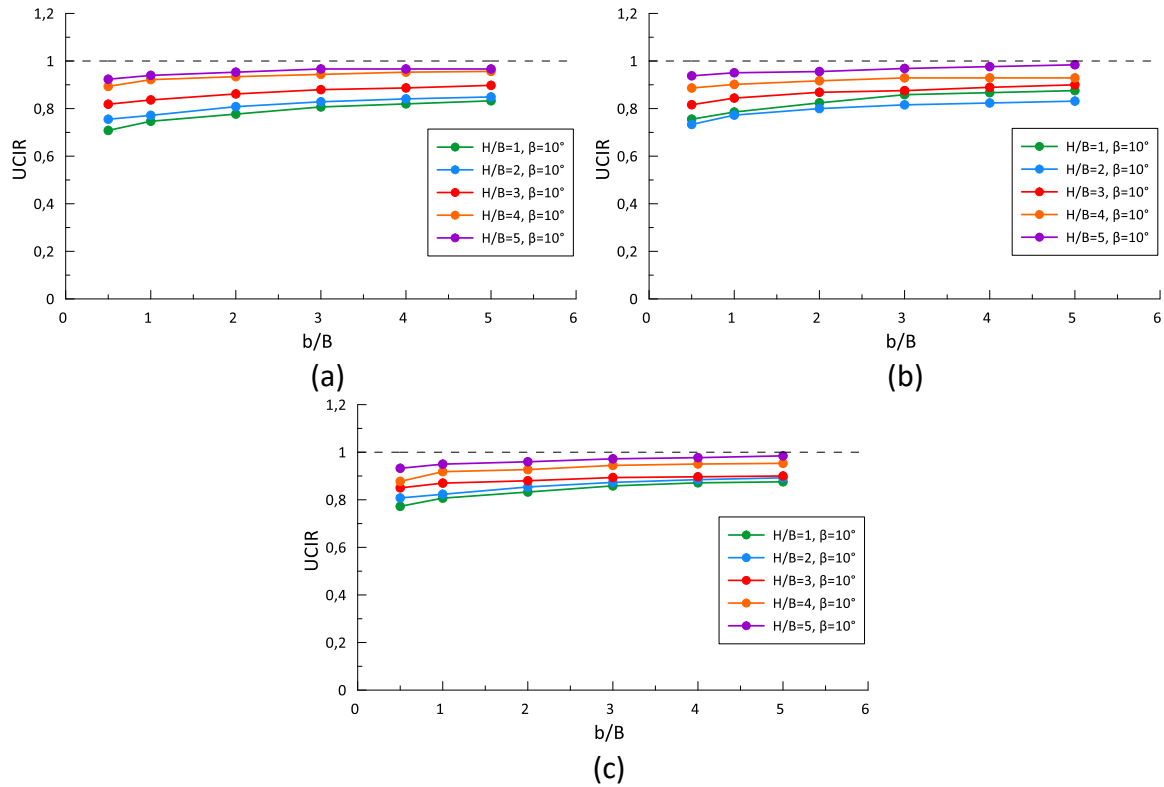
$$UCIR = \frac{F_{q(\text{şev})}}{F_q} \quad (2)$$

Burada $F_{q(\text{şev})}$ şev eğimli durumlarda yatay plaka ankrajda gözlemlenen boyutsuz yenilme faktörü değeri simgelemektedir.

Plaka Ankrajın Şev Kretine Uzaklığının ve Rölatif Sıkılığın Etkisi

Yapılan çalışmada altı farklı şev kretinden uzaklık oranı ($b/B = 0.5, 1, 2, 3, 4, 5$), beş farklı gömülme oranı ($H/B = 1, 2, 3, 4, 5$), üç farklı şev eğimi ($\beta = 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$) ve üç farklı rölatif sıkılıkta incelenmiştir. Şekil 6'da üç farklı rölatif sıkılıkta ve şev eğiminin 10° olması durumundaki ankrajın şev kretinden uzaklığına bağlı olarak elde edilen $UCIR$ değerleri gösterilmiştir. Şekil 6'da yatay düzlem ($\beta = 0^\circ$) için $UCIR$ oranı 1 olarak gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda ankrajın şev kretine uzaklık oranının (b/B) ve zeminin içsel sürtünme açısının veya zeminin rölatif sıkılığının artmasına bağlı olarak boyutsuz çekme kapasitesi oranında artışlar gözlemlenmiştir. Şev kretinden uzaklığın, zeminin içsel sürtünme açısının artması ile çekme anında oluşacak yenilme yüzeyinin içerisinde ağırlık

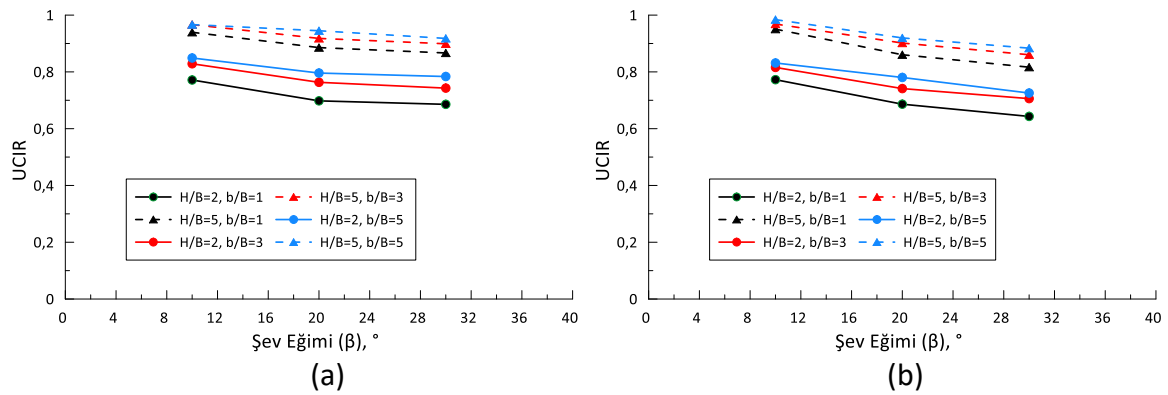
artacak ve bu durum sonucunda şevsiz durumdaki yatay düzlemde bulunan plaka ankajların çekme kapasitesine yaklaşacağı beklenen bir sonuçtur.

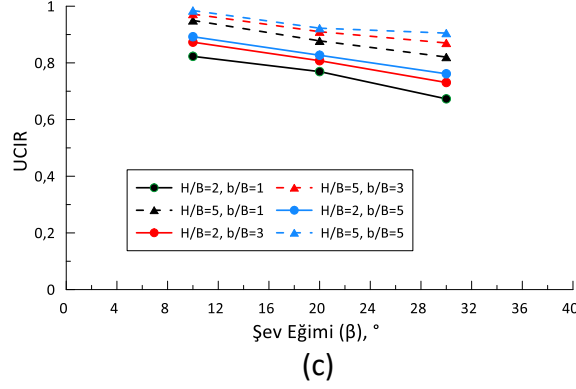


Şekil 6. b/B değerine bağlı olarak UCR değerlerinin değişimi; (a): gevşek zemin, (b): orta sıkı zemin, (c): sıkı zemin

Şev Eğimini Etkisi

Ankrajın gömülme oranı değeri 2 ve 5, ankrajın şev kretinden uzaklığı 1, 3 ve 5 için üç farklı şev eğiminde ve üç farklı rölatif sıklıkta gözlemlenen çekme kapasitesi oranları Şekil 7'de gösterilmiştir. Yapılan çalışmalarda şev eğiminin artmasına bağlı olarak çekme kapasitesi oranında azalmalar görülmüştür.

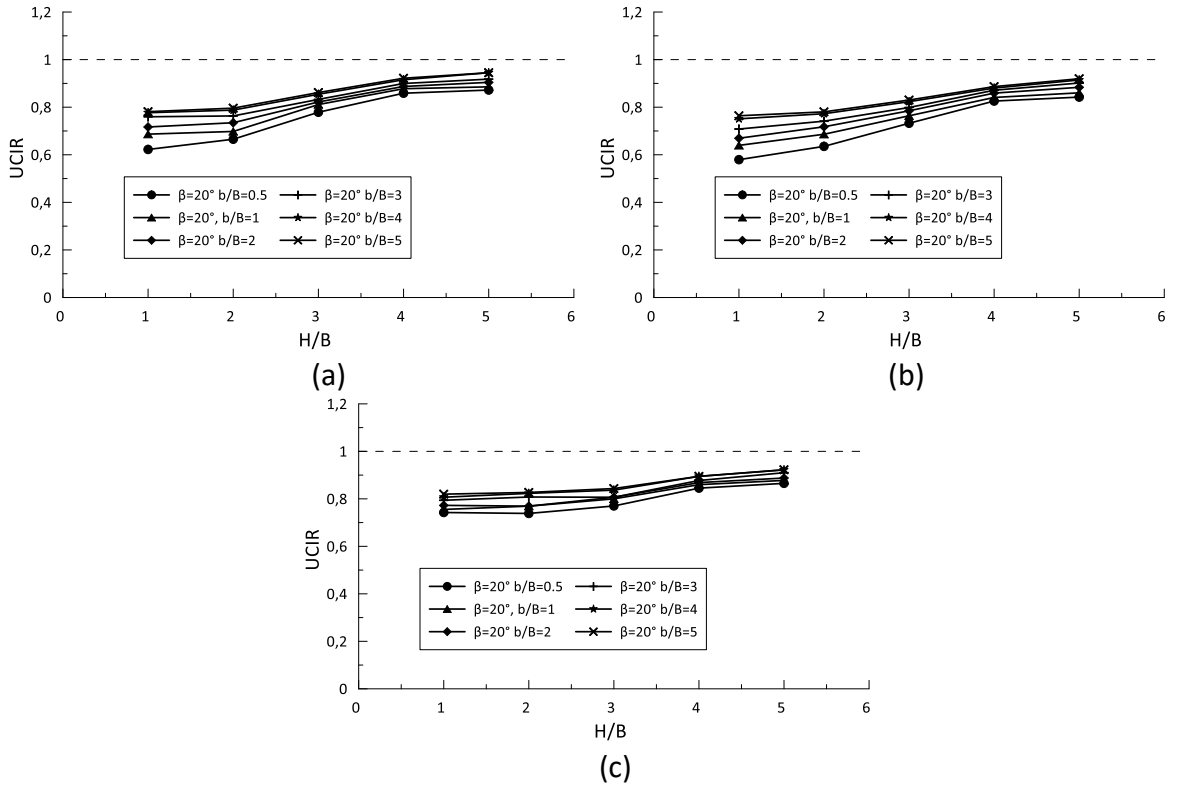




Şekil 7. Şev eğimine bağlı olarak UCIR değerlerinin değişimi; (a): gevşek zemin, (b): orta sıkı zemin, (c): sıkı zemin

Gömülme Oranının Etkisi

Üç farklı rölatif sıkılıkta, şev eğimi 20° için derinliğe bağlı gözlemlenen çekme kapasitesi oranları Şekil 8’de gösterilmiştir. Gömülme oranının artmasına bağlı olarak ise UCIR değerlerinde artışlar gözlemlenmiştir. Şev eğiminin ve plakanın şev kretinden uzaklıktan bağımsız olmak üzere gömülme oranı değeri 4’den sonra çekme kapasitesi oranındaki artışlar ihmal edilebilir düzeyde olmaktadır (%3-%5 arası). Bu durumda şevli durumlarda optimum H/B değeri 4 olarak elde edilmiştir.



Şekil 8. Gömülme oranına bağlı olarak UCIR değerlerinin değişimi; (a): gevşek zemin, (b): orta sıkı zemin, (c): sıkı zemin

4. SONUÇLAR

Yapılan çalışma kapsamında şevli durum ve şev olmayan durumda bulunan kohezyonsuz zeminlere gömülü yatay plaka şerit ankrajların çekme kapasitesi bir dizi 2 boyutlu sonlu elemanlar analizi ile incelenmiştir. Yapılan nümerik çalışmada ankrajın gömülme oranının (H/B), zeminin rölatif sıklığının (D_r), ankrajın şev kretine uzaklığı oranının (b/B) ve şev eğiminin (β) ankrajın çekme kapasitesine etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara aşağıda özetlenmiştir.

- Plaka genişliğinin artmasına bağlı olarak boyutsuz yenilme faktörü (F_q) değerinden azalmalar meydana gelmektedir. 500 mm plaka genişliğinden daha büyük ankrajlarda plaka genişliğinin F_q üzerindeki etkisi ihmal edilebilir düzeydedir. Bu yüzden optimum plaka ankraj genişliği 500 mm olarak belirlenmiştir.
- PLAXIS 2D sonlu elemanlar programında Pekleşen Zemin modelinin yatay şerit plaka ankrajların gevşek zeminlerin çekme davranışını düzgün yansıttığı görüldükçe; H/B değerinin 3'den daha büyük olması durumunda orta sıkı ve sıkı zeminleri tam olarak yansıtamamıştır.
- Plaka ankrajların çekme kapasitesi gömülme derinliğinin ve zeminin rölatif sıklığının artmasına bağlı olarak artış göstermektedir.
- Şev eğiminin artmasına bağlı olarak plaka ankrajların çekme kapasitelerinde azalmalar görülmektedir.
- Şev kretinden uzaklığın artmasına bağlı olarak ankrajların çekme kapasitelerinde artışlar meydana gelmektedir.

KAYNAKLAR

- Balla, A. (1961), "The Resistance to Breaking-Out of Mushroom Foundations for Pylons", In: Proceedings of 5th International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Paris, France, 1, 569–576.
- Bildik, S., Laman, M. (2011), "Kohezyonsuz Zeminlere Gömülü Ankraj Plakalarının Çekme Davranışının DeneySEL Olarak İncelenmesi", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Vol 26 (2), 486- 496.
- Brinkgreve, R.B.J., Engin, E., Engin, H.K. (2010), "Validation of Empirical Formulas to Derive Model Parameters for Sands", In: Proceedings of 7th the European Conference on Numerical Methods in Geotechnical Engineering, Norway, 137–142.
- Choudhary, A.K., Pandit, B., Babu, G.L. (2018), "Three-Dimensional Analysis of Uplift Behaviour of Square Horizontal Anchor Plate in Frictional Soil", International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering, Vol 4 (2), 1-9.
- Consoli, N.C., Thome', A., Girardello, V., Ruver, C.A. (2012), "Uplift Behavior of Plates Embedded in Fiber-Reinforced Cement Stabilized Backfill", Geotextiles and Geomembranes, Vol 35, 107–111.
- Dickin, E.A., Laman, M. (2007), "Uplift Response of Strip Anchors in Cohesionless Soil", Advances in Engineering Software, Vol 38 (8–9), 618–625.

- Emirler, B., Tolun, M., Laman, M. (2016), “Experimental Investigation of the Uplift Capacity of Group Anchor Plates Embedded in Sand”, Geomechanics and Engineering, Vol 11 (5), 691–711.
- Ganesh, R., Sahoo, J.P. (2019), “Vertical Uplift Capacity of a Group of Shallow Circular Plate Anchors in Sand”, Marine Georesources and Geotechnology, Vol 37 (3), 282–290.
- Ilamparuthi, K., Dickin, E.A., Muthukrisnaiah. K. (2002), “Experimental investigation of the uplift behaviour of circular plate anchors embedded in sand”, Canadian Geotechnical Journal, Vol 39 (3), 648–664.
- Merifield, R.S., Sloan, S.W. (2006), “The Ultimate Pullout Capacity of Anchors in Frictional Soils”, Canadian Geotechnical Journal, Vol 43 (8), 852–868.
- Meyerhof, G.G., Adams, J.I. (1968), “The Ultimate Uplift Capacity of Foundations”, Canadian Geotechnical Journal, Vol 5 (4), 225-244.
- Murray, E.J., Geddes, J.D. (1987), “Uplift of anchor plates in sand”, Journal of Geotechnical Engineering, Vol 113 (3), 202–215.
- Sadr, M.E., Bildik, S., Laman, M. (2018), “Şevlere Gömülü Ankraj Plakalarının Çekme Kapasitesinin Deneysel Olarak İncelenmesi”, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, Vol 9 (1), 399-408.
- Vesic, A.S. (1971), “Breakout Resistance of Objects Embedded In Ocean Bottom”, Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, Vol 97 (9), 1183–1205.
- Yünkül, K., Usluoğulları, Ö.F., Gürbüz, A. (2021), “Numerical Analysis of Geocell Reinforced Square Shallow Horizontal Plate Anchor”, Geotechnical and Geological Engineering, Vol 39 (4), 3081-3099.
- Yünkül, K., Gürbüz, A. (2022), “Uplift behavior of shallow horizontal plate anchors reinforced with geocells in cohesionless soil”, European Journal of Environmental and Civil Engineering, Vol 26 (4), 1243-1266.

SEMBOL LİSTESİ

Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
F_q	Boyutsuz yenilme faktörü	Q_{ult}	Plaka ankrajın çekme kapasitesi
γ	Zeminin birim hacim ağırlığı	H	Plaka ankrajın gömülme derinliği
B	Plaka ankrajın genişliği	b	Plaka ankrajın şev kretinden uzaklığı
β	Şev eğimi açısı	$UCIR$	Çekme kapasitesi oranı
E_{50}^{ref}	Referans sekant modülü	E_{oed}^{ref}	Referans tanjant modülü
E_{ur}^{ref}	Referans Young modülü	ϕ	İçsel sürtünme açısı
ψ	Dilatasyon açısı	D_r	Rölatif sıklık
m	Üssel kuvvet	R_f	Yenilme oranı
EA	Normal rijitlik	EI	Eğilme rijitliği
d	Plakanın kalınlığı	w	Plakanın birim kütlesi
ν	Poisson oranı		