

KESME HIZININ VE SU MUHTEVASININ KALICI KAYMA DAYANIMINA ETKİSİBurak Bahadır ŞAKAR^{1*}, Hasan SAVAŞ²¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir, ORCID No : <http://orcid.org/0000-0001-8175-9489>² Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir, ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-3138-5308>

Anahtar Kelimeler	Öz
Kalıcı kayma dayanımı, Halka kesme deneyi, Kil.	<i>İnşaat mühendisliğinde zeminlerin kalıcı dayanım parametrelerinin belirlenmesi önemli bir yere sahiptir. Özellikle daha önce kayma hareketinin meydana geldiği şevler ile fisürlü ve sert kil zeminleri içeren şevlerin stabilite tahkiklerinde önem arz etmektedir. Kalıcı kayma dayanımına ulaşabilmek için çok büyük yer değiştirmeler gerekebilmektedir, bu yüzden kayma yüzeyleri var olan istinatların ve şevlerin stabiliteleri sadece kalıcı kayma dayanımları ile kontrol edilebilir. Bu çalışmada İstanbul, Çanakkale ve Eskişehir illerinden alınan örselenmiş numuneler üzerinde farklı hızlarda ve farklı su muhtevalarında halka kesme deneyleri yapılmıştır. Çalışmada kesme hızı ile su muhtevasının, zeminin kayma dayanım parametreleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla numuneler yavaş, orta ve yüksek hızlarda farklı normal gerilmeler altında kesilmiş, aynı işlemler yüksek ve düşük su muhtevası olmak üzere iki ayrı su içeriğinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde kesme hızının kalıcı içsel sürtünme açısı üzerinde çok fazla etkisinin olmadığı, başlangıç su muhtevası arttıkça kalıcı içsel sürtünme açısının arttığı ve likit limit, plastik limit, plastisite indisi ve kil yüzdesi arttıkça kalıcı içsel sürtünme açısının azaldığı gözlemlenmiştir.</i>

DETERMINATION OF RESIDUAL SHEAR STRENGTHS OF CLAYS BY RING SHEAR TESTS

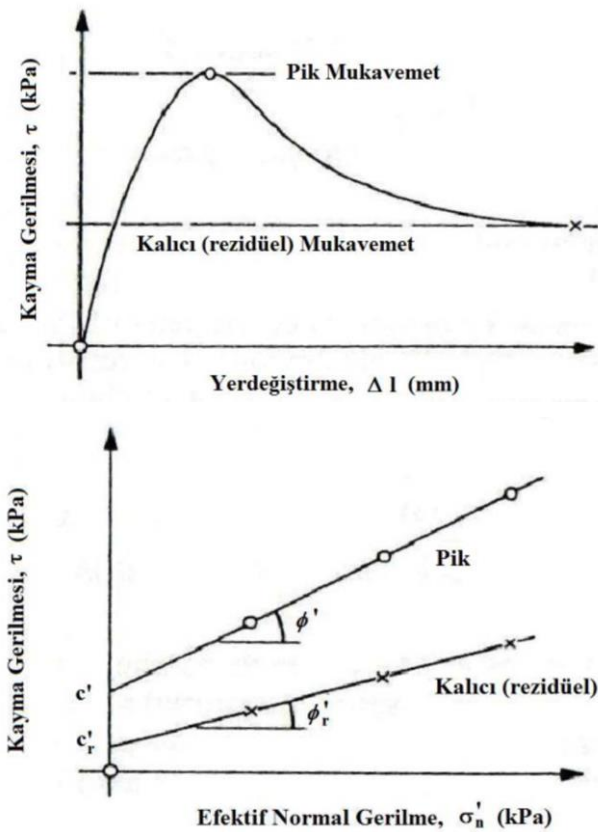
Keywords	Abstract
Residual shear strength, Ring shear test, Clay.	<i>In civil engineering determination of residual strength parameters for soils are very important. They are very important for stability verification especially slopes with preexisting slide surface and slopes that includes fissures, clayed soil. There must be very large displacements for determining residual shear strength, because of that stability of retainings and slopes with preexisting slide surface can be controlled by only residual shear strength. In this study ring shear tests are used for different shearing rates and different water contents on disturbed samples which obtained from İstanbul, Çanakkale and Eskişehir. Effects of this variables on soils shear strength parameters are aimed to investigate. Therefore samples were sheared under different normal stresses with slow, medium and fast shearing rates, the same processing were carried out with two different water contents which are high and low content. When obtained results were considered we can say that shearing rates have no effect on residual friction angles, when initial water content increases residual friction angles increases and when liquid limit, plastic limit, plasticity index and clay percentage increases residual friction angles decreases.</i>
Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 04.11.2021	Submission Date : 04.11.2021
Kabul Tarihi : 09.12.2021	Accepted Date : 09.12.2021

* Sorumlu yazar; e-posta : yusufkurtdereli@hotmail.com

Bu eser, Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hükümlerine göre açık erişimli bir makaledir.This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Giriş

İnşaat mühendisliğinde zeminlerin kalıcı dayanım parametrelerinin belirlenmesi önemli bir yere sahiptir. Özellikle daha önce kayma hareketinin meydana geldiği şevler ile fisürlü ve sert kil zeminleri içeren şevlerin stabilite tahkiklerinde önem arz etmektedir (Mitchell ve Soga, 2005). Aşırı konsolide killerde ve sıkı kumlarda pik dayanıma ulaştıktan sonra, artan kayma deformasyonları ile kayma gerilmesi azalmaya başlamaktadır. Büyük deformasyonlar sonrasında ise Şekil 1'de görüldüğü üzere sabit bir değerde kalmaktadır. Sabit kalan bu değer, kalıcı kayma dayanımı olarak tanımlanmakta olup, efektif normal gerilme, mineraloji, dane çapı dağılımı ve kesme hızına bağlıdır.



Şekil 1. Pik ve Kalıcı Kayma Dayanımları İle Göçme Zarfları

Kalıcı kayma dayanımına ulaşabilmek için çok büyük yer değiştirmeler gerekebilmektedir, bu yüzden kayma yüzeyleri var olan istinatların ve şevlerin stabiliteyi sadece kalıcı kayma dayanımları ile kontrol edilebilir. İlk defa kayma yüzeyi oluşacak durumlarda ise pik ve kalıcı dayanımlar arasında kalan ortalama bir değer ile kontrol sağlanabilir. Tam kalıcı duruma ulaşabilmek için çok büyük yer değiştirmelere olanak sağlayan halka

kesme deneyi 1971 yılında Bishop ve diğerleri tarafından geliştirilmiştir (Mitchell ve Soga, 2005).

Kalıcı kayma dayanımını etkileyen faktörleri belirlemek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Birçok farklı parametrenin kalıcı kayma dayanımını farklı yönlerde etkilediği gözlemlenmiştir. Likit limitin artmasının kalıcı kayma dayanımını azalttığı (Stark ve Eid, 1994), kalıcı kayma dayanım açısını düşürdüğü (Ataç, 2009; Koltuk, 2005; Ürkmez, 2009) ve %30 üzeri likit limite sahip zeminlerde kalıcı içsel sürtünme açıları arasında büyük farklar olduğu (Stark ve Eid, 1997) görülmüştür. Plastik limit arttıkça kalıcı kayma dayanım açısının düştüğü de (Ürkmez, 2009) bulunan sonuçlar arasındadır. Plastisite indisi arttıkça kalıcı kayma dayanım açısının düştüğü (Ataç, 2009; Koltuk, 2005; Ürkmez, 2009), yüksek plastisiteli zeminlerin, düşük plastisiteli zeminlere göre daha yüksek kalıcı kayma dayanımı kazandığı (Stark ve Hussain, 2010) ve yüksek plastisiteli zeminlerde düşük kesme hızlarının kalıcı kayma dayanımına olan etkisinin büyük olduğu (Bhat, Yatabe ve Bhandary, 2014) sonucuna varılmıştır. Ayrıca kullanılan numunenin özelliklerine bağlı olarak dane çapı arttıkça kalıcı kayma dayanımının azaldığı (Stark ve Eid, 1994), kil yüzdesi arttıkça kalıcı kayma dayanım açısının düştüğü (Koltuk, 2005; Ürkmez, 2009) ve aşırı konsolide oranı arttıkça daha yüksek pik içsel sürtünme katsayısı bulunduğu (Vithana, Gibo, Nakamura ve Kimura, 2010) yapılan deneyler sonucunda gözlemlenmiştir. Deneyler esnasında efektif normal gerilmeler değiştiği ve kalıcı kayma açılarının değiştiği (Eid, Al-Nohmi, Wijewickreme ve Amarasinghe, 2019), efektif normal gerilme arttıkça kalıcı içsel sürtünme açısının azaldığı (Dewoolkar ve Huzjak, 2005) ve yüksek normal gerilmelerde içsel sürtünme açısının sabit bir değer aldığı (Tiwari, Brandon, Marui ve Tuladhar, 2005) görülmüştür. Deneyler yapılırken kesme hızını artırınca kalıcı kayma dayanım açısının düştüğü (Koltuk, 2005) ve kesme oranı yükseltince kalıcı kayma dayanımının azaldığı (Tiwari, Tuladhar ve Marui, 2011) bulunan diğer sonuçlar arasındadır. Ayrıca pik kayma dayanım açısı arttıkça kalıcı kayma dayanımının arttığı da görülmüştür (Ürkmez, 2009). Benzer numunelerin benzer dayanımları vermeleri beklenirken farklı deney aletlerinde büyük ölçüde değişken sonuçların çıkmasının nedeninin deney aletlerinin farklılığı ve numunenin sıkıştırılması olduğu anlaşılmıştır (Watry ve Lade, 2000). Deney aletlerinin farklılığı göz önünde bulundurularak tekrarlı kesme kutusunda bulunan parametrelerin halka kesme kutusunda bulunan parametrelerden daha yüksek olduğu savunulmuştur (Ataç, 2009; Koltuk, 2005).

Bu çalışmada İstanbul, Çanakkale ve Eskişehir illerinden alınan örselenmiş numuneler üzerinde farklı hızlarda ve farklı su muhtevalarında halka kesme deneyleri yapılmıştır. Hesaba katılan değişkenlerin, zeminin kayma dayanım parametreleri üzerindeki etkilerinin

incelenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda numuneler yavaş, orta ve yüksek hızlarda farklı normal gerilmeler altında kesilmiş, aynı işlemler yüksek ve düşük olmak üzere iki ayrı su muhtevasında gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan zemin örnekleri İstanbul, Çanakkale ve Eskişehir illerinden alınmış olup, örnekler üzerinde öncelikle tanımlama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Tanımlama deneyleri kapsamında ıslak elek analizi, hidrometre, kıvam limitleri, özgül ağırlık ve kompaksiyon deneyleri yapılmış olup elde edilen sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir. Kayma dayanım parametreleri ise, örselenmiş numuneler üzerinde halka kesme deneyleri ile belirlenmiştir.

Numunelerin halka kesme deneyleri ile bulunan kalıcı dayanımları, su muhtevası ve hız değişkenleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Halka kesme deneylerinde 0.027 der/dak, 0.135 der/dak ve 1.350 der/dak hız değerleri kullanılmıştır. Ayrıca deneylerin bir seti plastik limit su muhtevasında hazırlanırken diğer bir set için optimum+3 su muhtevası kullanılmıştır. İstisnai olarak Çanakkale numunesinde optimum+3 su muhtevası değeri plastik limit su muhtevasına denk geldiği için bu numunede optimum su muhtevasında çalışılmıştır ve tüm deneylerde su içeriğinin kalıcı kayma dayanımları üzerine etkisi de incelenmiştir. Kullanılmış olan su muhtevaları Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 1

Numunelerin Tanımlama Deney Sonuçları

Numune adı	Likit Limit (w_L)	Plastik Limit (w_P)	Plastisite İndisi (I_P)	Dane Özgül Ağırlığı (γ_s)	Optimum Su Muhtevası (W_{opt})	Kil Yüzdesi (K.Y.)	Zemin Sınıfı
N1 - İstanbul	84.78	36.22	48.56	2.78	27.91	81.00	CH
N2 - Çanakkale	36.65	19.37	17.28	2.67	16.10	23.00	CL (Kumlu)
N3 - Eskişehir	52.61	26.41	26.20	2.65	27.88	37.00	CH

Tablo 2

Deneylerde Kullanılan Su Muhtevaları

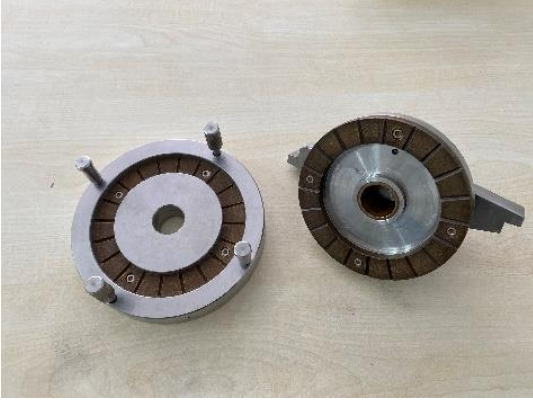
Numune adı	Plastik Limit (w_P)	Optimum Su Muhtevası (W_{opt})	Optimum+3 Su Muhtevası (W_{opt})	Yüksek Alınan Su Muhtevası (w)	Düşük Alınan Su Muhtevası (w)
N1 - İstanbul	36.22	27.91	30.91	36.22	30.91
N2 - Çanakkale	19.37	16.10	19.10	19.37	16.10
N3 - Eskişehir	26.41	27.88	30.88	30.88	26.41

Killerin kalıcı kayma dayanımları araştırılırken en tatmin edici deney halka kesme deneyidir. Deney yapılırken drenajın sağlanabilmesi için numunenin olabildiğince yavaş kesilmesi gerekmektedir. Yer değiştirme devam ettikçe kayma dayanımı düşmeye başlar ve yüksek deformasyonlar sonucu zemin kritik düzeyin altına düştüğünde kalıcı kayma dayanım değerini almış olur (Craig, 2004). Bu çalışmada 1979 yılında modellenmiş olan Bromhead tipi halka kesme deney aleti kullanılmıştır. Halka kesme deney aleti numuneyi dairesel olarak kestiği için deformasyonun çok büyük mesafelere ulaşabilmesi, kalıcı kayma dayanımlarının en gerçekçi tespitinde büyük avantaj sağlamaktadır. Numune kalıbı Şekil 2 (a)’da görüldüğü

üzere dış yarıçapı 50 mm, iç yarıçapı 35 mm ve yüksekliği 5 mm olan bir alt başlık ile dişli yüzeye sahip olan üst başlıktan oluşmaktadır.

Numune istenilen su muhtevasına getirildikten sonra kalıbın alt başlığına yerleştirilmiştir. Alt başlık, Şekil 2 (b)’de gösterilen halka kesme deney aletinin kesme haznesine yerleştirildikten sonra sabitleme vidaları ile hareket etmesi engellenmiştir. Numune üzerinde hiçbir kayma yüzeyi oluşturmayacak biçimde üst başlık yerleştirilip, yük kolu ve düşey deformasyon okuyucu hizaya getirilmiştir. Numuneler 100 kPa, 200 kPa, 250 kPa ve 300 kPa normal gerilmeler altında konsolide edilmiştir. Su muhtevası başlangıç su muhtevası olup, kesme sırasında tüm numuneler suya doymuş hale

getirilecek şekilde kesme kabı tamamen su ile doldurulmuş ve suya doymun olacak şekilde konsolidasyon sağlanmıştır. Konsolidasyon sona erdiğinde 0.027 der/dak, 0.135 der/dak ve 1.350 der/dak olmak üzere üç farklı hızda kesmeye maruz bırakılmıştır. Numunenin dairesel bir dönmeye 50 mm deformasyon oluşturularak kesilip en doğru kalıcı kayma dayanımına ulaşması amaçlanmıştır.



(a)



(b)

Şekil 2. (a) Halka Kesme Numune Kalıbı, (b) Halka Kesme Deney Aleti

Yapılan deneyler sonucu kesme haznesinden çıkarılmış olan bir adet numunenin kesme yüzeyi kesiti Şekil 3'te gösterilmiştir.

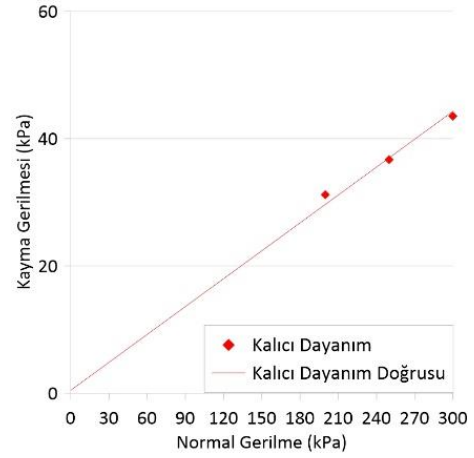
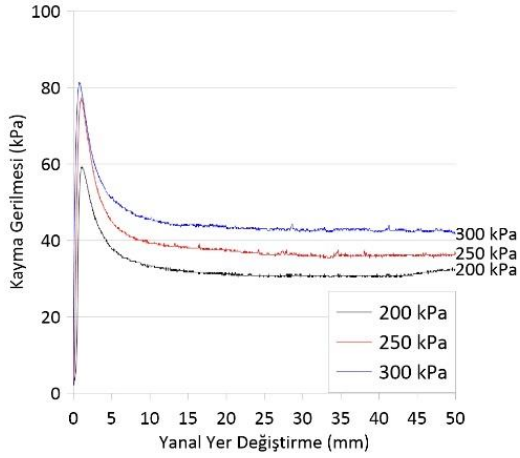


Şekil 3. Halka Kesme Deney Aletinde Kaymaya Maruz Bırakılmış Numune Kesiti

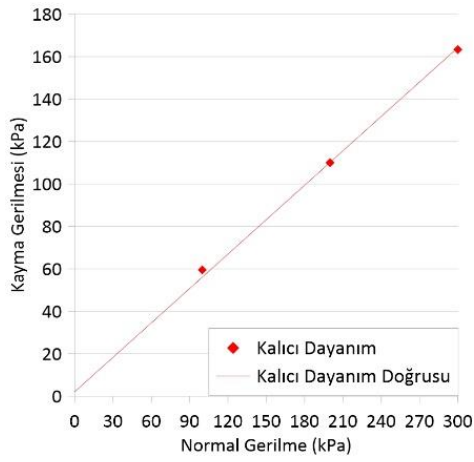
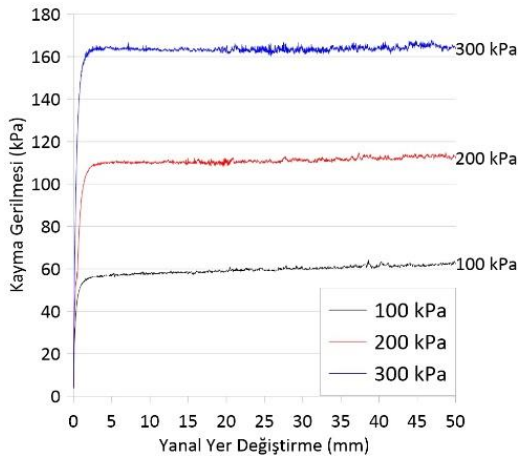
3. Bulgular

Kayma dayanımı deneyleri sonucunda zeminin başlangıç su muhtevası ve yükleme hızına bağlı olarak kalıcı dayanım parametrelerinin değişimi incelenmiştir. Farklı normal gerilmeler altında tekrarlanan deneylerden göçme zarfları oluşturularak kohezyon ile içsel sürtünme açıları bulunmuştur. 100 kPa, 200 kPa, 250 kPa ve 300 kPa normal gerilmeler altında gerçekleştirilen deneylerden göçme zarfına uyumsuz olanlar öncelikle tekrarlanmış, hala uyumsuzluk belirlendiyse deney bütününden çıkarılmıştır. Aşağıdaki bölümlerde deney sonuçları ayrıntılı olarak verilmiştir.

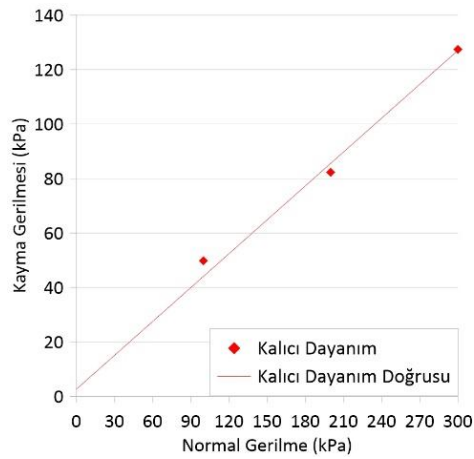
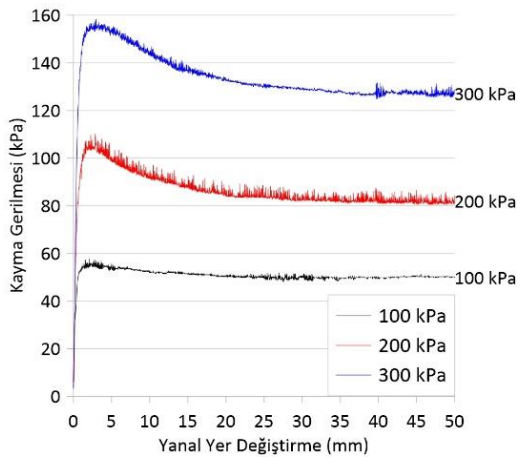
Halka kesme deney aletinin çalışma prensibinden dolayı yapılmış olan deneyler sonucu direkt olarak kalıcı kayma dayanımları bulunarak gerekli kayma parametrelerine ulaşılmıştır. Deneylerde kohezyonu sıfır değerine indirmek pratikte mümkün olmamaktadır fakat sonuçlar değerlendirildiğinde bulunmuş olunan kohezyon değerleri neredeyse yok denecek kadar küçük çıkmıştır. 100 kPa, 200 kPa, 250 kPa ve 300 kPa normal gerilme değerleri kullanılarak ulaşılmış olan kayma dayanımı ve göçme zarfı grafikleri 0.027 der/dak hızında yüksek ve düşük başlangıç su muhtevalarında olmak üzere Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.



(a)

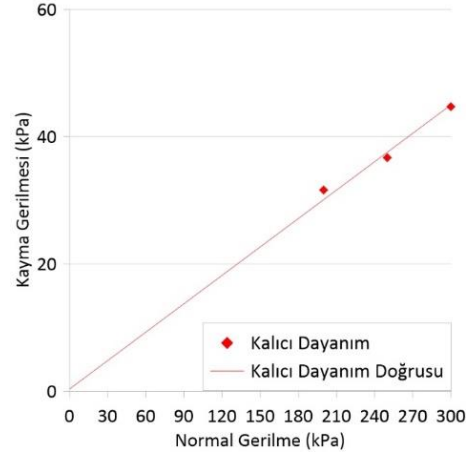
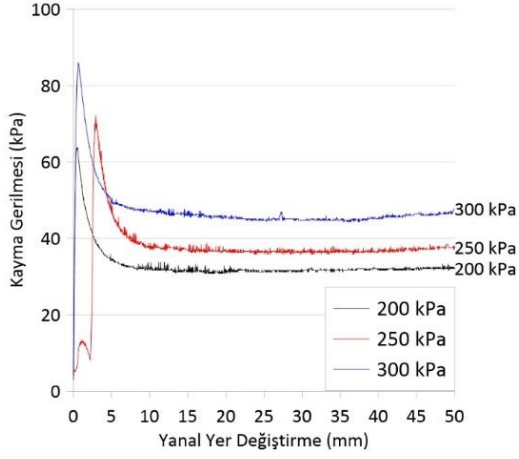


(b)

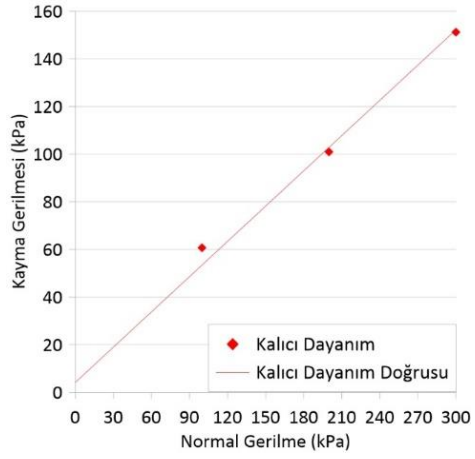
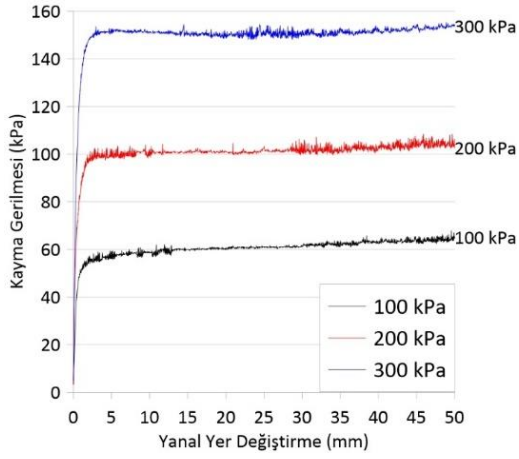


(c)

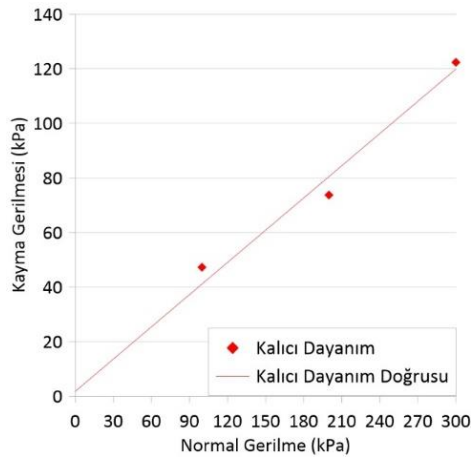
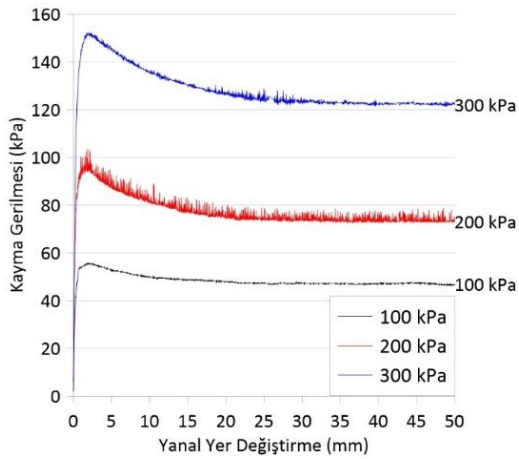
Şekil 4. Yüksek Su Muhtevasında Hazırlanan ve 0.027 der/dak Kesme Hızında Yapılan Deney Sonuçları (a) N1 - İstanbul (b) N2 - Çanakkale (c) N3 - Eskişehir



(a)



(b)



(c)

Şekil 5. Düşük Su Muhtevasında Hazırlanan ve 0.027 der/dak Kesme Hızında Yapılan Deney Sonuçları (a) N1 - İstanbul (b) N2 - Çanakkale (c) N3 - Eskişehir

Grafiklerden bulunan kayma parametreleri düzenlenip numunelerin kesme hızlarına göre kohezyon ve kalıcı içsel sürtünme açısı değerleri Tablo 3 ve Tablo 4'te sunulmuştur.

Elde edilen verilerle kohezyonun ve kalıcı içsel sürtünme açısının su muhtevası ve kesme hızına göre değişimlerini gösteren Şekil 6 ve Şekil 7 oluşturulmuştur.

Bulunan sonuçlara bakıldığında kohezyon beklenildiği gibi sıfır değerine çok yakın gelmiştir ve kalıcı kayma dayanım parametrelerini bulurken diğer deney yöntemlerine kıyasla halka kesme deneyinin daha güvenilir olduğunu ortaya koymuştur. Kalıcı içsel sürtünme açılarına bakıldığında her numune yüksek ve düşük muhtevalar kendi içinde değerlendirilirse tüm hızlarda bir istisna dışında 1°den daha küçük değişimler göstermiştir. Aynı şekilde iki muhtevada gerçekleştirilen tüm deneylere bakıldığında yine tek bir istisna dışında tüm deney sonuçlarında bulunan kalıcı içsel sürtünme açıları arasındaki en yüksek fark 2.5°den daha küçük olmaktadır. Ortaya çıkan istisnai durum ise tek bir numunede, tek bir başlangıç su muhtevasında yüksek hızla gerçekleştirilen bir deney serisi olduğundan dolayı deney hızının böyle bir sapmaya neden olduğu düşünülmektedir. Bu sapma dışında kesme hızının kalıcı içsel sürtünme açısına olan etkisi gözlemlenememiştir fakat büyük çoğunlukla başlangıç su muhtevasının yüksek alınmasının kalıcı içsel sürtünme açısını arttırdığı görülmüştür. Numunelerin karakteristik özellikleri göz önüne alındığında ise likit limit, plastik limit, plastisite indisi ve kil yüzdesi arttıkça kalıcı içsel sürtünme açısının azaldığı bulunan sonuçlar arasındadır.

Tablo 3

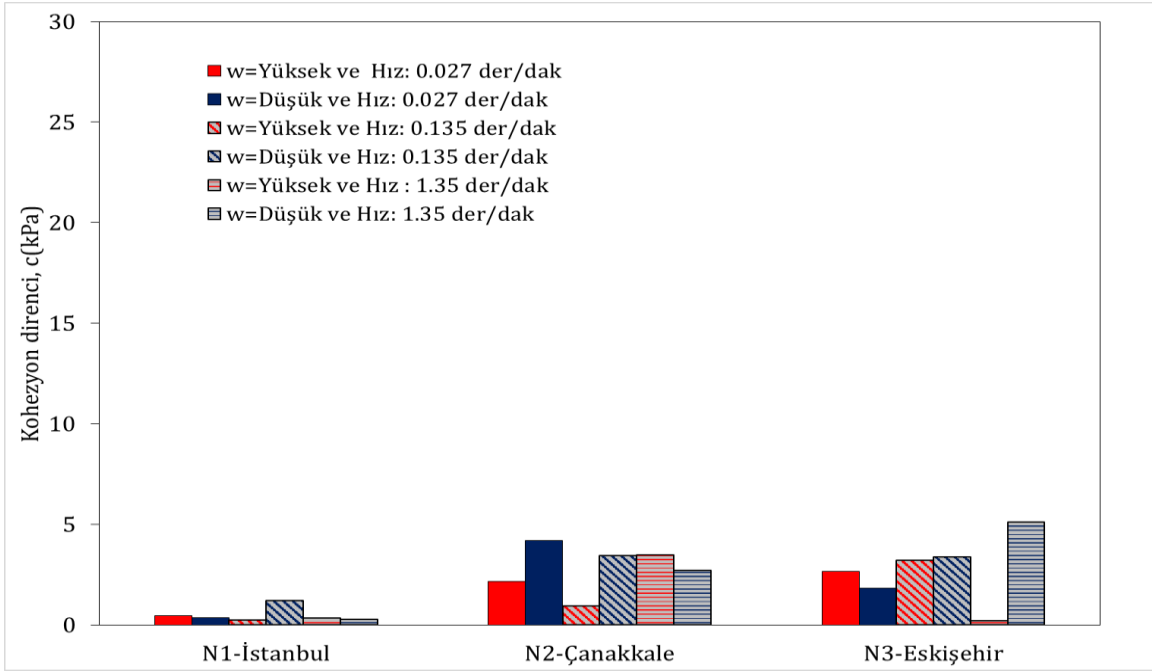
Yüksek Su Muhtevasında Hazırlanan Numunelerin Kesme Hızına Bağlı Kalıcı Dayanım Parametreleri

Numune adı	Kesme Hızı	c_r	ϕ_r
N1 - İstanbul	0.027	0.46	8.31
	0.135	0.24	8.88
	1.350	0.35	8.40
N2 - Çanakkale	0.027	2.15	28.39
	0.135	0.94	28.41
	1.350	3.49	27.49
N3 - Eskişehir	0.027	2.67	22.52
	0.135	3.22	22.28
	1.350	0.21	26.52

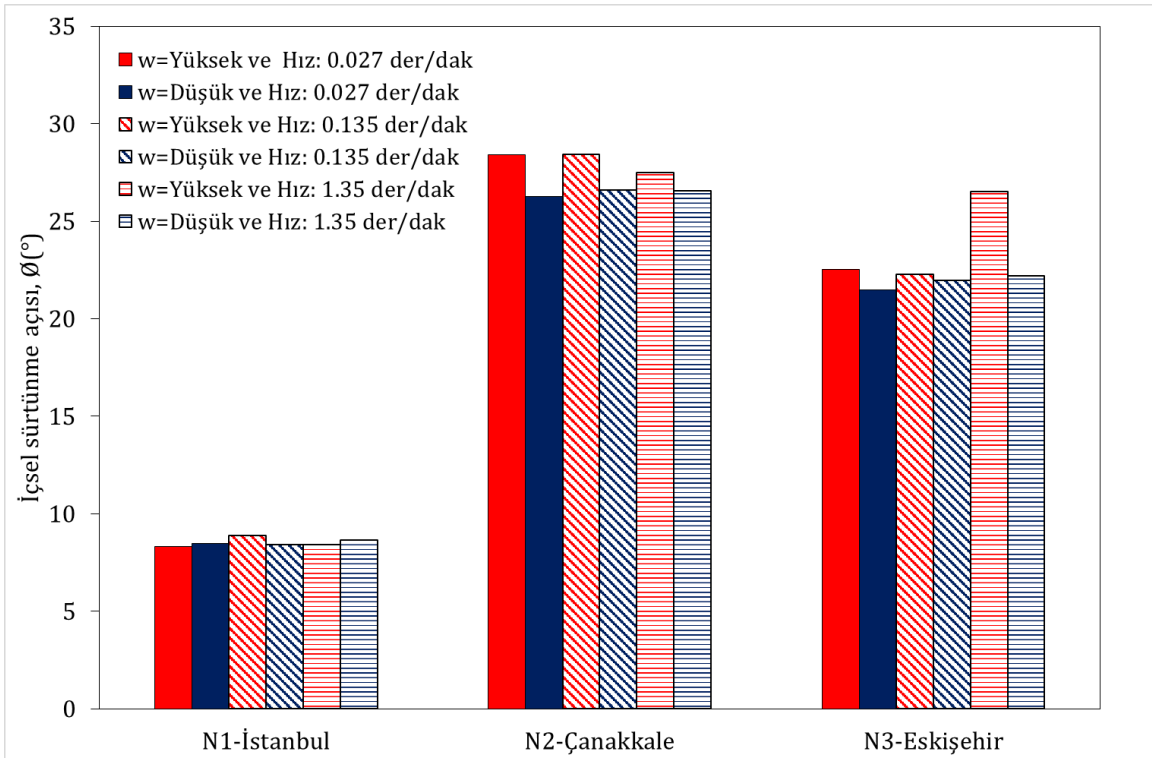
Tablo 4

Düşük Su Muhtevasında Hazırlanan Numunelerin Kesme Hızına Bağlı Kalıcı Dayanım Parametreleri

Numune adı	Kesme Hızı	c_r	ϕ_r
N1 - İstanbul	0.027	0.36	8.46
	0.135	1.20	8.41
	1.350	0.26	8.65
N2 - Çanakkale	0.027	4.19	26.26
	0.135	3.45	26.61
	1.350	2.70	26.54
N3 - Eskişehir	0.027	1.82	21.49
	0.135	3.36	21.95
	1.350	5.11	22.18



Şekil 6. Kohezyon Direncinin Su Muhtevası ve Kesme Hızına Göre Değişimi



Şekil 7. Kalıcı İçsel Sürtünme Açısının Su Muhtevası ve Kesme Hızına Göre Değişimi

4. Sonuçlar

İnce dane ağırlıklı zeminler üzerinde farklı su muhtevalarında hazırlanan numuneler farklı kesme hızları altında göçmeye maruz bırakılarak kayma dayanım parametreleri elde edilmiştir. Halka kesme deney aleti ile tekrarlanan deneyler sonucu elde edilen bulgular aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Çok yüksek olmamak şartıyla kesme hızının halka kesme deney aletinde kalıcı içsel sürtünme açısı üzerinde fazla etkisi yoktur.
- Yüksek başlangıç su muhtevası kullanıldığında kalıcı içsel sürtünme açısı artmıştır.
- Likit limit, plastik limit, plastisite indisi ve kil yüzdesi arttıkça kalıcı içsel sürtünme açısı azalmıştır.

Tüm bu sonuçlar ışığında kalıcı kayma dayanım parametreleri bulunacak olduğunda halka kesme deneyinin uygulanmasının daha sağlıklı olduğu görülmüştür. Kesme hızlarının dayanım parametreleri üzerine etkisi araştırılırken daha farklı dane çapları içeren birçok zemin tipinin kullanılması ve daha güvenilir sonuçlara ulaşmak için daha farklı kesme hızlarında deneylerin tekrarlanarak yüksek kesme hızlarından kaçınılması önerilmektedir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırma birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Bu çalışmada; Burak Bahadır ŞAKAR, deneylerin yapılması, bilimsel yayın araştırması, makalenin oluşturulması, verilerin yorumlanması, bilgisayar ortamına aktarılması; Hasan SAVAŞ, bilimsel yayın araştırması, verilerin yorumlanması, makalenin genel kontrolünün yapılması konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. Ayrıca bu makalede araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Ataç, A. E. (2009). *Plastisitenin kalıcı kayma mukavemetine etkisi (Yüksek Lisans Tezi)*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bhat, D. R., Yatabe, R. ve Bhandary, N. P. (2014). Slow shearing rates' effect on residual strength of landslide soils. *Soil Behavior and Geomechanics*,

(236), 293-303.
doi:10.1061/9780784413388.030

- Craig, R. F. (2004). *Craig's soil mechanics* (Seventh.). London: Spon Press.
- Dewoolkar, M. M. ve Huzjak, R. J. (2005). Drained residual shear strength of some claystones from Front Range, Colorado. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 131(12), 1543-1551. doi: 10.1061/(asce)1090-0241(2005)131:12(1543)
- Eid, H. T., Al-Nohmi, N. M., Wijewickreme, D. ve Amarasinghe, R. S. (2019). Drained peak and residual interface shear strengths of fine-grained soils for pipeline geotechnics. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 145(10), 06019010-1-7. doi: 10.1061/(asce)gt.1943-5606.0002131
- Koltuk, S. (2005). *Zeminlerin kalıcı kayma mukavemetinin halka kesme deneyi ile belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi)*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mitchell, J. K. ve Soga, K. (2005). *Fundamentals of soil behavior* (Third.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. doi:10.1097/00010694-199407000-00009
- Stark, T. D. ve Eid, H. T. (1994). Drained residual strength of cohesive soils. *Journal of Geotechnical Engineering*, 120(5), 856-871. Doi: 10.1061/(ASCE)0733-9410(1994)120:5(856)
- Stark, T. D. ve Eid, H. T. (1997). Slope stability analyses in stiff fissured clays. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 123(4), 335-343. doi: 10.1061/(ASCE)1090-0241(1997)123:4(335)
- Stark, T. D. ve Hussain, M. (2010). Shear strength in preexisting landslides. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 136(7), 957-962. doi:10.1061/(asce)gt.1943-5606.0000308
- Tiwari, B., Brandon, T. L., Marui, H. ve Tuladhar, G. R. (2005). Comparison of residual shear strengths from back analysis and ring shear tests on undisturbed and remolded specimens. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 131(9), 1071-1079. doi:10.1061/(asce)1090-0241(2005)131:9(1071)
- Tiwari, B., Tuladhar, G. R. ve Marui, H. (2011). Effect of shearing speed on residual shear strength of natural soil obtained from mudstone. *Geo-Frontiers* 2011, 2786-2793. Doi: 10.1061/41165(397)285

Ürkmez, A. R. (2009). *Kalıcı kayma mukavemetinin tekrarlı kesme kutusu deney yöntemi ile belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi)*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Vithana, S. B., Gibo, S., Nakamura, S. ve Kimura, S. (2010). Influence of laboratory-created OCR on large deformation shear strength: ring shear behaviour of two types of landslide slip surface soil. *GeoFlorida 2010*, (199), 3165-3174. doi:10.1061/41095(365)323

Watry, S. M. ve Lade, P. V. (2000). Residual shear strengths of bentonites on Palos Verdes Peninsula, California. *Slope Stability 2000*, 323-342. doi:10.1061/40512(289)24