

İZOTROPİK- ANİZOTROPİK KONSOLİDASYON DAVRANIŞI VE GERİLME İZLERİ

THE BEHAVIOUR OF ISOTROPIC -ANISOTROPIC CONSOLIDATION AND STRESS PATHS

Ayşen ÇELEBİ¹, Atilla ANSAL²

ABSTRACT

The test results of standard oedometer and drained, undrained triaxial compression tests carried out on soils having different plasticity indexes were evaluated in the study. The samples; water contents are larger than their optimum water contents were prepared based on the standard proctor procedure at the laboratory. As it is known, the samples, in the conventional oedometer test, are under the effect of anisotropic stresses. However, the samples in the triaxial test, before the shearing process, were generally consolidated under the effect of isotropic stresses. The test results of isotropic consolidation were plotted on the axes of $\ln(p)$ versus $(1+e)$. The test results of standard oedometer test were also plotted on the same axis to understand the effect of different stress-state on the results of consolidation test. The settlement curves of soils under the effect of either isotropic or anisotropic stress-state were approximately observed to be shown as straight lines according to the test results. Additionally, supposing the two-dimensional solutions instead of three-dimensional to be used in the analyses, the test results of drained and undrained triaxial compression test were drawn as the minimum against the maximum principal axes. The maximum-soil parameters of the undrained tests were found to be smaller than the related parameters of the drained tests.

Key words: konsolidasyon, compression and reloading indexes, stress paths.

ÖZET

Çalışmada farklı plastisiteli zeminler kullanılarak yapılan standart ödometre ve drenajlı, drenajsız üç eksenli basınç deneyi sonuçları değerlendirilmiştir. Numuneler optimum su muhtevsından daha fazla su muhtevsında standart proctor yöntemi kullanılarak laboratuvarında hazırlanmıştır. Bilindiği üzere standart ödometre deneyinde numuneler anizotropik gerilmelerin etkisindedir. Üç eksenli deneylerde ise kesme işlemi öncesinde numuneler çoğunlukla izotropik gerilmeler etkisinde konsolide edilmektedir. İzotropik konsolidasyon deneyi sonuçları $\ln(p)$ - $(1+e)$ eksenlerinde çizilmiştir. Farklı gerilme durumunun konsolidasyon deneyi sonuçlarına etkisinin görülebilmesi dolayısıyla standart ödometre deneyi sonuçları da $\ln(\sigma)$ - $(1+e)$ eksenlerinde çizilmiştir. Gerek izotropik gerekse anizotropik gerilmeler etkisinde zeminlerin konsolidasyon eğrilerinin yaklaşık doğru ile gösterilebileceği deney sonuçlarına dayalı gözlenmiştir. Ayrıca problem çözümlerinde üç boyut yerine iki boyutlu çözümlerin kullanılacağı kabul edilerek drenajlı ve drenajsız üç eksenli basınç deneyi sonuçları minimum ve maksimum asal gerilme eksenlerinde çizilmiştir. Toplam gerilmelere bağımlı maksimum zemin parametrelerinin drenajlı değerlerinden daha küçük oldukları görülmüştür.

Anahtar kelimeler: konsolidasyon, sıkışma ve yeniden yükleme indisleri, gerilme izleri.

¹ Dr. Özyeğin Üniversitesi, aysen.celebi@ozyegin.edu.tr (sorumlu yazar)

² Prof. Dr. Özyeğin Üniversitesi, atilla.ansal@ozyegin.edu.tr

1. GİRİŞ

Bilindiği üzere herhangi yapı ile gerilme değişimine maruz kaldıklarında olası problemlerin çözümünde zemin parametrelerinin belirlenmesi önemlidir. Uygun zemin parametrelerinin belirlenmesi ise arazideki gerilme durumunu laboratuvarında numunelere uygulayabilmeye bağlıdır. İnce daneli zeminlerin konsolidasyon oturması ve kayma mukavemeti davranışlarının belirlenmesinde çoğunlukla standart ödometre ve üç eksenli deney aletleri kullanılmaktadır. Standart ödometre deneyinde numuneye etkiyen gerilme durumu anizotropiktir. Üç eksenli deneylerde ise kesme işlemi öncesi numuneler yaygın olarak izotropik gerilmelerin etkisinde konsolide edilmektedir. Çalışmada farklı gerilmelerin konsolidasyon davranışına etkisi ödometre ve üç eksenli deney aletleri ile yapılan deney sonuçlarına dayalı çalışılmıştır. Ödometre deneyinde deney başında numunelerin suya doygunluğu bilinmemektedir. İzotropik konsolidasyonda deney öncesi numuneler suya doygun durumdadır. Ödometre deneyinde yapılan kabul; boşluklarda bulunan su düşey yönde hareket etmekte ve yer değiştirme düşey yönde olmaktadır. Oysa izotropik konsolidasyonda boşluklarda bulunan su yanal yönlerde de hareket edebilmektedir. Her iki deneyde de numuneler suya doygun, zemin danelerinin ve boşluklarda bulunan suyun ilave gerilmeler etkisinde hacimlerinin sabit kaldığı kabul edildiğinde konsolidasyon sonunda boşlukların hacmi değişecektir. Dolayısıyla her iki deney sonucunda da hacim değişimlerinin aynı olması gereklidir. Ödometre deneylerinde gerilme artımları 24 saatte uygulandığından oturmalar sabit efektif gerilmelerde oluşan oturmaları da içermektedir. İzotropik konsolidasyonda ise program karekök zaman yöntemini kullanarak konsolidasyon oturmalarını ölçtüğünden bu deney sonuçlarında sözü edilen oturmalar bulunmamaktadır. Her iki deneyde de ilave gerilmeler nedeniyle boşlukların hacmi değiştiğinden davranışı daha iyi değerlendirebilmek amacı ile deney sonuçları ödometre deneylerinde $\ln(\sigma) - (1+e)$, izotropik konsolidasyon deneylerinde $\ln(p) - (1+e)$ eksenlerinde çizilmiştir. İlgili eksenlerde oturma eğrilerinin yaklaşık doğru ile gösterilebileceği ve ayrıca ödometre deney eğrilerine bağlı belirlenen sıkışma indislerinin (λ) izotropik konsolidasyon deneylerinden bulunan değerlerinden daha büyük oldukları görülmüştür. Farklı sonuca neden sıkışma indislerinin hesaplandığı gerilme aralıkları ile ödometre deney sonuçlarının ikincil oturmaları içermesi kabul edilmektedir.

İnce daneli zeminlerin konsolidasyon ve kayma mukavemeti özellikleri bilinen bir konudur. Dolayısıyla literatürde konu ile ilgili çok sayıda yayın bulunmaktadır. Örselenmenin az olduğu ve laboratuvarında yeniden konsolide edilerek hazırlanan zeminler ile yapılan deney sonuçlarına dayalı çalışma Burland (1990)'da bulunmaktadır. İlgili çalışmada yeniden konsolide edilerek hazırlanan numunelere dayalı belirlenen zemin parametreleri yardımı ile arazideki zemin parametrelerini tahmin edebilmek için boşluk indisi parametresi tanımlanmıştır. Arazide etkisinde kaldıkları gerilmeleri laboratuvarında numunelere uygulayarak zemin özelliklerinin belirlenmesi konusunu içeren diğer bir çalışma Sultan vd., (2010) dir. Gerek laboratuvarında yeniden konsolide edilerek hazırlanan gerekse örselenmenin az olduğu numuneler kullanılarak yapılan deney sonuçlarını içeren çalışmalardan bazıları Graham ve Li (1985), Holtz vd., (1986), Hight vd., (1992), Hong vd., (2010)'dir.

Çalışmada ayrıca farklı drenaj durumunun zemin davranışına etkisinin görülebilmesi için aynı zeminler kullanılarak yapılan izotropik-konsolidasyonlu drenajsız ve drenajlı üç eksenli basınç deneyi sonuçları minimum ve maksimum asal gerilme eksenlerinde çizilmiştir. Toplam gerilmelere bağımlı en büyük değerlerin drenajlı değerlerinden daha küçük oldukları görülmüştür.

2. NUMUNELER

Deneylerin yapımında optimum su muhtevasından daha fazla su muhtevasında standart proktor yöntemi kullanılarak hazırlanan numuneler kullanılmıştır. Etüvde kurutulup dövülerek danelerine ayrılan zeminler 4 numaralı elekten elenmiştir. Elekten geçen malzemedan yeterli miktar alınarak standart proktor yöntemi ile zeminlerin kompaksiyon parametreleri belirlenmiştir. Likit limit deneyleri Casagrande deney aleti ile yapılmış ve kullanılan zeminler birleşik zemin sınıflandırma yöntemine dayalı gruplandırılmıştır. Ayrıca hidrometre ile piknometre deneyleri de yapılarak sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir. Deneyler için zeminler; öncelikle 4 numaralı elekten elenmiş, elekten geçen malzemedan yeterli miktar alınarak etüvde kurutulmuştur. Kuru ağırlıkları ölçülen zeminlere önceden belirlenen miktarlarda su ilave edilerek homojen karışım hazırlanmıştır. Ödometre deneyleri için proktor kalıbına üç eşit kalınlık olacak biçimde ve her kalınlığa 25 vuruş uygulanarak karışım yerleştirilmiştir. İzotropik konsolidasyon deneylerinde kullanılan kalıbın çapı 10,5 ve yüksekliği 20 cm

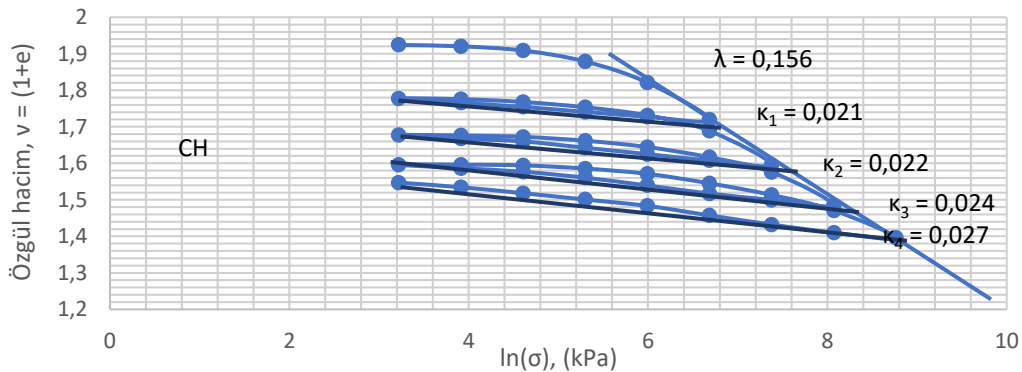
dir. Zeminler bu kalıba 4~5 eşit kalınlık olacak biçimde her kalınlığa proktor tokmağı ile 25 vuruş uygulanarak yerleştirilmiştir. Her iki deney içinde numuneler kalıplardan geri alınıp konsolidasyon deneyleri için uygun boyutlara getirilmiştir. Ödometre deneylerinde dış çapı 70 yüksekliği 20 mm olan ring kullanılırken izotropik konsolidasyon deneylerinde numune boyutları çap 70 ve yükseklik 140 mm dir.

Tablo 1. Zeminlerin indeks ve kompaksiyon özellikleri

Numune no	w _L	w _p	I _p	ρ _d	w _{opt}	ρ _s	Zemin grubu
	(%)	(%)	(%)	(Mg/m ³)	(%)	(Mg/m ³)	
N1	56	28	28	1,63	22	2,76	CH
N2	99	47	52	1,35	19	2,76	MH
N3	100	50	50	1,35	23	2,80	MH
N4	32	18	14	1,58	18	2,75	CL
N5	36	20	16	1,77	16	2,76	CL

3. STANDART ÖDOMETRE DENEYİ SONUÇLARI

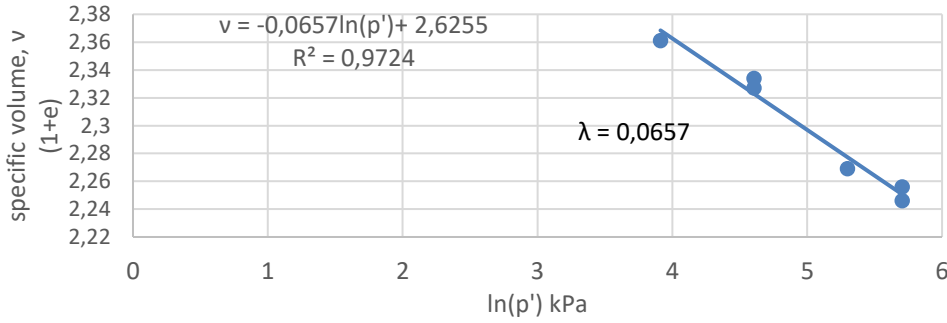
Standart ödometre deneyi sonuçlarını izotropik konsolidasyon deneyi sonuçları ile karşılaştırabilmek amacı ile ödometre deneyi sonuçları $\ln(\sigma)-(1+e)$ eksenlerinde çizilmiştir. $\ln(\sigma)-(1+e)$ eksenlerinde zeminlerin izotropik oturma eğrileri Atkinson ve Bransby (1978) yayınına dayalı iki doğru olarak gösterilebilir. Çalışmada da standart ödometre deneyi sonuçları $\ln(\sigma)-(1+e)$ eksenlerinde çizildiğinde tüm deney sonuçlarına dayalı oturma eğrilerinin yaklaşık doğru olarak çizilebileceği görülmüştür. Atkinson ve Bransby (1978) yayınına dayalı numunelere uygulanan gerilmelerin geri alınıp tekrar ilave edilmesi çevrimlerinde görülen (Şekil 1) davranışın doğru olarak kabul edilmesinde önemli hata yapılmamaktadır. Dolayısıyla zeminlerin oturma ve yeniden yükleme eğrileri $\ln(\sigma)-(1+e)$ eksenlerinde doğru olarak gösterilebilir.

Şekil 1: Standart ödometre deneyi sonuçları, deney1, w₀>w_{opt} N1,

Literatürde Atkinson (2007) $\ln(\sigma)-(1+e)$ eksenlerinde sıkışma indisleri C_c yerine λ ve yeniden yükleme indisleri C_r yerine κ simgeleri kullanılmaktadır. Şekil 1'de N1 zemininin λ ve κ değerleri görülmektedir. Diğer zeminler ile yapılan standart ödometre deneyi sonuçlarında da Şekil 1'de görülen davranış ile aynı davranış görülmüştür. Aynı zemin kullanılarak yeterli sayılarda tekrar edilen standart ödometre deneyi sonuçları değerlendirilirken deney sonunda numunelerin suya daha doygun oldukları kabul edilmiş ve deney başı boşluk oranları düzeltilmiştir (Kumbasar ve Kip, 1999). Zeminlerin oturma eğrilerinin çiziminde düzeltilmiş boşluk oranları kullanılmıştır. Diğer numunelerin deney sonuçları da $\log(\sigma)-e$ ve $\ln(\sigma)-e$ eksenlerinde çizilmiş ve sıkışma indisleri aynı gerilme aralıklarında hesaplanarak Tablo 2'de açıklanmıştır. Tablo 2'de C_c ve λ değerleri ilgili zemin ile tekrar edilen deney sonuçlarına bağımlı bulunan zemin parametrelerinin ortalamasıdır. Bilindiği üzere sıkışma indisi C_c = 2,3 * λ dır. İlgili değerlerde hesaplanarak Tablo 2'de gösterilmiştir.

4. İZOTROPİK KONSOLİDASYON DENEYİ SONUÇLARI

İzotropik konsolidasyon deneylerinin yapımında üç eksenli deney aleti kullanılmıştır. Deney aleti bilgisayar programı ile yönlendirilmektedir. Programa zeminin plastisitesine bağlı kalınarak minimum ve maksimum zaman değerlerinin yazılması gereklidir. İzotropik konsolidasyon işlemi öncesinde numunelere 400kPa numune basıncı ve 420kPa hücre basınçları uygulanmış ve numuneler 20kPa hücre basıncında (izotropik) suya doygun duruma getirilmiştir. Doygunluk işleminden sonra konsolidasyon işlemine geçilmiştir. Gerilme artımları numunelere sabit deformasyon hızı ile değil standart ödometre deneyine benzer biçimde artımsal olarak uygulanmıştır. Çalışmada deney esnasında numune tabanında hacim değişimi ölçülmüştür. İzotropik konsolidasyonda bilindiği üzere numune her yönden aynı gerilmenin etkisindedir. Dolayısıyla numune kesitlerinde kayma gerilmeleri oluşmayacaktır (Atkinson ve Bransby, 1978). İzotropik konsolidasyon deneylerinde programda belirtilen zaman aralıklarında eksenel deformasyon, numune en kesit alanı, hacimsel deformasyon, numuneye yanal ve düşey yönde etkiyen toplam ve efektif gerilmeler ölçülerek kaydedilmektedir. Hesaplarda doygunluk işlemi sonundaki hacim değeri, izotropik konsolidasyonda başlangıç hacim değeri olarak kullanılmıştır. Konsolidasyon işlemi sonundaki hacimsel deformasyon yardımı ile izotropik konsolidasyon esnasında numunenin toplam hacim değişimi hesaplanıp deney sonu hacim belirlenmiştir. İzotropik konsolidasyon sonundaki hacimler yardımı ile konsolidasyon sonu boşluk oranları belirlenmiştir. Farklı zeminler kullanılarak yapılan deney sonuçları $\ln(p)-(1+e)$ eksenlerinde çizilmiş ve genel olarak kullanılan gerilmelerden dolayı çok düzenli davranış görülmemiştir. N2 zemini ile 1 adet 50kPa, 2 adet 100kPa, 1 adet 200kPa ve 2 adet 300kPa hücre basınçlarında toplam 6 adet deney sonucuna bağımlı gözlenen davranış Şekil 2'de çizilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü üzere izotropik konsolidasyon deneyi sonuçlarına dayalı belirlenen $\lambda = 0,0657$ (Şekil 2) ödometre deneylerine dayalı belirlenen (Tablo 2) $\lambda = 0,284$ değerinden daha küçüktür.



Şekil 2. İzotropik konsolidasyon deneyi sonuçları, N2, $w_0 > w_{opt}$.

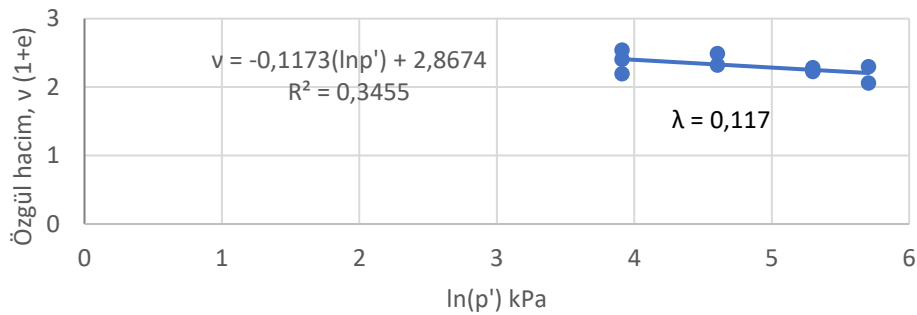
N3 zemini ile yapılan 10 adet izotropik konsolidasyon deneyi sonuçlarına bağımlı gözlenen davranış ise Şekil 3'te görülmektedir. Şekil 3'te $\lambda = 0,117$ olarak ödometre deneylerine bağımlı belirlenen $\lambda = 0,251$ (Tablo 2) değerinden daha küçüktür. Diğer zeminler ile yapılan deney sonuçlarında da Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilen davranışlara benzer davranışlar görülmüştür. Diğer zeminlerin deney sonuçlarına dayalı çizilen grafiklerden gözlenen indisler Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. Standart ödometre ve izotropik konsolidasyon deneyleri sonuçları.

Deney tipi	Numune no	w_0 (%)	Deney başı, ρ_d (Mg/m ³)	w_n (%)	Deney sonu ρ_d (Mg/m ³)	C_c	$C_c = 2,3\lambda$	λ
Standart ödometre	N1	32,3	1,45	24,7	1,78	0,365	0,365	0,159
	N2	48,0	1,17	46,0	1,35	0,653	0,653	0,284
	N3	42,8	1,16	45,5	1,28	0,577	0,577	0,251
	N4	20,5	1,61	21,2	1,75	0,249	0,249	0,108
	N5	22,5	1,70	17,5	2,02	0,189	0,189	0,083
izotropik konsolidasyon	N1	30,5	1,48	25,7	1,64	-	-	0,100
	N2	51,1	1,10	41,3	1,30	-	-	0,066
	N3	41,6	1,20	46,7	1,25	-	-	0,117
	N4	24,5	1,60	21,7	1,78	-	-	0,056
	N5	22,5	1,70	17,5	2,02	-	-	0,050

İki farklı konsolidasyon deneyi sonuçlarına bağımlı farklı sıkışma indislerine neden izotropik konsolidasyon deneyinde kullanılan gerilme değerleri ile ödometre deneyi sonuçlarının ikincil oturmaları içermesi kabul edilmektedir. Deneylerin yapımında kullanılan zeminler kabarma eğilimidir (Ansal ve Çelebi, 2017). Standart ödometre deneyi sonuçlarına dayalı çizilen ($\log \sigma - e$) oturma eğrileri kullanılarak zeminlerin (N1, N2, N3, N4, N5) ön konsolidasyon basınçlarının bulunabileceği gerilme aralıkları Holtz ve Kovacs, (1981)'e dayalı 300~1000 kPa dolaylarındadır. N2 zemininin Casagrande yöntemine dayalı ön konsolidasyon basıncı $\log \sigma - e$ eksenlerinde yaklaşık 550 kPa ($w_0 = \%51$) bulunmuştur. İzotropik konsolidasyon deneylerinde ise kullanılan en büyük gerilme 300 kPa dır. N3 ile yapılan standart ödometre deneyi sonuçları $\log \sigma - e$ eksenlerinde çizildiğinde oturma eğrilerinin yaklaşık 200 kPa basınçta başladığı ve ön konsolidasyon basıncının deney başlangıç su muhtevasına bağımlı yaklaşık 660 kPa ($w_0 = \%44,9$) olduğu görülmüştür. Ayrıca N3'ün kullanıldığı izotropik konsolidasyon deneylerinde doygunluk işlemi esnasında (20 kPa) numunelerde kabarma davranışı görülmüştür.

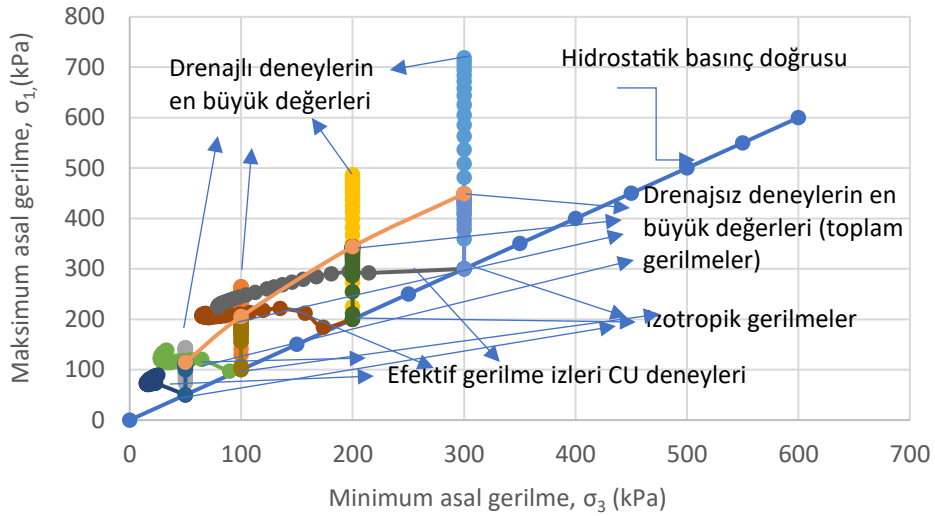
Literatürde Sultan vd., (2010) kompaksiyon numunelerinin kullanıldığı izotropik konsolidasyon deneylerine bağımlı oturma eğrilerinin $\ln(p) - (1+e)$ eksenlerinde yaklaşık bir doğru ile gösterilebileceği açıklanmıştır.



Şekil 3. İzotropik konsolidasyon deneyi sonuçları, $w_0 > w_{opt}$. N3

5. KONSOLİDASYONLU DRENAJSIZ VE DRENAJLI ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Karşılaşılan herhangi bir problemde gerilme durumunun üç boyutta çözümü iki boyuta göre daha karmaşıktır. Dayanma yapıları, şev problemleri ve sürekli temel gibi problemlerin çözümünde üçüncü boyut diğer iki boyut ile karşılaştırıldığında çok büyüktür ve genellikle çözümlerde dikkate alınmaz. Geleneksel üç eksenli basınç deneylerinde de küçük asal gerilme (σ_3) ile radyal gerilme (σ_2) aynı kabul edilir. Çalışmada izotropik-konsolidasyondan sonra farklı drenaj koşullarının gerilme izlerine etkisinin anlaşılması görüşü ile drenajsız ve drenajlı üç eksenli basınç deneyi sonuçları minimum ve maksimum asal gerilme eksenlerinde çizilmiştir. Drenajsız ve drenajlı üç eksenli basınç deneyleri ile ilgili detaylı bilgi Çelebi ve Ansal (2018) ile Çelebi ve Ansal (2022) yayınlarında bulunmaktadır. Maksimum ve minimum asal gerilme eksenlerinde N1 ile yapılan CU ve CD deneylerinin gerilme izleri Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. İzotropik- konsolidasyonlu drenajsız ve drenajlı üç eksenli basınç deneyi sonuçları, N1

Drenajlı ve drenajsız kesme işlemi öncesinde zeminler izotropik gerilmelerde (hidrostatik basınç) konsolide edilmiştir. Kesme işlemi öncesinde numunelere etkiyen asal gerilmeler (düzlemlerde kayma gerilmesi yoktur) eşittir. Şekil 4'te hidrostatik basınç doğrusunda N1 zemininin izotropik konsolidasyon gerilmeleri görülmektedir. Şekil 4'te görüldüğü üzere her iki drenaj durumunda da kesme işlemi esnasında σ_3 sabit kalırken eksenel gerilmeler (σ_1) belirli eksenel deformasyona kadar artmaktadır. Drenajlı ve drenajsız toplam gerilmelere dayalı gerilme izlerinin düşey eksen (σ_1) paralel oldukları Şekil 4'te görülmektedir. Ayrıca drenajsız deneylerde kesme işlemi esnasında oluşan ilave boşluk suyu basınçları ölçülmüştür. İlave boşluk suyu basınçları toplam gerilmelerden çıkarılarak efektif gerilmelere dayalı gerilme izleri de çizilmiştir (Şekil 4).

Şekil 4'te görüldüğü üzere drenajsız deneylere dayalı toplam parametreler drenajlı deneylere bağımlı belirlenen değerlerinden yaklaşık %50 dolaylarında daha küçüktür. Oysa efektif gerilmelere bağımlı drenajsız üç eksenli basınç deneylerinde $s = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2$ ve $t = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2$ eksenlerinde $c' = 13$ kPa ve $\phi' = 22^\circ$ parametreleri drenajlı deneylere bağımlı belirlenen $c' = 9,5$ kPa ve $\phi' = 21,4^\circ$ değerlerinden küçük miktarda daha büyüktür (Çelebi ve Ansal, 2022).

Diğer zeminler kullanılarak yapılan deney sonuçlarında da Şekil 4'te gözlenen davranışa benzer davranış görülmüştür.

6. SONUÇLAR

Standart ödometre deneyi sonuçları $\ln(\sigma) - (1+e)$ eksenlerinde çizilmiş ve konsolidasyon eğrilerinin ilgili eksenlerde doğru olarak gösterilebileceği görülmüştür. Aynı zeminler kullanılarak dört farklı gerilme değerinde yapılan izotropik konsolidasyon deneyi sonuçları da $\ln(p) - (1+e)$ eksenlerinde çizilmiş ve oturma eğrilerinin ilgili eksenlerde yaklaşık doğru oldukları bulunmuştur. Standart ödometre deneyi sonuçlarına bağımlı belirlenen sıkışma indislerinin (λ) izotropik konsolidasyon deneyi sonuçlarına dayalı belirlenen sıkışma indislerinden (λ) daha büyük oldukları görülmüştür. Farklı λ değerlerinin nedeni her iki deneyde kullanılan farklı gerilme aralıklarıdır. Genel sonuç için daha farklı zeminler ile farklı gerilmeler kullanılarak izotropik konsolidasyon deneyi yapılması gerektiği kabul edilmektedir.

Üç eksenli izotropik-konsolidasyonlu drenajsız ve drenajlı basınç deneyi sonuçları maksimum (σ_1) ve minimum (σ_3) asal gerilme eksenlerinde değerlendirildiğinde CU deneyi sonuçlarına dayalı toplam parametrelerin CD deneylerine bağımlı bulunan değerlerinden daha küçük oldukları görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Ansal, A. ve Çelebi, A. (2017), "Kabarmaya Eğilimli Killi Zeminlerin Kabarma ve Konsolidasyon özellikleri", Uluslararası katılımlı 7. Geoteknik Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Atkinson, J. H. and Bransby, P.L. (1978), "The Mechanics of Soils", McGraw-Hill, London.

- Atkinson, J. H., (2007), "The_Mechanics_of_Soils and Foundations", 2nd edition, Taylor and Francis, London and New York.
- Burland, J. B. (1990), "On the compressibility and shear strength of natural clays," Géotechnique 40, No. 3, 329-378.
- Çelebi, A. ve Ansal, A. (2018), "Farklı Deney Aletlerinin Killi Zeminlerin Kayma Mukavemeti Parametrelerine Etkileri", Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 17. Ulusal Kongresi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Çelebi, A ve Ansal, A. (2022), "Konsolidasyonlu Drenajlı Üç Eksenli Basınç Deneylerinin Değerlendirilmesi", Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 18. Ulusal Konferansı, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Graham, J. and Li, E. C. C. (1985), "Comparison of Natural and Remolded Plastic Clay", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 111, No. 7, 865-880.
- Hight, D. W., Böese, R., Butcher, A. P., Clayton, C. R. I. and Smith, P. R. (1992), "Disturbance of the Bothkennar Clay Prior to Laboratory Testing", Geotechnique 42, No. 2, 199-217.
- Holtz, R. D., Jamiolkowski, M. B. and Lancellotta. R. (1987), "Lessons From Oedometer Tests on High Quality Samples", The Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 112, No 8, pp. 768-776.
- Holtz, R. D. and Kovacs, W. D. (1981), "An Introduction to Geotechnical Engineering", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliff, New Jersey.
- Hong, Z. S., Yin, J. and Cui, Y. J. (2010), "Compression Behaviour of Reconstituted Soils at High Initial Water Contents", Geotechnique, 60, No9, 691-700.
- Kumbasar, V. ve Kip, F. (1999), "Zemin Mekaniği Problemleri", Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- Sultan, N., Cui, Y.J. ve Delage, P. (2010), "Yielding and plastic behaviour of Boom Clay", Géotechnique, 60, No. 9, 657-666 [doi: 10.1680/geot.7.00142].