

FARKLI KONSANTRASYONLARDA ETHANOL İLE KONSOLİDE EDİLMİŞ KİLİN GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Murat OLGUN

Arş. Gör.

Selçuk Üniversitesi Müh. Mim.Fak.

İnşaat Müh. Bölümü

Konya/Türkiye

Mustafa YILDIZ

Yrd. Doç. Dr.

Selçuk Üniversitesi Müh. Mim.Fak.

İnşaat Müh. Bölümü

Konya/Türkiye

ABSTRACT

The physicochemical characteristics of the clay-liquid system have expressive effects on the geotechnical behavior of the clays. In this study, the ethanol/water mixture with different concentrations was used as the suspension liquid of the ethanol organic liquid having the dielectric constant of 24.3, and the prepared clay-water-ethanol mixture was consolidated under the pre-consolidation pressure of 100 kPa with graded load increases. The effects of various ethanol concentrations (%20, %40, %60 and %80) on the index properties, shear strength values and the stress-strain relationships of the consolidated specimens were investigated.

The experimental results stated that; the engineering characteristics of clay like the strength and the stress-deformation relationship change in considerable amount due to the increasing ethanol concentration in the suspension liquid of the clayey soil that behaves as silty-fine sand. Therefore, the shear strength of the clayey soil increases and the cumulative compression amount decreases slightly. These changes in the engineering characteristics of the clayey soil can be explained with the changes occurring in the repulsive and attractive forces depending on the ethanol concentration between the grains. When the attractive forces increase, the shear resistance between the grains increases, and the soil grains take the heaped shape after becoming lumpy.

ÖZET

Fizikokimyasal etkiler nedeniyle, zeminin içindeki boşluk sıvısı tipi, genellikle killerin geoteknik davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu çalışmada dielektrik sabiti 24,3 olan ethanol organik sıvısı değişik konsantrasyonlarda ethanol/su karışımı şeklinde kullanılmış, hazırlanan kil-su-ethanol karışımı kademeli yük artışı ile 100 kPa ön konsolidasyon basıncı altında konsolide edilmiştir. Konsolide edilerek hazırlanan numunelerin kayma mukavemeti değerleri ve gerilme-şekil değiştirme davranışları üzerinde değişik ethanol konsantrasyonlarının (%20, %40, %60 ve %80) etkisi araştırılmıştır.

Düşük plastisiteli killi bir zemin üzerinde yapılan çalışmalardan elde edilen bulgulara göre, killi zeminin mukavemet ve gerilme-şekil değiştirme gibi mühendislik özellikleri artan ethanol konsantrasyonuna bağlı olarak önemli miktarda değişmekte ve zemin silt-ince kum gibi davranma eğilimine girmektedir. Killi zeminin kayma mukavemeti değeri artmakta ve toplam sıkışma miktarında bir azalma meydana gelmektedir. Kil zeminin mühendislik özelliklerindeki bu değişimler tanecikler arasındaki ethanol konsantrasyonuna bağlı olarak itme ve çekme kuvvetlerinde meydana gelen değişikliklerle açıklanabilir. Çekme kuvvetleri arttığı zaman tanecikler arasındaki kayma direnci artmakta ve zemin tanecikleri toplanarak kümelenmiş bir yapı formu oluşturmaktadır.

1. GİRİŞ

Günümüzde artan nüfus ve şehirleşme oranına bağlı olarak değişik kimyasallarla kirlenmiş, kullanıma uygun olmayan, problemlili olabilecek pek çok alan yerleşim yeri haline getirilmektedir. Ayrıca çeşitli amaçlarla yapılmış dolgular ve katı atık depolama tesislerindeki kil bariyerleri sonradan organik kimyasallar etkisinde kalabilmektedir. Yine endüstri kuruluşlarının bulunduğu sahalarda çeşitli nedenlerle kimyasal malzemelerin zemine sızıp suyla karışarak killerin davranışını değiştirmesi söz konusudur. Bu yüzden herhangi bir kimyasalın etkisi altında kalma ihtimali olan zeminlerin geoteknik özelliklerinin belirlenmesi o bölgelerde sanayi tesisi, su altı yapıları ve otoyollar gibi mühendislik yapıları yapıldığında zeminlerin nasıl bir davranış sergileyeceği hakkında fikir vermesi açısından önemlidir. Ayrıca kimyasallarla kirlenmiş zeminler yeniden dolgu ve inşaa malzemesi olarak kullanıldığında ortaya koydukları davranış araştırılmalıdır.

Killerin geoteknik davranışı üzerine boşluk sıvısı tipinin etkisi ile ilgili ilk çalışmalar hidrolik geçirgenlikle alakalı olup Sarnia Ontario'dan elde edilen doğal bir killi zeminde boşluk sıvısının sudan cyclobenzene kadar değişmesi ile hidrolik geçirgenliğin 1×10^{-7} 'den 1×10^{-2} 'ye kadar düştüğü bulunmuştur [1]. İnce kum-siltin hidrolik geçirgenlik değeri 1×10^{-2} olup [2], zemin ince kum-silt davranışı göstermiştir. Normal konsolide kaolinin gerilme-şekil değiştirme davranışı üzerinde yapılan çalışmalarda, boşluk sıvısının dielektrik sabitinin azalmasıyla kaolinin davranışının aşırı konsolide olmuş kilinkine benzediği ve aynı zamanda organik sıvılara maruz kalan zeminlerin boşluk oranlarında önemli bir azalmanın olduğu söylenmiştir [3]. Su dahil olmak üzere formamid, ethanol, asetik asit, triethylamine ve heptane olmak üzere farklı 6 sıvı kullanarak yıkanan zeminler üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneylerinde, aşırı konsolide olmuş durum için üç eksenli numunelerin kayma mukavemeti değerinin arttığı, ayrıca normal konsolide numunelerin organik sıvılarla yıkandıklarında aşırı konsolide olmuş zeminler gibi davrandıkları görülmüştür [4]. Bir başka çalışmada boşluk sıvısı olarak su ve 8 organik sıvı kullanarak sıkıştırılmış kaolinit ile yapılan konsolidasyon deneyleri sonucunda, sıkışma eğrilerinin aşırı konsolide kilinkine benzediği gösterilmiştir [5].

Kaolinit-su ve kaolinit-farklı organik sıvılar (benzen, asetik asit, ethanol vb.) kullanarak 6-300 kPa arasında değişen basınçlar altında konsolidasyona tabii tutulan numunelerde boşluk oranlarının su ve her farklı organik sıvı için değişik değerler aldığı bulunmuştur. Araştırmacılar boşluk sıvılarının etkilerini kısaca Van der Waals çekme kuvvetlerine bağlamışlardır. Çekme kuvvetleri büyük olduğu zaman, parçacıklar arasındaki kayma direnci büyük olmakta, büyük boşluk oranlı zemin yapısı flokülasyona (topaklanma) açık hale gelmekte ve sıkışmaya neden olmaktadır [6]. Deneysel çalışmalar sonucunda, organik sıvılarla meydana gelen kirlenmeden dolayı farklı kirlilik dereceleriyle zeminin sıkışma indisinde önemli miktarda değişimlerin olduğu söylenmiştir [7].

Organik sıvılar ve kil etkileşiminin doğasını anlamak için bentonit ve kaolin üzerinde yapılan deneylerde boşluk sıvısının dielektrik sabitinin azalmasıyla çekme ve itme kuvvetlerinin her ikisinin birden azaldığı belirlenmiştir. İtme kuvvetlerindeki azalma, çekme kuvvetlerindeki azalmadan daha büyüktür, bu yüzden iki silika parçacığı arasında net bir çekme kuvveti oluşmaktadır. Düşük dielektrik sabitli bir organik sıvı boşluk sıvısı olduğu zaman zemin parçalarının topaklandığını, topaklanan parçaların bir küme formunda

şekillendiğini ve bu parçaların silt-kum taneleri gibi davrandığını söylemişlerdir [8]. Organik sıvıların etkisiyle zemin danecikleri arasındaki itme ve çekme kuvvetinde meydana gelen değişiklik efektif gerilme cinsinden şöyle ifade edilebilir;

$$\sigma' = \sigma_{top} - u_o (R_{itme} - A_{çekme}) \quad (1)$$

Burada; σ' efektif gerilme, σ_{top} toplam gerilme, u_o boşluk suyu basıncı, R_{itme} parçalar arası itme kuvveti, $A_{çekme}$ parçalar arası çekme kuvvetidir. Eğer itme gerilmesi çekme gerilmesinden küçükse killi zeminler, organik sıvılarla permeasyona tabi tutulduğu zaman ince kum ve aşırı konsolide olmuş killi zemin gibi davranış gösterecektir. Topaklanma derecesi ve oluşan yığın grupları boşluk sıvısının dielektrik sabitindeki azalmayla beraber artmaktadır [9]. Ayrıca akışkanın dielektrik sabitindeki bir azalma çift tabaka kalınlığının azalmasına sebep olmakta ve bu da kil parçacıklarının birbirlerine daha da yaklaşmasını sağlamaktadır. Bu durum da zemin yığınlarının büzülmesine neden olmaktadır [10].

2. ÇALIŞMANIN AMACI ve KAPSAMI

Bu çalışmada killi zeminlerdeki boşluk sıvısının su yerine başka bir organik sıvısının değişik konsantrasyonları olması durumunda kilin gerilme-şekil değiştirme ve kayma mukavemeti davranışının nasıl değiştiği araştırılmıştır. Bu amaçla etanol organik sıvısının su içerisine değişik oranlarda (%20, %40, %60 ve %80) ilave edilmesiyle oluşturulan yeni sıvı karışımı kille karıştırılarak 100 kPa basınç altında konsolide edilmiş ve konsolide edilen bu zeminden örselemeden alınan numuneler üzerinde kayma mukavemeti parametreleri ve konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Böylelikle organik kimyasal sıvılar etkisiyle kilin yapısında ve davranışında nasıl bir değişimin meydana geldiği ve bu değişimin kayma mukavemeti parametreleri ve sıkışma özellikleriyle bağlantısının irdelenmesi hedeflenmiştir.

2.1. DENEYLERDE KULLANILAN MALZEME ve NUMUNELER

2.1.1. Kullanılan Zeminin Özellikleri

Deneylerde Eczacıbaşı A.Ş.'den sağlanan ve Bozüyük'ten getirilen düşük plastisiteli bir kil kullanılmış ve kullanılan kilin geoteknik özellikleri Tablo 1.'de verilmiştir. Kil öğütüldükten sonra 40 No'lu (0,425mm) elekten elenerek kullanılmıştır.

2.1.2. Kullanılan Kimyasal Sıvının (Ethanol) Özellikleri

Deneylerde kullanılan ethanol organik sıvısı genel olarak etil alkol olarak bilinir ve kimyasal formülü C_2H_5OH 'tır. Ethanol suda her oranda çözünür, dielektrik sabiti $\epsilon=24,3$, yoğunluğu $0,789 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Deneylerde saflığı %96 olan etil alkol kullanılmıştır.

Tablo 1. Deneylerde Kullanılan Kilin Geoteknik Özellikleri

Çakıl %	Kum %	Silt %	Kil %	γ_s (gr/cm^3)	LL %	PL %	PI %	Zemin Sınıfı
0	1	45	54	2,59	44,97	23,57	21,40	CL

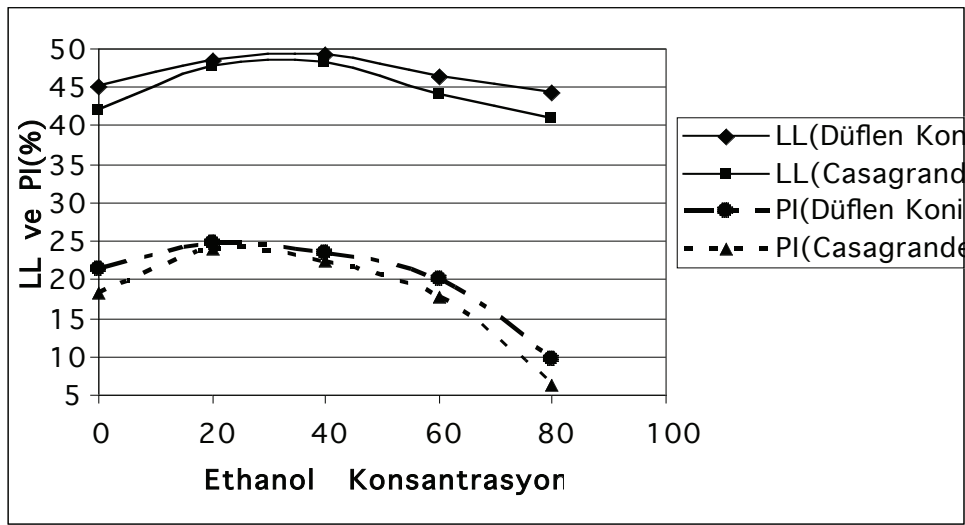
2.1.3. Deneylerde Kullanılan Numunelerin Hazırlanması

Deneylerde kullanılacak olan kil etüvde kurutulduktan sonra bir diskli öğütücüde iyice ufalanmıştır. Ufalanmış bu kil daha sonra 40 Nolu elekten geçirilir. Elenen bu numuneler kullanılarak ilk olarak su ve ethanolün değişik konsantrasyonları için hem Casagrande hem de Düşen Koni Penetrasyon Yöntemi ile kıvam limitleri deneyleri yapılmıştır. Ethanolün değişik konsantrasyonları şeklinde hazırlanan sıvılarla kil belirlenen likit limit değerlerinin 1,5 katı su muhtevasında ($w=1,5w_L$) olacak şekilde ağırlıkça karıştırılmıştır. Kil-sıvı karışımı bir elektrikli mikserde 15 dakika süre ile iyice karıştırılarak homojen ve akıcı kıvamda bulamaç (slurry) hazırlanmıştır. Hazırlanan bulamaç bekletilmeksizin hızlı bir şekilde ön konsolidasyona tabi tutulmak üzere 200 mm çapında, 170 mm yüksekliğinde alt ve üstten sıvı çıkışına müsaade edilecek şekilde büyük çaplı poröz taşlar yerleştirilerek hazırlanmış hazneye aktarılır. Ön konsolidasyon basıncının sağlandığı sistem konsolidasyon deney setinden uyarlanmış olup kademeli yük artışı ile (12,5-25-37,5 kPa.....) ve her kademedeki deformasyon duruncaya kadar beklenmek suretiyle 100 kPa ön konsolide basıncına kadar yüklenen numune, alt ve üstten sıvı çıkışının durması ve deformasyon saatindeki okumaların sabitlenmesiyle hazneden çıkartılmıştır. Bu süre sıvının durumuna göre 12-15 gün arasında değişmiştir. Ön konsolidasyonun tamamlanmasından sonra, kayma mukavemeti parametreleri ve konsolidasyon deneyleri yapmak için paslanmaz çelikten yaptırılmış standart tüplerin içerisine numune çıkarıcılar kullanılarak örselemeden numuneler alınmıştır. Bu işlemler sırasında numunenin suyunu kaybetmemesine özen gösterilmiş ve numuneler hemen desikatöre yerleştirilmiştir.

2.2. DENEYSEL ÇALIŞMA ve SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.2.1. Atterberg Limitleri

Su ve ethanolün değişik konsantrasyonları şeklinde hazırlanan sıvılarla yapılan Atterberg Limiti deneyleri için 40 No'lu eleğin altına geçen kil numuneleri kullanılmıştır. Deneyler ASTM D4318-95'de belirtildiği şekilde yapılmıştır. Deneyler hem Casagrande Yöntemi hem de Düşen Koni Penetrasyon Yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Su ve ethanolün değişik konsantrasyonları için bulunan likit limit ve plastisite indisi değerleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Su ve Ethanolün Değişik Konsantrasyonları İçin Likit Limit ve Plastisite İndisi Değişimi

Organik sıvıların kullanımı ile zeminlerin Atterberg Limitleri değişmektedir. Düşük plastisiteli olan bu kil zeminde ethanolün düşük konsantrasyonlarında likit limit değeri artmakta fakat %80 ethanol konsantrasyonunda likit limit değeri su ile bulunan değerden daha küçük çıkmaktadır. Artan ethanol konsantrasyonu ile birlikte plastik limit değeri artmakta, bu artış özellikle %80 konsantrasyonda daha belirgin olmaktadır. Plastisite indisi ise düşük konsantrasyonlar için artış gösterirken %80 konsantrasyonda çok küçük bir değer almaktadır. Zeminler plastik limit deneyindeki 3 mm çapa getirme esnasında öyle kırılgan bir hale gelmektedir ki daha çok bir siltli zemin gibi davranmaktadır. Bir başka deyişle parçacıklar arasındaki itme kuvveti çekme kuvveti ile karşılaştırıldığında çekme kuvvetlerinde net bir artış meydana gelmesi dolayısıyla zeminler floküle olmakta ve küme biçiminde şekillenmektedir. Araştırmacılar boşluk sıvısının dielektrik sabitindeki bir azalmanın

zeminlerde flokülasyona (topaklanma) neden olduğunu göstermişlerdir [11]. Casagrande plastisite kartı incelendiğinde zeminin %80 ethanol konsantrasyonu için düşük plastisiteli silt (ML) grubuna girdiği görülmektedir.

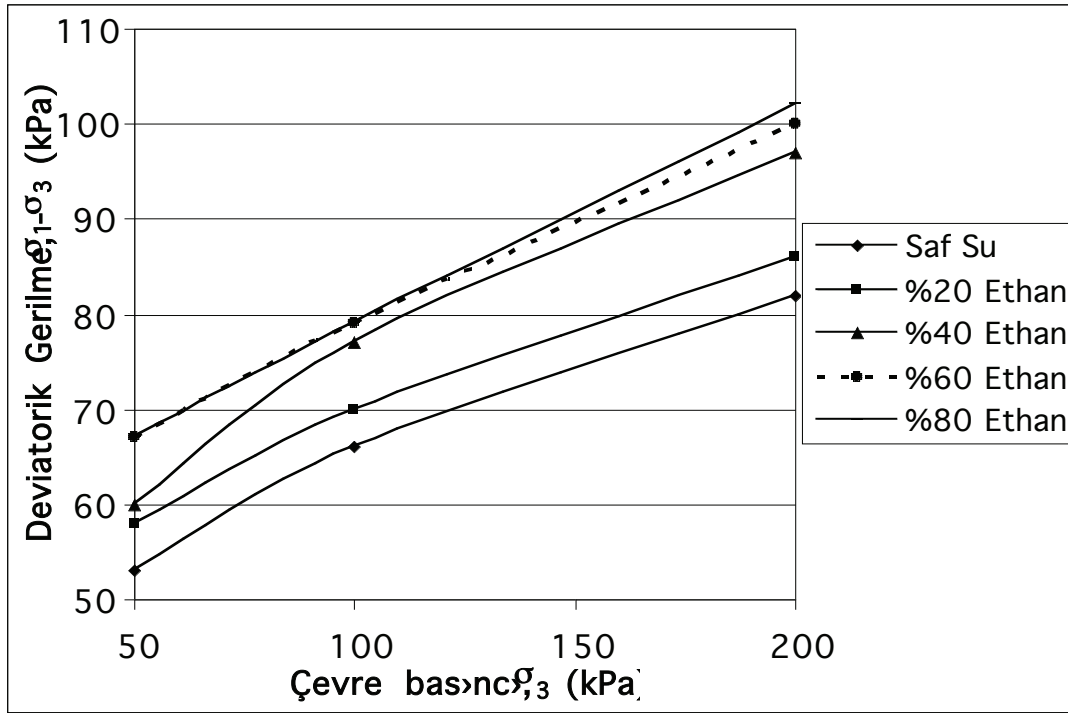
2.2.2. Üç Eksenli Basınç Deneyleri

Ön konsolide edilerek hazırlanan numuneler üzerinde kayma mukavemeti parametrelerini belirlemek üzere ASTM D 2850 standartlarına göre konsolidasyonsuz drenajsız (UU) üç eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Numuneler 76 mm yüksekliğinde ve 38 mm çapında olacak şekilde hazırlanmıştır. Numuneler sırası ile 50-100-200 kPa çevre basıncı($=\sigma_3$) altında düşey basınca maruz bırakılmışlardır. Tüm deneyler %15 düşey deformasyon oranında sonuçlandırılmıştır. Çünkü bu deformasyon oranı aşıldığı zaman numuneler heterojen deformasyonlara maruz kalmaktadırlar. Tüm numuneler 0,5 mm/dak.'lık bir hızda kırılmıştır. Deneyler sonucunda değişen ethanol konsantrasyonuna bağlı olarak elde edilen kayma mukavemeti parametreleri olan kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca üç eksenli deneyde uygulanan üç farklı çevre basıncı değeri için deviatör gerilme değişimi Şekil 2'de verilmiştir.

Yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçlarına göre saf su için kilin kohezyonu $c=23,5$ kPa ve içsel sürtünme açısı $\phi=4,0^0$ iken artan ethanol konsantrasyonları ile beraber kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerinde bir artış gözlenmiştir. %80 ethanol

Tablo 2. Üç Eksenli Basınç Deneyleri İçin Kayma Mukavemeti Parametreleri

Ethanol Konsantrasyonu (%)	0	20	40	60	80
Kohezyon (c) (kPa)	23,5	24,3	25,5	26	26
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ^0)	4,00	4,52	5,05	5,52	5,71



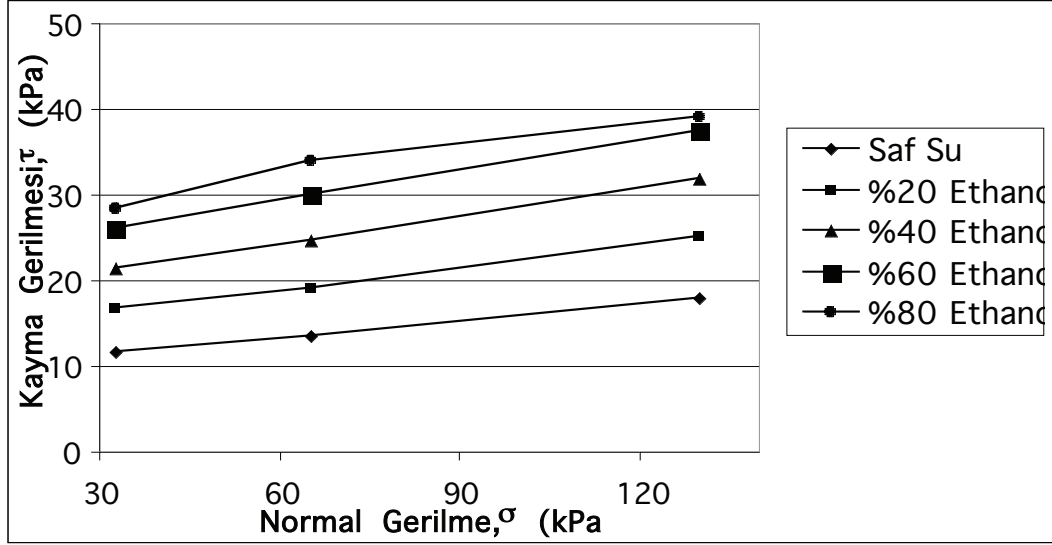
Şekil 2. Üç Eksenli Deneylerde Çevre Basıncı-Deviatorik Gerilme İlişkisi

konsantrasyonu için $c=26$ kPa ve $\phi=5,71^\circ$ olmaktadır. Yine Şekil 2’de görülebileceği gibi artan ethanol konsantrasyonu ile beraber deviatorik gerilme değerleri de artmakta, özellikle %20 ve %40 ethanol konsantrasyonu aralığında bu fark biraz daha netleşmektedir. Deneyler sonucunda numunelerin kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerinde çok fazla olmamakla beraber bir artış söz konusudur. Bu artış iki şekilde açıklanabilir. Birincisi organik sıvılar nedeniyle itme kuvveti değerlerinde bir azalma meydana gelirse, belirli parça çiftleri itme bariyerlerinin üzerine gitmeyecek ve verilen bir dış basınç altında tanecikler arasında mekanik bir kontakt kurulacaktır. İkincisi organik sıvılar varlığında net çekim kuvveti artıp, çekim alanı derinleştiği zaman parçacıklar birbirini daha fazla çekmeye başlar. Killerdeki kohezyonun temel kaynağının Van der Waals çekim kuvvetleri olduğuna inanılır. Daha büyük Van der Waals çekim kuvveti daha büyük kohezyon demektir [4].

2.2.3. Kesme Kutusu Deneyleri

Kesme kutusu deneyinde ASTM D3080 standartlarına uyulmuş olup numuneler 62,5 mm çapında ve 20 mm yüksekliğinde dairesel rijit bir kutu içerisine yerleştirilmiştir. Kesme esnasında yatay hız 0,5 mm/dak. seçilmiş ve sabit tutulmuştur. Deney esnasında sırasıyla

32,6-65,2-130,0 kPa normal gerilmeler uygulanmıştır. Şekil 3'te deneylerde uygulanan normal gerilmelere karşılık elde edilen kayma mukavemeti değerleri verilmiştir.



Şekil 3. Kesme Kutusu Deneylerinde Normal Gerilme-Kayma Gerilmesi İlişkisi

Tablo 3. Kesme Kutusu Deneyleri İçin Kayma Mukavemeti Parametreleri

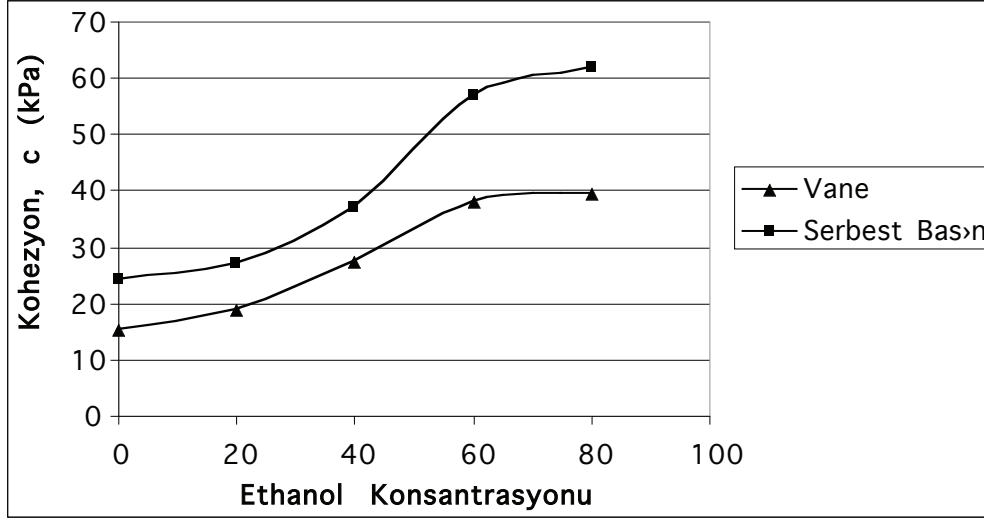
Ethanol Konsantrasyonu (%)	0	20	40	60	80
Kohezyon (c) (kPa)	9,44	13,68	17,83	22,24	23,12
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ^0)	3,66	4,98	6,14	6,72	9,32

Kesme kutusu deneylerinde artan etanol konsantrasyonu ile kayma mukavemeti parametrelerinde meydana gelen artış miktarları üç eksenli basınç deneylerinde meydana gelen artışlardan daha belirgin olmaktadır (Tablo 3). Organik sıvıların etkisi ile killi zemin silt-ince kum davranışına yaklaşmakta olup kesme kutusu deney sonuçları da bu davranış değişikliğini açıkça göstermektedir. Ayrıca artan etanol konsantrasyonu ile aynı normal gerilme altında kayma gerilmesi değerlerinde belirgin bir artış olmaktadır.

2.2.4. Serbest Basınç ve Kanatlı Kesici (Vane) Deneyleri

Serbest basınç deneylerinde ASTM D 2166 standartlarına uyulmuş olup, numuneler 76mm yüksekliğinde ve 38mm çapında hazırlanmıştır ve numuneler 0,5mm/dak. hızla kırılmıştır. Deneylere %15 deformasyon oranında son verilmiştir. Laboratuvar kanatlı kesici

deneylerinde ASTM D4648 standartlarına uyulmuş olup, 25 mm yüksekliğinde ve 12,5 mm çapındaki kanatlı kesici zemin içine batırıldıktan sonra zemin içinde dönmeye zorlanmakta ve zeminin direncinin aşılmasına karşılık gelen burulma momentinden yararlanılarak zeminin kohezyon değeri bulunmaktadır.



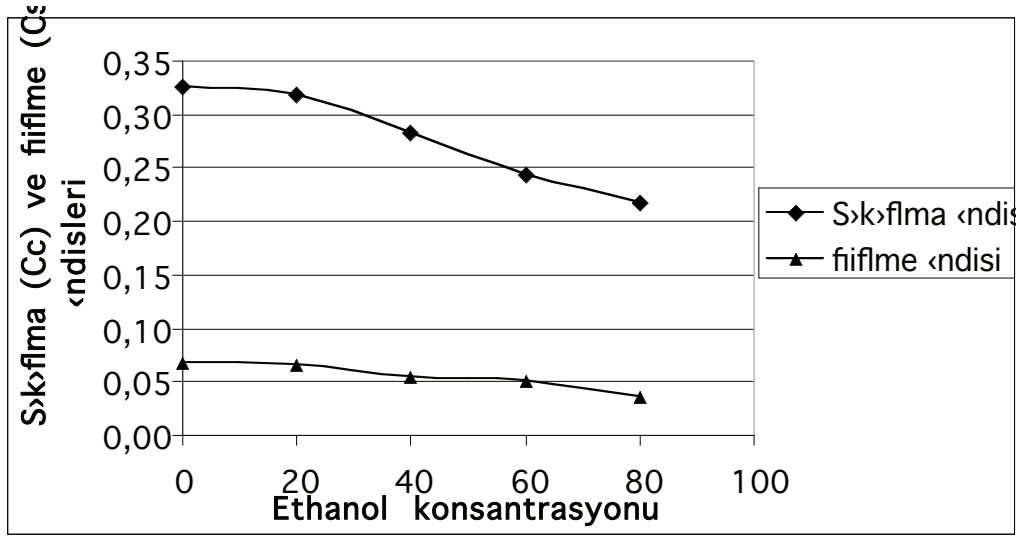
Şekil 4. Serbest Basınç ve Kanatlı Kesici Deneyi Sonuçları

Şekil 4'teki serbest basınç ve kanatlı kesici deney sonuçlarına göre artan ethanol konsantrasyonu ve taneler arasındaki net çekim kuvvetlerinin artması ile daneler birbirini daha kuvvetli bir şekilde çekmekte ve zeminin kohezyonu önemli miktarda artmaktadır.

2.2.5. Konsolidasyon Deneyleri

Konsolidasyon deneylerinde ASTM D 2435 standartlarına uyulmuş olup, 100 kPa ön konsolidasyon basıncı altında konsolide edilen numunelerden 50 mm çapında ve 20 mm yüksekliğindeki ringlere örselenmeden alınan numuneler kullanılmıştır. Hücre sıvısı olarak deney numunesinin iç yapısındaki sıvı ile aynı özelliğe sahip sıvı kullanılmıştır. Daha önce kaolinit üzerinde yapılan çalışmalarda üst tabaka basıncının 300 kPa'dan büyük olması durumu için boşluk sıvısı özelliklerinin sıkışma üzerinde etkisi olmadığı belirtilmiş olup [6] bu sebeple deneyler 400 kPa gerilme artışına ulaşıncaya kadar devam etmiştir. Daha çok parametrelere bağlı olarak ifade edilen konsolidasyon olayı bu çalışmada sıkışma indisi ve şişme indisi cinsinden ifade edilmiştir (Şekil 5).

Burada değişen ethanol konsantrasyonu ile meydana gelen fiziko kimyasal etkiler Van der Waals çekme kuvvetleri ile alakalı olup, boşluk sıvısı olarak dielektrik sabiti 80 olan sudan dielektrik sabiti 24,3 olan ethanolün değişik konsantrasyonlarına geçildiği zaman çekme kuvvetinin artmasıyla, parçacıklar arası temasla sağlanan kayma direnci büyük olmakta ve daha büyük boşluk oranı ve daha az sıkışabilirliğe neden olmaktadır. Daneler birbirini daha kuvvetli çektiği için şişme indisi değerleri de azalmaktadır.



Şekil 5. Sıkışma İndisi ve Şişme İndisi Parametreleri Değişimi

SONUÇLAR

Bu çalışmada düşük plastisiteli bir kil zemin dielektrik sabiti 24,3 olan ethanol organik sıvısının değişik konsantrasyonları ile karıştırılarak konsolide edilmiştir. Konsolide edilen bu karışımdan alınan örselenmemiş deney numuneleri üzerinde yapılan deneylerle kil zeminin mukavemet ve sıkışma özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular şöyle sıralanabilir:

1. Ethanolün değişik konsantrasyonları ile yapılan Atterberg Limit deneyleri sonucunda artan ethanol konsantrasyonu ile silt-ince kum davranışına yönelen kil saf su ile yapılan deneylere göre CL zemin sınıfına girerken %80 ethanol konsantrasyonunda ML sınıfına girmektedir.
2. Üç eksenli basınç deneyi sonuçlarına göre artan ethanol konsantrasyonu ile orantılı olarak çok aşıkâr olmamakla beraber zeminin kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri artmaktadır. Bu artışın birinci sebebi; daneler arasındaki itme bariyerlerinin kırılması ile sağlanan mekanik kontakt, ikinci sebebi ise Van der Waals çekme kuvvetlerinden dolayı tanelerin birbirini daha büyük bir kuvvetle çekmesidir.

3. Kesme kuvveti deney sonuçlarına göre artan ethanol konsantrasyonuna bağlı olarak kayma mukavemeti parametrelerinde meydana gelen artışlar daha belirgin olmaktadır. Özellikle artan ethanol konsantrasyonlarında zemin silt-ince kum davranışına yaklaştığı için kesme kutusu deney sonuçlarının kabul edilebilirlik oranı yükselmektedir.
4. Serbest Basınç ve Laboratuar kanatlı kesme deneyleri sonuçlarına göre artan ethanol konsantrasyonuna bağlı olarak çekme kuvvetindeki artış ve itme kuvvetindeki azalmalardan dolayı kohezyon değeri belirgin bir şekilde artmaktadır.
5. Konsolidasyon deney sonuçlarına göre artan ethanol konsantrasyonu ile çekme kuvvetindeki artışa bağlı olarak şişme ve sıkışma indisi parametreleri azalmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma halen devam eden Murat Olgun'un 'Farklı Konsantrasyonlardaki Kimyasallarla Konsolide Edilmiş Kil Zeminlerin Kayma Mukavemeti ve Konsolidasyon Davranışlarının İncelenmesi' adlı Doktora Tez Çalışması'ndan[12] alınmış olup S. Ü. Bilimsel Araştırmalar Projesi Koordinatörlüğü tarafından desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

1. Fernandez, F. And Ouigley, R.M., "Hydroulic Conductivity of Natural Clays Permeated with Simple Liquid Hydrocarbons," Canadian Geotechnical Journal, Volume 22, 1985, pp. 205-214.
2. Harr, M.E., "Groundwater and Seepage," McGraw-Hill, New York, 1962.
3. Anandarajah, A., "On Influence of Fabric Anisotropy on the Stress-Strain Behavior of Clays," Computers and Geotechnics, Volume 27,2000, pp. 1-17.
4. Anandarajah, A. and Zhao, D., "Triaxial Behaviour of Kaolinite in Different Pore Fluids," Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Volume 126, No.2, 2000, pp. Pp.148-156.
5. Sridharan, A. and Rao, G.V., "Mechanism Controlling Volume Change of Saturated Clays and the Role of Effective Stress Concept," Geotechnique, Volume 23, 1973, pp. 359-382.
6. Chen, J., Anandarajah, A. and Inyang, H. "Pore Fluid Properties and Compressibility of Kaolinite," Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Volume 126, No. 9, September 2000, pp. 798-807.
7. Meegoda, N.J., Ratnaweera, P., "Compressibility of contaminated fine grained soils," Geotechnical Testing Journal, Volume 17, No. 1, 1994, pp. 101-112.

8. Kaya, A. and Fang, H.Y., “The Effects of Organic Fluids on Physicochemical Parameters of Fine-Grained Soils,” Canadian Geotechnical Journal, Volume 37, No. 5, 2000, pp. 943-950.
9. Kaya, A. and Fang, H.Y., “Experimental Evidence of Reduction in Attractive and Repulsive Forces Between Clay Particles Permeated With Organic Liquids,” Canadian Geotechnical Journal, Volume 42, 2005, pp. 632-640.
10. Mitchell, J.K., “Fundamentals of Soil Behaviour,” John Wiley and Sons, New York, 1993.
11. Olson, R. E. and Mersi, G., “Mechanisms Controlling Compressibility of Clays,” I. Soil Mec. and Foundation Division, ASCE, Volume 96(6), 1970, pp. 1863-1877.
12. Olgun, M., “Farklı Konsantrasyondaki Kimyasallarla Konsolide Edilmiş Kil Zeminlerin Kayma Mukavemeti ve Konsolidasyon Davranışlarının İncelenmesi,” Doktora Tez Çalışması, Selçuk Üniversitesi Müh.-Mim. Fak., 07101004 Nolu BAP Projesi, Konya, Devam Ediyor.