

DOYGUN OLMAYAN İNCE TANELİ ZEMİNLERİN KAYMA DİRENCİ

*¹Kurban ÖNTÜRK *²Ertan BOL *²Aşkın ÖZOCAK *²Mustafa ÖZSAĞIR

¹Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Sakarya Üniversitesi Geyve Meslek Yüksekokulu, Türkiye

²Mühendislik Fakültesi, Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Türkiye

ÖZET

Doygun olmayan zemin, boşluklarının tamamı suyla dolu olmayan zeminler olup genellikle doygunluk dereceleri %95 oranının altındadır. Doymun olmayan zeminlerin kayma direnci çok yaygın olmamakla birlikte literatürde yapılmış çalışmalar mevcuttur.

Bu çalışmada, özellikle ince daneli siltli zeminlerin doymun olmayan şartlarda kayma direnci incelenmiştir. Labaratuar ortamında siltli-killi doğal numunelerin içindeki kil miktarı çöktürme yöntemi ile azaltılmıştır. Bu suretle numunelerin ML-MI sınıfına (TS 1500) gelmesine dikkat edilmiştir.

Elde edilen numuneler üzerinde doymun olmayan zeminlere özgü geliştirilmiş üç eksenli hücre kesme deneyinde mekanik deneyler yapılmıştır. Aynı numunenin doymun durumdaki kayma direnci de belirlenmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuç olarak doymun durumdaki siltli zeminlerin kayma direncinin doymun olmayan şartlardaki kayma direncine göre ne gibi farklar gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doymun olmayan zemin, İnce taneli zemin, GCTS USTX-2000, Kayma direnci, Kil ve siltin ayrıştırılması

ABSTRACT

The voids of unsaturated soils is filled by fluid more than one (i. e., water) and it's saturation is less than 95%. Though, there are some research studies about shear strength of unsaturated soils but it's scarce.

In this study especially unsaturated silty fine soils was analyzed. In laboratuary clay ratio in the natural clayey-silty soil samples is reduced by settling method. In this wise soil samples obtained as ML-MI soil classification.

Unsaturated triaxial shear test and mechanical tests applied on the samples. Shear strength of same samples is determined on saturated condition also and comparison maked of shear strength of saturated and unsaturated samples.

Key Words: Unsaturated soil, Fine-grained soil, GCTS USTX-2000, Shear Strength, Seperation of the Clay and Silt

1. Giriş

Zeminler su, hava ve danelerden oluşan üç fazlı yapılardır. Su ve hava zemin bünyesinde bulunan boşluklarda yer almaktadırlar. Zemindeki boşluklar tamamen su ile dolu ise doymun zemin olarak, boşlukların tamamı su ile dolu olmayıp bir kısmında hava bulunuyorsa

*Sorumlu Yazar: Adres: Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Geyve Meslek Yüksekokulu Sakarya Üniversitesi, 54700, SAKARYA, TÜRKİYE, e-mail: onturk@sakarya.edu.tr, Phone: +902645173581

doymamış zemin olarak isimlendirilir. Çöl ortamında bulunan üst kısımlardaki zeminlerde ise boşlukların tamamen hava ile dolu olduğu kabul edilir.

Bu çalışmada doygun olmayan zeminlerin mekaniği irdelenmiştir. Deneysel çalışmalar öncesinde çalışmanın konusu hakkında literatür çalışması yapılmış ve aşağıdaki soruların cevapları bulunmuştur. Aşağıdaki kısımda; doygun olmayan zemin, ince daneli zemin ve doygun olmayan ince taneli zeminler hakkında bilgiler verilmiştir.

Doygun Olmayan Zemin (DOZ): Zemindeki boşlukların tamamının su ile dolu olmadığı durumdaki zeminlere doymamış zeminler denilmektedir. Doygun olmayan zeminleri, klasik zemin mekaniğinden ayıran en önemli fark, negatif boşluk suyu basıncı taşımalarıdır.

İnce taneli zemin: Tanım itibari ile 200 nolu (0,075 mm) eleğin altında kalan numunelere ince taneli zeminler denilmektedir. 200 nolu eleğin altında kalan malzemeler silt ve kil olup, bu malzemelerin oranları çöktürme yöntemleri (hidrometre, pipet) ile belirlenebilmekle birlikte, bu malzemeleri birbirlerinden fiziksel olarak ayırmanın literatürde kabul görmüş bir yöntemi mevcut değildir. Yani kil ve silt içeren bir toprak yığınının silti ve kili birbirinden ayırmak için uygulanan standart bir prosedür yoktur.

Doygun olmayan ince taneli zeminler ve özellikleri: Tam olarak doygunluğa ulaşmamış silt ve kilden oluşmuş zeminlere denilmektedir. DOZ tiplerinde numune çeşidinden kaynaklanan kılcıl bölgeler oluşmakta ve buda negatif boşluk basıncı oluşturmaktadır. Oluşan bu kılcıl bölgedeki basınca matrik emme denilmektedir. Doygun olmayan zeminlerde en önemli parametrelerden biri matrik emme basıncıdır. Matrik emmenin formülasyon olarak tanımı ise $(u_a - u_w)$ şeklindedir. Burada u_a boşluklardaki hava basıncını u_w ise su basıncını temsil etmektedir.

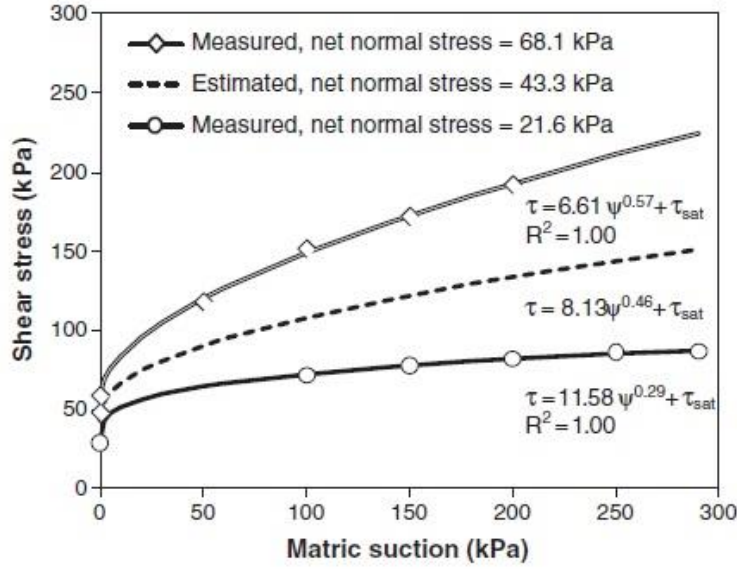
Pan ve arkadaşları [1], zemin emmesinin su seviyesi üzerinde bulunan tüm zeminlerde bulunabileceğini söyleyerek emme gerilmesinin doymamış zeminlerin nem-gerilme durumunu açıklayan en önemli parametrelerden biri olduğunu belirtmişler ve numunelerin kalitesini değerlendirebilmek, doymamış zemin mekaniği uygulamalarının efektif ve gerçek gerilme değerlerini tahmin edebilmek için emmenin laboratuvar ölçümlerinin çok faydalı olabileceğini söylemişlerdir. Çalışmalarında zemin emmesi ölçümlerinin direk veya dolaylı yollardan ölçümleri metodlarını araştırmışlardır. Direk emme ölçümleri tekniklerinin esaslarını eksen kaydırma tekniği, tansiyometre ve emme araştırmaları olduğunu dolaylı ölçümlerin ise 3 kategoriye bölündüğünü ve bunların matrik emme ölçüm teknikleri, geçişli emme ve toplam

emme olduğunu belirtmişlerdir. Zemin emme ölçümü ekipmanlarının her birinin kendilerine ait avantajları ve sınırlamaları olduğunu söylemişlerdir. Bu ölçüm tekniklerinin çeşitlerini, avantaj ve sınırlamalarını tablo 1’de sıralamışlardır [1].

Tablo 1.Emme Ölçümü Yöntemlerinin Özeti [1]

		Teknik (Yöntem)	Emme Aralığı (kPa)	Denge Süresi
Direk Emme Ölçümü	Matrik emme	Eksen kaydırma tekniği		Saat
		Tansiyometre	0 - 1500	Saat
		Emme sondası		Dakika
Dolaylı Emme Ölçümü	Matrik emme	Zamanlı etki alanı ölçümü	0 - 1500	Saat
		Elektriksel iletkenlik algılayıcı	50 - 1500	6 - 50 Saat
		Isı iletkenlik algılayıcı	0 - 1500	Saat -Gün
		Filtre kağıdı bağlantılı	Hepsi	7 - 14 Gün
	Ozmotik emme	Sıkma tekniği	0 - 1500	Gün
	Toplam emme	Psikometre	100 - 10000	1 Saat
		Bağıl nem algılayıcı	100 - 8000	Saat - Gün
		Soğutulmuş nemölçer	150 - 30000	10 Dakika
		Filtre kağıdı bağlantısız	Hepsi	7 - 14 Gün

Nam ve arkadaşları [2] doygun olmayan zeminlerin kayma direncinin doygun zeminlerin kayma direncinin belirlenmesine kıyasla daha karmaşık, zaman alıcı ve daha pahalı olduğunu ifade etmişlerdir. Doygun olmayan zeminlerin kayma direnci testleri için hem zaman hem de maliyeti azaltacak pratik test metotlarına ihtiyaç olduğunu söylemişlerdir. Çalışmalarında hızlı olarak çok kademeli direk kesme testinin geçerliliğini ve doygun olmayan zeminlerin kayma direncini belirlemek için pratik metotları kapsamlı bir şekilde değerlendirmişlerdir. İzin verilen bağımsız emme kontrolü yeni tasarlanan bir direk kesme testi aparatları kullanılarak laboratuvar ortamında yapılmış ve emme-kontrollü çok kademeli direk kesme testi ile isimlendirmişlerdir. Kayma direnci değerini birden fazla zemin numunesi kullanarak geleneksel direk kesme testleri ile çok kademeli testlerin sonuçlarını karşılaştırarak elde etmişlerdir. Güvenli doymamış kayma direnci ölçümlerini sağlamak için çok kademeli direk kesme testlerinin nasıl uygulanması konusunda öneriler vermişlerdir. Testlerini ise Amerika’nın Kuzeydoğu Carolina’daki aşağı Roanoke nehrinden alınan örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde yaptıklarını söylemişlerdir. Şekil 2’de üç eksenli hücre kesme deneyinden elde ettikleri matrik emmeye bağlı kesme gerilmesi grafiği sonuçları verilmiştir [2].

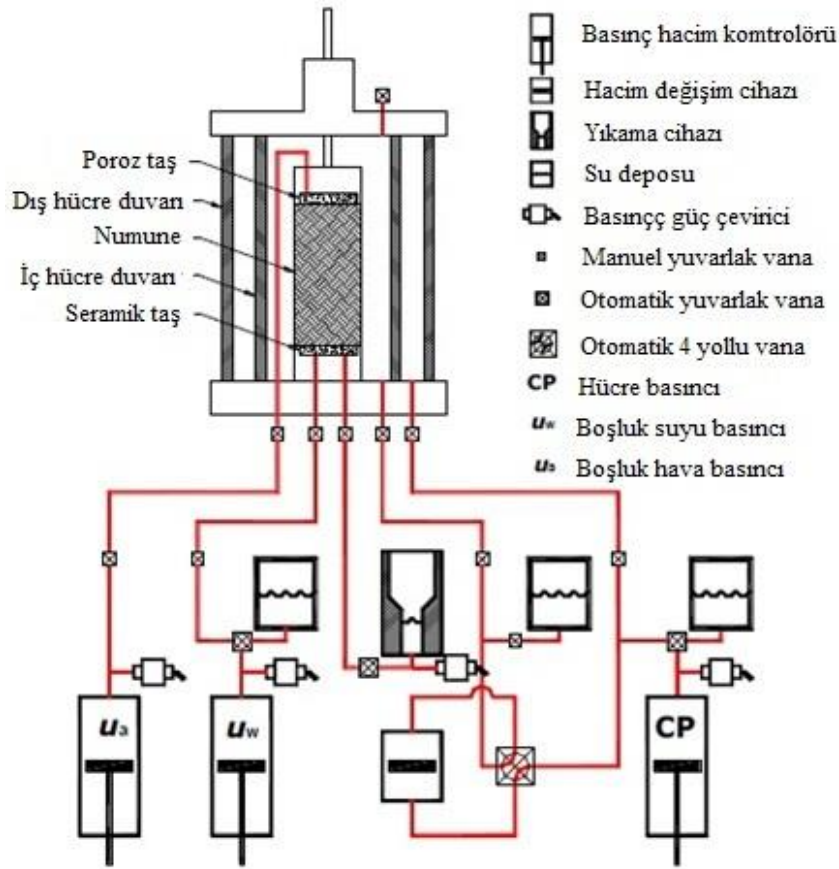


Şekil 1. Siltli zemin için 43 kPa net gerilmede matrik emme ve kayma gerilmesi arasındaki ilişki [2]

Hondoko ve arkadaşları [3] doymamış zeminlerin en önemli problemlerinin çok zaman alması ve maliyetli çalışmalar olduğunu söylemişlerdir [3]. Doymamış zemin deneylerinde matrik emme basıncının, ya doğrudan ölçüldüğünü ya da çeşitli yöntemlerle kontrol edilebildiğini söyleyen Kayadelen ve arkadaşları, Matrik emmenin Eksen Kaydırma Yöntemi, Osmotik Yöntem ve Bağlı Nem Yöntemi gibi farklı ölçüm yöntemleri bulunabildiğini söylemişlerdir [4]. Eksen kaydırma tekniğini matrik emmeyi kontrol etmek veya ölçmek için ödometre deneylerinde, üç eksenli hücre kesme deneylerinde ve direk kesme deneylerinde kullanan Marinho ve çalışma arkadaşları eksen kaydırma tekniğinin numuneye giren ve çıkan su miktarını belirlerken kullanılabilmesi için bir prosedüre ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir [5]. Emme kontrolü için çalışma yapan Vanapalli ve arkadaşları eksen kaydırma tekniği ve negatif su hücresi tekniğini kullanmışlar ve negatif su hücresi tekniğinin düşük emme aralığında (0 – 30 kPa), eksen kaydırma tekniğinin ise 0 – 500 kPa gibi geniş bir emme aralığında kullanılabileceğini söylemişlerdir [6].

Bu çalışmada, siltli doymamış zeminlerin kayma direncinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında öncelikle ince taneli zeminlerden silt ağırlıklı zemin numunesi bu çalışma kapsamında geliştirilen bir prosedür ile elde edilmiştir. Elde edilen silt numunesine ait sınıflandırma deneyleri yapılmış ve siltli zemin numunesi likit limite yakın bir su muhtevasında su eklenerek bulamaç haline getirilmiş ve 100 kPa basınç altında konsolide edilmiştir. Konsolidasyonu tamamlanan zemin numunesi üç eksenli hücre kesme deneyi cihazına yerleştirilmiş ve kayma direnci belirlenmiştir.

Kayma direnci dayanımı doygun olmayan zeminler için özel olarak tasarlanmış üç eksenli hücre kesme cihazında belirlenmiştir. Bu cihaz yüksek frekansta, drenajlı ve drenajsız deneyler yapabilmektedir. Basınç mukavemetinden dolayı hücre içindeki suyun kılcallık meydana getirebilmesini engellemek ve deneyler devam ederken ölçülen değerlerin gerçek değerlerden farklı sonuçlar elde edilmesini de engellemek için cihazın hücresi çift duvardan yapılmıştır. Çalışmanın deneylerinin yapıldığı üç eksenli hücre kesme deney düzeneği şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Doygun olmayan zeminler için tasarlanmış 3 eksenli test cihazının şeması ?????

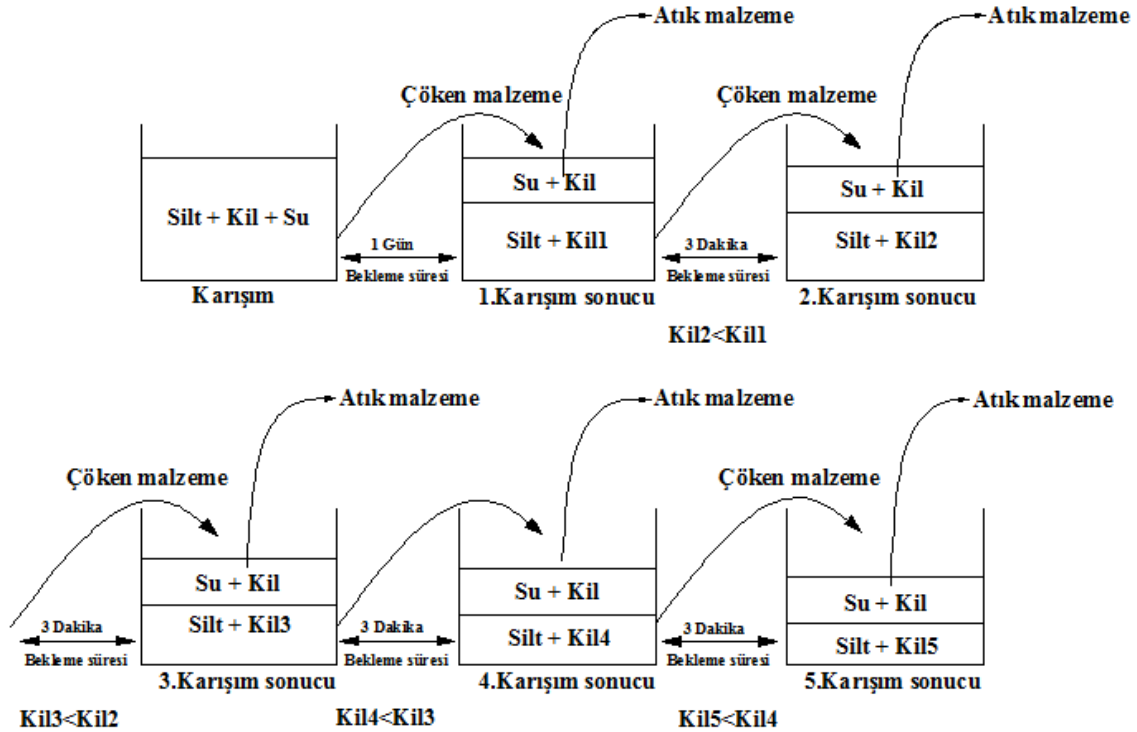
2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada Adapazarı zemininden alınan silt ağırlıklı zemin örnekleri kullanılmıştır. Adapazarı’nda Yenigün mahallesinde yaklaşık 3.00-4.00 metrelerden alınmış zemin numunesi içerisindeki silt ile kili birbirinden ayırt etmek için çöktürme tekniği olarak isimlendirilen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemde, zemin numunesi içi su dolu bir kova içinde mikser ile karıştırıldıktan sonra 1 gün süre bekletilmiştir. Tamamen çökmesi sağlanan zemin numunesi 5 defa 3 dakika ara ile mikserle karıştırılmış ve her defasında kova

üzerindeki su ile beraber askıda kalan zemin numunesi tahliye edilmiştir. 5 defa tahliye yapıldıktan sonra elde edilen zemin numunesine hidrometre ve likit limit deneyleri yapılmış zemin sınıfı belirlenmiştir. Şekil 3'te mikserle karıştırılmış ve çökmesi gerçekleşen zemin numunesi görülmektedir. Çökmesi sağlanan numune üzerinde içerisinde bulunan ince taneli kil malzemeleri bulunmaktadır. Söz konusu çöktürme tekniğinin aşamaları Şekil 4'te sunulmuştur.

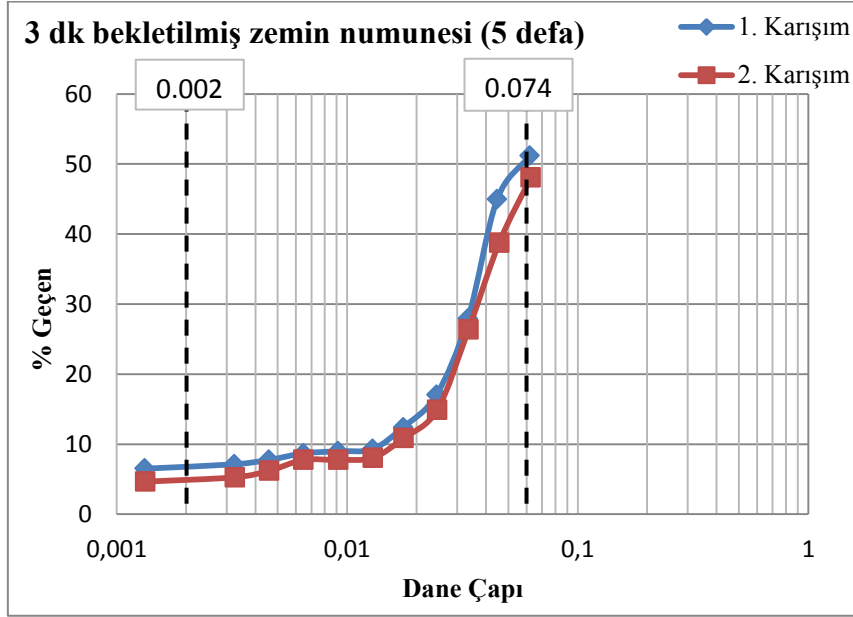


Şekil 3. Kıl ve siltin yüzdürme yöntemi ile ayrılması



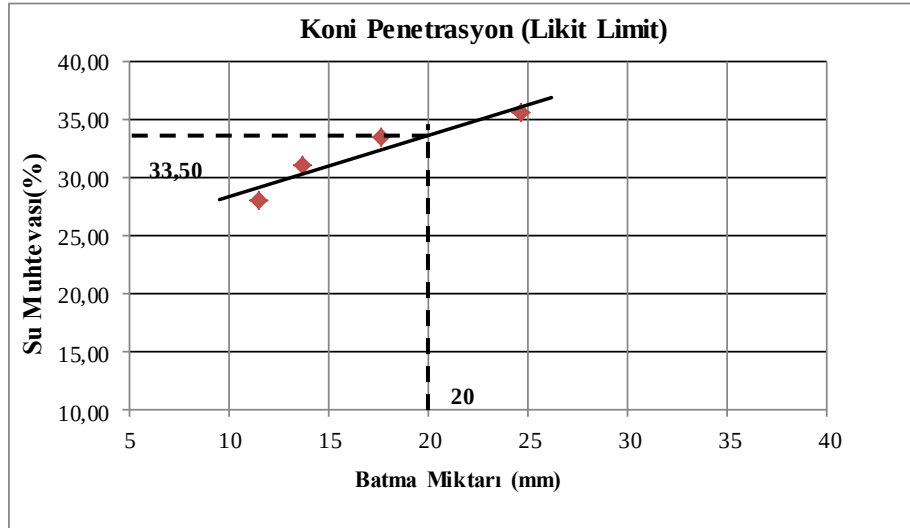
Şekil 4. Çöktürme tekniği aşamaları

5 karışım sonucunda elde edilen zemin numunesine hidrometre deneyleri uygulanmış ve sonuçları aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir. Yüzdürme tekniği sonucu elde edilen numuneye uygulanan hidrometre deneyi sonucunda içerisinde %5-8 civarında kil bulunan bir malzeme elde edilmiştir. İnce taneli zeminlerin sınıflandırılması için uygulanan hidrometre deneyi sonucu Şekil 5'te gösterilmiştir. Yapılan 2 ayrı deney sonuçları aynı grafik üzerinde gösterilmiş ve sonuçlara bakıldığında doğru yöntemin uygulandığı belirlenmiştir.



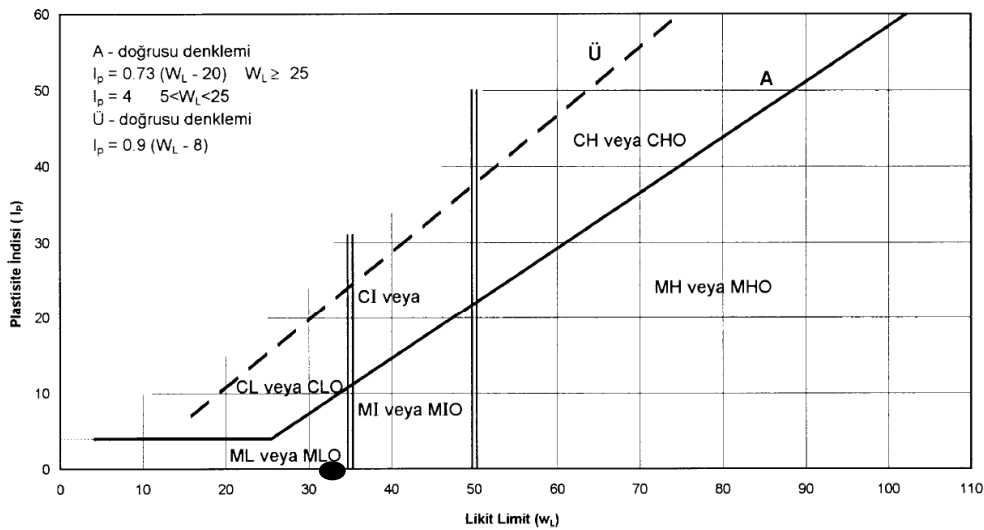
Şekil 5. Silt ağırlıklı zemin numunesi hidrometre deneyi sonuçları

Çöktürme yöntemi sonucunda elde edilen numunenin zemin sınıfını belirleyebilmek için Atterberg limiti (Koni penetrasyon) deneyi yapılmış ve sonucu Şekil 6'daki grafikte gösterilmiştir. Kıvam limiti deneyi sonucuna göre silt ağırlıklı zemin numunesinin likit limit değeri %33,5 olarak bulunmuştur.



Şekil 6. Atterberg limiti deneyi sonucu

Likit limiti belirlenen zemin numunesine Plastik limit deneyi uygulanmış fakat içeriği yüzde olarak ağırlıklı silt olduğu için Plastik kıvama gelemediği anlaşılmıştır. Bu durumda numunemiz non-plastik (NP) olarak isimlendirmiştir. Şekil 7'deki plastisite kartında likit limit deneyi ve plastik limitten elde edilen sonuca bakılarak numunemizin sınıfı ML-MI olarak belirlenmiştir.



Şekil 7. Plastisite Kartı TS1500/2000

SONUÇLAR

Toprak yığınının alınan ince taneli zemin numunelerinden kil ve silti birbirinden ayırt etmek için çöktürme yöntemi kullanılmış ve istenen oranda bu numuneler birbirinden ayrıştırılmıştır.

Mikser yardımı ile 5 defa karıştırılıp üst tabakada toplanan zemin numunesi ayrıştırıldıktan sonra alt kısımda çökelen zemin numunesine hidrometre deneyi uygulanmış ve içerisinde % 5-8 arsında kil bulunan ince taneli zemin numunesi elde edilmiştir.

Çöktürme yöntemi ile kil ve silt içerikli zemin numunesi birbirinden ayırt edilmiş ve zemin sınıfının belirlenmesi için Atterberg limiti deneylerine tabi tutulmuştur. Atterberg limitleri deneyi sonucunda kilit limit %33.5, Plastik limit değeri ise non-plastik (NP) olarak belirlenmiştir. Likit limit ve Plastik limit deneyleri sonucunda plastisite kartındaki yeri saptanan zemin numunesinin ML veya MI cinsi sınıfa ait olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] PAN H., QING Y., YONG L. P., Direct and Indirect Measurement of Soil Suction in the Laboratory, EJGE, Vol. 15, 2010
- [2] NAM S., GUTIERRAZ M., DIPLAS P., PETRIE J., Determination of the Shear Strength of Unsaturated Soils Using the Multistage Direct Shear Test, Engineering Geology 122 (2011) 272–280, USA
- [3] HONDOKO L., YASUFUKU N., OOMİNE K., HAZARİKA H., Suction Controlled Triaxial Apparatus for Saturated-Unsaturated Soil Test, Int. J. of GEOMATE, March, 2013, Vol. 4, No. 1 (Sl. No. 7), pp.466-470
- [4] KAYADELEN c., TEKİNSOY A. M., TAŞKİTAN T., DEMİR A., Doygun Olmayan Düşük Plastisiteli Adana Killerinin Bir Boyutlu Konsolidasyonu, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onbirinci Ulusal Kongresi, 7-8 Eylül 2006, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon
- [5] MARİNHÖ F. A. M., TAKE W. A., TARANTİNO A., Measurement of Matric Suction Using Tensiometric and Axis Translation Techniques, Originally published in the journal Geotechnical and Geological Engineering, Volume 26, No. 6, 615–631
- [6] VANAPALLİ S. K., NİCOTERA M. V., SHARMA R. S., Axis Translation and Negative Water Column Techniques for Suction Control, Originally published in the journal Geotechnical and Geological Engineering, Volume 26, No. 6, 645–660.