

EFFECT OF GEOSYNTHETICS ON THE COMPRESSIBILITY OF SOILS

Elif ÇİÇEK

Doktora Öğrencisi
Atatürk Üniversitesi
Erzurum, Türkiye

Temel YETİMOĞLU

Prof.Dr.
Atatürk Üniversitesi
Erzurum, Türkiye

Erol GÜLER

Prof.Dr.
Boğaziçi Üniversitesi
İstanbul, Türkiye

ABSTRACT

Geosynthetics are used in various fields for improvement in geotechnical engineering. In this study, the effect of geosynthetics on maximum dry unit weight was attempted to be examined by modified Proctor compaction tests on two different soil samples with woven geotextile layers placed inside. First of all, the index properties of the soils used were investigated and modified Proctor compaction tests were conducted to determine the maximum dry unit weights. Then modified Proctor compaction tests were conducted with geosynthetic sheets placed among the soil layers and the maximum dry unit weights were calculated and evaluated.

ZEMİNLERİN SIKIŞTIRILABİLİRLİĞİNE GEOSENTETİKLERİN ETKİSİ

Elif ÇİÇEK

Doktora Öğrencisi
Atatürk Üniversitesi
Erzurum, Türkiye

Temel YETİMOĞLU

Prof.Dr.
Atatürk Üniversitesi
Erzurum, Türkiye

Erol GÜLER

Prof.Dr.
Boğaziçi Üniversitesi
İstanbul, Türkiye

ÖZET

Geosentetikler, geoteknik mühendisliğinde iyileştirme amacıyla birçok alanda kullanılmaktadırlar. Bu çalışmada, geosentetik malzeme olan örgülü geotekstil iki farklı zemin örneği içerisinde tabakalar halinde serilerek maksimum kuru birim hacim ağırlığına etkisi modifiye kompaksiyon deneyleri ile araştırılmaya çalışılmıştır. Öncelikle, kullanılan zemin sınıflarının indeks özellikleri belirlenmiş ve maksimum birim hacim ağırlıklarının belirlenmesi için de modifiye kompaksiyon deneyleri yapılmıştır. Daha sonra tabakalar halinde serilen zemin örnekleri arasına geosentetik levhaları konarak modifiye kompaksiyon deneyleri yapılmış ve maksimum kuru birim hacim ağırlıkları bulunarak, hesap sonuçları değerlendirilmiştir.

1. GİRİŞ

Geosentetikler artan çeşitleri ve fonksiyonları ile birçok farklı projede uygulama alanı bulmuşlardır. Geosentetik malzeme çeşitlerinden olup üretim yöntemlerine göre örgülü ve örgüsüz olarak bulunan geotekstiller birçok zemin problemine çözüm getirmektedir. Geotekstiller; yollarda, şevlerde, istinat yapılarında, yumuşak zemine oturan dolgularda, temel altlarında ve kazıklı temellere oturan dolgularda olmak üzere birçok uygulama projesinde zeminlerin iyileştirilmesi amacıyla başarıyla kullanılmaktadır (1).

Bilindiği üzere, inşaat alanındaki tabii zeminin yerine daha iyi özelliklere sahip zeminin konulması, inşaat sahası kotunu yükseltmek ve karayolu-havaalanı kaplama altı düzenlenmesi, v.b. amaçlarla da dolgular yapılmaktadır. Bu dolgular yapılırken iyileştirme amacıyla aralara geotekstiller konmaktadır. Başka bir sahadan alınarak inşaat alanına götürülen zeminlerin gelişigüzel dolgu sahasına dökülmesi, elde edilecek dolgu tabakasında yüksek boşluk oranı, su geçirimsizliği ve düşük mukavemete sebep olacaktır. Bu şekilde oluşturulan bir dolgu tabakası, istenilen mühendislik özelliklerine sahip olamayacağı için dolgu oluşturulurken sıkıştırma işlemi yapılması gerekmektedir.

Geotekstillerin, zeminde ayırma, filtrasyon, drenaj, güçlendirme v.b. amaçlar için kullanıldıklarında da yararlı sonuçlar alındığı bilinmektedir. Fakat, zeminlerin içerisine serildiklerinde, geotekstillerin zeminin sıkıştırılmasına nasıl bir etki yapacağı tam olarak bilinmemektedir.

2. AMAÇ

Bu çalışmada, zemin dolguların sıkıştırılmasında geosentetik malzemesi kullanımının sıkıştırmaya etkileri kompaksiyon deneyleri ile araştırılmaya çalışılmıştır. Deneyler, laboratuarda doğal iki farklı zemin örneği üzerinde geotekstilsiz ve geotekstil kullanılarak yapılmış, sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. KOMPAKSİYON DENEYİ

Çağdaş özelliğiyle sıkıştırma 1920'lerden başlayarak A.B.D.'de baraj ve otoyol inşaatlarındaki uygulamalarla birlikte teknik bir kavram haline getirilmiştir. Günümüzde ulaşım yollarında, yapı dolgularında, baraj gövdelerinde, atık alanlarında, akarsu

seddelerinde, dayanma yapıları arkasında; zemin ve kaya dolgunun sıkıştırılması uygulaması geotekniğin en yoğun çalışma alanlarından biri olarak nitelendirilebilir (2).

Uygulanan belli bir sıkıştırma enerjisi ile elde edilecek sıkılık derecesinin su muhtevasına bağlı olarak değişimi, dolguda kullanılacak zemin için deneysel olarak saptanmalıdır. Proktor deneyi olarak da bilinen deney yöntemi 1933'de R.R.Proctor tarafından geliştirilmiştir (3).

Kompaksiyon; zeminlerin dayanım, permeabilite ve oturmaya karşı iyileştirilmesi veya erozyona karşı sağlamlaştırılması için tabakalar halinde serilerek sıkıştırılması olarak tanımlanabilmektedir. Kompaksiyonun amacı; zeminin sıkıştırılması ile maksimum kuru yoğunluğu veren su içeriğinin elde edilmesidir (4).

Belirli bir hacimde zeminin sıkıştırılması teknik anlamda, kuru birim hacim ağırlığının standart enerji uygulaması ile en uygun su muhtevasında (optimum) alabileceği en yüksek değere getirilmesini kapsamaktadır. Kompaksiyonla zeminin kayma direnci yükselir, sıkışabilirliği azalır, geçirimsizliği düşer, şişme-büzülme davranışı kontrol altına alınabilir, aşınabilirliği azalır veya gecikir, sıvılaşma yeteneği kaybolabilir ve dondan aşırı etkilenmez (2).

Sıkıştırılmış (kompaksiyona tabi tutulmuş) bir ıslak zeminde, kompaksiyonun (sıkıştırmanın) ölçüsü o zemine ait kuru yoğunluğudur. Bir yaş zemine ait kuru yoğunluk ne kadar büyükse, o ıslak zemin o kadar iyi sıkışmış demektir (5).

Kompaksiyon deneyi standart kompaksiyon deneyi ve modifiye kompaksiyon deneyi olarak iki şekilde yapılmaktadır. Modifiye kompaksiyon deneyi; tokmağın ağırlaştırılarak daha yüksekten düşürülmesi ve sıkıştırma sırasında tabaka sayısının artırılmasıyla sağlanır (2).

Modifiye kompaksiyon deneyi II. Dünya savaşı sırasında geliştirilmiş olup, ağır nakliye uçaklarının iniş yaptığı havaalanlarında daha iyi sıkışmanın gerekliliğinden doğmuştur (3). İnşaat ekipmanları ve uygulama prosedürlerindeki gelişmelerin daha yüksek sıkışma (kuru birim hacim ağırlık) yaratabilecek kompaksiyon enerjilerine ulaşması ile laboratuvar deneyindeki kompaksiyon enerjisinin yükseltilmesi gündeme gelmiştir. Bu nedenle, bu çalışmada da daha iyi sıkışma sağlanabilmesi için modifiye kompaksiyon deneyi tercih edilmiştir.

3.2. DENEYİN YAPILIŞI

Zemin kütlesini temsil eden kurutulmuş zemin örneği, delik çapı $d=4,75$ mm olan ASTM 4 Nolu elekten elenir. Numune, zeminin türüne göre, uygun bir miktar su ile iyice karıştırılır. Kompaksiyon kalıbı, taban plakası takılmış olarak tartılır. Kalıp, beton döşeme gibi sert bir yüzey üzerine oturtulur ve nemli zemin, mümkün olduğu kadar eşit ağırlıkta belirli tabakalar halinde her birine serbest düşüş yapan tokmakla darbe uygulayarak, üst ucuna yakası takılmış kalıbın içine sıkıştırılır . Bu işlemler Tablo 1 ‘de verilen değerler dikkate alınarak yapılır.

Kalıbın yakası çıkarılır ve sıkıştırılmış zemin, çelik cetvelle, kalıbın üst kenarı seviyesinde dikkatle düzlenir. Kalıp ve zemin, 1 g hassasiyetle tartılır. Sıkıştırılmış zemin, kalıptan çıkarılıp büyükçe bir metal kaba konur. Bu zeminin tümünü yansıtmak için bir üst tabakadan bir de alt tabakadan numune alınarak su muhtevası ölçülür ve iki ölçümün ortalaması numunenin su muhtevası olarak alınır.

Zeminin geriye kalanı, iyice ufalanıp deneyin başında hazırlanan numuneden artmış olanla karıştırılır. Böylece elde edilen numuneye, uygun artışlarla su katılıp karıştırılır ve aynı işlemler tekrarlanır. Deney, en az beş değer verecek biçimde tekrarlanır ve kullanılan su muhtevaları maksimum kuru birim hacim ağırlığı veren optimum su muhtevasını içine alan sınırlar arasında değişmelidir. Bu işlemlerden sonra, su muhtevalarına karşılık gelen kuru birim hacim ağırlıklar bir grafik üzerinde işaretlenerek kompaksiyon eğrisi çizilir ve bu eğrinin geçtiği maksimum kuru birim hacim ağırlık ile buna karşılık gelen optimum su muhtevası bulunur.

Deneyler sonucunda hesaplamalar için aşağıdaki formüller kullanılır;

$$g = \frac{M_1 - M_s}{V_s} \quad (1)$$

$$w = \frac{M_y - M_k}{M_k} \quad (2)$$

$$g_d = \frac{g}{1 + w} \quad (3)$$

Burada;

g = Numunenin ıslak yoğunluğu (gr/cm^3),

w = Su içeriği,

g_d = Numunenin kuru yoğunluğu (gr/cm^3),

M_1 = Kompaksiyonu yapılmış numunenin silindirik kapla birlikte kütlesi (gr),

M_s = Silindirik kompaksiyon kabının kütlesi (gr),

V_s = Silindirik kompaksiyon kabının hacmi (cm^3),

M_y = Kompaksiyondan sonra numuneden alınan örneğin kütlesi,

M_k = Örneğin kurutulmasından sonra ölçülen kuru kütlesi

anlamlarını taşımaktadırlar.

Tablo 1- Modifiye Kompaksiyon Deneyi Parametreleri (3)

Kompaksiyon kabı hacmi	944 cm^3
Tokmak ağırlığı	44,5N
Zemin tabaka sayısı	5
Tokmak düşüm yüksekliği	0,46m
Kompaksiyon enerjisi	2710,5 kJ/m^3

152mm çaplı kompaksiyon kabı için vuruş sayısı enerjiyi korumak için 56 'ya çıkarılır.

3.3. KULLANILAN MALZEMELER

3.3.1. Geosentetik

Deneylerde TP 045045W tipi örgülü geotekstil kullanılmıştır. Kullanılan bu geosentetik malzemenin üretici firma tarafından sağlanan bazı malzeme ve mukavemet özellikleri Tablo 2 'de verilmektedir.

Tablo 2- Deneylerde Kullanılan Geotekstilin Özellikleri

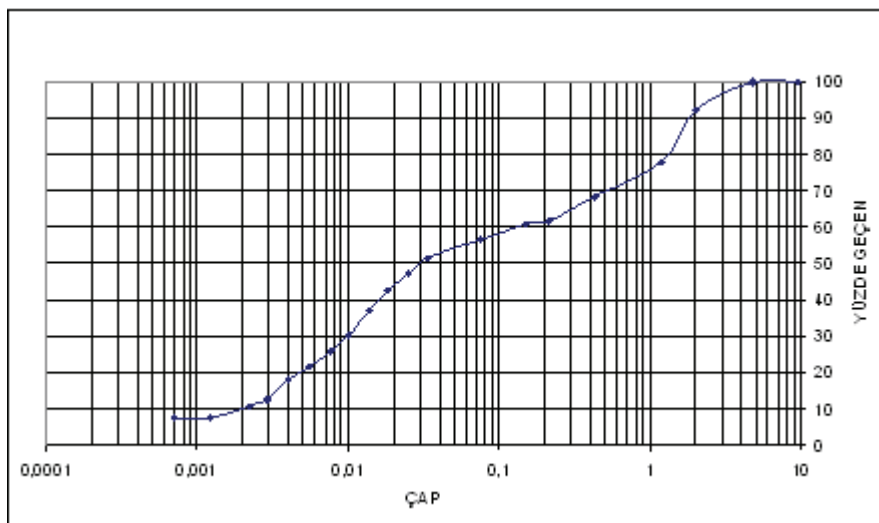
Üretim Yöntemi	Örgülü
Örgü şekli	Çapraz örgülü
Minimum birim alan ağırlığı (EN ISO 3881)	240 g/m^2
Nominal çekme gerilmesi (EN ISO 13934-1)	50 kN/m
Minimum çekme gerilmesi (EN ISO 13934-1)	45 kN/m

3.3.2. Zemin

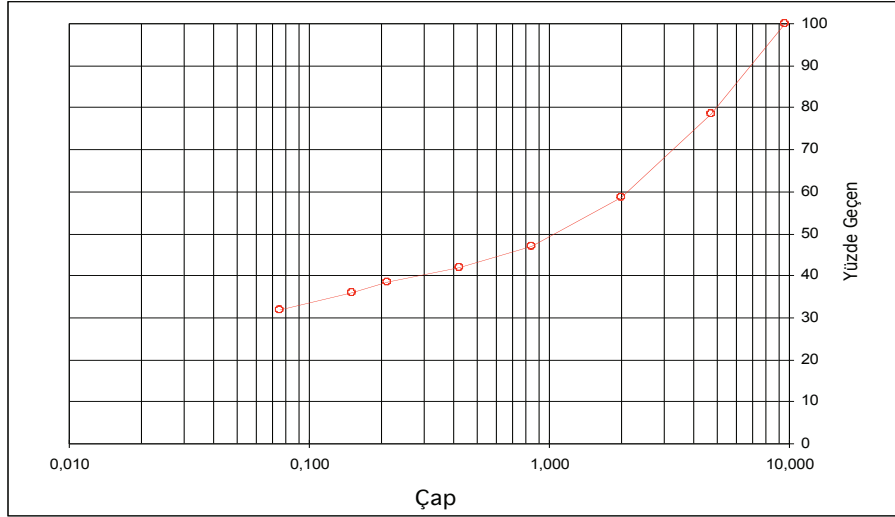
Deneyler için iki farklı zemin örneği kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan zemin örneklerinin indeks özellikleri Tablo 3’de verilmektedir. Elek analizi ve kıvam limitleri sonuçlarının birleştirilmesiyle oluşturulan granülometri eğrileri ise Şekil 1 ve Şekil 2’de gösterilmektedir. USCS sınıflandırma sistemine göre birinci zemin örneğinin düşük plastisiteli silt (ML), ikinci zemin örneğinin ise killi kum (SC) sınıfına girdiği bulunmuştur (5; 3).

Tablo 3- Zemin Numunelerinin Dane Dağılımı Yüzdeleri ve İnce Daneli Kısımlar İçin Kıvam Limitleri Değerleri

Birinci Zemin Örneği		İkinci Zemin Örneği	
Kaba dane oranı, %	45	Kaba dane oranı, %	68
İnce dane oranı, %	55	İnce dane oranı, %	32
Likit limit, w_L , %	48	Likit limit, w_L , %	34
Plastik limit, w_p , %	28	Plastik limit, w_p , %	16
Plastisite indisi, I_p , %	20	Plastisite indisi, I_p , %	18
Zemin sınıfı	ML	Zemin sınıfı	SC



Şekil 1- Birinci Zemin Örneğine Ait Granülometri Eğrisi

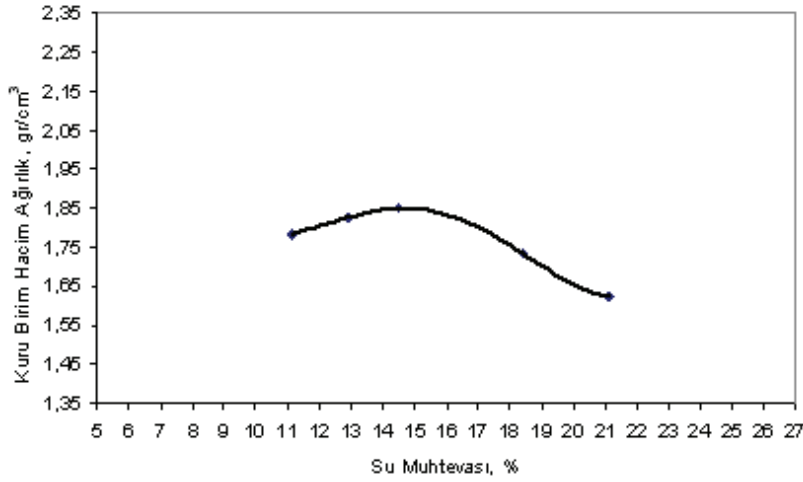


Şekil 2- İkinci Zemin Örneğine Ait Granülometri Eğrisi

4. DENEY BULGULARI

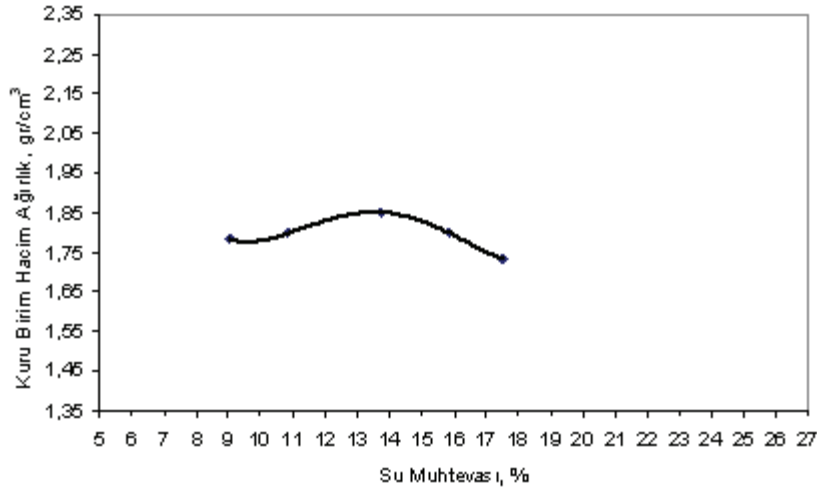
4.1. ML Zemin Numunesi Üzerinde Yapılan Modifiye Kompaksiyon Deneyleri

Zemin içerisine geosentetik malzeme konmadan yapılan modifiye Proktor deneyi sonuçları Şekil 3’de verilmiştir. Bu kompaksiyon eğrisinden, optimum su muhtevası $w_{opt}=14,5$, maksimum kuru birim ağırlık $g_{dmax}=1,85 \text{ gr/cm}^3$ olarak bulunmuştur.



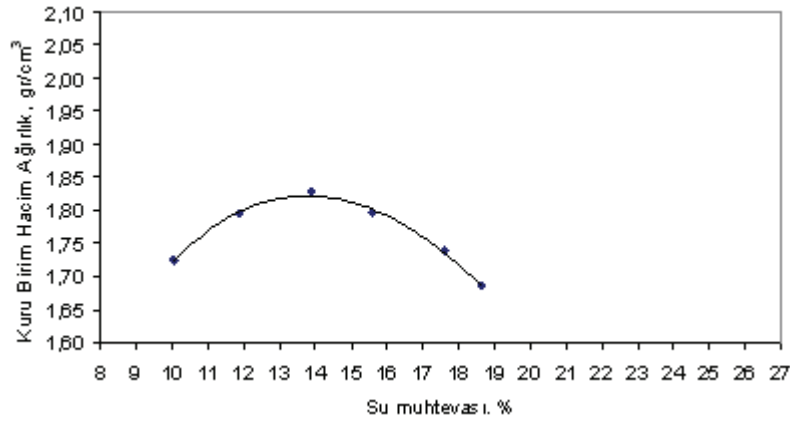
Şekil 3- Geosentetiksiz ML Zemin Numunesi İçin Modifiye Kompaksiyon Eğrisi

Geosentetikler kompaksiyon kabı çapında kesilerek, ilki kompaksiyon kabının en altına olmak üzere her biri zemin tabakaları arasına (toplam 5 sıra) konarak yapılan modifiye kompaksiyon deneyi sonucunda ise Şekil 4 ‘deki eğri elde edilmiştir. Bu kompaksiyon eğrisinden, optimum su muhtevası $w_{opt}=13,7$, maksimum kuru birim ağırlık $g_{dmax}=1,85 \text{ gr/cm}^3$ olarak okunmuştur.



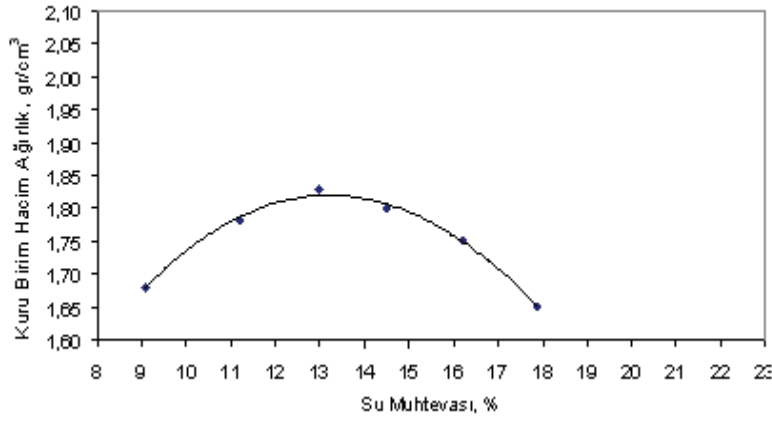
Şekil 4- 5 Sıra Geosentetikli ML Zemin Numunesi İçin Modifiye Kompaksiyon Eğrisi

Beş sıra geosentetik konarak yapılan deneyde maksimum kuru birim hacim ağırlığın değişmediği görülmüştür. Bu sebeple; deneyde tabaka sayısını ve her biri bir tabaka arasına gelecek şekilde geosentetik sayısını artırarak bir deney daha yapılmıştır. Bu deneyde enerjiyi sabit tutmak için her bir tabakaya gelen tokmak vuruş sayısı değiştirilmiştir. İlki yine kabın en altına gelecek şekilde toplamda 10 sıra geosentetik kullanılarak yapılan modifiye kompaksiyon deney sonucunda Şekil 5 ‘deki kompaksiyon eğrisi elde edilmiştir. Bu eğriden, optimum su muhtevası $w_{opt} = \%14$, maksimum kuru birim ağırlık $g_{dmax} = 1,83 \text{ gr/cm}^3$ bulunmuştur.



Şekil 5-10 Sıra Geosentetikli ML Zemin Numunesi İçin Modifiye Kompaksiyon Eğrisi

Sonuçları karşılaştırmak için bir kez de çapı 152mm olan kompaksiyon kabında 10 tabakalı geosentetikli modifiye kompaksiyon deneyi yapılmıştır. Bu deney sonucunda Şekil 6 ‘daki kompaksiyon eğrisi elde edilmiş ve optimum su muhtevası $w_{opt} = \%13,3$, maksimum kuru birim ağırlık, $g_{dmax} = 1,83 \text{ gr/cm}^3$ bulunmuştur.



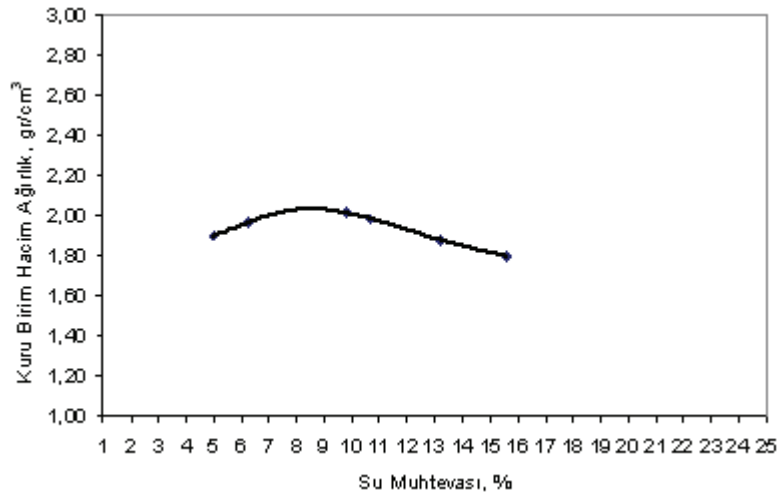
Şekil 6- 10 Sıra Geosentetikli ML Zemin Numunesi İçin Modifiye Kompaksiyon Eğrisi (Kap çapı=152 mm)

ML zemin numunesi üzerinde yapılan deneyler sonucunda geosentetik kullanımının maksimum kuru birim hacim ağırlığını arttırmadığı gözlemlenmiştir. Sonucu daha iyi değerlendirebilmek açısından SC zemin numunesiyle de deney yapılmıştır.

4.2. SC Zemin Numunesi Üzerinde Yapılan Modifiye Kompaksiyon Deneyleri

SC zemin numunesi kullanılarak, zemin içerisine geosentetik malzeme konmadan ve 5 sıra geosentetik levha konarak modifiye kompaksiyon deneyi yapılmıştır. Geosentetiksiz deneyden, optimum su muhtevası $w_{opt}=\%8,3$, maksimum kuru birim ağırlık $g_{dmax}=2,05\text{gr/cm}^3$ bulunmuştur.

SC zemin numunesi üzerinde geosentetikli yapılan deneyden ise Şekil 7 'deki kompaksiyon eğrisi elde edilmiştir. Bu eğriden, optimum su muhtevası $w_{opt}=\%8,5$, maksimum kuru birim ağırlık $g_{dmax}=2,03\text{gr/cm}^3$ okunmuştur. SC sınıfı zemin örneğinde de zemin içerisine geosentetik konmasının maksimum kuru birim hacim ağırlığını arttırmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 7- 5 Sıra Geosentetikli SC Zemin Numunesi İçin Modifiye Kompaksiyon Eğrisi

5. SONUÇLAR

Geosentetiklerin inşaat mühendisliğinde kullanımı her geçen gün artmaktadır. Bu sebepten zeminde kullanılan geosentetiklerin yapacağı her türlü etki önem taşımaktadır. Geosentetik çeşitlerinden biri olup sıkça zemin uygulamalarında kullanılan örgülü geotekstiller, dolgu inşalarında çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, dolgu inşaatlarında kullanılan örgülü geotekstillerin dolgu zeminlerin sıkıştırılmasına etkileri araştırılmıştır. Yapılan modifiye Proctor deneyleri sonucunda, farklı iki tür zemin içerisine yerleştirilen geotekstil levhasının zeminin maksimum kuru birim hacim ağırlığını belirgin olarak değiştirmedeği gözlemlenmiştir.

Çalışmada, tek çeşit geotekstil malzemesi kullanılarak deneyler yapılmıştır. Bilindiği üzere farklı özelliklere sahip bir çok geosentetik malzeme bulunmaktadır. Bu çalışmadakine benzer şekilde, özellikle geogrid gibi diğer geosentetikler kullanılarak deneylerin tekrarlanıp sonuçların karşılaştırılması önerilmektedir. Ayrıca bilindiği gibi laboratuvar ortamında uygulanan kompaksiyon ile arazide uygulanan kompaksiyon yöntemi üst üste örtüşmemektedir. Dolayısı ile bu deneyin arazi kompaksiyon aletleri kullanılarak büyük ölçekte de tekrarlanması son derece yararlı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu bildirinin ilk yazarı TÜBİTAK tarafından yurt içi doktora bursu ile desteklenmektedir. İlk yazar, bu destek için TÜBİTAK’a teşekkürlerini sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- 1- Koerner, R.M. Design with Geosynthetics, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1989, 652sayfa.
- 2- Önalp, A., 2002. Geoteknik Bilgisi I Çözümlü Problemlerle Zeminler ve Mekaniği. Birsan Yayınevi Ltd. Şti., İstanbul, Türkiye, 2002, 408 sayfa.
- 3- Bowles, J. E., 1986. Engineer Properties of Soils and Their Measurement. McGraw-Hill, Newyork, 2004, 624 sayfa.
- 4- Aytekin, M. Deneysel Zemin Mekaniği. Teknik Yayınevi, Ankara, Türkiye.
- 5- Uzuner, B. A. Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği. Derya Kitabevi, Trabzon, Türkiye, 2005, 485 sayfa.