

Investigation of Effect Waste Geofom Materials on the Compressive Strength of Organic Soil

¹Musa Eşit,¹Ömer Faruk Tekin,^{*2}Kamil B. Varınca

¹Faculty of Engineering Department of Civil Engineering, Adiyaman University, 02040, Adiyaman, Turkey

^{*2}Faculty of Engineering Department of Environmental Engineering, Adiyaman University
02040, Adiyaman, Turkey

Abstract

Waste materials which are used other facilities as raw material constitutes an example of recycling. Thus, not only disposed cost of waste was reduced but also environmental protection was ensured. Organic soil bearing capacity, lower unit weight is a big problem in terms of geotechnical structures. For this reason, the resistance of soil wants to be increased.)

In this study, the strength of the organic soil with waste geofam material against pressure was tested to have a better understanding of how geofam material effects the strength of the organic soil on CBR experiment. Result showed that addition of waste geofom into organic soil provide a positive effect on strength and when addition of waste geofom increases, the strength of organic soil increases. This is a good method both improve the strength of organic soil and recycling the waste geofom.

Key words: Waste geofom, organic soil, CBR, optimum water content, penetration

Atık Strafor Malzemelerinin Organik Toprağın Basınç Dayanımına Etkisinin İncelenmesi

Özet

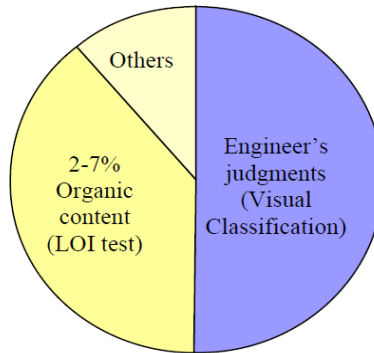
Atık malzemelerin başka faaliyetlerde hammadde olarak kullanılması geri kazanıma bir örnek teşkil etmektedirler. Böylece hem atıkların bertaraf maliyetleri azalmış hem de çevresel koruma sağlanmış olmaktadır. Organik toprağın taşıma kapasitesi, düşük birim ağırlığı açısından geoteknik yapılarında büyük bir sorun teşkil etmektedir. Bu sebeple organik toprağın dayanımının artırılması istenir.

Bu çalışmada, organik toprağın zemin özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla içerisine atık strafor malzemelerin katılmasının organik toprağın basınç dayanımına etkisi CBR deneyi ile incelenmiş ve aralarındaki ilişki açıklanmaya çalışılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki organik toprak içerisine atık strafor ilave edilmesi organik toprağın dayanımına olumlu etki sağlamakta, ilave edilen atık strafor miktarı arttıkça organik toprağın da dayanımı artmaktadır. Bu, hem atık straforun geri kazanımı hem de organik toprağın dayanımının iyileştirilmesi için faydalı bir yöntem olmuştur.

Anahtar kelimeler: Atık strafor, organik toprak, CBR, optimum su içeriği, penetrasyon

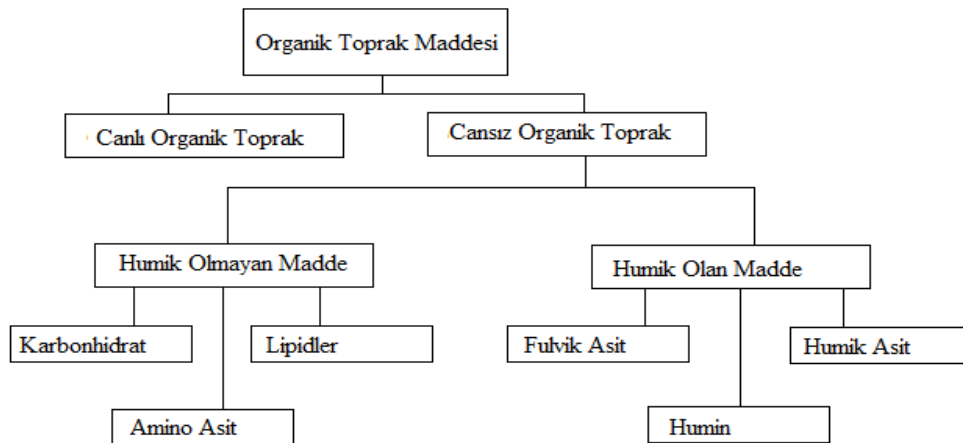
1. Giriş

Organik toprak, içinde barındırmış olduğu farklı bileşimlerden dolayı karmaşık bir yapıya sahiptir. Organik toprağın miktarı; toprağın su içeriğini, sıvı limitini, plastik limitini, yoğunluğunu, birim hacim ağırlığını, sıkıştırılabilirliğini, dayanımını ve hidroluk iletkenliğini önemli biçimde etkiler. Organik toprağın dayanımın düşük ve birim ağırlığının az olmasından dolayı mühendislik alanı ile alakalı temel üzerine yapılan yapılar için büyük bir sorun teşkil etmektedir. Bu sebeple organik toprağın kullanım miktarı sınırlandırılmış ve standartlara tabi tutulmuştur. ABD'nin 17 eyaleti ve Kanada'nın bir bölgesinde yapılan çalışmalara göre bu konuda organik toprağın kullanımı %2-7 oranında bölgelerin durumuna, geri kalanı mühendisin kararına ve mühendislik belirsizliklerine bağlı olarak değişmektedir. Alt zemin ve dolgu için organik içerik miktarları Şekil 1'de verilmiştir [1].



Şekil 1. Alt zemin ve dolgu için organik içerik miktarları [1]

Ayrıca organik toprağın içinde atık, mikroorganizma, su emici organizmalar ve stabilize edilmiş organik maddelerin varlığından dolayı organik toprak, canlı ve cansız organik toprak olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Canlı organik toprağın içinde bulunan canlılar; bakteri, mantar, yosun, taze ve çürümemiş hayvan veya bitki artıklarıdır. Cansız organik toprağın içinde ise bitki ve hayvanların kalıntıları mevcuttur [1]. Organik toprak maddesinin özelliklerine göre sınıflandırılması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Organik toprak maddesinin sınıflandırılması [1]

Doğada az da olsa atık olarak bulunan strafor malzemesinin yaygın olarak bilinen şekli genleşebilir polistiren (EPS) inşaat alanlarında kullanılmaktadır. Strafor malzemesi düşük öz kütle ve yüksek dayanıma sahip olmasıyla beraber kestirilebilir davranış özellikleriyle avantaj olarak görülmektedir. Yangına karşı çabuk tutuşması, petrol çözücülere karşı savunmasız olması ve böcek hasarlarına karşı hassas olmayışı gibi de dezavantajları vardır [2]. ASTM C578 standartlarına göre farklı özelliklere sahip EPS malzemelerinin özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. ASTM C578 standartlarına göre EPS malzemesinin özellikleri [3, 4]

Özellik	Birim	ASTM Test	TYPE I	TYPE II	TYPE VIII	TYPE IX	TYPE XIV	TYPE XI	TYPE XV
Özkütle	pcf, en az	C303	0,9	1,35	1,15	1,8	2,4	0,7	3
Isı yalıtım değeri	inç	CS15	3,6	4	3,8	4,2	4,2	3,1	4,3
Basınca karşı direnç	psi, en az	D1621	10	15	13	25	40	5	60
Eğilme dayanımı	psi, en az	C203	25	35	30	50	60	10	75
Su buharı geçirgenliği	perm-in; en çok	E96	5	3,5	3,5	2,5	2,5	5	2,5
Toplam su emme	%hacim, en çok	C272	4	3	3	2	2	4	2

Bu çalışmada, hem toprağın dayanım özelliklerini iyileştirmek hem de atık strafor malzemelerin geri dönüşümünü sağlamak için organik toprağın içerisine atık strafor ilave edilmesinin organik toprağın basınç dayanımına olan etkisi incelenmiş ve en iyi karışım oranları bulunmaya çalışılmıştır. Sonuçta organik toprağın dayanım özelliğinin geliştirilmesinde atık straforlarının kullanımına yönelik olarak önerilerde bulunulmuştur.

2. Malzeme ve Yöntem

2.1. Malzemeler

Çalışmada atık strafor ilavesinin organik toprağın dayanımına etkisi incelendiği için deneylerde organik toprak ve atık strafor kullanılmıştır. Deney için kullanılan organik toprak, atık strafor ve organik toprak-atık strafor karışımından alınmış numune örneği Şekil 3’de verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3. Deney için kullanılan organik toprak (a), atık strafor (b) ve karışımdan alınmış numune (c) örnekleri

Ayrıca deney olarak CBR deneyi uygulanacağı için ASTM D1883 deney yönetiminde yer alan deney araç ve gereçleri kullanılmıştır.

2.2. Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) Tayini Deneyi

Kaliforniya Taşıma Oranı (California Bearing Ratio, CBR), 1928 senesinde ABD’de o zamanki adıyla *California Division of Highway* (şimdiki adı: California Department of Transportation, Caltrans) tarafından geliştirilmiş olup 2. Dünya Savaşının başlamasından hemen sonra US Army Corps of Engineers tarafından askeri havaalanlarında kullanılmıştır. Bugün çokça kullanılan basit bir yöntem olmasından dolayı bu çalışmada CBR yöntemi (ASTM D1883) [5] tercih edilmiştir.

Bu deney, kesit alanı $19,35 \text{ cm}^3$ olan silindrsel bir pistonu belirli bir hızla zemine iterek elde edilen yük-penetrasyon bağlantısının (Kaliforniya taşıma oranı) bulunmasını kapsar. Penetrasyonun herhangi bir değeri için ölçülen yükün standart bir yüke oranı olarak tanımlanan CBR genellikle 2,5 mm’lik penetrasyon için verilir. Ancak 5 mm’lik bir penetrasyon için daha büyük bir değer çıkarsa büyük olan değer verilir.

Pistonun boyutları nedeniyle deney sadece tane büyüklüğü en çok 20 mm olan malzeme için uygulanır. Numunenin hazırlanışı, CBR deneyinde elde edilen sonuçları büyük ölçüde etkiler. Su içeriğinin oldukça yüksek olduğu kohezyonlu zeminlerde (CBR değeri %5 den küçük) bu deneyin doğru değerler vermediği görülmüştür.

CBR değeri deneyde uygulanan gerilme veya yükün standart gerilme veya yüke oranının yüzde ifadesi olarak hesaplanır [4].

$$CBR = \frac{\text{Deneyde uygulanan gerilme (veya yük)}}{\text{Standart gerilme (veya yük)}} \times 100$$

Bu denklemde CBR sayısı su içeriğinde hazırlanan zemin numunesinin üzerine belli bir hızla batırılan penetrasyon pistonunun istenilen derinliğe ulaşması için uygulanan birim kuvvetin, kırma taşla yapılan deneyde aynı pistonun aynı derinliğe ulaşabilmesi için uygulanan standart gerilmeye oranı olarak tanımlanır [4]. Penetrasyon derinliğine bağlı olarak standart gerilme miktarları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Kırma taşla yapılan deneyde penetrasyon derinliğine bağlı olarak standart gerilme ve standart yük değerleri [6]

Penetrasyon Derinliği (mm)	Standart Gerilme (kgf/cm ²)	Standart yük (kgf)
2,54	70,4	1362,6
5,08	105,6	2034,9
7,62	133,7	2587,7
10,16	161,9	3133,5
12,7	183	3541,9

CBR deneyinde kullanılacak numune optimum su içeriğinde hazırlanmakta olup numuneye ait optimum su içeriği standart (ASTM D698) veya değiştirilmiş (ASTM D1557) proctor deneyi ile bulunmaktadır. Standart ve değiştirilmiş proctor deney şartları Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3.Standart ve değiştirilmiş proctor deney şartları [4]

Deney Yöntemi	Vuruş sayısı (N)	Tabaka sayısı	Rammer (kg)
ASTM D698 (Standart proctor deneyi)	56	3	2,5
ASTM D1557 (Değiştirilmiş proctor deneyi)	56	5	4,5

CBR sayısı zemin kullanım alanına göre Çizelge 4’de sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmada zeminin kullanımı da yer almaktadır.

Çizelge 4. CBR sayısına göre zeminin sınıflandırılması [4]

CBR sayısı	Zeminin tanımı	Kullanımı	Sınıflandırılması	
			USCS	ASSHO
0 ile 3 arası	Çok kötü	Altyapı	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 ile 7 arası	Kötü-Orta	Altyapı	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 ile 20 arası	Orta	Alt temel	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 ile 50 arası	İyi	Temel-Alt temel	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
50'den büyük	Çok iyi	Temel	GW, GM	A1a, A2-4, A3

2.3. Deneyin Yapılışı

Deney iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama numunenin optimum su içeriğinin sıkıştırma deneyi ile bulunulması, ikinci aşama ise bulunan optimum su içeriği ile hazırlanan karışımların CBR değerlerinin bulunmasıdır.

Hazırlanan karışımın ağırlığı daima 5 kg olacak şekilde organik toprak içerisine atık strafor katılmıştır. Çalışmalarda, en büyük dane çapı 19 mm olan organik toprak ile çalışılmıştır. Hazırlanan karışım oranları ve miktarları Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. Hazırlanan organik toprak-atık strafor karışım oranları ve miktarları

Atık strafor karışım oranı (%)	Atık Strafor Miktarı (kg)	Organik Toprak Miktarı (kg)	Karışımın Toplam Ağırlığı (kg)
0	0,00	5,00	5
5	0,25	4,75	5
10	0,50	4,50	5
15	0,75	4,25	5
20	1,00	4,00	5

İlk aşamada optimum su içeriği değiştirilmiş proctor deneyi (ASTM D1557) [7] ile bulunmuştur. Karışımdaki su içeriğinin az veya çok olması CBR değerinin sağlıklı bir şekilde ölçülmesine

engel olmaktadır. Bu sebeple sıkıştırma deneyi ile optimum su içeriğinin bulunması CBR deneyi için büyük ölçüde önem arz etmektedir.

Sıkıştırılmış proctor deneyi için ilk önce atık strafor katılmayan 5 kg organik toprağa 150 ml su katılmak suretiyle karıştırılmış ve daha sonra moldun içerisine 5 tabaka olacak şekilde ve her bir tabaka rammer ile 56 defa vurulmak suretiyle sıkıştırılması sağlanarak yerleştirilmiştir. Ardından bu tabakalandırılmış ve sıkıştırılmış malzemenin alt, orta ve üst kısımlarından alınan numunelerin karıştırılması ile elde edilen karışımın su içeriği bulunmuştur. Su içerikleri yaş ağırlıktan, malzemenin etüvde kurutulmasından sonraki kuru ağırlığın çıkarılması ile hesaplanmıştır. Organik toprağın optimum su içeriğinin bulunması için her seferinde daha fazla su ilavesi ile toprak suya doyuncaya kadar aynı deney tekrarlanmıştır. Organik toprağın su içeriğinin bulunmasından sonra her bir atık strafor-organik toprak karışımının da optimum su içeriği aynı şekilde deney yapılarak bulunmuştur.

Optimum su içeriğinin tespit edilmesinin ardından ikinci aşamada CBR deneyi (ASTM D1883) [5] uygulanmıştır. Her bir karışım oranı için bulunmuş olan optimumsu içeriği ile tekrardan numuneler hazırlanmış ve basınç aygıtının altına konulmak suretiyle penetrasyon (batma) okumaları 0, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 ve 96 saat aralıklarla yapılmıştır.

3. Deney Sonuçları

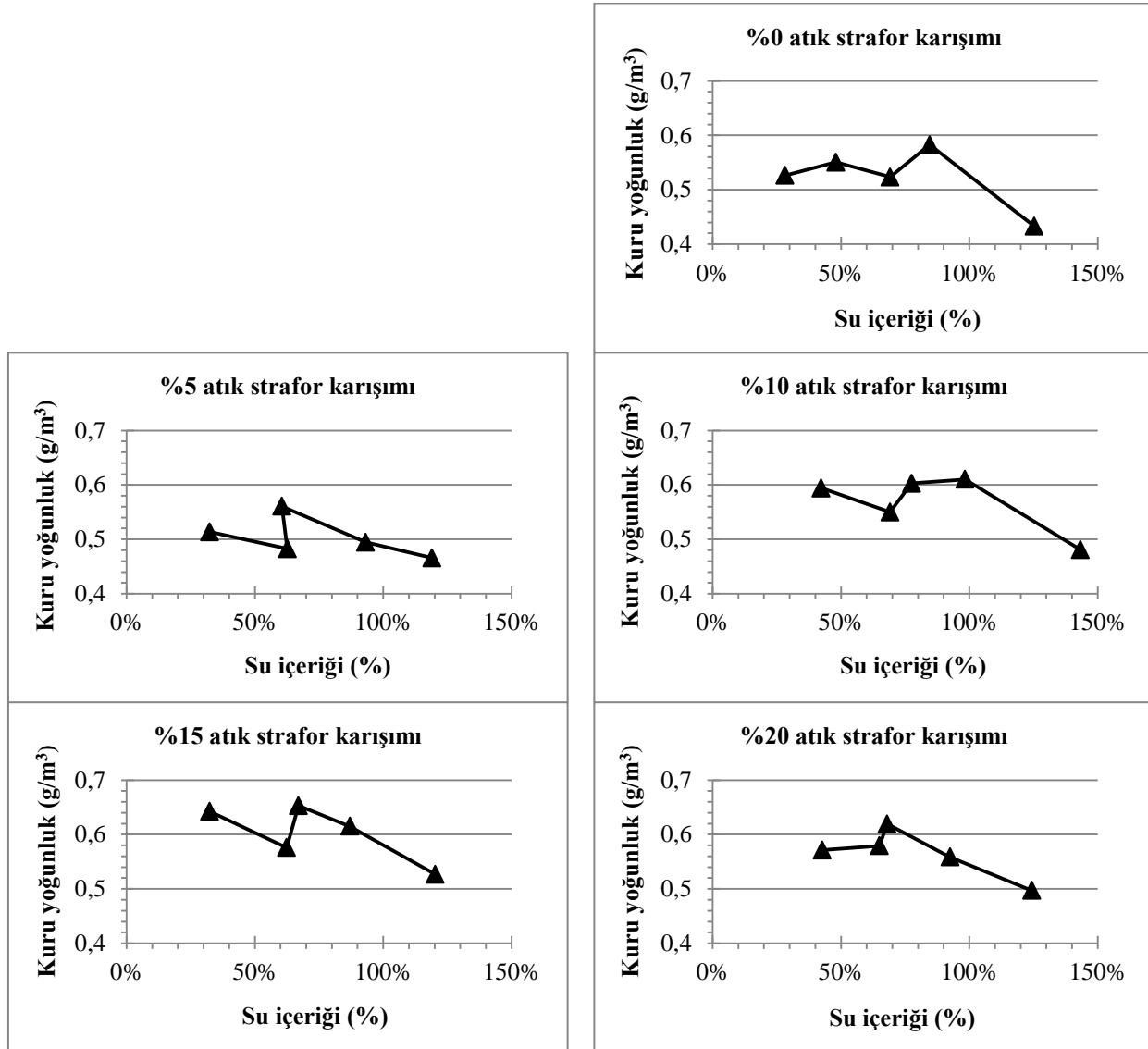
Belirli oranlarda hazırlanmış atık strafor-organik toprak karışımlarının değiştirilmiş proctor deneyi (ASTM D1557) sonucu bulunmuş olan optimum su içerikleri Şekil 4’de verilmiştir. Şekil 4’de verilmiş olan verilere göre bulunan optimum su içerikleri ise Çizelge 6’da verilmiştir.

Şekil 4 incelendiğinde atık strafor-organik toprak karışımlarının su içeriklerine göre kuru yoğunlukları düzenli bir seyir izlemediği görülmektedir. Bu sebeple artan strafor miktarının optimum su içeriği ile doğrusal bir bağlantısı bulunamamıştır. Her bir atık strafor-organik toprak karışımı için optimum su içeriğinin deneysel olarak bulunması gerektiği görülmüştür.

Çizelge 6’da verilen optimum su içeriği değerleri ile atık strafor-organik toprak karışımları yeniden hazırlanmış ve CBR deneyi uygulanmıştır. Optimum su içeriği ile hazırlanmış atık strafor-organik toprak karışımının penetrasyon-yük grafikleri Şekil 5’de verilmiştir.

Organik toprağa atık strafor malzemesi katılmadan yapılan penetrasyon-yük deneyinde yüklemenin 6kg altında olduğu gözlenmiş ve atık strafor malzemesinin %5, %10, %15 ve %20 oranlarında katılmasıyla beraber bu yüklemenin nihayetinde 20 kg üstüne kadar çıkabildiği görülmüştür.

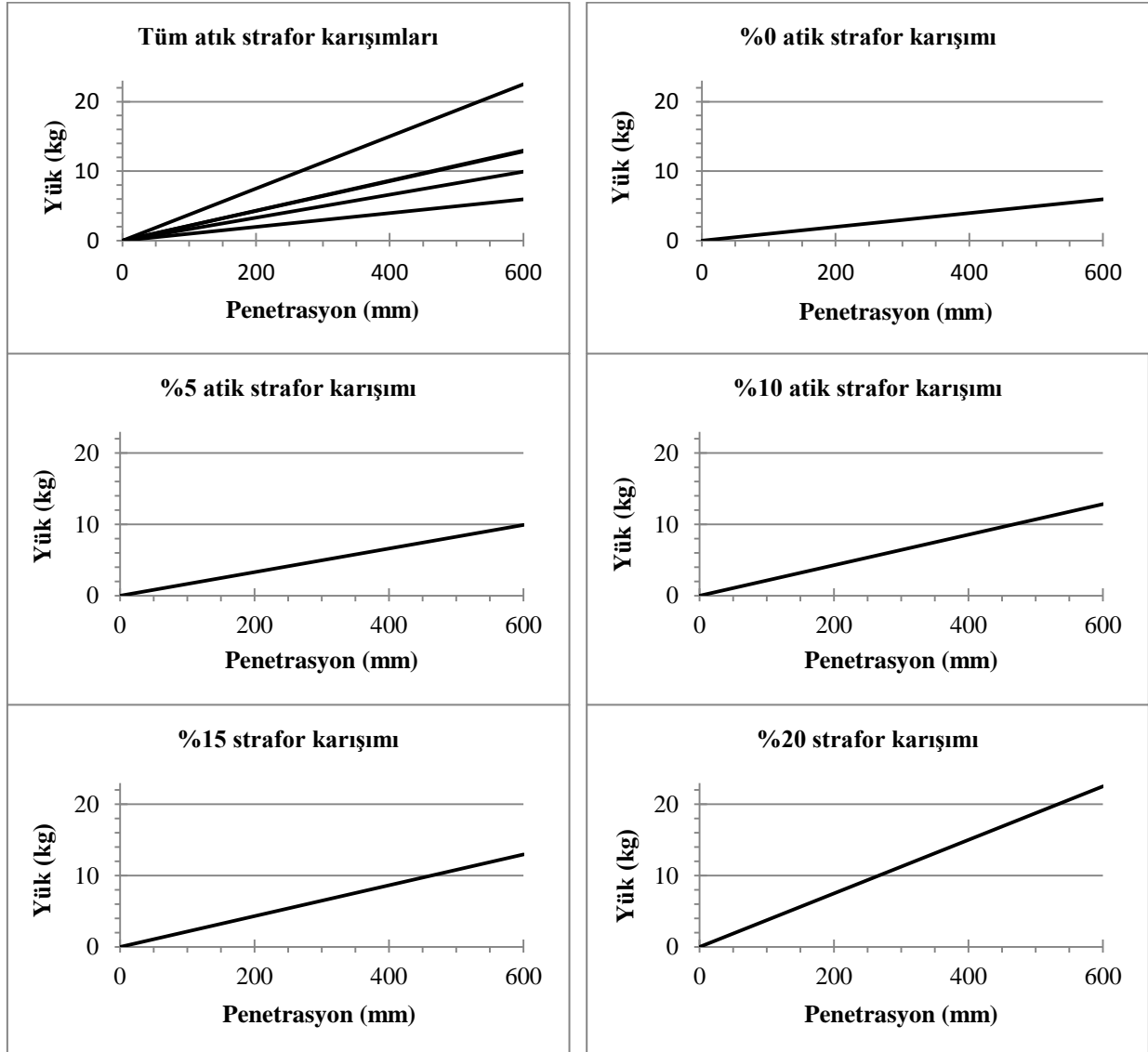
Yapılan CBR deneyi sonucunda strafor miktarının artmasıyla organik toprağın dayanımının arttığı gözlenmiştir. Penetrasyon(batma) miktarına bağlı olarak yapılan deneylerde strafor miktarının artışı standart gerilmeler ve yüklemelerin artmasına sebep olmaktadır. Organik toprağın zayıf özelliklerinden dolayı strafor malzemesinin katılmasıyla çok yüksek bir artış olmamakla beraber dayanımında bir artış olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Farklı oranlardaki atık strafor-organik toprak karışımlarının optimum su içeriklerinin bulunması

Çizelge 6. Farklı oranlardaki atık strafor-organik toprak karışımlarının optimum su içerikleri

Karışım oranı	%0	%5	%10	%15	%20
Optimum su içeriği	%85	%61	%77	%67	%68



Şekil 5. Optimum su içeriği ile karışımların basınç altındaki dayanımları

Sonuç ve Öneriler

Organik toprak içinde barındırmış olduğu bileşimlerden dolayı dayanım açısından zayıf olarak görülmekte olup zemin için tercih edilmemektedir. Dayanım özellikleri artırılabilirse zemin olarak kullanılabilir. Atık strafor da bir atık malzeme olup dayanımı yüksek bir malzemedir. Eğer atık strafor organik toprağın içerisine karıştırıldığında toprağın dayanımını artırır ise bu hem organik toprağın dayanımını artırmak hem de atık straforun geri dönüşümü için yeni bir yol bulunmuş olduğunu gösterecektir. Bu çalışmada organik toprak içerisine farklı oranlarda atık strafor katılarak dayanıma etkisi incelenmiştir.

Organik toprağın dayanımı basit ve kullanışlı bir yöntem olan Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) deneyi ile ölçülmüştür. Yapılan deneyler sonucunda organik toprağın içerisine atık strafor katılmasının toprağın dayanımına olumlu etkide bulunduğu, atık strafor miktarı arttıkça organik toprağın dayanımının da arttığı gözlemlenmiştir.

Çalışmaların devam ettirilip yeni deneyler yapılması ile organik toprağın içerisine atık strafor ilave edilmesinin hem organik toprağın dayanımının artırılmasında hem de atık straforun geri dönüşümünde yeni bir yol olacağına inanılmaktadır. İlerleyen çalışmalar ile atık straforun organik toprağın dayanımına etkisinin ayrıntılandırılması amaçlanmaktadır.

Kaynaklar

- [1] HuangPT, Patel M, Santagata MC, Bobet A. Classification of Organic Soils. FHWA/IN/JTRP-2008/2. USA, 2009. <http://goo.gl/1Z5d8D>
- [2] Elragi AF. Selected Engineering Properties and Applications of EPS Geofom. PhD Thesis. State University of New York College of Environmental Science and Forestry. NY, USA, 2000.
- [3] ASTM International. ASTM C578-14 Standard Specification for Rigid, Cellular Polystyrene Thermal Insulation. 2014. <http://doi.org/10.1520/C0578>
- [4] Aytekin M. Deneysel Zemin Mekaniği. Teknik Yayınevi. 2. Baskı. Ankara, 2004.
- [5] ASTM International. ASTM D1883-07e2 Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils. 2007. <http://doi.org/10.1520/D1883-07E02>
- [6] Yıldırım B. Kaliforniya Taşıma Oranının (CBR) Regrasyon Analizleri ve Yapay Sınır Ağları ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Niğde, 2009.
- [7] ASTM International. ASTM D1557-12 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m^{3http://doi.org/10.1520/D1557-12}