

Araştırma Makalesi

**FARKLI KOMPAKSİYON ENERJİLERİNDE KOHEZYONLU ZEMİNİN
SERBEST BASINÇ DAYANIMI TAHMİN EDİLMESİ**

¹Mehmet Fatih ALTAN, ^{2*}Osman KAYA ve ³Semih ŞEN

¹İstanbul Arel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

^{2*}İstanbul Arel Üniversitesi, İnşaat Teknolojisi Programı

³İstanbul Aydın Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

***Sorumlu yazar:** osmankaya@arel.edu.tr

Geliş Tarihi: 05.12.2024

Kabul Tarihi: 24.02.2025

ÖZ

Günümüz koşullarında geoteknik tasarımların hesaplanmasında zeminlerin kayma mukavemeti önemli rol oynar. Yapıların farklı oturmasında, zemin taneciklerinin homojen veya heterojen dağılımları, farklı kompaksiyon enerjileri uygulanarak kohezyonlu zeminin davranışları incelenmiştir. Serbest basınç deneyinde statik ve dinamik sıkıştırma uygulanarak kohezyonlu zemin üzerinde çalışma yapılmıştır. Kuru yoğunluk ile kayma mukavemetinin arasında bir ilişki söz konusudur. Statik sıkıştırma bizim saha ve laboratuvar arasındaki boşluğu kapatmak için yeni bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Statik sıkıştırmada yüksek kuru yoğunluğa ulaşırken, uygulanan enerji dinamiğe göre daha azdır. Sonuçlarda görüneceği gibi en yüksek kuru yoğunluk ve kayma mukavemeti arasında artan bir ilişki söz konusudur.

ANAHTAR KELİMELEER: Regresyon Analizi, Enerji, Dinamik ve Statik Sıkıştırma, Serbest Basınç Mukavemeti

**ESTIMATING THE FREE PRESSURE STRENGTH OF COHESIOUS SOIL AT
DIFFERENT COMPACTION ENERGIES**

ABSTRACT

In today's conditions, the shear strength of soils plays an important role in the calculation of geotechnical designs. Homogeneous or heterogeneous distribution of soil particles in different settlements of the structures and the behavior of cohesive soil by applying different compaction energies were investigated. In the unconfined pressure test, the study was carried out on the cohesive soil by applying static and dynamic compression. There is a relationship between dry density and shear strength. Static compression has emerged as a new method to bridge the gap between our field and laboratory. While achieving high dry density in static compression, the applied energy is less than in dynamics. As will be seen in the results, there is an increasing relationship between the highest dry density and shear strength.

KEYWORDS: Regression Analysis, Energy, Dynamic and Static Compression, Free Compressive Strength.

1.GİRİŞ

Kompaksiyon yapıya hasar verebilecek oturma miktarını azaltmada hidrolik geçirgenliği azaltıp zeminin taşıma gücünün artmasını sağlamaktadır. Zeminin mukavemetini arttırarak şev stabilitesi iyileştirmekte yol, baraj, tren yolu dolguları ve su tutma gibi yapıları iyileştirmede önemli rol oynar. Kompaksiyon ince ve iri

daneli zeminlerde zemine mekanik bir enerji uygulayarak zemin ve kayaların sıkışmasıdır. Kompaksiyon arazide belirli tip ağırlıkta silindirin, belirli bir zemin üzerinde geçiş sayısı yaparak belirlenir. Laboratuvarda statik vibrasyonlu darbeli dinamik veya yoğurmalı kompaksiyon deneyleri uygulanır. Sıkıştırma zeminin su muhtevasına, zeminin cinsine (kil. Silt vs.), kuru yoğunluğuna ve sıkıştırma enerjisine bağlıdır. Proctor' a göre enerji her katmanda aynı şekilde dağıtıldığını söylemiştir (Proctor, 1933). Kompaksiyonda zeminin kuru yoğunluğuna denk gelen su muhtevaları arasında bir ilişki kurulurdu ve bu deneyi minimum 5 kere yaparak tepe noktasına ulaşmadan öncesini ve sonrasını göstermek istedi ancak enerjinin her katmanda aynı dağıtılmadığını alt katmanlara doğru enerjinin arttığını söyleyen Hafez ve Doris Armani bunu formüller hale getirdi (Hafez M.A.& Doris Asmani M.Y,2010).

Serbest basınç deneyi farklı kompaksiyon enerjileri uygulanarak sıkıştırılır. Statik sıkıştırma ve dinamik sıkıştırma metotları birbirine benzerdir ancak statik sıkıştırma yöntemi sıkıştırılan kohezyonlu zemin numunesi dinamik dinamik sıkıştırma numunesine kıyasla optimum su muhtevası düşmüş maksimum kuru birim hacim ağırlık artmıştır. Statik sıkıştırılan zemin numunesi dinamiğe kıyasla daha homojen daha güçlü ve daha az plastik olarak belirlenmiştir.

Daha düşük boy kısaltmalarında kırılarak daha yüksek serbest basınç mukavemeti sağladığı ifade edilmiştir. Statik sıkıştırma testinde birim hacim başına belirli bir miktar enerji verilir. Hidrolik pompa kullanarak aşamalı olarak yukarı doğru statik bir kuvvet uygulanır (Reddy and Jagadish 1993).

Dinamik kompaksiyon enerjisi sabit bir enerjidir, bunun sebebi bulunan tokmağın ağırlığı, bırakıldığı yükseklik, vuruş sayısı, tabaka sayısı ile doğru orantılıdır ancak zemin numunesinin hacmi ile ters orantılıdır. Statik daha hızlı ve kolay olmasından son yıllarda daha çok tercih edilmektedir (Azam & Cameron ,2013).

Serbest basınç deneyi hızlı ve kolay olmasından dolayı daha çok tercih edilir. Zeminin maksimum gerilmesi mohr dairesinde hesaplanır. Deney gerilme kontrolü ve deformasyon üzerine yapılır. Serbest basınç deneyi 3 eksenli deneyin drenajsız ve konsolidasyonsuz (UU) özel bir çeşit olarak nitelendirilir. Kayma gerilmesi normal gerilmenin yarısına denk gelecek şekilde hesaplanır (Satı, 2016).

Serbest basınç dayanımı taşıma gücü hesabında önemli rol oynar. Zeminin ne kadar basınca maruz kalacağına bunu düşük maliyetle hesaplamak için gereken bir uygulamadır. Artık son zamanlarda geliştiren lineer regresyon analizleri sayesinde bunu hesaplamak mümkündür (Hüseyin ,2017) Ancak ne kadar çok deney yapılırsa sonuçlar o kadar doğru olur.

Arazide yapılan deneyde enerjinin artışı belli bir sınırdan itibaren zorlanırsa artan kuru yoğunluktan dolayı zeminde geçirgenlik azalır bu yüzden zeminin kabarma potansiyelinde artış görülür. Enerji artışı sonucunda zeminin basınç dayanımı, kuru yoğunluğu ve deplasmandaki artış gözüktür (Sadam ,2017).

Kohezyonlu numuneler ince kum içeriğinde sahip olabilirler. Bizim araştırmamızda ince kuma sahip ancak %50 oranını geçmeyecek şekilde tasarlanmıştır. Deney ASTM standartlarına göre Malezya'da 7 farklı bölgelerden alınan numuneler üzerinde yapılmıştır. Numuneler 50mm-100mm yapılmıştır. Yine Türkiye'de kohezyonlu kil zemin üzerinde 38mm,44mm ve 50 mm için serbest basınç dayanımı yapılmış ve maksimum dayanımlar hesaplanmıştır.

2.MALZEME VE METOT

2.1 Zemin türü ve Deney standartları

Kil (C), Silt (M), Kum (S) ve Çakıl (G) üzerinde kompaksiyon mevcuttur. Zeminimiz kohezyonlu yani silt, kil ve %50 geçemeyecek kum içeriğine sahiptir. Yapılan deney drenajsız ve konsolidasyonsuz yani yanal basınçları sıfır olacak şekilde tasarlanmıştır. Basınç veya kayma mukavemetinin bulunabilmesi için kesme kutusu, Serbest basınç, 3 eksenli ve Vane kesme deneyi yapılır. Kesme kutusu ve Vane deneyleri nede kayma mukavemeti doğrudan bulunur. Serbest basınç ve 3 eksenli basınç deneylerinde ise kayma mukavemeti dolaylı yoldan bulunur.

A- Kesme kutusu deneyi: Killer için boşluk su basıncı oluşmayacak şekilde oluşur. Genellikle yavaş drenajlı deneyler bu deneyle yapılır. Kesme kutusu deneyi ucuz basit ve hızlı bir deneydir.

B- 3 Eksenli basınç deneyi: Deney drenajlı ve drenajsız olarak 2 aşamalı yapılır. Numune üniform gerilme ve şekil değiştirmelere mağrur kalır. Amaç arazi koşullarına uygun yükleme ve drenaj yapabilmektir.

C- Serbest basınç deneyi: Serbest basınç deneyi 3 eksenli deneyin özel halidir. Yanal yükleme olmayıp sadece düşey yük uygulanır. Deney doymun ve doymuna yakın kil numuneleri üzerinde yapılır.

D- Vane deneyi: Arazide zeminin içerisine batırılıp kesici kanatlı kısım zeminin direncine karşı koyarak burulma momenti oluşturur ve böylece kayma mukavemeti ayarlanır.

2.2 Yönetmelikler

TS 1900-2 Serbest (tek eksenli) basınç dayanımının tayini

Kohezyonlu zeminlerde 50 mm çapında, L/D oranı 2, doymun zeminlerde gerekirse çapı 38 mm olan numuneler üzerinde gerçekleştirilebilir ancak kumlu zemin için çap uygun değildir. Maksimum 10 dk. ve boy kısalma oranı %20 geçmeyecek şekilde deney sonuçlanır.

ASTM D2166-00 ‘Standart Test Method for Unconfined Compressive Strenght of Cohesive Soil ‘

Drenajsız ve kondosolidasyonsuz zemin numunesi minimum 32.02 mm çapında ve 2 - 2.5 arasında L/D oranında tam daire silindir numune alınır. Deney maksimum 15 dk ve boy kısalması %15 geçtiği durumda deney sonlandırılır.

2.3 Deney hazırlanışı

Deney de iki farklı yöntemle sıkıştırılan numuleri basma presinde ölçmek için: Statik kompaksiyon için hazırlanmış kohezyonlu zemini alıp 0,01g hassas teraziye koyup ağırlıklarını ölçtük ondan sonra etüvde 24 saat boyunca 105°C kuruttuktan sonra su muhtevasını ve kuru yoğunluğunu hesaplarız. (50 mm*100 mm) hazırlanmış kaplar yağlandıktan sonra zemin numuleri kaplara konur sonra hidrolik basma presiyle basılır belli bir yerden sonra ters çevrilir diğer kısım sıkıştırılır. Sıkıştırılan numune serbest basınç dayanımı ölçmek için uygun hale gelmiş olur. Dinamik kompaksiyonda zemin numune hazırlanması aynı statik sıkıştırmadaki gibi hazırlanır ancak 3 tabaka halinde olan kalıp yağlandıktan sonra 30 cm yükseklikten 2,5 kg ağırlığında tokmak yardımıyla 25 vuruş yapılır. Bu aşama 3 tabaka için ayrı ayrı yaptık. Sıkıştırılan numune serbest basınç için hazır hale geldi. Serbest basınç dayanımı ölçmek için iki farklı yöntemle sıkıştırılan zemin numuleri kaplardan çıkartılır. Alt ve üst kısımları plakalara sıkıştırılır ve komparatör aleti sıfır olacak şekilde ayarlanır. Yükleme yapılmaya başlar başlangıç olarak 50 Mpa ,100Mpa ve 150Mpa artış yaparak arttırılır.

3.ARAŞTIRMA VE BULGULAR

3.1 Zeminin Özellikleri

Tablo 1. Kohezyonlu zemine ait fiziksel özellikler

ZEMİN NUMULERİ		A	B	C	D	E	F	G
LİKİT LİMİT	W _L (%)	26	26	39	48	37	57	55
PLASTİK LİMİT	W _P (%)	19	20	25	32	25	34	31
PLASTİK İNDEKS	I _P (%)	7	6	14	16	12	23	24
ZEMİN SINIFLARI		ML	ML	CI	MI	MI	CH	MH
YOĞUNLUKLARI		2. 61	2.61	2.62	2.68	2.67	2.71	2.72
	ÇAKIL (%)	0	0	0	0	0	0	0
	KUM (%)	37.20	39.30	8.30	24.20	28.20	1.70	15.90
	SİLT (%)	50.43	49.44	44.21	47.96	53.10	47.16	44.47
	KİL (%)	12.30	11.20	47.50	27.80	18.70	51.10	39.70

Yedi çeşit zemin numunesinin ASTM 854-92 göre özgül ağırlıkları 2,6-2,7 arasında yumuşak kum olarak sınıflandırılmıştır. F zemini ile G zeminin 2,71 ve 2,72 olarak bulunmuş ve ince daneli olarak sınıflandırılmıştır. Zeminlerin Atterbeg limitleri ayrı ayrı test edilmiş ve A hattının altında mı yoksa üstünde mi kontrol edilmiş ve C ve F zeminleri hattın üstünde yer almıştır çünkü kil oranları silt oranına göre fazla çıkmıştır. Likit limitleri %35 ‘nin altında, %50 ile arasında ve %50 üstünde olarak plastik özellikleri düşük (L), orta (I), yüksek (H) olarak sınıflandırılmıştır. Zemin numuleri ayrı şekilde elekten geçerek ölçülmüş ve çakıl tespit edilmemiş. Eğer tek başına kum olsaydı zemin daneleri ayakta duramazdı o yüzden özgül yoğunluğu arttırmak ve daha fazla dayanım sağlamak için ekledik.

3.2 Standart Proctor ve Standart Statik sıkıştırma sonuçları

Tablo 2. Standart proctor deneyinde maksimum kuru yoğunluk ve optimum su muhtevası ilişkisi

ZEMİN NUMULERİ	A	B	C	D	E	F	G
ZEMİN SINIFLARI	ML	ML	CI	MI	MI	CH	MH
MAKSİMUM KURU YOĞUNLUK (Mg/m ³)	1.78	1.74	1.73	1.62	1.67	1.51	1.59
OPTİMUM SU MUHTEVASI (%)	15.97	16.31	16.96	20.97	17.00	26.10	21.10

Killi C ve F zeminde kıyaslandığında şunu çıkartabiliriz. Yüksek plastisiteli olduğunda daha düşük kuru yoğunluk ve daha yüksek su muhtevasına ulaşılabiliyor.A, B, C zeminlerinde aynı yoğunlukta ve aynı su muhtevasını oluşturmuştur çünkü bu üç zemin aynı yerden alınmıştır. D ve E zemini aynı yerden alınmasına rağmen farklı bulunmasında likit limit faktörü büyük rol oynamıştır.

Tablo 3. Statik sıkışma deneyinde maksimum kuru yoğunluk ve optimum su muhtevası ilişkisi

ZEMİN NUMULERİ	A	B	C	D	E	F	G
ZEMİN SINIFLARI	ML	ML	CI	MI	MI	CH	MH
MAKSİMUM KURU YOĞUNLUK (Mg/m ³)	1.84	1.86	1.74	1.7	1.87	1.68	1.84
OPTİMUM SU MUHTEVASI (%)	14.45	14.32	15.02	18.54	13.98	20.08	14.72

Kuru yoğunluklar artmasında ve su muhtevalarını azalmasında uygulanan sıkıştırma yönteminin büyük bir önemi vardır. Standart proctorla kıyaslandığında daha fazla yoğunluk ve daha düşük su muhtevası elde edilmesinde uygulanan enerji ve enerjinin ettiği yüzeyin önemi vardır.

3.3 Kompaksiyon enerjisi

Tablo 4. Standart ve Proctor kompaksiyona göre enerji dağılımları

ZEMİN NUM.	ZEMİN SINIFI	KOMPAKSİYON YÖNTEMİ	ENERJİ (kJ/m³)
A	ML	SSPP	538.96
		Standard Proctor	597
B	ML	SSPP	544.48
		Standard Proctor	597
C	CI	SSPP	500.63
		Standard Proctor	597
D	MI	SSPP	287.45
		Standard Proctor	597
E	MI	SSPP	285.35
		Standard Proctor	597
F	CH	SSPP	527.70
		Standard Proctor	597
G	MH	SSPP	342.01
		Standard Proctor	597

Sıkıştırma enerjisi yoğunluk ve su muhtevasını etkileyen ana unsurlardan biridir. Statik paketleme de enerji zeminin özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Standart proctor da Proctor (1933) te kendi geliştirdiği formül sayesinde aynı yükseklik, aynı tokmak ağırlığı, aynı vuruş ve aynı kap ile bir formül üretmiş ve 597 kJ/m³ olarak bulmuştur. Statik paketlemede bu sayı sabit değil bir aralık olarak bulunur. Düşük siltli zeminlerde ve killi zeminlerde yüksek çıkmıştır. Bu zeminler daha kohezyon yapıya sahip olarak kompakt yapı elde etmiştir.

3.4 Serbest basınç deneyi ve kayma mukavemeti

Tablo 5. Standart ve Proctor kompaksiyona göre kayma dayanımları

ZEMİN NUM.	ZEMİN SINIFI	SIKIŞMA YÖNTEMİ	KAYMA DAYANIMI (kPa)
A	ML	SSPP	363.25
		Proctor	327.00
B	ML	SSPP	259.00
		Proctor	115
C	CI	SSPP	546.90
		Proctor	204.5
D	MI	SSPP	380.35
		Proctor	176.35
E	MI	SSPP	267.20
		Proctor	115.05
F	CH	SSPP	529.00
		Proctor	489.5
G	MH	SSPP	393.35
		Proctor	116.5

Kesme dayanımlarını etkileyen numunenin başlangıçtaki boşluk oranı ve su muhtevası oranıdır. Standart paketleme Standart proctora kıyasla daha yüksek kesme dayanımı vermiştir. Bu kesme dayanımları mohr çemberi üzerinden hesaplanmış ve tablo haline getirilmiştir. A ve B zeminleri kompaksiyon enerjileri yakın iken kesme dayanımları farklılık göstermiştir. F numunesi yüksek enerjili ve yüksek kesme dayanımına sahip olmasının nedeni ince daneli kohezyonlu ve kum oranı az ve homojen yapıya sahip olması. Ancak bu özelliklere sahip olmayan zeminlerde enerjiler ve dayanımla farklılık göstermiştir. Yapılan deneyde Statik eksenel gerilmedeki başarısızlık %6 iken, Proctrorda bu değer %8,8 kadar çıkmıştır. Statik paketleme Proctora göre

eksenel gerilme başarısızlık oranı daha düşüktür çünkü numune plastik hale geçiş yapmış olup belli bir süneklik gösterir. Zemin üzerinde yapılan testlerde dinamik için gereken enerji fazla iken statikte daha azdı ancak sonuçlara bakıldığında kuru yoğunluk dinamikte az sonuçlandı. Burada uygulanan enerjini doğru bir şekilde dağıtılmadığından yani homojenlik özelliği az olduğundan enerji boşluklara iletilmektedir. Ancak enerji tanecikler üzerine etki etseydi daha yoğun bir hale gelirdi. Bir yol döşemesine yükleme yapılsaydı statik davranışta başarısızlık hızlı ve kısa sürede gerçekleştiğinden elastik bir davranış sergilemektedir. Bu nedenle alt tabakanın hızlı bir biçimde eski haline dönmesi mümkün olabilecekti.

3.5 Zeminin özellikleri

Sadece killi zeminler üzerinde olsan nasıl olurdu?

Tablo 6. Killi zeminin özellikleri ve sınıfları

Zemin Adı	Dane b.h.a (kN/m³)	Optimum Su Muhtevası (%)	Plastik Limit (%)	Plastisite İndisi (%)	Zemin Sınıfı
Aliağa Kili	26,2	33	34	62,2	CH
Eşen Kili	27,2	34	30	74,30	CH
Mavi Kil	27,6	21	21	35,6	CH
Burdur Kili	27,3	24	19,5	27,2	CL
İstanbul Kili	28,4	32	24	60	CH

Bütün killer yüksek plastisiteli iken Burdur kili düşük plastisitelidir bunun böyle olmasında plastik özelliğin az olması önemli rol oynamıştır. Bu numunelerin optimum su muhtevası daha önceden hazırlanan kompaksiyon yönteminden hesaplanmış ve maksimumu veren statik sıkıştırmada çıkan değeryazılmıştır.

Tablo 7. Statik ve dinamik kompaksiyona göre max dayanımları

Zemin Adı	L / D Oranı	Zemin Sınıfları	Max statik Dayanımı (Kpa)	Max dinamik Dayanımı (kPa)
Aliağa kili	2	CH	253,81	288,29
Burdur kili	2	CL	276,6	256,31
İstanbul kili	2	CH	306,51	289,27
Mavi kili	2	CH	276,44	492,37

Deney sonucunda statik ve dinamik basınç dayanımları birbirine yakın çıkmış. Ancak Aliağa kilinde statik dayanım dinamik dayanıma göre farklılık göstermiş ve büyük çıkmıştır bu deneyi yapanlar bunun sebebinin Aliağa kilinde yaklaşık %15 varan kum var demıştır. Bu deneyde asıl amaç Su muhtevasının plastik limit üzerinde veya altında nasıl etki ettiği ve örnek olarakta basınç dayanımlarının karşılaştırılması istenmiştir. Dinamik ve statik dayanım arasında fark oluşmaması iki zeminin birbirine yakın özelliklerde olması veya su muhtevası ile plastik indisi arasındaki ilişki neden olmuştur. Elde edilen değerler farklı boyutlardaki numuler üzerinde uygulanmıştır. 38 mm, 44 mm, 50 mm için ayrı yarı yapılmış ve değerler tabloya işlenmiştir. Sabit boy/çap seçilmiş çünkü yönetmelikten çekilen ve sık sık kullanılan oran kabul edilen bu oranı kullanmıştır. Bu değerlerin değişmesinde zemini iyi analiz edemediğizden ya da zemin sırasında yapılan hesaplamalarda sonuç doğurabilir.

4. SONUÇ

Serbest basınç dayanımında 50mm çapında 100mm yüksekliğinde 7 farklı zemin türü üzerinde uygulama biçimine göre değişik bilgiler elde ettik. Statik ve dinamik sıkıştırma yöntemlerinde zemin numuleri farklı enerjilere maruz kaldılar. Statik kompaksiyonda zemine dayanan enerji miktarı ve nem içeriği inceledik. Statik kompaksiyonda enerji 285.35 kJ/m^3 ile 544.48 kJ/m^3 arasında iken dinamik kompaksiyonda Proctor (1933) teki temel formüle göre 597 kJ/m^3 sabittir. Statik sıkışmada kuru yoğunluk dinamiğe kıyasla daha fazla çıktısındaki sebep zemin numunesinin daha kompaktlaştırılmıştır. Statik sıkışmada hava yüzdesi dinamiğe göre azdır çünkü su muhtevası oranı azalma göstermektedir su yerine hava girecektir.

Kuru yoğunluk her iki sıkıştırma yönteminde farklılık gösterir ancak C zemini için aynı şey söylenemez zemin sıkıştırılırken kuru yoğunluk statikte daha fazla çıktığından yapılan deney başarılı olarak kabul edilmiştir. Mukavemetleri statik sıkıştırmada daha fazla kuvvete maruz kaldılar bunu sebebi daha sık olan zemin hava boşlukları dışarı çıkarak plastik davranışa geçiş yapmıştır. Plastik özellikler fazla olan C ve F kil zeminlerinde daha fazla sonuç elde edildi sebebi ise zemindeki kum oranı az olduğundan zemin daha çok kohezyonlu hala gelmiştir. Statik basınçta enerji yüksek değerlere kadar çıktı.

Dinamikte maksimum %15 kadar dayanıp sonra plastik davranışa geçerken statikte max %10 eksenel gerginliğe ulaştı. İki numune karşılaştırıldığında maksimum kuru yoğunluk statik fazla gelmiştir. Su muhtevası daha düşük çıkmıştır. Zeminin plastikliği arttığına bu fark daha fazla açılmıştır. İki çalışmada da zeminlerin farklı kompaksiyon enerjilerinde farklı sonuçlar elde ettik bu sonuçlar neticesinde uygun veya uygun olmayan bir zemin elde ettik. Eğer bir yapı yapsaydık nasıl bir oturma yapardı zemin ya da zemin üstüne gelen dayanımı doğru iletemediğinden yıkılmaya, çatlamaya veya korozyon vs. gibi sorunları ortaya çıkarartacaktı. Ancak bu sayede önlem almış olurduk.

Zeminin kuru yoğunluğa göre hesabı maksimum taşıyabileceği dayanım ölçmek içindir. Maalesef bu anlayış yanlıştır çünkü şu anki yapılan yapılarda drenaj yüksekliği, sondaj kuyuları veya yer altı su seviyesi doğru hesaplanmıyor. Bundan kaynaklı kuru yoğunluk yerine ıslak bir zeminin yoğunluğu hesaba katılarak yüksek su muhtevaları elde ediyoruz belli bir dereceden sonra bu hasar olarak geri dönüyor. Farklı kompaksiyon enerjisi aslında buna örnektir bina ya da yapımız herhangi yapıt zamanla ağırlaşarak yüksek oturma sağlayabilir ancak zemin buna dayanıklı mı yoksa değil mi bizim bunu ölçmemiz lazım işte bu yüzden bu deney buna bir örnektir.

KAYNAKÇA

1. Hafez, M.A.; Doris Asmani, M.; and Nurbaya, S. (2010) “Comparison between Static and Dynamic Compaction Methods”, *Electronic Journal Geotechnical Engineering (EJGE)*, Volume 15; pp: 1641-1650
2. B. V. Venkatarama Reddy and K. S. Jagadish, (June 1993) “The static Compaction of Soils”, *Geotechnical Journal*, The Institution of Civil Engineers London, Volume XLIII, number 2; pp: 337-341
3. Proctor, R.R. (1933) “Fundamental Principles of Soil Compaction”, *Engineering News Record*, Vol. 111
4. Satı, Y., (2016). Sıkıştırılmış İnce Daneli Zeminlerin Kayma Mukavemetinin Drenajlı Koşullarda İncelenmesi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
5. Aksoy. H. S. (2017). İnce daneli zeminlerin serbest basınç dayanımının istatistiksel yaklaşımla belirlenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt 6-2, 609- 614
6. Effect of Compaction Energy on Engineering Properties of Expansive Soil Pakistan: (2017). Retrieved from <http://www.civilejournal.org/index.php/cej/issue/view/25> (9 Kasım 2019)
7. Azam, A. & Cameron, D., (2013). Geotechnical Properties of Blends of Recycled Clay Masonry and Recycled Concrete Aggregates in Unbound Pavement Construction. *Journal of Materials in Civil Engineering*, pp. 25,6,788–798.
8. ASTM D 2166-00, “Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil. In: Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials”, West Conshohocken, pp 1–6.
9. TS 1900-2. (2006), ”İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri-Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, pp. 30-31, 55-59, Ankara.
10. Doris Asmani M.Y. ,Muhammed Hafeez A.J. (2017). LAP LAMBERT Acedemic Publishing is a trade mark International Book Market Service Ltd (Ed.), East Africa in a global world ..17 Melduium Street ,Beau Vassin71504,Mauritius.
11. Sıddıka Nilay K., & Recep A., (2018). “Kompaksiyon Yönteminin Kohezyonlu Zeminlerin Serbest Basınç Mukavemetine Etkisi”. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(2), 250 – 257.