

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ZEMİNLERİN ÖZELLİKLERİNİ UÇUCU KÜL
İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammad Babur NAZAROGHLU

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

Temmuz, 2019

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ZEMİNLERİN ÖZELLİKLERİNİ UÇUCU KÜL
İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammad Babur NAZAROGHLU
(Y1813.090010)

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Kaveh DEGHANIAN

Temmuz, 2019





T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı Y1813.090010 numaralı öğrencisi **Muhammad Babur NAZAROGHLU** ' nun "KİLLİ ZEMİNLERİN ÖZELLİKLERİNİN UÇUCU KÜL İLE İYİLEŞTİRİLMESİ" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 25.07.2019 tarih ve 2019/15 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından *günlüğü* ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak *Kabul* edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 30/07/2019

1) Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Kaveh DEGHANIAN

2) Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Saed MOGHIMI

3) Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Ali ETEMADİ

[Handwritten signatures of the members of the jury and the supervisor]

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans olarak sunduğum “Zeminlerin Özelliklerini Uçucu Kül Yöntemi ile İyileştirilmesi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim.
(30/07/2019)

Muhammad Babur NAZAROGHLU



ÖNSÖZ

Bana özel bir ruh verdiği için Allah'a sonsuz şükürler olsun. Her şeyden önce yüksek lisans tez çalışmam da bana yardım eden, ilgi ve yardımını esirgemeyen saygılı değer danışman hocam Dr.Öğr. Üyesi Kaveh DEGHANIAN'a yürekten teşekkürler ederim. Laboratuar çalışmamda yardım eden IAÜ zemin mekaniği laboratuvarı çalışmalarından Beste KOÇAK DİNÇ, Emrah ÇATILI ve Hakan Murat SOYSAL'a teşekkür ederim.

Çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen ve hayatımın her evresinde bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen çok değerli aileme ve yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarıma da teşekkürü bir borç bilirim.

Temmuz, 2019

Muhammad Babur NAZAROGHLU
İnşaat Mühendisliği



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
SEMBOLLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
ABSTRACT	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Araştırma Konusu	1
1.2 Stabilizenin Amacı	2
2. UÇUCU KÜLÜN TANIMI.....	3
2.1 Uçucu Kül Sınıfları	4
2.3 Genel İlit Kil Tanımı	6
2.3.1 Killerin minerolojik sınıflandırılması	7
2.3.1.1 İki tabakalı kil minerali	7
2.3.2 Killerin reolojik davranışları - Kolloidal Stabilitesi ve Zeta Potansiyel	8
2.3.3 Üç tabakalı kil mineralleri.....	9
2.3.3.1 İllit-Montmorillonit.....	9
3. KONUYA DAİR ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	11
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	15
4.1 Deneylerde Kullanılan Malzemeler	15
4.1.1 İllit kil malzeme	15
4.1.2 C tipi uçucu kül	16
4.2 Özgül Ağırlıkların Belirlenmesi.....	16
4.3 Deneyde Kullanılan Araçlar.....	17
4.3.1 Hesaplar.....	17
4.3.2 Elek analizi.....	18
4.3.3 Su içeriğinin Belirlenmesi.....	20
4.4.2 Atterberg sınırlarının belirlenmesi	20
4.4.2.1 Likit limit deneyi.....	20
4.4.3 Plastik limit deneyi.....	21
4.5 Standart Proktor Deneyi	22
4.6 Konsolidasyon Deneyi	24
4.6.1 Deneyde kullanılan araçlar.....	25
4.6.2 Üç eksenli basınç deneyi.....	26
4.6.3 Üç eksenli basınç deney seti teknik bilgileri.....	26
4.6.4 Hesaplamalar.....	27
4.7 Deneyin Amacı.....	28
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	31

KAYNAKÇA	35
EKLER.....	39
ÖZGEÇMİŞ.....	91



SEMBOLLER

c-φ	: Kohezyon – içsel sürtünme açısı
Ip	: Plastisite indisi
Kcal	: Kilo kalori
kg	: Kilogram
kJ	: Kilo joule
km	: Kilometre
kPa	: Kilo pascal
mg/Nm³	: miligram / normal metreküp
qu	: Serbest basınç mukavemeti
wL	: Likit Limit
w_{opt}	: Optimum su muhtevası
wP	: Plastik Limit
γ_k	: Kuru birim hacim ağırlık
γ_{kmax}	: Maksimum kuru birim hacim ağırlık
ε	: Eksenel birim boy kısalması
μm	: Mikron metre



KISALTMALAR

AASHTO	: Amerikan Karayolları Sınıflandırma Sistemi
ASTM	: Amerikan Malzeme Test Birliği
B.H.A.	: Birim Hacim Ağırlık
BDT	: Bağımsız Devletler Topluluğu
DKUK	: Düşük Kireçli Uçucu Küller
LL	: Likit Limit
OMC	: Optimum Su Muhtevası
PL	: Plastik Limit
TS	: Türk Standartları
UCS	: Serbest Basınç Dayanımı
UK	: Uçucu Kül
USCS	: Birleşik Zemin Sınıflandırma Sistemi



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1:	Türkiye'deki bazı uçucu küllerin mineralojik kompozisyonları	4
Çizelge 2.2:	TSE ve ASTM'ye Göre Uçucu Küllerin Kimyasal Özellikleri.....	5
Çizelge 2.3:	ASTM-C 618'e Göre C ve F Sınıfı Uçucu Kül Ağırlıkça Bileşen Yüzdeleri	6
Çizelge 4.1:	İllit kil özellikleri	16
Çizelge 4.2:	Özgül Ağırlıkların Ortalaması	18
Çizelge 4.3:	Elek Analizi Yöntemi Tarama Testi	19
Çizelge 4.4:	Deneydeki numunelere ait kıvam limitleri	22
Çizelge 4.5:	Farklılık konsolidasyon sonuçlarını harmanlamaktadır	26
Çizelge 4.6:	Farklı karışımlarına ait Uç eksenli basınç dayanımı sonuçları.....	28
Çizelge 5.1:	illit Kil numunesinin üzerinde yapılan deney sonuçları	31
Çizelge 5.2:	Uçucun kül numunesinin özellikleri ve sonuçları	31
Çizelge 5.3:	Özgül Ağırlıkların Ortalaması	32
Çizelge 5.4:	likit limiti ve plastik limit testi sonuçları.....	32
Çizelge 5.5:	Farklı karışımlarına ait Uç eksenli basınç dayanımı sonuçları.....	32
Çizelge 5.6:	Farklılık konsolidasyon sonuçlarını harmanlamaktadır	33
Çizelge 5.7:	Konsolidasyon deneyi oturması	33
Çizelge A.1:	Özgül Ağırlıkların Belirlenmesi deneyi ile grafikleri (kil numunesinde gerçekleştirilen) I	41
Çizelge B.1:	Elek analizi deney raporu	43
Çizelge C.1:	Atterberg sınırlarının sonuç belirlenmesi ve grafi (illit kil numunesinde).	45
Çizelge C.2:	Atterberg sınırlarının sonuç belirlenmesi ve grafi (illit kil ve kül numunesinde).	47
Çizelge C.3:	Atterberg sınırlarının sonuç belirlenmesi ve grafi (kil ve Uçucu kü numunesinde gerçekleştirilen).....	49
Çizelge C.4:	Atterberg sınırlarının sonuç belirlenmesi ve grafi (kil ve Uçucu kü numunesinde gerçekleştirilen).....	50
Çizelge C.5:	Atterberg sınırlarının sonuç belirlenmesi ve grafi (kil ve Uçucu kü numunesinde gerçekleştirilen).....	51
Çizelge C.6:	Atterberg sınırlarının sonuç belirlenmesi ve grafi (kil ve Uçucu kü numunesinde gerçekleştirilen).....	53
Çizelge D.1:	Standart proktor deney sonuçları ile grafikleri ve optimum su muhtevasi.....	55
Çizelge F.1:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).....	57
Çizelge F.2:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).....	60
Çizelge F.3:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).....	63
Çizelge F.4:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).....	66

Çizelge F.5: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).	69
Çizelge F.6: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).	72
Çizelge K.1: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).	75
Çizelge K.2: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).	78
Çizelge K.3: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).	81
Çizelge K.4: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).	84



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1:	Çatalağzı uçucu külünün yüzey yapısı a) Taneciklerin genel olarak dağılımı (x500), b) Senosferler ve köşeliyapılar (x1500), c) ve d) Tam küresel ve yüzeyinde kısmen birikintiler olan tanecikler	3
Şekil 2.2:	Bentonit Tedavisi Kaolinit-Halloysit	8
Şekil 2.3:	Zetapotansiyal Bentonit Tedavisi	9
Şekil 4.1:	C Tipi uçucu kül.	16
Şekil 4.2:	Kil malzemenin dane boyutu dağılım eğrisi	19
Şekil 4.4:	Likit Limit Deneyi	21
Şekil 4.5:	Plastik limit deneyinin yapılışı.	22
Şekil 4.6:	Sıkıştırılmış bir zeminde kuru ağırlık ve su Muhtevası	23
Şekil 4.7:	Standart proktor deney düzeneği	24
Şekil 4.8:	Konsolidasyon aletleri	25
Şekil C.1:	Likit limit ve plastik limit deney grafiği	46
Şekil C.2:	kil ve %10 uçucu kül likit limit ve plastisite grafiği	48
Şekil C.3:	kil ve %10 uçucu kül likit limit ve plastisite grafiği	49
Şekil C.4:	kil ve %15 uçucu kül likit limit ve plastisite grafiği	50
Şekil C.5:	kil ve %20 uçucu kül likit limit ve plastisite grafiği	52
Şekil C.6:	kil ve %25 uçucu kül likit limit ve plastisite grafiği	54
Şekil D.1:	Standart proktor ve optimum su muhtevasi grafiği	55
Şekil F1.1:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #1	57
Şekil F1.2:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri # 2	58
Şekil F1.3:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #3	59
Şekil F2.1:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #1	60
Şekil F2.2:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #2	61
Şekil F2.3:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #3	62
Şekil F3.1:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #1	63
Şekil F3.2:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #2	64
Şekil F3.3:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #3	65
Şekil F4.1:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #1	66
Şekil F4.2:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #2	67
Şekil F4.3:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #3	68
Şekil F5.1:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #1	69
Şekil F5.2:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #2	70
Şekil F5.3:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #3	71
Şekil F6.1:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #1	72
Şekil F6.2:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #2	73
Şekil F6.3:	Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #3	74
Şekil K1.1:	Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #1	75
Şekil K1.2:	Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #2	76
Şekil K1.3:	Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #3	77

Şekil K2.1: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #1	78
Şekil K2.2: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #2	79
Şekil K2.3: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #3	80
Şekil K3.1: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #1	81
Şekil K3.2: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #2	82
Şekil K3.3: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #3	83
Şekil K4.1: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #1	84
Şekil K4.2: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #2	85
Şekil K4.3: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #3	86
Şekil K5.1: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #1	87
Şekil K5.2: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #2	88
Şekil K5.3: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #3	89



ZEMİNLERİN ÖZELLİKLERİNİ UÇUCU KÜL İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

İnşaat projelerinde zemin tespiti eksikliğinden dolayı, birçok sorunlar yaşanmaktadır. Zemin stabilizasyonunun temel amacı, en azından zemin kalınlığına ve kaynağına gerekli direnci sağlamaktır. Zemin stabilizasyon yöntemleri inşaat mühendisliğinde kullanılan malzemelerin kalitesinin iyileştirilmesi için kullanılır, böylece kullanıma uygun özelliklere sahip malzemeler elde edilir. Bu çalışmanın amacı, zemin iyileştirme ve stabilizasyon yöntemlerinden biri olan uçucu külün kullanılmasıdır. Sonuçlar, uçucu külün problemlili zeminlerin stabilize etmesi için kullanılan malzemelerden biri olduğunu göstermektedir. Uçucu kül aynı zamanda kumlu katmanların stabilize etmesi için de kullanılır. Tipik olarak, kumlu, çamurlu ve kil zeminler gibi her tür zemin sınıfında kullanılabilir. Kumulu zeminleri stabilize etmek için uçucu kül uygulaması zemin direncini artırır. Uçucu küllün etkisi neticesinde iyileştirilmiş zeminlerin mekaniksel davranışının araştırılması için illit kili kullanılmıştır. Bu çalışmada kül-kil karışımının üzerinde konsolidasyon ve üç-eksenli deneyleri yapılarak ve sonuçlar killi zeminlerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmalarda kil ve uçucu külün elek analizi, kıvam limitleri (Atterberg Limitleri), piknometre ve standart proktor deneyleri, üç-eksenli ve konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Bunlara ek olarak uçucu kül ile kil numunesinin eşit miktarda, karışımın ağırlıkça % 0, % 5, % 10 % 15 % 20 ve % 25'i oranında karıştırılmıştır. Değişik oranlardaki karışım numunelerinde daha önce sözü geçen deneyler yapılarak deney sonuçları verilmiştir. Konsolidasyon deneyinin sonucunda %15 uçucu kül- kil karışımı en düşük konsolidasyon katsayısı ve permeabilite katsayısını vermektedir. Bu orandan büyük yüzdeler, sonucu değiştirmemektedir. Ayrıca, %5 uçucu kül ve kilin karışımı, zeminin sürtünme açısı ve mukavemetin artırılmasına neden olup ve bir pratik iyileştirme yöntemi olarak kullanılabilir. Laboratuvar deneylerine ilave olarak uçucu küllün kimyasal analiz sonuçları ile deneylerde kullanılan malzemenin fiziksel özellikleri de tez kapsamında sunulmuştur. Uçucu kül malzemesi endüstriyel bir atık olduğu için illit kil- kül karışımının maliyeti düşük olup, tezin konusu olan katkı maddesinin uygulanmasında bir engel yoktur. Zayıf zeminlerin uçucu kül illit kil yaparak ekonomik anlamda sağladığı avantajların yanı sıra, uygulama çevreye duyarlı olduğu için ülkemize önemli faydalar sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Zemin iyileştirme, Uçucu kül, Konsolidasyon deney, Üç eksenli basınç deney.*



IMPROVMENT OF SOIL CHARACTERISTICS USING FLY ASH

ABSTRACT

Due to the lack of soil detection in construction projects, many problems are experienced. The main purpose of soil stabilization is to provide the necessary resistance of the soil. Soil stabilization methods are used to improve the quality of materials used in civil engineering, thus materials with properties suitable for use can be obtained. The aim of this study is to use fly ash, one of the soil improvement and stabilization methods. The results show that fly ash is one of the materials used to stabilize weak soils. Fly ash is also used to stabilize sandy layers. Typically, it can be used in all types of soils, such as sandy, muddy and clayey soils. By application of fly ash to sandy soil, soil resistance increases. In this thesis, Illite clay was used to investigate the mechanical behavior of the improved soils by using the fly ash. To investigate this issue, consolidation and triaxial shear tests were performed on the ash-clay mixture and the results were compared with the results of clayey soils. Sieve analysis of clay and fly ash, atterberg limits, pycnometer and standard proctor tests, triaxial shear and consolidation tests were performed in the studies. In addition, the fly ash and the clay sample were mixed in equal amounts of 0, 5%, 10%, 15%, 20% and 25% by weight of the mixture. Percentages greater than this rate do not change the result. Furthermore, a mixture of 5% fly ash and clay causes increase in the friction angle and strength of soil and can be used as a practical soil improvement method. In addition to laboratory experiments, chemical analysis results of fly ash and physical properties of materials used in experiments are presented in the thesis. Since fly ash material is an industrial waste, the cost of the Illite clay- fly ash material is low and there is no hindrance in the application of the additive subject in the thesis. In addition to the economic advantages of fly ash-illite clay on weak soils, it provides important benefits for our country since the application is environment-friendly.

Keywords : *Soil improvement, Fly ash, Consolidation test, Triaxial compression test*



1. GİRİŞ

1.1 Araştırma Konusu

Zemin stabilizasyonu amacı; zemin fiziksel ve mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi bir dizi önceden belirlenmiş yöntemlerin kullanılmasıdır. Zemin iyileştirmesinde mekanik, kimyasal, fiziksel, biyolojik (bitki büyümesi) ve elektriksel yöntemleri göz önünde bulundurmak mümkündür. Bazı zeminler, yol yapım işlemleri için istenmeyen teknik özelliklere veya önemli miktarda kil ve başka iyileştirici malzemeye bağlıdır. Türkiyede ince-taneli zeminlerin varlığı nedeniyle, inşaat projelerinin yataklarının stabilizesinde birçok sorun vardır; inşaat öncesi hangi konsolidasyon gerekli olduğu önemlidir. Zemin stabilizasyonunun temel amacı, en azından zemin kalınlığına gerekli direnci sağlamaktır. Zemin stabilizasyon yöntemleri ve yol yapımında kullanılan malzemeler, malzemelerin kalitesinin iyileştirilmesi için kullanılır, böylece kullanıma uygun özelliğe sahip malzemeler elde edilir. Bu çalışmanın amacı, zemin iyileştirme ve stabilizasyon yöntemlerinden biri olan uçucu külün etkisini araştırmaktır. Killi zeminlerde, uçucu kül ile zemin stabilizasyonu mümkün olduğunu gösterilmiştir. Özellikle bu yöntem, ince ve iri taneli zeminlerde katmanın mekaniksel özelliklerinin iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada yapılan konsolidasyon deney sonuçları göre uçucu kül oranı arttıkça oturması fazla olduğunu göstermiştir. Zeminlerin şişmesinin inşaat mühendisliği yapıları için büyük bir hasar olması önemli preblemdir (Chen, 1988). Toprak değişimi en eski ve en basit yöntemlerden biridir. İnşaat projelerinde zayıf zeminler değiştirilerek iyileştirilmiştir (Salam, 2007). Bu çalışmada %0, %5, %10, ve %15 uçucu kül katkısı kullanarak, illit kili olan zeminlerin mekaniksel davranışı incelenip ve önemli sonuçlar elde edilmiştir. %15 den fazla kül oranı çok efektif olması görünmemektedir. Konsolidasyon deney sonuçlarına göre zemin oturma etkisinde göçmeler meydana gelmiş, bu yüzden %15 den fazla uçucu kül faydalı olmamasını göstermiş. Bu konu ile ilgili çalışmalar mevcuttur ancak elde edilen sonuçlarda zemin ve katkı maddenin

davranışı farklılık göstermektedir. Son olarak, bu yöntem, daha ekonomik ve uygulaması daha basittir, diğer tekniklere göre bazı avantajları vardır (Gabr, 2012).

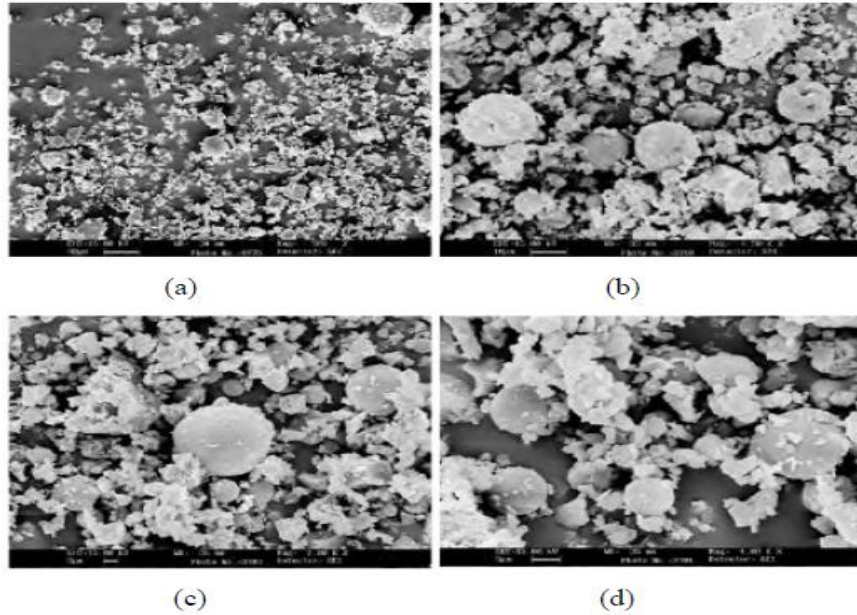
1.2 Stabilizenin Amacı

Bazı zeminler, yetersiz teknik özellikler veya yol inşaatı işlemleri için önemli miktarda kil veya cüruf nedeniyle uygun değildir. Bu tür zeminler, nemin hassasiyeti ve istikrarsızlığı, düşük direnç ve sıkıştırılabilirlik nedeniyle, yol yapımında birçok teknik ve ekonomik sorunlara neden olmaktadır. Bir miktarda malzeme tüketecek, uygulama maliyetini arttıracak ve projenin uygulanmasını uzatacaktır. Bu durumlarda, genellikle yolu değiştirmek veya toprağı değiştirmek gereklidir. Zaman yolun değiştirileceğı veya zemin değişiminin mümkün olmadığı veya zemin değiştirmenin maliyetinin uygun maliyetli olmadığı durumlarda, bu yöntemin ekonomik olarak doğrulanabilir olması halinde, zemin iyileştirme ve geri kazanım yöntemi araştırılmalıdır. Zemin stabilizasyonu hedefleri aşağıdaki gibidir. Bu çalışmada orta plastıklı İllit killerin mühendislik özellikleri uçucu kül ile iyileşmek için incelenmiştir. Uçucu külün zemin şişmesine etki sahibi olduğu ve dayanım üzerine daha az etkisi dispersibilitesinde bir etkisi olmadığı görülmüştür. Çalışmanın birinci bölümünde konu ile ilgili özet bilgi verilmiştir. İkinci bölümde killi zeminlerin farklı tipleri ve iyileştirme yöntemleri ile ilgili geçmişte yapılan çalışmalar sunulmuştur. Üçüncü bölümde, İllit kili kullanılarak özgül ağırlık deneyi, elek analizi deneyi, kıvam limitleri deneyi ve kompaksiyon deneyleri yapılmıştır. Elde edilen verilerle optimum su muhtevası değerine göre hazırlanan numuneler üzerine 3 set konsolidasyonsuz-drenajsız üç eksenli basınç deneyi (UU) ve tek yönlü konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Dördüncü bölümde elde edilen veriler ve sonuçlar sunulmuştur ve tartışılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. UÇUCU KÜLÜN TANIMI

Uçucu kül 1930'larda elektrik kullanarak endüstrinin gelişmesiyle birlikte yaygınlaştı ve başladı. Uçucu kül kullanımı ile ilgili ilk kapsamlı bilgi, 1937'de Kuzey Amerika'da bulundu. 1970'lerde enerji maliyetlerindeki hızlı artışa paralel olarak (Gökçe, 1995). Termik santrallerde elektrik enerjisi üretmek amacıyla yanan kömür sonucu uçucu kül olarak çıkmaktadır. Tüm dünyada kabul edildi. Uçucu külün üretimi, bazı santraller, çalışma modları, kömür yakma tipi, yanma tipifaktörler tüm elektriği etkiler termal cihazlar kullanılır. Kömürün %10-15'i kahverengi kömür iken bunların %20-50'si kül gibi görünmektedir. Yanma yüzde 75 ila 85 oranında kül üretilir. Merkez, baca gazlarından kaçma genel olarak, külü korumak için etkili bir elektrolit kullanılır. Uçucu kül, baca gazı partiküllerinin yalnızca termik santralin kazanlarında toz haline getirilmiş kömürün yanması sırasında elektro-filtrelerde tutulmasıyla oluşur. Uçucu kül termik santrallerde kömür yanmasının bir sonucudur. Büyük miktarlarda üretilir. Uçucu kül Hindistan'da, 2014-15 yıllarında yıllık üretimi yaklaşık 184 milyon ton oldu (Sivapullaiah ve Prashanth, 1995).



Şekil 2.1: Çatalağzı uçucu külünün yüzey yapısı a) Taneciklerin genel olarak dağılımı (x500), b) Senosferler ve köşeli yapılar (x1500), c) ve d) Tam küresel ve yüzeyinde kısmen birikintiler olan tanecikler (Türker vd., 2009).

2.2 Uçucu Kül Sınıfları

Uçucu kül, termik santralde kullanılan yakıta göre iki ana gruba ayrılır;

- Sert kömür uçucu külleri
- Linyit uçucu külleri

Kimyasal yapı açısından uçucu kül 4 ana gruba ayrılır (Toros, 1987);

- Silikat Alüminat Esaslı Uçucu Küller: Bileşiklerinin çoğu kuvars (SiO_2) ve bazı alüminat Al_2O_3 'tür. Genellikle sert kömür uçucu külleri bu yapıdadır.
- Silikat-Kalsit Bazlı Uçucu Küller: Yapılarındaki ana oksitler silikat (SiO_2) ve kalsittir (CaO). Bazı durumlarda, ilave kireç kullanmadan kendiliğinden bağlayıcı bir madde oluştururlar. Zayıf bağlanma özelliklerine sahiptir.
- Sülfö-Kalsit Bazlı Uçucu Küller: Yapıların çoğu, kükürt trioksit (SO_3) ve kalsitten (CaO) oluşur. Sulu ortam İçerdikleri alkali ve alkali zemin oksitleri nedeniyle çok ince taneli ve camsı bir yapıya sahiptirler. Kendilerini sertleştirebilirler. Linyit uçucu kül genellikle bu sınıfa dahil edilir.
- Sınıflandırılmamış Uçucu Küller: Termik santrallerde homojen olmayan yanma sisteminin neden olduğu küllerdir ve belirli bir kimyasal yapıya sahip değildir. ASTM C 618 ve TS EN 197-1 standartları, kimyasalların yüzdesine bağlı olarak küllerin sınıflandırılmasında kullanılır.

Çizelge 2.1:Türkiye'deki bazı uçucu küllerin mineralojik kompozisyonları (Aruntaş, 2006).

Mineral %`	Uçucu Kül					
	Afşin Elbistan	Çatalağzı	Seyitömer	Soma	Tunçbilek	Yatağan
Mullit	1	18.1	1.2	4.3	8.8	6
Kuvartz	4.5	10.9	5.6	5.1	13.9	22.4
Manyetit	0.8	0.2	2.5	0.6	4.1	2.9
Hematit	4	0.1	6	2	3	7
Anhidrit	12.2	\	9.3	7.4	\	\
Serbest CaO	18.6	0.7	5.5	9.8	0.9	1
Plajiyoklaz	28	\	15	20		25
Camsı ve amorf faz	30	70	50	50	70	35

ASTM C 618 standardına göre uçucu küller F ve C sınıflarına ayrılırlar:

- F sınıfı, bitümlü kömürden üretilen uçucu kül ve % 70'ten fazla toplam $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ içeriğine sahip. Aynı zamanda, bu kül içindeki CaO yüzdesi de % 10'dan azdır, ayrıca düşük kalsine edilir. F sınıfı uçucu külün puzolanik özellikleri vardır.
- C sınıfı Uçucu kül kireçtaşı veya yarı kıymetli kömür külüdür ve toplam $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ miktarı % 50'den fazladır. Aynı 10 kez, uçucu kül içinde %10 C kül, bu kül de üst kireçtaşı uçucu kül denir. Puzolanik özelliklerine ek olarak, uçucu kül C sınıfının bir bağlantı özelliği vardır.

TS EN 197-1'e göre sınıflandırmada uçucu küller silissi (V) ve kalkersi (W) olmak üzere iki gruba ayrılırlar:

- V sınıfı uçucu kül, çoğu puzolanik özelliklere sahip olan küresel parçacıklar içeren iyi bir toz türüdür. Esas olarak reaktif silikon dioksit (SiO_2) ve alüminyum oksit (Al_2O_3) içerir. Küllerin geri kalanı demir oksit ve diğer bileşenleri içerir. Organik kireç oranı (CaO) % 10'dan az olmalı ve reaktif silika içeriği % 25'ten fazla olmalıdır.
- W sınıfı kül, hidrolik ve / veya puzolanik özellikleri iyi bir toz olup, esas olarak reaktif kireç (CaO), reaktif SiO_2 ve Al_2O_3 , geri kalanı ise demir oksit (Fe_2O_3) ve diğer bileşenler içerir. Organik kireç (CaO) oranı % 10'dan fazla olmalı ve reaktif silika içeriği % 25'ten fazla olmalıdır.

Çizelge 2.2: TSE ve ASTM'ye Göre Uçucu Küllerin Kimyasal Özellikleri (Toros, 1987).

Kimyasal Bileşik	TSE Ağırlıkça %	ASTM	
		F Sınıfı Ağırlıkça %	C Sınıfı Ağırlıkça %
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	70 (Min)	70 (Min)	50 (Min)
MgO	5 (Mak)	0	0
SO ₃	5 (Mak)	5 (Mak)	5 (Mak)
Nem	3 (Mak)	3 (Mak)	3 (Mak)
Kızdırma Kaybı	10 (Mak)	12 (Mak)	6 (Mak)

Çizelge 2.3:ASTM-C 618'e Göre C ve F Sınıfı Uçucu Kül Ağırlıkça Bileşen Yüzdeleri (Toros, 1987).

Bileşik	F Sınıfı		C Sınıfı	
	Düşük F' li	Yüksek F' li	Yüksek C' li	Düşük C' li
SiO ₂	46-57	42-54	25-42	46-59
Al ₂ O ₃	18-29	16.5-29	15-21	14-22
Fe ₂ O ₃	6-16	16-24	5-10	5-13
CaO	1.8-5.5	1.3-3.8	17-32	8-16
MgO	0.7-2.1	0.3-1.2	4-12.5	3.2-4.9
K ₂ O	1.9-2.8	2.1-2.7	0.3-1.6	0.6-1.1
Na ₂ O	0.2-1.1	0.2-0.9	0.8-6	1.3-4.2
SO ₃	0.4-2.9	0.5-1.8	0.4-5	0.4-2.5
Li ₂ O	0.6-4.8	1.2-5	0.1-1	0.1-2.3
TiO ₂	1-2	1-1.5	< 1	< 1

2.3 Genel İlit Kil Tanımı

Kil mineralleri, kaolin ve kil, plastik şekillendirme özelliklerinden dolayı klasik seramiklerin temelini oluşturur. Bir kil daha az su ile şekillendirilir ve su karışımının miktarı akışla hızlı bir şekilde değişmez (aralarına geniş), buna çok iyi bir plastik özellik ile kil denir. Kil mineralleri, alüminosilikat içeren sudur. Plastik özellikler, tabakaların levhalar (sözde altıgen levhalar) şeklinde olması ve bu levhaların birbirleri arasında su ile kayması gerçeğine dayanmaktadır. Kaolinit yatakları, granit ve diğer feldispat kayalarının ayrışması ile oluşur. Karbondioksit ve suyun etkisiyle jeolojik feldispat kayaları, uzun süre boyunca çözünür alkali karbonat ve çözünür minerallere dönüşür (Malayoğlu,1992).



SiO₂ ayrışma kili bu ayrışma, taşıyıcı akan suya karşı korunursa (birincil) gerçekleşirse, kil minerali ve parçalanmayan kaya kalıntıları (Feldspat, Kuvars ve bazen parıldayan) içeren ham kaolini oluşturur. Kayaların ayrışmasından oluşan kil mineralleri, doğal yollarla yüzey suları tarafından taşınırsa, ikincil birikimler çökme ile oluşur ve kil olarak tanımlanır. Killer genellikle 2cm'nin altındaki ince parçacıkları karakterize eder. Ham kaolin kilden daha temizdir, çünkü yerinde oluşurlar ve taşıma sırasında killi maddeler çevreleyen maddelerle kirletilir. Killer

çok ince taneli olduklarından, ayrışma işlemi sırasında kaba taneli kalan Feldspat mineralleri içermezler ve bu nedenle, killerdeki K_2O mika Illite veya karışık tabaka yapısından kaynaklanır. Kirlilik olarak, Kaolin'de kuvars ve feldspat ve Illit kafesli Fe_2O_3 bileşenleri killerde bulunur. Silikat seramiklerin yapı taşı SiO_4 -Tetraeder'dir. Kil minerallerinin yapısı SiO_4 'e dayanır - Tetraeder'in yüzeysel ağ oluşumu.

2.3.1 Killerin minerolojik sınıflandırılması

2.3.1.1 İki tabakalı kil minerali

İki tabakalı kil minerallerin grupları aşağıdaki gibidir;

Kolanite Grubu	: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
Kaolinit	: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
Diokit	: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
Nakrit	: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
Fireclay	: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O \cdot 2H_2O$
Hailosit	: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O \cdot 2H_2O$

- Kaolinit

En basit kil minerali olan kaolinit 2 kattan oluşmaktadır.

- Tetraeder tabakası oksijenli yukarı doğru
- Oktaeder katmanı OH-Group tarafından aşağı doğru sınırlandırılmıştır.

Al_3^+ ve OH "gruplarından oluşan Oktaeder, katmanlı bir yapı oluşturmak için SiO_4 -Group'tan oluşan Tetraeder ile bağlantı kurar.

Al iyonları köprüleme Oksijeninin serbest değerlerine bağlanır, böylece altıgen bir yüzey oluşturur. Diğer iki Al_3^+ değerinin her biri OH-Grupları taşır.

Tetraeder genel formülü $\Rightarrow Si_2O_5$ ve Octaeder genel formülü $\Rightarrow Al_2(OH)_4$ 'dir.

- Dickit ve Nakrit

Kaolinit gibi aynı yapıya sahiptirler. Teknik özellikleri katda değer değildir.

- Ateş Kili

Kafes yapısı hatalı bir Kolinittir ve Kaolinite göre daha fazla plastikliğe sahiptir. Plaka çapı 0,1mm altındadır.

- Halloysit

En basit kil minerali olan kaolinit iki tabakadan oluşur.

- Yukarı doğru oksijen ile Tetraeder katmanı
- Octaeder katmanı OH-Group tarafından aşağı doğru sınırlandırılmıştır.

Al_3^+ ve OH "gruplarından oluşan Oktaeder, katmanlı bir yapı oluşturmak için SiO_4 - Group Tetraeder ile temas kurar.

Alyonlar, köprüleme Oksijeninin serbest değerlerine bağlanır, böylece altıgen bir yüzey oluşturur. Diğer iki Al_3^+ değerinin her biri OH-Gruplarını taşır.

Tetraeder genel formülü $\Rightarrow Si_2O_5$ ve Octaeder genel formülü $\Rightarrow Al_2(OH)_4$ 'dir (Öztürk, 2012).



Ham Bentonit



Bentonit

Şekil 2.2: Bentonit Tedavisi Kaolinit-Halloysit (Türker vd., 2009)

2.3.2 Killerin reolojik davranışları - Kolloidal Stabilitesi ve Zeta Potansiyel

Negatif yükler izomorfik yer değiştirme (özellikle Si_4^+ için Al_3^+ ve Al_3^+ için Mg_2^+) ve plakaların kenarlarındaki bağların kırılması ile oluşur.

Süspansiyon yükte stabil ve nötrdür. Kil parçacıklarının yüzeyi üzerindeki negatif yüklerin dengelenmesi, emme ve değiştirme özelliklerine sahip olan Na^+ , K^+ , Ca_2^+ , H^+ gibi katyonlarla gerçekleştirilir. Yüklenen kil-su süspansiyonunda ($-$), kil taneleri yüzeyinde ($+$) yüklenen iyonların bir katmanı vardır ve çift kat olarak adlandırılır.

Zetopotential kil tanelerinin birbirleri üzerindeki kuvvetinin bir göstergesidir. Zetapotential ölçümleri, ince taneli sistemlerdeki, tane büyüklüğüne, tane şekline ve bu tahılların dağıldığı ortama bağlı olarak birçok özelliği tanımlamak için kullanılır.



Şekil 2.3: Zetapotansiyal Bentonit Tedavisi (Türker vd., 2009)

2.3.3 Üç-tabakalı kil mineralleri

2.3.3.1 Illit-Montmorillonit

Illite Illite, Si / Al Glimmer gibi yaklaşık 3: 1 değildir, fakat yaklaşık 9: 1'dir. Bu nedenle, valenz farkı daha azdır, daha az alkali içerir ve ara tabaka tamamen doldurulmaz. Yapı Glimmere'den biraz daha fazla su içeriyor. Ara tabaka ve alkalileri sıkıca bağlanmıştır, bu nedenle iyon değiştirme özelliği düşüktür (akması zor). Glimmer'in parçalanmış bir ürünü olan Illite, yüksek plastik killerde sıklıkla karşılaşılmaktadır. Terlemesi kolaydır.

Glimmer : $Ka_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$

İllit : $(K,Na)_{(0.5-0.7)}. (Al, Fe^{III}, Mg)_2. [Al_{(0.3-0.4)}Si_{(3.6-3.6)}O_{10}] \cdot (OH)_2 \cdot (H_2O)_{(0-3)}$

Montmorillonit: $(K,Na)_{(0.5-0.7)}. (Al, Fe^{III}, Mg)_2. [Al_{0.5}Si_{3.5}O_{10}]. (OH)_2. nH_2O$

Montmorine içeren minerallere benton denir. Montmorillonite Si / Al oranı yaklaşık 7/1'dir, bu nedenle illitten bile daha az alkali içerir. Ara tabaka gevşek şekilde bağlanmış, yüksek iyon değişim özelliğidir. Bu nedenle, masif büyük plastisite sağlar. Ara tabaka çok miktarda su emebilir ve böylece şişer. Bu tiksotropik özellikten kaynaklanmaktadır (Başer, 2009).

Montmorillonitin diğer türevleri;

Beidellit: $(K,Na)_{(0.3-0.5)} Al_2 (Si,Al)_4 O_{10} (OH)_2 nH_2O$

Nautronit: $(K,Na)_{(0.3-0.5)} Fe^{III}_2 (Si,Al)_4 O_{10} (OH)_2 nH_2O$



3. KONUYA DAİR ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Zemin Stabilizasyonunda Uçucu Kül Kullanımı Mukavemet değerlerindeki değişiklikler killi bir toprağa %0, %5, %10, %15, %20, %25 ve %30 uçucu kül ekleyerek incelenmiştir. Bu çalışmada kullanılan malzemeler doğal malzemelerdir ve uçucu kül sıvı limiti, LL Plastik limiti, PL Plastisite indeksi, PI Özgül ağırlık, G_s , Optimum su içeriği, (w_{opt}) Maksimum kuru yoğunluk Zemin tipleri: düşük plastisiteli kil bazı plastik özel manikürler bulunmuştur (Yılmaz, 2006).

Çalışma sonucunda, düşük plastisiteli killi doğal toprağa uçucu kül eklenerek elde edilen tek eksenli serbest basınç dayanımı değerlerinde önemli bir artış gözlenmiştir. SFA karışımlarındaki 7 günlük tek eksenli serbest basınç dayanımı değerleri, doğal zemin numunelerindeki dayanma değerleri ile karşılaştırıldığında daha iyi sonuçlar verdi. 28 gün kürlenme süresi olan karışımların mukavemet değerlerinde en başarılı sonuç, %25 uçucu kül kullanan SFA/25 karışımlarından hazırlanan numunelerde ortaya çıkmıştır. Yapay puzolan olan uçucu kül ile hazırlanan örneklerin zeminde önemli gelişmeler sağladığı tespit edilmiştir (Yılmaz, 2014). Bu çalışmada, Tunçbilek termik santralinin atık maddesi olan C tipi uçucu külün killi zeminlerin mekanik özelliklerine katkısı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, mukavemet değerinin, %3 uçucu kül ilave edilerek, bozulmamış numuneye kıyasla yaklaşık %35 arttığı belirlenmiştir. Sulandırılmış numunelerde bu artış daha da yüksekti (-% 60). 7 gün ve 30 gün numunelerde %5 uçucu kül ilavesinin en yüksek mukavemet artışına neden olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada, 30 günlük kuvvetlere göre çıkarımlarda bulunmasına rağmen, 90 günlük puzolanik malzemelerin kuvvetinde genel olarak anlamlı bir artış gözlemlendiği bilinmektedir. Uçucu kül ilavesiyle, tutarlılık endeksleri değişmezken, maksimum kuru birim hacim ağırlıkları azaltıldı. Uçucu külün düşük özgül ağırlığı nedeniyle, kil numunelerinin maksimum kuru birim hacim ağırlığı hafifçe azalmıştır. Örneklerin optimum su içeriği artan miktarda uçucu kül ile artmıştır.

Polipropilen liflerinin uçucu kül karışımlarındaki özellikler üzerindeki etkisi Kil- uçucu kül karışımı %0,5, % 1.0, %1.5, C sınıfı uçucu külün %2.0'ı kullanılan serbest

basınç testi CBR elek analizi ve hidrometre analizi testi sıvı limiti ve plastik limit testi Yüksek Plastisite kili ve bağlayıcı kilin fiziksel ve mühendislik özelliklerini geliştirmek ve iyileştirmek için önceden belirlenmiş ve bazı plastıklere özgü manikürçüler bulunmuştur (Çetinkaya, 2012).

Deneyisel çalışmalarda, zemin iyileştirme metodu zayıf toprağa uçucu kül ve lif malzemesi eklenerek uygulandığında, CBR'de önemli bir artış ve lifli kil uçucu kül karışım malzemesinin serbest basınç değerleri ve eşit miktarda malzemeye hazırlanan kil-uçucu kül karışımı için optimum lif katkı oranı. Karışımın ağırlığı üzerinden% 1.0. Laboratuvar deneylerinin sonuçları incelendiğinde; Elyafsız kil uçucu kül karışımının değerleri ile karşılaştırıldığında, elyaf-kil uçucu kül karışımının CBR değeri% 100 ve serbest basınç değeri % 48 olmuştur. CBR ve% 1.0 lif katkılı kil uçucu kül karışımının serbest basınç değerleri, kilin düz değerleriyle karşılaştırıldı; Lif karışımının CBR değeri% 500, serbest basınç değeri% 108 arttı. Zayıflamış zeminlerde büyük ölçekli projelerin yapılması planlanan büyük alanlarda zayıf zeminlerin stabilizasyonunda, endüstriyel atık olan, su ve havayı kirleten ve çevreye neden olan termik santrallerde yan ürün olan uçucu kül kirlilik, çimento ve beton endüstrisi ile sınırlı değildir veya yol dolguları gibi jeoteknik uygulamalarda (Çetinkaya, 2012). Bu çalışmada, Zonguldak Çatalağzı Termik Santral'ndan uçucu kül 15 km. Aradaki boşluktan sonra bulunan ve en büyük entegre yatırım Filyos Valley Projesi'nden birinde kullanılması öneriliyorsa, endüstriyel tesislere yapılacak alanlar ve zemin iyileştirme çalışmalarının yolları Türkiye'de yapılacaktır. Uçucu kül materyali endüstriyel bir atık olduğu ve polipropilen fiber materyalin maliyeti düşük olduğu için, tezin konusunun pratikte uygulanmasında bir engel yoktur. Zayıf zeminlere uçucu kül ve lif eklenerek ekonomik olarak sağlanacak avantajlara ek olarak, uygulama çevreye duyarlı olduğu için ülkemize önemli faydalar sağlayacağı düşünülmektedir (Çetinkaya, 2012). Bu çalışmada Çatalağzı ve Soma uçucu küllerin farklı oranlarda dağılma ve şişme özelliklerine sahip düşük plastisiteli killi zeminlerde kuru ağırlıkları araştırılmış ve jeoteknik özelliklerdeki değişimleri incelenmiştir. Bu araştırmada şu sonuçlara varılmıştır:

- Katkı maddesi olan numunelere katkı oranının eklenmesi ile şişme yüzdesinde önemli bir azalma gözlenmiştir. Sonuç olarak, iki katkı maddesi şişlik yüzdesi değerlerini düşürdü.

- Şişirme basıncında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. İyileştirme, artan katkı oranıyla devam eder, ancak oran düşer.
- Deneyle sonuçunda; Soma uçucu külünün, Çatalağzı uçucu kül ile karşılaştırıldığında toprağın şişme ve dayanıklılık özellikleri üzerinde daha olumlu bir etkisi olduğu bulunmuştur. Bunun nedeni, Soma uçucu külünün C Sınıfı uçucu kül olmasıdır. Çatalağzı uçucu kül, F sınıfı bir uçucu küldür.

Uçucu kül ve mermer tozu kullanarak yol altyapısının iyileştirilmesi sıkıştırma testinde % 65 Kil + % 10 Kireç + % 15 İngiltere + % 10 MT CBR + 10 % kireç standart proctor CBR zemin tipleri: önceden tanımlanmamış ve önceden belirlenmiş bazı plastıklere özgü maniküller kümesi teknoloji karışımları bulundu. Uçucu kül kullanımının araştırılması: uçucu kül ile ilgili önceki çalışmalar zemin iyileştirme aşağıdaki gibidir (Ontürka ve diğ., 2014).



4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Tez çalışmasında zayıf zeminlerin uçucu kül ve kil maddesinden katkısıyla mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik olarak deneysel çalışmalar İstanbul Aydın Üniversitesi Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Yapılan deneyler aşağıda sıralanmıştır;

4.1 Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Zeminlerin mühendislik özelliklerini geliştirmek için, uçucu kül-illit kil karışımları üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinde iki farklı tip malzeme kullanılmıştır. Bunlar;

- İllit kili: İllite minerallerinin yapısal özellikleri genellikle mika minerallerinin özelliklerine benzerdir. Bu yapılar smektit grubunda olduğu gibi iki silikonlu tetraeder tabakası arasına yerleştirilmiş alüminyum oktaderler formundadır.
- Uçucu kül: Çatalağzı Termik Santrali'nden C tipi uçucu kül

Bu malzemelerin gerekli testlerinin bir kısmı İstanbul Aydın Üniversitesi Laboratuvarında yapıldı ve kurumların test sonuç raporlarından gerekli diğer bilgiler alındı. Deneylerde kullanılan her malzemenin genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

4.1.1 İllit kil malzemesi

Kil mineralleri, kaolin ve kil, plastik şekillendirme özelliklerinden dolayı klasik seramiklerin temelini oluşturur. Bir kil daha az su ile şekillendirilir ve su karışımının miktarı akışla hızlı bir şekilde değişmez, buna çok iyi bir plastik özellik ile kil denir. Kil mineralleri, alüminosilikat içeren sudur. Plastik özellikler, tabakaların levhalar (sözde altıgen levhalar) şeklinde olması ve bu levhaların birbirleri arasında su ile kayması gerçeğine dayanmaktadır. Kaolinit yatakları, granit ve diğer feldispat kayalarının ayrışması ile oluşur. Karbondioksit ve suyun etkisiyle, jeolojik feldispat kayaları, uzun süre boyunca çözünür alkali karbonat ve çözünür minerallere dönüşür.

Çizelge 4.1: İllit kil özellikleri

USCS sınıflandırma	CL
Likit limit, LL (%)	38,22
Plastik limit, PL (%)	20,04
Plastisite indisi, PI (%)	18,18
Özgül ağırlık, G _s	2,833
Optimum su içeriği, w _{opt} (%)	17,87
Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık (Mg/m ³)	1,56

4.1.2 C tipi uçucu kül

Deneylerde C tipi uçucu kül malzeme kullanılmıştır. Normalde alt bölümlü kömürlerin linyitinden üretilir. Kimyasal bileşimi alkalik yüksek içerik CaO ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70 (%) (ASTM C, 618). Ayrıca uçucu kül numunesinde piknometre deneyi yapılmış ve deney sonucunda uçucu kül numunesinin dane birim hacim ağırlığı 2.02 gr/cm³ bulunmuştur. Termik Santrali uçucu külünün özgül yüzey alanı ise 2550 cm²/gr'dır. uçucu külünde yapılan standart proktor deneyinde malzemenin optimum su muhtevası %20, birim hacim ağırlığı 1,358 gr/cm³ olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.1'de uçucu külü numunesi görülmektedir.



Şekil 4.1: C Tipi uçucu kül-

4.2 Özgül Ağırlıkların Belirlenmesi

Özgül ağırlık, bir malzemenin birim hacim başına ağırlığıdır. Özgül ağırlığın sembolü G_s'dir. Yaygın olarak kullanılan bir değer, yeryüzündeki 4 °C'de özgül

ağırlığın, 9.807 kN / m³ veya 62.43 lbf / ft olmasıdır. Özgül ağırlık ve daha az sıklıkta özgül ağırlık terimleri ayrıca göreceli yoğunluk için de kullanılır (Toros, 1987).

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (4.1)$$

Eşitlikteki : γ_s tane birim hacim ağırlığı ve γ_w ise suyun birim hacim ağırlığıdır.

4.3 Deneyde Kullanılan Araçlar

Deneylede aşağıdaki belirtilen cihazlar ve araçlar kullanılmaktadır:

- İki adet piknometre
- Deney süresine sabit bir sıcaklığı ± 0.2 C hassasiyetinde sağlayabilecek su banyosu
- Vakumlu desikatör
- Silica jel içeren bir adet desikatör
- 105 – 110 C de sıcaklık sağlayabilecek termostatik kontrollü kurutma etüvü
- 0.001gr hassasiyetinde okuma terazi
- 13 cm uzunluğunda ve 3mm çapında bir adet cam çubuk
- Havası alınmış distile su içeren yıkama piseti
- Örnek bölme kutusu
- 10 no.lu elek altından geçen 5-10 gr numune

4.3.1 Hesaplar

Zeminlerin özgül ağırlığı (G_s) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$G_s = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \quad (4.2)$$

Eşitlikte;

W_1 piknometrenin boş ağırlığı (g)

W_2 piknometre + zemin ağırlığı (g)

W_3 piknometre + zemin+su ağırlığı (g)

W_4 sadece su ile dolu piknometre ağırlığı (g)

İki kez tekrar edilen deneylerden elde edilen değerlerin ortalaması zemin tanelerinin özgül ağırlığı olarak kabul edilir ve 0.01g/cm³ yakınlıkta verilir. İki değer arasındaki

fark 0.03 g/cm³ \ten büyük çıkmışsa deney tekrarlanır. (Toros, 1987)

Çizelge 4.2: Özgül Ağırlıkların Ortalaması

%	Malzeme	Ortalama
0	Uçucu kül	2,02 (mg/m ³)
0	illit kil	2.833 (mg/m ³)
%5	Uçucu kül + kil	2.91 (mg/m ³)
%10	Uçucu kül + kil	2.44 (mg/m ³)
%15	Uçucu kül + kil	2.39 (mg/m ³)
%20	Uçucu kül + kil	2.40 (mg/m ³)
%25	Uçucu kül + kil	2.42 (mg/m ³)

4.3.2 Elek analizi

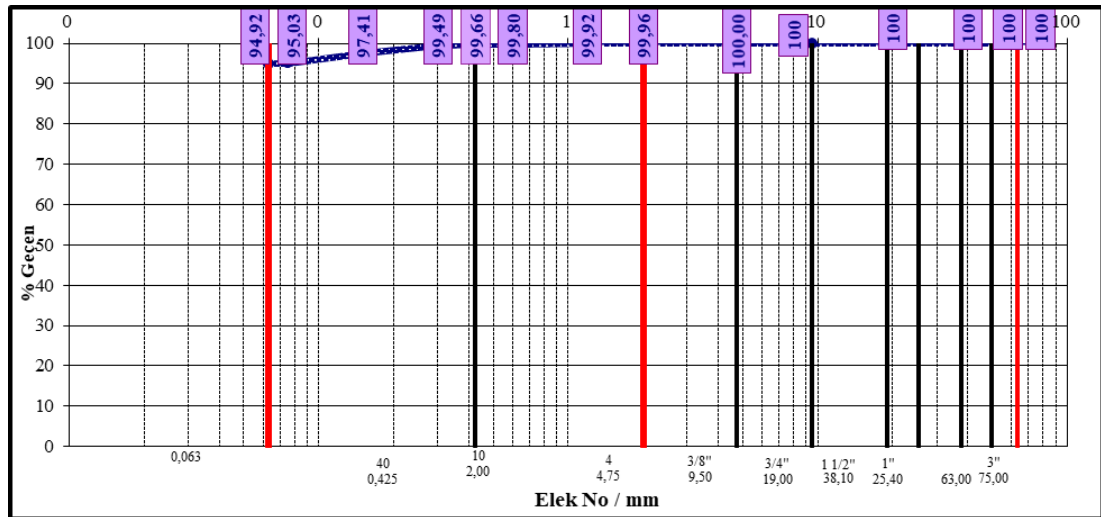
Tane büyüklüğünün belirlenmesi, mekanik analiz ile elde edilir. Eleme, belirli bir büyüklükteki deliklerin veya deliklerin geçişine veya geçişine dayanan büyüklüğe dayalı bir parçacık sınıflandırmasıdır. Tarama analizi, farklı tohumlardan oluşan kırık veya verilmiş malzemenin "Dispersiyon Boyutu Dağılımını" belirlemek için kullanılmıştır. Bu örnekte boyutlar ve parçacık boyutları arasındaki ilişkinin boyutlarını açıklar. Bu numunenin boyut dağılımı, örnekte ne kadar malzeme bulunduğunu gösterir. Malzemelerin dağıtımını bilmek farklı yararlar sağlar. Bu avantajlardan bazıları aşağıda listelenmiştir (Toros, 1987):

- Hacim azaltma işlemleri
- Minerallerin farklı taş kayaçlarının büyüklüğünden salınım oranının belirlenmesi
- Sonuç olarak, cihazlar birbirinin boyutlarını sıraya diziyor
- Kırılabilirlik ve kaya başarısızlık derecesini belirlemek
- Malzeme büyüklüğüne göre notları işaretleyin
- Ezilmiş parçacıkların boyutu
- Belirli bir malzemenin boyut dağılım özelliğini kullanarak,
- Boyut küçültülerek tane büyüklüğünün dağılımını tahmin etmek

Parçacık büyüklüğü dağılımını belirlemek için çeşitli yöntemler ve teknikler vardır. Bu yöntemler arasında "elek analizi yöntemi" tarama testleri ile kullanılan en kolay ve en yaygın yöntemdir.

Çizelge 4.3: Elek Analizi Yöntemi Tarama Testi

Yaş Numune Ağırlığı		463.97			
Kuru Numune Ağırlığı		455.32			
Kuru Numune Ağırlığı		455.32 Çakıl + Kum + Silt + Kil			
Yıkamadan Sonraki Kuru Numune Ağırlığı		23.14 Çakıl + Kum			
ELEK NO	ELEKTE KALAN (gr)	TOPLAM KALAN (gr)	TOPLAM GEÇEN (gr)	TOPLAM GEÇEN (%)	ELEK AÇIKLIĞI (mm)
3"	0.00	0.00	455.3	100	75
	0.00	0.00	455.3	100	63
1,5"	0.00	0.00	455.3	100	40
	0.00	0.00	455.3	100	20
	0.00	0.00	455.3	100	9.5
4	0.00	0.00	455.32	100.00	4.75
10	0.18	0.18	455.14	99.96	2
	0.00	0.18	22.96	99.22	1.4
	0.19	0.37	454.95	99.92	1.19
	0.55	0.92	454.40	99.80	0.600
	0.00	0.92	22.22	96.02	0.500
40	0.64	1.56	453.76	99.66	0.425
	0.78	2.34	452.98	99.49	0.300
	0.00	2.34	20.80	89.89	0.250
	9.45	11.79	443.53	97.41	0.150
#200	10.85	22.64	0.50	2.16	0.125
PAN	0.50				



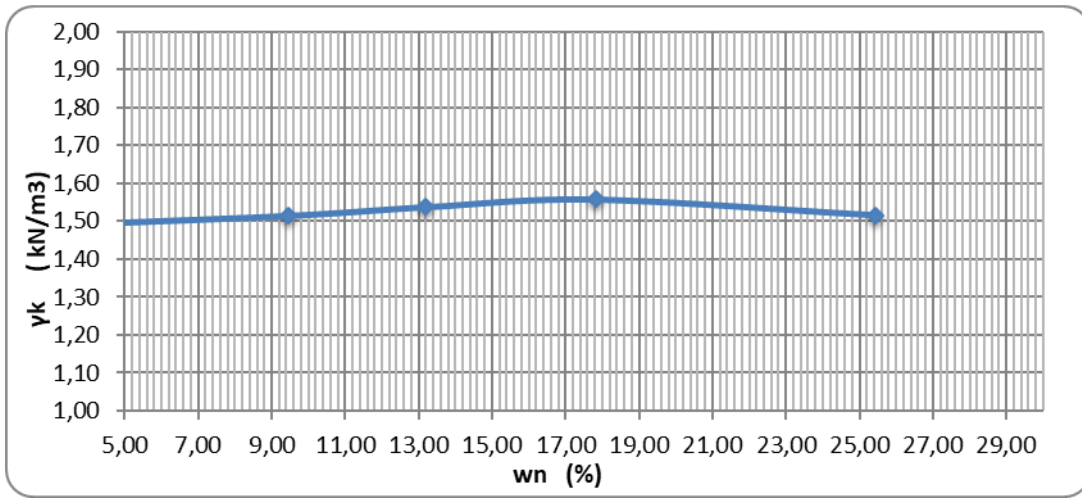
Şekil 4.2: Kil malzemenin dane boyutu dağılım eğrisi

4.3.3 Su içeriğinin Belirlenmesi

Süreç, sayıları ve ağırlıkları bilinen bir damlacık içinde uygun bir miktarda toprağa attığımız ve tarttığımız bir şekilde, o zaman bir süre için bir tabağa koyacağız, geri çekerken tekrar tartıyoruz ve aşağıdaki formülü kullanarak zemindeki nem oranını alabilirsiniz (Bilskie, 2001).

$$\text{Su içeriği} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} (100) \quad (4.3)$$

Standart proktor deney sonuçları ile grafikleri ve optimum su muhtevası belirlenmes



Şekil 4.3: Standart proktor deney grafikleri

Standart proktor deney sonuçları;

Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık	1.56	gr/cm ³
Optimum Su Muhtevası	17.87	%

4.4.2 Atterberg sınırlarının belirlenmesi

4.4.2.1 Likit limit deneyi

Bu test likit seviyesini belirlemek ve plastik endeksi tanımlamak için kullanılır.

- Prosedür

Bu test için, malzemenin 0.425 milimetrelik bir elek içinden geçtiği ve bu testte kullanılan kâsenin büyüklüğüne alındığı ve 25 ile 35 arasındaki atım sayısıyla bir miktar su eklendiği belirtilmiştir. Su eklediğimizde, bu testte kullanılan bir kaptaki iyice karıştırıyoruz ve yüzeyini aydınlatacağız. Daha sonra, "bir spatula ile özel bir kolla, bu malzeme arasında bir sızıntı yaparız, Bu tutamacın sapını kaldırıyoruz ve

bazı dönemlerde spatula tarafından baskın olan malzemenin daha sonra birbirine bağlandığını ve özel bir formda kaydedildiğini ve aynı malzemenin ağırlık ve sayısı bilinen bir parçada tartıldığını fark ediyoruz. Düşüyoruz ve kuruduktan sonra bir sonraki hesaplamayı yapacak olan çizgiye koyuyoruz. Malzemenin bir araya getirilmesi gereken dönemin büyüklüğü, enstitünün özelliklerine göre değişir (IS, 1985).



Şekil 4.4: Likit Limit Deneyi

4.4.3 Plastik limit deneyi

- Genel

Atterbergs limitini incelemek için plastik limit testinin yapılması önemlidir. Plastik limit (PL), toprağın en küçük çapta iplik haline getirildiği su muhtevasıdır. Muhtemelen kırılmaya başlar.

- Cihaz

Yaklaşık 120 mm çapında spatula, zemin cam levha, nemkonteynerler, 3 mm çapında çubuk, 0.01 g'a kadar denge hassasiyeti, kurutma fırında kontrollü sıcaklık 105 °C ila 110 °C'dır.

- Prosedür

Elek testinden kurtulduktan sonra, tavadaki malzeme, plastik sınırı test etmek ve bir kaptaki uygun bir miktar almak için 0.425 milimetre bir elek dan geçertelim, ne kadar kuru ne de daha genel olduğu kadar su ekleyelim. Yani, bir cam kavanoza bağlı olmalıdır. Bu malzemelerden, 2-3.5 mm çapında ve 2-5 gram ağırlığında tüplerimiz var. Bir boru bulunana kadar dönmelidir, dikkatli bir şekilde, bu dikişler arasında,

boruları, ağırlığı ve sayısı ile bir daldırır ve kurumaya bir çizgi halinde yerleştiririz, böylece işimiz beş ondalık basamağa kadar devam ediyoruz ve numuneleri özel bir formda kurutduktan sonraki hesaplamalarımızı hesaplayacağız (IS,1992).



Şekil 4.5: Plastik limit deneyinin yapılışı.

- Genel

Kıvam Limitleri, Kıymetli Limitleri, zeminin salkımları ve zeminin durumları tanımlamak için kullanılabilir. Kıvam limitleri 40 no'lu elek altında kalan ince malzeme. Plastisite ve likidite limitini belirledikten sonra, aşağıdaki formülü kullanarak Atterberg Limit Testi daha sonra tanımlayabiliriz.

$$\text{Atterberg Limit} = (\text{Likit Limit}) - (\text{Plastik Limit}) \quad (4.4)$$

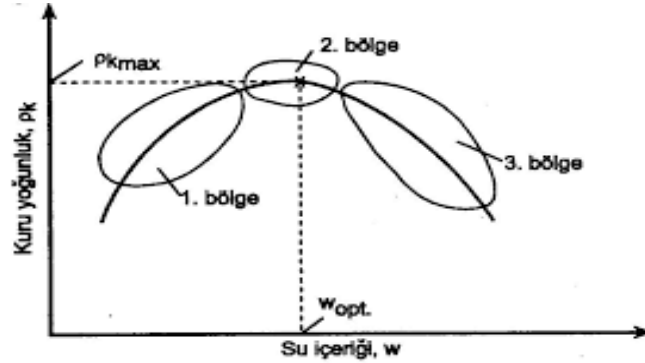
Çizelge 4.4: Deneydeki numunelere ait kıvam limitleri

Deney Numuneleri	Likit Limit(%)	Plastik Limit(%)	Plastisite indisi
K	38.22	20.04	18.18
KFA/5	45,0	34,0	11,0
KFA/10	44,5	33,7	10,8
KFA/15	44,5	33,7	10,9
KFA/20	43,4	33,2	10,2
KFA25	40.62	31,09	9,54

4.5 Standart Proktor Deneyi

Proctor standart deneyi toprağın yoğunluğunu kontrol etmek için yapılır. Bağlı nem, zemin sıkıştırma mekanik bir süreçtir. Zemin parçacıklarının azaltılmasıyla birlikte daha fazla kapanması ile sınırlıdır, hava delikleri. Zemin sıkışması hava boşluklarını azaltır ve böylece kuruluğu artırır. Bu, kesme gücünü artırabilir. Bu test, (MDD) Maksimum Kuru Yoğunluk ve (OMC) Optimum Nem İçeriği elde etmek için kullanılacaktır. Budeney için, 114,3 milimetre çapında ve 172,72 milimetre

(Jeneratörü +) bir çapa sahip Kalıptan biri olan özel bir cihaza ihtiyacımız vardır. (Yüzey) ve jeneratörün yüksekliği tek başına 116,43 milimetredir. Bir başka önemli şey Hammer, yüksekliği 18 inç ve ağırlığı 44,5 kilo.



Şekil 4.6: Sıkıştırılmış bir zeminde kuru ağırlık ve su Muhtevası

- **Prosedürler**

Tüm malzemeyi, bunun iki parçası olan dört bölüme ayırdık. 19 milimetrelik elek harcıyoruz, kalanını tarıyor ve yanımızda tutuyoruz. Daha sonra, elek 4,75 milimetre alt ve 19 milimetre yukarıda yerleştirildi, bu yüzden kalan 4.75 burada (19 geçen ve 4,75 saklanan), kalan 19 milimetre ağırlığı, daha önce " 19 mm x 19 mm (19 mm) ile 19 milimetre aldık, prototip için 5 kg 6 kg ve CBR testi için 25 kg hazırladık. Ayrıca testimiz için ek materyallerimiz var, ayrıca Las Vegas testi için malzemeler hazırlayabiliriz. Süreç, bir kalıpta, 3.5 cm veya daha fazla zemin veya malzeme fırlatır ve 56 kez çekiçle çalıştırılır, çekiç uzunluğunu kaldırır ve kendi ağırlığına izin vermez, ardından işlemin geri kalanı için 3.5 cm malzeme katlar. Siparişi takip ediyoruz. Jeneratörü bir plaka ve üstünü doldurmadan doldurup, ekleyeceği özel formda yerleştirerek ve işi tamamladıktan sonra, çekiç üretim kapasitesini bir levha olmadan tartar ve formda özel bir yere ağırlık verir. Daha sonra, otu toprağa tarttıktan sonra, toprağı çıkardık ve zemin ağırlıkları ve sayıları ile bir dip halinde çıkardık ve kurutma için çizgi içinde tarttıktan sonra, çizgi sıcaklığı 110 ° C olmalıdır. Bu işlem beş numunenin her birinde yapılır.. Yarın yukarıdakilerin damlalarını yeniden tartar ve aynı özel formu ekleyeceğiz. Bu işlemlerden sonra, yürütmek için küçük ve kolay bir hesaplama. Algılanan anlamlardan, kuru yoğunluğa ve nem içeriğine veya mevcut nem içeriğine göre, bir parbole olarak çizilen bir grafiğin çizilmesi, dikey kolonun maksimum fiyatı MDD'dir ve yatay fiyat OMC'dir.



Şekil 4.7: Standart proktor deney düzeneği (Hammer, 1986)

Bazı önemli formüller:

$$\text{Nem İçeriği (MC)} = \text{su} / \text{kuru zemin ağırlığı} (100) \quad (4.5)$$

$$\text{Kuru Yoğunluk} = \text{ıslak ağırlık veya yığın yoğunluğu} / \text{MC} + 100 (100) \quad (4.6)$$

$$\text{Sıkıştırma} = \text{Kuru Yoğunluk} / \text{MDD} (100) \quad (4.7)$$

$$\text{Islak ağırlık veya yığın yoğunluğu} = \text{Islak zemin ağırlığı} / \text{Kalıp hacmi} (100) \quad (4.8)$$

4.6 Konsolidasyon Deneyi

Temeller vasıtası ile yüklenen zeminlerde az veya çok oturma meydana gelen oturma genel anlamda uygulanan yüklerden dolayı taneler arası boşlukların azalması sonucu kısa veya uzun sürede gerçeklerde bir hacim azalması sıkıştırması olayıdır bu söz konusu konsolidasyonda oturması kumlu zeminler uygulamada sıkışmaz çökeler olarak kabul edildiğinden dolayı killi zeminlerde gerçekleşir. Killi zeminlerin sabit gerilmeler altında zamana bağlı olarak bünyelerin deki suyu atarak sıkışmaları olayına konsolidasyon denir bir zaman dilimi içerisinde kil tabakasında yavaş yavaş oluşan efektif gerilme artışı oturmaya neden olacaktır. Bu olay konsolidasyon olarak ifade edilir.

Bir zeminin tek yönlü konsolidasyon sırasındaki davranışını belirleyen özerlikler laboratuarda odometre testi olarak adlandırılan konsolidasyon deneyi belirlenir. Örselenmiş doygun kil örnekleri üzerinde yapılan laboratuvarında deneyleri farklı artan yüklerin neden olduğunu konsolidasyon oturmasının belirlenir bu deney yanal deformasyon önlemiş olan suyu doygun disk biçiminde örselenmemiş bir zemin numunesinde alt ve üst yüzeyinde drenaj sağlanarak düşey ve eksense bir basınç

altında konsolidasyon miktarını hızının ölçümü ile ilgili bir deneydir. Deney sonunda zeminin sıkışma miktarının basınca ve zamana bağlı olarak tanımlanmasında imkan veren iki parametre bulunur (Yılmaz,2017).

- Hacimsel sıkışma katsayısı m_v (cm^2/kgf veya m^2/MN)
- Konsolidasyon katsayısı c_v (cm^2/sn veya $\text{m}^2/\text{yıl}$)

4.6.1 Deneyde kullanılan araçlar

- Konsolidasyon aleti
- Konsolidasyon hücresi
- Palet bıçağı, spatula gb, numune düzeltme araçları
- Konsolidasyon halkası
- Gözenekli diskler (2 adet)
- Terazi (0.1 g hassasiyete sahip)
- Ağırlıklar
- Etüv
- Deformasyon ölçer (0.002 mm hassasiyete sahip ve 10 mm halen)
- Kronometre (1 saniye hassasiyetle okunabilen)
- Silikon gresi



Şekil 4.8: Konsolidasyon aletleri

Konsolidasyon deneyi, farklı katkı kil ve uçucu kül ile yapıldı. Kül oranları% 0,% 5,% 10,% 15,% 20 arasında değişir. Konsolidasyon testinden sonra numune hazırlama ve uçucu kül ile hazırlanan karışımların test edilmesinden.

Genel olarak, konsolidasyon testi şekil 4.7'de gerçekleştirilir. Laboratuvar ortamında, bu en iyi konsolidasyon deneyini temsil eden deneydir. Test sonunda hesaplanan sonuç çizelge 4.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5: Farklılık konsolidasyon sonuçlarını harmanlamaktadır

	e_0		C_v	Ortalama Numune	m_v
	Deney Başı	Deney sonu	mm ² /dk	Yüksekliği (mm)	m ² /kN
0%	0.92	0.8033	0.0539	19.773	0.05411
5%	0.92	0.77	0.05436	19.6	0.05453
10%	0.92	0.73	0.05217	19.4	0.05203
15%	0.92	0.8733	0.05202	19.46	0.0525
20%	0.92	0.866	0.0532	19.6	0.05311

4.6.2 Üç eksenli basınç deneyi

Bu Tezimizde üç eksenli deney ve ilgili ekipmanlar açıklanmaktadır. Devamındaki jeoteknik problemler, üç eksenli testin uygulanmasını göstermektedir. Zemin barajları su rezervlerini tutmak için kullanılır. Su için kullanılabilir elektrik enerjisi üretimi, sulama, rekreasyon, taşkın kontrolü veya belediye suları arz. Bir zemin barajın iç çekirdeği genellikle ince taneli zeminlerden oluşur, kil. Çekirdek barajın içinden sızan su miktarını en aza indirir. Dış barajın kabukları stabilite sağlar ve genellikle kum, çakıl ve kaya dolgularından oluşur. Barajın yukarı ve aşağı yamaçları stabilite analizleri ile belirlenir. Her baraj malzemesinin kayma dayanımından faydalanır. Güç özellikleri genellikle üç eksenli test ile belirlenir.

4.6.3 Üç eksenli basınç deney seti teknik bilgileri

Test setinin resimleri ihale sırasında sunulmalıdır. Üç eksenli basınç test seti aşağıdaki minimum özelliklere sahip olacaktır.

1. Dijital Üç Eksenli Test Yükleme Çerçevesi ASTM D2850 D4767, AASHTO T296, T297 standartlarına uygun olmalıdır.
2. Yükleme Çerçevesi, Mikroişlemci kontrollü, LED ekran, doğrudan bilgi girişi dokunmatik tuş takımı, hızlı yükleme ve boşaltma yapabilmelidir.

3. Yükleme çerçevesi, kullanıcı deformasyon hızını en az 0.00001 ila 9 mm / dak değerinde ayarlayabilecek ve 38, 50 ve 100 mm çapındaki zemin örneklerini test edebilecek ve piston kafaları değiştirilecektir.
4. Yükleme Çerçevesi, 50 kN kapasiteli iki sütunlu mikroişlemci kontrol göstergeleri büyük ve okunaklı olmalıdır.
5. Yükleme çerçevesi su geçirmez membran tuş takımına sahip olmalıdır.
6. Çerçeve bilgisayara bağlanabilmeli ve yükleme çerçevesi test pistonunu test sırasında durdurabilmelidir. Tekrarlama hızını ayarlayarak devam edebilmelidir.
7. Yükleme çerçevesi Manuel ve Bilgisayar Kontrollü ve piston beslemesi en az 10 cm olmalıdır.
8. 50mm Üç Eksenli Hücre BS 1377, ASTM D2850, D4767, AASHTO T296, T297 standartlarını karşılamalı ve yükleme pistonunun düşük sürtünme derecesine sahip olması gerekir.
9. Üç Eksenli Hücre, 1700 kPa hücre basıncına dayanabilmeli, saydam olmalı ve numunenin deney sırasında kolayca görünmesini sağlamalıdır.
10. Test hücresi, hem 38 mm hem de 50 mm çapındaki örneklerle kullanım için uygun olacaktır.
11. Beş basınç ve tahliye giriş ve çıkış vanaları.
12. Bir adet Pistonlu Sabitleme Ataşmanı olmalıdır. Ek kurulum sırasında kullanılacaktır.
13. 38 mm çapındaki zemin numunelerinin test edilmesi için 1 adet 38 mm Temel Adaptöre sahip olmalıdır. Drenaj ve / veya gözenek suyu basıncı ölçümleri için çift çıkış
14. 50 mm çapında zemin numunelerinin test edilmesi için 1 50mm Taban Adaptörüne sahip olmalıdır. Zemin drenajı ve / veya gözenek suyu basıncı ölçümleri için çift çıkış olmalıdır.

4.6.4 Hesaplamalar

Hazırlanan numuneler optimum su muhtevalarda karıştırılıp ve sıkıştırıldıktan sonra, 3 set üç eksenli deney yapılmıştır. Her set deneyde, çevre basıncı (σ_3) 50,100 ve 150 kPa olarak belirlenmiştir. Arazide zemin üç eksenli gerilme etkisi altında bulunduğu

için gerçeğe en yakın kayma dayanımı parametresi arazi deneylerinden elde edilir. Bu nedenle kayma dayanımını belirlemek için en yaygın deney yöntemi üç eksenli deney deneyidir (Yılmaz 2014). Üç eksenli deneylerde, farklı katkı kil ve uçucu kül ile yapılmıştır. Kül oranları %0, %5, %10, %15, %20 ve %25 olarak değişmektedir. Uçucu kül ile hazırlanan karışımlara ait üç eksenli basınç numune hazırlama ve deneyden sonra numune çizelge 4,5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.6: Farklı karışımlarına ait Üç eksenli basınç dayanımı sonuçları

Uçucu kül oranı (%)	0%	5%	10%	15%	20%	25%
ϕ	20,75	29,9	19,8	19,1	17,5	13,9
C	77,15	60,5	55,6	50,55	35,5	32,9

Çizelge 4.5 dikkate alarak, Uçucu külün oran artışı ile beraber, kohezyon azalmaktadır. Bu bulgu özellikle şişen zeminlerin iyileştirilmesi için çok önem taşımaktadır. Ayrıca, %5 kül oranında, içsel sürtünme açısı maksimum değere sahip olup ve %5 kül oranının artışı ile beraber sürtünme açısı düşüş göstermektedir.

4.7 Deneyin Amacı

Kayma dayanımı, zeminin kırmadan dayanabileceği en büyük kayma gerilmesidir. Zeminlerin kayma dayanımı parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan test yöntemleri iki gruba ayrılabilir.

Üç eksenli basınç testi genellikle kendini tutabilen yapışkan zeminlere uygulanır, ancak test yöntemindeki bazı değişiklikler nedeniyle kohezyonsuz, akan zeminlere de uygulanabilir (Yılmaz, 2017).

Aşama 1: Zemin tabakaları saha koşullarında belirli jeolojik yüklerin etkisi altındadır. Bu tür bir ortamdan alınan örnek, teste tabi tutulmadan önce üç yönde hidrostatik baskı uygulayarak saha koşullarına yaklaşılmaya çalışılır.

Adım 2: Gerilme deformasyon değişiklikleri numuneye bir yönde aksel basınç uygulanarak kaydedilir. Kırıgın meydana geldiği stres belirlenir. Yükleme hızı zeminin geçirgenliği ile belirlenir.

Drenaja izin verilmiyorsa, gözenek suyu basıncındaki değişiklik; Drenaj durumunda, numunenin hacim değişikliği belirlenir. Test farklı konsolidasyon ve drenaj durumları için geçerlidir.

Deneyde, temel gerilmeler birbirine dik olan üç yönde uygulanır. Deneyin başında en büyük stres σ_1 , en küçük stres σ_3 ve orta aksenal stres σ_2 ;

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$$

denkleminde eşittir Deney süresince;

$$\sigma_2 = \sigma_3$$

olacaktır. σ_1 ise kırılma gerçekleşinceye kadar arttırılacaktır.

σ_1 deney sırasındaki maksimum stres, uygulanan aksenal stresin ve hücre basıncının toplamına eşittir.

Örneğe uygulanan aksenal gerilme ($\sigma_1 - \sigma_3$) deviatörya sapma gerilmesi olarak adlandırılır. Kayma dayanımı parametrelerini belirlemek için, örnek konsolidasyon drenajı olmadan üç aksenal basınç testine tabi tutuldu. Herhangi bir hatayı en aza indirmek için örnek üç kez test edildi.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Zayıf zeminler üzerinde inşaat projeler yaparken toprak tespiti eksikliğinden dolayı birçok sorunlar meydana gelmiştir. Bu yüzden zemin stabilizasyon yöntemlerinin belirlenmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu yapılan çalışmada uçucu kül ve illit kil ile zemin iyileştirilmesi incelenmiştir. Geçmişte yapılan araştırmalar, sonuçların killin türüne bağlı olduğunu ve farklı uçucu kül ve killi zeminlerde, çeşitli sonuçlar göstermiştir. Tezde kullanılan deney malzemeleri termiksantalinden temin edilen C tipi uçucu kül ve İstanbulda Şile bölgesinde düşük plastisiteli illit kil malzeme kullanılmıştır. Kül ve kil malzemesinin özelliklerinin belirlemek için elek analizi, kıvam limitleri, özgül ağırlık, standart proktor, üç eksenli ve konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Çizelge 5.1’de illit kil numunesinin geoteknik özelliklerini belirlemek için yapılan deneylerin sonuçları görülmektedir.

Çizelge 5.1: illit Kil numunesinin üzerinde yapılan deney sonuçları.

USCS sınıflandırma	CL
Likit limit, LL (%)	38,22
Plastik limit, PL (%)	20,04
Plastisite indisi, PI (%)	18,18
Özgül ağırlık, G_s	2,833
Optimum su içeriği, w_{opt} (%)	17,87
Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık (Mg/m^3)	1,56

Çizelge 5.2 İllit ki numunenin özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deney sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 5.2: Uçucun kül numunesinin özellikleri ve sonuçları

ZEMİN TİPİ	G_s	OMC
C Tipi	2.02	%20

Uçucu kül ve kil oranı sıfır iken çıkan sonuç ile bu ikisinin yüzdesi artarken bazen ortalama düşecek ve bazen yüksek çıkacak. Çizelge 5.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3: Özgül Ağırlıkların Ortalaması

Uçucu kül (%)	Malzeme	Ortalama G _s
0	Uçucu kül	2.02
0	illit kil	2.83
%5	Uçucu kül + kil	2.91
%10	Uçucu kül + kil	2.44
%15	Uçucu kül + kil	2.39
%20	Uçucu kül + kil	2.40
%25	Uçucu kül + kil	2.42

Bu Çalışma kapsamında hazırlanan karışımları yapılan likit limiti ve plastik limit testi sonuçları çizelge 5.4’te verilmiştir.

Çizelge 5.4: likit limiti ve plastik limit testi sonuçları

Deney Numuneleri	Likit Limit(%)	Plastik Limit(%)	Plastisite İndisi(%)
K	38.22	20.04	18.18
KFA/5	45,0	34,0	11,0
KFA/10	44,5	33,7	10,8
KFA/15	44,5	33,7	10,8
KFA/20	43,4	33,2	10,2
KFA25	40.62	31,09	9,53

karıştırılmasıyla oluşturulan karışım içerisine değişik oranlarda kül katkısı yapılarak hazırlanmış kil-uçucu kül karışımlarında yapılan deneyler özet sonuçları (Çizelge 5.5 ve 5.6) ’da görülmektedir. Deneylerin UU şeklinde yapılma sebebi, arazideki yatay ve düşey efektif gerilmelerin, labratuvar ortamında benzer şekilde modellenmesidir. Çizelge 5.5 dikkate alarak, en yüksek kayma gerilmesi de %5 uçucu kül katkısında gözükmiştir.

Çizelge 5.5: Farklı karışımlarına ait Uç eksenli basınç dayanımı sonuçları

Uçucu kül oranı (%)	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Φ	20,75	29,9	19,8	19,1	17,5	13,9
C	77,15	60,5	55,6	50,55	35,5	32,9

Kullanılan illit kil malzemeye eşit miktarda uçucu kül eklendiğinde yapılan uç eksenli basınç deneyi 0% ve %25 oranı kül ϕ düşmüş C yükselmiş, kilin 2.78 gr/cm^3 olan maksimum özgül ağırlığı ise kil-uçucu kül karışımında düşmüş. Maksimum kuru birim hacim ağırlığındaki artış ile optimum su muhtevsındaki düşüş uçucu kül malzemenin kil malzemeyle kimyasal reaksiyona girmesiyle açıklanabilir.

Çizelge 5.6: Farklılık konsolidasyon sonuçlarını harmanlamaktadır

%	e_0		C_v mm ² /dk	Ortalama Numune yüksekliği (mm)	mv m ² /kN	K
	Deney Başı	Deney sonu				
0%	0.92	0.8033	0.0539	19.773	0.05411	0.02681
5%	0.92	0.77	0.05436	19.6	0.05453	0.02907
10%	0.92	0.73	0.05217	19.4	0.05203	0.02686
15%	0.92	0.8733	0.05202	19.46	0.0525	0.026807
20%	0.92	0.866	0.0532	19.6	0.05311	0.02771

Çizelge 5.7: Konsolidasyon deneyi oturması

KONSOLIDASYON DENEYİ OTURMA DEĞERLERİ	
Numune yüksekliği (h) = 20 mm	
Kül Oranı (%)	1-2-3. Set Ortalama Değerleri
	Oturma (mm)
%0 kil	0,24
%5 uçucu kül	0,16
%10 uçucu kül	0,48
%15 uçucu kül	0,53
%20 uçucu kül	0,55

Konsolidasyon sonuçlarına göre en düşük konsolidasyon oranı %5 de görülmektedir. Killi zeminlerde şişme potansiyelinde yüksek olduğu için, oturma ile beraber, %5 uçucu kül katkısı killi zeminlerin şişme potansiyelinde düşürmektedir. Deneylerde Su muhtevası sabit kaldığı için büyük değerlerde, uçucu külün etkisini göstermek için daha çok zamana ihtiyaç vardır. Ayrıca uçucu külün yüzdesi ile beraber su muhtevasının yüzdesinde de artış yapılırsa sonuçlar daha efektif olabilir.



KAYNAKÇA

- Aksoy H., Yılmaz, S. ve Akarsu, M.E.** (2008). Esen killi bir zeminin tunçbilek uçucu külü kullanılarak stabilizasyonu, *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*
- Aruntaş, H. Y.** (2006). Uçucu küllerin inşaat sektöründe kullanım potansiyelleri. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(1), 193-203.
- Aruntaş, H.Y.,** (2006). Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanımı. *G.Ü. Müh. Mim. Fak.Dergisi*, 21 (1), 193-203.
- ASTM C 618** (1994), *Standard Specification for Fly Ash and Raw or Calcined Natural pozzolans for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete.*
- Aşan, Ö. ve Erenler, E.** (2008). ‘İş Tatmini ve Yaşam Tatmini İlişkisi’, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:13, Sayı:2, s. 202- 216.
- Aydınlı, F.** (2007). ‘Türkiye ve Almanya’daki İşletmelerde Esnek Çalışma Modellerineİlişkin Karşılaştırmalı Bir Araştırma’, *Yönetim Dergisi*, Yıl: 18, Sayı: 57, s. 67-90.
- Balkır, Z.G.** (2008). ‘Sürdürülebilir Rekabet Gücü Açısından Türk İş Hukuku Politikalarındaki Esneklik Açılımları’, *MESS Mercek Dergisi*, Sayı: 46, s. 62-70.
- Barney, J.** (1991). ‘Firm Resources and Sustained Competitive Advantage, *Journal of Management*’, 17, 1, s. 99-120
- Baş, T.** (2002). ‘Öğretim Üyelerinin İş Tatmin Profillerinin Belirlenmesi’, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt: 17, Sayı:2, s. 19-37.
- Baş, T. ve Ardıç, K.** (2002). ‘Yüksek Öğretimde İş Tatmini ve Tatminsizliği’, *İktisat İşletme ve Finans Dergisi*, Cilt: 17, Sayı: 198, s. 72-81.
- Başer, O.** (2009). Stabilization of Expansve Soils Using Waste Marble Dust. *Master Thesis*, Middle East Technical University, The Graduate School of Naturaland Applied Sciences Department of Civil Engineering, Ankara.
- Başkan, R.** (1999). ‘Çalışma Barışı ve Esneklik Tartışmalarında Farklı Bir Yaklaşım’,Kullanılması”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yük. LisansTezi*, İstanbul
- Bilskie J,** (2001), Su içeriği deneyi, *Ph. D.* Campbell Scientific, Inc. 28-Aug-2018 from,<https://s.campbellsci.com/documents/us/technical-papers/soilh20c.pdf>
- Chen, F.H.,** (1988), “*Foundation on Expansive Soils*”, American Elsevier Publication, New York
- Çetinkaya, M.** (2012), İstanbul Teknik Üniversitesi,Polipropilen Liflerin Uçucu Kül Zemin Karışımlarında Geoteknik Özelliklere Etkisi (*Yüksek Lisans Tezi*) URI: <http://hdl.handle.net/11527/7048>Tarih: 2013-01-06Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012

- Das, B.** (2007). “*Principles of Foundation Engineering*,” 6th Edition, Thomson Learning, Florence, KY, United States.
- Ekin, N.** (1999). ‘Esneklik Çağı’, *MESS Mercek Dergisi*, Sayı: 15, s. 6-14.
- Ekonomi, M.** (2008). ‘4857 Sayılı İş Kanunu Hükümleri Çerçevesinde Sayısal Esneklik’,
- Emin, Ü.** (2015), Importance of dispersive soils for earthfill dams an a research on control tests adopted in Turkey, *Symposium on Research and Development in the Field of Dams*, Crass-Montana- Switzerland, p.133-144.20/08/2015
- Fırat T.** (2011),*Uçucu Kül, Kireç Ve Çimento İle İyileştirilmiş Kaolinde Kür Süresinin Cbr Üzerine Etkilerine*Cilt 26, Sayı 4 11, 1410-1422, 2005.
- Gabr, A. K.** (2012), "The Uncertainties of Using Replacement Soil in Controlling Settlement," *Journal of American Science*; , vol. 8, no. 12, pp. 662-665, 2012.
- Gökçe, A.** (1995), “Farklı İnceliklerdeki Uçucu Küllerin Betondaki Performanslarının Karşılaştırılması”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 68 s., İstanbul.
- Gustainiene, L. ve Endriulaitiene, A.** (2009). ‘Job satisfaction and subjective health among sales managers’, *Baltic Journal of Management*, 4, s. 51–65.
- Gül, H. ve Oktay, E.** (2009). ‘Ücret, Kariyer, İş Tatmini ve Performans Arasındaki İlişkiler: Karaman Valiliğinde Bir Uygulama’, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 21, s.224-238.
- I.S (Part IV)**(1992) “Indian standard for determination of Linear Shrinkage”, *Bureau of Indian Standards Publications*, New Delhi
- I.S: (Part V)**(1985)Indian standard for determination of liquid limit and plastic limit”, *Bureau of Indian Standards Publications*, New Delhi
- I.S: 2720 (Part IV)**(1985) “Indian standard for grain size analysis”, *Bureau of Indian Standards Publications*, New Delhi.
- Malayoğlu, U.**, (1992). *Float and Sink Characteristics of Clay in Mineral Processing*, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Morrison. R.E.**, (1970), "A Review of Ash Specifications." *Symposium on Fly Ash Utilization*, pp. 24-31. Pittsburgh.
- Neubauer, C. H. and Thompson, M. R.** (1972), “Stability Properties of Uncured lime-Treated Fine-Grained Soil,” *Highway Research Record* No.381,Highway Research Board, pp. 20-26, USA
- Ontürk K., Fırat S., Vural I. ve Khatib J.M.** (2014), Uçucu Kül ve Mermer Tozu Kullanarak Yol Altyapısının İyileştirilmesi Politeknik Dergisi *Journal of Polytechnic*, Cilt:17, Sayı : 1 (Özel Sayı), s.35-42, 2014 Vol: 17, No :1 (Special Issue), pp.35-42, 2014
- Samarra** (2017), *Islamic Sub-Engineering* (1396).*Stabilize Hedefler ve yöntemleri*, 26 Aug 2018 From. <http://pm-cem.ir/engineer/78152/>
- Salam, Sh. A.** (2007), "the effect of replacement soil on reducing settlement of footing on deep soft clay using numerical approach," cairo university, Giza, egypt, *Master Thesis* 2007.
- Sivapullaiah P. V. ve Prashanth J.P.**, (1995), Sridharan Asuri, Optimization of lime content for flyash, *ASTM Journal of testing and evaluation*, vol.23, issue 3 (1995) 222-227
- Toros, H.** (1987), “*Afşin Elbistan Termik Santrali Uçucu Küllerinin Yapı Malzemesi Olarak*.”.

- TRB** (1987), *National Research Council*, Washington, DC, USA Transportation Research Board.
- Türker, P., Erdoğan, B., Katnaş, F. ve Yeğınobalı, A.**, (2009), Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri, TÇMB AR-GE Y03.03, Fersa Matbaacılık, s.32-37, s. 58-65.
- Wang, L. ve Reston, E. Y.** (2007), "Analysis of Asphalt Pavement Materials and Systems Emerging Methods: *Proceedings of the Symposium on the Mechanics of Flexible Pavements*, June 25-30, 2006, Boulder, Colorado," American Society of Civil Engineers, Reston, VA, USA.
- Yılmaz I., Yıldırım M. ve Keskin I.** (2014), *Zemin Mekaniği Laboratuvar Deneyleri ve Çözümlü Problemler*, 2.baskı Ankara, Türkiye, Seçkin, 2014.
- Yılmaz I., Yıldırım M. ve Keskin İ.** (2006), *Zemin mekaniği laboratuvar deneyleri ve çözümlü problemler*, Seçkin ve Mesleki Yayınları, 2006, Dördüncü, baskı, 2017.ANKARA.

Internet Kaynakları:

- Url 1** <https://www.graymont.com/sites/default/files/pdf/tech_paper/lime_treated_soil_construction_manual.pdf>, alındığı tarih: 15.06.2019.
- Url 2** <<https://yapisor.com/55/konsolidasyon-deneyi-nedir>>, alındığı tarih: 15.06.2019.
- Url 3** <https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/7455/mod_resource/content/0/10.%20Hafta.pdf>, alındığı tarih: 18.06.2019
- Url 4** <http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/b702465f3c31412_ek.pdf>, alındığı tarih: 19.06.2019
- Url 5** <<http://www.jeofizikmuhendisleri.com/makaleler/Uc.Eksenli.Basinc.Deneyi>>, alındığı tarih: 21.06.2019
- Url 6** <https://www.civilica.com/Paper-UMCONF03-UMCONF03_079.html>, alındığı tarih: 21.06.2019



EKLER

EK A. Özgül Ağırlıkların Belirlenmesi deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen)

EK A.1 Kil numunesi

EK A.2 kil ve Uçucu Kül %5, %10, %15, %20 ve %25

EK B. Elek analizi deney sonuçları ile grafikleri (kil numunesinde gerçekleştirilen).

EK B.1 Kil numunesi

EK C. Likit limit ve plastik limit deney sonuçları ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).

EK C.1 Kil numunesi

EK C.2 Kil ve %5 Kül numunesi

EK C.3 Kil ve %10 Kül numunesi

EK C.4 Kil ve %15 Kül numunesi

EK C.5 Kil ve %20 Kül numunesi

EK C.6 Kil ve %25 Kül numunesi

EK D. Standart proktor deney sonuçları ile grafikleri (kil numunesinde gerçekleştirilen)

EK D.1 Kil numunesi

EK F. Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen)

EK F.1 Kil numunesi

EK F.2 Kil ve %5 Kül numunesi

EK F.3 Kil ve %10 Kül numunesi

EK F.4 Kil ve %15 Kül numunesi

EK F.5 Kil ve %20 Kül numunesi

EK F.6 Kil ve %25 Kül numunesi

EK K. Konsolidasyon deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).

EK K.1 Kil numunesi

EK K.2 Kil ve %5 Kül numunesi

EK K.3 Kil ve %10 Kül numunesi

EK K.4 Kil ve %15 Kül numunesi

EK K.5 Kil ve %20 Kül numunesi

EK K.6 Kil ve %25 Kül numunesi



EK A

VERİ ANALİZİ

Toprağın sınıflandırılması için toplanan kil toprağının analizi yapılmıştır. Aşağıdaki gözlemler yapıldı.

Çizelge A.1: Özgül Ağırlıkların Belirlenmesi deney ile grafikleri (kil numunesinde gerçekleştirilen) I

EK A.1

ÖZGÜL AĞIRLIKLARIN BELİRLENMESİ

Numune Tipi	Kil	Kaynağı	İstanbul
Numune Adı		Deney Tarihi	01.01.2019
		Deney No	Özgül ağırlık 1/3

1. Numune	
piknometrenin kütlesi. M0 (gr)	323.01gr
Kontrol sıvısı ile dolu piknometrenin kütlesi . M1 (gr)	1320.37gr
Kuru Numune ile Birlikte Piknometrenin Kütlesi . M2 (gr)	416.44gr
Kuru Numune ve kontrol Sıvısı ile Dolu Piknometrenin Kütlesi . M3 (gr)	1382.38gr
Deney Numunesinin Kuru Kütlesi (m4)=(m2-m0) (gr)	93.43gr
Kontrol sıvısının m1 Kütlesinin belirlendiği sıcak . Yoğunluğu (PL1)	17 c
Kontrol sıvısının m3 Kütlesinin belirlendiği sıcak . Yoğunluğu (PL3)	17 c
Zemn Danelelerin Yoğ. (Mg/m ³) Ps= ((m4))/((m1-m0)/PL1-(m3-m2)/PL3)*10 ⁹	2.973gr

$$G_s = \frac{Y_s}{Y_w} \quad G_s = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} = \frac{(416.44\text{gr} - 323.01\text{gr})}{(1320.37\text{gr} - 323.01\text{gr}) - (1382.38\text{gr} - 416.44\text{gr})}$$

$$G_s = 2.973\text{gr}$$

$$W_1 = 323.01\text{gr}$$

$$W_2 = 416.44\text{gr}$$

$$W_3 = 1382.38\text{gr}$$

$$W_4 = 1320.37\text{gr}$$

2. Numune	
piknometrenin kütlesi . M0 (gr)	184.8
Kontrol sıvısı ile dolu piknometrenin kütlesi . M1 (gr)	683.07
Kuru Numune ile Birlikte Piknometrenin Kütlesi . M2 (gr)	293.54
Kuru Numune ve kontrol Sıvısı ile Dolu Piknometrenin Kütlesi . M3 (gr)	751.43
Deney Numunesinin Kuru Kütlesi (m4)=(m2-m0) (gr)	108.74
Kontrol sıvısının m1 Kütlesinin belirlendiği sıcak . Yoğunluğu (PL1)	17 C
Kontrol sıvısının m3 Kütlesinin belirlendiği sıcak . Yoğunluğu (PL3)	17 C
Zemn Danelelerin Yoğ. (Mg/m3) $P_s = ((m4))/((m1 - m0)/PL1 - (m3 - m2)/PL3) * 10^9$	2.693

$$G_s = \frac{Y_s}{Y_w} \quad G_s = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} = \frac{(293.53 \text{ gr} - 184.80 \text{ gr})}{(683.07 \text{ gr} - 184.80 \text{ gr}) - (751.43 \text{ gr} - 293.53 \text{ gr})}$$

$$G_s = 2.693 \text{ gr}$$

$$W_1 = 184.80 \text{ gr}$$

$$W_2 = 293.53 \text{ gr}$$

$$W_3 = 751.43 \text{ gr}$$

$$W_4 = 683.07 \text{ gr}$$

Ortalama	
Katı Danelelerin Ortalama Yoğunluğu (Mg/m3)	2.833

EK A.2 Özül Ağırlıkların Ortalaması

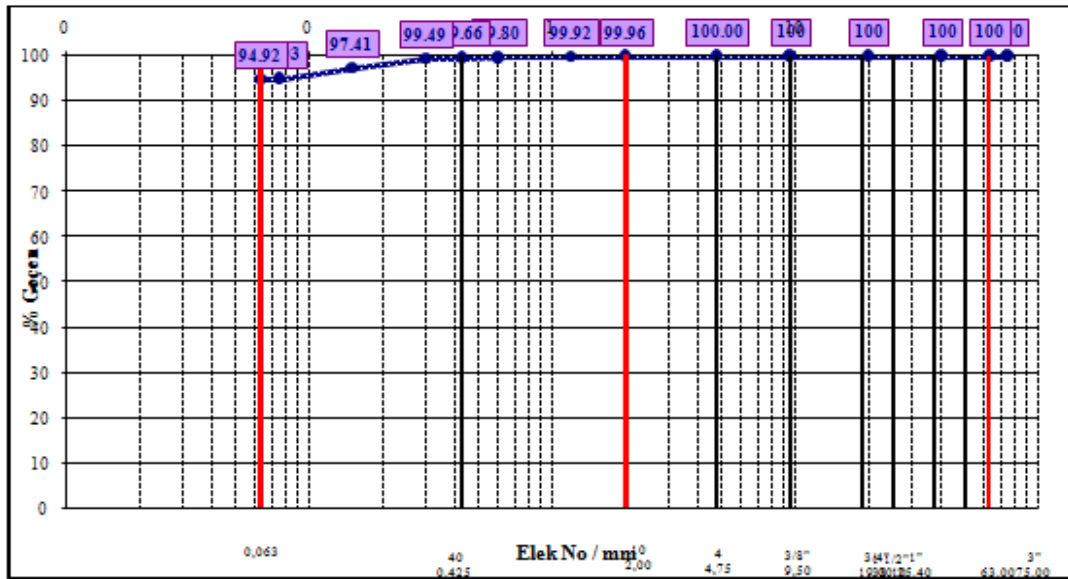
%	Malzeme	Ortalama
0	Uçucu kül	2,02 (mg/m ³)
0	illit kil	2.833 (mg/m ³)
%5	Uçucu kül + kil	2.91 (mg/m ³)
%10	Uçucu kül + kil	2.44 (mg/m ³)
%15	Uçucu kül + kil	2.39 (mg/m ³)
%20	Uçucu kül + kil	2.40 (mg/m ³)
%25	Uçucu kül + kil	2.42 (mg/m ³)

EK B**EK B.1**

Çizelge B.1: Elek analizi deney raporu

ELEK ANALİZ RAPORUNumune Tipi Kil
Numune Adı İllit kilKaynağı
Deney Tarihi
Deney Noİstanbul
01.01.2019
Elek 1/1

Yaş Numune Ağırlığı	463.97				
Kuru Numune Ağırlığı	455.32				
Kuru Numune Ağırlığı	455.32	Çakıl + Kum + Silt + Kil			
Yıkamadan Sonraki Kuru Numune Ağırlığı	23.14	Çakıl + Kum			
ELEK NO	ELEKTE KALAN (gr)	TOPLAM KALAN (gr)	TOPLAM GEÇEN (gr)	TOPLAM GEÇEN (%)	ELEK AÇIKLIĞI (mm)
3"	0.00	0.00	455.3	100	75
	0.00	0.00	455.3	100	63
1,5"	0.00	0.00	455.3	100	40
	0.00	0.00	455.3	100	20
	0.00	0.00	455.3	100	9.5
4	0.00	0.00	455.32	100.00	4.75
10	0.18	0.18	455.14	99.96	2
	0.00	0.18	22.96	99.22	1.4
	0.19	0.37	454.95	99.92	1.19
	0.55	0.92	454.40	99.80	0.600
	0.00	0.92	22.22	96.02	0.500
40	0.64	1.56	453.76	99.66	0.425
	0.78	2.34	452.98	99.49	0.300
	0.00	2.34	20.80	89.89	0.250
	9.45	11.79	443.53	97.41	0.150
	10.85	22.64	0.50	2.16	0.125
#200	0.50	23.14	432.18	94.92	0.063
PAN	0.50				





EK C

EK C.1

Çizelge C.1: Atterberg sınırlarının sonuç belirlenmesi ve grafi (illit kil numunesinde).

Likit limit ve plastik limit deney

Numune Tipi Kil Kaynağı İstanbul
Numune Adı İllit kil Deney Tarihi 01.01.2019
Deney No Likit limit 1/6

LİKİT LİMİT					
Kap	Kap	K+Islak	Kap+Kuru	Su	Vuruş
No	Ağırlığı (gr)	Zemin (gr)	Zemin (gr)	Muhtevası(%)	Sayısı
1	28.05	55.38	47.56	40.08	11
2	29.64	50.94	44.85	40.04	14
3	30.27	52.36	46.22	38.50	21
4	30.00	50.70	45.12	36.90	32
5	27.38	53.11	46.21	36.64	39

Numune Tipi

Kil

Kaynağı

İstanbul

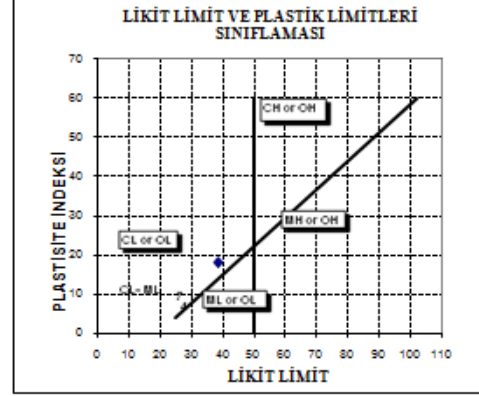
Numune Adı

İllit kil

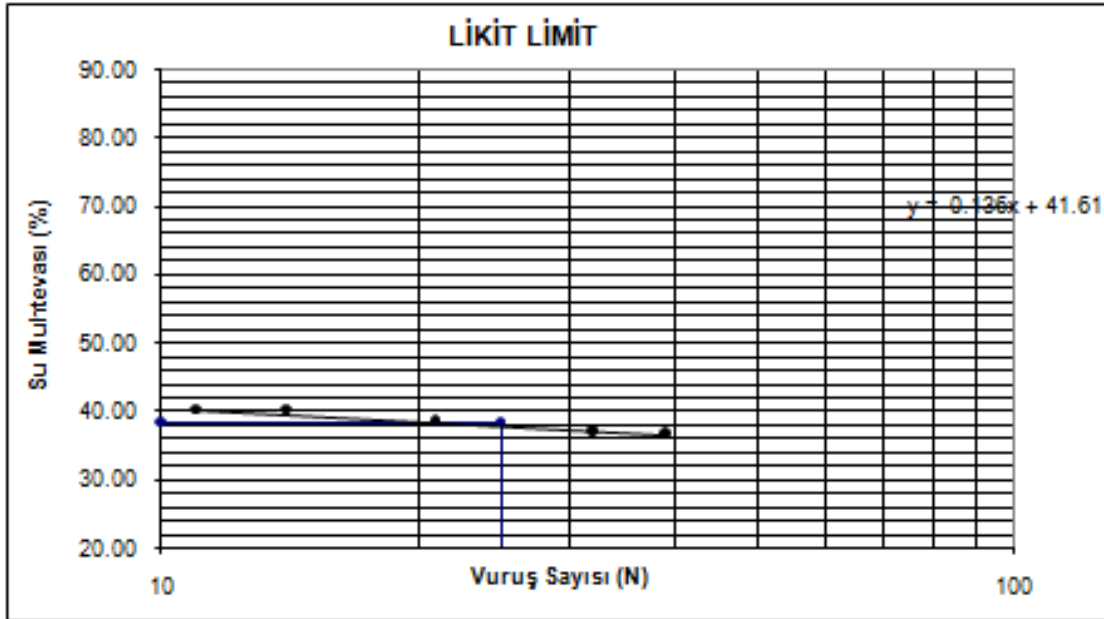
Deney Tarihi

01.01.2019

PLASTİK LİMİT				
Kap No	Kap Ağırlığı (gr)	K+Islak Zemin (gr)	Kap+ Kuru Zemin (gr)	Plastik Limit
1	29.12	50.22	46.65	20.37
2	32.25	48.51	45.85	19.56
3	31.69	49.73	46.70	20.19
PLAS. LİMİT :			20.04	



LİKİT LİMİT :	38.22
PLAS. LİMİT :	20.04
I_p :	18.18
ZEMİN GRUBU	C1



Şekil C.1: Likit limit ve plastik limit deney grafiği

EK C.2

Çizelge C.2: Atterberg sınırlarının sonuç belirlenmesi ve grafi (illit kil ve kül numunesinde).

Likit limit ve plastik limit deney

Numune Tipi

Kil

Kaynağı

İstanbul

Numune Adı

Kil ve %5 Uçucu kü

Deney Tarihi

01.01.2019

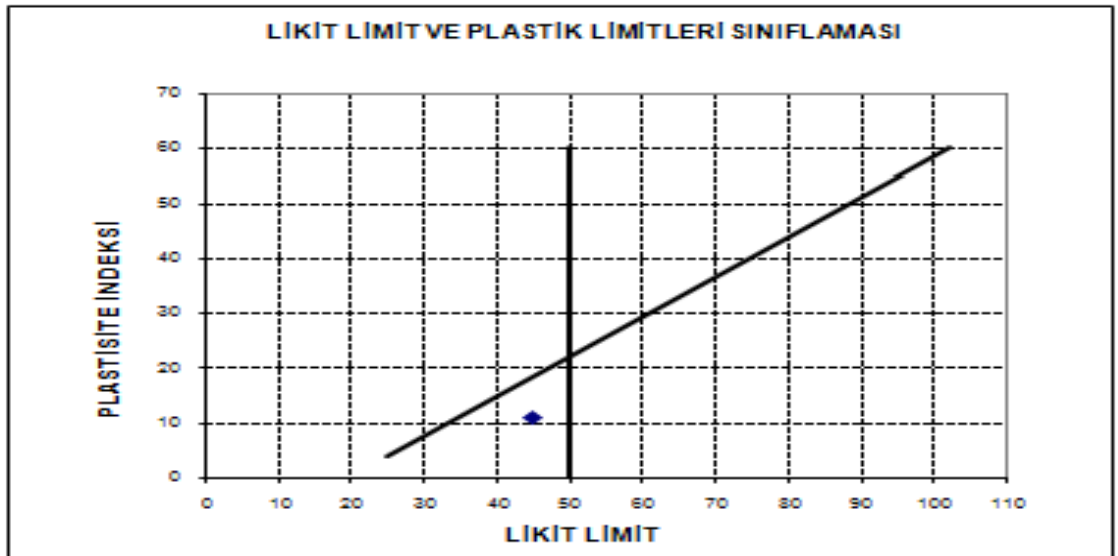
Deney No

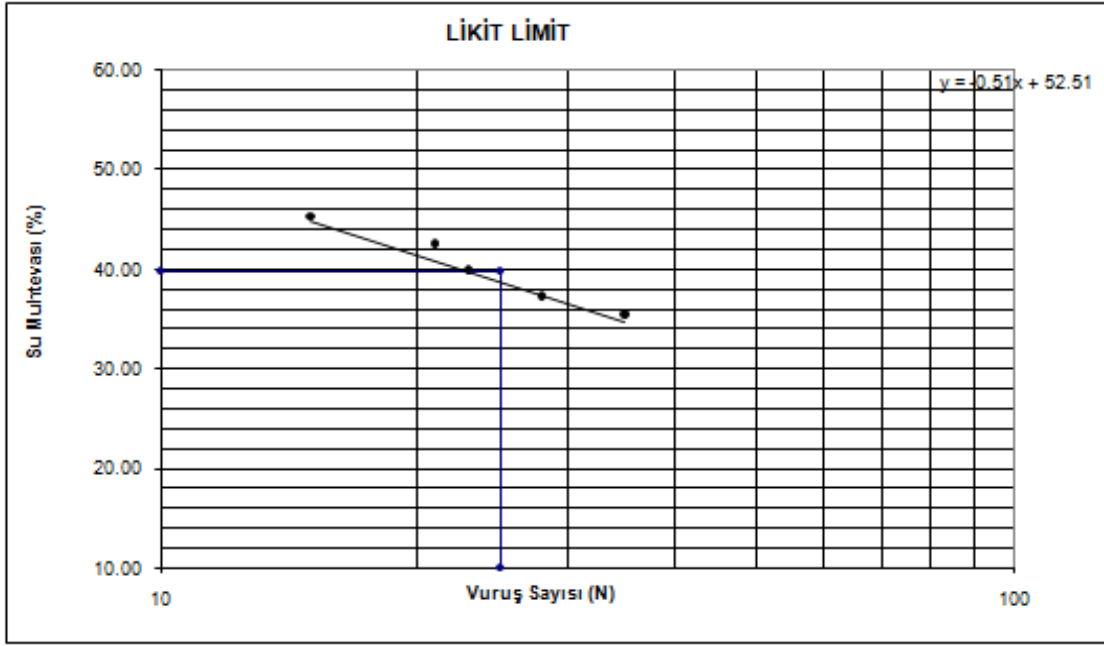
Likit limit 2/6

LIKİT LİMİT					
Kap No	Kap Ağırlığı (gr)	K+Islak Zemin (gr)	Kap+ Kuru Zemin (gr)	Su Muhtevası(%)	Vuruş Sayısı
B1	23.72	42.31	38.21	35.45	35
A8	21.15	47.26	42.26	37.26	28
A2	23.00	48.41	41.30	39.87	23
A5	23.78	46.93	40.18	42.50	21
B5	31.01	43.27	39.45	45.26	15

SONUÇLAR	
LIKİT LİMİT:	45.00
PLAS. LİMİT:	34.00
I_p :	11.00
ZEM.GRUBU	MI

PLASTİK LİMİT				
Kap No	Kap Ağırlığı (gr)	K+Islak Zemin (gr)	Kap+ Kuru Zemin (gr)	Plastik Limit
B9	29.69	35.23	33.93	30.68
A6	23.52	28.04	27.04	28.43
L2	53.33	67.24	64.68	22.56





Şekil C.2: kil ve %10 uçucu kül likit limit ve plastisite grafiği

EK C.3

Çizelge C.3: Atterberg sınırlarının sonuç belirlenmesi ve grafi (kil ve Uçucu kü numunesinde gerçekleştirilen).

Likit limit ve plastik limit deney

Numune Tipi Kil **Kaynağı** İstanbul
Numune Adı Kil ve %10 Uçucu kü **Deney Tarihi** 01.02.2019

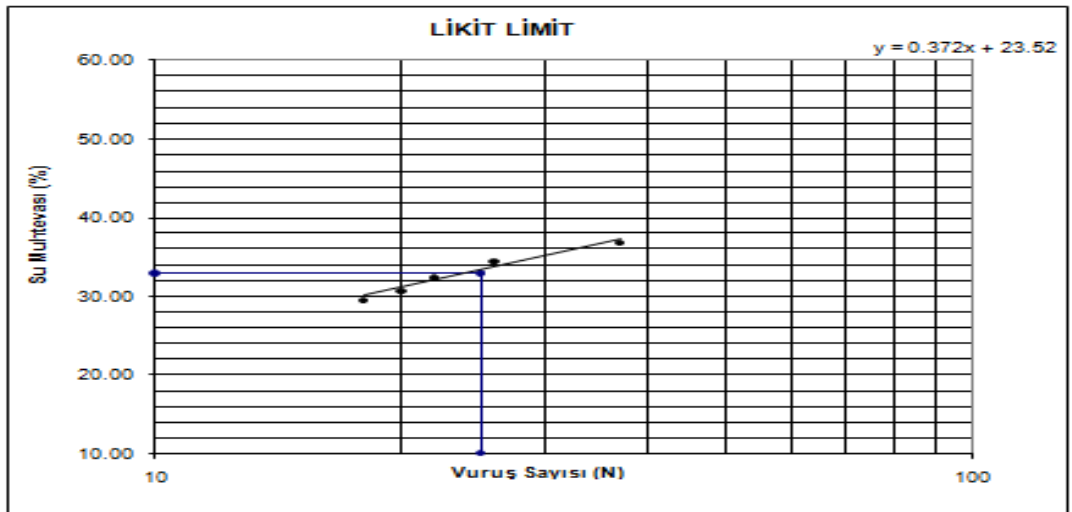
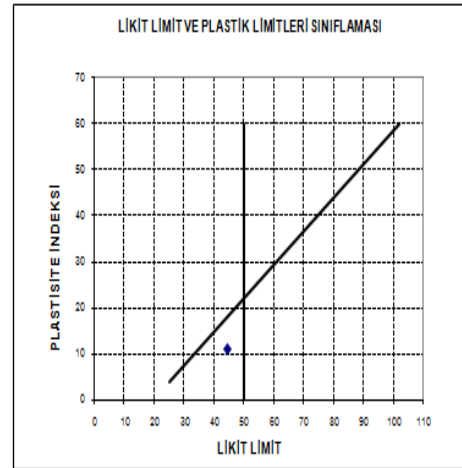
Deney No

Likit limit 3/6

LİKİT LİMİT					
Kap	Kap	K+Islak	Kap+ Kuru	Su	Vuruş
No	Ağırlığı (gr)	Zemin (gr)	Zemin (gr)	Muhtevası(%)	Sayısı
B3	23.75	40.57	36.05	36.75	37
B4	29.99	39.11	36.45	34.32	26
B2	22.92	38.58	34.14	32.30	22
A5	23.78	45.20	40.18	30.61	20
B5	31.01	44.56	41.32	29.45	18

SONUÇLAR	
LİKİT LİMİT :	44.50
PLAS. LİMİT :	33.70
I_p :	10.90
ZEM.GRUBU	MI

PLASTİK LİMİT				
Kap	Kap	K+Islak	Kap+ Kuru	Plastik
No	Ağırlığı (gr)	Zemin (gr)	Zemin (gr)	Limit
A5	23.76	29.75	28.50	26.37
A8	21.15	26.57	25.38	28.13
L11	56.20	67.24	64.68	30.19



Şekil C.3: kil ve %10 uçucu kül likit limit ve plastisite grafiği

EK C.4

Çizelge C.4: Atterberg sınırlarının sonuç belirlenmesi ve grafi (kil ve Uçucu kü numunesinde gerçekleştirilen).

Numune Tipi Kil

Kaynağı

İstanbul

Numune Adı Kil ve %15 Uçucu kü

Deney Tarihi

01.02.2019

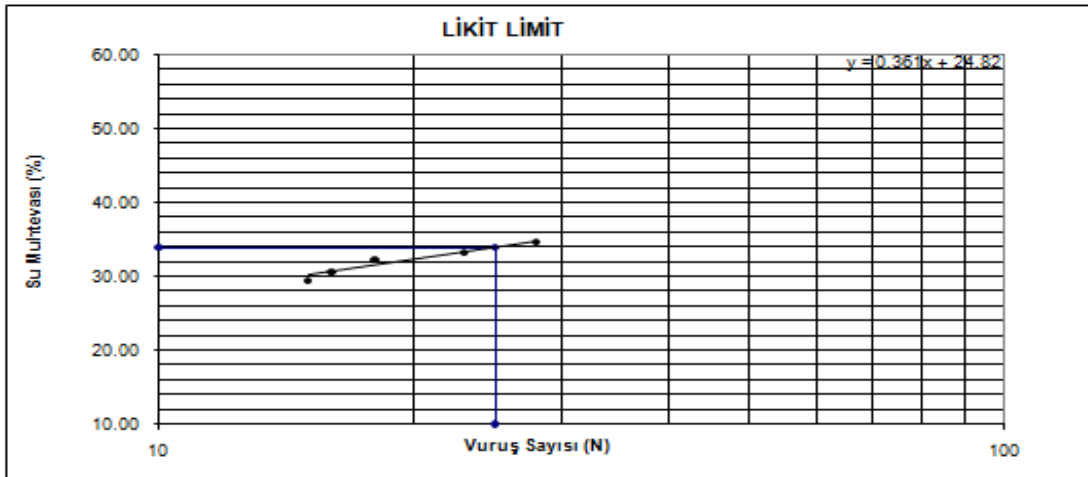
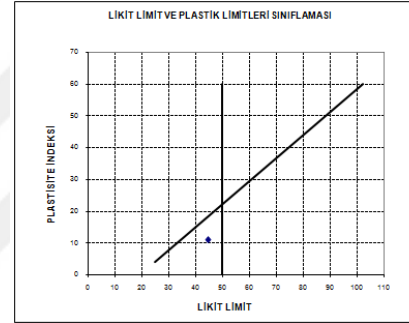
Deney No

Likit limit 4/6

PLASTİK LİMİT				
Kap No	Kap Ağırlığı (gr)	K+Islak Zemin (gr)	Kap+ Kuru Zemin (gr)	Plastik Limit
B3	23.72	43.50	39.20	27.78
A	21.15	42.30	38.40	22.61
L11	56.20	67.24	64.68	30.19

SONUÇLAR	
LIKİT LİMİT :	44.50
PLAS. LİMİT :	33.70
I_p :	10.90
ZEM.GRUBU	MI

LİKİT LİMİT					
Kap No	Kap Ağırlığı (gr)	K+Islak Zemin (gr)	Kap+ Kuru Zemin (gr)	Su Muhtevası(%)	Vuruş Sayısı
B7	28.01	43.50	40.30	34.65	28
B4	29.98	38.02	31.02	33.23	23
A2	23.00	29.31	20.90	32.30	18
A5	23.78	45.20	40.18	30.61	16
B5	31.01	44.56	41.32	29.45	15



Şekil C.4: kil ve %15 uçucu kül likit limit ve plastisite grafiği

EK C.5

Çizelge C.5: Atterberg sınırlarının sonuç belirlenmesi ve grafi (kil ve Uçucu kü numunesinde gerçekleştirilen).

Numune Tipi Kil

Numune Adı Kil ve %20 Uçucu kü

Kaynağı

Deney Tarihi

Deney No

İstanbul

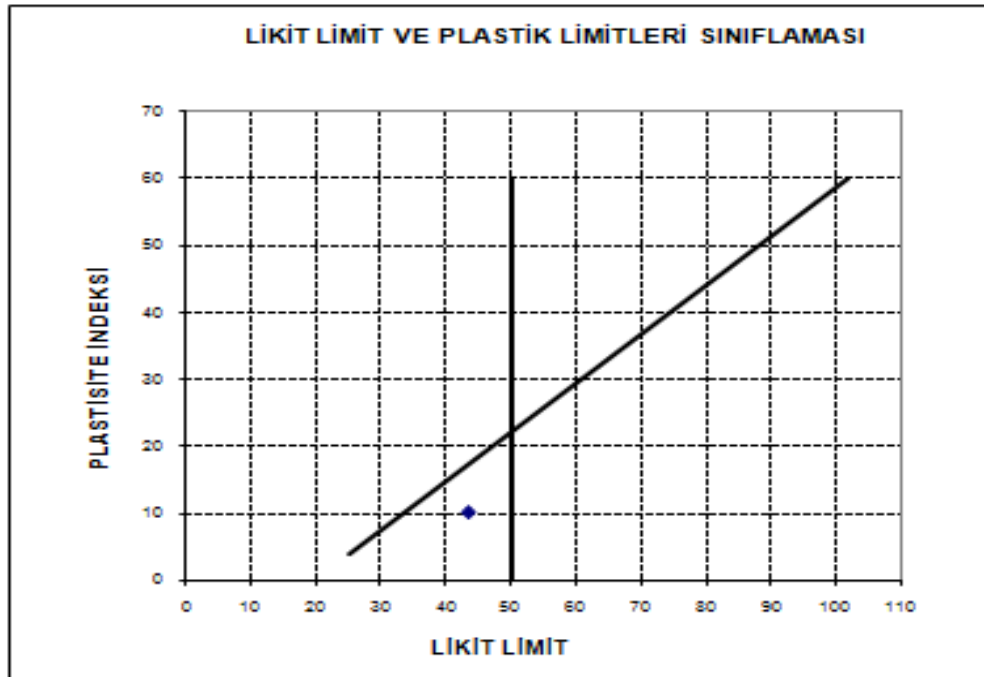
01.02.2019

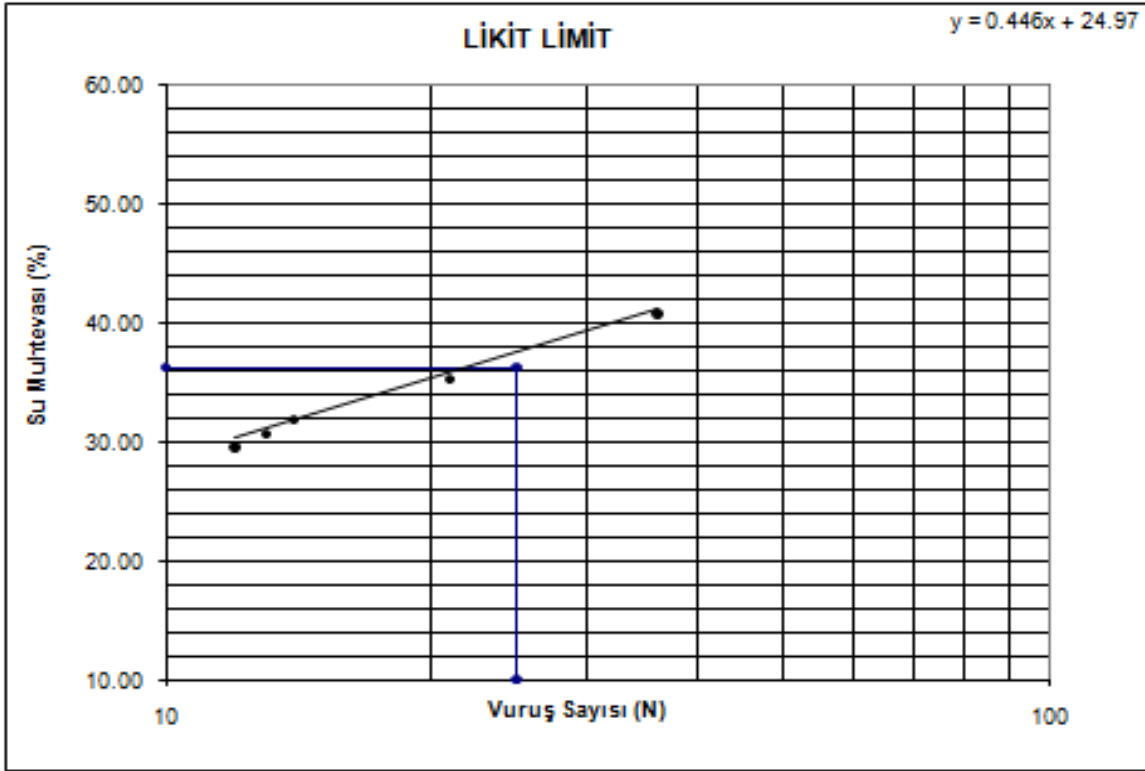
Likit limit 5/6

PLASTİK LİMİT				
Kap No	Kap Ağırlığı (gr)	K+Islak Zemin (gr)	Kap+ Kuru Zemin (gr)	Plastik Limit
A4	22.75	29.60	28.00	30.48
A3	23.30	27.35	26.32	34.11
L11	56.20	67.24	64.68	30.19

SONUÇLAR	
LIKİT LİMİT :	43.40
PLAS. LİMİT :	33.20
I_p	10.20
ZEM.GRUBU	MI

LIKİT LİMİT					
Kap No	Kap Ağırlığı (gr)	K+Islak Zemin (gr)	Kap+ Kuru Zemin (gr)	Su Muhtevası(%)	Vuruş Sayısı
B12	31.70	43.49	40.08	40.69	36
A9	23.14	36.11	32.90	35.23	21
A6	23.57	38.79	35.12	31.77	14
A5	23.78	45.20	40.18	30.61	13
B5	31.01	44.56	41.32	29.45	12





Şekil C.5: kil ve %20 uçucu kül likit limit ve plastisite grafiği

EK C.6

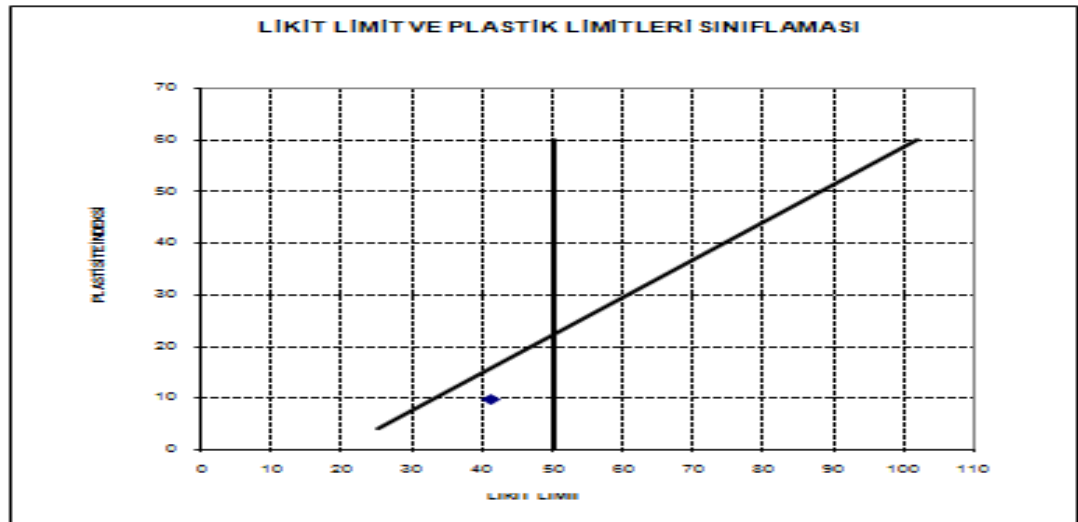
Çizelge C.6: Atterberg sınırlarının sonuç belirlenmesi ve grafi (kil ve Uçucu kü numunesinde gerçekleştirilen).

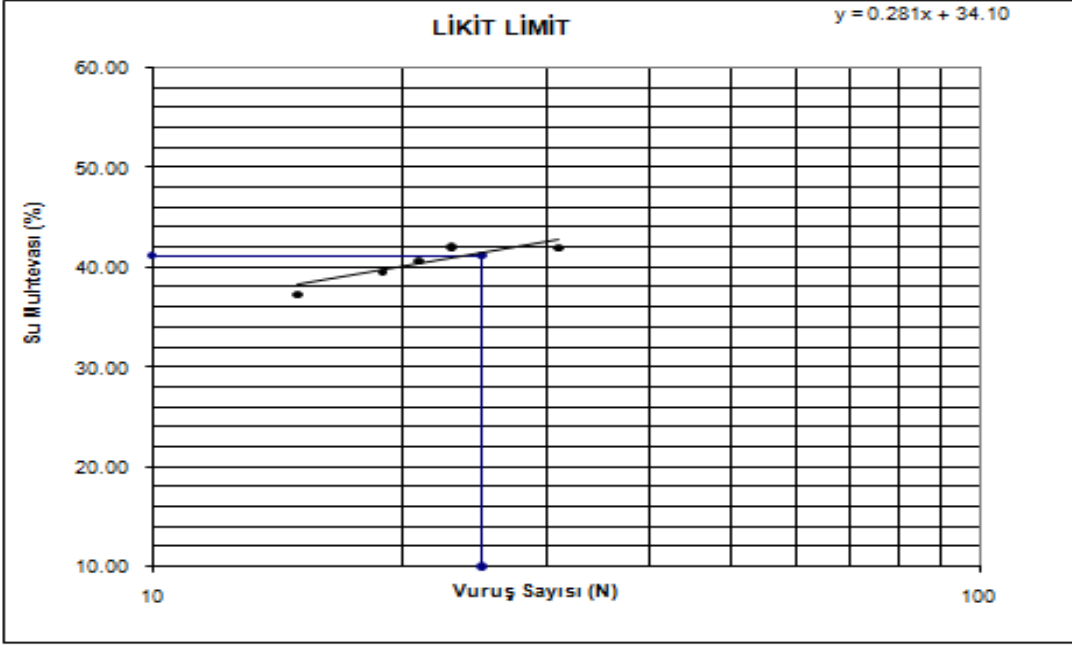
Numune Tipi	kil	Kaynağı	İstanbul
Numune Adı	Kil ve %25 Uçucu kü	Deney Tarihi	01.02.2019
		Deney No	Likit limit 6/6

PLASTİK LİMİT				
Kap No	Kap Ağırlığı (gr)	K+Islak Zemin (gr)	Kap+ Kuru Zemin (gr)	Plastik Limit
B12	31.68	36.19	35.30	24.77
B4	29.98	36.89	35.45	26.30
L9	56.68	67.24	64.68	32.00

SONUÇLAR	
LİKİT LİMİT:	41.15
PLAS. LİMİT:	31.65
I_p :	9.50
ZEM.GRUBU	MI

LİKİT LİMİT					
Kap No	Kap Ağırlığı (gr)	K+Islak Zemin (gr)	Kap+ Kuru Zemin (gr)	Su Muhtevası(%)	Vuruş Sayısı
B3	23.70	40.42	35.43	42.03	23
B7	28.01	45.94	40.80	41.89	31
A3	23.31	39.36	34.64	40.65	21
A5	23.78	46.93	40.18	39.45	19
B5	31.01	43.27	36.03	37.23	15





Şekil C.6: kil ve %25 uçucu kül likit limit ve plastisite grafiği

EK D
EK D.1

Çizelge D.1: Standart proktor deney sonuçları ile grafikleri ve optimum su muhtevası

Numune Tipi Kil
Numune Adı İllit kil

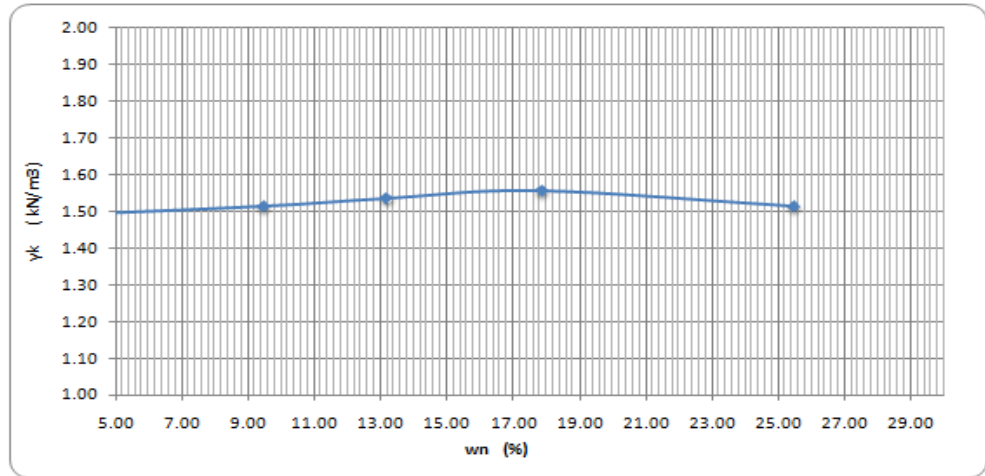
Kaynağı
Deney Tarihi

İstanbul
01.01.2019

Deney No

Proktor ve su mu 1/1

Kalıp Ağırlığı (g) Weight of Mold	:	1840				Toplam Numune Ağırlığı (g) Weight of Total Sample	:	6000
Kalıp Hacim (cm ³) Volume of Mold	:	944				Tokmak Ağırlığı (kg) Weight of Rammer	:	2.5
Elek Göz Açıklığı (mm) Sieve Size	:	4				Vuruş Sayısı Drop Number	:	25
Kuru Birim Hacim Ağırlık / Dry Unit Weight (gr/cm³) (γ_d)								
			1	2	3	4	5	
Kalıp + Numune Ağırlığı (g) Weight of Mold + Sample			3289	3404	3482	3572	3635	
Sıkıştırılmış Numune Ağırlığı (g) Weight of Compacted Soil			1449	1564	1642	1732	1795	
Yaş Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³) Wet Unit Weight			1.535	1.657	1.739	1.835	1.901	
Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³) Dry Unit Weight			1.489	1.514	1.537	1.557	1.516	
Su Muhtevası / Water Content (%) (w_n)								
			1	2	3	4	5	
Kap No / Cup No			1	2	3	4	5	
Yaş Numune + Kap (g) Wet Sample + Cup			129.63	139.43	135.85	148.25	129.85	
Kuru Numune + Kap (g) Dry Sample + Cup			127.33	132.16	126.23	134.9	114.46	
Su Ağırlığı (g) Weight of Water			2.30	7.27	9.62	13.35	15.39	
Kap Ağırlığı (g) Weight of Cup			53.34	55.25	53.36	60.04	53.99	
Su Muhtevası (%) Water Content			3.11	9.45	13.20	17.83	25.45	



Şekil D.1: Standart proktor ve optimum su muhtevası grafi

Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık

1.56 gr/cm³

Optimum Su Muhtevası

17.87 %



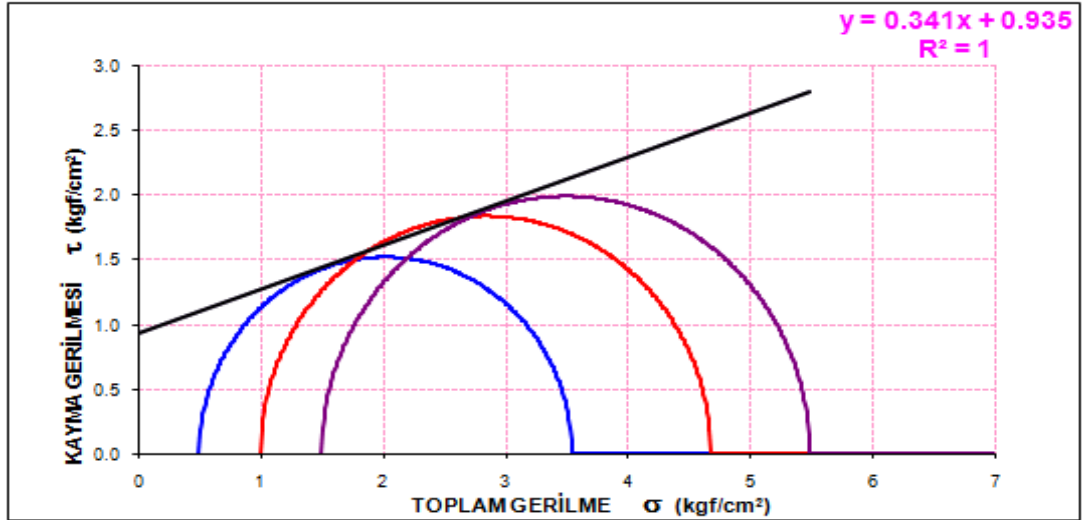
EK F
EK F.1

Çizelge F.1: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen)

Numune Tipi Kil **Kaynağı** İstanbul
Numune Adı İllit kil **Deney Tarihi** 01.01.2019

Deney No 1/3

Numune Bilgileri	1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm) (D_0)	3.767	3.709	3.760
Yükseklik (cm) (H_0)	8.017	7.664	7.565
Alan (cm^2) (A_0)	11.15	10.80	11.10
Hacim (cm^3) (V_0)	89.35	82.81	84.00
Ağırlık (gr) (W_0)	168.74	164.12	168.74
Doğ.Bir.Hac Ağır. (kN/m^3) (γ)	18.89	19.82	20.09
Yenilmedeki Gerilme %	7.12	10.80	11.70
Su Muht (Deney Öncesi) (%)	25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)	25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm^2) (σ_3)	0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm^2) ($\sigma_1-\sigma_3$)	3.043	3.679	3.9850
Eksenel Top.Geril σ_1 (kgf/cm^2)	3.543	4.679	5.485
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)		Kohezyon (c)	
18.8°		91.7 kN/m^2	



Şekil F1.1: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #1

Numune Tipi Kil

Kaynağı

İstanbul

Numune Adı İllit kil

Deney Tarihi

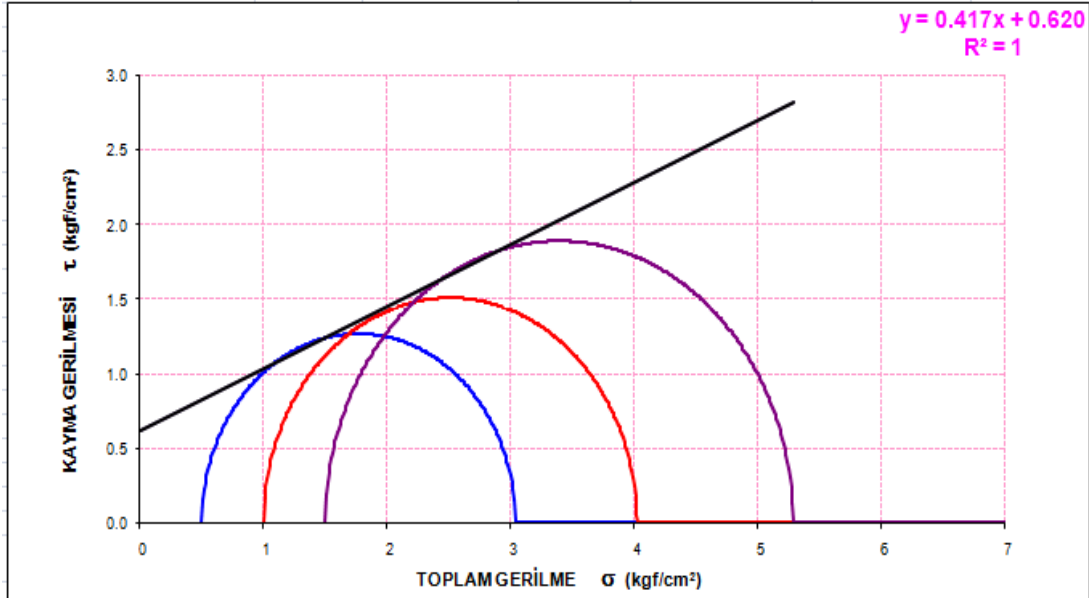
01.01.2019

Deney No

2/3

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri		1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm)	(D ₀)	3.750	3.770	3.788
Yükseklik (cm)	(H ₀)	7.887	7.547	7.433
Alan (cm ²)	(A ₀)	11.04	11.16	11.27
Hacim (cm ³)	(V ₀)	87.11	84.25	83.77
Ağırlık (gr)	(W ₀)	167.31	166.16	166.34
Doğ.Bir.Hac Ağır. (kN/m ³) (γ)		19.21	19.72	19.86
Yenilmedeki Gerilme %		6.90	13.10	13.10
Su Muht (Deney Öncesi) (%)		25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)		25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm ²) (σ ₃)		0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm ²) (σ ₁ -σ ₃)		2.540	3.021	3.7850
Eksenel Top.Geril σ ₁ (kgf/cm ²)		3.040	4.021	5.285
İçsel Sürtünme Açısı (φ)		Kohezyon (c)		
22.7 °		60.8		kN/m ²



Şekil F1.2: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri # 2

Numune Tipi Kil
Numune İllit kil
Adı

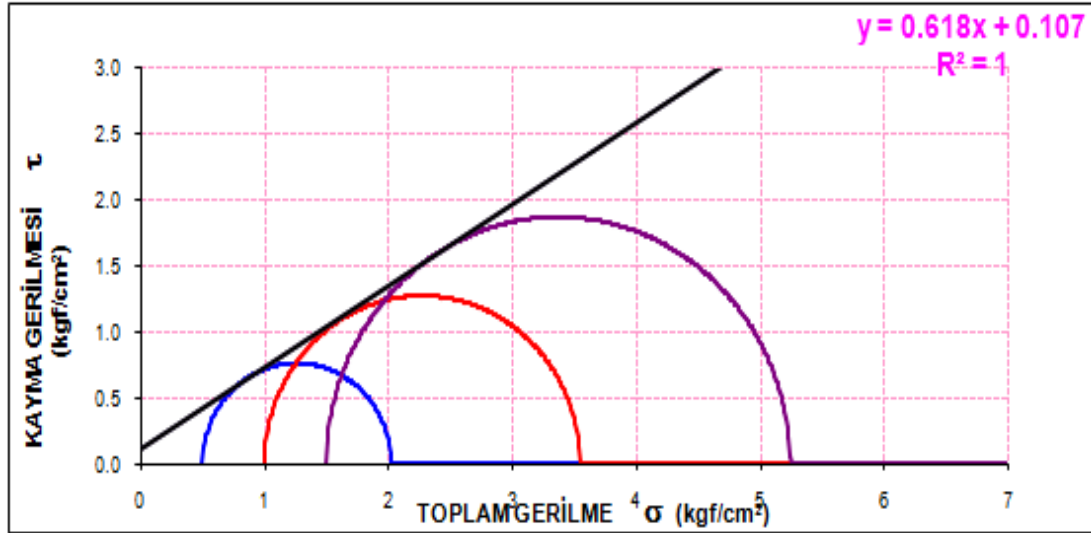
Kaynağı
Deney Tarihi

İstanbul
01.01.2019

Deney No 3/3

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri	1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm) (D_0)	3.759	3.773	3.770
Yükseklik (cm) (H_0)	7.936	7.489	8.026
Alan (cm^2) (A_0)	11.10	11.18	11.16
Hacim (cm^3) (V_0)	88.07	83.73	89.59
Ağırlık (gr) (W_0)	168.20	161.68	170.82
Doğ.Bir.Hac Ağır. (kN/m^3) (γ)	19.10	19.31	19.07
Yenilmedeki Gerilme %	4.12	13.10	13.10
Su Muht (Deney Öncesi) (%)	25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)	25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm^2) (σ_3)	0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm^2) ($\sigma_1-\sigma_3$)	1.524	2.547	3.7410
Eksenel Top.Geril σ_1 (kgf/cm^2)	2.024	3.547	5.241
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)		Kohezyon (c)	
31.7 °		10.5 kN/m^2	



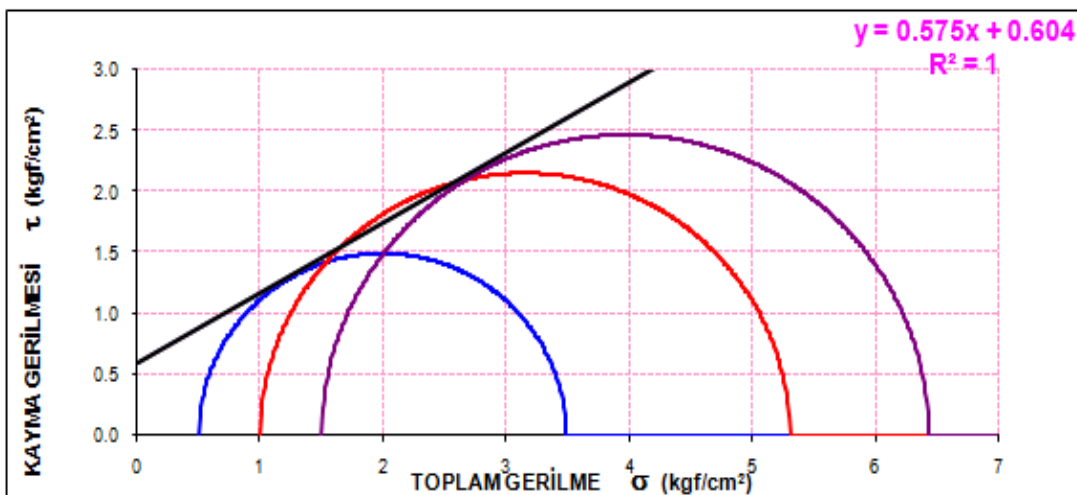
Şekil F 1.3: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #3

EK F.2

Çizelge F.2: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).

Numune Tipi	Kil	Kaynağı	İstanbul
Numune Adı	İllit kil ve % 5 Kül	Deney Tarihi	01.01.2019
Deney No			1/5

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ			
Numune Bilgileri	1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm) (D_0)	3.766	3.729	3.792
Yükseklik (cm) (H_0)	7.741	7.681	7.511
Alan (cm ²) (A_0)	11.14	10.92	11.29
Hacim (cm ³) (V_0)	86.23	83.89	84.83
Ağırlık (gr) (W_0)	151.78	160.81	165.00
Doğ.Bir.Hac.Ağır. (kN/m ³) (γ)	17.60	19.17	19.45
Yenilmedeki Gerilme %	14.40	5.49	11.60
Su Muht (Deney Öncesi) (%)	25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)	25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm ²) (σ_3)	0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm ²) ($\sigma_1-\sigma_3$)	2.989	4.307	4.9370
Eksenel Top.Geril σ_1 (kgf/cm ²)	3.489	5.307	6.437
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)		Kohezyon (c)	
29.9 °		59.3 kN/m ²	



Şekil F2.1: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #1

Numune

Kil

Kaynağı

İstanbul

Tipi

Numune Adı İllit kil ve % 5 Kül

Deney Tarihi

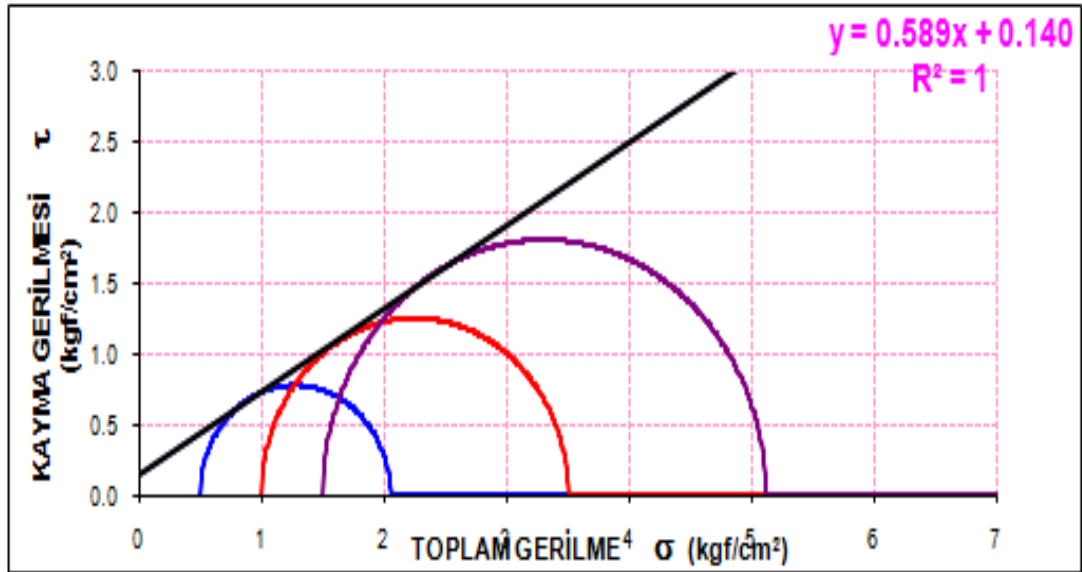
01.01.2019

Deney No

2/3

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri	1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm) (D_0)	3.799	3.796	3.788
Yükseklik (cm) (H_0)	7.630	7.596	7.563
Alan (cm ²) (A_0)	11.34	11.32	11.27
Hacim (cm ³) (V_0)	86.49	85.97	85.23
Ağırlık (gr) (W_0)	160.57	165.33	158.52
Doğ.Bir.Hac Ağır. (kN/m ³) (γ)	18.57	19.23	18.60
Yenilmedeki Gerilme %	1.68	11.70	9.39
Su Muht (Deney Öncesi) (%)	25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)	25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm ²) (σ_3)	0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm ²) ($\sigma_1 - \sigma_3$)	1.553	2.504	3.6150
Eksenel Top.Geril σ_1 (kgf/cm ²)	2.053	3.504	5.115
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)		Kohezyon (c)	
30.5 °		13.8 kN/m ²	



Şekil F2.2: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #2

Numune Kil Kaynağı İstanbul

Tipi

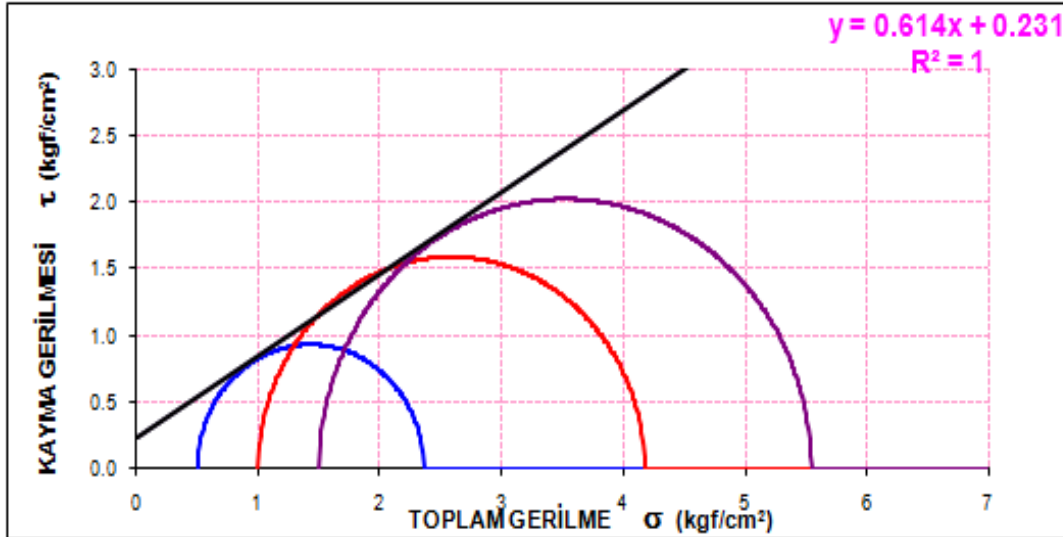
Numune İllit kil ve % 5 Kül Deney Tarihi 01.01.2019

Adı

Deney No 3/3

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri		1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm)	(D ₀)	3.779	3.792	3.765
Yükseklik (cm)	(H ₀)	7.630	7.566	7.594
Alan (cm ²)	(A ₀)	11.22	11.29	11.13
Hacim (cm ³)	(V ₀)	85.58	85.45	84.55
Ağırlık (gr)	(W ₀)	160.57	163.30	165.54
Doğ.Bir.Hac Ağır. (kN/m ³) (γ)		18.76	19.11	19.58
Yenilmedeki Gerilme %		1.68	11.10	12.60
Su Muht (Deney Öncesi) (%)		25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)		25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm ²) (σ ₃)		0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm ²) (σ ₁ -σ ₃)		1.860	3.172	4.0420
Eksenel Top.Geril σ ₁ (kgf/cm ²)		2.360	4.172	5.542
İçsel Sürtünme Açısı (φ)		Kohezyon (c)		
31.6 °		22.7 kN/m ²		



Şekil F2.3: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #3

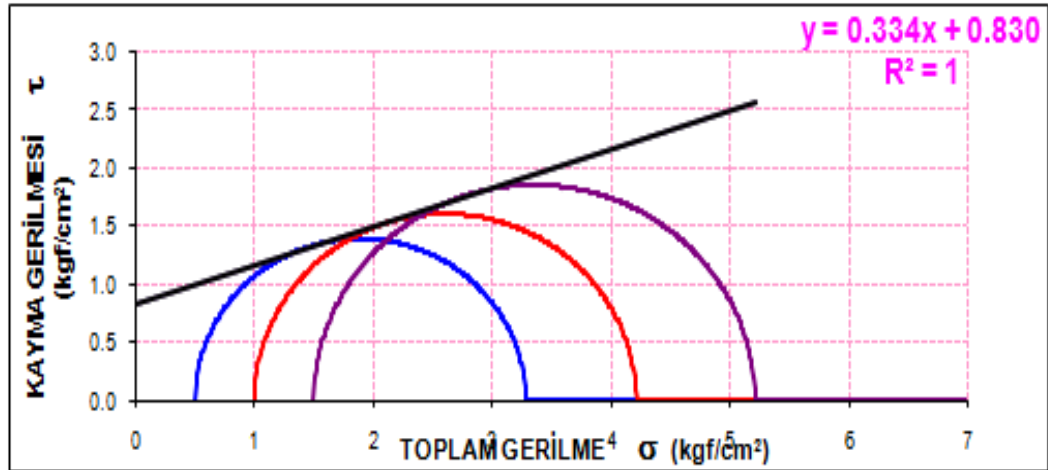
EK F.3

Çizelge F.3: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen)

Numune Tipi	Kil	Kaynağı	İstanbul
Numune Adı	İllit kil ve % 10 Kül	Deney Tarihi	01.01.2019
		Deney No	1/3

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri	1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm) (D_0)	3.766	3.790	3.747
Yükseklik (cm) (H_0)	7.728	7.569	7.781
Alan (cm ²) (A_0)	11.14	11.28	11.03
Hacim (cm ³) (V_0)	86.08	85.39	85.80
Ağırlık (gr) (W_0)	165.76	167.07	162.28
Doğ.Bir.Hac.Ağır. (kN/m ³) (γ)	19.26	19.57	18.91
Yenilmedeki Gerilme %	12.00	13.50	17.70
Su Muht (Deney Öncesi) (%)	25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)	25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm ²) (σ_3)	0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm ²) ($\sigma_1 - \sigma_3$)	2.784	3.213	3.7120
Eksenel Top.Geril σ_1 (kgf/cm ²)	3.284	4.213	5.212
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)		Kohezyon (c)	
18.5 °		81.5 kN/m ²	

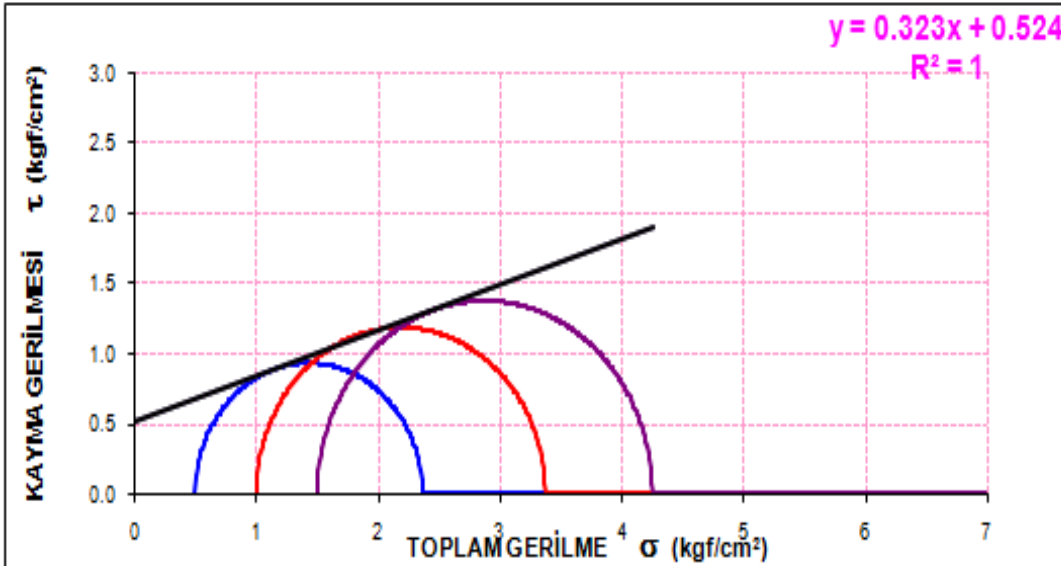


Şekil F3.1: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #1

Numune Tipi Kil Kaynağı İstanbul
 Numune Adı İllit kil ve % 10 Kül Deney Tarihi 01.01.2019
 Deney No 2/3

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri	1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm) (D_0)	3.744	3.781	3.794
Yükseklik (cm) (H_0)	7.584	7.677	7.572
Alan (cm^2) (A_0)	11.01	11.23	11.31
Hacim (cm^3) (V_0)	83.49	86.20	85.60
Ağırlık (gr) (W_0)	164.27	164.32	166.21
Doğ. Bir. Hac Ağır. (kN/m^3) (γ)	19.67	19.06	19.42
Yenilmedeki Gerilme %	8.45	12.30	15.30
Su Muht (Deney Öncesi) (%)	25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)	25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm^2) (σ_3)	0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme (kgf/cm^2) ($\sigma_1 - \sigma_3$)	1.865	2.373	2.7520
Eksenel Top. Geril σ_1 (kgf/cm^2)	2.365	3.373	4.252
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)		Kohezyon (c)	
17.9 °		51.4 kN/m^2	

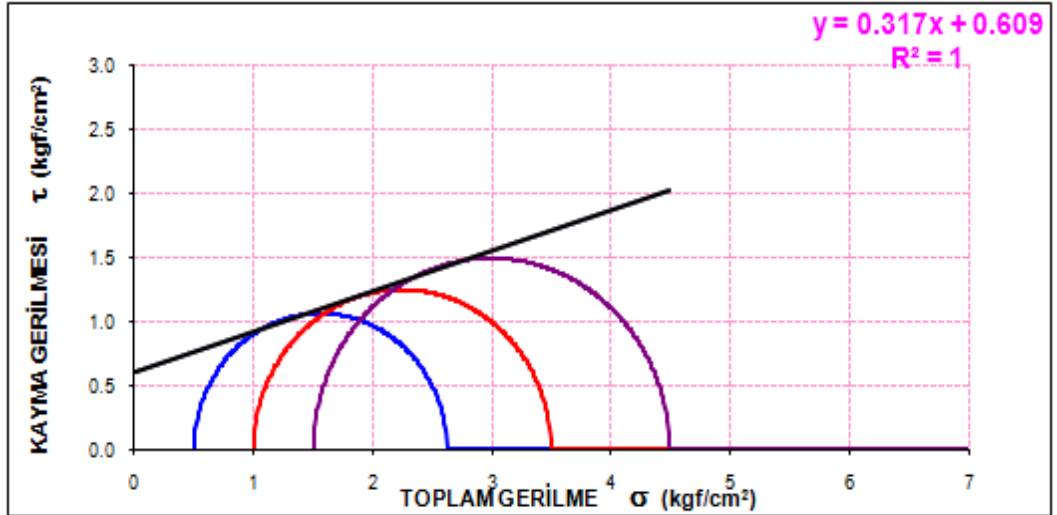


Şekil F3.2: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #2

Numune Tipi	Kil	Kaynağı	İstanbul
Numune Adı	İllit kil ve % 10 Kül	Deney Tarihi	01.01.2019
	Deney No		3/4

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri	1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm) (D_0)	3.779	3.761	3.770
Yükseklik (cm) (H_0)	7.643	7.649	7.771
Alan (cm ²) (A_0)	11.22	11.11	11.16
Hacim (cm ³) (V_0)	85.73	84.98	86.75
Ağırlık (gr) (W_0)	167.16	160.96	165.06
Doğ.Bir.Hac Ağır. (kN/m ³) (γ)	19.50	18.94	19.03
Yenilmedeki Gerilme %	11.10	12.20	14.50
Su Muht (Deney Öncesi) (%)	25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)	25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm ²) (σ_3)	0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm ²) ($\sigma_1-\sigma_3$)	2.120	2.492	2.9850
Eksenel Top.Geril σ_1 (kgf/cm ²)	2.620	3.492	4.485
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)		Kohezyon (c)	
17.6 °		59.8 kN/m ²	



Şekil F3.3: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #3

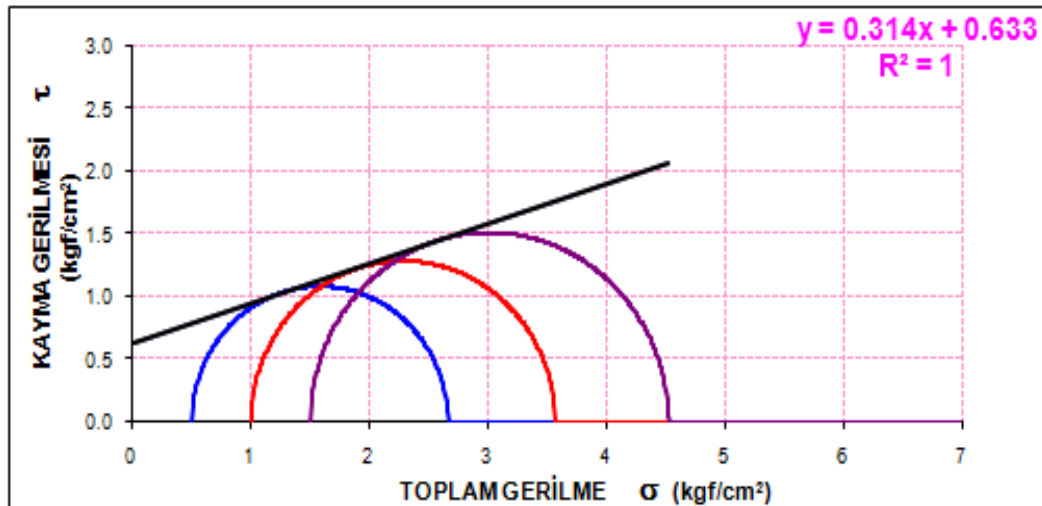
EK F.4

Çizelge F.4: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen)

Numune Tipi	Kil	Kaynağı	İstanbul
Numune Adı	İllit kil ve % 15 Kül	Deney Tarihi	01.01.2019
Deney No			1/3

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri		1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm)	(D ₀)	3.779	3.795	3.826
Yükseklik (cm)	(H ₀)	7.701	7.610	7.601
Alan (cm ²)	(A ₀)	11.22	11.31	11.50
Hacim (cm ³)	(V ₀)	86.38	86.08	87.39
Ağırlık (gr)	(W ₀)	160.62	165.09	163.79
Doğ.Bir.Hac Ağır. (kN/m ³) (γ)		18.60	19.18	18.74
Yenilmedeki Gerilme %		9.12	13.60	15.00
Su Muht (Deney Öncesi) (%)		25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)		25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm ²) (σ ₃)		0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm ²) (σ ₁ -σ ₃)		2.163	2.568	3.0210
Eksenel Top.Geril σ ₁ (kgf/cm ²)		2.663	3.568	4.521
İçsel Sürtünme Açısı (φ)		Kohezyon (c)		
17.5 °		62.1 kN/m ²		

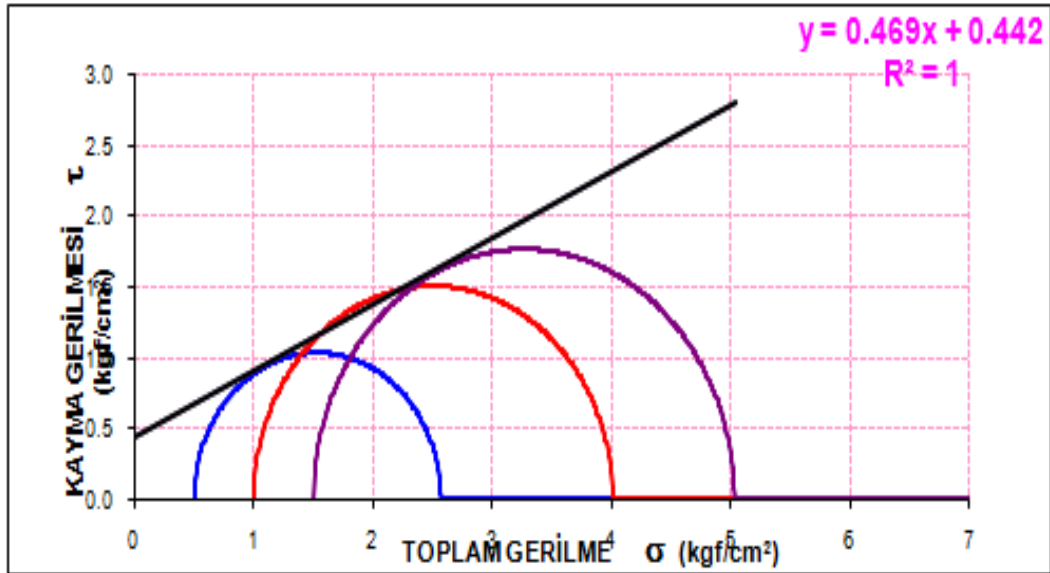


Şekil F4.1: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #1

Numune Kil Kaynağı İstanbul
 Tipi
 Numune Adı İllit kil ve % 15 Kül Deney Tarihi 01.01.2019
 Deney No 2/3

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri	1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm) (D_0)	3.779	3.826	3.788
Yükseklik (cm) (H_0)	7.643	7.601	7.600
Alan (cm ²) (A_0)	11.22	11.50	11.27
Hacim (cm ³) (V_0)	85.73	87.39	85.65
Ağırlık (gr) (W_0)	160.39	163.79	163.10
Doğ.Bir.Hac Ağır. (kN/m ³) (γ)	18.71	18.74	19.04
Yenilmedeki Gerilme %	6.90	14.10	16.10
Su Muht (Deney Öncesi) (%)	25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)	25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm ²) (σ_3)	0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm ²) ($\sigma_1-\sigma_3$)	2.071	3.012	3.5320
Eksenel Top.Geril σ_1 (kgf/cm ²)	2.571	4.012	5.032
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)		Kohezyon (c)	
25.1°		43.4 kN/m ²	

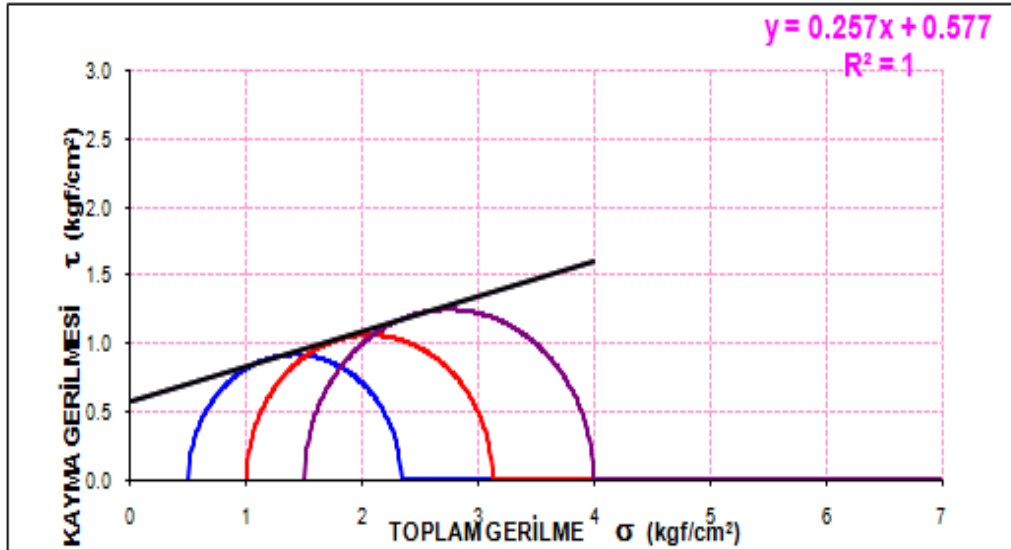


Şekil F4.2: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #2

Numune Tipi	Kil	Kaynağı	İstanbul
Numune Adı	İllit kil ve % 15 Kül	Deney Tarihi	01.01.2019
	Deney No		3/5

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri		1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm)	(D ₀)	3.794	3.775	3.782
Yükseklik (cm)	(H ₀)	7.550	7.655	7.709
Alan (cm ²)	(A ₀)	11.31	11.19	11.23
Hacim (cm ³)	(V ₀)	85.36	85.68	86.60
Ağırlık (gr)	(W ₀)	159.54	164.52	167.82
Doğ.Bir.Hac Ağır. (kN/m ³) (γ)		18.69	19.20	19.38
Yenilmedeki Gerilme %		17.70	15.40	17.60
Su Muht (Deney Öncesi) (%)		25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)		25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm ²) (σ ₃)		0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm ²) (σ ₁ -σ ₃)		1.834	2.123	2.4960
Eksenel Top.Geril σ ₁ (kgf/cm ²)		2.334	3.123	3.996
İçsel Sürtünme Açısı (φ)		Kohezyon (c)		
14.4 °		56.6 kN/m ²		



Şekil F4.3: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #3

EK F.5

Çizelge F.5: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).

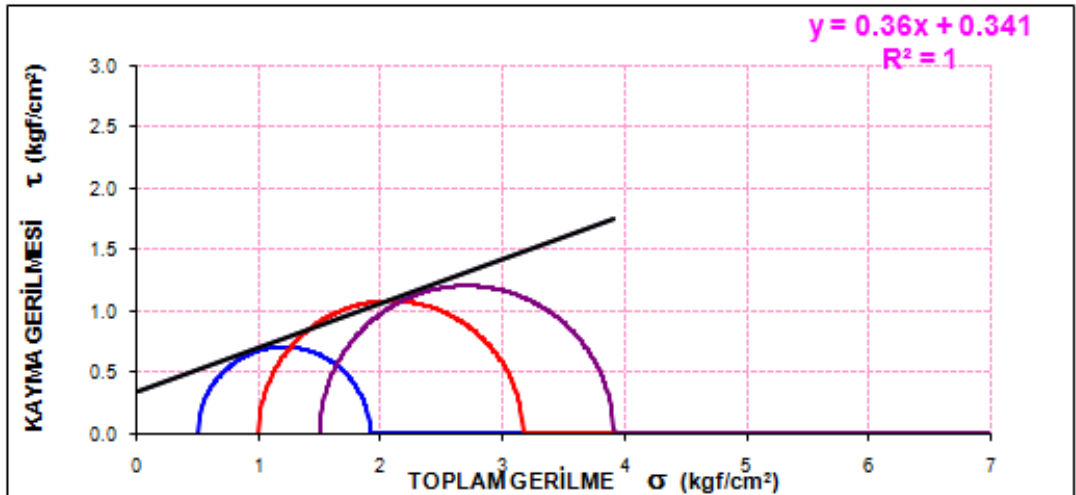
Numune Tipi	Kil	Kaynağı	İstanbul
Numune Adı	İllit kil ve % 20 Kül	Deney Tarihi	01.01.2019

Deney No

1/3

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri	1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm) (D_0)	3.751	3.785	3.748
Yükseklik (cm) (H_0)	7.519	7.576	7.569
Alan (cm ²) (A_0)	11.05	11.25	11.03
Hacim (cm ³) (V_0)	83.09	85.24	83.51
Ağırlık (gr) (W_0)	156.28	160.67	155.17
Doğ.Bir.Hac Ağır. (kN/m ³) (γ)	18.81	18.85	18.58
Yenilmedeki Gerilme %	10.10	19.10	19.90
Su Muht (Deney Öncesi) (%)	25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)	25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm ²) (σ_3)	0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm ²) ($\sigma_1-\sigma_3$)	1.415	2.166	2.4110
Eksenel Top.Geril σ_1 (kgf/cm ²)	1.915	3.166	3.911
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)		Kohezyon (c)	
19.8 °		33.5 kN/m ²	

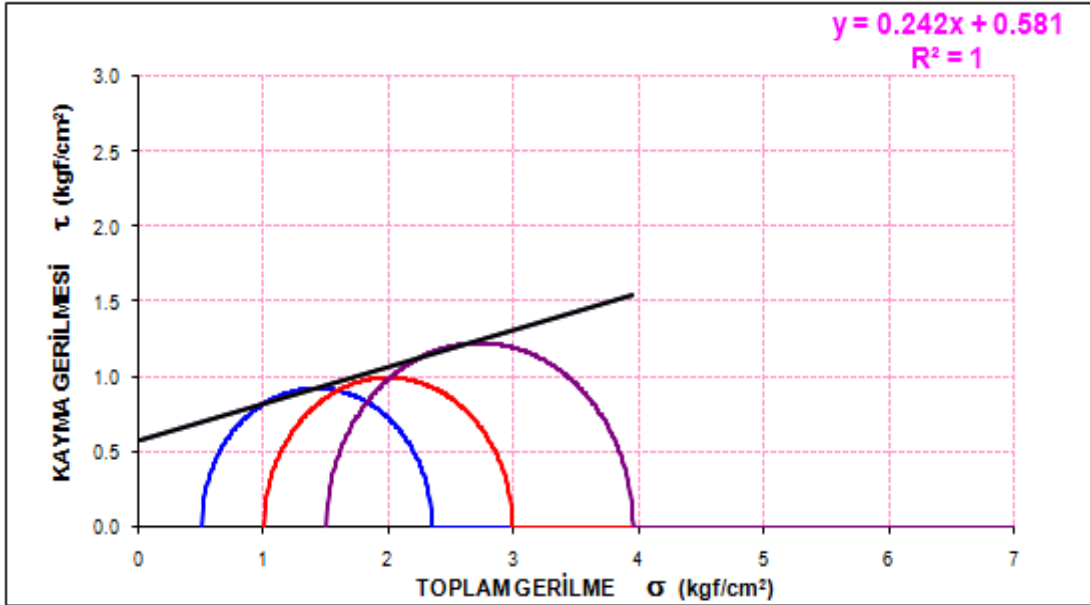


Şekil F5.1: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #1

Numune Tipi Kil Kaynağı İstanbul
 Numune Adı İllit kil ve % 20 Kül Deney Tarihi 01.01.2019
 Deney No 2/5

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri	1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm) (D_0)	3.854	3.788	3.789
Yükseklik (cm) (H_0)	7.560	7.552	7.539
Alan (cm ²) (A_0)	11.67	11.27	11.28
Hacim (cm ³) (V_0)	88.19	85.11	85.01
Ağırlık (gr) (W_0)	157.28	157.24	158.39
Doğ. Bir. Hac. Ağır. (kN/m ³) (γ)	17.83	18.47	18.63
Yenilmekteki Gerilme %	17.60	16.70	19.90
Su Muht (Deney Öncesi) (%)	25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)	25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm ²) (σ_3)	0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme (kgf/cm ²) ($\sigma_1 - \sigma_3$)	1.847	1.990	2.4510
Eksenel Top. Geril σ_1 (kgf/cm ²)	2.347	2.990	3.951
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)		Kohezyon (c)	
13.6 °		57.0 kN/m²	

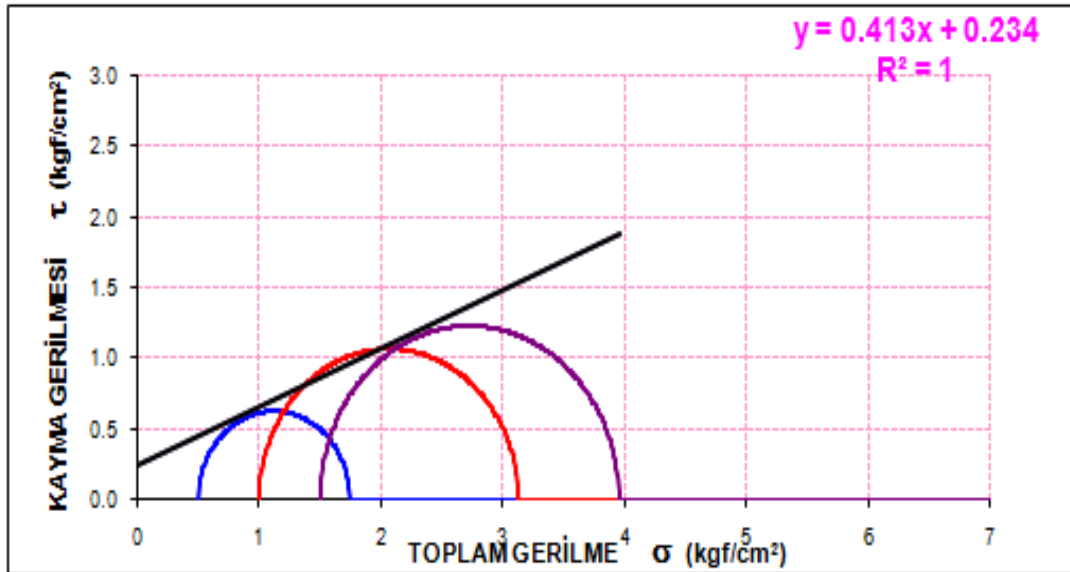


Şekil F5.2: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #2

Numune Tipi	Kil	Kaynağı	İstanbul
Numune Adı	İllit kil ve % 20 Kül	Deney Tarihi	01.01.2019
		Deney No	3/3

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri		1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm)	(D ₀)	3.767	3.764	3.789
Yükseklik (cm)	(H ₀)	7.566	7.482	7.539
Alan (cm ²)	(A ₀)	11.15	11.13	11.28
Hacim (cm ³)	(V ₀)	84.32	83.25	85.01
Ağırlık (gr)	(W ₀)	160.54	154.22	158.05
Doğ.Bir.Hac Ağır. (kN/m ³) (γ)		18.30	19.60	18.59
Yenilmedeki Gerilme %		18.30	13.10	19.90
Su Muht (Deney Öncesi) (%)		25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)		25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm ²) (σ ₃)		0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm ²) (σ ₁ -σ ₃)		1.245	2.125	2.4510
Eksenel Top.Geril σ ₁ (kgf/cm ²)		1.745	3.125	3.951
İçsel Sürtünme Açısı (φ)		Kohezyon (c)		
22.5 °		23.0 kN/m²		



Şekil F5.3: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #3

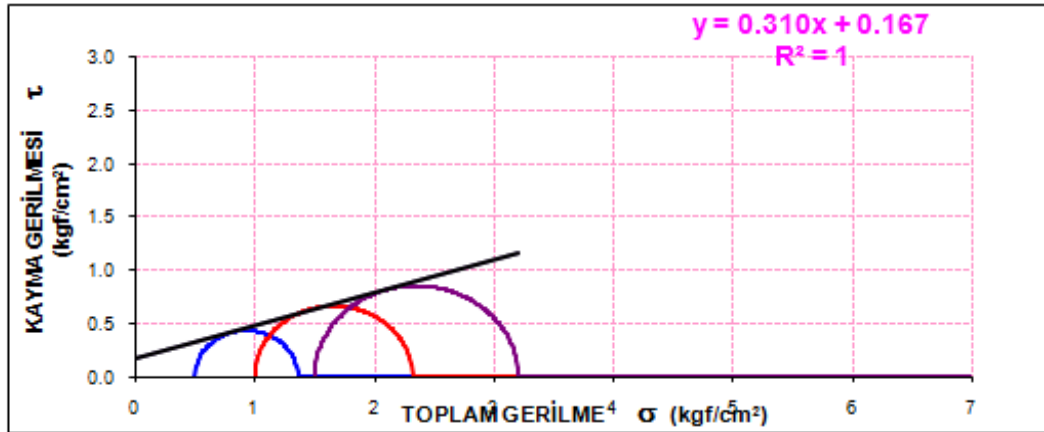
EK F.6

Çizelge F.6: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).

Numune Tipi	Kil	Kaynağı	İstanbul
Numune Adı	İllit kil ve % 25 Kül	Deney Tarihi	01.01.2019
		Deney No	1/3

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri		1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm)	(D ₀)	3.782	3.773	3.795
Yükseklik (cm)	(H ₀)	7.545	7.477	7.497
Alan (cm ²)	(A ₀)	11.23	11.18	11.31
Hacim (cm ³)	(V ₀)	84.76	83.60	84.80
Ağırlık (gr)	(W ₀)	159.10	158.26	157.27
Doğ.Bir.Hac Ağır. (kN/m ³) (Y)		18.77	18.93	18.55
Yenilmedeki Gerilme %		8.80	11.90	14.90
Su Muht (Deney Öncesi) (%)		25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)		25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm ²) (σ ₃)		0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm ²) (σ ₁ -σ ₃)		0.862	1.320	1.7030
Eksenel Top.Geril σ ₁ (kgf/cm ²)		1.362	2.320	3.203
İçsel Sürtünme Açısı (φ)		Kohezyon (c)		
17.2 °		16.4 kN/m ²		

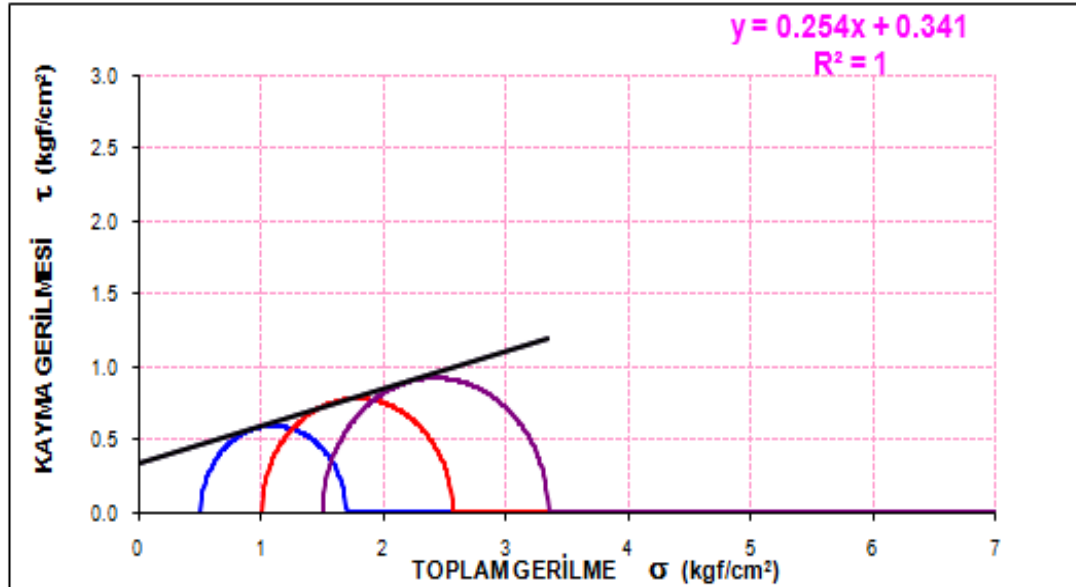


Şekil F6.1: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #1

Numune Tipi	Kil	Kaynağı	İstanbul
Numune Adı	İllit kil ve % 25 Kül	Deney Tarihi	01.01.2019
		Deney No	2/3

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri		1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm) (D_0)		3.797	3.776	3.798
Yükseklik (cm) (H_0)		7.426	7.442	7.497
Alan (cm ²) (A_0)		11.32	11.20	11.33
Hacim (cm ³) (V_0)		84.09	83.34	84.94
Ağırlık (gr) (W_0)		158.56	160.63	159.20
Doğ.Bir.Hac Ağırl. (kN/m ³) (γ)		18.86	19.27	18.74
Yenilmekteki Gerilme %		14.20	20.00	16.80
Su Muht (Deney Öncesi) (%)		25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)		25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm ²) (σ_3)		0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm ²) ($\sigma_1-\sigma_3$)		1.191	1.565	1.8460
Eksenel Top.Geril σ_1 (kgf/cm ²)		1.691	2.565	3.346
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)		Kohezyon (c)		
14.3 °		33.4 kN/m ²		

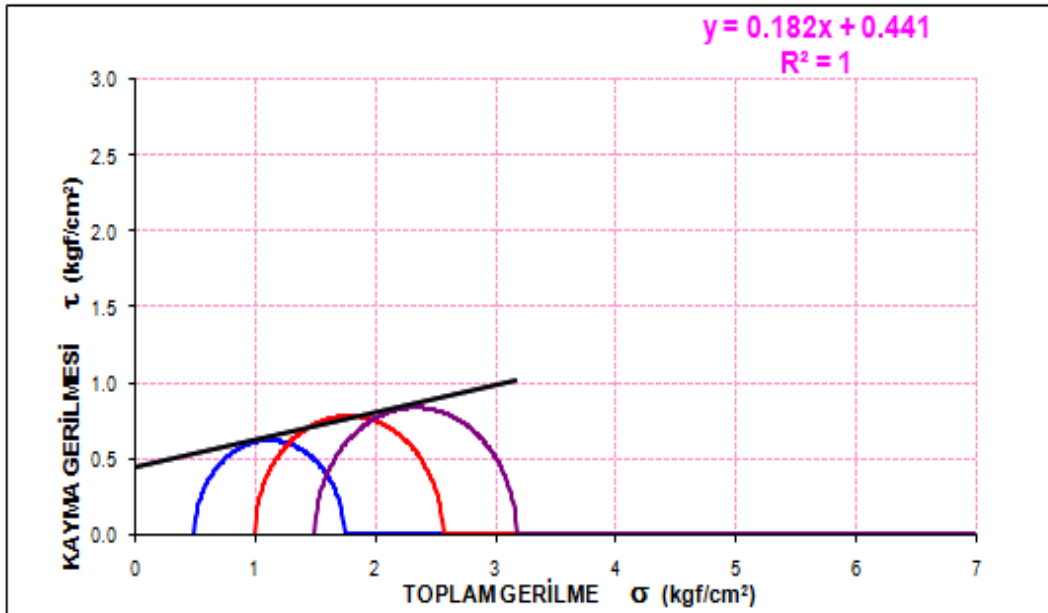


Şekil F6.2: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #2

Numune Tipi Kil Kaynağı İstanbul
 Numune Adı İllit kil ve % 25 Kül Deney Tarihi 01.01.2019
 Deney No 3/3

ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYİ

Numune Bilgileri		1. Numune	2. Numune	3. Numune
Çap (cm) (D_0)		3.767	3.776	3.798
Yükseklik (cm) (H_0)		7.566	7.442	7.516
Alan (cm ²) (A_0)		11.15	11.20	11.33
Hacim (cm ³) (V_0)		84.32	83.34	85.15
Ağırlık (gr) (W_0)		160.54	160.63	157.67
Doğ.Bir.Hac Ağır. (kN/m ³) (γ)		19.04	19.27	18.52
Yenilmedeki Gerilme %		18.30	20.00	15.70
Su Muht (Deney Öncesi) (%)		25.18	27.65	30.77
Su Muht (Deney Sonrası) (%)		25.35	26.37	30.89
Çevre Basıncı (kgf/cm ²) (σ_3)		0.50	1.00	1.50
Dev. Gerilme(kgf/cm ²) ($\sigma_1-\sigma_3$)		1.245	1.565	1.6760
Eksenel Top.Geril σ_1 (kgf/cm ²)		1.745	2.565	3.176
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)		Kohezyon (c)		
10.3 °		43.3 kN/m ²		



Şekil F6.3: Üç eksenli basınç dayanımı deneyi ile grafikleri #3

EK K

EK K.1

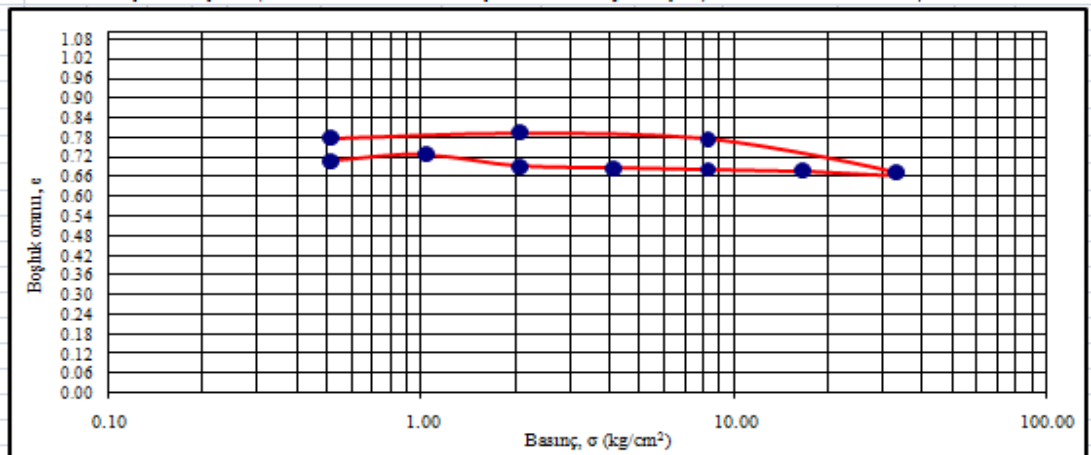
Çizelge K.1: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).

Numune Tipi Kil **Kaynağı** İstanbul
Numune Adı İllit kil **Deney Tarihi** 01.01.2019
Deney No 1/3

	Deney Başı	Deney sonu
Halka No:	2	2
Halka+Yaş Numune Kütlesi(g)	151.65	151.96
Halka + Kuru Numune Kütlesi (g)	137.71	137.71
Su Miktarı (g)	13.94	14.25
Halka Kütlesi (g)	77.35	77.35
Kuru Numune Kütlesi (g)	60.36	60.36
Su Muhtevası (%)	23.09	23.61
Numune Yüksekliği (H)	20.00	20.40
Eşdeğer Katı Dane Yüksekliği(H ₀)	11.49	11.49
Boşluk Oranı (e ₀)	0.92	0.78

Kons.Alet No:	3	Num.Yük(mm)	20
Halka Çapı (cm)	4.960	Num. Bağ. Yoğ. (kN/m ³)	
Kesit Alanı : (cm ²)	19.312		2.720

Yük	Basınç, σ'	H	H ₀	e	e ortalama	Δe	$\Delta \sigma$	$a=\Delta e/\Delta \sigma$	m_v	t_{90} (dk)	C_v (°)	
kg	kg/cm ²	kPa	mm	mm	-	e ort	-	kpa	m ² /kN	dk	(mm ² /dk)	
0	0	0	20,00	11,491	0,741	0,741	0	0	0	0		
1	0,52	51	19,62	11,491	0,707	0,724	0,033	51	0,000651	0,000196	15,21	0,05469852
2	1,04	102	19,85	11,491	0,727	0,717	-0,020	51	-0,000394	-0,000119	15,21	0,05480902
4	2,07	203	19,43	11,491	0,691	0,709	0,037	102	0,000360	0,000218	15,21	0,05370902
8	4,14	406	19,36	11,491	0,685	0,688	0,006	203	0,000030	0,000037	15,21	0,05297282
16	8,28	813	19,31	11,491	0,680	0,683	0,004	406	0,000011	0,000026	15,21	0,05247133
32	16,6	1625	19,25	11,491	0,675	0,678	0,005	813	0,000006	0,000032	15,21	0,05205972
64	33,1	3251	19,19	11,491	0,670	0,673	0,005	1625	0,000003	0,000032	15,21	0,05169335
16	8,28	813	20,37	11,491	0,773	0,721	0,103	2438	0,000042	0,000609	15,21	0,05169335
4	2,07	203	20,60	11,491	0,793	0,783	0,020	610	0,000033	0,000115	15,21	0,05691303
1	0,52	51	20,40	11,491	0,775	0,784	0,017	152	0,000114	0,000100	15,21	0,05745782



Şekil K1.1: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #1

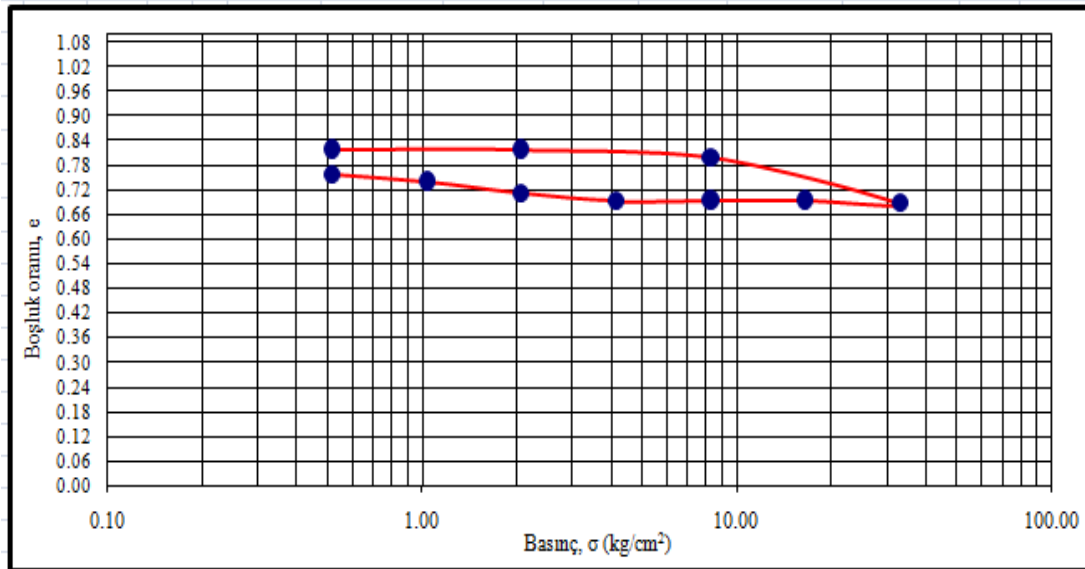
Numune Tipi Kıl
Numune Adı İllit kıl

Kaynağı İstanbul
Deney Tarihi 01.01.2019
Deney No 2/3

	Deney Başı	Deney sonu
Halka No:	2	2
Halka+Yaş Numune Kütlesi(g)	150.99	151.44
Halka + Kuru Numune Kütlesi (g)	137.40	137.40
Su Miktarı (g)	13.59	14.04
Halka Kütlesi (g)	77.79	77.79
Kuru Numune Kütlesi (g)	59.61	59.61
Su Muhtevası (%)	22.80	23.55
Numune Yüksekliği (H)	20.00	20.64
Eşdeğer Katı Dane Yüksekliği(H ₀)	11.35	11.35
Boşluk Oranı (e ₀)	0.92	0.82

Kons.Alet No:	3	Num.Yük(mm)	20
Halka Çapı (cm)	4.960	Num. Bağ. Yoğ. (kN/m ³)	
Kesit Alanı : (cm ²)	19.312		2.720

Yük kg	Basınç, σ		H	H ₀	e	e ortalama	Δe	$\Delta \sigma$	$a=\Delta e/\Delta \sigma$	m_v	t_{90} (dk)	C_v (°)
	kg/cm ²	kPa	mm	mm	-	e ort	-	kpa	m ² /kN	m ² /kN	dk	(mm ² /dk)
0	0	0	20,00	11,348	0,762	0,762	0	0	0	0		
1	0,52	51	19,94	11,348	0,757	0,760	0,005	51	0,000104	0,000031	15,21	0,05558566
2	1,04	102	19,75	11,348	0,740	0,749	0,017	51	0,000330	0,000098	15,21	0,05497499
4	2,07	203	19,43	11,348	0,712	0,726	0,028	102	0,000278	0,000167	15,21	0,05379114
8	4,14	406	19,22	11,348	0,694	0,703	0,019	203	0,000091	0,000111	15,21	0,05263371
16	8,28	813	19,24	11,348	0,695	0,695	-0,002	406	-0,000004	-0,000011	15,21	0,05211361
32	16,6	1625	19,23	11,348	0,695	0,695	0,001	813	0,000001	0,000005	15,21	0,05182765
64	33,1	3251	19,15	11,348	0,688	0,691	0,007	1625	0,000004	0,000043	15,21	0,05147046
16	8,28	813	20,40	11,348	0,798	0,743	0,110	2438	0,000045	0,000645	15,21	0,05147046
4	2,07	203	20,64	11,348	0,819	0,808	0,021	610	0,000035	0,000119	15,21	0,05700944
1	0,52	51	20,64	11,348	0,819	0,819	0,000	152	0,000000	0,000000	15,21	0,05818773



Şekil K1.2: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #2

Numune Tipi Kil
Numune Adı İllit kil

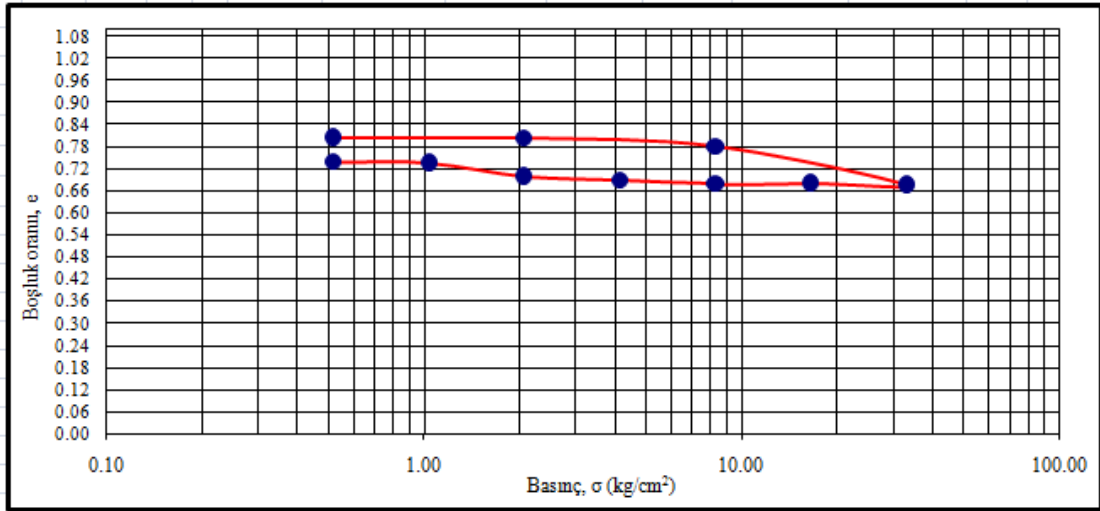
Kaynağı
Deney Tarihi
Deney No

İstanbul
01.01.2019
3/3

	Deney Başı	Deney sonu
Halka No:	2	2
Halka+Yaş Numune Kütlesi(g)	152.20	151.95
Halka + Kuru Numune Kütlesi (g)	137.60	137.60
Su Miktarı (g)	14.60	14.35
Halka Kütlesi (g)	77.45	77.45
Kuru Numune Kütlesi (g)	60.15	60.15
Su Muhtevası (%)	24.27	23.86
Numune Yüksekliği (H)	20.00	20.67
Eşdeğer Katı Dane Yüksekliği(H ₀)	11.45	11.45
Boşluk Oranı (e ₀)	0.92	0.81

Kons.Alet No:	3	Num.Yük(mm)	20
Halka Çapı (cm)	4.960	Num. Bağ. Yoğ. (kN/m ³)	
Kesit Alanı : (cm ²)	19.312		2.720

Yük kg	Basınç, σ'		H mm	H ₀ mm	e	e ortalama e ort	Δe	$\Delta \sigma$ kpa	a= $\Delta e/\Delta \sigma$ m ² /kN	m _v m ² /kN	t ₉₀ (dk) dk	C _v (*) (mm ² /dk)
	kg/cm ²	kPa										
0	0	0	20,00	11,451	0,747	0,747	0	0	0	0		
1	0,52	51	19,91	11,451	0,739	0,743	0,008	51	0,000155	0,000046	15,21	0,05550219
2	1,04	102	19,89	11,451	0,737	0,738	0,002	51	0,000034	0,000010	15,21	0,05532155
4	2,07	203	19,47	11,451	0,700	0,719	0,037	102	0,000361	0,000218	15,21	0,05407216
8	4,14	406	19,33	11,451	0,688	0,694	0,012	203	0,000060	0,000074	15,21	0,05307137
16	8,28	813	19,23	11,451	0,679	0,684	0,009	406	0,000021	0,000053	15,21	0,05230413
32	16,6	1625	19,25	11,451	0,681	0,680	-0,002	813	-0,000002	-0,000011	15,21	0,05197642
64	33,1	3251	19,20	11,451	0,677	0,679	0,004	1625	0,000003	0,000027	15,21	0,05167867
16	8,28	813	20,40	11,451	0,782	0,729	0,105	2438	0,000043	0,000618	15,21	0,05167867
4	2,07	203	20,64	11,451	0,803	0,792	0,021	610	0,000034	0,000119	15,21	0,05706418
1	0,52	51	20,67	11,451	0,805	0,804	0,003	152	0,000017	0,000015	15,21	0,05830086



Şekil K1.3: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #3

EK K.2

Çizelge K.2: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).

Numune Tipi Kil
Numune Adı İllit kil ve %5 Kül

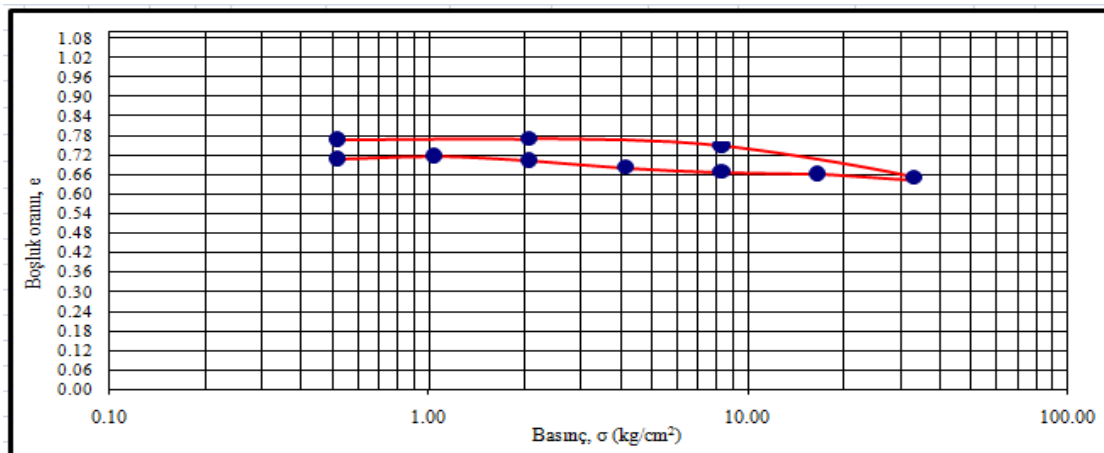
Kaynağı
Deney Tarihi
Deney No

İstanbul
01.01.2019
1/3

	Deney Başı	Deney sonu
Halka No:	2	2
Halka+Yaş Numune Kütlesi(g)	153.08	152.52
Halka + Kuru Numune Kütlesi (g)	138.60	138.60
Su Miktarı (g)	14.48	13.92
Halka Kütlesi (g)	77.65	77.65
Kuru Numune Kütlesi (g)	60.95	60.95
Su Muhtevası (%)	23.76	22.84
Numune Yüksekliği (H)	20.00	20.52
Eşdeğer Katı Dane Yüksekliği(H ₀)	11.60	11.60
Boşluk Oranı (e ₀)	0.92	0.77

Kons.Alet No:	3	Num.Yük(mm)	20
Halka Çapı (cm)	4.960	Num. Bağ. Yoğ. (kN/m ³)	
Kezıt Alanı : (cm ²)	19.312		2.720

Yük kg	Basınç, σ		H mm	H ₀ mm	e	e ortalama e ort	Δe	$\Delta \sigma$	a= $\Delta e/\Delta \sigma$ m ² /kN	m _v m ² /kN	t ₉₀ (dk) dk	C _v (°) (mm ² /dk)
	kg/cm ²	kPa										
0	0	0	20,00	11,603	0,724	0,724	0	0	0	0		
1	0,52	51	19,83	11,603	0,709	0,716	0,015	51	0,000288	0,000087	15,21	0,05527990
2	1,04	102	19,94	11,603	0,719	0,714	-0,009	51	-0,000187	-0,000056	15,21	0,05534932
4	2,07	203	19,77	11,603	0,704	0,711	0,015	102	0,000144	0,000087	15,21	0,05491272
8	4,14	406	19,52	11,603	0,682	0,693	0,022	203	0,000106	0,000130	15,21	0,05400698
16	8,28	813	19,36	11,603	0,669	0,675	0,014	406	0,000034	0,000084	15,21	0,05312068
32	16,6	1625	19,29	11,603	0,662	0,666	0,006	813	0,000007	0,000037	15,21	0,05249076
64	33,1	3251	19,16	11,603	0,651	0,657	0,011	1625	0,000007	0,000069	15,21	0,05182723
16	8,28	813	20,31	11,603	0,750	0,701	0,099	2438	0,000041	0,000595	15,21	0,05182723
4	2,07	203	20,55	11,603	0,771	0,761	0,021	610	0,000034	0,000120	15,21	0,05672296
1	0,52	51	20,52	11,603	0,769	0,770	0,003	152	0,000017	0,000015	15,21	0,05770211



Şekil K2.1: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #1

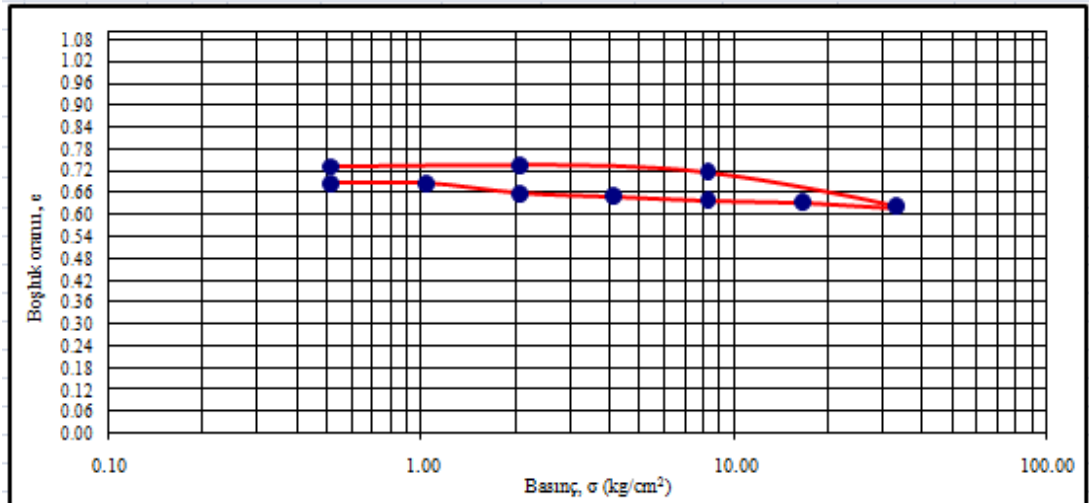
Numune Tipi Kil
Numune Adı İllit kil ve %5 Kül

Kaynağı İstanbul
Deney Tarihi 01.01.2019
Deney No 2/3

	Deney Başı	Deney sonu
Halka No:	2	2
Halka+Yaş Numune Kütlesi(g)	153.95	153.72
Halka + Kuru Numune Kütlesi (g)	139.57	139.57
Su Miktarı (g)	14.38	14.15
Halka Kütlesi (g)	77.37	77.37
Kuru Numune Kütlesi (g)	62.20	62.20
Su Muhtevası (%)	23.12	22.75
Numune Yüksekliği (H)	20.00	20.49
Eydeğer Katı Dane Yüksekliği(H _c)	11.84	11.84
Boşluk Oranı (e ₀)	0.92	0.73

Kons.Alet No:	3	Num.Yük(mm)	20
Halka Çapı (cm)	4.960	Num.Bağ.Yoğ. (kN/m ²)	
Kesit Alanı : (cm ²)	19.312		2.720

Yük kg	Basınç, σ'		H mm	H ₀ mm	e	e ortalama e ort	Δe	$\Delta \sigma$ kpa	a= $\Delta e/\Delta \sigma$ m ² /kN	m _v m ² /kN	t ₉₀ (dk) dk	C _v (*) (mm ² /dk)
	kg/cm ²	kPa										
0	0	0	20,00	11,841	0,689	0,689	0	0	0	0		
1	0,52	51	19,96	11,841	0,686	0,687	0,003	51	0,000067	0,000020	15,21	0,05564134
2	1,04	102	19,94	11,841	0,684	0,685	0,002	51	0,000033	0,000010	15,21	0,05553001
4	2,07	203	19,62	11,841	0,657	0,670	0,027	102	0,000266	0,000165	15,21	0,05458813
8	4,14	406	19,51	11,841	0,648	0,652	0,009	203	0,000046	0,000057	15,21	0,05381852
16	8,28	813	19,39	11,841	0,638	0,643	0,010	406	0,000025	0,000063	15,21	0,05310877
32	16,6	1625	19,31	11,841	0,631	0,634	0,007	813	0,000008	0,000042	15,21	0,05253896
64	33,1	3251	19,19	11,841	0,621	0,626	0,010	1625	0,000006	0,000064	15,21	0,05193185
16	8,28	813	20,32	11,841	0,716	0,668	0,095	2438	0,000039	0,000584	15,21	0,05193185
4	2,07	203	20,55	11,841	0,735	0,726	0,019	610	0,000032	0,000115	15,21	0,05676438
1	0,52	51	20,49	11,841	0,730	0,733	0,005	152	0,000033	0,000030	15,21	0,05763793



Şekil K2.2: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #2

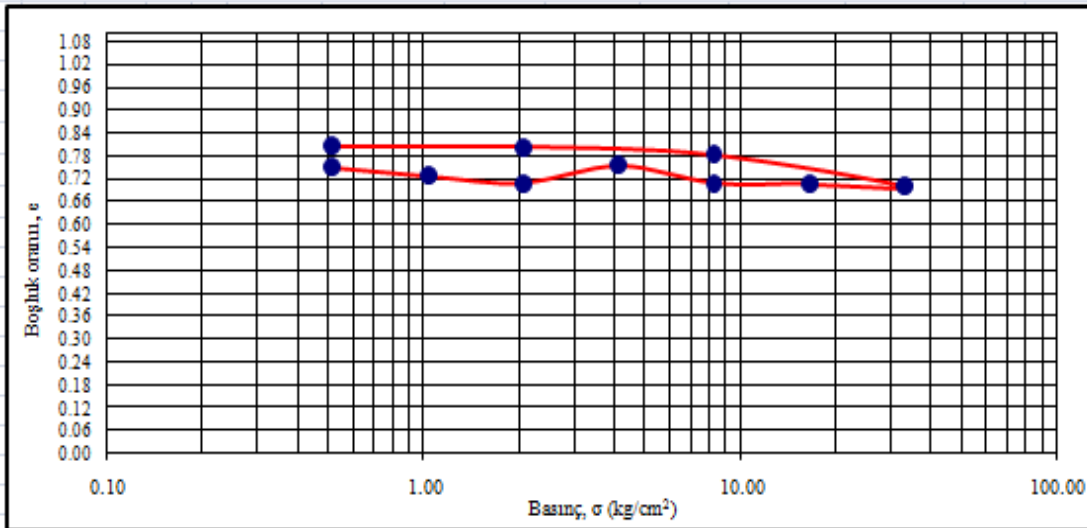
Numune Kil
Tipi İllit kil ve %5 Kül
Numune Adı

Kaynağı İstanbul
Deney Tarihi 01.01.2019
Deney No 3/3

	Deney Başı	Deney sonu
Halka No:	2	2
Halka+Yaş Numune Kütlesi(g)	152.96	151.59
Halka + Kuru Numune Kütlesi (g)	137.56	137.56
Su Miktarı (g)	15.40	14.03
Halka Kütlesi (g)	77.79	77.79
Kuru Numune Kütlesi (g)	59.77	59.77
Su Muhtevası (%)	25.77	23.47
Numune Yüksekliği (H)	20.00	20.54
Eydeğer Katı Dane Yüksekliği(H _c)	11.38	11.38
Boşluk Oranı (e ₀)	0.92	0.81

Kons.Alet No:	3	Num.Yük(mm)	20
Halka Çapı (cm)	4.960	Num.Bağ.Yoğ. (kN/m ²)	
Kesit Alanı : (cm ²)	19.312		2.720

Yük kg	Basınç, σ'		H	H ₀	e	e ortalama	Δe	$\Delta \sigma$	a= $\Delta e/\Delta \sigma$	m _v	t ₉₀ (dk)	C _v (°)
	kg/cm ²	kPa	mm	mm	-	e ort	-	kpa	m ² /kN	m ² /kN	dk	(mm ² /dk)
0	0	0	20,00	11,378	0,758	0,758	0	0	0	0		
1	0,52	51	19,91	11,378	0,750	0,754	0,008	51	0,000156	0,000046	15,21	0,05550219
2	1,04	102	19,66	11,378	0,728	0,739	0,022	51	0,000433	0,000129	15,21	0,05468472
4	2,07	203	19,42	11,378	0,707	0,717	0,021	102	0,000208	0,000125	15,21	0,05362014
8	4,14	406	19,96	11,378	0,754	0,730	-0,047	203	-0,000234	-0,000280	15,21	0,05457089
16	8,28	813	19,41	11,378	0,706	0,730	0,048	406	0,000119	0,000285	15,21	0,05353645
32	16,6	1625	19,40	11,378	0,705	0,705	0,001	813	0,000001	0,000005	15,21	0,05299575
64	33,1	3251	19,33	11,378	0,699	0,702	0,006	1625	0,000004	0,000037	15,21	0,05253684
16	8,28	813	20,29	11,378	0,783	0,741	0,084	2438	0,000035	0,000494	15,21	0,05253684
4	2,07	203	20,50	11,378	0,802	0,792	0,018	610	0,000030	0,000105	15,21	0,05673922
1	0,52	51	20,54	11,378	0,805	0,803	0,004	152	0,000023	0,000020	15,21	0,05776704



Şekil K2.3: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #3

EK K.3

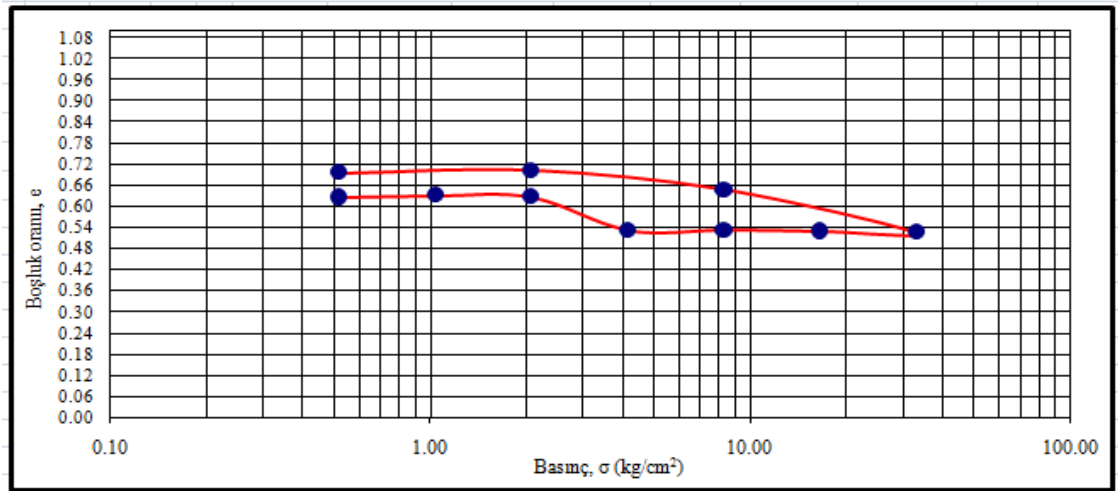
Çizelge K.3: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).

Numune Tipi Kil **Kaynağı** İstanbul
Numune Adı İllit kil ve %10 Kül **Deney Tarihi** 01.01.2019
Deney No 1/3

	Deney Başı	Deney sonu
Halka No:	2	2
Halka+Yaş Numune Kütlesi(g)	154.43	140.65
Halka + Kuru Numune Kütlesi (g)	140.65	140.65
Su Miktarı (g)	13.78	0.00
Halka Kütlesi (g)	77.56	77.56
Kuru Numune Kütlesi (g)	63.09	63.09
Su Muhtevası (%)	21.83	0.00
Numune Yüksekliği (H)	20.00	20.37
Eşdeğer Katı Dane Yüksekliği(H ₀)	12.01	12.01
Boşluk Oranı (e ₀)	0.92	0.70

Kons.Alet No:	3	Num.Yük(mm)	20
Halka Çapı (cm)	4.960	Num. Bağ. Yoğ. (kN/m ³)	
Kesit Alanı : (cm ²)	19.312		2.720

Yük	Basınç, σ'		H	H ₀	e	e ortalama	Δe	$\Delta \sigma$	$a=\Delta e/\Delta \sigma$	m_v	t_{90} (dk)	C_v (")
kg	kg/cm ²	kPa	mm	mm	-	e ort	-	kPa	m ² /kN	m ² /kN	dk	(mm ² /dk)
0	0	0	20,00	12,010	0,665	0,665	0	0	0	0		
1	0,52	51	19,54	12,010	0,627	0,646	0,038	51	0,000754	0,000237	15,21	0,05240374
2	1,04	102	19,60	12,010	0,632	0,629	-0,005	51	-0,000098	-0,000031	15,21	0,05297282
4	2,07	203	19,55	12,010	0,628	0,630	0,004	102	0,000041	0,000026	15,21	0,05312238
8	4,14	406	18,40	12,010	0,532	0,580	0,096	203	0,000471	0,000618	15,21	0,05011187
16	8,28	813	18,41	12,010	0,533	0,532	-0,001	406	-0,000002	-0,000006	15,21	0,04866558
32	16,6	1625	18,38	12,010	0,530	0,532	0,002	813	0,000003	0,000017	15,21	0,04787285
64	33,1	3251	18,33	12,010	0,526	0,528	0,004	1625	0,000003	0,000028	15,21	0,04735039
16	8,28	813	19,79	12,010	0,648	0,587	0,122	2438	0,000050	0,000782	15,21	0,04735039
4	2,07	203	20,45	12,010	0,703	0,675	0,055	610	0,000090	0,000335	15,21	0,05453492
1	0,52	51	20,37	12,010	0,696	0,699	0,007	152	0,000044	0,000040	15,21	0,05617271



Şekil K3.1: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #1

Numune Tipi
Numune Adı İllit kil ve %10Kül

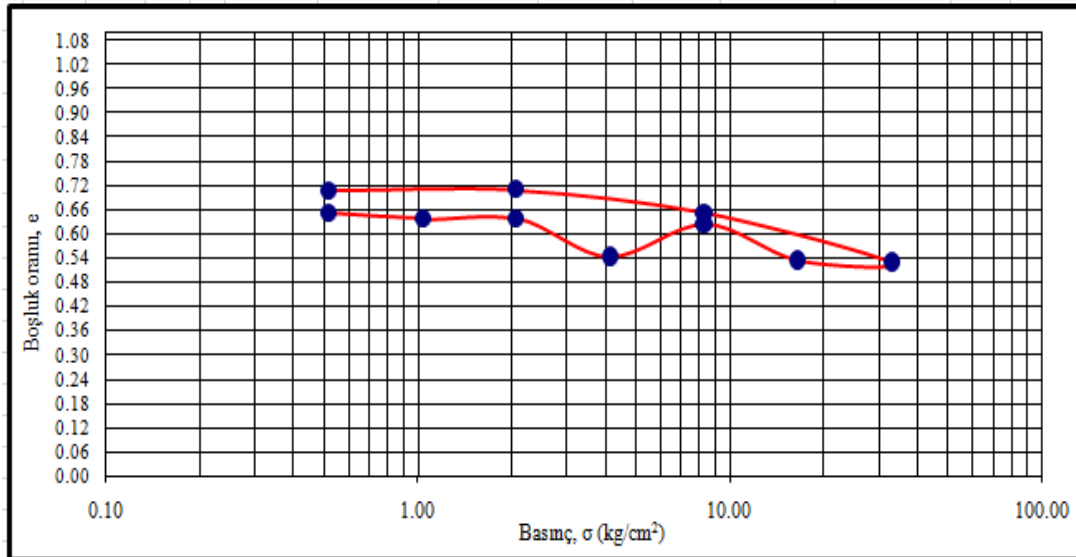
Kaynağı
Deney Tarihi
Deney No

İstanbul
01.01.2019
2/3

	Deney Başı	Deney sonu
Halka No:	2	2
Halka+Yaş Numune Kütlesi(g)	154.13	140.59
Halka + Kuru Numune Kütlesi (g)	140.59	140.59
Su Miktarı (g)	13.54	0.00
Halka Kütlesi (g)	77.75	77.75
Kuru Numune Kütlesi (g)	62.84	62.84
Su Muhtevası (%)	21.55	0.00
Numune Yüksekliği (H)	20.00	20.42
Eşdeğer Katı Dane Yüksekliği(H ₀)	11.96	11.96
Boşluk Oranı (e ₀)	0.92	0.71

Kons.Alet No:	3	Num. Yük(mm)	20
Halka Çapı (cm)	4.960	Num. Bağ. Yoğ. (kN/m ³)	
Kezif Alanı : (cm ²)	19.312		2.720

Yük kg	Basınç, σ		H mm	H ₀ mm	e	e ortalama e ort	Δe	$\Delta \sigma$ kpa	$a=\Delta e/\Delta \sigma$ m ² /kN	m _v m ² /kN	t ₉₀ (dk) dk	C _v (%) (mm ² /dk)
	kg/cm ²	kPa										
0	0	0	20,00	11,963	0,672	0,672	0	0	0	0		
1	0,52	51	19,77	11,963	0,653	0,662	0,019	51	0,000378	0,000118	15,21	0,05469852
2	1,04	102	19,61	11,963	0,639	0,646	0,013	51	0,000263	0,000083	15,21	0,05414769
4	2,07	203	19,61	11,963	0,639	0,639	0,000	102	0,000000	0,000000	15,21	0,05387331
8	4,14	406	18,46	11,963	0,543	0,591	0,096	203	0,000473	0,000616	15,21	0,05063519
16	8,28	813	19,44	11,963	0,625	0,584	-0,082	406	-0,000202	-0,000528	15,21	0,05164974
32	16,6	1625	18,36	11,963	0,535	0,580	0,090	813	0,000111	0,000583	15,21	0,04928938
64	33,1	3251	18,30	11,963	0,530	0,532	0,005	1625	0,000003	0,000033	15,21	0,04797462
16	8,28	813	19,76	11,963	0,652	0,591	0,122	2438	0,000050	0,000783	15,21	0,04797462
4	2,07	203	20,46	11,963	0,710	0,681	0,059	610	0,000096	0,000355	15,21	0,05468817
1	0,52	51	20,42	11,963	0,707	0,709	0,003	152	0,000022	0,000020	15,21	0,05639054



Şekil K3.2: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #2

Numune

Kil

Kaynağı

İstanbul

Tipi

Numune Adı İllit kil ve %10 Kül

Deney Tarihi

01.01.2019

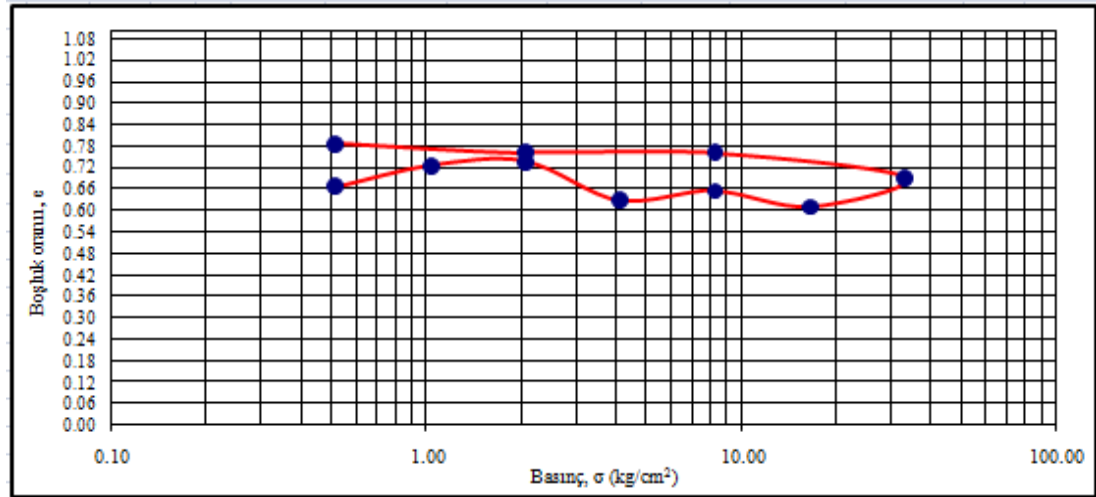
Deney No

3/3

	Deney Başı	Deney sonu
Halka No:	2	2
Halka+Yaş Numune Kütlesi(g)	151.78	137.47
Halka + Kuru Numune Kütlesi (g)	137.47	137.47
Su Miktarı (g)	14.31	0.00
Halka Kütlesi (g)	77.40	77.40
Kuru Numune Kütlesi (g)	60.07	60.07
Su Muhtevası (%)	23.82	0.00
Numune Yüksekliği (H)	20.00	20.41
Eşdeğer Katı Dانه Yüksekliği(H _e)	11.44	11.44
Boşluk Oranı (e ₀)	0.92	0.78

Kons. Alet No:	3	Num. Yük(mm)	20
Halka Çapı (cm)	4.960	Num. Bağ. Yoğ. (kN/m ²)	
Kesit Alanı : (cm ²)	19.312		2.720

Yük kg	Basınç, σ'		H mm	H ₀ mm	e	e ortalama e ort	Δe	$\Delta \sigma$ kpa	$a=\Delta e/\Delta \sigma$ m ² /kN	m _v m ² /kN	t ₅₀ (dk) dk	C _v (°) (mm ² /dk)
	kg/cm ²	kPa										
0	0	0	20,00	11,436	0,749	0,749	0	0	0	0		
1	0,52	51	19,05	11,436	0,666	0,707	0,083	51	0,001635	0,000496	15,21	0,05291849
2	1,04	102	19,70	11,436	0,723	0,694	-0,057	51	-0,001119	-0,000342	15,21	0,05350401
4	2,07	203	19,85	11,436	0,736	0,729	-0,013	102	-0,000129	-0,000077	15,21	0,05420952
8	4,14	406	18,61	11,436	0,627	0,682	0,108	203	0,000534	0,000658	15,21	0,05119796
16	8,28	813	18,90	11,436	0,653	0,640	-0,025	406	-0,000062	-0,000158	15,21	0,05049084
32	16,6	1625	18,39	11,436	0,608	0,630	0,045	813	0,000055	0,000279	15,21	0,04879996
64	33,1	3251	19,34	11,436	0,691	0,650	-0,083	1625	-0,000051	-0,000514	15,21	0,05045313
16	8,28	813	20,13	11,436	0,760	0,726	0,069	2438	0,000028	0,000408	15,21	0,05045313
4	2,07	203	20,14	11,436	0,761	0,761	0,001	610	0,000001	0,000005	15,21	0,05496904
1	0,52	51	20,41	11,436	0,785	0,773	0,024	152	0,000155	0,000136	15,21	0,05650498



Şekil K3.3: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #3

EK K.4

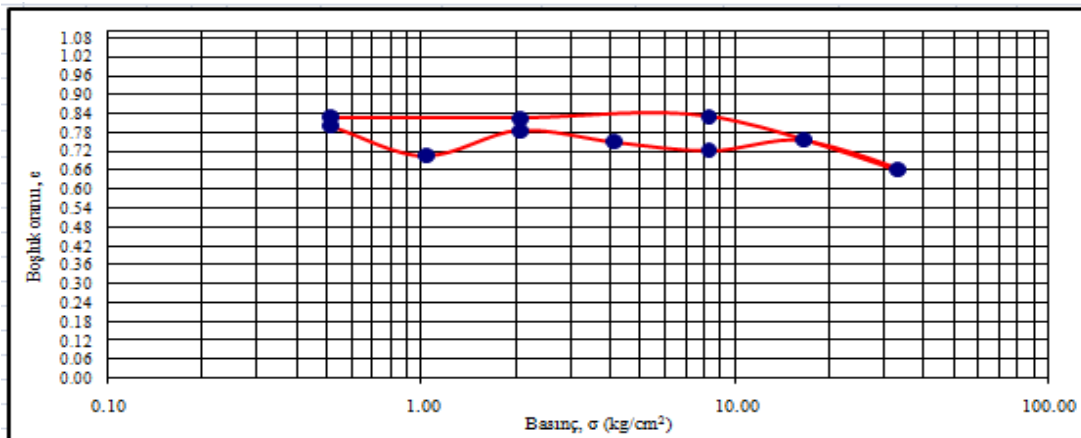
Çizelge K.4: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri (kil ve Kül numunesinde gerçekleştirilen).

Numune Tipi Kil **Kaynağı** İstanbul
Numune Adı İllit kil ve %15 Kül **Deney Tarihi** 01.01.2019
Deney No 1/3

	Deney Başı	Deney sonu
Halka No:	2	2
Halka+Yaş Numune Kütlesi(g)	150.98	150.49
Halka + Kuru Numune Kütlesi (g)	135.40	135.40
Su Miktarı (g)	15.58	15.09
Halka Kütlesi (g)	77.79	77.79
Kuru Numune Kütlesi (g)	57.61	57.61
Su Muhtevası (%)	27.04	26.19
Numune Yüksekliği (H)	20.00	20.02
Eydeğer Katı Dane Yüksekliği(H _s)	10.97	10.97
Boşluk Oranı (e ₀)	0.92	0.83

Kons. Alet No:	3	Num. Yük(mm)	20
Halka Çapı (cm)	4.960	Num. Bağ. Yoğ. (kN/m ²)	
Kesit Alanı : (cm ²)	19.312		2.720

Yük	Basınç, σ'		H	H ₀	e	e ortalama	Δe	$\Delta \sigma$	$a=\Delta e/\Delta \sigma$	m_v	t_{90} (dk)	C_v (*)
kg	kg/cm ²	kPa	mm	mm	-	e ort	-	kpa	m ² /kN	m ² /kN	dk	(mm ² /dk)
0	0	0	20,00	10,967	0,824	0,824	0	0	0	0		
1	0,52	51	19,72	10,967	0,798	0,811	0,026	51	0,000503	0,000144	15,21	0,05676086
2	1,04	102	18,69	10,967	0,704	0,751	0,094	51	0,001849	0,000547	15,21	0,05264726
4	2,07	203	19,56	10,967	0,783	0,744	-0,079	102	-0,000781	-0,000464	15,21	0,05298641
8	4,14	406	19,18	10,967	0,749	0,766	0,035	203	0,000171	0,000200	15,21	0,05212709
16	8,28	813	18,88	10,967	0,721	0,735	0,027	406	0,000067	0,000161	15,21	0,05089787
32	16,6	1625	19,25	10,967	0,755	0,738	-0,034	813	-0,000042	-0,000198	15,21	0,05127311
64	33,1	3251	18,20	10,967	0,659	0,707	0,096	1625	0,000059	0,000572	15,21	0,04868756
16	8,28	813	20,07	10,967	0,830	0,745	0,171	2438	0,000070	0,000997	15,21	0,04868756
4	2,07	203	20,01	10,967	0,825	0,827	0,005	610	0,000009	0,000031	15,21	0,05406509
1	0,52	51	20,02	10,967	0,825	0,825	0,001	152	0,000006	0,000005	15,21	0,05496104



Şekil K4.1: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #1

Numune

Kil

Kaynağı

İstanbul

Tipi

Numune Adı İllit kil ve %15 Kül

Deney Tarihi

01.01.2019

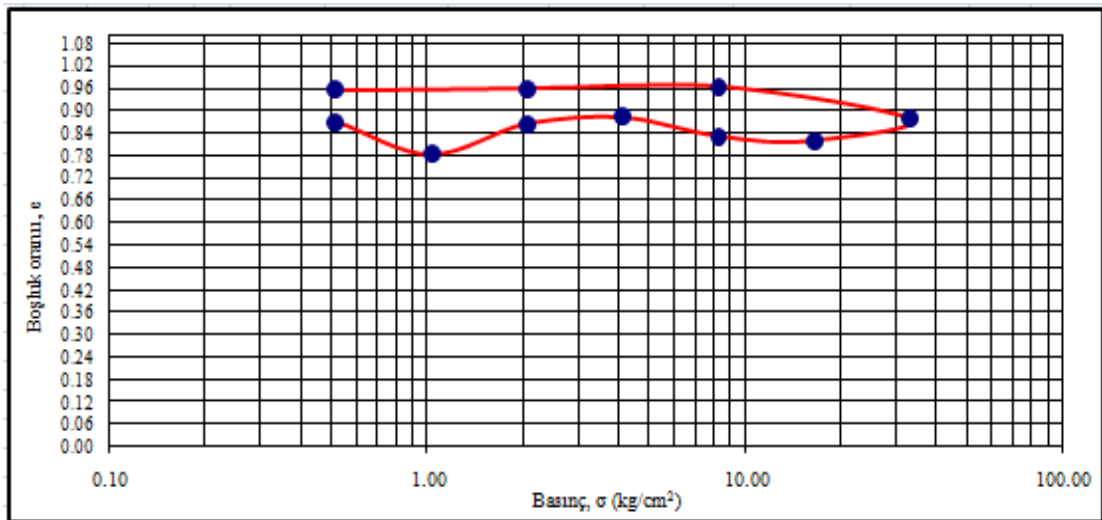
Deney No

2/3

	Deney Başı	Deney sonu
Halka No:	2	2
Halka+Yaş Numune Kütlesi(g)	155.01	152.98
Halka + Kuru Numune Kütlesi (g)	131.26	131.26
Su Miktarı (g)	23.75	21.72
Halka Kütlesi (g)	77.41	77.41
Kuru Numune Kütlesi (g)	53.85	53.85
Su Muhtevası (%)	44.10	40.33
Numune Yüksekliği (H)	20.00	20.02
Eydeğer Kav Dane Yüksekliği(H _e)	10.25	10.25
Boşluk Oranı (e ₀)	0.92	0.95

Kons. Alet No:	3	Num. Yük(mm)	20
Halka Çapı (cm)	4.960	Num. Bağ. Yoğ. (kN/m ²)	
Kesit Alanı : (cm ²)	19.312		2.720

Yük kg	Basınç, σ		H mm	H ₀ mm	e	e ortalama e ort	Δe	$\Delta \sigma$	a= $\Delta e/\Delta \sigma$ m ² /kN	m _v m ² /kN	t ₉₀ (dk)	C _v (%) (mm ² /dk)
	kg/cm ²	kPa										
0	0	0	20,00	10,251	0,951	0,951	0	0	0	0		
1	0,52	51	19,15	10,251	0,868	0,909	0,083	51	0,001632	0,000443	15,21	0,05406530
2	1,04	102	18,26	10,251	0,781	0,825	0,087	51	0,001709	0,000486	15,21	0,05019780
4	2,07	203	19,10	10,251	0,863	0,822	-0,082	102	-0,000807	-0,000459	15,21	0,05052235
8	4,14	406	19,30	10,251	0,883	0,873	-0,020	203	-0,000096	-0,000106	15,21	0,05121799
16	8,28	813	18,75	10,251	0,829	0,856	0,054	406	0,000132	0,000295	15,21	0,05010361
32	16,6	1625	18,64	10,251	0,818	0,824	0,011	813	0,000013	0,000060	15,21	0,04926235
64	33,1	3251	19,24	10,251	0,877	0,848	-0,059	1625	-0,000036	-0,000323	15,21	0,05042247
16	8,28	813	20,12	10,251	0,963	0,920	0,086	2438	0,000035	0,000456	15,21	0,05042247
4	2,07	203	20,05	10,251	0,956	0,959	0,007	610	0,000011	0,000036	15,21	0,05469841
1	0,52	51	20,02	10,251	0,953	0,954	0,003	152	0,000019	0,000015	15,21	0,05527985



Şekil K4.2: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #2

Numune Kil Kaynağı İstanbul

Tipi

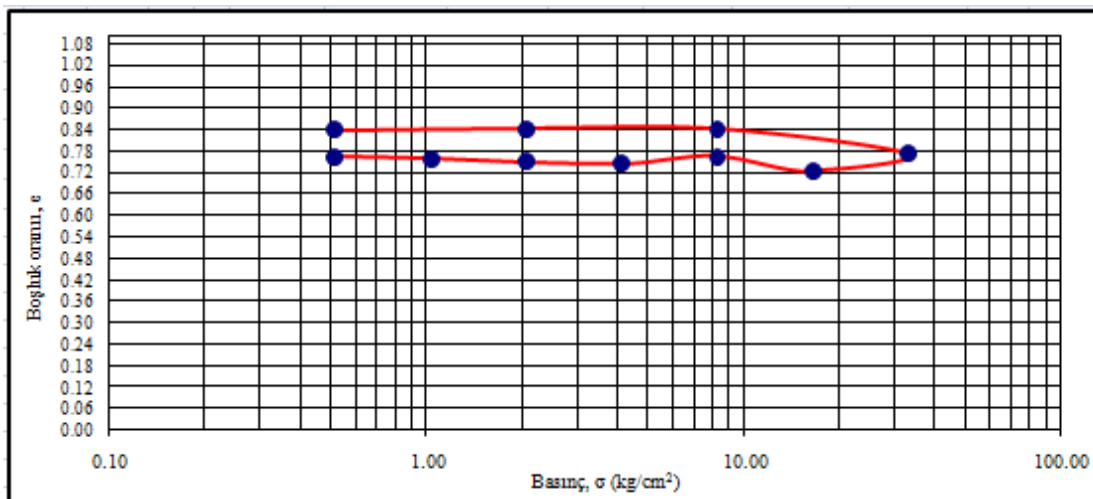
Numune Adı İllit kil ve %15 Kül Deney Tarihi 01.01.2019

Deney No 3/3

	Deney Başı	Deney sonu
Halka No:	2	2
Halka+Yaş Numune Kütlesi(g)	149.91	148.97
Halka + Kuru Numune Kütlesi (g)	134.57	134.57
Su Miktarı (g)	15.34	14.40
Halka Kütlesi (g)	77.41	77.41
Kuru Numune Kütlesi (g)	57.16	57.16
Su Muhtevası (%)	26.84	25.19
Numune Yüksekliği (H)	20.00	20.01
Eydeğer Katı Dane Yüksekliği(H _c)	10.88	10.88
Boşluk Oranı (e ₀)	0.92	0.84

Kons.Alet No:	3	Num.Yük(mm)	20
Halka Çapı (cm)	4.960	Num.Bağ.Yoğ. (kN/m ²)	
Kesit Alanı : (cm ²)	19.312		2.720

Yük kg	Basınç, σ'		H mm	H ₀ mm	e	e ortalama e ort	Δe	$\Delta \sigma$ kpa	a= $\Delta e/\Delta \sigma$ m ² /kN	m _v m ² /kN	t ₉₀ (dk)	C _v (°) (mm ² /dk)
	kg/cm ²	kPa										
0	0	0	20,00	10,882	0,838	0,838	0	0	0	0		
1	0,52	51	19,17	10,882	0,762	0,800	0,076	51	0,001502	0,000432	15,21	0,05406530
2	1,04	102	19,12	10,882	0,757	0,759	0,005	51	0,000090	0,000027	15,21	0,05249837
4	2,07	203	19,02	10,882	0,748	0,753	0,009	102	0,000090	0,000054	15,21	0,05145540
8	4,14	406	18,96	10,882	0,742	0,745	0,006	203	0,000027	0,000032	15,21	0,05077808
16	8,28	813	19,19	10,882	0,764	0,753	-0,021	406	-0,000052	-0,000123	15,21	0,05105280
32	16,6	1625	18,75	10,882	0,723	0,743	0,040	813	0,000050	0,000237	15,21	0,05002188
64	33,1	3251	19,28	10,882	0,772	0,747	-0,049	1625	-0,000030	-0,000284	15,21	0,05091244
16	8,28	813	20,02	10,882	0,840	0,806	0,068	2438	0,000028	0,000384	15,21	0,05091244
4	2,07	203	20,03	10,882	0,841	0,840	0,001	610	0,000002	0,000005	15,21	0,05463243
1	0,52	51	20,01	10,882	0,839	0,840	0,002	152	0,000012	0,000010	15,21	0,05521893



Şekil K4.3: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #3

EK K.5

Numune Tipi
Numune Adı

Kil
İllit kil ve %20
Kül

Kaynağı
Deney Tarihi

İstanbul
01.01.2019

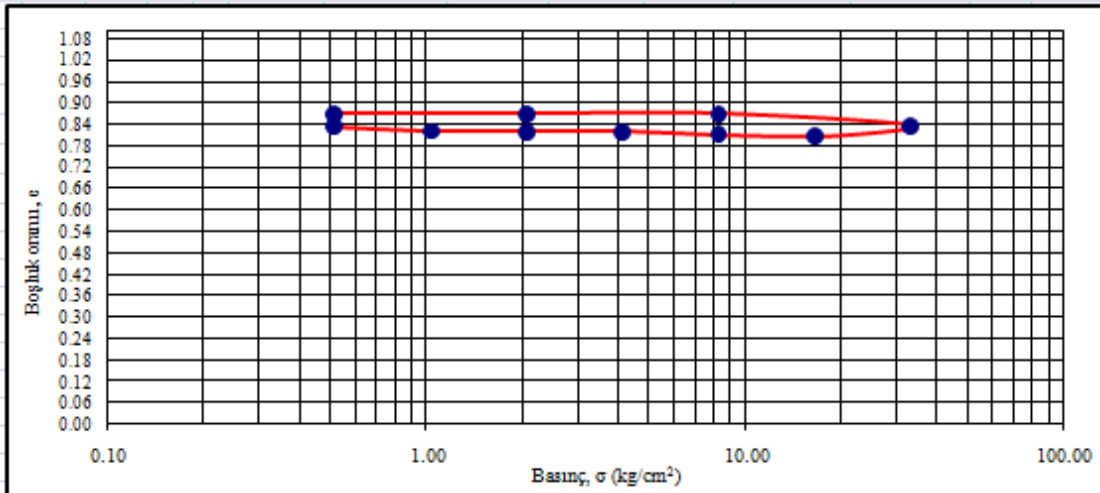
Deney No

1/3

	Deney Başı	Deney sonu
Halka No:	2	2
Halka+Yaş Numune Kütlesi(g)	149.10	143.31
Halka + Kuru Numune Kütlesi (g)	133.72	133.72
Su Miktarı (g)	15.38	9.59
Halka Kütlesi (g)	77.42	77.42
Kuru Numune Kütlesi (g)	56.30	56.30
Su Muhtevası (%)	27.32	17.03
Numune Yüksekliği (H)	20.00	20.02
Eşdeğer Katı Dane Yüksekliği(H _e)	10.72	10.72
Boşluk Oranı (e ₀)	0.92	0.87

Kons.Alet No:	3	Num.Yük(mm)	20
Halka Çapı (cm)	4.960	Num.Bağ.Yoğ. (kN/m ²)	
Kesit Alanı : (cm ²)	19.312		2.720

Yük	Basınç, σ		H	H ₀	e	e ortalama	Δe	$\Delta \sigma$	$a=\Delta e/\Delta \sigma$	m _v	t ₉₀ (dk)	C _v (%)
kg	kg/cm ²	kPa	mm	mm	-	e ort	-	kpa	m ² /kN	m ² /kN	dk	(mm ² /dk)
0	0	0	20,00	10,718	0,866	0,866	0	0	0	0		
1	0,52	51	19,63	10,718	0,832	0,849	0,035	51	0,000680	0,000191	15,21	0,05505806
2	1,04	102	19,50	10,718	0,819	0,825	0,012	51	0,000239	0,000068	15,21	0,05402413
4	2,07	203	19,48	10,718	0,818	0,818	0,002	102	0,000018	0,000010	15,21	0,05345623
8	4,14	406	19,49	10,718	0,818	0,818	-0,001	203	-0,000005	-0,000005	15,21	0,05320064
16	8,28	813	19,41	10,718	0,811	0,815	0,007	406	0,000018	0,000042	15,21	0,05285571
32	16,6	1625	19,35	10,718	0,805	0,808	0,006	813	0,000007	0,000032	15,21	0,05252120
64	33,1	3251	19,65	10,718	0,833	0,819	-0,028	1625	-0,000017	-0,000157	15,21	0,05316788
16	8,28	813	20,02	10,718	0,868	0,851	0,035	2438	0,000014	0,000190	15,21	0,05316788
4	2,07	203	20,01	10,718	0,867	0,867	0,001	610	0,000002	0,000005	15,21	0,05515625
1	0,52	51	20,02	10,718	0,868	0,867	0,001	152	0,000006	0,000005	15,21	0,05550974



Şekil K5.1: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #1

Numune Kil Kaynağı İstanbul

Tipi

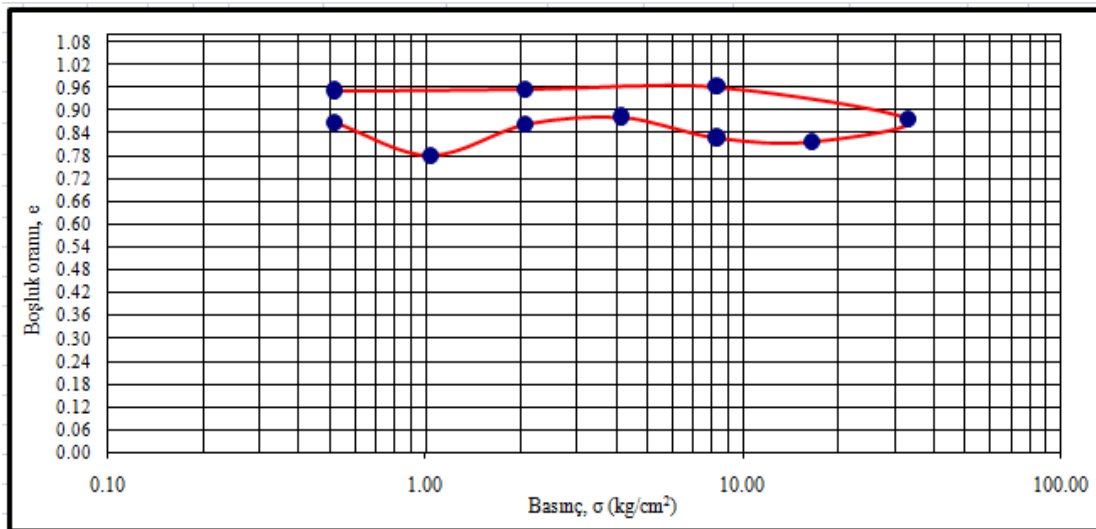
Numune Adı İllit kil ve %20 Kül Deney Tarihi 01.01.2019

Deney No 2/3

	Deney Başı	Deney sonu
Halka No:	2	2
Halka+Yaş Numune Kütlesi(g)	155.01	152.98
Halka + Kuru Numune Kütlesi (g)	131.26	131.26
Su Miktarı (g)	23.75	21.72
Halka Kütlesi (g)	77.41	77.41
Kuru Numune Kütlesi (g)	53.85	53.85
Su Muhtevası (%)	44.10	40.33
Numune Yüksekliği (H)	20.00	20.02
Eşdeğer Katı Dane Yüksekliği(H ₀)	10.25	10.25
Boşluk Oranı (e ₀)	0.92	0.95

Kons.Alet No:	3	Num.Yük(mm)	20
Halka Çapı (cm)	4.960	Num. Bağ. Yoğ. (kN/m ³)	
Kesit Alanı : (cm ²)	19.312		2.720

Yük kg	Basınç, σ'		H mm	H ₀ mm	e	e ortalama e ort	Δe	$\Delta \sigma$ kpa	$a=\Delta e/\Delta \sigma$ m ² /kN	m_v m ² /kN	t_{90} (dk) dk	C_v (*) (mm ² /dk)
	kg/cm ²	kPa										
0	0	0	20,00	10,251	0,951	0,951	0	0	0	0		
1	0,52	51	19,15	10,251	0,868	0,909	0,083	51	0,001632	0,000443	15,21	0,05406530
2	1,04	102	18,26	10,251	0,781	0,825	0,087	51	0,001709	0,000486	15,21	0,05019780
4	2,07	203	19,10	10,251	0,863	0,822	-0,082	102	-0,000807	-0,000459	15,21	0,05052235
8	4,14	406	19,30	10,251	0,883	0,873	-0,020	203	-0,000096	-0,000106	15,21	0,05121799
16	8,28	813	18,75	10,251	0,829	0,856	0,054	406	0,000132	0,000295	15,21	0,05010361
32	16,6	1625	18,64	10,251	0,818	0,824	0,011	813	0,000013	0,000060	15,21	0,04926235
64	33,1	3251	19,24	10,251	0,877	0,848	-0,059	1625	-0,000036	-0,000323	15,21	0,05042247
16	8,28	813	20,12	10,251	0,963	0,920	0,086	2438	0,000035	0,000456	15,21	0,05042247
4	2,07	203	20,05	10,251	0,956	0,959	0,007	610	0,000011	0,000036	15,21	0,05469841
1	0,52	51	20,02	10,251	0,953	0,954	0,003	152	0,000019	0,000015	15,21	0,05527985



Şekil K5.2: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #2

Numune

Kil

Kaynağı

İstanbul

Tipi

Numune Adı İllit kil ve %20 Kül

Deney Tarihi

01.01.2019

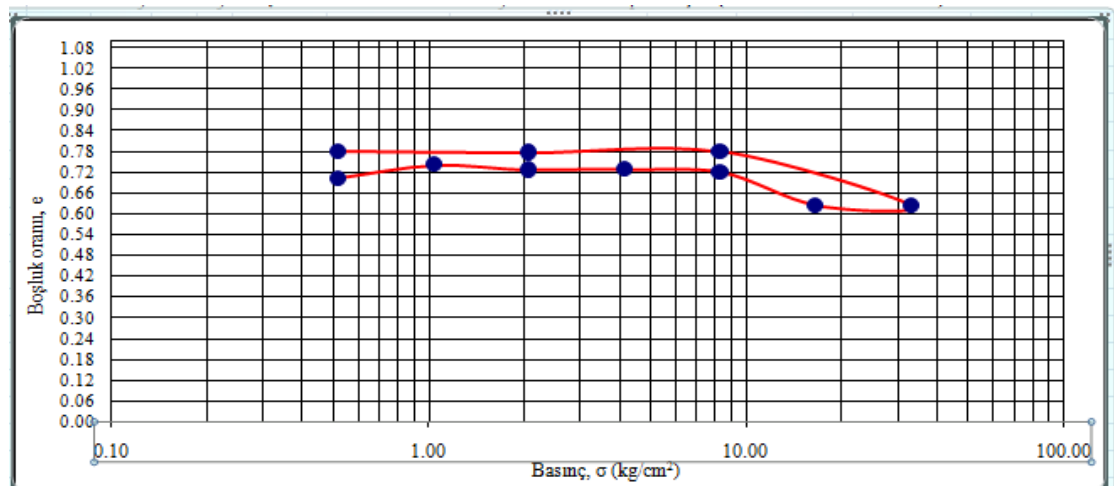
Deney No

3/3

	Deney Başı	Deney sonu
Halka No:	2	2
Halka+Yaş Numune Kütlesi(g)	150.21	147.51
Halka + Kuru Numune Kütlesi (g)	136.52	136.52
Su Miktarı (g)	13.69	10.99
Halka Kütlesi (g)	77.34	77.34
Kuru Numune Kütlesi (g)	59.18	59.18
Su Muhtevası (%)	23.13	18.57
Numune Yüksekliği (H)	20.00	20.07
Eşdeğer Katı Dane Yüksekliği(H ₀)	11.27	11.27
Boşluk Oranı (e ₀)	0.92	0.78

Kons.Alet No:	3	Num.Yük(mm)	20
Halka Çapı (cm)	4.960	Num. Bağ. Yoğ. (kN/m ³)	
Kesit Alanı : (cm ²)	19.312		2.720

Yük	Basınç, σ		H	H ₀	e	e ortalama	Δe	$\Delta \sigma$	$a=\Delta e/\Delta \sigma$	m_v	t_{90} (dk)	C_v (*)
kg	kg/cm ²	kPa	mm	mm	-	e ort	-	kpa	m ² /kN	m ² /kN	dk	(mm ² /dk)
0	0	0	20,00	11,266	0,775	0,775	0	0	0	0		
1	0,52	51	19,18	11,266	0,702	0,739	0,073	51	0,001433	0,000427	15,21	0,05553001
2	1,04	102	19,63	11,266	0,742	0,722	-0,040	51	-0,000786	-0,000237	15,21	0,05461572
4	2,07	203	19,46	11,266	0,727	0,735	0,015	102	0,000149	0,000089	15,21	0,05369534
8	4,14	406	19,47	11,266	0,728	0,728	-0,001	203	-0,000004	-0,000005	15,21	0,05326533
16	8,28	813	19,38	11,266	0,720	0,724	0,008	406	0,000020	0,000047	15,21	0,05280652
32	16,6	1625	18,29	11,266	0,623	0,672	0,097	813	0,000119	0,000591	15,21	0,04966852
64	33,1	3251	18,30	11,266	0,624	0,624	-0,001	1625	-0,000001	-0,000006	15,21	0,04816147
16	8,28	813	20,06	11,266	0,781	0,702	0,156	2438	0,000064	0,000936	15,21	0,04816147
4	2,07	203	20,03	11,266	0,778	0,779	0,003	610	0,000004	0,000015	15,21	0,05396733
1	0,52	51	20,07	11,266	0,781	0,780	0,004	152	0,000023	0,000020	15,21	0,05505016



Şekil K5.3: Konsolidasyon deneyi ile grafikleri #3



ÖZGEÇMİŞ



Ad_soyad: Muhammad Babur Nazaroglu
Doğum yeri ve Tarihi: Afghanistan, 1989
Adres: Kadıköy mah. Bağdat Caddesi. Bahricakır sok. 69/3 İzmit
Koceli
E_posta: baburnazaroglu@yahoo.com
Lisans: Jawzjan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat
Mühendisliği (2014)