

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA İLİNDE BULUNAN KALIŞLERİN ÇÖKME POTANSİYELİ
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

Huzeyfe ALBASTI

ARALIK 2024

TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA İLİNDE BULUNAN KALIŞLERİN ÇÖKME POTANSİYELİ
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Huzeyfe ALBASTI

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
“DOKTOR (JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 02 / 12 / 2024

Tezin Savunma Tarihi : 23 / 12 / 2024

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hakan ERSOY

Trabzon 2024

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır. Gerek bilgi birikimi gerekse yardımseverliği ve konuya olan hakimiyeti ile yol gösteren; daima araştırmaya ve öğrenmeye teşvik ederek danışmanı olduğu bu tezin hazırlanmasında en büyük yardımı gösteren Sayın Prof. Dr. Hakan ERSOY'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

İdari ve direktif konuları sırasında yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Oğuz SÜNNETCİ şükranlarımı sunarım, bölümümüz teknik elemanlarından Makine Mühendisi Erdoğan TİMURKAYNAK'a ve Jeoloji Mühendisi Murat KARAHAN'a teşekkür ederim. Tez çalışması sırasında sevgi ve alakalarıyla moral vererek maddi, manevi hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan eşime, en içten teşekkürlerimi sunarım.

Huzeyfe ALBASTI

Trabzon 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Şanlıurfa İlinde Bulunan Kalişlerin Çökme Potansiyeli Açısından Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Hakan ERSOY’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 23/12/2024

Huzeyfe ALBASTI

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Önceki Çalışmalar	3
1.3. Çalışmanın Amacı	8
1.4. Mühendislik Açısından Problemlı Zeminler	8
1.4.1. Şişen Zeminler	9
1.4.2. Çökebilen Zeminler.....	10
1.5. Zeminlerde Çökelme Mekanizmasının Dinamikleri	11
1.5.1. Çökme Davranışını Etkileyen Faktörler	13
1.5.2. Çökme Potansiyelinin Analizi ve Yenilikçi Sınıflandırma Yaklaşımları	14
1.5.3. Zemin Çökmelerini Önleme Yöntemleri	16
1.6. Kalışler	17
1.6.1. Yeraltı Suyu Kalışleri.....	19
1.6.2. Türkiye'de Kalış Oluşumlarının Coğrafi Dağılımı.....	22
2. METERYAL VE METOT.....	24
2.1. Jeolojik Yapı.....	24
2.2. Örnek Temini	27
2.3. Laboratubar Çalışmaları	28
2.3.1. Tek Yönlü Konsolidasyon (Ödometre) Deneyi	28
2.3.2. Su İçeriği Tayini.....	34
2.3.3. Özgöl Ağırlık Deneyi.....	35
2.3.4. Kıvam Limitlerinin Tayini	36

3. BULGULAR.....	39
3.1. Deneysel Çalışmaların Değerlendirilmesi	39
3.2. Su İçeriği ile Zemin Çökmesi Arasındaki İlişki	43
3.3. Kuru Yoğunluk ile Zemin Çökmesi Arasındaki İlişki	44
3.4. Özgül Ağırlık ile Zemin Çökmesi Arasındaki İlişki	45
3.5. Boşluk Oranı ile Zemin Çökmesi Arasındaki İlişki	46
3.6. Regresyon Analizlerinin Değerlendirilmesi	47
3.7. Zeminlerin Çökme Potansiyellerinin Değerlendirilmesi.....	48
4. SONUÇLAR.....	53
5. KAYNAKLAR	55
6. EKLER.....	60
ÖZGEÇMİŞ	

Doktora Tezi

ÖZET

ŞANLIURFA İLİNDE BULUNAN KALIŞLERİN ÇÖKME POTANSİYELİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Huzeyfe ALBASTI

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Hakan ERSOY
2024, 59 Sayfa, 76 Sayfa Ek

Çökebilen zeminler, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde olmak üzere dünyanın birçok yerinde yaygın olarak bulunmaktadır. Bu zeminler, ıslandıklarında üzerlerine inşa edilen yapılar için potansiyel tehdit oluşturmaktadır. Kuru ve doğal halleriyle sert bir yapıya ve yüksek görünür kesme mukavemetine sahip olmalarına rağmen, suyla temas ettiklerinde hacimlerinde belirgin bir azalma meydana gelebilir. Oldukça düşük gerilme seviyelerinde bu özelliği sergileyen bu tür zeminler, “çökebilen zeminler” olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışma kapsamında Şanlıurfa ili sınırları arasında genel olarak kalişlerin yüzeyleme verdiği bir alan pilot bölge seçilmiş, çalışma alanından alınan 61 adet numune üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Tek yönlü ödometre deneyleri ile konsolidasyon karakteristikleri belirlenmiş, plastik limit, likit limit, özgül ağırlık, birim hacim ağırlık deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak zeminlerin çökme potansiyelleri belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda örneklerin genel olarak düşük-orta çökme potansiyeline sahip olduğu, örneklerin sadece %80’sinin çökebilen zemin sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çökebilen Zeminler, Kaliş, Konsolidasyon, Çökme

PhD. Thesis

SUMMARY

Risk Assessment of Settlement Suitability Due to Soil Collapse

Huzeyfe ALBASTI

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Hakan ERSOY
2024, 59 Pages, 76 Pages Appendix

Collapsible soils are widely found in many parts of the world, particularly in arid and semi-arid regions. These soils pose a potential threat to structures built upon them when they become saturated. Despite their naturally hard structure and high apparent shear strength in dry conditions, they can experience a significant reduction in volume upon contact with water. Exhibiting this characteristic even under very low stress levels, such soils are referred to as “collapsible soils.” In this study, a pilot area within the boundaries of Şanlıurfa province, where caliches are predominantly exposed at the surface, was selected. A total of 61 soil samples were collected from the study area and subjected to experimental analyses. The consolidation characteristics of the soils were determined using one-dimensional oedometer tests, while the collapse potential was assessed based on data obtained from plastic limit, liquid limit, specific gravity, and unit weight tests. The evaluations revealed that the samples generally exhibited low to moderate collapse potential, with 80% of the samples classified as collapsible soils.

Key Words: Collapsible Soils, Caliche, Consolidation, Collapse

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Dünya genelinde şişebilen ve çökebilen zeminler.....	2
Şekil 2. Yük artışı ile oluşan çökme deformasyonunun mikroyapısal görünümü	12
Şekil 3. Islanma ile oluşan çökme mekanizması	12
Şekil 4. Çökebilir topraklardaki bağlayıcı malzemelere ve dokulara örnekler.....	13
Şekil 5. Kalış oluşum modeli ve sızma modeli.....	19
Şekil 6. Kalış oluşum modelleri ve kapiler yükselim modeli	19
Şekil 7. Çalışma alanının jeolojik haritası	25
Şekil 8. Araziden alınan kalış görüntüsü	26
Şekil 9. Şanlıurfa ve çevresinde Pliyo-Kuvaterner birimlerin yayılımı ve temin edilen örneklerin çökme potansiyeli	27
Şekil 10. Kalış örneklerinin temin edilmesi.....	28
Şekil 11. Konsolidasyon deney düzeneği, ödometre cihazının genel görüntüsü (a), konsolidasyon hücresi (b), hücre içi aparatlar, numune ringleri(c), yükleme plakaları (d).....	29
Şekil 12. Tek Ödometre çökme testinin temsili diyagramı.....	31
Şekil 13. Testere ile blokların dilimlere ayrılması.....	31
Şekil 14. Dilimlenmiş örnek numuneler	32
Şekil 15. Numunenin plakaya göre kesilmesi.....	32
Şekil 16. Numunenin plakaya yerleştirilmesi	33
Şekil 17. Halka plakadaki iki yüzeyin düzeltilmesi.....	34
Şekil 18. 10 no'lu elekten geçen numuneler.....	35
Şekil 19. Casagrande deneyi	37
Şekil 20. Plastik limit deneyi	38
Şekil 21. Çökme ve su içeriği arasındaki ilişki.....	44
Şekil 22. Çökme ve kuru yoğunluk ilişkisi.....	45
Şekil 23. Çökme ve özgül ağırlık ilişkisi	46
Şekil 24. Çökme ve boşluk oranı ilişkisi	47
Şekil 25. Çalışma konusu zeminlerin Bell ve Bruyn (1997), Gibbs ve Bara (1962) tarafından önerilen grafiğe göre çökme potansiyelleri	50
Şekil 26. Çalışma konusu zeminlerin Das (2015) tarafından önerilen grafiğe göre çökme potansiyelleri.....	50

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Çökme değerdendirmeleri	15
Tablo 2. Grup A numunelerinin laboratuvar deney sonuçları	39
Tablo 3. Grup B numunelerinin laboratuvar deney sonuçları.....	39
Tablo 4. Grup C numunelerinin laboratuvar deney sonuçları.....	40
Tablo 5. Grup D numunelerinin laboratuvar deney sonuçları	40
Tablo 6. Grup E numunelerinin laboratuvar deney sonuçları	40
Tablo 7. Grup F numunelerinin laboratuvar deney sonuçları	41
Tablo 8. Grup G numunelerinin laboratuvar deney sonuçları	41
Tablo 9. Grup H numunelerinin laboratuvar deney sonuçları	41
Tablo 10. Grup I numunelerinin laboratuvar deney sonuçları	42
Tablo 11. Grup 1 numunelerinin laboratuvar deney sonuçları	42
Tablo 12. Grup 2 numunelerinin laboratuvar deney sonuçları	42
Tablo 13. Grup 3 numunelerinin laboratuvar deney sonuçları	43
Tablo 14. Grup 4 numunelerinin laboratuvar deney sonuçları	43
Tablo 15. Grup 5 numunelerinin laboratuvar deney sonuçları	43
Tablo 16. 2 Kuru birim hacim ağırlık, likit limit ve plastik limit deney sonuçları	49
Tablo 17. Çökebilirlik endeksi, Jennings ve Knight (1975)	51
Tablo 18. Çalışma konusu zeminlerin çökebilirlik özelliklerinin Jennings ve Knight (1975) tarafından önerilen yöntemle göre sınıflandırılması	52

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ASTM	: Amerikan Deney ve Malzeme Birliği.
C_p	: Çökebilirlik Endeksi.
e	: Boşluk oranı.
e_0	: İlk boşluk oranı.
ft	: Feet
$G_s(T_x)$	: Katı tanelerin özgül ağırlığı.
$G_w(T)$	: Suyun T_x sıcaklığındaki özgül ağırlığıdır.
km	: Kilometre
Kn	: Kilonewton
km^2	: Kilometrekare
kPa	: Kilopaskal.
LL	: Likit limit.
Lb	: pound
ML	: Düşük plastisite
M	: Metre
m_1	: Kabın kütlesi (gr).
m_2	: Kap + yaş örneğin kütlesi (gr).
m_2	: Metrekare
m_3	: Kap + kuru örneğin kütlesi (gr).
m^3	: Metreküp
mm	: Milimetre
PI	: Plastisite indeksi.

PL	: Plastik limit.
Tn	: ton
W1	: Piknometre ağırlığı (g)
W2	: (Piknometre +Kuru örnek)(g)
W3	: (Piknometre+su+ örnek) (g)
W4	: Piknometre+su) (g)
W_{psw}	: Piknometre + numune + suyun T_x sıcaklığındaki kütlesi (gr).
$W_{psw(Tx)}$	: Piknometre + suyun T_x sıcaklığındaki kütlesi (gr).
$W_{pw(Tx)}$	: Kuru numune kütlesi (gr).
W_s	: Kuru numune kütlesi (gr).
USCS	: Unified Soil Classification System
γ	: Birim hacim ağırlık.
Δe	: İlk boşlukların oranı ile son boşlukların oranı arasındaki fark.
ω_n	: Su içeriği (%).
%	: Yüzde

1. GENEL BİLGİLER

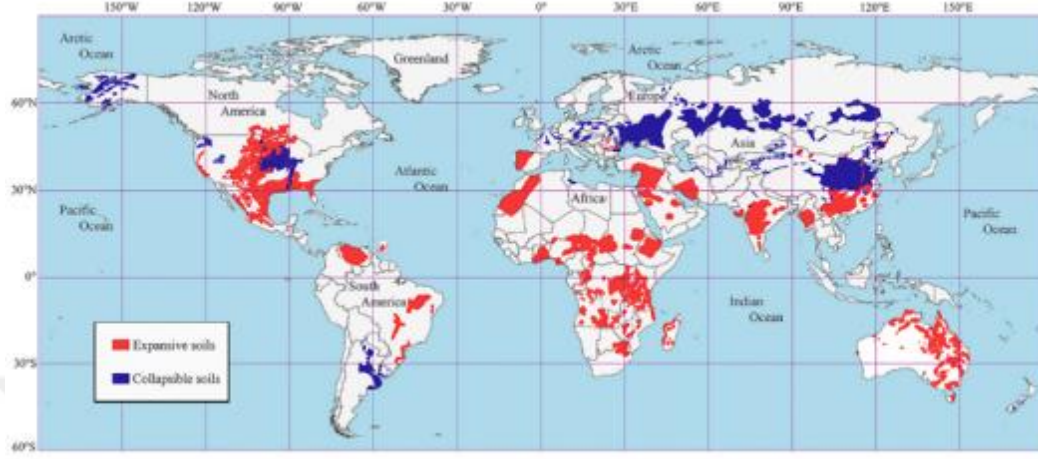
1.1. Giriş

Bir zeminin özellikleri kökenine ve oluşum şekline, bileşimine, mineralojisine, gözenek sıvılarının doğasına veya dokusuna bağlıdır. Mühendislik jeolojisinde, istenmeyen davranışları nedeniyle bazı zeminler sorunlu olarak kabul edilir. En sorunlu zeminler genel olarak şişen killer ve çökebilen zeminler gibi su içeriği ile doğrudan ilişkili zeminlerdir. Çökebilen zeminler, partiküllerin yeniden düzenlenmesi sonucu, ıslanma, ilave yükleme veya her ikisi ile hacminde belirgin bir azalma meydana gelen doymamış zeminler olarak tanımlanır. Genellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yer alan bu zeminler, gevşek bir yapıya, yüksek bir boşluk oranına ve doygunluk seviyesinin oldukça altında bir su içeriğine sahiptir. Bu tür zeminler, genellikle düşük birim ağırlığa sahip, konsolide olmamış tortulardan oluşur. Yapıları, daha ince silt ve kil fraksiyonları ile temas noktalarında ya da hava-su arayüzlerinde suyun yüzey gerilimi etkisiyle bağlanan daha iri parçacıklardan meydana gelir (Yong vd.,1966).

Bu zeminlerin dünya genelindeki varlığı ve üzerlerine inşaat yapılmasının zorlukları uzun süredir bilinmektedir. Bu durumun incelenmesindeki ihmal, söz konusu zeminlerin genellikle kentsel gelişimin sınırlı olduğu ve ağırlıklı olarak kurak bölgelerde yer almasından kaynaklanabilir. Ancak, bazı bölgelerde sulama projelerinin hayata geçirilmesiyle birlikte, daha önce işlenmemiş arazilere büyük miktarlarda su verilmeye başlanmış ve bunun sonucunda toprak çökmesi sorunları belirgin hale gelmiştir. Hidrokompaksiyon (ıslanma) nedeniyle meydana gelen toprak çökmesi, kanallar, barajlar, pompa tesisleri, boru hatları, yollar, binalar, tarım arazileri ve sulama projeleriyle ilişkili çeşitli yapılara ciddi zararlar verebilir. Bu durum, arazi çökmesinin en yıkıcı biçimlerinden biri olarak nitelendirilmektedir (Anderson, 1968).

Çökebilen zeminlerin varlığı, 2. Dünya Savaşı'ndan bu yana kabul edilmektedir. Dünyanın en ciddi zemin sorunları arasında yer alan çökebilen ve şişebilen zeminlerin artan önemiyle birlikte, araştırmacılar bu sorunlu zeminlerin en yaygın görüldüğü alanları belirlemeye yönelik çalışmalarını sürdürmektedir. Şekil 1'de çökebilen zeminler dünya kara kütlelerinin yaklaşık %9'unu, şişebilen zeminler ise %12'sini kapladığı görülmektedir. Bu

verilere dayanarak, dünyamızın en az %20'sinin hem çökebilin hem de şişebilen zeminlerden oluştuğu sonucuna varılabilmektedir (Sadeghi vd., 2020).



Şekil 1. Dünya genelinde şişebilen ve çökebilin zeminler (Schwarz vd. 1991)

Bu zeminlerin en önemli mekanik özelliği, suya maruz kaldığında ani ve büyük hacimsel büzölmeler göstermeleridir. Çökebilin zeminler, suya veya yüklemeye maruz kaldığında, kılcal gerilim ya da çimentolanma ile sağlanan taneler arası bağların kaybı nedeniyle boşluk oranında belirgin ve ani bir azalma meydana gelir. Çökme miktarı, hem mekanik yükleme koşulları hem de belirli bir emiş seviyesinde gerçekleşen hidrolik ıslatma ile etkilenmektedir. Bu tür zeminlerin yol açtığı kontrol edilemeyen yerleşimler, inşaat mühendisliği yapılarına ciddi zararlar verebilir ve önemli ekonomik kayıplara neden olabilir.

Türkiye, son yıllarda çökebilir zeminler konusuna artan bir önem göstermiş ve özellikle çökebilir zemin özelliklerine sahip kalışlı zeminlere odaklanmıştır. 27 Haziran 1998 tarihinde meydana gelen Adana-Ceyhan Depremi sonrasında, Adana bölgesinde kalış zeminler üzerine inşa edilmiş yapıların ağır hasar görmesi, kalışların mühendislik ve dinamik özelliklerinin dikkatle incelenmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Kalış, Türkiye'nin güneyinde inşa edilmekte olan otoyol projelerinde, yapı sahalarında şev stabilitesini, toprak dolgu malzemesi duyarlılığını ve zemin stabilitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bölgede meydana gelen aktif ve potansiyel kaymaların yaklaşık %90'ı, kalış çökelleri ve bu malzemeden türeyen kolüvyal çökellerde gerçekleşmektedir (Yılmaz vd., 1992). Kalış, aynı zamanda Türkiye'nin güney kesiminde yaygın bir şekilde yapı temellerinde kullanılmış olup, kolay şekillendirilebilme özelliği nedeniyle tarihi yapılarda

kesme taşı olarak da tercih edilmiştir. Tüm bu özellikler, kalışı Türkiye için mühendislik açısından sorunlu bir malzeme haline getirmektedir.

Kalışlar, yarı kurak ve kurak iklim koşullarında çakıl, kum, silt ve toprak gibi gevşek malzemelerde oluşan ikincil kalsiyum karbonat birikimi olarak tanımlanmaktadır. “Kalış” terimi ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri'nin güneybatısında, çakıl ve benzeri kalsiyum karbonatla çimentolanmış malzemeleri tanımlamak için kullanılmıştır. Kalış oluşumu için temel kayaçların karbonat içermesi, topraklarda karbonat bulunması, yarı kurak ve kurak iklim koşulları ile toprak profilinde yaygın su sızması gibi koşullar gereklidir. Türkiye’de kalış oluşumları, özellikle Ege, Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerinde genç kayaç oluşumlarında yaygın olarak gözlemlenmektedir (Atabey vd., 1998). Türkiye'nin güneyinde masif kalış oluşumları, Pleistosen dönemindeki iklim dalgalanmalarına ve sığ göl ortamlarına bağlanmaktadır (Kapur vd., 1993).

1.2. Önceki Çalışmalar

Çöken zeminler, 70 yılı aşkın bir süredir geniş kapsamlı araştırmalara konu olmaktadır. Bu zeminler, adlarından da anlaşılacağı üzere, ek bir yükleme olmasa dahi, suya maruz kaldıklarında büyük hacim değişiklikleri gösterebilme özelliğine sahiptir. Bu özellikleri nedeniyle çöken zeminler, jeoteknik mühendisliği alanında önemli teknik zorluklar oluşturmaktadır.

Terzaghi vd. (1948), sert zeminleri tek eksenli basınç dayanımı 400 kPa'yı aşan malzemeler olarak tanımlamıştır. Clayton vd, (1993) ise “sert zemin” ve “zayıf kaya” olarak adlandırılan malzemelerin, toprak ile kaya arasındaki geçiş bölgesinde yer aldığını ifade etmiştir. Bu araştırmacılara göre, sert zemin ve zayıf kayaların dayanımları çeşitli laboratuvar deneyleri ile belirlenmiş olmasına rağmen, bu iki malzemenin tanımlanmasında hala belirsizlikler bulunmaktadır. Önceki yıllarda bu tür malzemelerin mühendislik özellikleri göz ardı edilirken, günümüzde hızla artan yapılaşma ve buna bağlı olarak ortaya çıkan mühendislik problemleri, bu malzemelerin özelliklerinin daha detaylı incelenmesini zorunlu hale getirmiştir (Clayton vd., 1993).

Barden vd. (1973), dünyanın farklı bölgelerinden (Güney Afrika, Avrupa ve ABD) toplanan çökebilir toprak örneklerini elektron mikroskobu kullanarak çökme mekanizmasını incelemişlerdir. Daha önce, oturma davranışının yalnızca kum içeren taneli zeminlerde meydana gelebileceği düşünülmekteydi. Ancak bu araştırma, kümeli yapıya sahip killerde

de benzer bir davranışın gerçekleşebileceğini öne sürerek bu görüşe yeni bir perspektif kazandırmıştır.

Popescu (1986), Romanya'daki toprakların %11,5'inin çökebilir zeminlerden oluştuğunu belirterek, inşaat öncesinde çökebilir zeminlerin tanımlanması, sınıflandırılması, sayısal verilere dönüştürülmesi ve tasarım seçeneklerinin dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca, çökmeyi etkileyen faktörleri şu şekilde sıralamıştır: potansiyel olarak duraysız ve yarı doymuş toprak zeminlerin varlığı, toprağın su içeriğindeki kritik artışlar ve toprak zeminine uygulanacak gerilimler.

Çökme potansiyelinin doğru bir şekilde tahmin edilmesinin, toprağın doymuş hale geçiş sınırının hassas bir şekilde belirlenmesiyle yakından ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. Bu sınırın tespiti amacıyla yerinde gölcük oluşturma yöntemi ve laboratuvar ortamında gerçekleştirilen süzülme deneyi sonuçlarını kullanarak çökme kapasitesini tahmin etmeye çalışmışlardır. Ayrıca, çökebilir toprakların genellikle örselenmeye karşı duyarsız bir yapıya sahip olduğunu ve bu nedenle laboratuvar süzülme deneyinden elde edilen verilerin genellikle güvenilir sonuçlar sağladığını belirtmişlerdir. Ancak, süzülme deneyinin yalnızca tek boyutlu bir analizle sınırlı olması, sonuçların kapsamını daraltan bir etken olarak ifade edilmiştir. Araştırmacılar, yerinde gölcük oluşturma deneyi ile çökme kapasitesi arasında anlamlı ilişkiler bulunduğunu ve bu yöntemin çökme kapasitesinin tahmininde etkili bir araç olarak kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Basma vd., (1992), toprak tipinin, su içeriğinin, kuru birim hacim ağırlık değerinin ve ıslanma sırasında uygulanan basıncın çökme potansiyeli üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla sekiz farklı toprak örneği üzerinde toplam 138 adet tek odometre deneyi gerçekleştirmişlerdir. Araştırmanın sonuçlarına göre, aynı koşullar altında kötü derecelenmiş toprakların, iyi derecelenmiş topraklara kıyasla daha fazla çökme eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, çökme potansiyelinin kum ve kil oranındaki değişimlere, su içeriğine ve başlangıçtaki kuru birim hacim ağırlık değerinin artışına bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir. Araştırmacılar, elde ettikleri deney sonuçlarını kullanarak bir çökme modeli geliştirmek amacıyla çoklu regresyon analizi gerçekleştirmişlerdir. Önerilen grafikler yardımıyla, toprağın farklı yükleme koşulları altındaki çökme potansiyelinin yanı sıra çökme gözlenmeyen durumlarda olası çökmeye yol açabilecek kritik su içeriğinin belirlenmesi mümkün hale gelmiştir.

Rollins vd., (1993), yaptıkları çalışmada çakıllardaki çökme mekanizmasını incelemiş ve altı farklı bölgeden toplanan çakıllar üzerinde gerçekleştirdikleri araştırmalarla çökme

mekanizmasının gelişiminde etkili olan malzeme özelliklerini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar, çökebilir çakılların özelliklerini kurak iklim koşulları, düşük nem içeriği, alüvyon yelpazeleri, çamur akıntıları sonucu oluşan çökeller ve ince taneli çökebilir topraklara yakın konumlar olarak sıralamışlardır. Elde edilen verilere göre, çökebilir çakılların en önemli parametreleri şu şekilde özetlenmiştir: birim hacim ağırlık değerinin genellikle 18.8 kN/m^3 'ün üzerinde olduğu, bu çakılların genellikle GM (siltli çakıl) toprak sınıfında yer aldığı ve %12 ila %30 arasında ince taneli malzeme içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, çökme mekanizmasının yüksek geçirgenlik nedeniyle hızlı bir şekilde geliştiği, ancak bu durumun ince taneli çökebilir topraklarda daha az olumsuz sonuçlara yol açtığı belirlenmiştir. Arazi çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen plaka yükleme ve presiyometre deneylerinin, çökebilir çakılların çökme mekanizmasının anlaşılmasında ve açıklanmasında kritik bir öneme sahip olduğu ifade edilmiştir.

Araştırmacılar, bu tür malzemelerin, yumuşak kil ve gevşek kumdan sert kayaya kadar uzanan geniş bir yelpazede yer aldığını belirtmişlerdir. Zayıf kayaların tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinin 0.5 MPa ile 25 MPa arasında değiştiği, bu dayanım değerinin 0.5 MPa'nın altında olduğu malzemelerin "toprak", 25 MPa'nın üzerinde olduğu malzemelerin ise "sert kaya" olarak tanımlandığı ifade edilmiştir.

Yol yapımı sırasında meydana gelen bir heyelan üzerine yaptıkları çalışmada, heyelanın bir kısmının aşırı konsolide olmuş kil tabakası içerisinde geliştiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, bu tabakada çok düşük artık makaslama dayanımına sahip iki kayma yüzeyini belirlemiş ve duraysızlık mekanizmasını detaylı bir şekilde açıklamışlardır. Bu çalışma, sert topraklarla ilgili yalnızca oluşumlarına dair bilgilerin elde edilmesinin, bu malzemelerin tanımlanmasına yönelik çalışmalar için yeterli olmadığını; aynı zamanda neden olabilecekleri problemlerin de dikkate alınması ve belirli bir amaca yönelik detaylı bir şekilde değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Yılmaz vd., (1992), Adana bölgesindeki kalışlerin şev duraylılığı açısından mühendislik ve jeolojik özelliklerini incelemiştir. Çalışma bulgularına göre, karasal bir oluşum olan kalış, mineralojik ve mühendislik özellikleri bakımından farklı litolojik seviyelere ayrılan bir profil sunmaktadır. Bu profilde, üst kısımda yer alan ve zayıf kaya niteliğindeki sert kalış seviyesi ile alt kısımda bulunan ve toprak niteliğinde olan yumuşak kalış seviyesi birbirinden farklı davranışlar sergilemektedir. Şev duraylılığı ve temellerdeki zemin duraylılığının, büyük ölçüde yumuşak kalış seviyesinin özellikleri tarafından kontrol edildiği belirlenmiştir. Araştırmacının geriye dönük analiz sonuçlarına göre, yumuşak kalış

seviyesinin makaslama dayanım parametreleri, içsel sürtünme açısı $0-5^\circ$ ve kohezyon değeri 20 kPa olarak tespit edilmiştir.

Habibagahi vd., (1998), çökebilir topraklardaki hacim değişimini hiperbolik bir modelle temsil etmeyi amaçladıkları bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Araştırmalarını iki ana başlık altında toplayan araştırmacılar, ilk olarak çökme potansiyelini etkileyen faktörleri tanımlamak ve çökme mekanizmasını açıklamak amacıyla bir araştırma programı hazırlamışlardır. Ardından, çökebilir toprakların çökme davranışını tahmin etmeye yönelik kuramsal bir model geliştirmiş ve bu modeli önermişlerdir.

Houston vd., (1998), kuru haldeyken oldukça yüksek dayanıma sahip olan, ancak gerilim altında ve suya maruz kaldıklarında gözeneklilik oranında hızlı ve büyük bir azalma gösteren çökebilir toprakların çökme davranışını arazi koşullarında incelemişlerdir. Araştırmacılar, Jennings vd., (1975) tarafından önerilen çift ödometre deneyini arazi koşullarına uyarlamışlardır. Jennings vd., (1975) deneyin araziye adapte edilmiş versiyonunun, temelin üzerinde bulunduğu malzemenin çökme mekanizmasını belirlemede etkili bir yöntem olduğu sonucuna varmışlardır.

Houston vd. (1997), bu deneyi arazi koşullarına uyarlamalarının temel nedenlerini şu şekilde sıralamışlardır: örnekleme sırasındaki örselenme etkileri, laboratuvarda yapılan deneylerde örnek hazırlama sürecinde ortaya çıkan değişimler ve laboratuvar deney sonuçlarının arazi koşullarındaki çökme dayanımını gerçekçi bir şekilde yansıtmamasıdır. Araştırmacılar, topraklardaki çökme probleminin genellikle laboratuvar ve saha deneyleri ile çözülebileceğini belirtmiş ve uyguladıkları saha yönteminin hem kolay uygulanabilir hem de ekonomik bir çözüm sunduğunu vurgulamışlardır.

Kurak ve yarı kurak iklimlerin en sorunlu biriminin, farklı süreçlerle oluşabilen çökebilir topraklar olduğunu belirtmişlerdir. Çökebilir toprakların nem içeriklerinin oldukça hassas bir dengede olduğunu vurgulayan araştırmacılar, bu dengenin bozulmasıyla, yani nem içeriğinin artması ve hacimsel azalma yaşanmasıyla çökme mekanizmasının tetiklendiğine dikkat çekmişlerdir. Bu durumun jeoteknik mühendisliği açısından büyük öneme sahip olduğunu belirten araştırmacılar, çökebilir toprak alanlarının belirlenmesi ve tanımlanması, doygunluk derecesinin tahmin edilmesi, çökme potansiyelinin ve çökme oturmasının değerlendirilmesi ile uygun iyileştirme yöntemlerinin seçilmesi gibi çalışmaların önemini vurgulamışlardır. Araştırmacılar, çökebilirliğin hem laboratuvar hem de arazi koşullarında saptanabileceğini ve çökme potansiyeli ile ıslanma koşullarının aynı yöntemlerle ortaya konulabileceğini ifade etmişlerdir. Çalışmada, iyileştirme yöntemlerinin zamanlaması,

yükün kaynağı, ıslanmanın kaynağı ve maliyet gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğunun altı çizilmiştir. Bu kapsamda, iyileştirme süreçlerinin optimize edilmesi ve en uygun yöntemlerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Azam (2003), karbonatlı toprakların çökme ve sıkışma davranışlarını incelemek amacıyla bir dizi laboratuvar deneyi gerçekleştirmiştir. Araştırmada, şişme ve oturma potansiyelini belirlemek için hacim değişimi özelliklerini inceleyen ödometre deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonrasında malzemenin yapısını daha iyi anlamak amacıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri uygulanmıştır. Azam, topraktaki kimyasal değişimlerin malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerini etkilediğini belirtmiştir. Araştırmaya göre, kalsiyum iyonu (Ca^{2+}) miktarındaki artış ve sülfat iyonu (SO_4^{2-}) miktarındaki azalma, suyun malzeme içinde hareketini kolaylaştırmakta ve malzeme yapısının gevşemesine neden olmaktadır. Bu durum, çökme potansiyelini artıran bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

Dipova (2011), çalışmasında Antalya'da yüzeyleyen tufa çökellerinin çökme mekanizmasını belirlemeyi amaçlamıştır. Araştırmacı, Antalya tufa falezlerinin gerisinde yer alan yüksek yapıların temellerinde meydana gelen duraysızlık sorunlarının, bazı tufa türlerinde gözlenen çökme davranışından kaynaklandığını belirtmiştir. Bu kapsamda, tufanın indeks özellikleri ile çökme potansiyelini belirlemek amacıyla laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı, çökme potansiyelinin pratik olarak tahmin edilmesine yönelik çoklu regresyon analizleri yapmış ve çeşitli ilişkiler önermiştir. Çalışmanın sonraki aşamasında, çökme mekanizmasının geliştiği Antalya tufa çökellerinde kullanılabilecek zemin iyileştirme yöntemleri tartışılmış ve uygun yöntemler önerilmiştir.

Zorlu vd., (2004), çökebilir topraklar üzerinde yaptıkları çalışmada, yerinde gerçekleştirilen deneylerin, özellikle plaka yükleme deneyinin, sonuçlarının ölçek etkisinden ve örneklerdeki örselenmeden en az düzeyde etkilendiğini ve bu durumun yapı temellerinin tasarımında büyük önem taşıdığını belirtmiştir. Araştırmacılar, çökme potansiyeli değerlerinin laboratuvarında kullanılan deney ekipmanları ve uyarlanmış tekniklere bağlı olarak değişebileceğini ifade etmiş ve gerçeğe en yakın değerlere ulaşmak amacıyla plaka yükleme deneyinden elde edilen sonuçları temel tasarımında kullanılan parametrelerin belirlenmesinde kullanmıştır. Bu parametreleri laboratuvar ortamında, aynı su içeriği ve yükleme koşulları altında gerçekleştirilen deney sonuçlarıyla karşılaştıran araştırmacılar, plaka yükleme deneyinin çökme potansiyeli, zeminin su içeriği ve temel boyutları arasındaki ilişkileri açıklamada önemli bir araç olduğunu vurgulamıştır.

Çökebilir zeminlerin tanımlanmasının en etkili yolunun, toprak örnekleri üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte, jeolojik ve jeomorfolojik bilgilerin, çökebilir toprak birikintilerinin tahmin edilmesinde önemli bir yardımcı araç olabileceğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar, çökme potansiyelini değerlendirmek için bir toprağın kuru yoğunluğunun yanı sıra sıvı limitinin de kontrol edilmesi gerektiğini önermiştir. Ayrıca, jeoteknik ve jeoloji mühendislerinin deneyimlerine dayanarak, kurak bölgelerdeki alüvyonlu ve rüzgârla taşınmış birikintilerin belirli bir çökme potansiyeline sahip olabileceğinin gözlemlendiği ifade edilmiştir. Bu durum, çökebilir zeminlerin belirlenmesinde hem deneysel hem de sahadan elde edilen bilgilerin bir arada değerlendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

1.3. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, dünya genelinde ciddi mühendislik ve jeoteknik zorluklara neden olan ve genellikle doğal bir tehlike olarak kabul edilen çökebilir zeminlerin neden olduğu sorunları belirlemek ve bu alandaki mevcut bilgi birikimiyle uyum sağlamaktır. Daha önce Adana, Mersin, Antalya ve Konya gibi bölgelerde çökebilir zeminlerle ilgili yapılan çalışmalardan hareketle, benzer iklim ve zemin özelliklerine sahip olmasına rağmen yeterince incelenmemiş olan Urfa bölgesinde çökebilir zeminlerin varlığını araştırmak hedeflenmiştir. Çalışmada, Urfa bölgesinde çökebilir zemin olarak sınıflandırılabilir kalış oluşumlarının varlığı doğrulanarak, bu zeminlerin çökebilir özelliklerinin detaylı bir şekilde incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, çökebilir kalış zeminlerin özellikleri ve bu özelliklerin mühendislik projeleri üzerindeki potansiyel etkileri analiz edilmiştir.

1.4. Mühendislik Açısından Problemli Zeminler

Zeminler, çeşitli kayaç ve minerallerin çevresel faktörlerin etkisiyle ayrışması sonucunda; katı tanelerden ve bu tanelerin arasındaki boşlukları dolduran sıvı ve gazlardan oluşan doğal malzemelerdir. Zeminlerin mekanik özellikleri, bu fazların birbirleriyle ve gerilme, sıcaklık farkı, gibi faktörlerle etkileşimi sonucunda değişebilmektedir. Zemin terimi; çok yumuşak, organik çökellerden – killer ve kumlardan – yumuşak kayalara kadar geniş bir aralığı kapsayan ve bu nedenle çok farklı mühendislik davranışları gösterebilen

malzemeleri ifade etmektedir. Şişen zemin terimi ise, değişen su muhtevası koşulları altında, hacim değiştirme (şişme – büzülme) potansiyeline sahip olan zeminler için kullanılmaktadır.

1.4.1. Şişen Zeminler

Kuru zeminler, boşluklarındaki havanın su ile yer değiştirmesi sonucunda herhangi bir hacim değişikliği olmaksızın su alabilme özelliğine sahiptir. Bu durum, genellikle kumlu ve siltli zeminlerde gözlemlenmektedir. Buna karşın, şişme olayı, zeminin su muhtevastaki artışın etkisiyle kil tanelerinin birbirinden uzaklaşmasını ve buna bağlı olarak zeminde hacim artışı meydana gelmesini gerektirir. Bu süreç, kil mineralleri arasında oluşan itki kuvvetiyle ilişkilidir (Yong vd., 1966).

Şişme, yalnızca suyun varlığı ile zeminin hacim artışına eğilim göstermesini değil, aynı zamanda su kaybı sonrasında meydana gelen hacim azalmasını veya büzülmeyi de ifade etmektedir. Şişme olayının gerçekleşebilmesi için üç temel koşulun aynı anda sağlanması gerekmektedir. İlk olarak, su muhtevastaki artışla birlikte hacim artışı gösteren taneleri içeren bir zemin bulunmalıdır. İkinci olarak, zemin, su alma eğilimine sahip olduğu bir çevre şartında ve belirli bir gerilme durumunda olmalıdır. Bu iki koşul sağlandığında, potansiyel olarak şişen bir zemin mevcut kabul edilir. Üçüncü olarak, zeminin su alma ihtiyacını karşılayacak miktarda suyun ortamda bulunması gerekir. Kurak ve yarı kurak bölgelerde, birçok zeminin doğal su muhtevası, şişme potansiyelinin ortaya çıkabileceği su muhtevası aralığındadır. Bu tür bölgelerde, şişen zeminlerin varlığı durumunda, nem değişiklikleri zeminin hacim değişikliklerini beraberinde getirir. Özellikle yağış ve nemde büyük mevsimsel değişimlerin yaşandığı bu bölgelerde, şişen zeminler üzerine inşa edilen yapılarda ciddi yapısal hasarlar meydana gelebilir.

Bu tür hasarlar genellikle, zeminin farklı bölgelerde farklı oranlarda şişmesi veya büzülmesi nedeniyle oluşan düzensiz zemin deformasyonlarından kaynaklanmaktadır. Bu durum, özellikle az katlı binalar, karayolu ve havaalanı kaplamaları gibi hafif yapılarda önemli sorunlara yol açmaktadır. Ayrıca, su, kanalizasyon ve doğal gaz şebekelerini içeren yer altı boru hatları, sulama kanalları, istinat yapıları gibi çeşitli mühendislik yapılarında da ciddi hasarlar meydana gelebilmektedir. Şişen zemin problemleri ve bu zeminlerin neden olduğu yapısal hasarlar hakkında farklı ülkelerde birçok çalışma yapılmış ve yayınlanmıştır. Bu çalışmalarda ortak bir görüş olarak, şişen zemin probleminin dünya genelinde her yıl milyarlarca dolarlık ekonomik kayıplara yol açtığı ifade edilmektedir. Şişme nedeniyle

oluşan hasarın, deprem, tayfun ve taşkın gibi doğal afetlerin neden olduğu hasarlardan daha büyük boyutlarda olduğu belirtilmiştir. Bu ciddi ekonomik kayıplara rağmen, şişen zeminlerin davranışı ve zemin-yapı etkileşimi, projelendirme ve uygulama aşamalarında genellikle yeterince dikkate alınmamaktadır. Öte yandan, tehlikeli ve nükleer atık sahalarında kirleticilerin taşınmasını veya su akışını engellemek için kullanılan bentonitin şişme davranışı, şişmenin bir avantaj haline dönüştüğü bir durum olarak değerlendirilebilir (Gajo vd., 2003).

Şişme, litoloji, kil yüzdesi, kilin mineralojik bileşimi ve bu minerallerin zemindeki dizilim veya yönelimine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Ayrıca, değişebilir katyonların bileşimi, karbonat oranı, su muhtevası, strüktür ve mikrostrüktür özellikleri, suyun kimyasal bileşimi ve kil taneleri arasındaki çimentolanma bağları gibi birçok faktör de şişme davranışını etkiler. Hiçbir tek özellik, tüm zeminlerin şişme ve büzülme davranışlarını tam olarak tahmin etmek için yeterli değildir; bu nedenle, fiziksel, kimyasal ve mineralojik zemin özelliklerinin bir arada değerlendirilmesi gereklidir (Thomas, 1998). Şişme potansiyelinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi, şişme nedeniyle oluşabilecek hasarların önlenmesi amacıyla uygun tasarım kriterlerinin veya zemin iyileştirme yöntemlerinin belirlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, şişme potansiyelinin doğru değerlendirilmesi, mühendislik projelerinde güvenli ve ekonomik çözümler geliştirilmesi için temel bir aşamadır.

1.4.2. Çökebilen Zeminler

Çökme, belirli yükleme ve/veya ıslanma koşullarında, bir zemin yapısının toplam hacminde ani bir azalma mekanizması olarak tanımlanır. Bu tür zeminler, yerinde önemli bir hacim değişikliği olmadan yüksek dikey yükleri taşıyabilme kapasitesine sahipken, ıslatıldıklarında hızla ve büyük bir hacim kaybına uğrarlar. Boşluk oranındaki bu ani azalma, konsolidasyon sürecinde olduğu gibi zamana bağlı boşluk suyunun dışarı atılması sonucu değil, zeminin nem alımıyla doğrudan gerçekleşir. Bu tür bir hacim azalmasının meydana gelmesi için ek bir yük uygulanmasına gerek yoktur. Çökebilir toprakların çökme potansiyelini etkileyen faktörler arasında başlangıçtaki nem içeriği, başlangıç kuru yoğunluğu, toprak bileşimi ve çevre basıncı yer almaktadır (Cerato vd., 2009).

Çökebilir zeminler, ana kayaçların ayrışması sonucu oluşan artık topraklar olarak tanımlanmaktadır. Ayrışma süreci, geniş bir parçacık boyutu dağılımına sahip toprakların

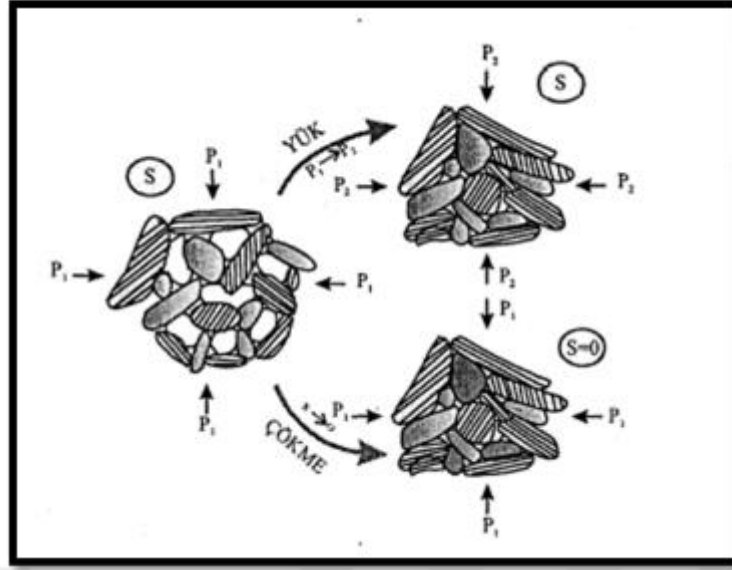
oluşumuna yol açar. Bu süreçte, çözünür ve koloidal malzemelerin süzülmesi, zeminde yüksek boşluk oranına ve düşük kuru birim ağırlığa sahip gevşek petek tipi bir yapı oluşumuna neden olur. Doğal olarak meydana gelen çökebilir toprakların büyük bir kısmı, rüzgarla taşınmış kumlar, lösler, rüzgarlı kumsallar ve volkanik toz birikintileri gibi siltlerden oluşmaktadır (Jotisankasa, 2006).

Noutash vd., (2010), çökebilir zeminlerin en yaygın özelliklerini tanımlayarak, bu özelliklerin çökebilir toprakların nedenlerini anlamaya yardımcı olabileceğini belirtmişlerdir. Çökebilir zeminlerin karakteristik özellikleri arasında gevşek ve çimentolu tortular, doğal olarak oldukça kuru bir yapıya sahip olmaları, açık yapılı bir zemin dokusu, yüksek boşluk oranı, düşük kuru yoğunluk, yüksek gözeneklilik ve jeolojik olarak genç, yakın dönemde oluşmuş veya değiştirilmiş tortular bulunur. Ayrıca, bu tür zeminler yüksek hassasiyete sahip olup düşük parçacıklar arası bağ gücü ile karakterize edilmektedir. Bu özellikler, çökebilir zeminlerin davranışlarının ve mühendislik problemlerine neden olma potansiyelinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

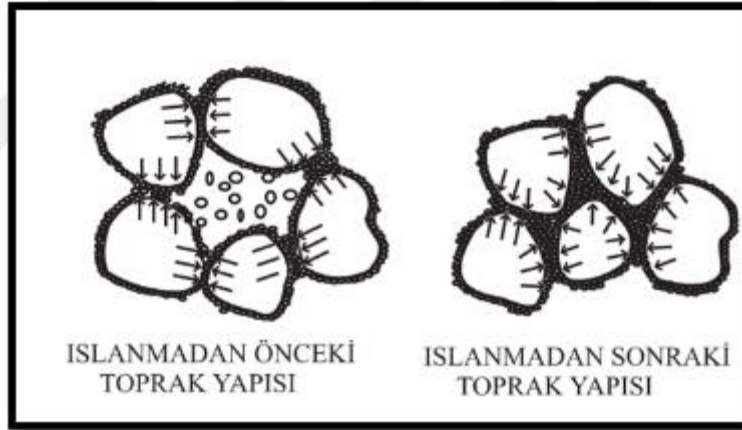
1.5. Zeminlerde Çökme Mekanizmasının Dinamikleri

Çökebilir topraklar, sabit gerilim altında doymuş duruma geçtiklerinde büyük hacimsel değişim (hacim azalması) göstermeleriyle karakterize edilir. Bu tür malzemeler, kuru durumda yüksek dayanım sergilemekle birlikte, düşük yoğunluklu ve gözenekli bir yapıya sahiptir. Islanmaları durumunda dayanımlarını kaybetme eğilimi gösterirler.

İç yapı çökmesi, parçacıklar arasındaki gerilimin, köprülenme ile sağlanan bağ dayanımını aştığı durumlarda meydana gelir. Bu mekanizma, yük artışı (Şekil 2), ıslanma (Şekil 3) veya her iki faktörün bir arada etkisiyle oluşabilir. Yük artışı ya da gerilimdeki artış, genellikle uzun zaman boyunca biriken gerilimlerden kaynaklanır. Bununla birlikte, depremlerin neden olduğu dinamik gerilimler ve inşaat faaliyetlerinden kaynaklanan gerilim artışları da bu duruma neden olabilir. Islanma, zeminin doymuşluk derecesinin artışı olarak tanımlanır. Gözenek suyu basıncının artışı ise, depremlerin neden olduğu dinamik gerilimler ve kapilarite etkisiyle ilişkilendirilmiştir. Bu süreçler, çökebilir toprakların davranışlarını etkileyen temel faktörler arasında yer almaktadır.



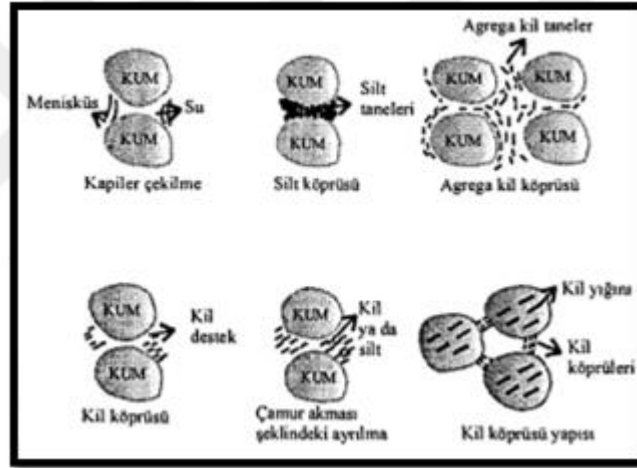
Şekil 2. Yük artışı ile oluşan çökme deformasyonunun mikroyapısal görünümü (Rogers, 1995)



Şekil 3. Islanma ile oluşan çökme mekanizması (Casagrande, 1932)

Çökebilir toprakların tanımlanabilmesi için bazı temel özelliklerin belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu özellikler arasında yüksek boşluk oranı ve gözeneklilik, düşük kuru yoğunluk, jeolojik olarak genç veya güncel bozunmuş çökeller ve açık yapı yer almaktadır. Bu dört özellik, taneler arasındaki yeniden düzenlenmeyi, hacimsel azalmayı ve sıvı dolaşımını kolaylaştırıcı unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Malzemenin jeolojik olarak genç olması ya da yakın dönemde bozunmaya maruz kalması, doğal süreçlerle çökme meydana gelme olasılığını artırmaktadır. Parçacıkların şekli, gevşek paketlenmiş veya istiflenmiş bir yapının oluşmasında önemli bir rol oynamaktadır. Parçacıklar arası kuvvetler ve tanelerin

daha küçük parçacıklarla dolma veya dolmama durumu, çökme mekanizmasını tetikleyici etkenler olarak kabul edilmektedir. Çökebilir toprakların tipik tane boyutu genellikle silt ve ince kum aralığında bulunurken, bağlayıcı malzemenin boyutu değişkenlik göstermektedir. Bu bağlayıcı malzeme, kil, silt ve çamur tane boyutunda olabileceği gibi, kil köprü yapılarında da görülebilmektedir. Şekil 3'te gösterildiği üzere, çökme mekanizmasını kontrol eden belirleyici faktörlerden biri malzemenin boyutudur. Diğer bir ifadeyle, çökme davranışında toprağın veya ana kayanın türü doğrudan belirleyici değildir. Bu doğal malzemelere ek olarak, dolgular ve optimum nem içeriğinde sıkıştırılmış taneli malzemeler ile yol agregaları da çökme potansiyeline sahip malzemeler arasında yer almaktadır. Bu durum (Şekil 4), doğal ve yapay malzemelerin çökme mekanizmalarının değerlendirilmesinde bütüncül bir yaklaşımın gerekliliğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4. Çökebilir topraklardaki bağlayıcı malzemelere ve dokulara örnekler (Rogers, 1995)

1.5.1. Çökme Davranışını Etkileyen Faktörler

Bölgesel ölçekte çökme duyarlılığını belirlemeye yönelik standart veya tek bir jeolojik kriter bulunmamaktadır. Zemin çökme potansiyelinin belirlenmesine ilişkin çok sayıda çalışma olmasına rağmen, bu potansiyele katkıda bulunan tüm faktörleri doğrudan ele alan referanslar nadirdir. Pereira vd., (2000), bir zeminde çökme meydana gelmesi için beş temel faktör olduğunu belirtmiştir. Bu faktörler, açık ve kısmen kararsız bir doymamış dokuya sahip bir zemin yapısı; yapının stabilitesini koruyabilecek düzeyde net toplam gerilme; doymamış zemini stabilize eden bir bağlayıcı veya çimentolama maddesi; zeminin suya

doyurulmasıyla bu bağlayıcı ya da çimentolama maddesinin zayıflaması ve bu süreçlerin sonucunda agregalar arası veya taneler arası temasların kaybedilerek toplam zemin kütlesinde hacim azalması şeklinde açıklanmıştır.

Rollins vd., (1991), çökebilir zeminlerin oluşumuna katkıda bulunan jeolojik saha koşullarını detaylı bir şekilde açıklamıştır. Buna göre, bu tür zeminlerin oluşumunda kurak veya yarı kurak iklim koşulları, kil içeren tortul kayalardan oluşan drenaj havzaları, az miktarda bitki örtüsüne sahip nispeten küçük drenaj alanları, sedimanter havzalarda yüksek oranda alüvyal malzeme birikimi ve tipik olarak siltli kumlar, kumlu siltler ile düşük plastisiteli killer gibi zemin türleri önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, bir alüvyon yelpazesi içinde çamur akışıyla çökme ortamı oluşumu ve yeraltı suyu tablasının büyük bir derinlikte bulunması da bu süreçlere katkıda bulunan diğer önemli faktörlerdir.

Momeni vd., (2012), çökme zemin faktörlerini üç ana kategori altında sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırmaya göre, jeolojik faktörler arasında zeminin yaşı, tortu türü ve toplam çözünmüş katı miktarı yer almaktadır. Jeoteknik faktörler ise malzeme tipi (ince veya iri taneli) ve doygunluk derecesi gibi özellikleri içermektedir. Çevresel faktörler ise iklim koşulları ve bitki örtüsü gibi unsurlardan oluşmaktadır. Bu kategoriler, çökme zeminlerin oluşumunda etkili olan temel etmenleri kapsamlı bir şekilde açıklamaktadır.

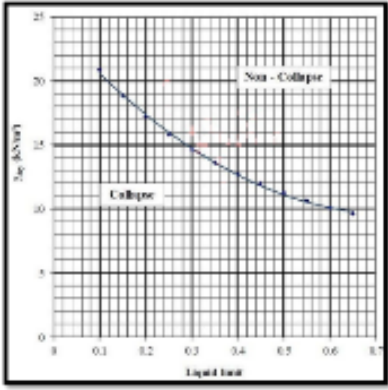
1.5.2. Çökme Potansiyelinin Analizi ve Yenilikçi Sınıflandırma Yaklaşımları

Zemin yapısının çökme davranışı, stabilite ve deformasyon süreçlerinin bir kombinasyonu ile şekillenir. Çöken zeminlerin çökme mekanizması iki seviyede analiz edilir. Birinci seviye: Islanma, yükleme, sünme ve boşluk suyu basıncı gibi faktörleri içerirken; ikinci seviye, tane kırılması, sınır çözünmesi, yumuşama-sertleşme ve doku geçişi gibi mekanizmaları kapsar. Çökme iki şekilde ortaya çıkar: Yerel çökme, zayıf zemin bölgeleriyle sınırlı olup daha küçük ölçeklidir; tam çökme ise sistemin tamamen başarısız olmasına yol açar ve yapının tamamen yeniden inşası olmadan dengelenemez. Zemin çökme davranışı üzerinde doğrudan etkili olan faktörler arasında başlangıç boşluk oranı (e_0), başlangıç nem içeriği (W), ıslatma basıncı, çimentolama türü ve derecesi, başlangıç emme, uygulanan dikey stres ve yük süresi yer alır. Tüm zemin türlerinde, matris emmesindeki azalma sonucu su içeriğindeki artışın çökme potansiyelini artırdığını göstermiştir. Mahmood (2018), ilk doygunluk derecesinin doymamış zeminlerin çökme davranışını belirleyen en önemli etkenlerden biri olduğunu ve zeminin yoğunluğundaki artışla çökme potansiyelinin

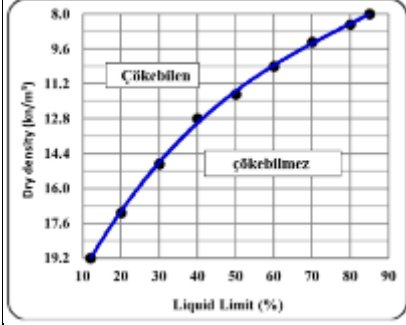
azaldığını ifade etmiştir. Schanz vd., (2018), çökme potansiyelinin, zemin ıslanmaya ve yüklemeye maruz kaldığında zemin parçacıkları arasındaki çimentonun yok edilmesiyle ilişkilendirildiğini belirtmiştir. Lamyaa vd., (2013) ise siltli kum oranındaki artışın maksimum çökme potansiyeli değerini azalttığını ortaya koymuştur.

Farklı yöntemler, aynı zemini çökebilirlik açısından farklı kategorilere yerleştirebilmektedir. Bazı yöntemler zemini “çökebilir” olarak değerlendirirken, diğer yöntemler aynı zemini “çökmez” veya “geçiş bölgesi” olarak sınıflandırmaktadır. Bu değerlendirmelere ilişkin sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Çökme değerlendirmeleri

Referans	Hesaplama	Değerlendirme	
		Çökme derecesi	Çökebilirlik Endeksi
Jennings and Knight (1975)	$C_p = \frac{\Delta e}{1 + e_o} * 100$	yok	0-1
		Orta	1-5
		Yüksek	5-10
		Çok yüksek	10-20
		aşırı	>20
ASTM D5333-03	$C_p = \frac{\Delta e}{1 + e_o} * 100$	Çökme derecesi	Çökebilirlik Endeksi
		yok	0
		zayıf	0.1-2.0
		Orta	2.1-6.0
		yüksek	6.1-10
		aşırı	>10
Clevenger (1958)	$12,6 \text{ kN/m}^3 > \gamma > 14 \text{ kN/m}^3$	12,6 kN/m ³ =Büyük yerleşim 14 kN /m ³ =Küçük yerleşim	
Das (2015)		Çizgi altında çökebilir Çizgi üstünde çökmez	

Tablo 1'in devamı

Referans	Hesaplama	Değerlendirme
After Gibbs and Bara, 1962		Çizgi altında çökemez Çizgi üstünde çökebilir

1.5.3. Zemin Çökmelerini Önleme Yöntemleri

Zemin çökmesini önlemek için kullanılan en basit yöntemlerden biri toprak değişimi tekniğidir. Bu yöntem, çökebilir zeminin gerekli derinliğe kadar kazılarak çıkarılması ve uygun bir malzeme ile değiştirilmesini içerir. Çıkarılan zemin, sıkıştırılarak temel malzemesi olarak yeniden kullanılabilir. Özellikle sığ derinliklerde çökebilir zemin bulunduğu yaygın olarak kullanılan bu yöntemde, değiştirilen zeminin %95-100 yoğunlukta sıkıştırılması gerekmektedir (Anayev vd., 1986). Bu gereklilik, AASHTO direktiflerinde açıkça belirtilmiştir.

Bir diğer yöntem olan ön ıslatma, yapı inşa edilmeden önce zeminin su ile doymun hale getirilmesi anlamına gelir. Bu işlem, zemin doymun hale geldiğinde beklenen çökme miktarının yapı inşa edildikten sonra en aza indirilmesini sağlar (Houston vd., 1997). Zemin, göletler, hendekler veya sondaj kuyuları aracılığıyla ıslatılabilir.

Kontrollü ıslatma, ön ıslatma yöntemine benzer bir şekilde uygulanır ancak bu işlem, yapı tamamlandıktan sonra gerçekleştirilir. Bu yöntemde, su miktarı dikkatlice ölçülmeli ve kademeli olarak uygulanmalıdır. Ayrıca, bu teknik, farklı oturma nedeniyle hasarlı yapıların düzeltme işlemlerinde de kullanılabilir. Eğimi düzeltmek amacıyla eklenen suyun miktarı ve uygulanma şekli dikkatle izlenmelidir (Bally vd., 1980).

Bir diğer önemli yöntem olan nem kontrolü, zemine su girişini önlemeye yönelik tedbirlerin alınmasını içerir. Bu yöntem kapsamında alınabilecek önlemler şunlardır: sulama sistemlerinin kontrol altına alınması, yeşil alanların su geçirmez ekici kutularla sınırlandırılması, yapıya bitişik peyzaj bitki örtüsünün sınırlandırılması, etkili yüzey ve

gömülü drenaj sistemlerinin kurulması ve bina kullanıcılarının çökebilir zemin sorunları hakkında bilgilendirilmesi.

Zemin çökmesini en aza indirmenin en etkili ve pratik yöntemlerinden biri sıkıştırma kontrolüdür. Sıkıştırma yöntemi hem sıgı hem de derin çökebilir zeminler üzerinde başarıyla uygulanabilir. Rollins vd., (1994), bu yöntemin üç temel faydasını vurgulamıştır: çökebilir zemin miktarını önemli stres bölgelerinde azaltmak, çökebilir zeminlere ulaşmadan önce suyun süzülmesi gereken derinliği artırmak ve çökebilir zeminin maruz kaldığı indüklenen stresi azaltmak. Bu etkiler, zeminin mühendislik performansını ve özelliklerini önemli ölçüde iyileştirir.

Son olarak, kimyasal stabilizasyon veya çimentolama, zeminin çökmeye karşı direncini artırmak için kullanılan bir diğer etkili yöntemdir. Sodyum silikat ve kalsiyum klorür gibi katkı maddeleri ile zemin yapısında sementasyon geliştirilerek zeminin suya karşı direnç göstermesi sağlanır. Kimyasal çözeltilerin zeminin istenilen derinliklerine nüfuz etmesi, yöntemin başarısı için kritik öneme sahiptir. Bu yöntem özellikle ince kum birikintilerine uygulanabilir ve bir yapı tamamlandıktan sonra bile kullanılabilir. Houston (1997), çimentolamanın zemini iyileştirdiğini ve çökme potansiyelini azalttığını ifade etmiştir.

$$\chi_h^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (1)$$

1.6. Kalişler

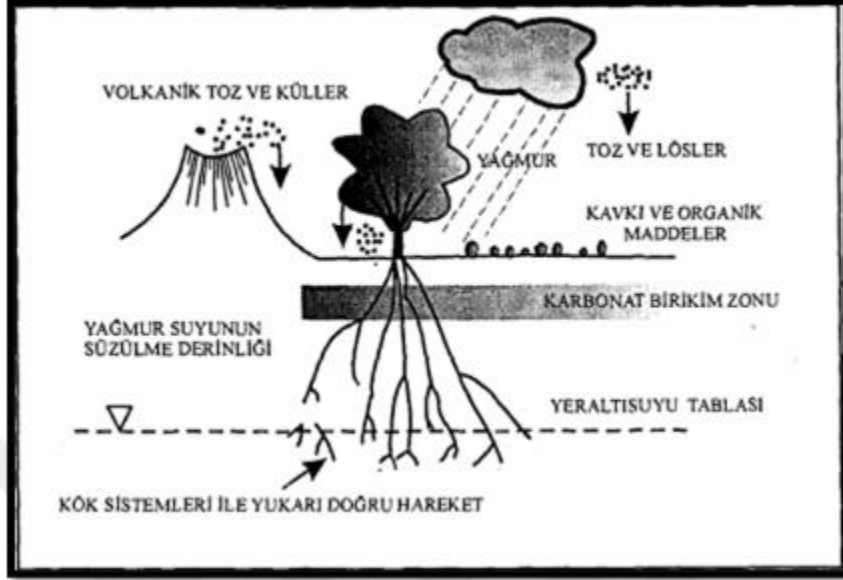
Kaliş, birçok araştırmacı tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. Karmaşık kalsiyum karbonat çökelleri olarak tanımlanmıştır. Kaliş, toprak seviyeleri içerisinde çimentolanma ile oluşan sert birimler grubunda incelemiştir. Çimentolanma süreci, demir veya alüminyum oksitlerin, ikincil silikanın ya da karbonatların çökmesiyle meydana gelir. Bu oluşumlar, bozulan ana kayanın içerisinde veya yüzeyinde, pizolit, yumru, kabuk ya da blok gibi farklı kütleler halinde bulunabilir. Kaliş, genellikle doymun olmayan bölgelerdeki toprak profili içerisinde gelişir. Doymun bölgelerde ise yeraltı suyunun çevrimine bağlı olarak çözelti içinde taşınan minerallerin çökmesiyle meydana gelir. En iyi bilinen sert kabuk türleri arasında demir kabuk, silis kabuk ve kaliş yer almaktadır.

Goudie vd., (1983), kalişi, kalsiyum karbonatın baskın olduğu, dikey olarak zonlanma gösteren ve yatay ya da yataya yakın konumlarda bulunan karasal bir oluşum olarak tanımlamıştır. Bu oluşum, gevşek durumdan oldukça taşlaşmış durumlara kadar farklı geçişler sergiler. Genellikle doygun olmayan bölgelerde meydana gelen kaliş, toprak, kaya ve bozunmuş malzemelerin yer değiştirmesini içermektedir. Boyut olarak toz taneciklerinden yumru boyutlarına kadar değişiklik gösterebilir. Bu tanım, mağara çökellerini, kaynak çökellerini, denizel çökelleri ve gölsel karbonat çökellerini kapsamamaktadır. Ayrıca, basit karbonat çimentolanması gösteren rüzgar çökelleri de kaliş olarak sınıflandırılmamaktadır. Bunun nedeni, kaliş dokusunun, basit çimentolanmada görülen tane destekli kaba kristalli dokudan oldukça farklı olmasıdır. Kalişlerin büyük bir kısmı ince kristalli bir yapıya sahiptir. Olgunlaşmış kalişler, genellikle ikincil matriks veya mikrosparit içermektedir (Wright vd., 1991).

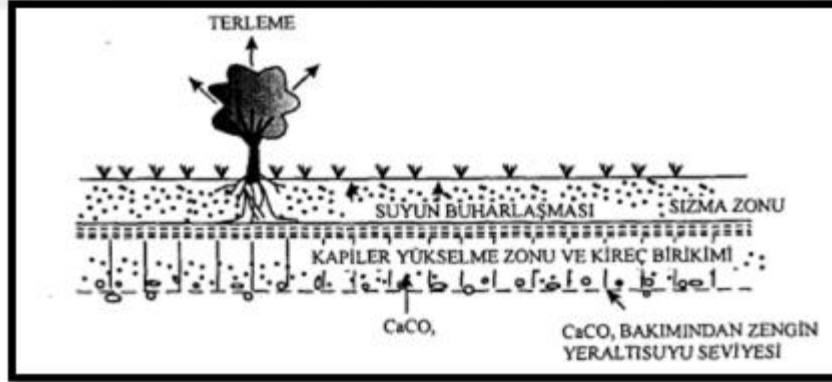
Kalişler yalnızca toprak profilleri içinde oluşmaz. Doygun olmayan bölgelerde, toprak oluşumunun alt katmanlarında veya kapiler saçak bölgesinde gelişebilir. Ayrıca, doygun bölgelerde de kaliş oluşumu mümkündür. Ancak, önemli ve yaygın kalişlerin büyük bir kısmı toprak profilleri içinde meydana gelmiştir (Wright vd., 1991).

Kaliş oluşumunda kalsiyum karbonatın (CaCO_3) kaynağı oldukça çeşitlidir (Goudie, 1983). Bu kaynaklar arasında yağmur suyu, deniz püskürtmesi, yüzey akış suyu, yeraltı suyu, rüzgar tozu, biyoklastik materyaller (örneğin karasal gastropodlar), bitki kökenli organik maddeler ve kayaçlar bulunmaktadır. Pedojenik kökenli kaliş (kalkrit) oluşumunda CaCO_3 'ün ana kaynağını rüzgar tozları oluşturmaktadır (Machette, 1985). Rüzgarla taşınan kalsiyum açısından zengin tozlar, toprak yüzeyinde birikir ve yağmur suları tarafından çözülerek kalsiyum iyonlarını içeren çözeltiler haline gelir. Bu çözeltiler, toprak içine doğru süzülerek genellikle mevsimsel nemlenme derinliğinde çökeler. Kaliş oluşumunu açıklayan mekanizmalardan biri, çözünmüş CaCO_3 'ün aşağı doğru taşınması ve toprak içinde çökmesiyle gerçekleşen sızma modeli (pedojenik kaliş modeli) olarak adlandırılır (Goudie, 1983; Şekil 5). Bu modelde, yağmur suyu ve yüzey akışının taşıdığı kalsiyum iyonları, toprak profilinin belirli bir derinliğinde çökerek kaliş oluşumuna yol açar. Bir diğer önemli mekanizma ise yeraltı suyu kapiler yükselim modelidir (per ascensum modeli). Bu model, kalsiyumun ana kaynağını yeraltı suyu olarak kabul eder ve buharlaşma ile kalsiyum karbonatın çökmesiyle kaliş oluşumunu açıklar. Yeraltı suyu, kapiler etki ile yukarı doğru taşınır ve bu süreç sırasında suyun buharlaşmasıyla CaCO_3 çökeler (Goudie, 1983; Semeniuk

ve Meagher, 1981; Şekil 6). Her iki model de kaliş oluşumunun farklı çevresel ve jeolojik koşullara bağlı olarak gerçekleşebileceğini göstermektedir.



Şekil 5. Kaliş oluşum modeli ve sızma modeli (Goudie, 1983)



Şekil 6. Kaliş oluşum modelleri ve kapiler yükselme modeli (Goudie, 1983)

1.6.1. Yeraltı Suyu Kalişleri

Yüzeysel kaliş oluşumları, genellikle nemli ve sıcak iklim bölgelerinde meydana gelir. Bu oluşum, toprak içerisindeki kireç oranı yüksek yeraltı suyunun, kapiler çatlaklar ve boşluklar boyunca yüzeye doğru yükselmesi ve yüzeye yakın bölgelerde suyun buharlaşmasıyla kirecin çökmesi sonucu oluşur. Böyle bir süreç, yıl boyunca veya yıllar arasında yağışlı ve güneşli dönemlerin birbirini takip ettiği iklim koşullarını gerektirir.

Toprak içindeki kireç çökmesi, suyun kapiler hareket hızına da bağlıdır. Gözenek yapısı geniş olan, örneğin iri taneli kumtaşı ve konglomera gibi kayalarda, su daha hızlı ve rahat hareket ettiği için genellikle kireç çökmesi gözlenmez. Ancak, derinlerden yüzeye kadar duraklamadan yükselen suyun, yüzeye ulaştığında buharlaşmaya başlaması, ilk kireç çökelmelerinin gerçekleşmesine neden olur. Bu çökme, yüzeyde oluşan ve kalış oluşumunun ilk evresini temsil eden nispeten ince bir tabaka şeklindedir.

Yumru kalış oluşumu, derinlerdeki geçirimli kayaların içinde bulunan ince taneli kum ve kil mercikleri ya da katmanlarının etkisiyle meydana gelir. Bu tür ince taneli kayalarda, kılcal boşluklar nedeniyle yeraltı suyunun yükselme hızı azalır ve bu durum, yumrular halinde ilk kireç birikimlerinin oluşmasına yol açar. Yeraltı suyu, yukarı doğru hareketine devam ederek bu ince taneli boşlukları aştığında ve daha üstteki daha geniş gözenekli kayaç bölgesine ulaştığında, kapiler yükselme hızı artar. Ancak, bu hız artışıyla birlikte kireç birikim miktarı azalır. Hız yeterince yüksek olduğunda ise kireç birikimi tamamen ortadan kalkar. Bu durum, ince taneli ve killi kayalardaki çökmenin, üstte bulunan çakıllı kayalarda kaybolmasına neden olur. Başka bir ifadeyle, topraktaki ince taneli ve gözenekli mercikler ya da katmanlar, kireç için adeta bir süzgeç görevi görerek çökelmelerin oluşmasını sağlar. Bu süreçte, başlangıçta küçük yumrular şeklinde meydana gelen çökeller, zamanla üzerlerine yeni birikimlerin eklenmesiyle giderek büyür ve daha belirgin hale gelir.

Çakıl kalışı, ince ve orta taneli, gözenekli bir toprak içerisinde yer alan iri çakıllar veya taş parçalarının, suyun yukarı doğru hareketini engellemesi veya yavaşlatması sonucu oluşur. Bu süreçte, çakılın alt yüzeyinde kireç birikintileri meydana gelir. Benzer bir şekilde, toprak yüzeyine serpilmiş çakılların alt yüzeyinde de aynı olay gerçekleşir. Kireç birikimi, kılcal boruların uçlarında daha yoğun bir şekilde görülür ve bu durum, toprak içerisine doğru uzanan kireç çıkıntılarının oluşmasına neden olur. Bu çıkıntılar genellikle birkaç santimetre uzunluğunda olup sarkıt biçiminde bir görünüm sergiler. Bir çakıl incelendiğinde, üst yüzeyinin düzgün ve yuvarlak bir yapıya sahip olduğu, alt yüzeyinin ise konik şekilli kireç çıkıntıları nedeniyle balık dişini andıran bir görünüm kazandığı gözlemlenir. Bu özellik, çakıl kalışının tipik morfolojik özelliklerinden biri olarak dikkat çeker.

Sütun kalış, toprakta bulunan kapiler çatlakların dikey yönde birbirine paralel olarak uzandığı durumlarda meydana gelir. Bu tür çatlaklarda, kireçli su bu yolları tercih ederek hareket eder veya zamanla kendine bu doğrultuda bir yol açar. Çatlaklar boyunca, buharlaşmanın etkisinin başladığı bir derinlikten itibaren ilk olarak küçük yumru kalışlar oluşur. Zamanla, bu yumrular yukarı doğru büyüyerek birleşir ve dikey yumru dizileri

oluşturur. Daha ileri aşamalarda ise bu dizilerin birleşmesiyle sütun şeklinde kalış yapıları ortaya çıkar. Bu oluşumlar, toprak içinde gelişmiş sarkıtlara benzetilebilir. Ancak bu süreçte, kireci taşıyan suyun hareket yönü aşağıdan yukarıya doğrudur. Bu durum, mağaralarda oluşan klasik sarkıtların oluşum sürecinden farklıdır; çünkü mağara sarkıtlarında, su yukarıdan aşağıya doğru damlayarak sarkıtların meydana gelmesine neden olur. Bu farklılık, sütun kalışın karakteristik oluşum mekanizmasını ve yeraltı suyu hareketinin rolünü vurgulamaktadır.

Yukarıda açıklanan dört yeraltı suyu kaynaklı kalış tipi, aslında birbirini tamamlayan bir oluşum sürecinin farklı evrelerini temsil etmektedir. Bu süreç, toprak içerisinde yumru kalışların oluşumu ile başlar. Aynı zamanda, toprak yüzeyinde yüzeysel bir kalış katmanı da oluşmaya başlamaktadır. Zamanla, toprak içerisindeki yumru kalışlar sütun kalışlara dönüşür. Bu sütun kalışlar, yüzeye doğru kalınlaşarak ilerler ve yüzeye yakın bölgelerde birbirleriyle birleşir. Aynı zamanda, yüzeysel kalışla de bütünleşerek yüzeyde daha kalın ve sürekli bir kireç tabakasının oluşumuna katkıda bulunur. Bu süreç, sonunda sert kalış tabakasının oluşumuna doğru ilerler ve kalış yapısının tamamlanmasını sağlar.

Sert kalış, kalış oluşum sürecinin son evresinde meydana gelir. Uzun süreli kalışlaşma sonucunda, farklı kalış tiplerinin kaynaşmasıyla toprak içinde kalınlaşan, yüzeyin hemen altında 3-4 metre derinliğe ulaşabilen, oldukça sert ve yoğun bir katman oluşur. Bu kalın ve yoğun kalış tabakası, topraktaki kapiler su hareketini büyük ölçüde engellediği için kalışlaşma sürecinin fiilen sona erdiği kabul edilir. Bu süreç sonucunda, toprak yüzeyi, yeraltı suyunun buharlaşma yoluyla kaybını önleyen bir kabukla kaplanmış olur. Sert kalış kabuğu, çevresel koşullarda önemli bir değişiklik olmadığı sürece şeklini korur ve uzun süre kalıcı bir yer şekli sistemi oluşturur.

Yeraltı suyu kalışları genellikle geçirimli bir zeminde, toprak derinliklerinden kaynaklanan ve dikey yönlü kapiler yükselme gösteren sulara bağlı olarak oluşurken, katman kalışlar daha farklı süreçlerle meydana gelir. Yüzey altı kısmı kısmen geçirimli kum ve çakıllardan oluşan, ancak derinlerde bir kil katmanını barındıran alüvyal arazilerde, yağmur suları yağışı izleyen dönemde topraktaki kireci eriterek derinlere sızar. Ancak, su kil katmanına ulaştığında bu hareket engellenir. Yağmur sona erip yüzeyde buharlaşma başladığında, su yüzeye doğru kapiler hareketle yükselir ve içerdiği kireç, kilin süzgeç etkisi altında çökelerek kil katmanının üst yüzeyinde bir kalış katmanı oluşturur. Bu tür kalışta, yumru ya da sütun görüntüsü bulunmaz ve kalış yukarıya doğru, iri gözenekli kayalar içerisinde devam etmez. Yağmur kaynaklı kalış katmanı, yeraltı suyu kalışlarında olduğu

gibi kil katmanının alt yüzeyinde değil, daha çok üst yüzeyinde birikir. Ayrıca, bu kalışın ve kil katmanının altında ya da üstünde başka bir kalış tabakası bulunmaz. Bir başka ifadeyle, yeraltı suyu kalışları dikey yönde gelişirken, yağmur kalışları yatay yönde gelişmiş yapılardır. Yağmur kalışı katmanları, genellikle toprak içinde 20-30 cm kalınlığında bir tabaka oluşturur ve yüzeye yakın, az derinlikte bulunur.

İnce katmanlı kalışlar, yüzeyi killi bir zeminden oluşan alanlarda yağmur sularının derinlere sızmadığı durumlarda meydana gelir. Bu tür bölgelerde, yağmurlu mevsimlerde kireçli sular, bataklık ya da sığ su birikintileri şeklinde yüzeyde birikir. Yağışsız ve sıcak dönemlerde, bu suların yüzeyden buharlaşmasıyla kireç konsantrasyonu artar. Zamanla, suyun tabanında ince katmanlar (laminalar) halinde kalış birikimi oluşur. Süreç devam ettikçe, bu ince katmanlar kalınlaşır ve gölsel bir depo görünümüne kavuşur. Bu tür kalışların varlığı, bazı araştırmacıların kalış oluşumunun gölsel çökeltme süreçleriyle meydana geldiğini öne sürmesine neden olmuştur. Ancak bu tip kalışlar, genel kalış oluşum süreçlerinin yalnızca belirli bir türünü temsil etmektedir.

Kalışların oluşum süreci, niteliklerine ve zaman içinde değişen ortam koşullarına bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Gaziantep Formasyonu, Eosen yaşlı kireçtaşı birimi ile karakterize edilir ve bu birim, Kuvaterner yaşlı alüvyon biriminin altında yer almaktadır. Alınan karot numunelerine göre, formasyonun tabanında gri, beyaz, krem ve pembe renklerde som ve kalın tabakalı masif kireçtaşları bulunmaktadır. Bu kireçtaşları, yatay veya yataya yakın bir duruş sergilemekte olup bol kırık ve çatlak içerir. Aynı zamanda, kireçtaşları içerisinde yaygın erime boşlukları gözlenmiştir. Bu özellikler, kireçtaşı biriminin yapısal ve litolojik özelliklerini belirgin şekilde ortaya koymaktadır.

1.6.2. Türkiye'de Kalış Oluşumlarının Coğrafi Dağılımı

Kalış, dünyanın kurak bölgelerinde oldukça yaygın olup çevrenin önemli bir bileşenini oluşturmaktadır (Goudie vd., 1983). Yeryüzünde yaklaşık 20 milyon kilometrekarelik bir alanı kaplamakta ve bu değer yeryüzünün toplam yüzeyinin %13'üne denk gelmektedir (Yaalon, 1988). Kalış oluşumu için nem sınırı bölgeden bölgeye değişiklik göstermekle birlikte, genellikle yıllık yağış miktarının 400-600 mm arasında olduğu alanlarda görülmektedir. Ancak, kireçtaşlarının yerinde bozunması ile oluşan sertleşmiş kalış türü, yıllık yağış miktarının 1000-1500 mm olduğu bölgelerde de oluşabilmektedir. Çok kurak bölgelerde ise evaporitler ve jips kabuklar (gypcrete) daha yaygındır. Bu bağlamda, iklim,

yerel ölçekteki faktörlerden daha belirleyici bir rol oynamaktadır (Goudie vd., 1983). Kaliş oluşumu için en uygun çevre, aşırı kurak ya da aşırı yağışlı olmayan orta derecede nemli bölgelerdir. Çok kurak çöl bölgelerinde karbonat birikimi sadece yüzeyle sınırlı kalırken, fazla yağış ise toprak çözeltilerinin sızmasına neden olur. Bu nedenle, yağış, sıcaklık ve rölyef arasındaki yerel ilişkiler, kaliş oluşumu için oldukça kritiktir (Reeves, 1970). Kaliş profillerinin doğası ve karmaşıklığı, çevrenin zamana ve mekâna bağlı değişken süreçleri ile ilişkilidir (Harrison, 1977). Kaliş, genellikle düşük eğimli yelpaze alanlarında oluşmayı tercih etmekle birlikte, sarp yamaçlar ve uçurumlarda da gelişebilmektedir. Eğimi 2,5 m/km olan bölgeler, kaliş oluşumu için en uygun alanlar arasında yer almaktadır. Türkiye'de kaliş oluşumları özellikle Akdeniz kuşağında yaygındır. Adana, Mersin ve Antalya bölgelerinde geniş alanlara yayılan kaliş oluşumları, Konya bölgesine doğru da uzanım göstermektedir (Şenol, 1989; Yilmazer, 1993; Özgöncü, 1976; Delikan, 2018). Ayrıca, Gaziantep ve Nizip gibi güney bölgelerde de önemli kaliş oluşumları bulunmaktadır (Eren, 2011). Bu bölgelerdeki dağılım, kaliş oluşumunun Türkiye'nin farklı iklim ve jeolojik özelliklerine uyum sağladığını göstermektedir.

2. METERYAL VE METOT

2.1. Jeolojik Yapı

İnceleme alanı ve çevresinden elde edilen veriler, önceki çalışmaların ortaya koyduğu kanıtlarla birleştirildiğinde, bölgenin Gaziantep-Adıyaman ön çukuru sedimentasyon havzasına Arap Platformu'nun ilerlemesi sonucu oluştuğu anlaşılmaktadır.

Bölgedeki en alt birim, Kretase yaşlı, açık ila koyu gri renkte, orta ila kalın tabakalı, sık eklemli ve yer yer karstik özellikler gösteren kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bu birim, çalışma alanının dışında, Fırat Nehri kenarlarında ve Yaylak bölgesinde yüzeylenmektedir. Bu kireçtaşlarının üzerinde, Üst Kretase yaşlı Sayındere Formasyonu yer alır. Sayındere Formasyonu, kirli beyaz ve açık gri renkte, ince ila orta tabakalı, alt kısımlarında kireç oranı yüksek killi kireçtaşlarından (marn) oluşmaktadır. Bu birim, çalışma alanının güneybatısında, Yaslıca-Safköy-Saluca hattındaki düzlük alanlarda yaygın olarak gözlenmektedir.

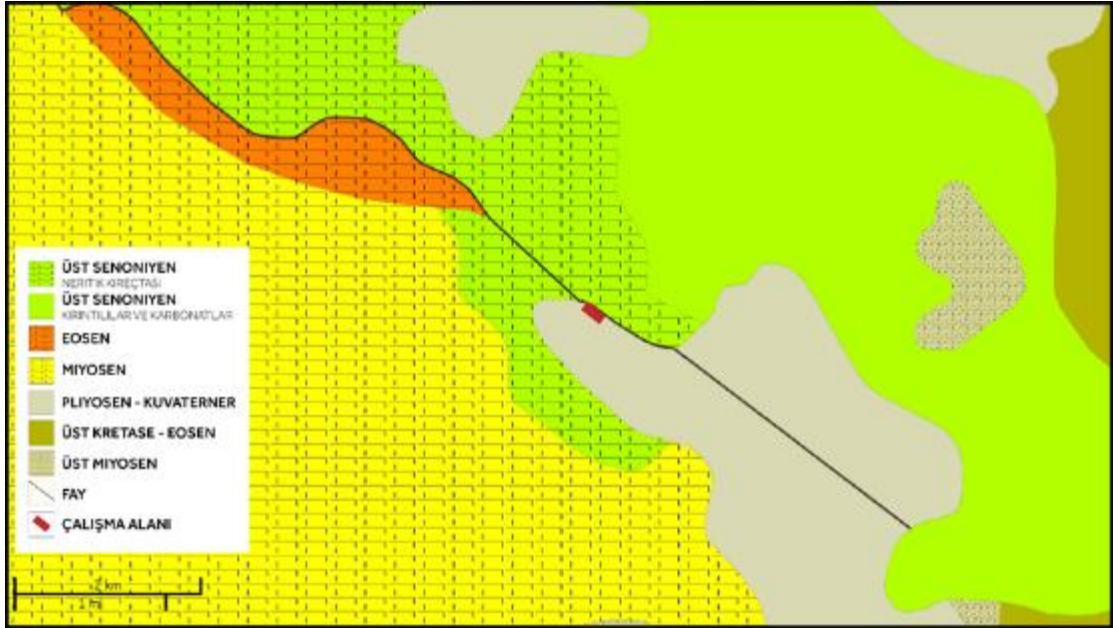
Sayındere Formasyonu, Paleosen yaşlı Bozova Formasyonu ile örtülüdür. Bozova Formasyonu, bej ve kirli beyaz renkte, ince ila orta tabakalı, çok sık eklemli tebeşirli marn tabakalarından oluşmaktadır. Paleosen marnları, baraj gölünün kuzey kıyılarından başlayarak güneye doğru Yaslıca-Safköy-Saluca hattının kuzeyindeki tepelerin eteklerini ve baraj gölünün güney kıyısındaki tüm tepeleri kaplamaktadır. Bu birim, Bozova düzlüğü ile Kaplan Dağı'nın kuzey ve kuzeydoğu kesimlerini de tamamen örtmektedir. Ayrıca, baraj gölü içerisinde kalan adacıkların da Paleosen yaşlı bu marn tabakalarıyla kaplı olduğu yapılan arazi incelemeleriyle tespit edilmiştir.

Bölgenin tepelik alanları, Eosen yaşlı Tutluca Formasyonu tarafından oluşturulmaktadır. Bu formasyon, kirli beyaz ve bej renkte, kristalli ve yer yer killi yapıda, orta ila kalın tabakalı, çört ara seviyelerine sahip, sık eklemli ve karstik özellikler gösteren kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Tüm bu birimlerin üzerinde, Pliyo-Kuvaterner yaşlı bazalt örtüsü bulunmaktadır. Özellikle Kırıkhan Mahallesi ile Çılgalı, Mülkören ve Atgüden bölgelerinde, bazaltlar Sayındere Formasyonu'nun birimleri üzerinde ve çevredeki tarlalarda bol miktarda gözlenmektedir. Bu bazaltlar, Pliyo-Kuvaterner çökelleri ile karışık halde bulunmaktadır.

Alüvyon alanları ise Kuvaterner yaşlıdır ve Bozova düzlüğü, Safköy, Bağlıca ile Mülkören-Soğukkuyu'nun batısında ve Yaslıca civarında geniş bir yayılım göstermektedir. Bu jeolojik özellikler, bölgenin stratigrafik ve tektonik yapısını detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır

Çalışma alanı, güneydoğu-kuzeybatı doğrultusunda uzanan Bozova Fayı tarafından kesilmektedir. Bu fayla ilişkili olarak bölgede birçok ikincil fay yapısı da bulunmaktadır. Tabaka eğimleri genellikle yataya yakın bir pozisyon sergilemekte olup, ölçülen eğim değerleri 5° ile 12° arasında değişmektedir. Bölgede, kuzey-güney yönlü sıkışma sonucunda olduğu anlaşılan ve kıvrım yanları az eğimli olan antiklinal ve senklinal yapıların varlığı gözlenmiştir.

Araştırma alanında tespit edilen uyumsuzluklar açısallı niteliktedir. Özellikle yanal alanlarda belirgin olan bu açısallı uyumsuzluklar, Üst Kretase ile Tersiyer birimleri arasında ve Eosen yaşlı kireçtaşları ile Pliyo-Kuvaterner çökelleri arasında izlenmektedir. Bu uyumsuzluklar, bölgenin stratigrafik gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır.



Şekil 7. Çalışma alanının jeolojik haritası

Bu araştırmada incelenen kaliş türü, karbonat kabuğu kalişi olarak tanımlanmaktadır. Bu tür kalişler genellikle beyaz veya krem renkte olup, sertleşmiş ve düzlemsel bir yapıya sahiptir. Tipik olarak karmaşık iç dokusal özelliklere sahip olan bu kalişler, keskin bir üst

yüzey ve dereceli bir alt yüzey ile karakterize edilmektedir (Esteban vd., 1983; Wright vd Tucker, 1991).

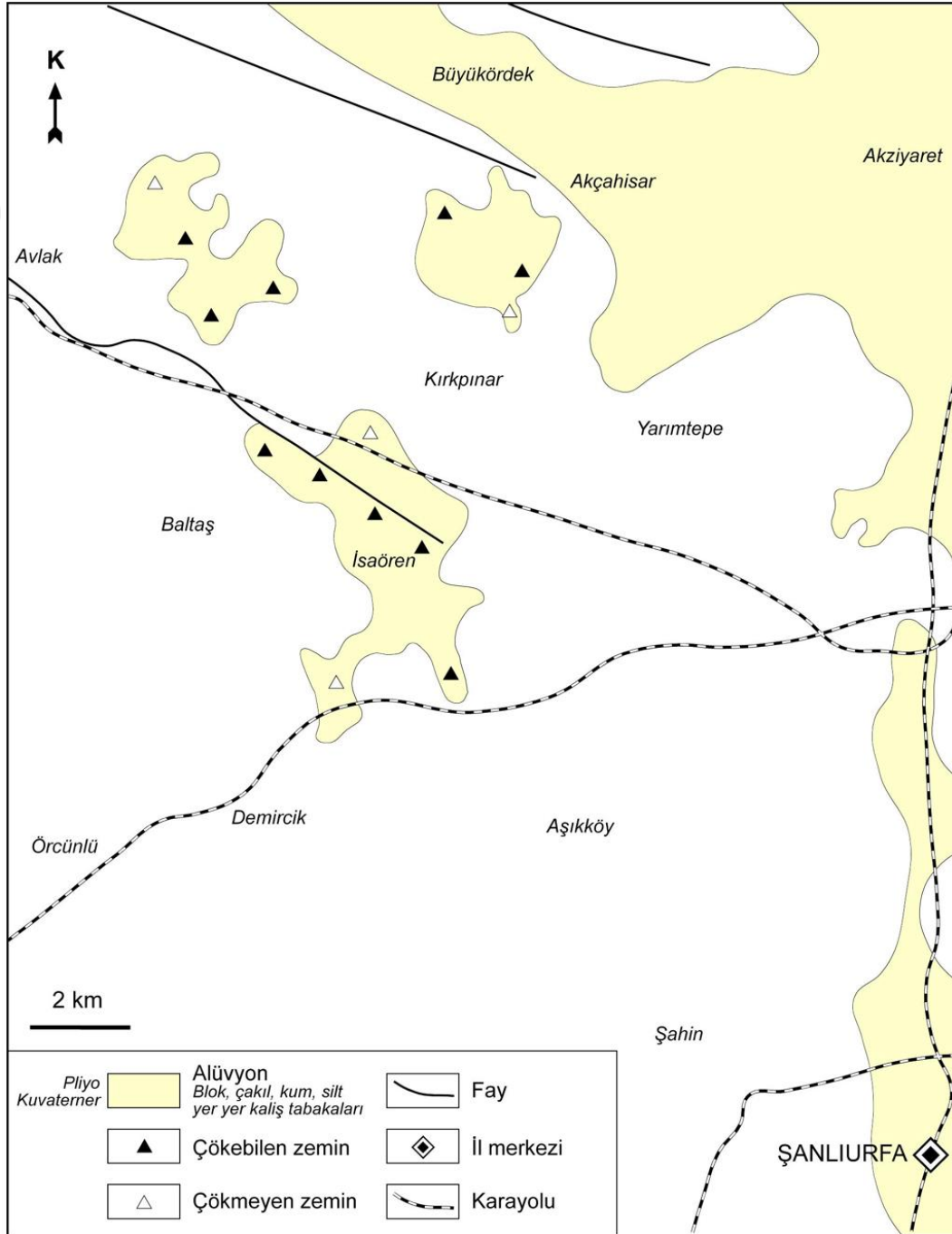
Kalın karbonat kabuklarında çatlaklar, tektonik olmayan breşleşme, erime ve yeniden çimentolanma süreçleri ile pizolitik yapılar ve kök izleri gibi özellikler gözlenebilir. Karbonat kabuğu, mikrokristalli veya ince kristalli kalsitten oluşmasıyla dikkat çekmektedir (Şekil 16). Bu özellikler, karbonat kabuğu kalışının yapısal ve mineralojik özelliklerini anlamak için önemli bir temel sağlamaktadır.



Şekil 8. Araziden alınan kalış görüntüsü

2.2. Örnek Temini

İnceleme alanı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin güneybatısında, Şanlıurfa iline yaklaşık 25-30 kilometre kuzeyde yer almaktadır. Çalışma sahasının merkezi, Bozova ilçesi ve çevresi olarak belirlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 9. Şanlıurfa ve çevresinde Pliyo-Kuvaterner birimlerin yayılımı ve temin edilen örneklerin çökme potansiyeli

Çalışma alanında yer alan katmanlar, bazı kesimlerde farklı boyutlardaki bloklara ayrılmış, bazı kesimlerde ise sürekliliğini koruyarak yatay bir konum sergilemektedir. Bu alan, su ve rüzgâr etkisiyle gerçekleşen ayrışma süreçlerinden etkilenmektedir. Bölgedeki kireçtaşlarının karstik yapısı nedeniyle tepelik kesimlerde tipik karstik morfolojiye rastlanmaktadır. Düz ve alçak alanlar ise daha dayanıksız olan Paleosen marnları tarafından oluşturulmuş olup, bu alanlarda yumuşak bir topografya hâkimdir.

Kaliş örnekleri, Urfa ve Bozova bölgeleri arasında yer alan 14 farklı alandan toplanmış olup, bu alanlardaki Kuvaterner formasyonlarının örnekleme özellikleri dikkate alınarak seçilmiştir. Numuneler, alındıkları bölgelere göre toplam 61 adet numune olmak üzere 14 gruba ayrılmıştır. Şekil 7 alınan numunelerin coğrafi dağılımını gösteren bir haritayı sunmaktadır. Bu örnekleme çalışması, bölgedeki kaliş oluşumlarının incelenmesi için temel veri sağlamaktadır.

Toplanan kaliş örnekleri, kirli beyazdan kahverengiye kadar değişen renk tonlarına sahip taş bloklar şeklindedir. Numuneler, yüzey tabakalarının ayrışmaya maruz kalmasını önlemek amacıyla yüzeyden değil, daha derin tabakalardan alınmıştır. Bu yöntem, örneklerin doğal yapısının ve özelliklerinin korunmasını sağlamak amacıyla tercih edilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Kaliş örneklerinin temin edilmesi

2.3. Laboratubar Çalışmaları

2.3.1. Tek Yönlü Konsolidasyon (Ödometre) Deneyi

Ödometre, zemin tabakalarının düşey yönde yüklenmesi sonucunda oluşacak sıkışmayı laboratuvar ortamında simüle etmek için kullanılan bir cihazdır (ASTM D2435-96) (Şekil 11). Konsolidasyon cihazı, genel olarak bir yükleme kolu, konsolidasyon hücresi,

deformasyon ölçüm saati, yükleme plakaları ve hücre içi aparatlardan oluşmaktadır. Bu bileşenler, zeminin düşey yükler altındaki davranışını detaylı bir şekilde incelemek amacıyla bir araya getirilmiştir.



Şekil 11. Konsolidasyon deney düzeneği, ödometre cihazının genel görüntüsü (a), konsolidasyon hücresi (b), hücre içi aparatlar, numune ringleri(c), yükleme plakaları (d)

Ödometre cihazının bileşenlerinden biri olan yükleme kolu, hücre içerisine yerleştirilen numuneye istenilen basıncı uygulamak için moment ilkesine göre çalışan rijit bir demir koldur. Üzerine yerleştirilen yükün genellikle 10 katını veya farklı standartlara göre değişen (6, 5, 9, 10, 11) moment etkisini oluşturabilir ve 120 kg'a kadar dayanıklıdır. Konsolidasyon hücresi, sabit ringli ve yüzen ringli olmak üzere iki tipe ayrılmaktadır. Çalışma prensipleri hemen hemen aynı olan bu hücreler, paslanmaz çelik veya rijit pirinçten yapılmış olup suya karşı sızdırmazlık sağlamalı ve yükleme sırasında oluşabilecek şiddetli gerilmelere karşı direnç gösterebilmelidir. Deformasyon saati (Komparatör), numunenin yükleme sırasında oluşan tek boyutlu deformasyon hareketini belirlemek için kullanılan mekanik veya elektronik bir cihazdır. Hücre içi aparatlar, numune halkası, gözenekli taşlar, gözenekli kâğıt, halka sabitleyiciler ve bakır contadan oluşur. Numune halkaları, farklı standartlara uygun olarak paslanmaz çelikten üretilmiş olup uç kısımları numune alma sırasında aksamaları önlemek için inceltilmiştir. Gözenekli taşlar, sinterlenmiş korindon veya gözenekli pirinçten yapılmış geçirgen elemanlar olup numunenin üstünde ve altında

drenaj sağlar. Numune ve gözenekli taş arasında, gözeneklerin dolmasını engellemek için gözenekli kâğıt yerleştirilmiştir. Ayrıca, aşırı yüklenme durumlarında numunenin kabarcıklaşmasını önlemek amacıyla, kil içeriği yüksek numunelerde hücre duvarı ile gözenekli taş ve yükleme başlığı arasında bakır conta kullanılması önerilmektedir. Yükleme plakaları, yük koluna gerilim uygulamak için kullanılan, ağırlıkları 100 gram ile 10 kilogram arasında değişen plaka şeklindeki ünitelerden oluşmaktadır. Yük kolunun yüksek etkisi nedeniyle, deneylerde kullanılan ağırlıklar önceden kalibre edilerek doğruluğu sağlanmaktadır.

Konsolidasyon cihazı, zemin çökmesi potansiyelini belirlemek amacıyla kullanılan bir test ekipmanıdır. Jennings ve Knight (1975), zeminin çökme potansiyelini tahmin etmek için bir laboratuvar yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntemde, bozulmamış bir zemin numunesi alınır, uygun şekilde kesilir ve bir konsolidometre halkasına yerleştirilir. Daha sonra, numuneye yaklaşık 200 kPa'ya ulaşana kadar aşamalı olarak yükler uygulanır. Bu basınca ulaşıldığında, numune tam doygunluğa ulaşması için suyla doldurulur ve 24 saat boyunca bu durumda bekletilir. Test, konsolidasyonun maksimum yük seviyesine kadar devam ettirilir.

Test sonucunda elde edilen verilerden, özgül boşluk oranı (e) ile logaritmik basınç ($\log p$) arasındaki ilişkiyi gösteren bir eğri çizilir (Şekil 10). Zemin çökme potansiyelinin büyüklüğü, Çökebilirlik Endeksi (C_p) ile ifade edilir ve bu büyüklük belirli bir matematiksel ilişkiyle (Eşitlik 1) hesaplanır. Bu yöntem, zemin çökmesi riskinin değerlendirilmesi ve mühendislik tasarımlarında dikkate alınması için önemli bir araçtır.

$$C_p = \frac{\Delta e}{1 + e_o} \times 100 \quad (2)$$

Burada:

C_p : Çökebilirlik Endeksi

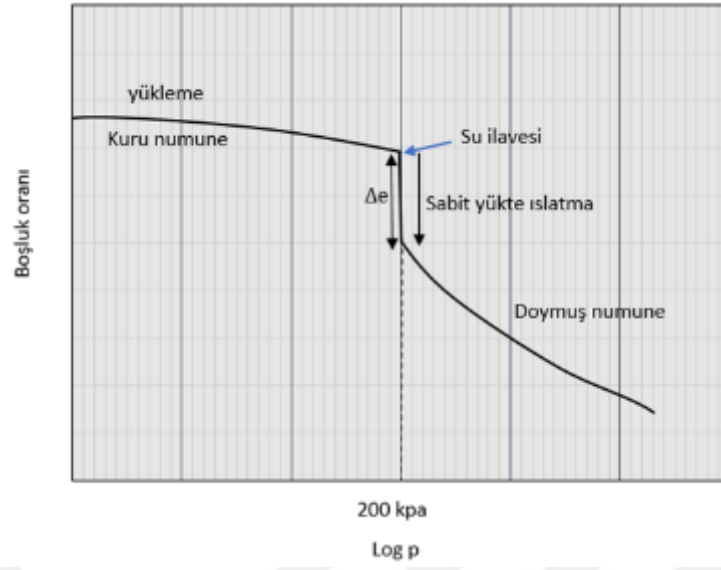
Δe : Doygunluktan önceki ve sonraki boşluk oranındaki değişim

e_o : Doğal boşluk oranı

ifade etmektedir.

200 kPa'lık stres seviyesi, çökme probleminin ciddiyetini sınıflandırmak amacıyla ASTM D 5333-96 (2000) standardında uyarlanmıştır.

Bu testten elde edilen örnek bir sonuç, Şekil 10'da sunulmaktadır.



Şekil 12. Tek Ödometre çökme testinin temsili diyagramı

Maksimum sayıda kaya dilimi elde edebilmek için, mümkün olduğunca dikdörtgen bir geometrik forma sahip olan kalış kayalardan biri tercih edilmektedir (Şekil 13).



Şekil 13. Testere ile blokların dilimlere ayrılması

Numune, konsolidasyon cihazında kullanılan halkanın kalınlığına uygun olacak Şekil 11'de, en az 2-3 cm kalınlığında dilimler halinde kesilmektedir.



Şekil 14. Dilimlenmiş örnek numuneler

Numune dilimi içerisinde silika, kristalize kireç veya bir miktar çakıldan oluşan katı kütleler gözlemlenmektedir. Bu durum, bir yandan kesmeyi önlemek, diğer yandan ise numunenin maksimum çökmesini elde etmek amacıyla dikkate alınmaktadır (Şekil 12).



Şekil 15. Numunenin plakaya göre kesilmesi

Numune diliminden alınan parça üzerine, konsolidasyon halkasının boyutlarına eşdeğer bir daire çizilir. Parçanın halkaya en uygun formu alabilmesi için kenarları dikkatlice kesilir (Şekil 14).



Şekil 16. Numunenin plakaya yerleştirilmesi

Numune, halkaya yerleştirildikten sonra, tamamen uygun bir düzlük kazandırmak amacıyla halkanın altındaki ve üstündeki fazla kısımlar dikkatlice traşlanarak çıkarılmaktadır (Şekil 15).



Şekil 17. Halka plakadaki iki yüzeyin düzeltilmesi

2.3.2. Su İçeriği Tayini

Bu deney, araziden alınan toprak örneklerinin doğal ortamlarındaki su içeriğini belirlemek amacıyla gerçekleştirilir. Test edilen toprak numunesinin doğal su içeriği, yüzde olarak hesaplanır. Deney, ASTM D 6780-05 standardına uygun şekilde uygulanmıştır. Araziden alınan numuneler, doğal rutubetini kaybetmeyecek şekilde, geçirimsiz bir malzeme (örneğin parafin veya hava ile temasını engelleyen bir kaplama) ile sarılarak muhafaza edilmiştir.

Numune, ağırlığı önceden bilinen paslanmaz bir kaba yerleştirilir ve 0.01 gram hassasiyete sahip bir terazi ile tartılır. Daha sonra, numune genellikle 105°C sıcaklıkta, 24 saat süreyle bir fırında kurutulur. Ancak, kurutma sıcaklığı ve süresi, zeminin türüne bağlı olarak değişebilir. Kurutulan numune, bir desikatöre yerleştirilerek soğutulur. Soğutulan numune, yeniden hassas bir terazi ile tartılır. Numunenin doğal su içeriği (ω_n) Formül 2 kullanılarak hesaplanır. Bu yöntem, toprak numunelerinin su içeriği analizinde doğru ve güvenilir sonuçlar elde etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır.

$$\omega_n = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_3 - m_1)} \times 100 \quad (3)$$

Burada:

ω_n : Su içeriği (%)

m_1 : Kabın kütlesi (g)

m_2 : Kap + yaş numunenin kütlesi (g)

m_3 : Kap + kuru numunenin kütlesi (g)

ifade etmektedir.

2.3.3. Özgül Ağırlık Deneyi

Piknometre deneyi, zemin örneklerinin katı tanelerinin özgül ağırlığını hesaplamayı amaçlayan bir yöntemdir. Deneyde kullanılan ekipmanlar arasında piknometre (ince boyunlu cam tüp), etüv, hassas terazi ve vakum cihazı bulunmaktadır. Deney, ASTM D 854-92 standardına uygun şekilde gerçekleştirilmiştir.

Deney prosedürü, piknometrenin dikkatlice temizlenmesi, kurutulması ve boş ağırlığının hassas terazi ile tartılmıştır. Piknometre, kalibrasyon çizgisine kadar saf su ile doldurulur ve içerisinde bulunan hava kabarcıkları tamamen giderildikten sonra yeniden tartılmıştır. Daha sonra, piknometrede çok az miktarda su kalacak şekilde su boşaltılır ve önceden 10 no'lu elekten geçirilerek öğütülmüş (Şekil 11) ve kurutulmuş zemin örneğinden 5 gram numune tartılarak piknometreye eklenmiştir. Piknometre, yeniden kalibrasyon çizgisine kadar su ile doldurulmuş ve hava kabarcıkları tamamen alınmıştır. Bu işlemin ardından piknometre, su ve numune ile birlikte tekrar tartılmıştır.

Deney boyunca, kullanılan saf suyun ve deneyin yapıldığı ortamın sıcaklığı kaydedilmiş ve bu sıcaklık sabit tutulmuştur. Sıcaklık değişiminin önlenmesi, deney sonuçlarının doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır.



Şekil 18. 10 no'lu elekten geçen numuneler

Katı tanelerin özgül ağırlığı, aşağıda verilen Formül 3 ile hesaplanmaktadır.

$$G_s = \frac{W_s \times G_{w(T_x)}}{W_s + W_{PW_{T_x}} - W_{PSW(t_x)}} \quad (4)$$

Burada:

G_s : Katı tanelerin özgül ağırlığı

W_s : Kuru numune kütlesi (g)

W_{PW} : Piknometre + suyun Tx sıcaklığındaki kütlesi (g)

$W_{PSW(t_x)}$: Piknometre + numune + suyun Tx sıcaklığındaki kütlesi (g)

G_w : Suyun Tx sıcaklığındaki özgül ağırlığı

İfade etmektedir.

2.3.4. Kıvam Limitlerinin Tayini

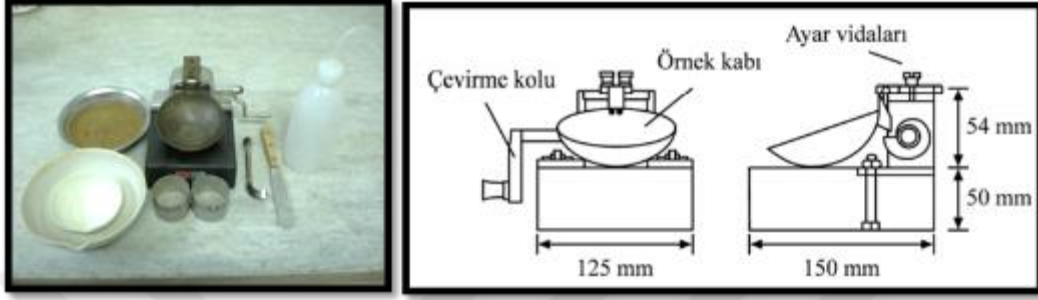
Zemin örneğinin katı durumdan plastik ve sıvı davranışa geçiş yaptığı su muhtevası değerleri, kıvam limitleri olarak adlandırılmaktadır. Doğal ortamında, zeminler yeraltı ve yüzey sularına maruz kalabileceğinden, zeminin hangi su içeriğinde plastik davranış, hangi su içeriğinde sıvı davranış gösterdiğinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bilgiler, zemin özelliklerinin değerlendirilmesi ve mühendislik tasarımlarının güvenilirliği açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Likit limit (LL), zeminin plastik davranıştan sıvı davranışa geçtiği anda sahip olduğu su muhtevasını ifade eder ve yüzde (%) cinsinden belirtilir. Bu değer, Casagrande aleti ile belirlenmektedir. Deneyi gerçekleştirmek için 40 no'lu elekten geçirilmiş 200–300 gram zemin örneği, Casagrande deney düzeneği, ıspatula, cam plaka ve bir porselen kap gibi ekipmanlar kullanılmaktadır (Şekil 19).

Casagrande deneyine başlamadan önce, zemin numunesinin 1 cm yükseklikten serbest düşmesini sağlamak amacıyla pirinç kabın yüksekliği kontrol edilmelidir. Bu kontrol, zemin numunesini ikiye bölmek için kullanılan standart 1 cm genişliğindeki oyuk açma bıçağı yardımıyla yapılabilir. Deney, ASTM 4318-84 standardına uygun şekilde gerçekleştirilmelidir.

Deney için, 40 no'lu elekten geçirilmiş zemin numunesinden 200–300 gram alınır ve bir kaba konulur. Numuneye saf su eklenerek cam ya da metal bir karıştırıcı ile homojen bir

karışım elde edilinceye kadar karıştırılır. Hazırlanan karışımdan bir miktar alınarak pirinç kaba yerleştirilir ve ıspatula yardımıyla kabın yüzeyine paralel olacak şekilde düzgün bir hale getirilir. Daha sonra, oyuk açma bıçağı kullanılarak zemin numunesi ikiye bölünür. Bu işlem, deneyin doğru bir şekilde tamamlanabilmesi için dikkatle yapılmalıdır.



Şekil 19. Casagrande deneyi

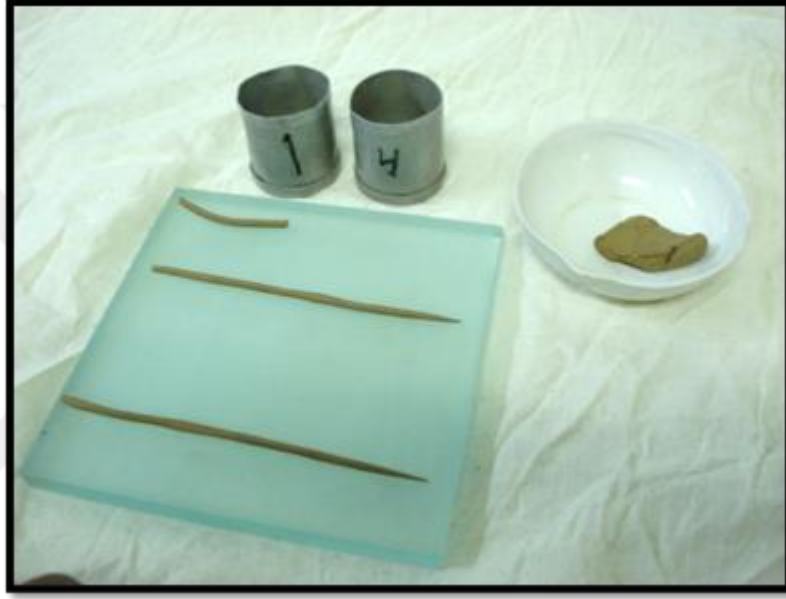
Casagrande deneyinde, çevirme kolu saat yönünün tersi istikametinde saniyede iki düşüm olacak şekilde çevrilerek numune yüzeyindeki boşluğun kapanması sağlanır. Boşluğun tamamen kapandığı andaki düşüş sayısı kaydedilir. Bu noktada, kapanan kısımdan bir miktar numune alınarak su içeriği belirlenir. Bu işlem, deneyin güvenilirliğini sağlamak amacıyla en az dört kez tekrarlanır. Düşüş sayılarının 10'dan az veya 40'tan fazla olmamasına dikkat edilmelidir. Eğer bu koşul sağlanamazsa, numuneye eklenen saf su miktarı artırılmalı ya da azaltılmalıdır.

Elde edilen su içeriği ve düşüş sayısı değerleri, düşüş sayılarının logaritmik ekseninde yer aldığı yarı logaritmik bir grafiğe aktarılır. Daha sonra, en fazla veriyi temsil edecek şekilde bir doğru çizilir. Bu doğru üzerinde 25 darbeye karşılık gelen su muhtevası değeri, zemin numunesinin likit limiti olarak belirlenir. Bu yöntem, zeminin sıvı davranışa geçiş noktasını doğru bir şekilde belirlemek için kullanılan temel bir prosedürdür.

Plastik limit (PL), zeminin katı durumdan plastik davranışa geçtiği su muhtevasını ifade eder. Bu değer, zemin örneğinin kopmadan 3 mm çapa kadar inceltilebildiği su muhtevasıdır ve yüzde (%) olarak belirtilir. ASTM D 4318-84 standardına göre, 40 no'lu elekten geçen 20-30 gram numune üzerinde plastik limit deneyi gerçekleştirilerek tayin edilir.

Elekten geçmiş numune, uygun bir kaptaki saf su eklenerek viskoz bir malzeme elde edilene kadar karıştırılır. Hazırlanan malzemeden misket büyüklüğünde bir parça alınır,

yoğrulur ve cam bir levha üzerine konularak yuvarlanmaya başlanır. Numune, çapı 3 mm'ye ulaşana kadar yuvarlanır. Bu kalınlığa ulaştığında, örnek üzerinde kopmalar ve çatlaklar meydana geliyorsa, numune su muhtevasının ölçülmesi için uygun duruma gelmiş demektir. Yaklaşık 5 gramlık bir örnek alınarak uygun yöntemlerle su muhtevası belirlenir. Bu işlem, deneyin güvenilir sonuçlar sağlaması için üç veya daha fazla kez tekrarlanır ve elde edilen değerlerin ortalaması alınarak plastik limit belirlenir (Şekil 20). Bu yöntem, zeminin mekanik davranışını değerlendirmek için önemli bir parametre sunar.



Şekil 20. Plastik limit deneyi

3. BULGULAR

3.1. Deneysel Çalışmaların Değerlendirilmesi

Tablo 5'ten Tablo 13'e kadar sunulan verilere göre, A, B, C, D, E, F, G, H ve I gruplarını içeren numuneler üzerinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Uygulamalı Jeoloji Laboratuvarı'nda zeminin fiziksel özelliklerin belirlenmesi amacıyla deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar, numunelerin fiziksel özelliklerinin detaylı şekilde incelenmesi ve analiz edilmesi için gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar ilgili tablolarda ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Tablo 2. Grup A numunelerinin laboratuvar deney sonuçları

Grup A									
Numune	Su Muhtevası	Kuru Birim Hacim	Boşluk Oranı e_0	Çökebilirlik Endeksi	Doygunluk Derecesi	Özgül ağırlık	Likit limit	Plastik limit	Plastisite indeksi
1	13.6	1.60	0.656	1.34	55	2.65	24.0	22.7	1.7
2	14.5	1.59	0.671	1.85	57				
3	11.4	1.61	0.642	1.29	47				
4	15.7	1.56	0.703	1.56	59				
5	14.6	1.58	0.681	1.58	57				
6	13.8	1.60	0.653	-	56				

Tablo 3. Grup B numunelerinin laboratuvar deney sonuçları

Grup B									
Numune	Su Muhtevası	Kuru Birim Hacim	Boşluk Oranı e_0	Çökebilirlik Endeksi	Doygunluk Derecesi	Özgül ağırlık	Likit limit	Plastik limit	Plastisite indeksi
1	17.5	1.54	0.712	1.67	65	2.63	23.7	22.5	1.2
2	18.4	1.53	0.718	1.97	67				
3	14.1	1.57	0.678	1.64	55				
4	16.8	1.54	0.704	-	63				

Tablo 4. Grup C numunelerinin laboratuvar deney sonuçları

Grup C									
Numune	Su Muhtevası	Kuru Birim Hacim	Boşluk Oranı e_0	Çökebilirlik Endeksi	Doygunluk Derecesi	Özgül ağırlık	Likit limit	Plastik limit	Plastisite indeksi
1	10.1	1.68	0.587	1.14	46	2.66	23.5	21.7	1.8
2	9.0	1.72	0.550	0.99	44				
3	9.1	1.72	0.544	0.94	44				
4	9.8	1.70	0.568	1.15	46				
5	11.1	1.65	0.612	1.26	48				
6	7.9	1.77	0.500	0.83	42				
7	9.7	1.69	0.552	-	46				

Tablo 5. Grup D numunelerinin laboratuvar deney sonuçları

Grup D									
Numune	Su Muhtevası	Kuru Birim Hacmi	Boşluk Oranı e_0	Çökebilirlik Endeksi	Doygunluk Derecesi	Özgül ağırlık	Likit limit	Plastik limit	Plastisite indeksi
1	17.5	1.53	0.716	1.74	64	2.62	23.9	22.0	1.9
2	18.0	1.52	0.720	1.72	66				
3	14.3	1.56	0.684	1.64	55				
4	19.1	1.52	0.728	2.04	69				
5	19.4	1.52	0.726	2.01	70				
6	17.0	1.53	0.712	-	63				

Tablo 6. Grup E numunelerinin laboratuvar deney sonuçları

Grup E									
Numune	Su Muhtevası	Kuru Birim Hacmi	Boşluk Oranı	Çökebilirlik Endeksi	Doygunluk Derecesi	Özgül ağırlık	Likit limit	Plastik limit	Plastisite indeksi
1	11.3	1.65	0.605	1.13	50	2.65	24.1	22.6	1.5
2	10.7	1.67	0.586	1.09	48				
3	12.1	1.62	0.632	1.22	51				
4	9.3	1.71	0.547	0.95	45				
5	10.8	1.68	0.579	1.05	49				
6	11.8	1.65	0.607	1.16	51				
7	11.5	1.65	0.610	-	50				

Tablo 7. Grup F numunelerinin laboratuvar deney sonuçları

Grup F									
Numune	Su Muhtevası	Kuru Birim Hacmi	Boşluk Oranı	Çökebilirlik Endeksi	Doygunluk Derecesi	Özgül ağırlık	Likit limit	Plastik limit	Plastisite indeksi
1	13.0	1.61	0.635	1.40	54	2.64	23.9	22.3	1.6
2	13.9	1.58	0.666	1.57	55				
3	19.1	1.53	0.722	1.93	70				
4	12.3	1.62	0.634	1.31	51				
5	17.9	1.54	0.719	1.68	66				
6	16.2	1.54	0.712	-	60				

Tablo 8. Grup G numunelerinin laboratuvar deney sonuçları

Grup G									
Numune	Su Muhtevası	Kuru Birim Hacmi	Boşluk Oranı	Çökebilirlik Endeksi	Doygunluk Derecesi	Özgül ağırlık	Likit limit	Plastik limit	Plastisite indeksi
1	21.7	1.48	0.753	3.66	75	2.59	24.4	21.9	2.5
2	21.3	1.50	0.732	3.33	75				
3	21.0	1.49	0.739	3.68	74				
4	20.3	1.50	0.724	3.02	73				
5	19.9	1.50	0.729	-	71				

Tablo 9. Grup H numunelerinin laboratuvar deney sonuçları

Grup H									
Numune	Su Muhtevası	Kuru Birim Hacmi	Boşluk Oranı	Çökebilirlik Endeksi	Doygunluk Derecesi	Özgül ağırlık	Likit limit	Plastik limit	Plastisite indeksi
1	16.7	1.54	0.699	1.65	62	2.61	24.2	22.1	2.1
2	18.4	1.52	0.713	1.81	67				
3	19.6	1.51	0.729	2.04	70				
4	19.4	1.51	0.726	1.96	70				
5	15.1	1.55	0.685	1.61	57				
6	17.3	1.53	0.701	-	64				

Tablo 10. Grup I numunelerinin laboratuvar deney sonuçları

Grup I									
Numune	Su Muhtevası	Kuru Birim Hacmi	Boşluk Oranı	Çökebilirlik Endeksi	Doygunluk Derecesi	Özgül ağırlık	Likit limit	Plastik limit	Plastisite indeksi
1	17.7	1.53	0.708	1.68	65	2.62	24.1	21.8	2.3
2	19.6	1.52	0.725	2.21	71				
3	19.1	1.53	0.717	1.99	70				
4	19.5	1.52	0.723	-	71				

Grup 1, 2, 3, 4 ve 5 olarak isimlendirilen zemin numunelerinin laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen deneylerle zemin fiziksel özellikleri belirlenmiş olup, elde edilen sonuçlar tablo 14, 15, 16, 17 ve 18’de sunulmuştur.

Tablo 11. Grup 1 numunelerinin laboratuvar deney sonuçları

Grup 1									
Numune	Su Muhtevası	Kuru Birim Hacmi	Boşluk Oranı e_0	Çökebilirlik Endeksi	Doygunluk Derecesi w_L	Özgül ağırlık	Likit limit	Plastik limit	Plastisite index
1	10.8	1.68	0.579	1.05	49	2.65	24.1	22.6	1.5
2	9.8	1.70	0.568	1.15	46				

Tablo 12. Grup 2 numunelerinin laboratuvar deney sonuçları

Grup 2									
Numune	Su Muhtevası	Kuru Birim Hacmi	Boşluk Oranı	Çökebilirlik Endeksi	Doygunluk Derecesi	Özgül ağırlık	Likit limit	Plastik limit	Plastisite indeksi
1	17.5	1.54	0.712	1.67	65	2.64	23.9	22.3	1.6
2	18.4	1.52	0.713	1.81	67				

Tablo 13. Grup 3 numunelerinin laboratuvar deney sonuçları

Grup 3									
Numune	Su Muhtevası	Kuru Birim Hacmi	Boşluk Oranı e_0	Çökebilirlik Endeksi	Doygunluk Derecesi λ	Özgül ağırlık	Likit limit	Plastik limit	Plastisite indeksi
1	15.7	1.56	0.703	1.56	59	2.62	23.9	22.0	1.9
2	14.3	1.56	0.684	1.64	55				

Tablo 14. Grup 4 numunelerinin laboratuvar deney sonuçları

Grup 4									
Numune	Su Muhtevası	Kuru Birim Hacmi	Boşluk Oranı	Çökebilirlik Endeksi	Doygunluk Derecesi	Özgül ağırlık	Likit limit	Plastik limit	Plastisite indeksi
1	9.3	1.71	0.547	0.95	45	2.66	23.5	21.7	1.8
2	9.0	1.72	0.550	0.99	44				

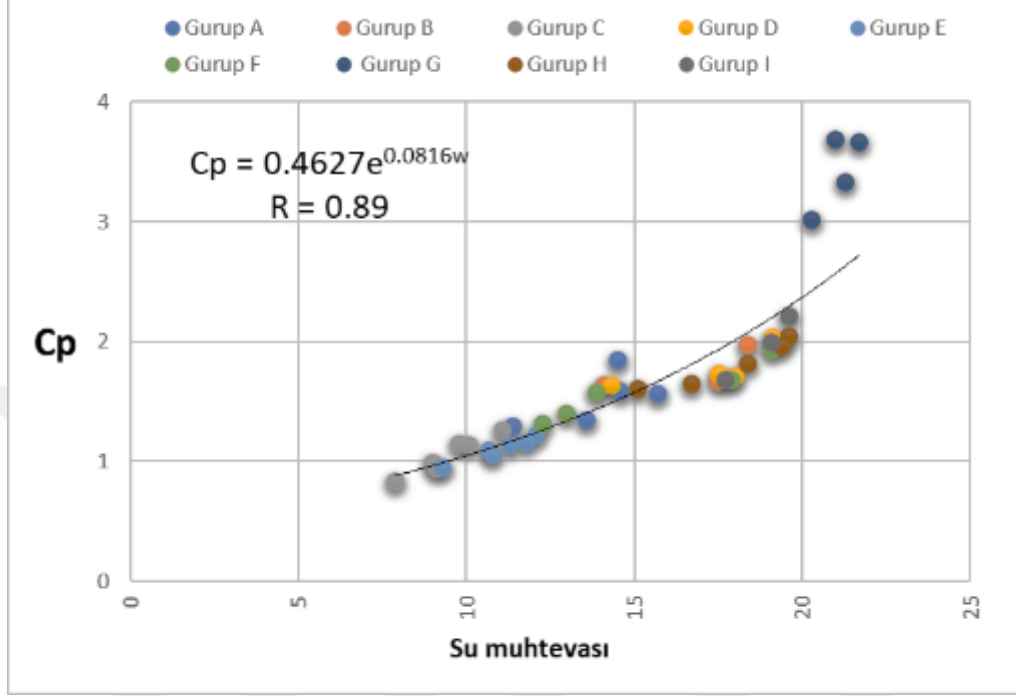
Tablo 15. Grup 5 numunelerinin laboratuvar deney sonuçları

Grup 5									
Numune	Su Muhtevası	Kuru Birim Hacmi	Boşluk Oranı	Çökebilirlik Endeksi	Doygunluk Derecesi	Özgül ağırlık	Likit limit	Plastik limit	Plastisite indeksi
1	19.4	1.51	0.726	1.96	70	2.61	24.2	22.1	2.1
2	19.1	1.53	0.722	1.93	70				

3.2. Su İçeriği ile Zemin Çökmesi Arasındaki İlişki

Çöken topraklar, suyun etkisiyle sıkışarak hacim kaybına uğrayan zeminlerdir. Bu tür topraklar, başlangıçta gevşek bir şekilde paketlenmiş olup, toprak parçacıkları arasındaki temas noktaları oldukça sınırlıdır. Su, toprağa ilave edilip aşağı doğru hareket ettikçe toprak parçacıkları arasındaki temas yüzeylerini ıslatır ve parçacıkların birbirleri üzerinde kayarak daha sıkı bir şekilde yerleşmelerine neden olur. Bu süreç sonucunda zeminin hacmi azalır.

Su içeriği, toprak çökme derecesini etkileyen temel faktörlerden biridir. Şekil 21, su içeriği ile zemin çökmesi arasındaki ilişkiyi görsel olarak sunmaktadır.



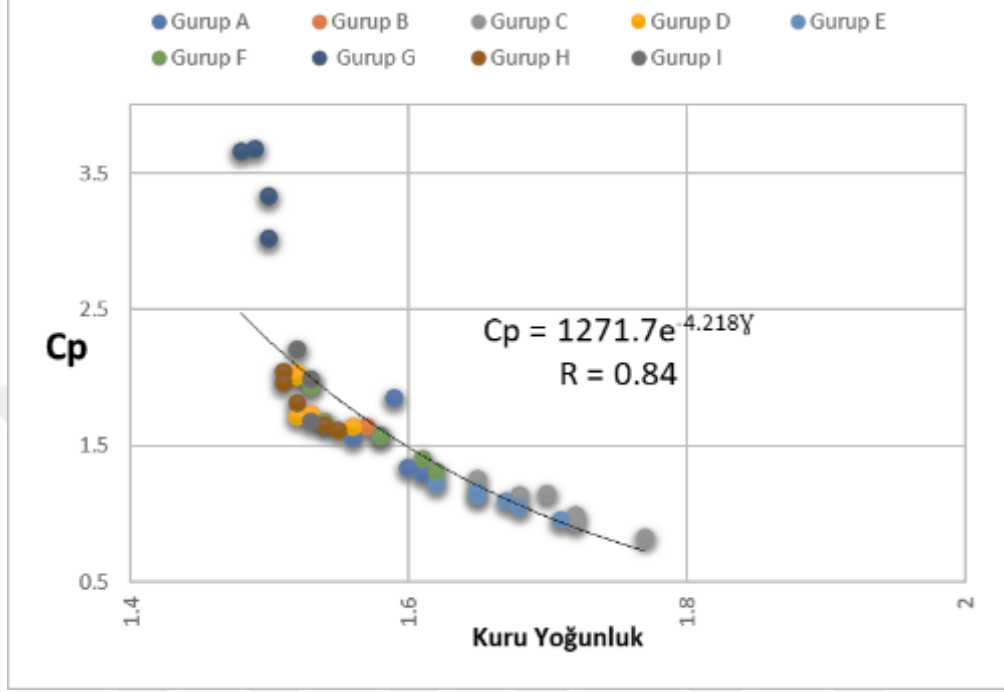
Şekil 21. Çökme ve su içeriği arasındaki ilişki

Çökme değerinin yüksek olduğu gruplar, genellikle daha yüksek su içeriğine sahip gruplardır. Örneğin, G grubunun diğer gruplara kıyasla %20.3 ile %21.7 arasında değişen yüksek su içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, su içeriği %1.26'yı geçmeyen ve daha düşük çökme değerlerine sahip olan C grubu ile karşılaştırıldığında, G grubunun çökme değerinin %3.02 ile %3.66 arasında daha yüksek olmasına neden olmuştur.

3.3. Kuru Yoğunluk ile Zemin Çökmesi Arasındaki İlişki

Kuru birim yoğunluğu, toprak çökme derecesini etkileyen kritik bir faktördür. Zeminin parçalanma derecesini değerlendirmek amacıyla, yoğunluk genellikle birçok sınıflandırma sistemine dahil edilmektedir. Yüksek yoğunluğa sahip topraklar, düşük gözeneklilik, düşük doygunluk ve çökmeye karşı yüksek direnç gibi önemli özellikler sergilemektedir. Bu özellikler, toprağın mekanik davranışını ve stabilitesini anlamada temel göstergeler olarak kabul edilmektedir.

Şekil 24, numunelerin kuru yoğunluk değerlerini ve bu değerlerin çökme üzerindeki etkilerini görsel olarak sunmaktadır.

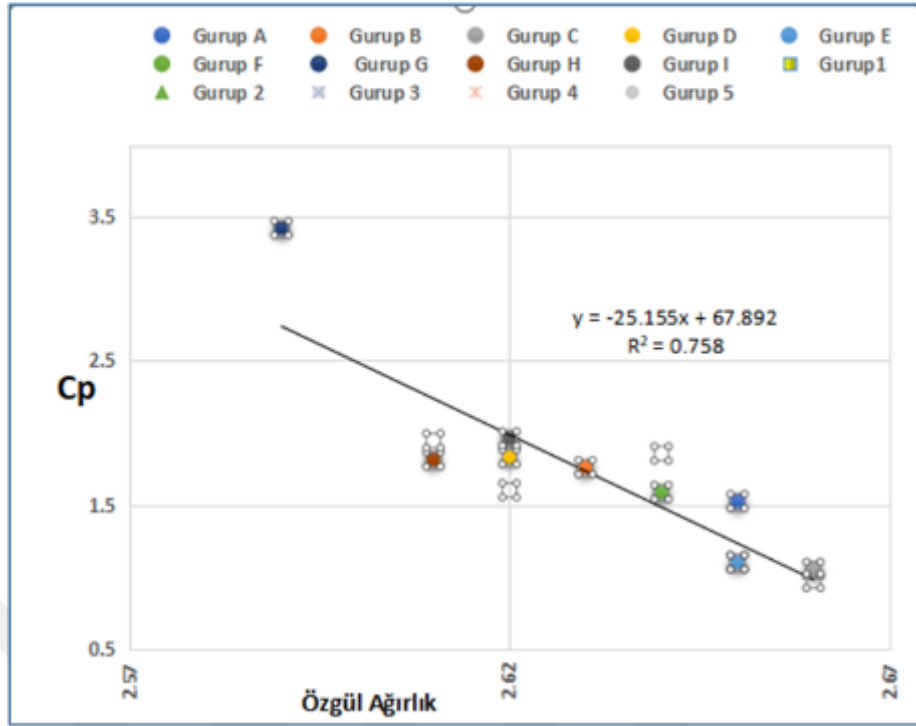


Şekil 22. Çökme ve kuru yoğunluk ilişkisi

Grafik, C grubunun ortalama 1 ile en düşük çökme değerlerine sahip olduğunu ve yüksek ortalama kuru yoğunluk değerlerinin (1.71 gr/cm^3) toprak çökmesine karşı direnç göstermede önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Buna karşılık, G grubu, ortalama 1.49 gr/cm^3 ile düşük bir kuru yoğunluk değerine sahiptir ve bu durum, ortalama 3.4 ile yüksek çökme değerleriyle ilişkilendirilmektedir.

3.4. Özgül Ağırlık ile Zemin Çökmesi Arasındaki İlişki

Çökme konusunda özgül ağırlığın önemi, toprağın türü ve mineral bileşimi (örneğin kil, kum, kireç gibi) ile doğrudan ilişkilidir. Özgül ağırlık, birçok zemin çökmesi sınıflandırmasında belirleyici bir faktör olarak rol oynamaktadır. Şekil 25, kalış zeminlerde çökme ile özgül ağırlık arasındaki ilişkiyi ve özgül ağırlığın bu bağlamdaki önemini görsel olarak ortaya koymaktadır.

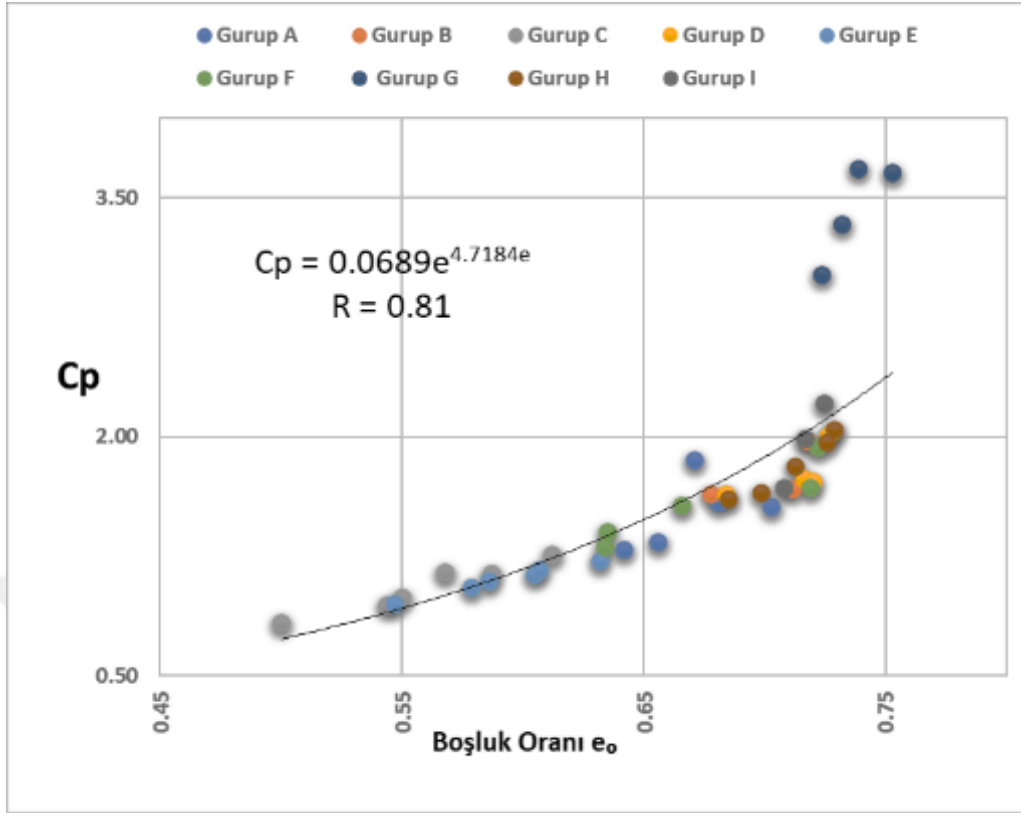


Şekil 23. Çökme ve özgül ağırlık ilişkisi

Grafik, düşük özgül ağırlığa sahip grupların en yüksek çökme değerlerine sahip olduğunu göstermektedir. Örneğin, Grup G (2.59) ve Grup H (2.61) düşük özgül ağırlık değerleri ile yüksek çökme eğilimleri sergilemiştir. Buna karşılık, özgül ağırlık değeri yüksek olan gruplar, örneğin C, A ve E grupları, düşük çökme değerleri göstermiştir. Bu durum, özgül ağırlığın zeminin çökme direncinde önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

3.5. Boşluk Oranı ile Zemin Çökmesi Arasındaki İlişki

Çökme olgusu, temel olarak topraktaki boşluk oranına, özellikle doygunluk öncesi ve sonrası boşluk yüzdesine bağlıdır. Zemin çökmesi incelendiğinde, boşluk oranı faktörü, çökmeyi etkileyen diğer faktörlerden bağımsız olarak ele alınamaz. Bu bağlamda, Şekil 26, boşluk oranının çökme üzerindeki etkisini görsel olarak gösterilmiştir.



Şekil 24. Çökme ve boşluk oranı ilişkisi

3.6. Regresyon Analizlerinin Değerlendirilmesi

Basit regresyon analizleri, çökme potansiyeli ile bağımsız değişkenler (W , γ , G , e_0) arasındaki ilişkilerin incelenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde doğrusal ve üssel fonksiyonlar kullanılmış, her bir ilişkinin korelasyon katsayıları (R) belirlenmiştir. Analizler sonucunda, çökme potansiyeli ile bağımsız değişkenler arasında elde edilen ilişkiler formül 5, 6, 7, 8 ve 9’da verilmiştir.

$$C_p = 0.4627e^{0.0816w} \quad R=0,89 \quad (5)$$

$$C_p = 1271.7e^{-4.218\gamma} \quad R=0.84 \quad (6)$$

$$C_p = -27.787G + 74.864 \quad R=0,90 \quad (7)$$

$$C_p = 0.0689e^{4.7184e} \quad R=0,89 \quad (8)$$

$$C_p = 0.0689e^{4.7184e} \quad R=0,89 \quad (9)$$

$$C_p = 2.353 + 0,227W - 5,678e - 0.002\gamma \quad R=0,881 \quad (10)$$

Elde edilen eşitlikler, oldukça yüksek korelasyon katsayılarına sahip olmakla birlikte, en büyük sınırlamaları yalnızca tek bir bağımsız değişkeni esas almalarıdır. Ancak, çökme potansiyelinin değişimi gerçekte yalnızca bir malzeme özelliği ile sınırlı kalmamakta, farklı malzeme özelliklerini temsil eden birden fazla parametrenin etkisiyle kontrol edilmektedir. Bu nedenle, çökme potansiyelini daha kapsamlı bir şekilde modellemek amacıyla, birden fazla bağımsız değişkenin dikkate alındığı ve birleştirilmiş parametrelerin kullanıldığı bir çoklu doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir.

Çökme potansiyeline ait veriler, regresyon çizgisi üzerinde yoğunlaşmakta ve oldukça yüksek korelasyon katsayıları sağlamaktadır. Buna göre, çökme potansiyelinin tahmini amacıyla türetilen eşitliklerden hesaplanan korelasyon katsayıları (R) sırasıyla, “Çökme potansiyeli-Su muhtevası oranı” ilişkisi için 0.89, “Çökme potansiyeli-Kuru yoğunluk oranı” ilişkisi için 0.84, “Çökme potansiyeli-Özgül ağırlık oranı” ilişkisi için 0.90, “Çökme potansiyeli-Boşluk oranı” ilişkisi için 0.81 ve çoklu doğrusal regresyon analizi için 0.88 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda, çökme potansiyelini daha kapsamlı bir şekilde modelleyebilmek amacıyla, birden fazla bağımsız değişkenin dikkate alındığı ve birleştirilmiş parametrelerin kullanıldığı bir çoklu doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir.

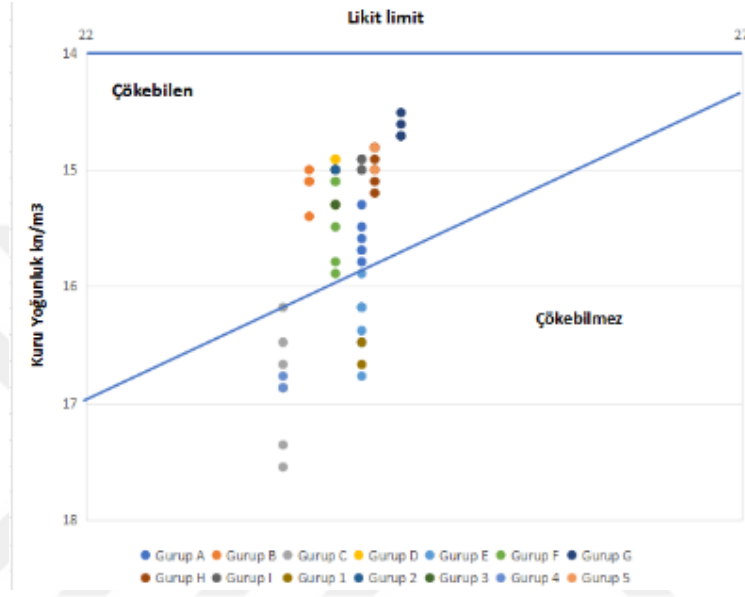
3.7. Zeminlerin Çökme Potansiyellerinin Değerlendirilmesi

Bell ve Bruyn (1997), Gibbs ve Bara (1962) tarafından çökebilen ve çökmeyen zeminler arasında, doğal kuru yoğunluk ve likit limitine dayalı ayırım yapan bir grafik bulunmaktadır. Tablo 5.2’de çalışma konusu zemin örneklerinin kuru birim hacim ağırlık ve kıvam limiti değerleri verilmiştir.

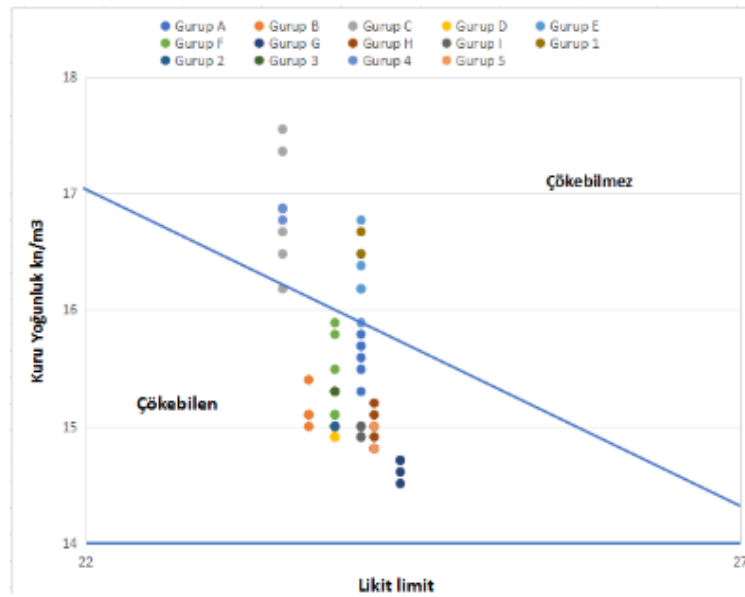
Tablo 16. 2 Kuru birim hacim ağırlık, likit limit ve plastik limit deney sonuçları

Gruplar	Örnek No	Kuru BHA (kN/m ³)	LL (%)	PL (%)	PI (%)
Grup A	1	15.69	24.1	21.8	2.3
	2	15.59			
	3	15.79			
	4	15.30			
	5	15.49			
	6	15.69			
Grup B	7	15.10	23.7	22.5	1.2
	8	15.00			
	9	15.40			
	10	15.10			
Grup C	11	16.48	23.5	21.7	1.8
	12	16.87			
	13	16.87			
	14	16.67			
	15	16.18			
	16	17.36			
	17	17.55			
Grup D	18	15.00	23.9	22.0	1.9
	19	14.91			
	20	15.30			
	21	14.91			
	22	14.91			
	23	15.00			
Grup E	24	16.18	24.1	22.6	1.5
	25	16.38			
	26	15.89			
	27	16.77			
	28	16.48			
	29	16.18			
	30	16.18			
Grup F	31	15.79	23.9	22.3	1.6
	32	15.49			
	33	15.00			
	34	15.89			
	35	15.10			
	36	15.10			
Grup G	37	14.51	24.4	21.9	2.5
	38	14.71			
	39	14.61			
	40	14.71			
	41	14.71			
Grup H	42	15.10	24.2	22.1	2.1
	43	14.91			
	44	14.81			
	45	14.81			
	46	15.20			
	47	15.00			
Grup I	48	15.00	24.1	21.8	2.3
	49	14.91			
	50	15.00			
	51	14.91			
Grup 1	52	16.48	24.1	22.6	1.5
	53	16.67			
Grup 2	54	15.00	23.9	22.3	1.6
	55	15.00			
Grup 3	56	15.30	23.9	22.0	1.9
	57	15.30			
Grup 4	58	16.77	23.5	21.7	1.8
	59	16.87			
Grup 5	60	14.81	24.5	22.1	2.1
	61	15.00			

Şekil 5.3'te ise çalışma konusu zeminlerin bu sınıflama sistemine göre çökme potansiyeli görülmektedir. Buna ek olarak Das (2015) tarafından önerilen ve benzer şekilde birim hacim ağırlık-likit limit grafiği kullanılarak çökme potansiyeli değerlendirilmiştir (Şekil 5.4). Şekiller değerlendirildiğinde, çizginin altında yer alan 4 grup (C, E, 1,4) haricinde tüm zeminlerin çökebilir zemin sınıfında olduğu görülmektedir.



Şekil 25. Çalışma konusu zeminlerin Bell ve Bruyn (1997), Gibbs ve Bara (1962) tarafından önerilen grafiğe göre çökme potansiyelleri



Şekil 26. Çalışma konusu zeminlerin Das (2015) tarafından önerilen grafiğe göre çökme potansiyelleri

Jennings ve Knight (1975), zeminlerin çökme potansiyelinin büyüklüğünü tahmin etmek için bir dizi laboratuvar deney sonucundan yararlanarak çökebilirlik indisi değerini önermiştir (Tablo 5.3). Bu yöntemle göre, tek-odometre deneyinde çökme potansiyeli, doğal nem içeriğindeki örselenmemiş örnek üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi ile belirlenmektedir. Deneyde aşamalı olarak, 200 kPa normal gerilim değerine kadar yükleme yapılmakta ve örnek bu basınç aşamasında 24 saat doyurulmaktadır. Doygun örneğin yük altında boşluk oranındaki değişim belirlenerek Çökebilirlik İndisi C_p , aşağıdaki eşitlikten hesaplanmaktadır. Tablo 5.4'te çalışma konusu zeminlerin çökme potansiyelleri verilmiştir. Tablolar değerlendirildiğinde zeminlerin “orta çökebilir” sınıfında olduğu görülmektedir.

$$C_p = \frac{\Delta e}{1 + e_o} \times 100 \quad (11)$$

C_p : Çökebilirlik Endeksi

Δe : Doygunluktan önceki ve sonraki boşluk oranındaki değişim

e_o : Doğal boşluk oranı.

Tablo 17. Çökebilirlik endeksi, Jennings ve Knight (1975)

Çökme derecesi	Çökebilirlik İndisi
Çökebilirlik yok	0-1
Orta Çökebilirlik	1-5
Yüksek Çökebilirlik	5-10
Çok yüksek Çökebilirlik	10-20
Aşırı Çökebilirlik	>20

Tablo 18. Çalışma konusu zeminlerin çökebilirlik özelliklerinin Jennings ve Knight (1975) tarafından önerilen yöntemle göre sınıflandırılması

Gruplar	Numune	Çökebilirlik Endeksi	Çökme derecesi
Grup A	1	1.34	Orta
	2	1.85	Orta
	3	1.29	Orta
	4	1.56	Orta
	5	1.58	Orta
Grup B	7	1.67	Orta
	8	1.97	Orta
	9	1.64	Orta
Grup C	11	1.14	Orta
	12	0.99	Yok
	13	0.94	Yok
	14	1.15	Orta
	15	1.26	Orta
	16	0.83	yok
Grup D	18	1.74	Orta
	19	1.72	Orta
	20	1.64	Orta
	21	2.04	Orta
	22	2.01	Orta
Grup E	24	1.13	Orta
	25	1.09	Orta
	26	1.22	Orta
	27	0.95	Yok
	28	1.05	Orta
	29	1.16	Orta
Grup F	31	1.40	Orta
	32	1.57	Orta
	33	1.93	Orta
	34	1.31	Orta
	35	1.68	Orta
Grup G	37	3.66	Orta
	38	3.33	Orta
	39	3.68	Orta
	40	3.02	Orta
Grup H	42	1.65	Orta
	43	1.81	Orta
	44	2.04	Orta
	45	1.96	Orta
	46	1.61	Orta
Grup I	48	1.68	Orta
	49	2.21	Orta
	50	1.99	Orta
Grup 1	51	1.05	Orta
	52	1.15	Orta
Grup 2	53	1.74	Orta
	54	1.97	Orta
Grup 3	55	1.56	Orta
	56	1.64	Orta
Grup 4	57	0.95	Yok
	58	0.99	Yok
Grup 5	59	1.96	Orta

4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında Şanlıurfa ili çevresinde yüzeyleyen Plio-Kuvaterner yaşlı kalışların çökme potansiyelleri değerlendirilmiş, farklı 14 lokasyondan alınan blok örneklerden temin edilen 61 adet örselenmemiş örnek üzerinde yapılan deneysel çalışmalar sonrasında zeminlerin çökebilirlik özellikleri belirlenmiştir. Bu kapsamda, tüm örnekler üzerinde bir boyutlu konsolidasyon deneyleri yapılmış, örneklerin kıvam limitleri, birim hacim ağırlık değerleri, özgül ağırlıkları hesaplanmıştır. Yapılan çalışmalar sonrasında elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Bu araştırmada incelenen kalış türü, karbonat kabuğu kalışı olarak tanımlanmaktadır. Bu tür kalışlar genellikle beyaz veya krem renkte olup, sertleşmiş ve düzlemsel bir yapıya sahiptir. Tipik olarak karmaşık iç dokusal özelliklere sahip olan bu kalışlar, keskin bir üst yüzey ve dereceli bir alt yüzey ile karakterize edilmektedir. Kalış örnekleri, kirli beyazdan kahverengiye kadar değişen renk tonlarına sahip taş bloklar şeklindedir. Numuneler, yüzey tabakalarının ayrışmaya maruz kalmasını önlemek amacıyla yüzeyden değil, daha derin tabakalardan alınmıştır. Bu yöntem, örneklerin doğal yapısının ve özelliklerinin korunmasını sağlamak amacıyla tercih edilmiştir.
2. Yapılan deneysel çalışmalarda örneklerin yoğunluk değerlerinin 1.49-1.72 g/cm³, doygunluk derecelerinin %42-75, boşluk oranlarının 0.50-0.75, özgül ağırlıklarının 2.59-2.66, likit limit ve plastik limit değerlerinin sırasıyla %23-24 ve %22-23 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Tüm bu veriler kullanılarak hesaplanan “çökebilirlik indisi” değerinin ise 0.95-2.21 arasında değiştiği belirlenmiştir.
3. Çökebilirlik indisi (C_p) ile deneysel parametreler arasında istatistiksel ilişkiler basit regresyon analizleri ile ortaya konulmuş, genel olarak korelasyon katsayısı değerlerinin 0.84-0.90 arasında değiştiği belirlenmiştir. Analizlerde çökebilirlik indisini en yüksek korelasyon katsayısı ile özgül ağırlığın ($C_p = 27.79 G + 74.86$), en düşük korelasyon katsayısı ile birim yoğunluk değerinin ($C_p = 1271.7 e - 0.218 d$) temsil ettiği belirlenmiştir.
4. Çalışma kapsamında zeminlerin çökme potansiyelleri farklı araştırmacılar tarafından önerilen yaklaşımlar kullanılarak değerlendirilmiştir. Bell ve Bruyn (1997), Gibbs ve Bara (1962) tarafından çökebilen ve çökmeyen zeminler arasında,

doğal kuru yoğunluk ve likit limitine dayalı ayırım yapan bir grafikler kullanıldığında örneklerin % 80'inin çöken zeminler sınıfında olduğu görülmüştür. Bununla birlikte Jennings ve Knight (1975) tarafından önerilen eşitlikler kullanıldığında zeminlerin çok büyük bir bölümünün “orta çökebilir” sınıfında olduğu belirlenmiştir.

5. Yapılan tüm çalışmalar değerlendirildiğinde temin edilen örneklerin lokasyonlardan bağımsız özellik sunduğu ortaya konulmuştur. Çökebilir zeminlerle çökmeyen zeminlerin arazide belirgin bir dağılım eğilimine sahip olmaması nedeniyle özellikle kalışlerde yapılacak inşaat projelerinde parsel bazında zeminlerin çökebilirlik potansiyellerinin belirlenmesi önerilmektedir.



5. KAYNAKLAR

- Al-Rawas, A. (2000). State of the Art Review of Collapsible Soils. Sultan Qaboos University Journal for Science (SQUJS), 5, 115-135.
- Anayev, V.P. & Volyanick, N.V. (1986). Engineering geologic peculiarities of construction work on loessial soils. Proceedings of the 5th International Congress of the Association of Engineering Geologists, 2: Buenos Aires, 659-665.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), (1991). Annual Book of ASTM Standards, D4318 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, 18.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), (2003). Annual Book of ASTM Standards, D5550 – 00 Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Gas Pycnometer, pp. 1381 - 1384.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), (2003). ASTM D2435-03, Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), (2010). D4318-10e1, Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), (2003). D5333-03, Standard Test Methods for measurement of collapse potential of soils., ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Atabey, E., Atabey, N., & Kara, H. (1998). Sedimentology of caliche (calcrete) occurrences of the kirşehîr region. Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 120. 69-80.
- Azam, S. (2003). Influence of mineralogy on swelling and consolidation of soils in eastern Saudi Arabia. Canadian Geotechnical Journal, volume 40, Number 5.
- Bally, R. and Oltulescu, D. (1980). Settlement of deep collapsible loessial strata under structures – using controlled infiltration. Proceedings of the 6th Danube-European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Varna, 23-26.
- Barden, L. Mc. Grown, A. & Collins, K. (1973), The collapse mechanics in partly saturated soil. Engineering Geology, Amsterdam, 7, 49-60.
- Barden, A. Gown, M. & Collins, K. (1973) The collapse mechanism in partly saturated soil. Engineering geology, Volume 7, Issue 1, 49-60.
- Basma, A. & Tuncer, R. (1992). Evaluation and Control of Collapsible Soils. Journal of Geotechnical Engineering, Vol ,118, 10.

- Braissant, O. Cailleau, G. Dupraz, C. & Verrecchia, E. P. (2003). Bacterially induced mineralization of calcium carbonate in terrestrial environments: the role of exopolysaccharides and amino acids. *Journal of Sedimentary Research*, 73, 485–490.
- Braissant, O. & Verrecchia, E.P. (2002). Microbial biscuits of vaterite in Lake Issyk-Kul (Republic of Kyrgyzstan) – Discussion” *Journal of Sedimentary Research* 72, 944–946, 2002.
- Brink, G. & Rooy, L. (2015). The influence of the geological origin on soil volume change through collapse settlement. *Journal of African Earth Sciences*, 101, 113-118.
- Casagrande, A. (1932). Research on the Atterberg Limits of Soil. *Public Roads*. 13, 121-136.
- Cerato, A. Miller, G. & Hajjat, J. (2009). Influence of Clod-Size and Structure on Wetting-Induced Volume Change of Compacted Soil. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 135(11).
- Clayton C.R.I. & Serratrice J.F. 1993. The mechanical properties and behaviour of hard soils and soft rocks. General report, Proc. Int. Symp. on Hard Soils - Soft Rocks, Athens, Sept. 1993, Vol 3, 1839-1877.
- Clevenger, W. (1958). Experience with loess as foundation material. *Transactions, American Society of Civil Engineers, ASCE*, 123, 151-170.
- Das, B.M. (2015). *Principles of foundation engineering*. Cengage learning, Boston.
- Dicle Zemin Araştırma Mühendislik İNŞ, Uygulama İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu (1/1000 Ölçekli), Şanlıurfa, 2014.
- Dif, A.E. & Blumel, W.F. (1991). Expansive Soils under Cyclic Drying and Wetting. *Geotech Test J*, 14(1), 96-102.
- Dijkstra, T.A. Smalley, I.J. and Rogers, C.D.F. (1995). Particle packing in loess deposits and the problem of structure collapse and hydroconsolidation. *Engineering Geology* 40(1–2), 49-64.
- Dipova, N. (2011). The engineering properties of tufa in the Antalya area, SW Turkey. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 44(1), 123-134.
- Dudley, J.H. (1970). Review of collapsing soils. *ASCE Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division*, 96(SM3), 925-947.
- El-Ehwany, M. & Houston, S.L. (1990) Settlement and Moisture Movement in Collapsible Soils. *Journal of Geotechnical Engineering*, 116(10), 1521-1535.
- Erol, O. (1988). Çukurovada Kalış Tipleri. *Coğrafya Araştırmaları Dergisi*, 11(11), 9-12.
- Fener, M. (2006). Zemin Granülometrisinin Ön Konsolidasyon Basıncı ve Zemin Hafızasına Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.

- Gaaver, K. (2012). Geotechnical properties of Egyptian collapsible soils. *International Alexandria Engineering Journal*, 51, 205-210.
- Gajo, A. & Loret, B. (2003). Finite element simulations of chemo-mechanical coupling in elastic-plastic homoionic expansive clays. *Computer methods in applied mechanics and engineering*, 192(31-32), 3489-3530.
- Gibbs, HJ. Bara, JP. (1962). Predicting surface subsidence from basic soil tests. *ASTM STP* 322:277-283.
- Goudie, A.S. & Pye, K. (1983). *Chemical Sediments and Geomorphology*. Academic Press, Cambridge, 490 p.
- Gürpınar, O. Yalçın, N. Gözübol, A. Tuğrul, A. Dalgıç, S. Kürkanç, M. Hoşgörmez, H. Altınok, Y. Özer, M. Bulkanveşiladalı, Ö. Ündül, Ö. Zarif, H. ve Şenyuva, T. (2004). Birecik Şanlıurfa Yöresinin Temel Jeolojik Özellikleri ve Jeolojik Miras Envanteri, *TUBA Kültür Envanteri Dergisi*, 2, 157-167.
- Habibagahi, G. & Mokhberi, M. (1998). A hyperbolic model for volume change behavior of collapsible soils. *Canadian Geotechnical Journal*, Volume 35, Number, 2, 22.
- Holtz, W.G. & Hilf, J.W. (1961). Settlement of soil foundations due to saturation. *Proceeding. 5th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Paris, vol 1, 673-679.
- Houston, S.L & Houston, W.N. (1997). Collapsible soils engineering. *Unsaturated Soil Engineering Practice. Geotechnical Special Publication, ASCE proceedings of the 1997 1st Geo Institute Conference*, Logan UT, USA, Part 68, 199-232.
- Howard, A. (1988). *Unified Soil Classification System*. Geotechnical Services Branch, Research and laboratory Services Division, Denver, Colorado.
- Jefferson, I. Evstatiev, D. & Karastanev, D. (2008). The treatment of collapsible loess soils using cement materials. *GeoCongress 2008: Geosustainability and Geohazard Mitigation - New Orleans, LA, United States*.
- Jennings, J. E. & Knight, K. (1975). A guide to construction on or with materials exhibiting additional settlement due to collapse of grain structure. *Proc of Sixth Regional Conf for Africa on Soil Mechanics and Foundations Engineering*, South African Soil Mech and Found, Engrg, Society, Durban, South Africa, 1, 99-105.
- Jones, E. & Holtz, G. 1973. *Expansive soils the hidden disaster*. American Society of Civil Engineers. New York, United States, 10017-2398.
- Jotisankasa, A. Coop, M. & Ridley, A. (2006). Discussion "The development of a suction control system for a triaxial apparatus". *Geotechnical Testing Journal*, Vol 30, No 1, 1-7.
- Kalpıkcı, V. (2017). Collapse of Base Soils and its Consequences During a Cement Plant Construction. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4), 500-510.

- Kapur, S. Gül, A. & Taner, F. (1983). Çukurova Bölgesindeki Kilce Zengin Toprakların X-İşm Analizleri ve bu Topraklara Asit Aktivasyonunun Etkisi. I Ulusal Kil Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 72-80, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Knodel, P. (1992). Characteristics and Problems of Collapsible Soils. Materials Engineering Branch, Research and Laboratory Services Division, Denver, Colorado.
- Lamyaa, N. Fauziah, A. Azlin, MS. & Adnan, JZ. (2013). Collapsibility and Compressibility of Gypseous Soils. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 7, 196-199.
- Li, P. & Vanapalli, S. (2018). Simple Method for Prediction of the Soil Collapse Behavior due to Wettin. International Journal of Geomechanics, 18 (11), 06018026.
- Li, P. Vanapalli, S. & Li, T. (2015). Review of Collapse Triggering Mechanism of Collapsible Soils due to Wetting. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 8(2016), 256-274.
- Machette, M.N. (1985). Calcic soils of the southwestern United States. Geol, Surv, Am, Spec. Publ, 203: 1-21.
- Mahmood, MS. (2018). Effect of Soaking on the Compaction Characteristics of Al-Najaf Sand Soil. Kufa Journal of Engineering, 9, 1-12.
- Momeni, M. Shafiee, A. Heidari, M. Jafari, M. & MahdaviFar, M. (2012). Evaluation of soil collapse potential in regional scale. Natural Hazards, Volume 64, pages 459–479.
- Noutash, M. Hajialilue, B. & Cheshmdoost, M. (2010). Preponding of canals as a remediation method for collapsible soils. 4th International Conference on Geotechnical Engineering and Soil Mechanics, Tehran.
- Noutash, M. Bonab, M. & Noutash, M. (2013). Use of Liquid Limit and Dry Density Test Method for Collapsible Soil Identification. 7th Conference of the International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, Missouri University of Science and Technology, Chicago.
- Pereira, H. F. & Delwyn, G. Fredlund (2000). Volume Change Behavior of Collapsible Compacted Gneiss Soil. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol 126, No 10.
- Popescu, E. (1986). A comparison between the behaviour of swelling and of collapsing soils. Engineering Geology, Volume 23, Issue 2, 145-163.
- Roa, S. (2002). Collapse Behaviour of a Residual Soil. ResearchGate, Geotechnique, 52(4), 259-268.
- Rollins, K.M. & Rogers, G.W. (1994). Mitigation measures for small structures on collapsible alluvial soils. Journal of Geotechnical Engineering, 120: 1533-1553.
- Rollins, KM. & Williams, L. (1991). Collapsible soil hazard mapping for Cedar City. In Proceedings of the 27th symposium on engineering geology and geotechnical engineering, Logan, Utah, paper 31, pp 1–16.

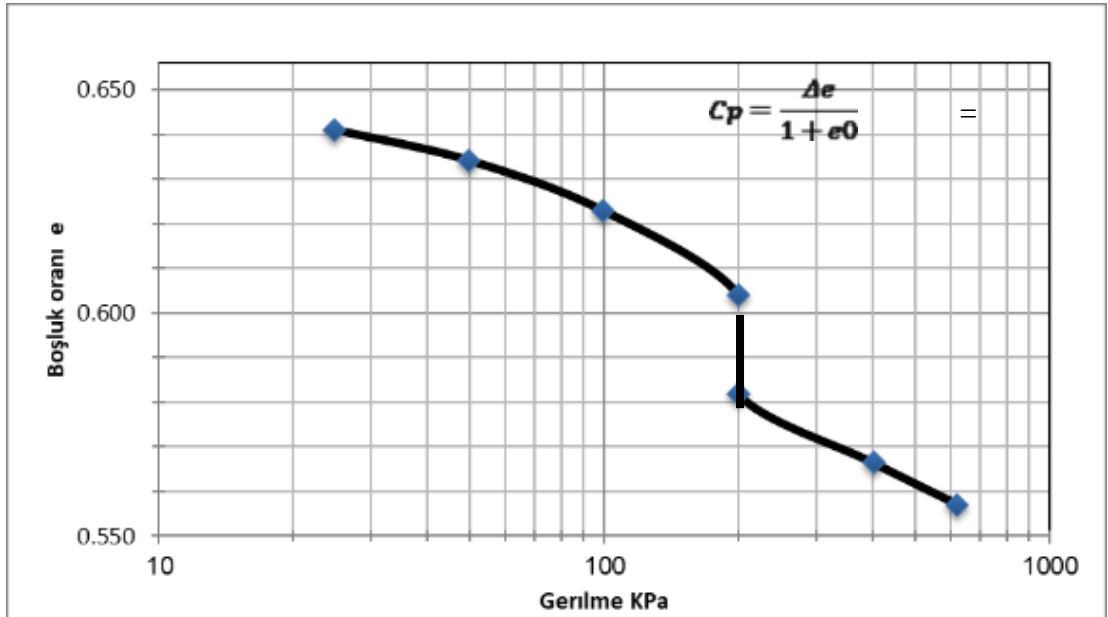
- Sadeghi, H. & Ali Panahi, P. (2020). Saturated hydraulic conductivity of problematic soils measured by a newly developed low-compliance triaxial permeameter. Elsevier, Engineering Geology, Volume 278, 105827.
- Santagata, M. (2011). Identification and Behavior of Collapse Soil. Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana.
- Schanz, T. & Karim, HH. (2018). Geotechnical Characteristics of Some Iraqi Gypseous Soils. MATEC Web of Conferences, EDP Sciences.
- Şenol, M. (1989). Adana-Balcalı Çatalan Bölgesinin Genç Tersiyer-Kuvaterner İstifinin Lito-Pedolojik ve Sedimentolojik İncelemesi. Doktora Tezi, Ç.Ü Fen Bilimleri Ens, 128s.
- Shalaby, S. (2016). Potential Collapse for Sandy Compacted Soil during Inundation. International Journal of Innovative Science Engineering and Technology (IJSET), 4(5), 307-313.
- Tadepalli, R. & Fredlund, D.G. 1991. The Collapse Behavior of a Compacted Soil During Inundation. Canadian Geotechnical Journal, 28(4), 477–488.
- Terzaghi, K. & Peck, B. (1948). Soil Mechanics in Engineering Practice. John Wiley, New York.
- Thomas, P. (1998). Quantifying Properties and Variability of Expansive Soils in Selected Map Units. Blacksburg, Virginia.
- Tucker, ME. (1991). Sequence stratigraphy of carbonate evaporite basins: models and application to the Upper Permian (Zechstein) of northeast England and adjoining North Sea. J Geol Soc Lond, 148: 1019–1036.
- Wright, V.P. & Tucker, M.E. (1991). Caleretes an introduction Intern Assoc Sedimentol. Repr, Set, 2: 1-22.
- Yaalon, D.H. (1988). Calcic horizon and calcrete in Aridic soils and paleosols, progress in the last twenty two years. Soil Sci, Soc, Am, Agron, Abstr.
- Yılmaz, I. ve Smith, I. (1992). Yumuşakken ve sertken seviyelerinden oluşan kalışın jeolojik ve jeoteknik özellikleri (in Turkish). Türkiye jeoloji kurultayı Bülteni S7, 145–152.
- Yong, R. & Warkentin, B. (1966). Introduction to soil behavior, New York, Macmillan.
- Zorlu, K. & Kasapoğlu, K. (2004). Adana yöresindeki kalışlarda iç yapı çökme potansiyelinin tahminine yönelik görgül bir yaklaşım. Yerbilimleri, 25 (29), 133-141.

6. EKLER

Ek 1. Numune 1, Grup A, Deneyin Sonucu

GRUP A NUMUNE 1			EK 1
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

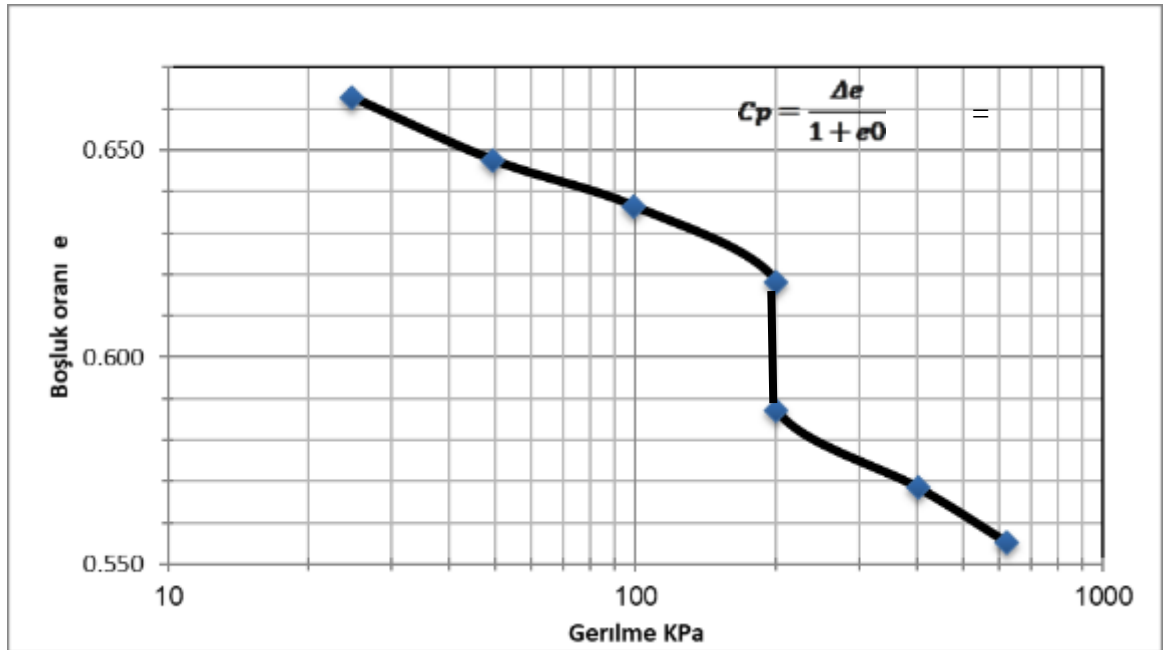
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe _o	Boşluk Oranı e _o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.656	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0183	0.0152	0.641	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağırlığı	g	209.04	16	48	0.0265	0.0219	0.634	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağırlığı	g	195.22	32	72	0.0401	0.0332	0.623	99.2	
Numune Su Ağırlığı	g	13.82	64.55	96	0.063	0.0522	0.604	200.0	
Numune Kuru Ağırlığı	g	101.29	64.55	168	0.0897	0.0743	0.582	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	13.6	130	192	0.1085	0.0899	0.566	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.82	200	216	0.1199	0.0993	0.557	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.60							
Doygunluk Derecesi	%	0.55							
Boşluk Oranı e _o	-	0.656							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.65							



Ek 2. Numune 2, Grup A, Deneyin Sonucu

GRUP A NUMUNE 2			EK 2
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

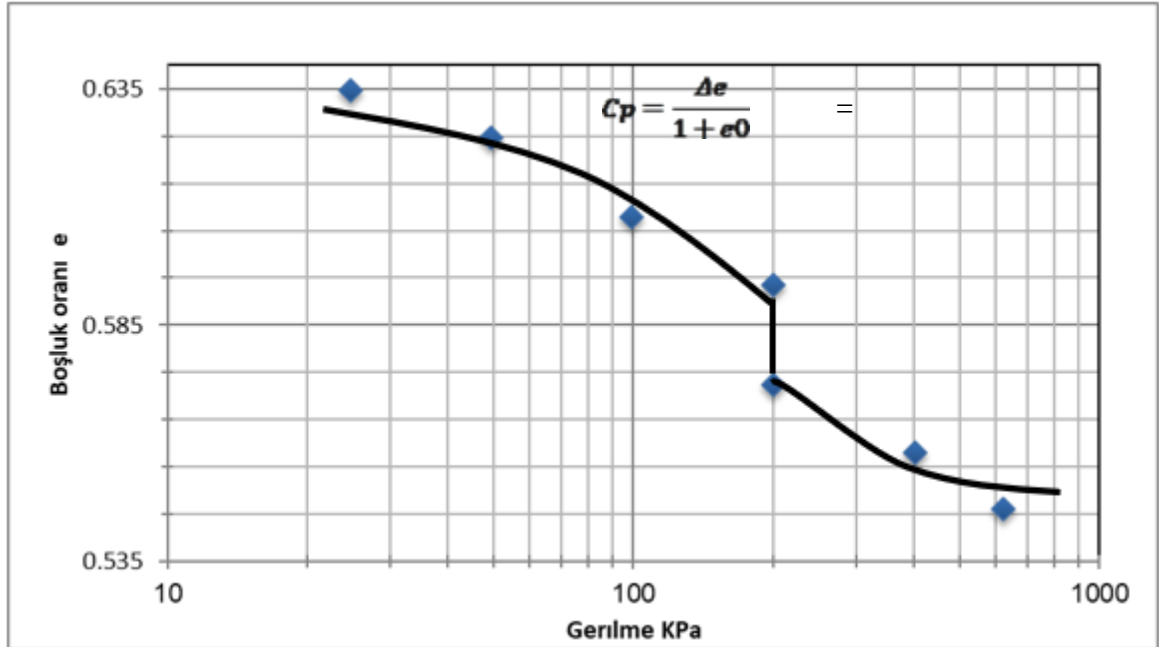
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.671	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0101	0.0084	0.663	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.90	16	48	0.0284	0.0237	0.648	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	194.31	32	72	0.0416	0.0348	0.636	99.2	
Numune Su Ağı	g	14.59	64.55	96	0.0635	0.0531	0.618	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	100.83	64.55	168	0.1005	0.0840	0.587	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	14.5	130	192	0.1229	0.1027	0.569	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.82	200	216	0.1388	0.1160	0.555	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.59							
Doygunluk Derecesi	%	0.57							
Boşluk Oranı e_0	-	0.671							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.65							



Ek 3. Numune 3, Grup A, Deneyin Sonucu

GRUP A NUMUNE 3			EK 3
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

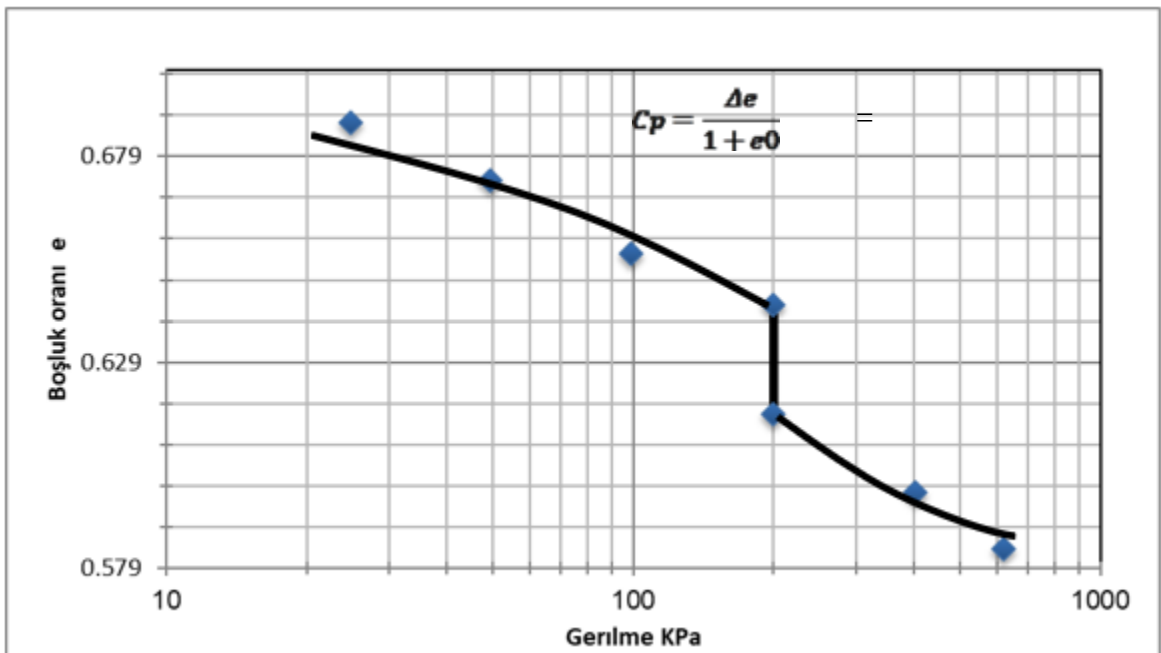
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe ₀	Boşluk Oranı e ₀	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.642	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0092	0.0076	0.635	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	207.74	16	48	0.0214	0.0176	0.625	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	196.09	32	72	0.0416	0.0342	0.608	99.2	
Numune Su Ağı	g	11.65	64.55	96	0.0592	0.0486	0.594	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	102.16	64.55	168	0.085	0.0698	0.572	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	11.4	130	192	0.1023	0.0840	0.558	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.80	200	216	0.1171	0.0961	0.546	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.61							
Doygunluk Derecesi	%	0.47							
Boşluk Oranı e ₀	-	0.642							
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.65							



Ek 4. Numune 4, Grup A, Deneyin Sonucu

GRUP A NUMUNE 4			EK 4
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

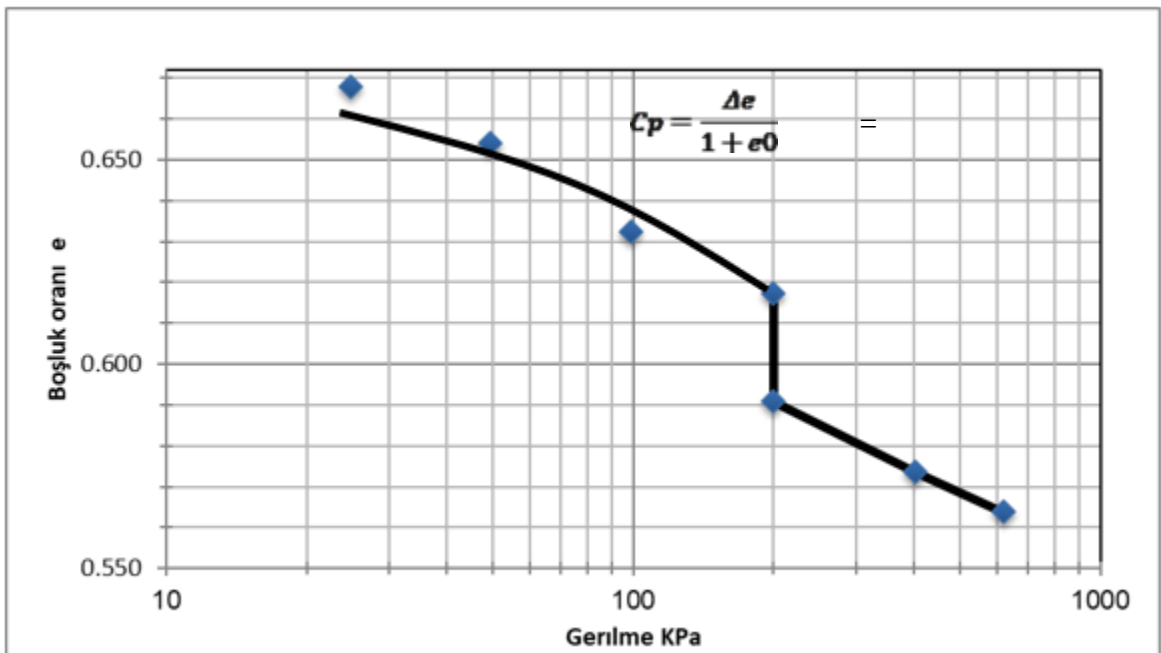
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.703	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0189	0.0161	0.687	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	207.88	16	48	0.0356	0.0303	0.673	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	192.42	32	72	0.0564	0.0480	0.655	99.2	
Numune Su Ağı	g	15.46	64.55	96	0.0709	0.0604	0.643	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	98.49	64.55	168	0.1021	0.0870	0.616	200.0	Doğgunluk aşaması
Su Muhtevası	%	15.7	130	192	0.1245	0.1060	0.597	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.80	200	216	0.1406	0.1197	0.584	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.56							
Doğgunluk Derecesi	%	0.59							
Boşluk Oranı e_0	-	0.703							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.65							



Ek 5. Numune 5, Grup A, Deneyin Sonucu

GRUP A NUMUNE 5			EK 5
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

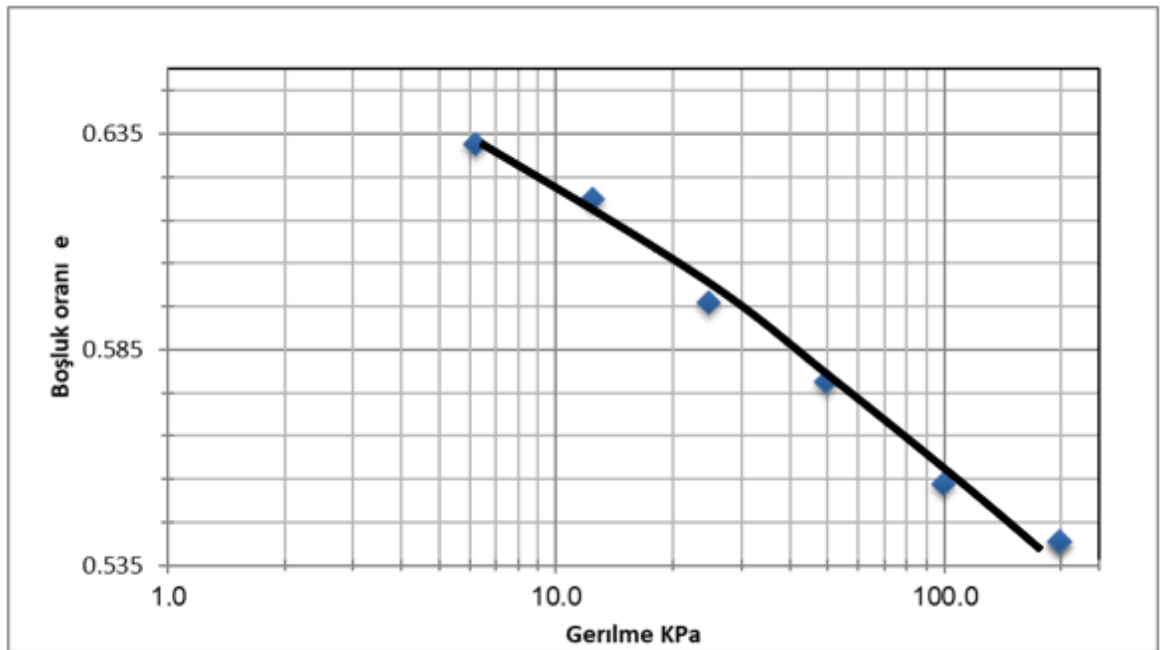
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.681	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0156	0.0131	0.668	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.33	16	48	0.0323	0.0272	0.654	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	193.72	32	72	0.0582	0.0489	0.632	99.2	
Numune Su Ağı	g	14.61	64.55	96	0.0759	0.0638	0.617	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	99.79	64.55	168	0.1075	0.0904	0.591	200.0	Doğgunluk aşaması
Su Muhtevası	%	14.6	130	192	0.1281	0.1077	0.573	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.81	200	216	0.1396	0.1173	0.564	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.58							
Doğgunluk Derecesi	%	0.57							
Boşluk Oranı e_0	-	0.681							
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.65							



Ek 6. Numune 6, Grup A, Deneyin Sonucu

GRUP A NUMUNE 6			EK 6
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

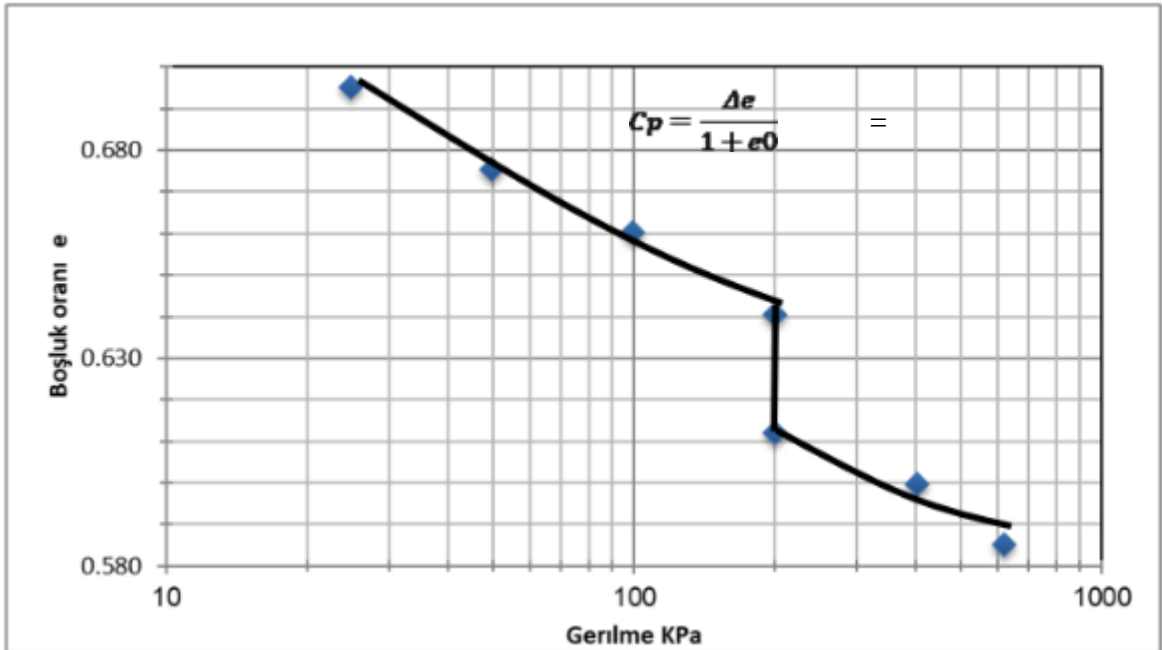
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.653	0
Numune Hacmi	cm ³	63.31	2	24	0.0246	0.0203	0.633	6.2
Ring +Yaş Numune Ağ	g	209.47	4	48	0.0401	0.0331	0.620	12.4
Ring+Kuru Numune Ağ	g	195.42	8	72	0.0689	0.0569	0.596	24.8
Numune Su Ağ	g	14.05	16	96	0.0914	0.0755	0.577	49.6
Numune Kuru Ağ	g	101.49	32	168	0.1198	0.0990	0.554	99.2
Su Muhtevası	%	13.8	64	192	0.1359	0.1123	0.541	198.3
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.83						
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.60						
Doygunluk Derecesi	%	0.56						
Boşluk Oranı e_0	-	0.653						
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.65						



Ek 7. Numune 7, Grup B, Deneyin Sonucu

GRUP B NUMUNE 7			EK 7
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

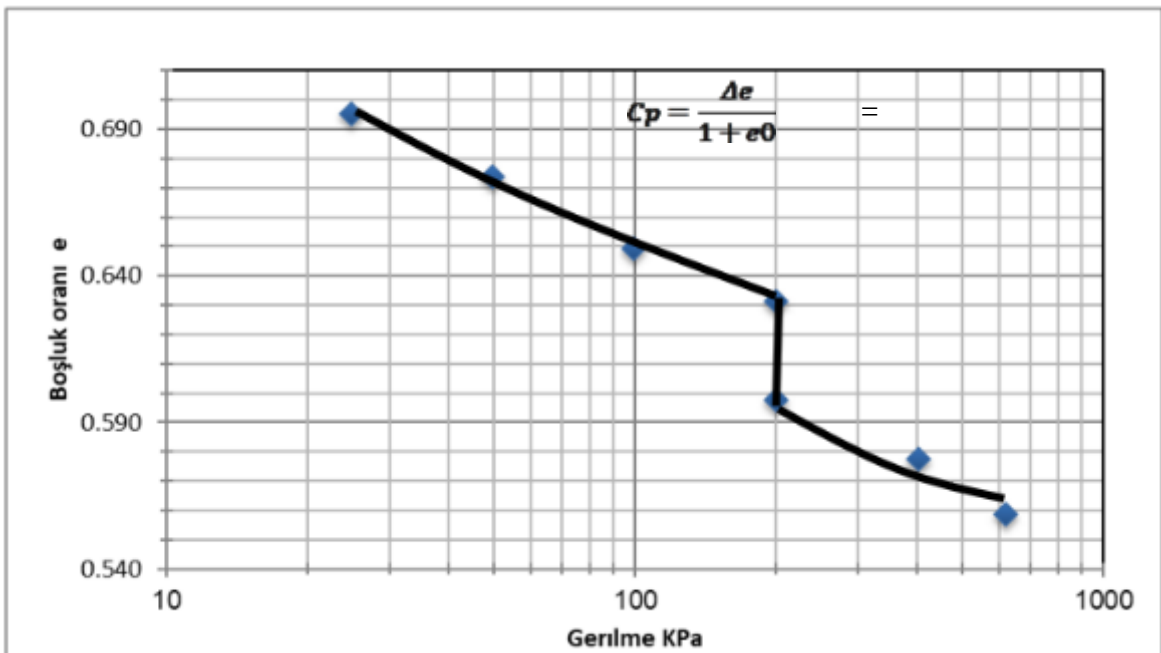
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.712	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0195	0.0167	0.695	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.24	16	48	0.0426	0.0365	0.675	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	191.19	32	72	0.0602	0.0515	0.660	99.2	
Numune Su Ağı	g	17.05	64.55	96	0.0834	0.0714	0.640	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	97.26	64.55	168	0.1167	0.0999	0.612	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	17.5	130	192	0.1311	0.1122	0.600	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.81	200	216	0.1480	0.1267	0.585	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.54							
Doygunluk Derecesi	%	0.65							
Boşluk Oranı e_0	-	0.712							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.63							



Ek 8. Numune 8, Grup B, Deneyin Sonucu

GRUP B NUMUNE 8			EK 8
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

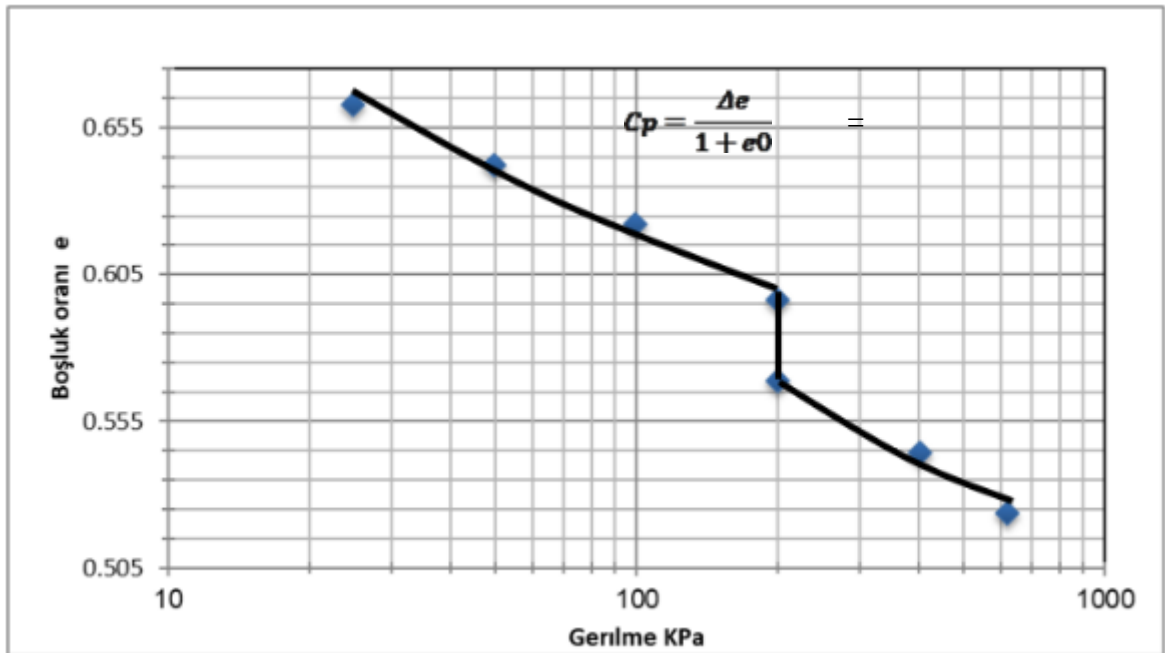
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe _o	Boşluk Oranı e _o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.718	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0263	0.0226	0.695	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.65	16	48	0.051	0.0438	0.674	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	190.86	32	72	0.0794	0.0682	0.649	99.2	
Numune Su Ağı	g	17.79	64.55	96	0.1003	0.0861	0.632	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	96.93	64.55	168	0.1397	0.1200	0.598	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	18.4	130	192	0.1632	0.1402	0.578	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	18.1	200	216	0.1849	0.1588	0.559	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.53							
Doygunluk Derecesi	%	0.67							
Boşluk Oranı e _o	-	0.718							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.63							



EK 9. Numune 9, Grup B, Deneyin sonucu

GRUP B NUMUNE 9			EK 9
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

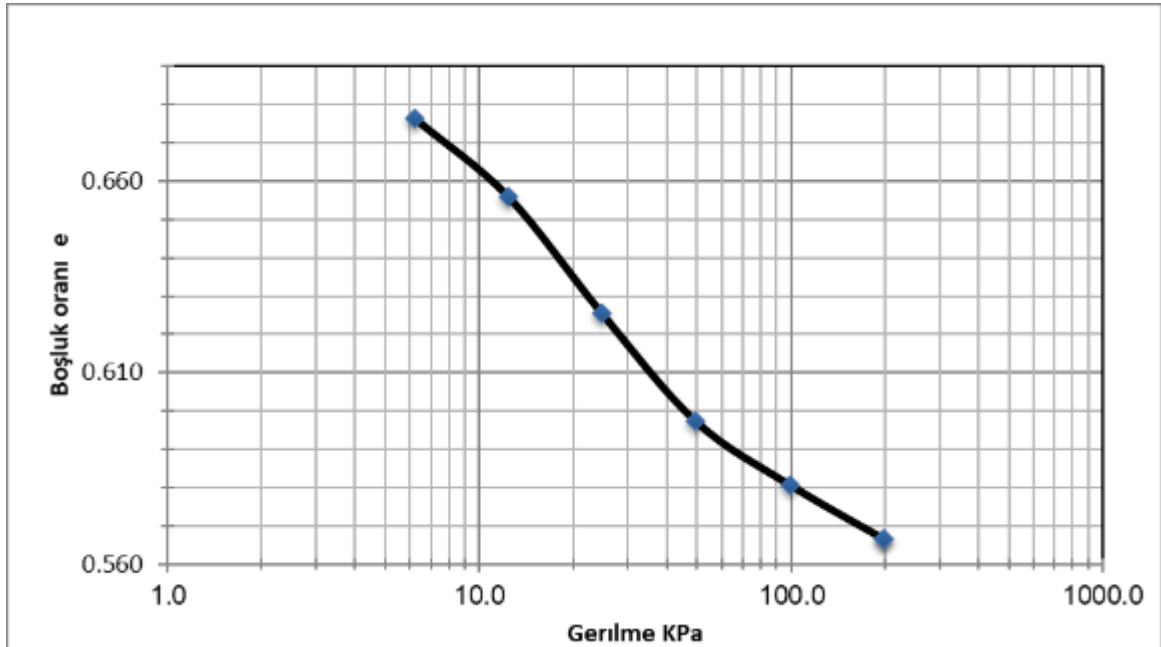
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.678	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0177	0.0148	0.663	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	207.14	16	48	0.0423	0.0355	0.642	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	193.16	32	72	0.0664	0.0557	0.622	99.2	
Numune Su Ağı	g	13.98	64.55	96	0.0974	0.0817	0.596	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	99.23	64.55	168	0.1302	0.1092	0.569	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	14.1	130	192	0.1592	0.1336	0.544	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.79	200	216	0.184	0.1544	0.524	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.57							
Doygunluk Derecesi	%	0.55							
Boşluk Oranı e_0	-	0.678							
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.63							



Ek 10. Numune 10, Grup B, Deneyin Sonucu

GRUP B NUMUNE 10			EK 10
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

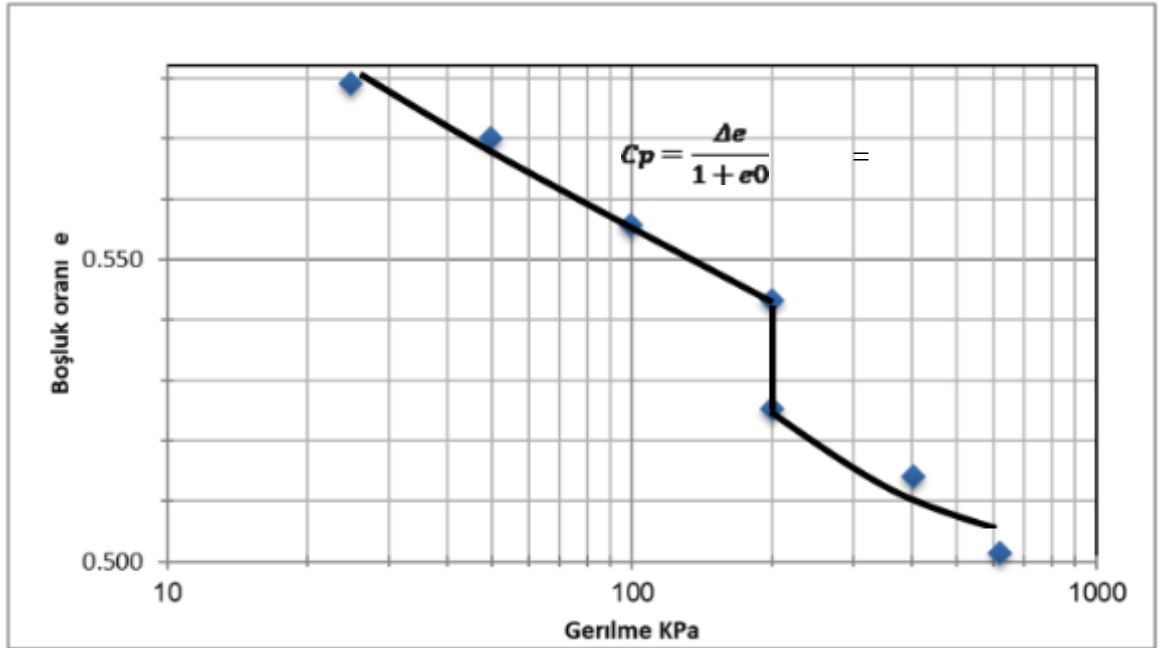
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.704	0
Numune Hacmi	cm ³	63.31	2	24	0.0321	0.0273	0.676	6.2
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.03	4	48	0.0563	0.0480	0.656	12.4
Ring+Kuru Numune Ağı	g	191.65	8	72	0.0918	0.0782	0.626	24.8
Numune Su Ağı	g	16.38	16	96	0.125	0.1065	0.597	49.6
Numune Kuru Ağı	g	97.92	32	168	0.1445	0.1231	0.581	99.2
Su Muhtevası	%	16.8	64	192	0.1612	0.1373	0.566	198.3
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.80						
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.54						
Doygunluk Derecesi	%	0.63						
Boşluk Oranı e_o	-	0.704						
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.63						



Ek 11. Numune 11, Grup C, Deneyin Sonucu

GRUP C NUMUNE 11			EK 11
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

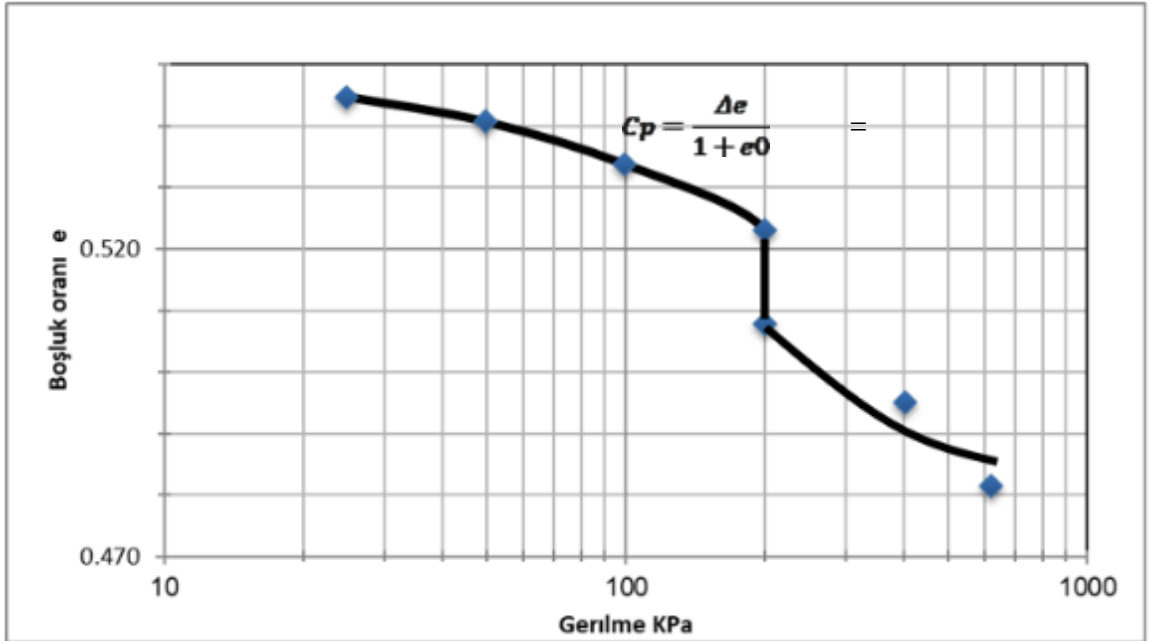
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.587	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0093	0.0074	0.579	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	210.74	16	48	0.0208	0.0165	0.570	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	200.07	32	72	0.0389	0.0309	0.556	99.2	
Numune Su Ağı	g	10.67	64.55	96	0.0545	0.0432	0.543	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	106.14	64.55	168	0.0773	0.0613	0.525	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	10.1	130	192	0.0914	0.0725	0.514	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.85	200	216	0.1073	0.0851	0.501	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.68							
Doygunluk Derecesi	%	0.46							
Boşluk Oranı e_0	-	0.587							
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.66							



Ek 12. Numune 12, Grup C, Deneyin Sonucu

GRUP C NUMUNE 12			EK 12
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

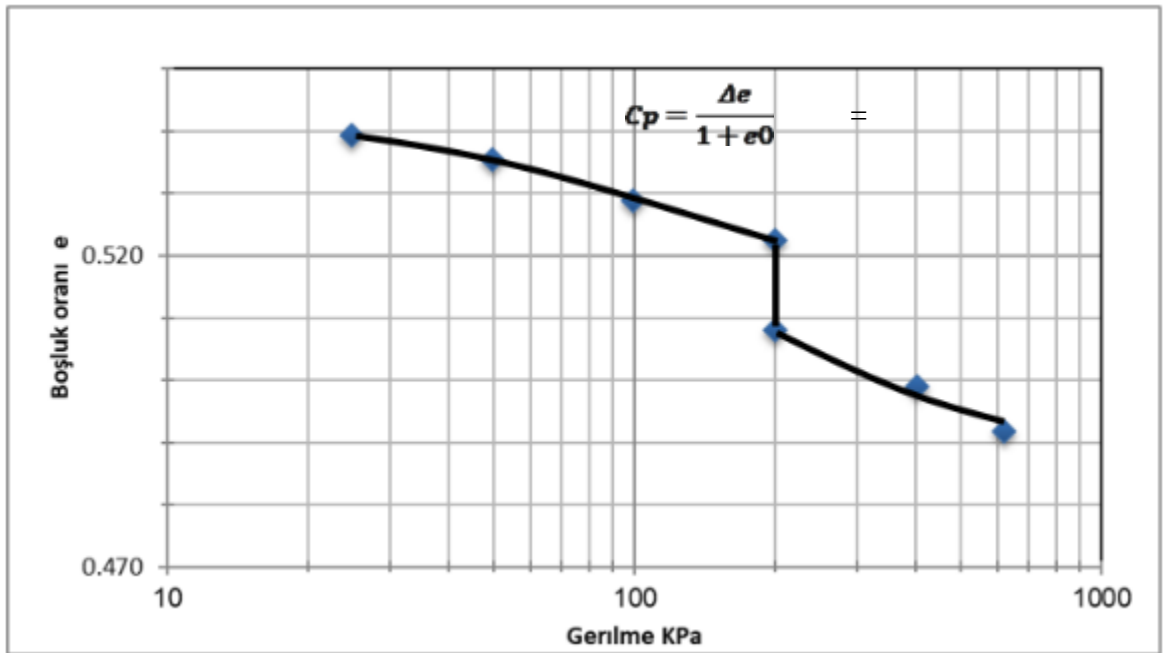
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.550	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0073	0.0057	0.545	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	212.36	16	48	0.0125	0.0097	0.541	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	202.54	32	72	0.0214	0.0166	0.534	99.2	
Numune Su Ağı	g	9.82	64.55	96	0.0352	0.0273	0.523	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	108.61	64.55	168	0.0549	0.0426	0.508	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	9	130	192	0.0715	0.0554	0.495	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.87	200	216	0.089	0.0690	0.481	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.72							
Doygunluk Derecesi	%	0.44							
Boşluk Oranı e_0	-	0.550							
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.66							



Ek 13. Numune 13, Grup C, Deneyin Sonucu

GRUP C NUMUNE 13			EK 13
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

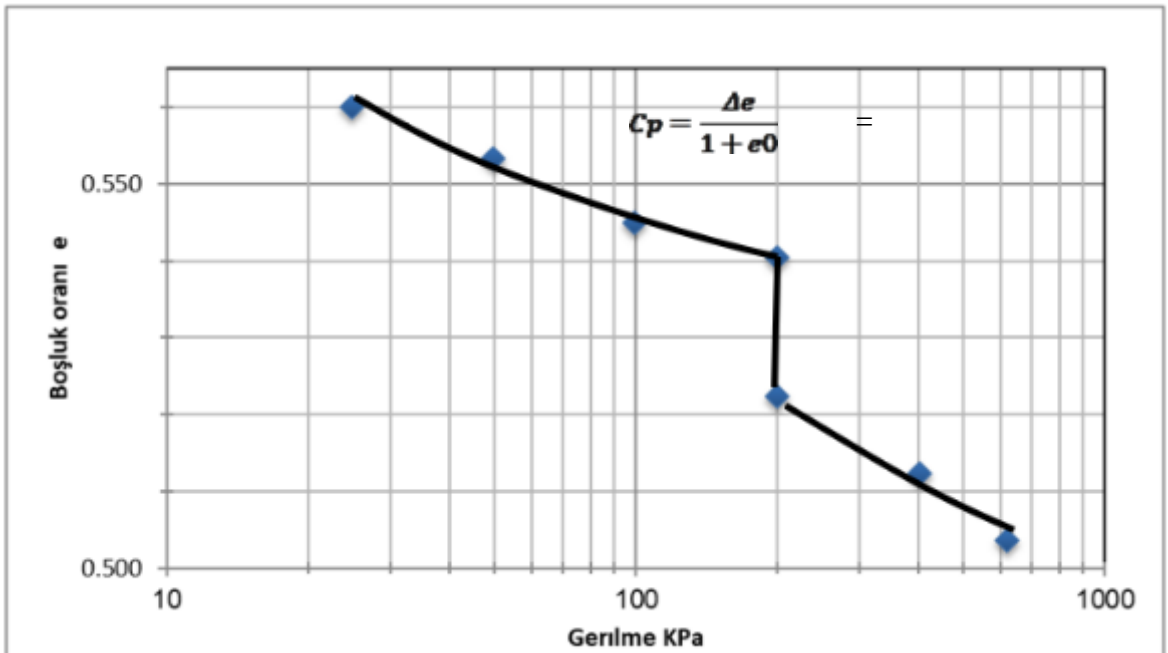
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.544	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0058	0.0045	0.539	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	212.90	16	48	0.0109	0.0084	0.535	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	203.01	32	72	0.0194	0.0150	0.529	99.2	
Numune Su Ağı	g	9.89	64.55	96	0.0275	0.0212	0.523	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	109.08	64.55	168	0.0462	0.0357	0.508	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	9.1	130	192	0.058	0.0448	0.499	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.88	200	216	0.0673	0.0519	0.492	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.72							
Doygunluk Derecesi	%	0.44							
Boşluk Oranı e_0	-	0.544							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.66							



Ek 14. Numune 14, Grup C, Deneyin Sonucu

GRUP C NUMUNE 14			EK 14
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

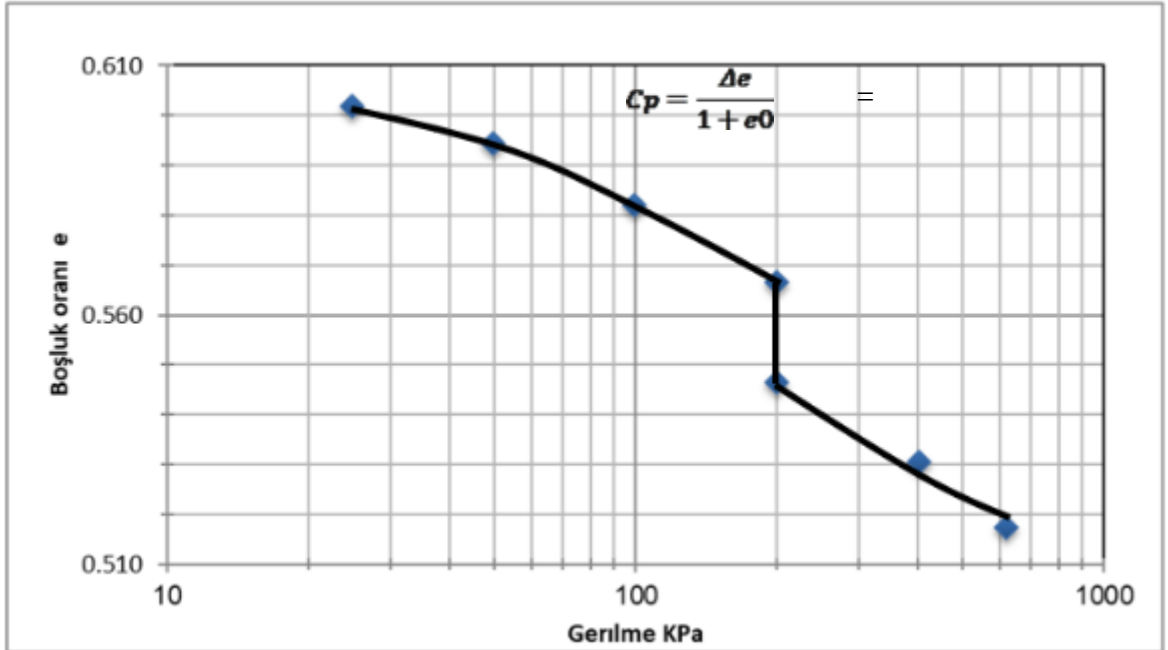
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.568	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0101	0.0079	0.560	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	211.84	16	48	0.0186	0.0146	0.553	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	201.33	32	72	0.0293	0.0230	0.545	99.2	
Numune Su Ağı	g	10.51	64.55	96	0.035	0.0274	0.540	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	107.40	64.55	168	0.058	0.0455	0.522	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	9.8	130	192	0.0709	0.0556	0.512	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.86	200	216	0.0821	0.0644	0.504	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.70							
Doygunluk Derecesi	%	0.46							
Boşluk Oranı e_o	-	0.568							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.66							



Ek 15. Numune 15, Grup C, Deneyin Sonucu

GRUP C NUMUNE 15			EK 15
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

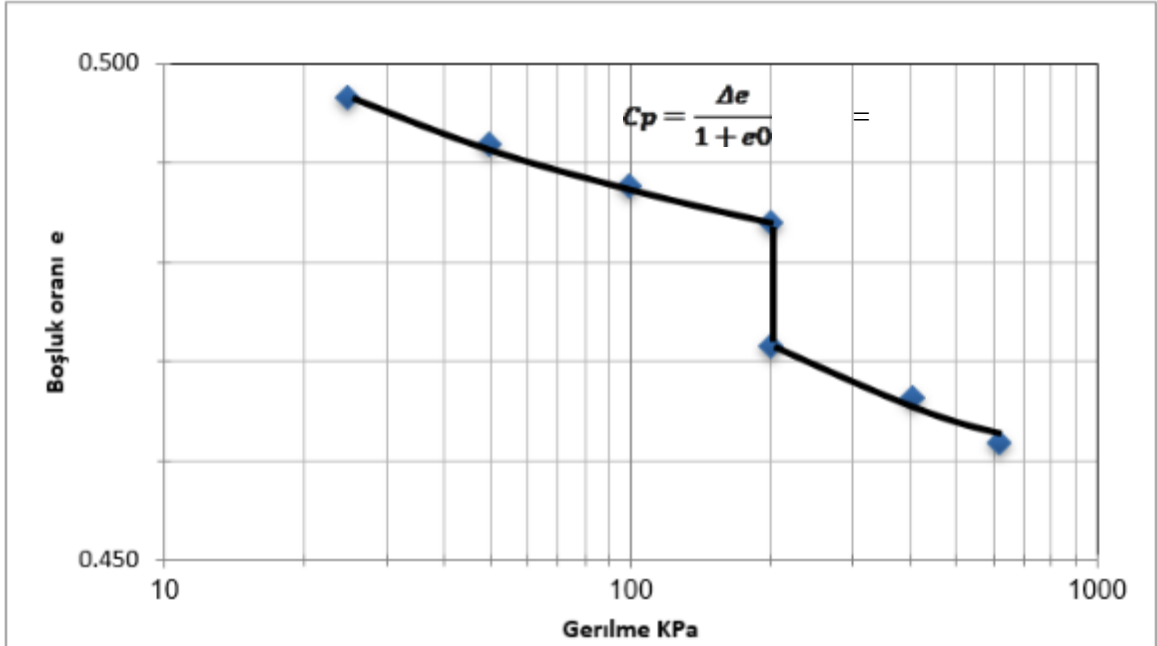
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.612	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0125	0.0101	0.602	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	210.01	16	48	0.0218	0.0176	0.594	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	198.40	32	72	0.0370	0.0298	0.582	99.2	
Numune Su Ağı	g	11.61	64.55	96	0.0561	0.0452	0.567	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	104.47	64.55	168	0.0813	0.0655	0.546	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	11.1	130	192	0.1010	0.0814	0.530	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.83	200	216	0.1174	0.0946	0.517	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.65							
Doygunluk Derecesi	%	0.48							
Boşluk Oranı e_o	-	0.612							
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.66							



Ek 16. Numune 16, Grup C, Deneyin Sonucu

GRUP C NUMUNE 16			EK 16
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

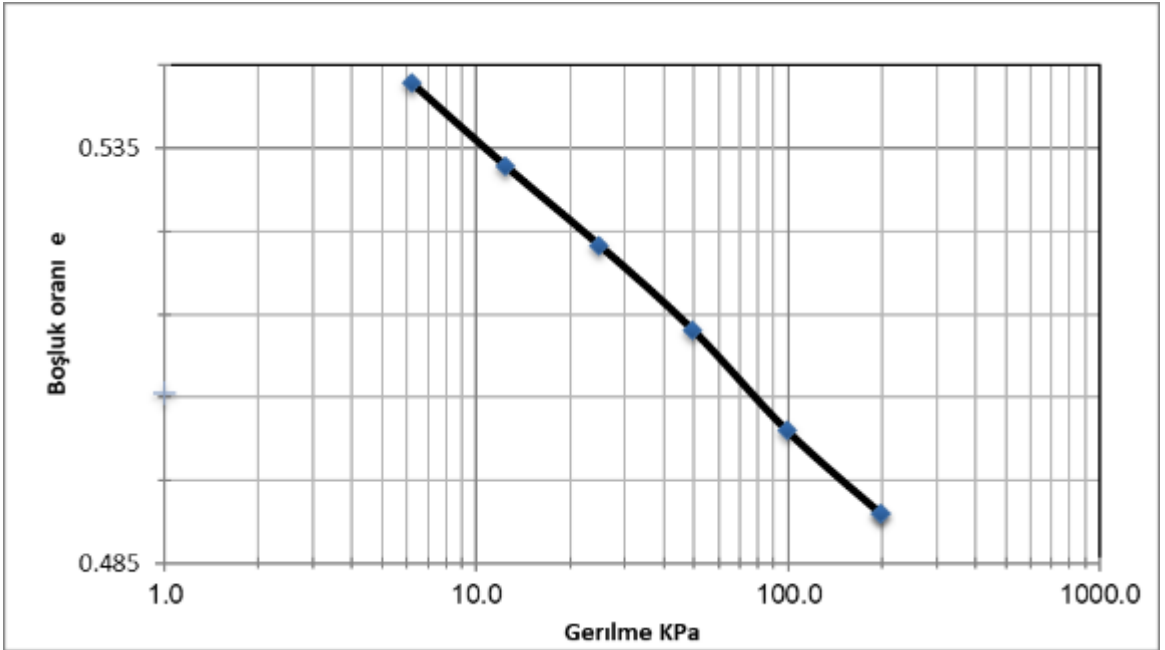
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.500	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0043	0.0032	0.497	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	215.10	16	48	0.0106	0.0079	0.492	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	206.21	32	72	0.0161	0.0121	0.488	99.2	
Numune Su Ağı	g	8.89	64.55	96	0.0211	0.0158	0.484	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	112.28	64.55	168	0.0376	0.0282	0.472	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	7.9	130	192	0.0445	0.0334	0.466	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.91	200	216	0.0507	0.0380	0.462	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.77							
Doygunluk Derecesi	%	0.42							
Boşluk Oranı e_o	-	0.500							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.66							



Ek 17. Numune 17, Grup C, Deneyin Sonucu

GRUP C NUMUNE 17			EK 17
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

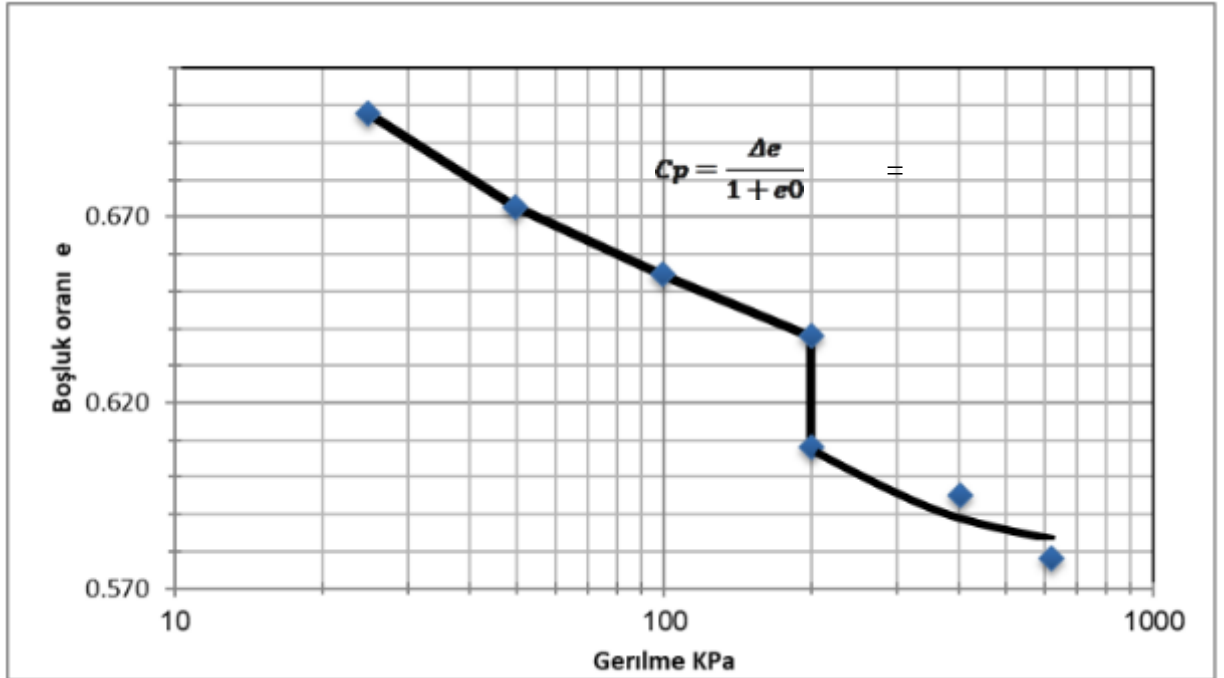
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.552	0
Numune Hacmi	cm ³	63.31	2	24	0.0119	0.0092	0.543	6.2
Ring +Yaş Numune Ağı	g	211.64	4	48	0.0248	0.0192	0.533	12.4
Ring+Kuru Numune Ağı	g	201.20	8	72	0.0371	0.0288	0.523	24.8
Numune Su Ağı	g	10.44	16	96	0.0503	0.0390	0.513	49.6
Numune Kuru Ağı	g	107.27	32	168	0.0659	0.0511	0.501	99.2
Su Muhtevası	%	9.7	64	192	0.0788	0.0612	0.491	198.3
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.86						
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.69						
Doygunluk Derecesi	%	0.46						
Boşluk Oranı e_o	-	0.552						
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.66						



Ek 18. Numune 18, Grup D, Deneyin Sonucu

GRUP D NUMUNE 18			EK 18
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

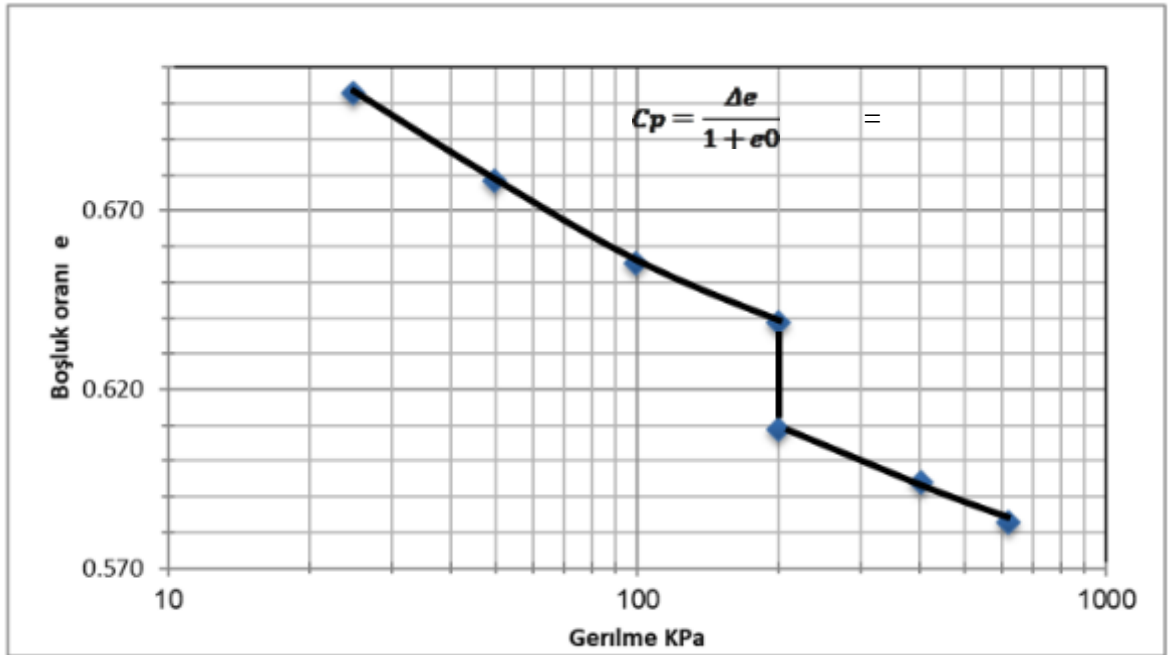
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.716	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0214	0.0184	0.698	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	207.53	16	48	0.0508	0.0436	0.673	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	190.57	32	72	0.072	0.0618	0.654	99.2	
Numune Su Ağı	g	16.96	64.55	96	0.0913	0.0783	0.638	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	96.64	64.55	168	0.126	0.1081	0.608	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	17.5	130	192	0.1414	0.1213	0.595	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.79	200	216	0.1611	0.1382	0.578	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.53							
Doygunluk Derecesi	%	0.64							
Boşluk Oranı e_0	-	0.716							
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 19. Numune 19, Grup D, Deneyin Sonucu

GRUP D NUMUNE 19			EK 19
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

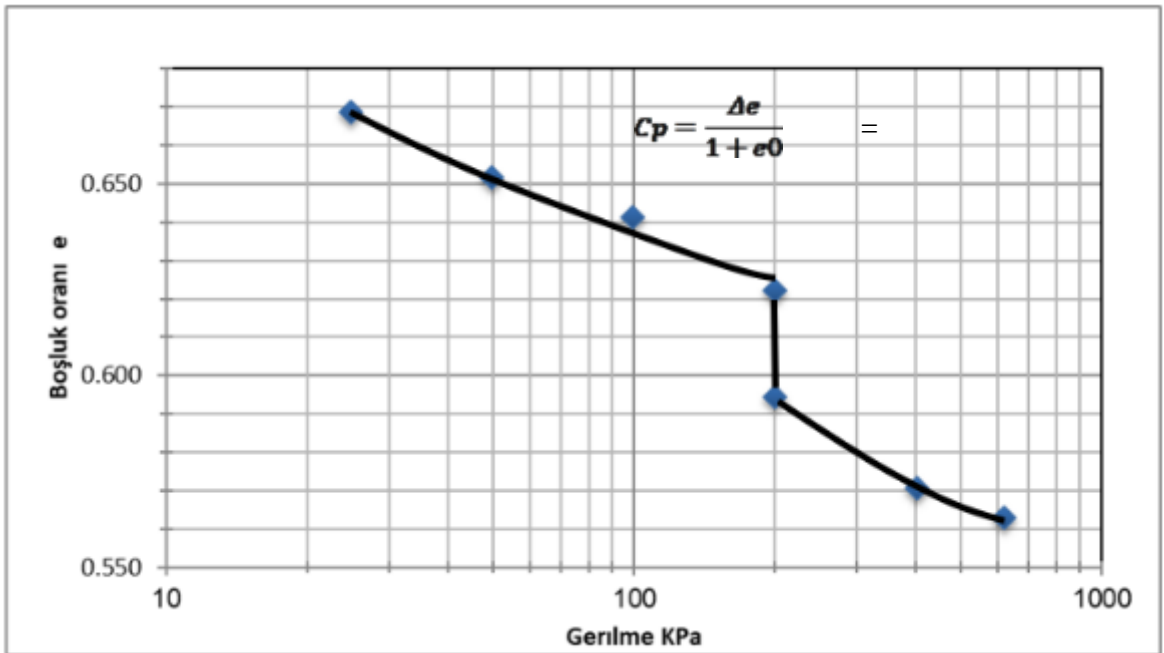
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe _o	Boşluk Oranı e _o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.720	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0201	0.0173	0.703	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	207.75	16	48	0.0488	0.0420	0.678	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	190.35	32	72	0.0756	0.0650	0.655	99.2	
Numune Su Ağı	g	17.40	64.55	96	0.0949	0.0816	0.639	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	96.42	64.55	168	0.1293	0.1112	0.609	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	18.0	130	192	0.1465	0.1260	0.594	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.80	200	216	0.1596	0.1373	0.583	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.52							
Doygunluk Derecesi	%	0.66							
Boşluk Oranı e _o	-	0.720							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 20. Numune 20, Grup D, Deneyin Sonucu

GRUP D NUMUNE 20			EK 20
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

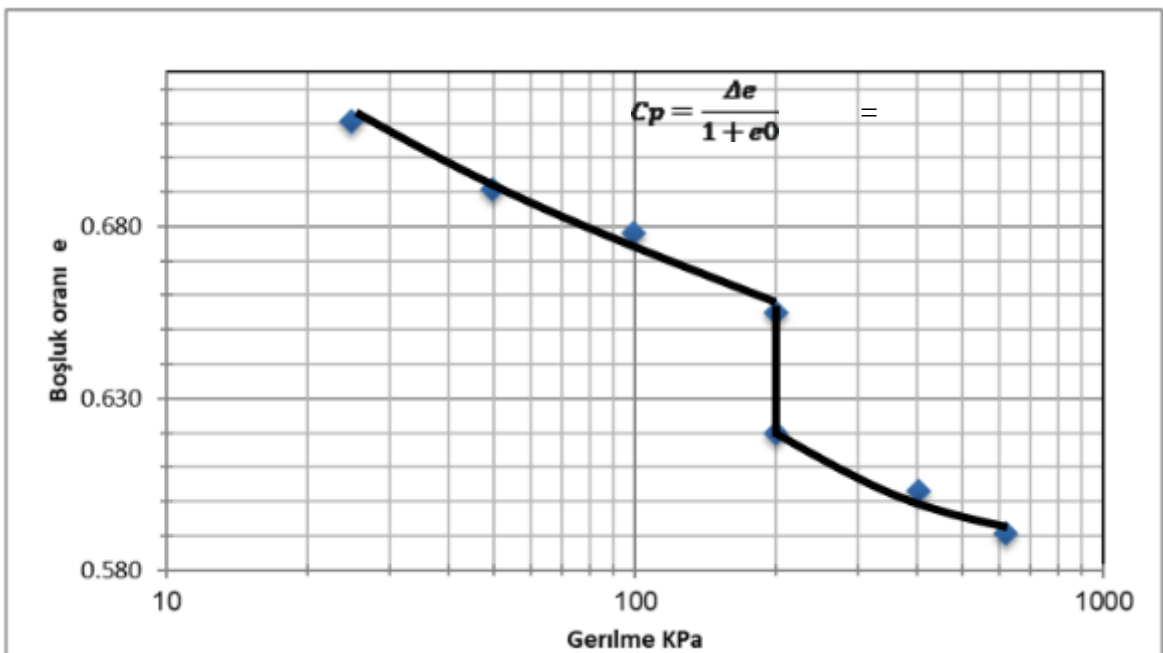
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.684	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0178	0.0150	0.669	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	206.56	16	48	0.038	0.0320	0.652	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	192.44	32	72	0.0503	0.0423	0.641	99.2	
Numune Su Ağı	g	14.12	64.55	96	0.0731	0.0615	0.622	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	98.51	64.55	168	0.1059	0.0892	0.595	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	14.3	130	192	0.1342	0.1130	0.571	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.78	200	216	0.1436	0.1209	0.563	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.56							
Doygunluk Derecesi	%	0.55							
Boşluk Oranı e_0	-	0.684							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 21. Numune 21, Grup D, Deneyin Sonucu

GRUP D NUMUNE 21			EK 21
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

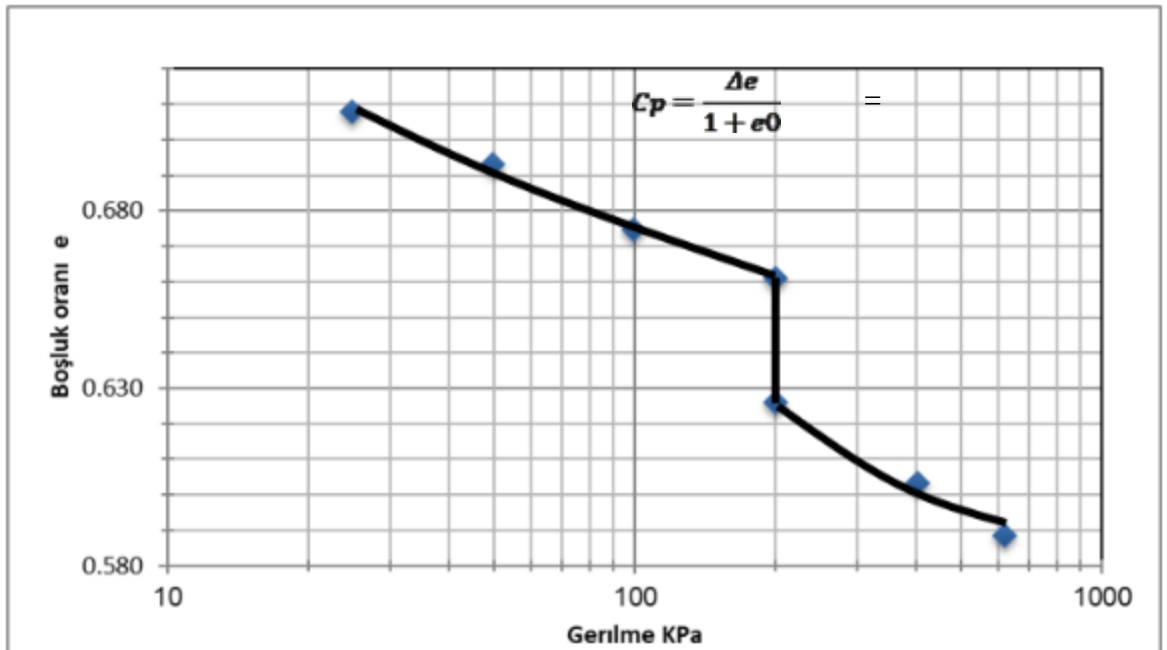
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe _o	Boşluk Oranı e _o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.728	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0200	0.0173	0.710	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.31	16	48	0.0428	0.0370	0.691	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	189.93	32	72	0.0575	0.0497	0.678	99.2	
Numune Su Ağı	g	18.83	64.55	96	0.0844	0.0729	0.655	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	96.00	64.55	168	0.1251	0.1081	0.620	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	19.1	130	192	0.1442	0.1246	0.603	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.81	200	216	0.1587	0.1371	0.591	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.52							
Doygunluk Derecesi	%	0.69							
Boşluk Oranı e _o	-	0.728							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 22. Numune 22, Grup D, Deneyin Sonucu

GRUP D NUMUNE 22			EK 22
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

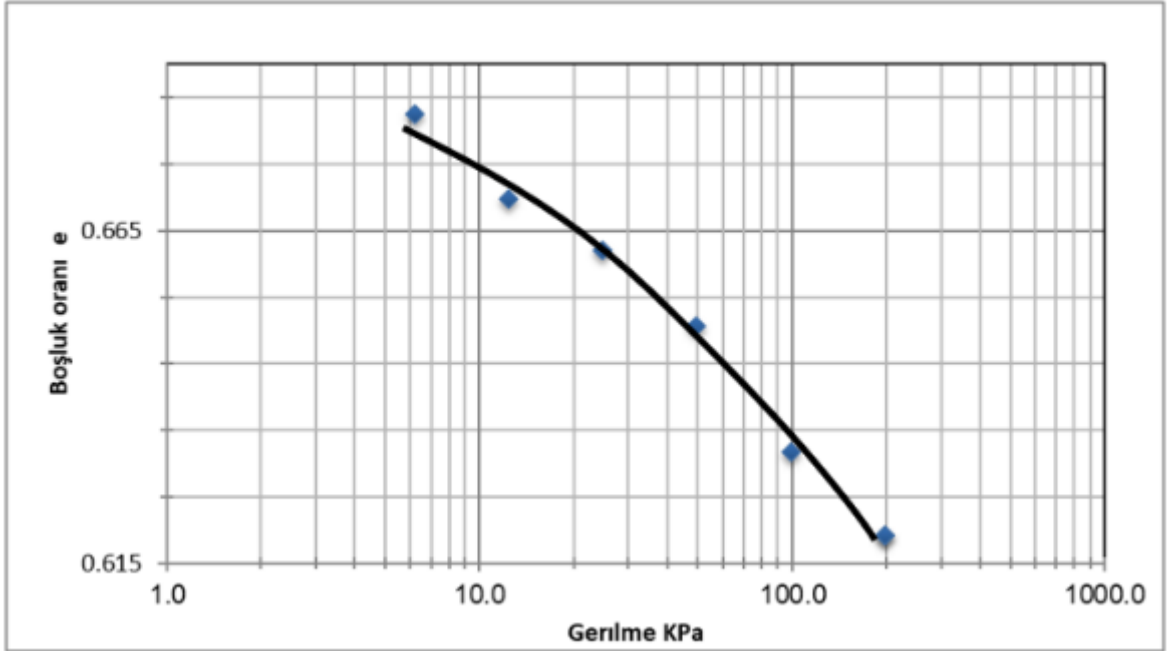
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe _o	Boşluk Oranı e _o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.726	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0213	0.0184	0.708	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.64	16	48	0.0381	0.0329	0.693	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	190.02	32	72	0.0596	0.0514	0.675	99.2	
Numune Su Ağı	g	18.62	64.55	96	0.0756	0.0652	0.661	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	96.09	64.55	168	0.1158	0.0999	0.626	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	19.4	130	192	0.1421	0.1226	0.603	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.81	200	216	0.1595	0.1377	0.588	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.52							
Doygunluk Derecesi	%	0.70							
Boşluk Oranı e _o	-	0.726							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 23. Numune 23, Grup D, Deneyin Sonucu

GRUP D NUMUNE 23			EK 23
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

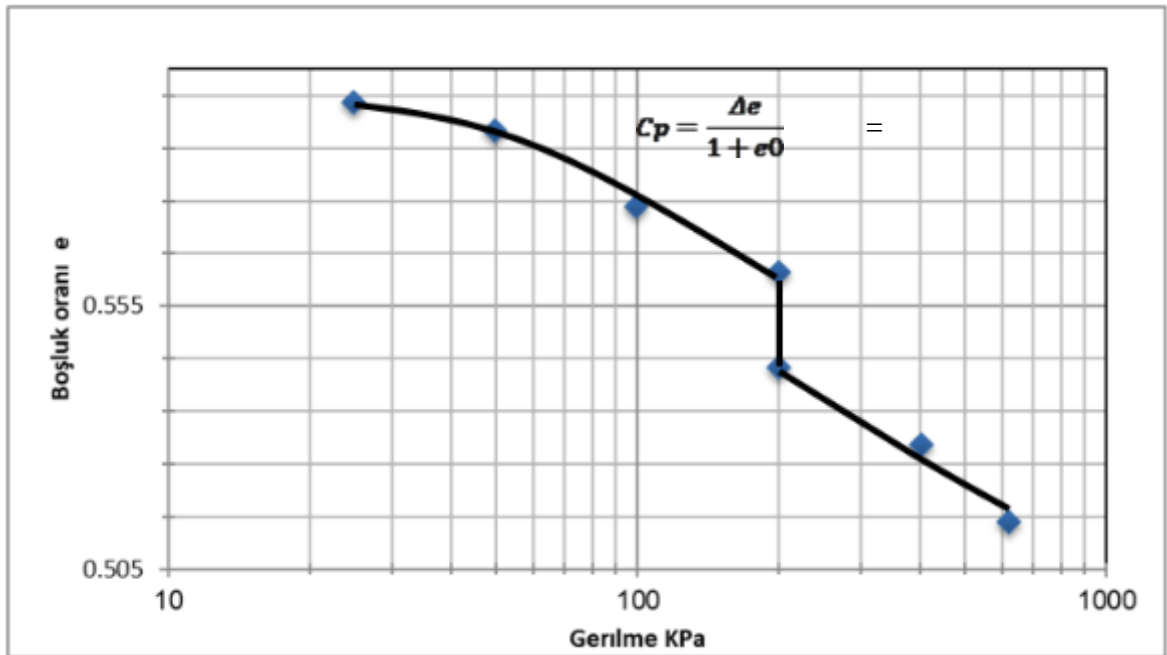
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.712	0
Numune Hacmi	cm ³	63.31	2	24	0.0341	0.0292	0.682	6.2
Ring +Yaş Numune Ağı	g	207.30	4	48	0.049	0.0419	0.670	12.4
Ring+Kuru Numune Ağı	g	190.83	8	72	0.0579	0.0496	0.662	24.8
Numune Su Ağı	g	16.47	16	96	0.0714	0.0611	0.651	49.6
Numune Kuru Ağı	g	96.90	32	168	0.0933	0.0798	0.632	99.2
Su Muhtevası	%	17.0	64	192	0.1081	0.0925	0.619	198.3
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.79						
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.53						
Doygunluk Derecesi	%	0.63						
Boşluk Oranı e_o	-	0.712						
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.62						



Ek 24. Numune 24, Grup E, Deneyin Sonucu

GRUP E NUMUNE 24			EK 24
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

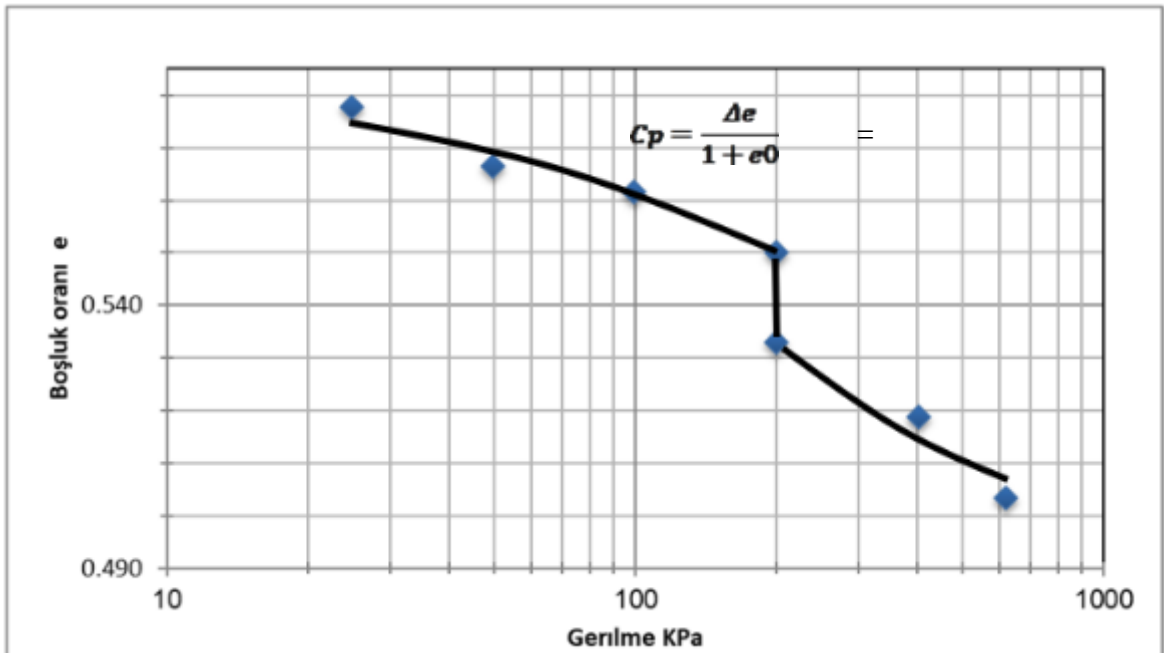
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe _o	Boşluk Oranı e _o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.605	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0137	0.0110	0.594	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	210.28	16	48	0.0205	0.0164	0.588	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	198.47	32	72	0.0385	0.0309	0.574	99.2	
Numune Su Ağı	g	11.81	64.55	96	0.0541	0.0434	0.561	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	104.54	64.55	168	0.0766	0.0615	0.543	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	11.3	130	192	0.0948	0.0761	0.529	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.84	200	216	0.113	0.0907	0.514	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.65							
Doygunluk Derecesi	%	0.50							
Boşluk Oranı e _o	-	0.605							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 25. Numune 25, Grup E, Deneyin Sonucu

GRUP E NUMUNE 25			EK 25
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

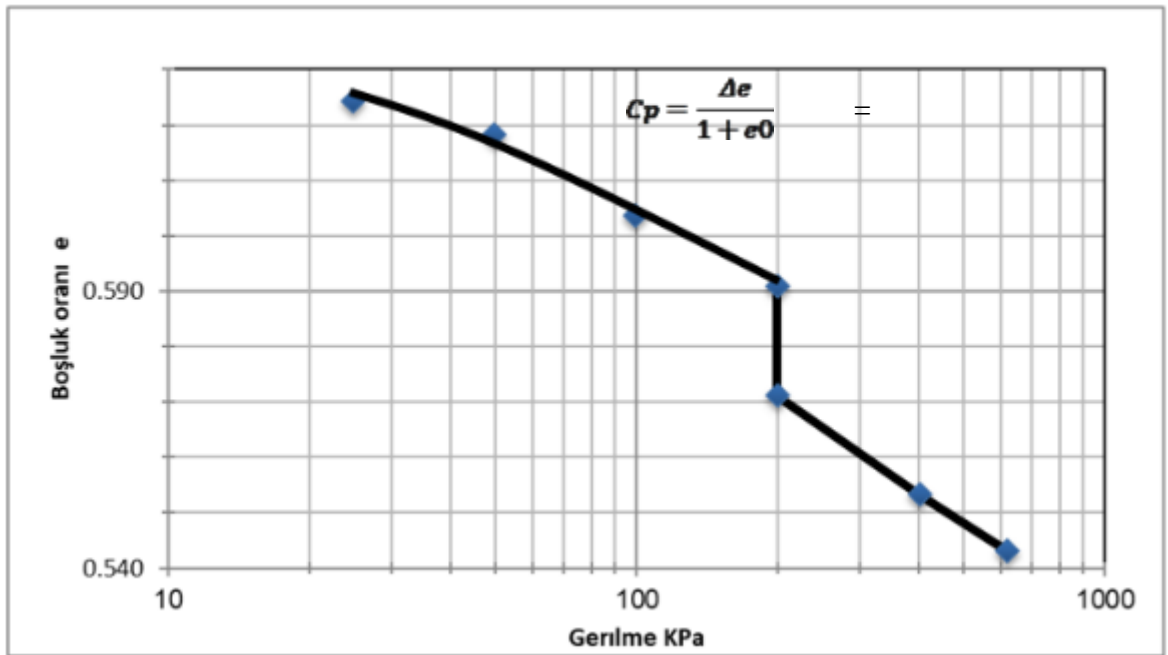
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.586	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0244	0.0193	0.567	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	211.0	16	48	0.0306	0.0243	0.562	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	199.71	32	72	0.0451	0.0358	0.550	99.2	
Numune Su Ağı	g	11.29	64.55	96	0.0669	0.0530	0.533	200.0	Doygunluk aşaması
Numune Kuru Ağı	g	105.78	64.55	168	0.0848	0.0672	0.519	200.0	
Su Muhtevası	%	10.7	130	192	0.1042	0.0826	0.503	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.85	200	216	0.0244	0.0193	0.567	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.67							
Doygunluk Derecesi	%	0.48							
Boşluk Oranı e_0	-	0.586							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 26. Numune 26, Grup E, Deneyin Sonucu

GRUP E NUMUNE 26			EK 26
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

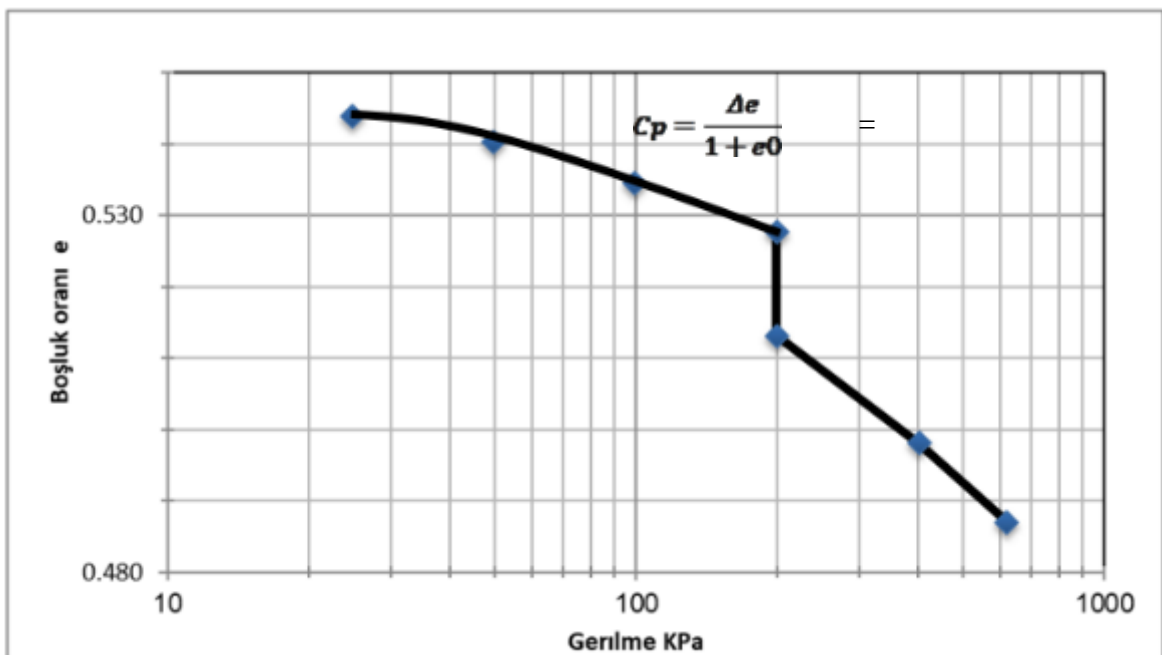
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.632	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0091	0.0074	0.624	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	209.15	16	48	0.0164	0.0134	0.618	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	196.74	32	72	0.0345	0.0281	0.604	99.2	
Numune Su Ağı	g	12.41	64.55	96	0.05	0.0408	0.591	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	102.81	64.55	168	0.0743	0.0606	0.571	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	12.1	130	192	0.0962	0.0785	0.553	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.82	200	216	0.1086	0.0886	0.543	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.62							
Doygunluk Derecesi	%	0.51							
Boşluk Oranı e_0	-	0.632							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 27. Numune 27, Grup E, Deneyin Sonucu

GRUP E NUMUNE 27			EK 27
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

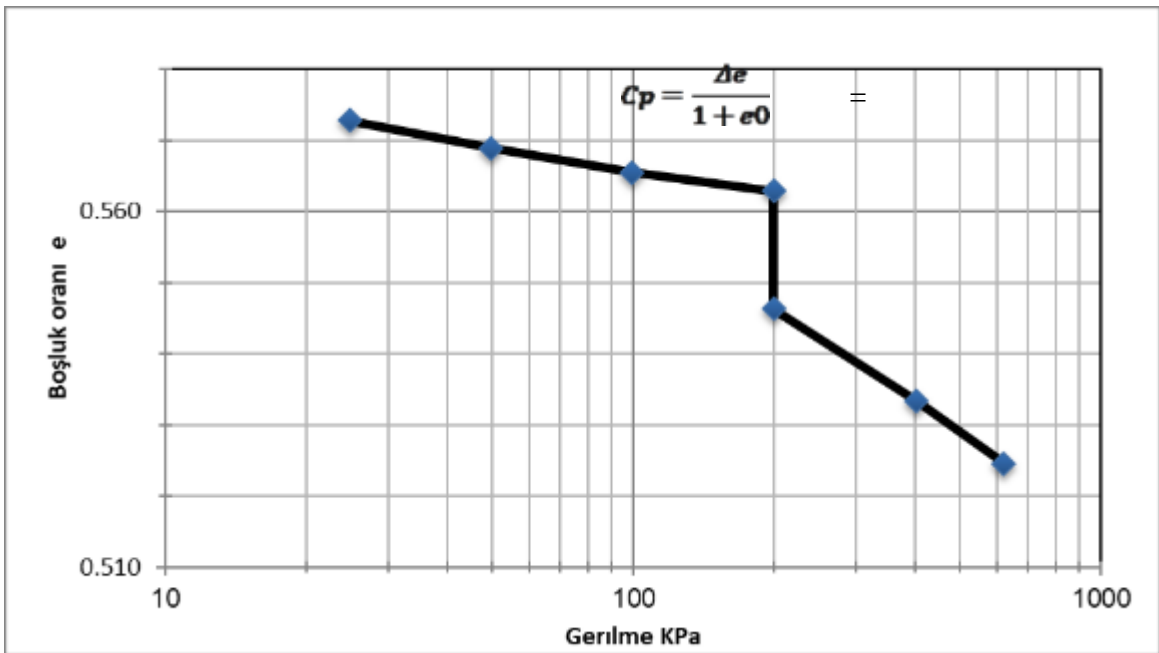
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.547	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0043	0.0033	0.544	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	212.41	16	48	0.0089	0.0069	0.540	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	202.36	32	72	0.0163	0.0126	0.535	99.2	
Numune Su Ağı	g	10.05	64.55	96	0.0251	0.0194	0.528	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	108.43	64.55	168	0.044	0.0340	0.513	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	9.3	130	192	0.0635	0.0491	0.498	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.87	200	216	0.0778	0.0602	0.487	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.71							
Doygunluk Derecesi	%	0.45							
Boşluk Oranı e_0	-	0.547							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 28. Numune 28, Grup E, Deneyin Sonucu

GRUP E NUMUNE 28			EK 28
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

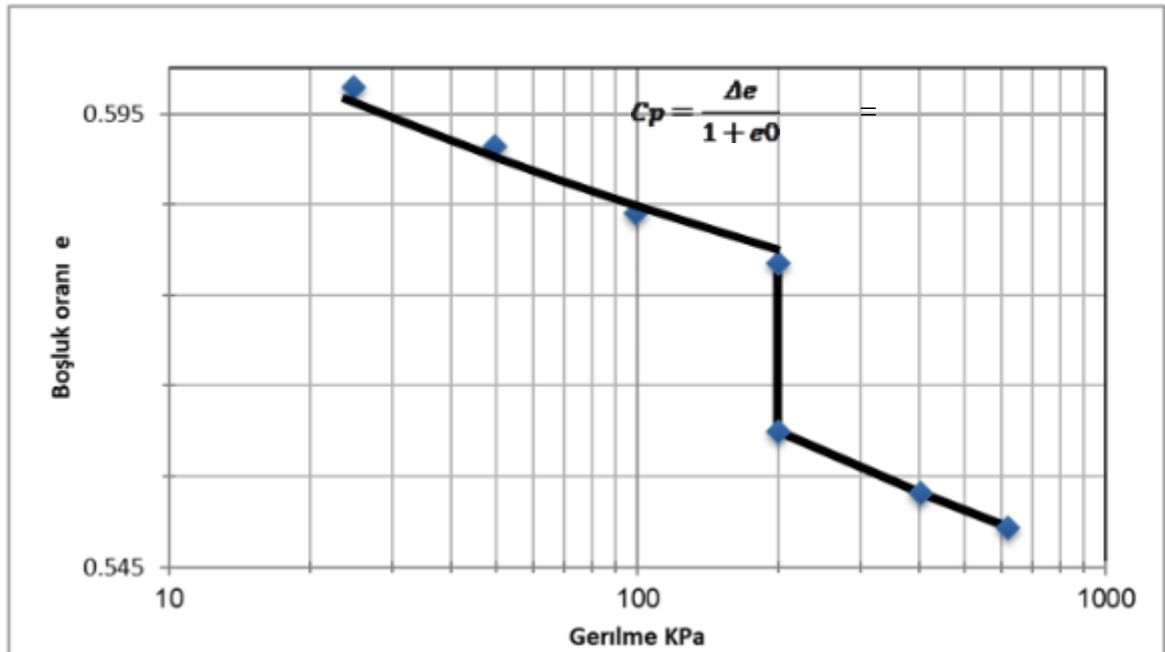
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.579	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0076	0.0060	0.573	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	211.62	16	48	0.0125	0.0099	0.569	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	200.19	32	72	0.0168	0.0133	0.566	99.2	
Numune Su Ağı	g	11.43	64.55	96	0.0201	0.0159	0.563	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	106.26	64.55	168	0.0411	0.0324	0.546	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	10.8	130	192	0.0575	0.0454	0.533	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.86	200	216	0.0687	0.0542	0.525	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.68							
Doygunluk Derecesi	%	0.49							
Boşluk Oranı e_0	-	0.579							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 29. Numune 29, Grup E, Deneyin Sonucu

GRUP E NUMUNE 29			EK 29
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

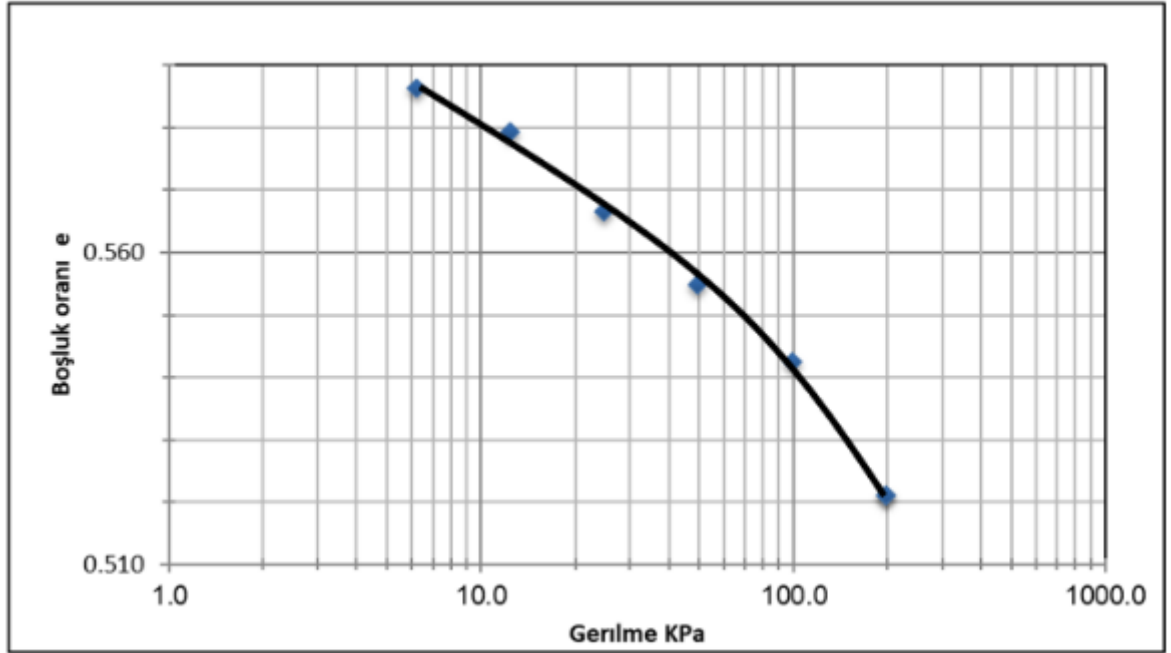
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.607	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0114	0.0092	0.598	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	210.59	16	48	0.0195	0.0157	0.591	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	198.32	32	72	0.0287	0.0231	0.584	99.2	
Numune Su Ağı	g	12.27	64.55	96	0.0355	0.0285	0.579	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	104.39	64.55	168	0.0586	0.0471	0.560	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	11.8	130	192	0.067	0.0538	0.553	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.84	200	216	0.0718	0.0577	0.549	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.65							
Doygunluk Derecesi	%	0.51							
Boşluk Oranı e_0	-	0.607							
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 30. Numune 30, Grup E, Deneyin Sonucu

GRUP E NUMUNE 30			EK 30
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

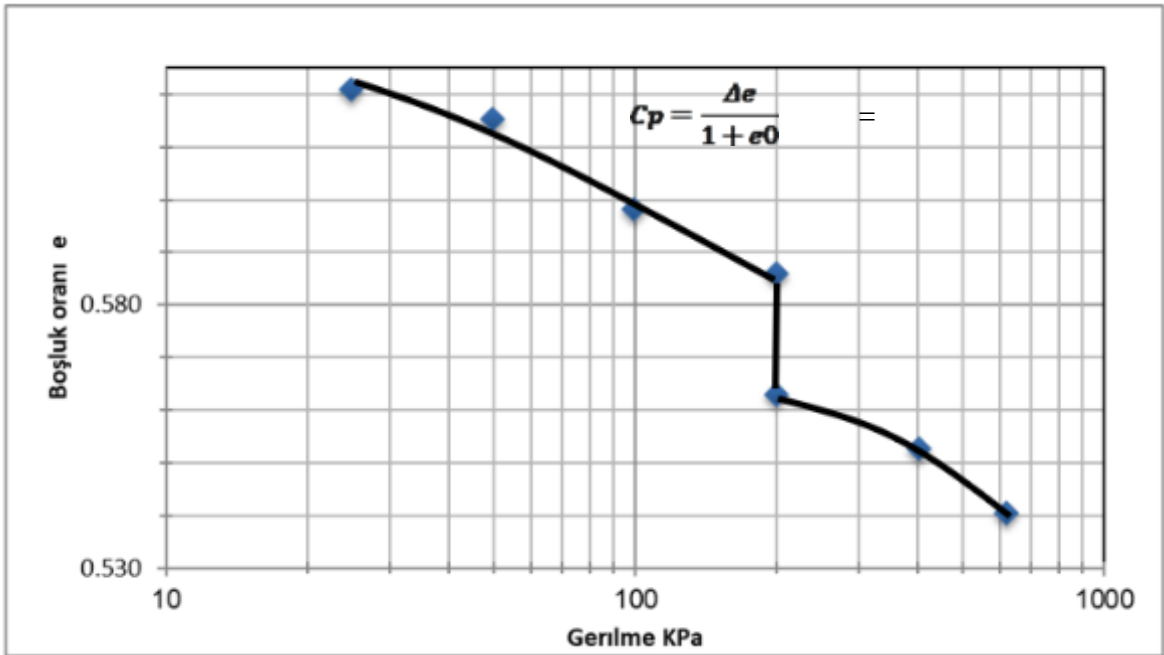
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.610	0
Numune Hacmi	cm ³	63.31	2	24	0.0298	0.0240	0.586	6.2
Ring +Yaş Numune Ağı	g	210.08	4	48	0.0384	0.0309	0.579	12.4
Ring+Kuru Numune Ağı	g	198.11	8	72	0.0542	0.0436	0.567	24.8
Numune Su Ağı	g	11.97	16	96	0.069	0.0556	0.555	49.6
Numune Kuru Ağı	g	104.18	32	168	0.0843	0.0679	0.542	99.2
Su Muhtevası	%	11.5	64	192	0.1109	0.0893	0.521	198.3
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.83						
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.65						
Doygunluk Derecesi	%	0.50						
Boşluk Oranı e_o	-	0.610						
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.65						



Ek 31. Numune 31, Grup F, Deneyin Sonucu

GRUP F NUMUNE 31			EK 31
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

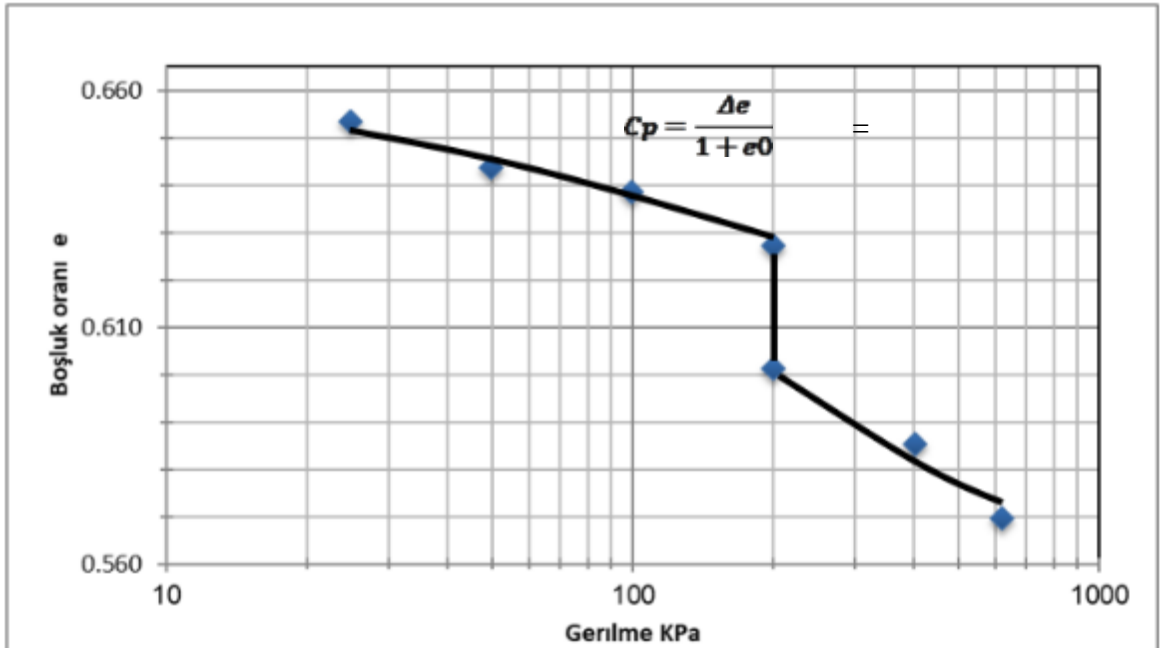
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.635	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0176	0.0144	0.621	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	209.41	16	48	0.0244	0.0200	0.615	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	196.13	32	72	0.0453	0.0370	0.598	99.2	
Numune Su Ağı	g	13.28	64.55	96	0.0605	0.0495	0.586	200.0	Doygunluk aşaması
Numune Kuru Ağı	g	102.20	64.55	168	0.0884	0.0723	0.563	200.0	
Su Muhtevası	%	13.0	130	192	0.1012	0.0827	0.553	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.82	200	216	0.1161	0.0949	0.540	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.61							
Doygunluk Derecesi	%	0.54							
Boşluk Oranı e_0	-	0.635							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.64							



Ek 32. Numune 32, Grup F, Deneyin Sonucu

GRUP F NUMUNE 32			EK 32
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

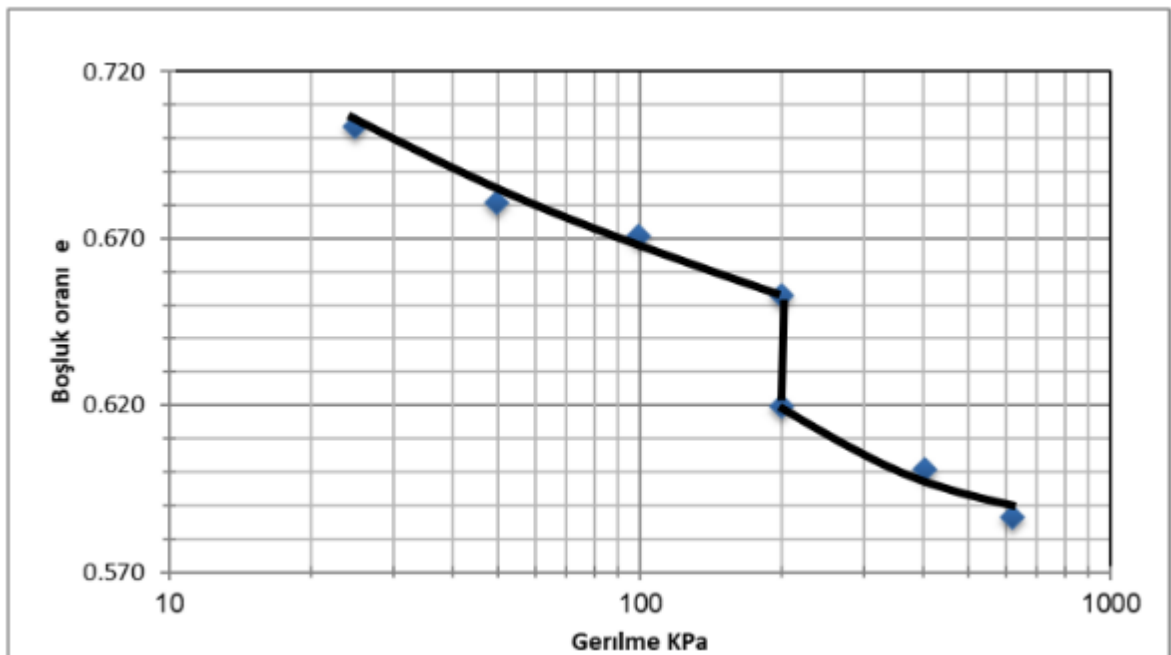
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe _o	Boşluk Oranı e _o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.666	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0155	0.0129	0.653	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.16	16	48	0.0269	0.0224	0.644	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	194.22	32	72	0.0333	0.0277	0.639	99.2	
Numune Su Ağı	g	13.93	64.55	96	0.0468	0.0390	0.627	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	100.29	64.55	168	0.0781	0.0651	0.601	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	13.9	130	192	0.0973	0.0811	0.585	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.80	200	216	0.1159	0.0966	0.570	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.58							
Doygunluk Derecesi	%	0.55							
Boşluk Oranı e _o	-	0.666							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.64							



Ek 33. Numune 33, Grup F, Deneyin Sonucu

GRUP F NUMUNE 33			EK 33
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

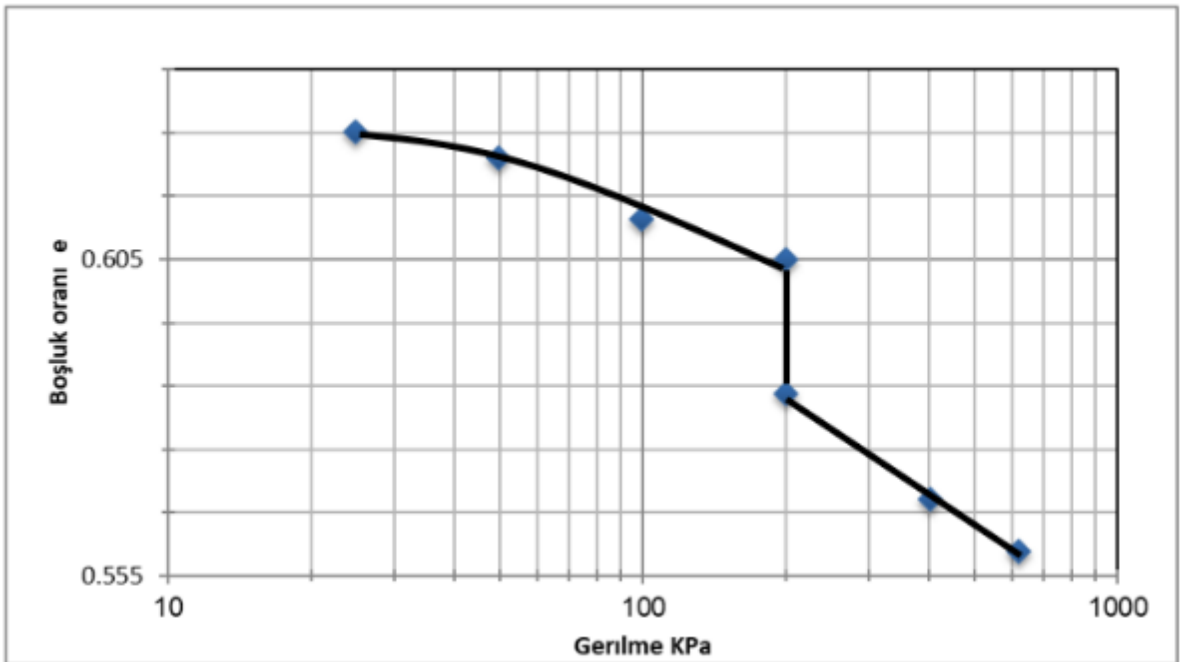
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.722	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0211	0.0182	0.703	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	209.55	16	48	0.0476	0.0410	0.681	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	191.01	32	72	0.059	0.0508	0.671	99.2	
Numune Su Ağı	g	18.54	64.55	96	0.0798	0.0687	0.653	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	97.08	64.55	168	0.1184	0.1019	0.620	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	19.1	130	192	0.1402	0.1207	0.601	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.83	200	216	0.1569	0.1351	0.586	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.53							
Doygunluk Derecesi	%	0.70							
Boşluk Oranı e_o	-	0.722							
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.64							



Ek 34. Numune 34, Grup F, Deneyin Sonucu

GRUP F NUMUNE 34			EK 34
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

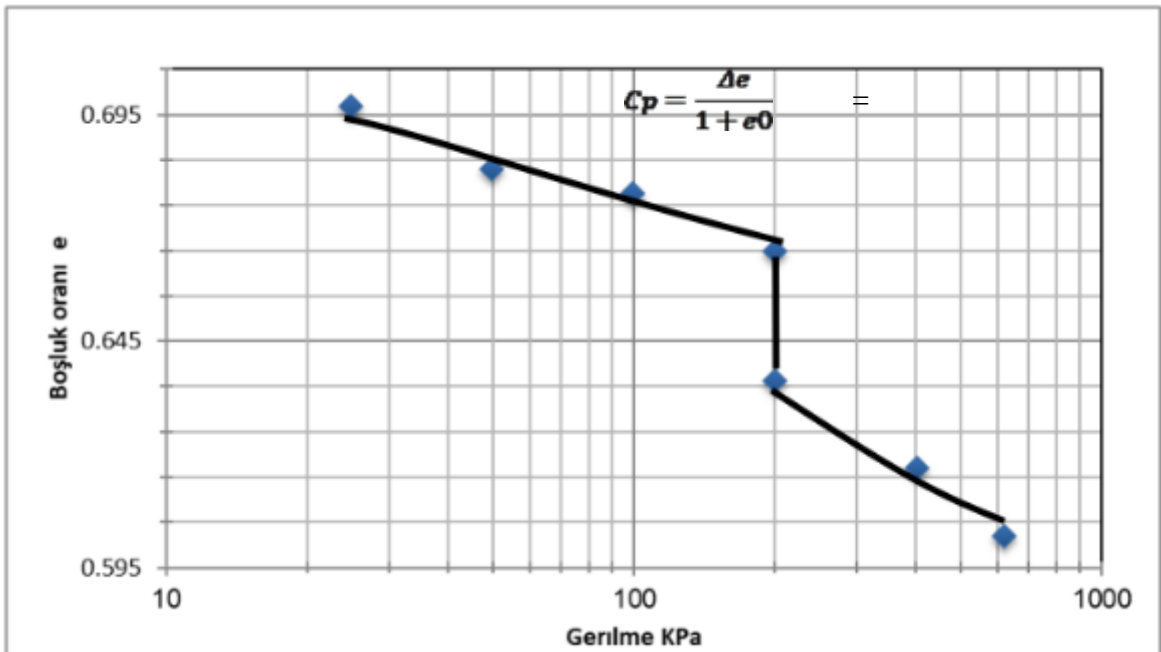
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.634	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0103	0.0084	0.625	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.86	16	48	0.0152	0.0124	0.621	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	196.24	32	72	0.0271	0.0221	0.611	99.2	
Numune Su Ağı	g	12.62	64.55	96	0.0349	0.0285	0.605	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	102.31	64.55	168	0.061	0.0498	0.584	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	12.3	130	192	0.0814	0.0665	0.567	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.82	200	216	0.0915	0.0747	0.559	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.62							
Doygunluk Derecesi	%	0.51							
Boşluk Oranı e_o	-	0.634							
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.64							



Ek 35. Numune 35, Grup F, Deneyin Sonucu

GRUP F NUMUNE 35			EK 35
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

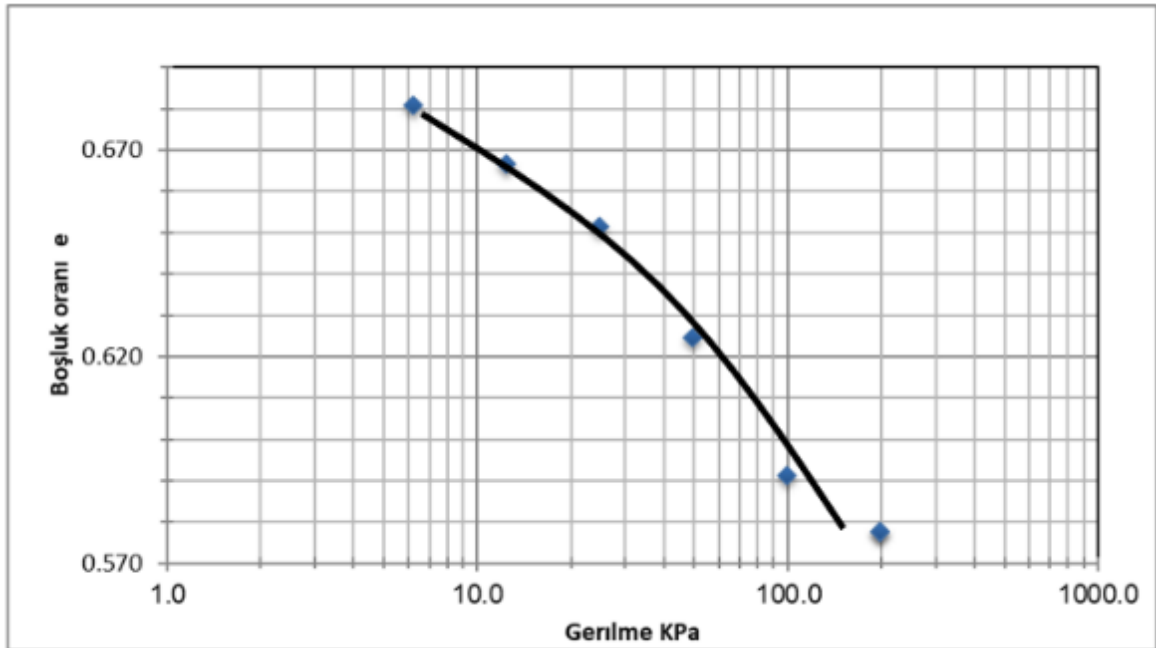
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.719	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0253	0.0217	0.697	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.63	16	48	0.0415	0.0357	0.683	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	191.18	32	72	0.0476	0.0409	0.678	99.2	
Numune Su Ağı	g	17.45	64.55	96	0.0624	0.0536	0.665	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	97.25	64.55	168	0.0959	0.0824	0.636	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	17.9	130	192	0.1181	0.1015	0.617	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.81	200	216	0.1355	0.1164	0.602	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.54							
Doygunluk Derecesi	%	0.66							
Boşluk Oranı e_o	-	0.719							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.64							



Ek 36. Numune 36, Grup F, Deneyin Sonucu

GRUP F NUMUNE 36			EK 36
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

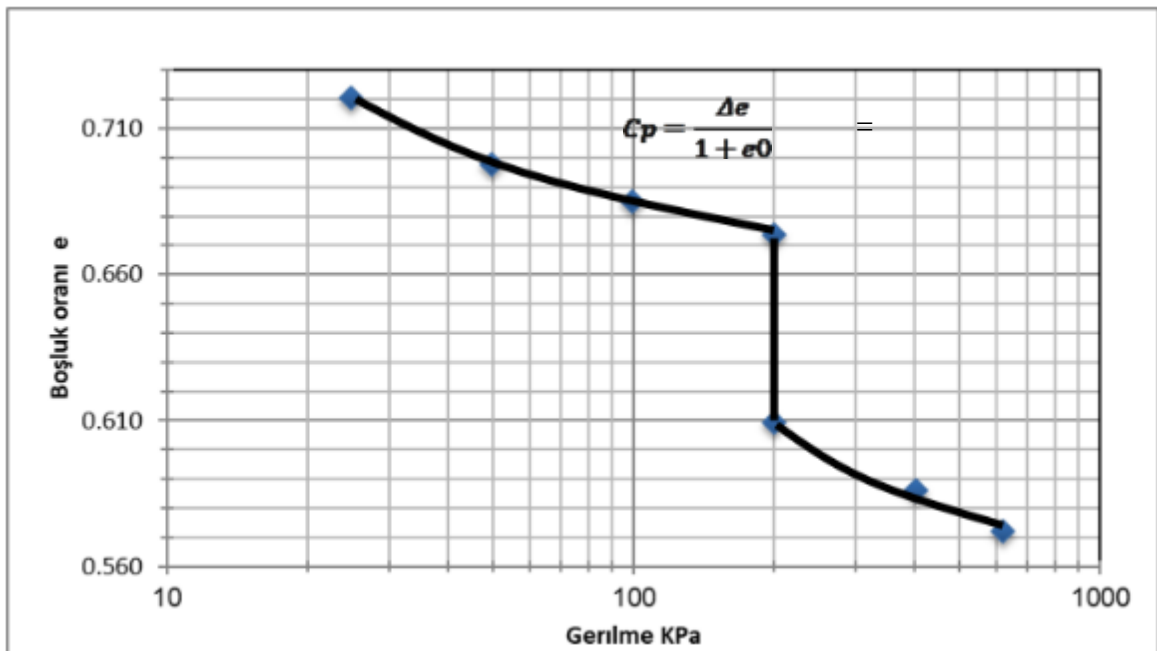
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.712	0
Numune Hacmi	cm ³	63.31	2	24	0.0367	0.0314	0.681	6.2
Ring +Yaş Numune Ağı	g	207.31	4	48	0.0532	0.0455	0.667	12.4
Ring+Kuru Numune Ağı	g	191.54	8	72	0.0708	0.0606	0.652	24.8
Numune Su Ağı	g	15.77	16	96	0.1025	0.0878	0.624	49.6
Numune Kuru Ağı	g	97.61	32	168	0.1412	0.1209	0.591	99.2
Su Muhtevası	%	16.2	64	192	0.1573	0.1347	0.578	198.3
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.79						
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.54						
Doygunluk Derecesi	%	0.60						
Boşluk Oranı e_o	-	0.712						
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.64						



Ek 37. Numune 37, Grup G, Deneyin Sonucu

GRUP G NUMUNE 37			EK 37
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

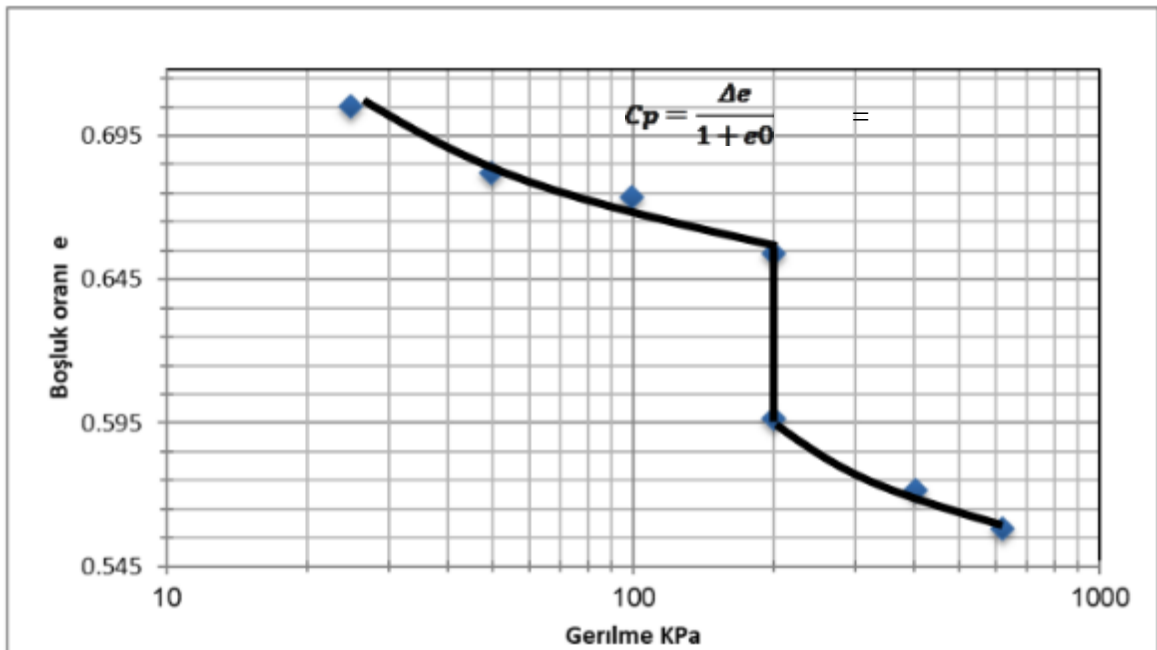
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe _o	Boşluk Oranı e _o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.753	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0372	0.0326	0.721	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	207.73	16	48	0.0634	0.0556	0.698	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	187.45	32	72	0.0776	0.0680	0.685	99.2	
Numune Su Ağı	g	20.58	64.55	96	0.091	0.0798	0.673	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	93.52	64.55	168	0.1641	0.1439	0.609	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	21.7	130	192	0.1906	0.1671	0.586	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.80	200	216	0.2065	0.1810	0.572	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.48							
Doygunluk Derecesi	%	0.75							
Boşluk Oranı e _o	-	0.753							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.59							



Ek 38. Numune 38, Grup G, Deneyin Sonucu

GRUP G			EK 38
NUMUNE 38			
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

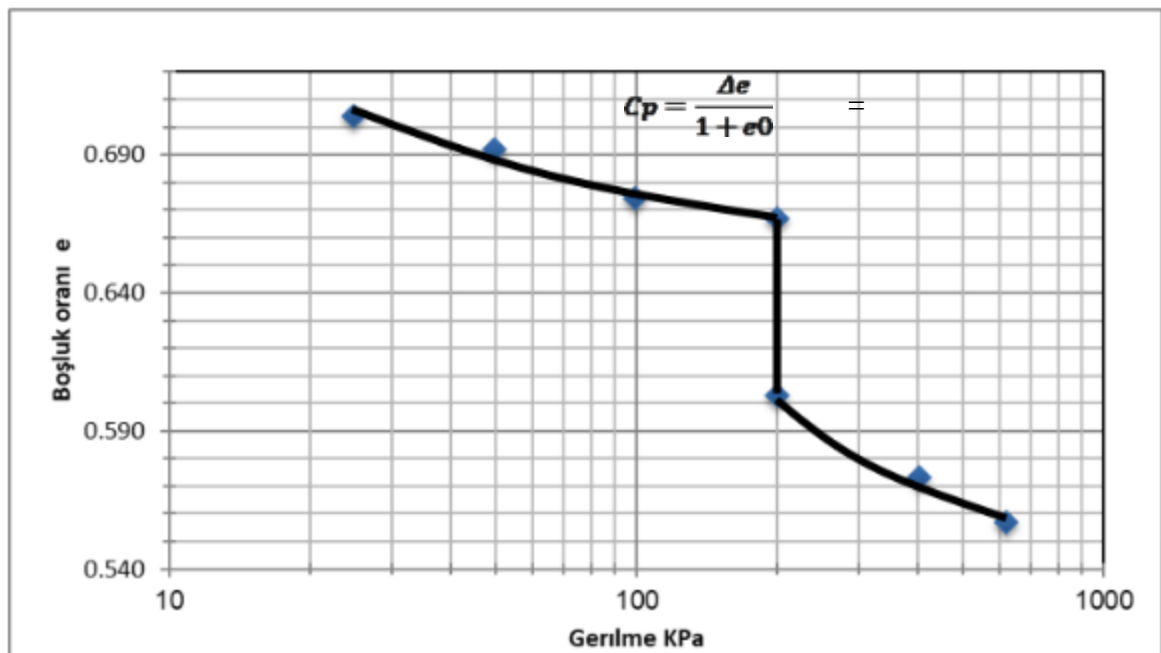
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe _o	Boşluk Oranı e _o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.732	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0308	0.0267	0.705	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.79	16	48	0.0574	0.0497	0.682	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	188.61	32	72	0.0671	0.0581	0.674	99.2	
Numune Su Ağı	g	20.18	64.55	96	0.0898	0.0778	0.654	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	94.68	64.55	168	0.1563	0.1353	0.596	200.0	Doğruluk aşaması
Su Muhtevası	%	21.3	130	192	0.185	0.1602	0.572	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.81	200	216	0.2002	0.1733	0.558	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.50							
Doğruluk Derecesi	%	0.75							
Boşluk Oranı e _o	-	0.732							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.59							



Ek 39. Numune 39, Grup G, Deneyin Sonucu

GRUP G NUMUNE 39			EK 39
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

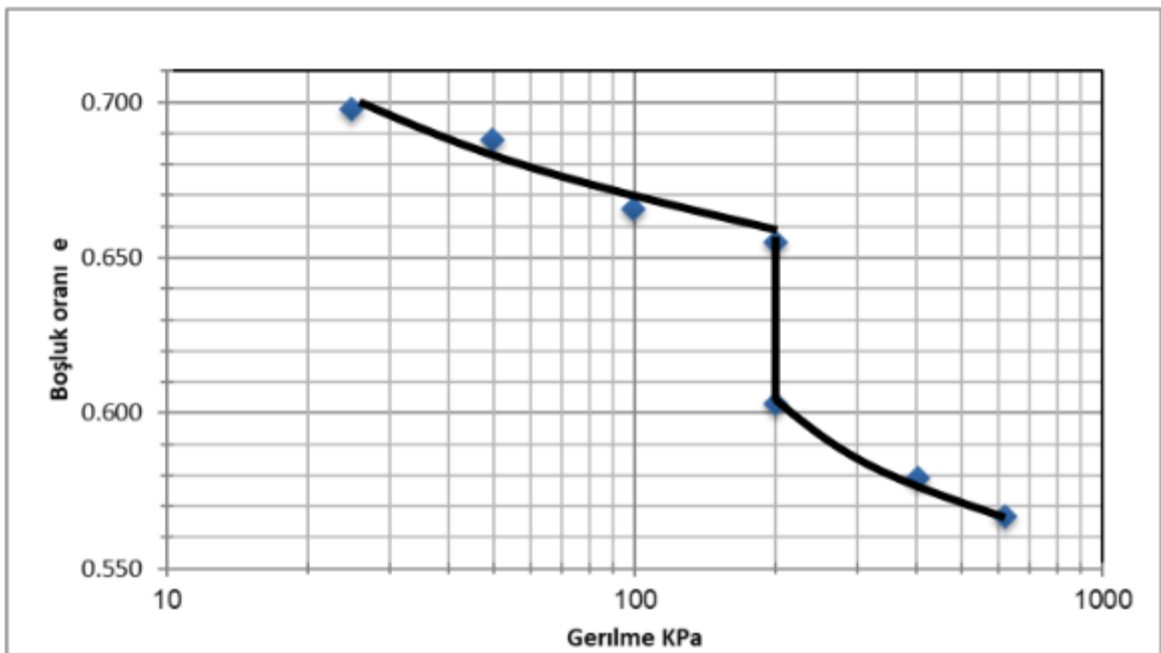
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.739	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0411	0.0357	0.704	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	207.99	16	48	0.0548	0.0477	0.692	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	188.19	32	72	0.0752	0.0654	0.674	99.2	
Numune Su Ağı	g	19.80	64.55	96	0.0836	0.0727	0.667	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	87.69	64.55	168	0.1572	0.1367	0.603	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	21.0	130	192	0.1914	0.1665	0.573	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.80	200	216	0.21	0.1826	0.557	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.49							
Doygunluk Derecesi	%	0.72							
Boşluk Oranı e_0	-	0.739							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.59							



Ek 40. Numune 40, Grup G, Deneyin Sonucu

GRUP G NUMUNE 40			EK 40
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

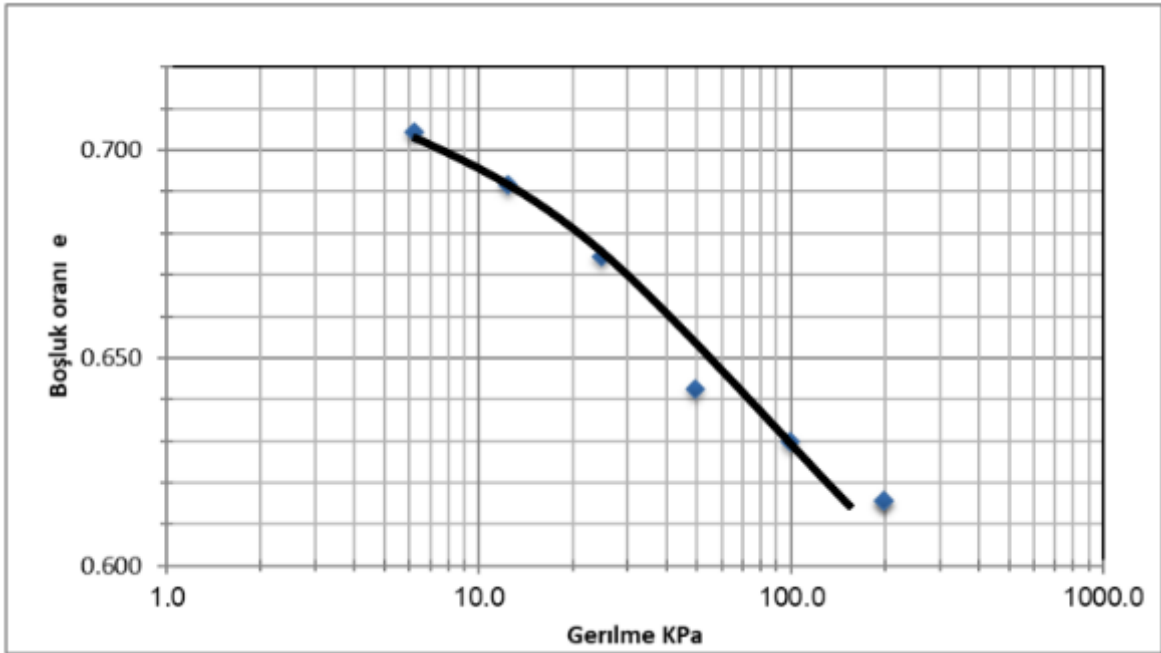
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.724	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0310	0.0267	0.698	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.31	16	48	0.0423	0.0365	0.688	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	189.01	32	72	0.0684	0.0590	0.665	99.2	
Numune Su Ağı	g	19.30	64.55	96	0.0806	0.0695	0.655	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	95.08	64.55	168	0.1409	0.1215	0.603	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	20.3	130	192	0.1685	0.1453	0.579	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.81	200	216	0.1830	0.1578	0.567	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.50							
Doygunluk Derecesi	%	0.73							
Boşluk Oranı e_o	-	0.724							
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.59							



Ek 41. Numune 41, Grup G, Deneyin Sonucu

GRUP G NUMUNE 41			EK 41
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

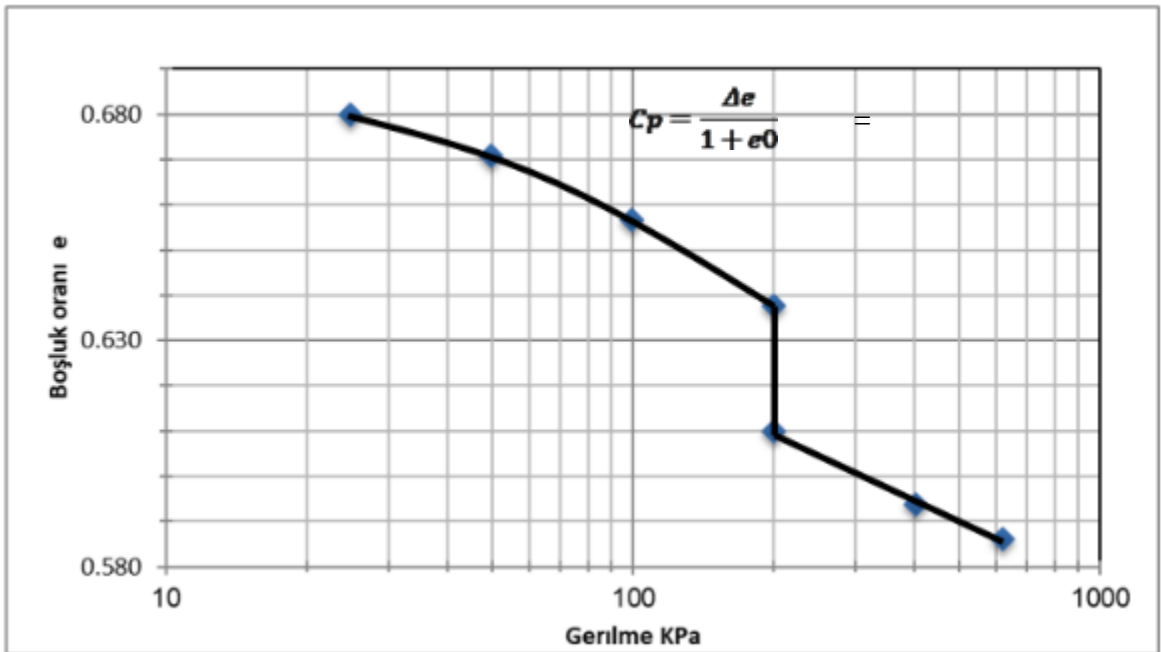
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.729	0
Numune Hacmi	cm ³	63.31	2	24	0.0288	0.0249	0.704	6.2
Ring +Yaş Numune Ağı	g	207.61	4	48	0.0436	0.0377	0.692	12.4
Ring+Kuru Numune Ağı	g	188.74	8	72	0.0637	0.0551	0.674	24.8
Numune Su Ağı	g	8.87	16	96	0.1005	0.0869	0.642	49.6
Numune Kuru Ağı	g	94.81	32	168	0.1152	0.0996	0.630	99.2
Su Muhtevası	%	19.9	64	192	0.1314	0.1136	0.616	198.3
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.80						
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.50						
Doygunluk Derecesi	%	0.71						
Boşluk Oranı e_o	-	0.729						
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.59						



Ek 42. Numune 42, Grup H, Deneyin Sonucu

GRUP H NUMUNE 42			EK 42
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

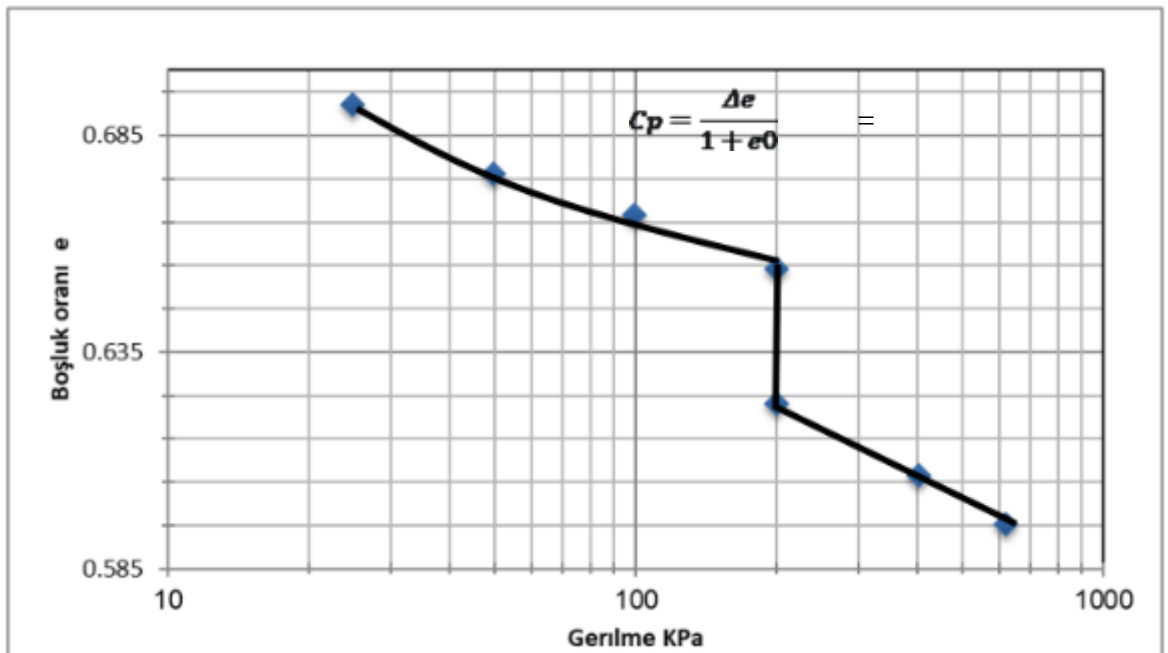
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.699	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0226	0.0192	0.680	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	207.39	16	48	0.0332	0.0282	0.671	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	191.18	32	72	0.05	0.0425	0.657	99.2	
Numune Su Ağı	g	16.21	64.55	96	0.0721	0.0612	0.638	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	97.25	64.55	168	0.105	0.0892	0.610	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	16.7	130	192	0.1239	0.1053	0.594	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.79	200	216	0.1328	0.1128	0.586	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.54							
Doygunluk Derecesi	%	0.62							
Boşluk Oranı e_0	-	0.699							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.61							



Ek 43. Numune 43, Grup H, Deneyin Sonucu

GRUP H NUMUNE 43			EK 43
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

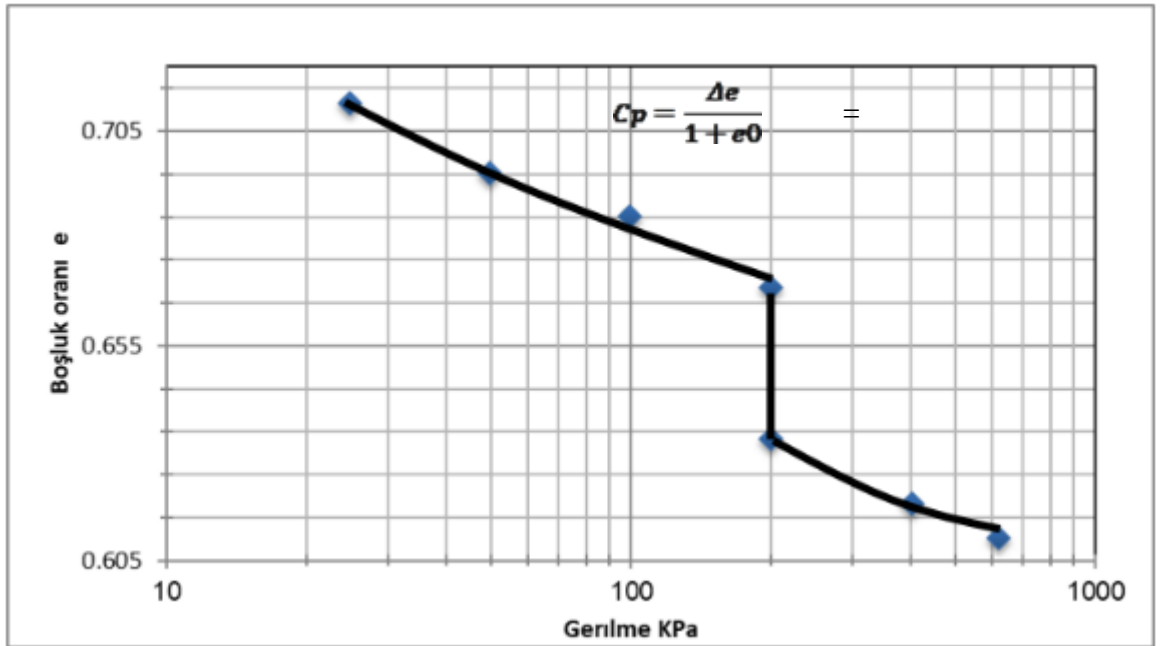
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.713	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0246	0.0211	0.692	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.10	16	48	0.0431	0.0369	0.676	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	190.38	32	72	0.0542	0.0464	0.667	99.2	
Numune Su Ağı	g	17.72	64.55	96	0.0689	0.0590	0.654	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	97.25	64.55	168	0.1050	0.0899	0.623	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	18.4	130	192	0.1243	0.1065	0.607	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.80	200	216	0.1377	0.1179	0.595	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.52							
Doygunluk Derecesi	%	0.67							
Boşluk Oranı e_o	-	0.713							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.61							



Ek 44. Numune 44, Grup H, Deneyin Sonucu

GRUP H NUMUNE 44			EK 44
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

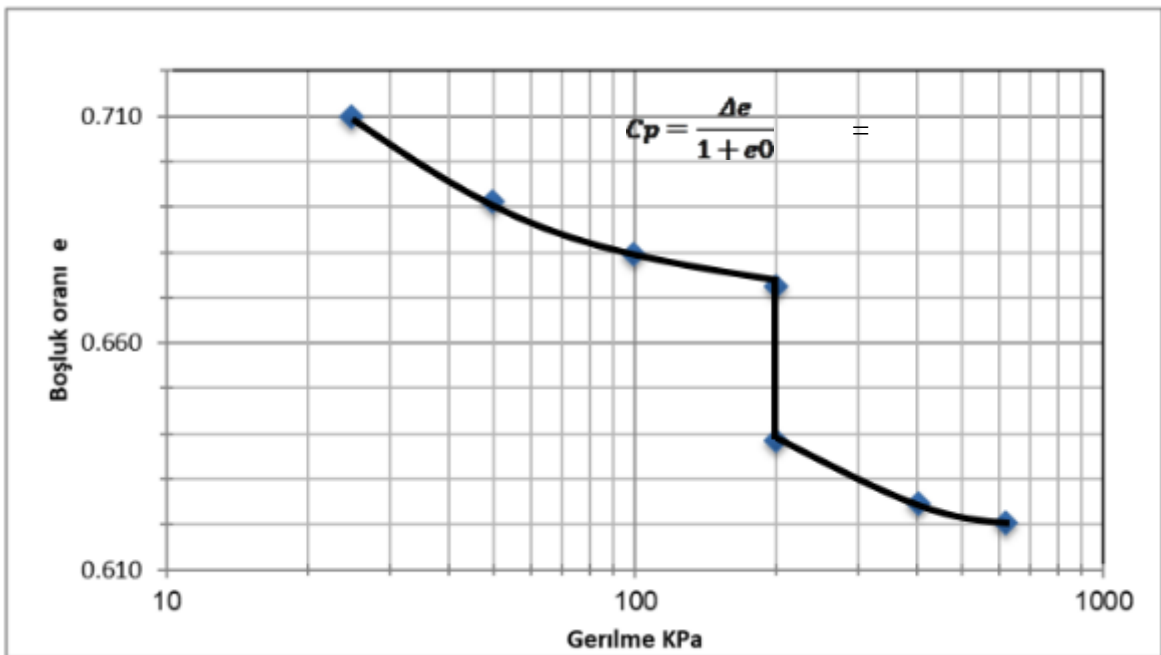
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe _o	Boşluk Oranı e _o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.729	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0206	0.0178	0.711	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.23	16	48	0.0394	0.0341	0.695	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	189.48	32	72	0.0511	0.0442	0.685	99.2	
Numune Su Ağı	g	18.75	64.55	96	0.0701	0.0606	0.669	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	95.55	64.55	168	0.1109	0.0959	0.633	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	19.6	130	192	0.1285	0.1111	0.618	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.81	200	216	0.1378	0.1191	0.610	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.51							
Doygunluk Derecesi	%	0.70							
Boşluk Oranı e _o	-	0.729							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.61							



Ek 45. Numune 45, Grup H, Deneyin Sonucu

GRUP H NUMUNE 45			EK 45
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

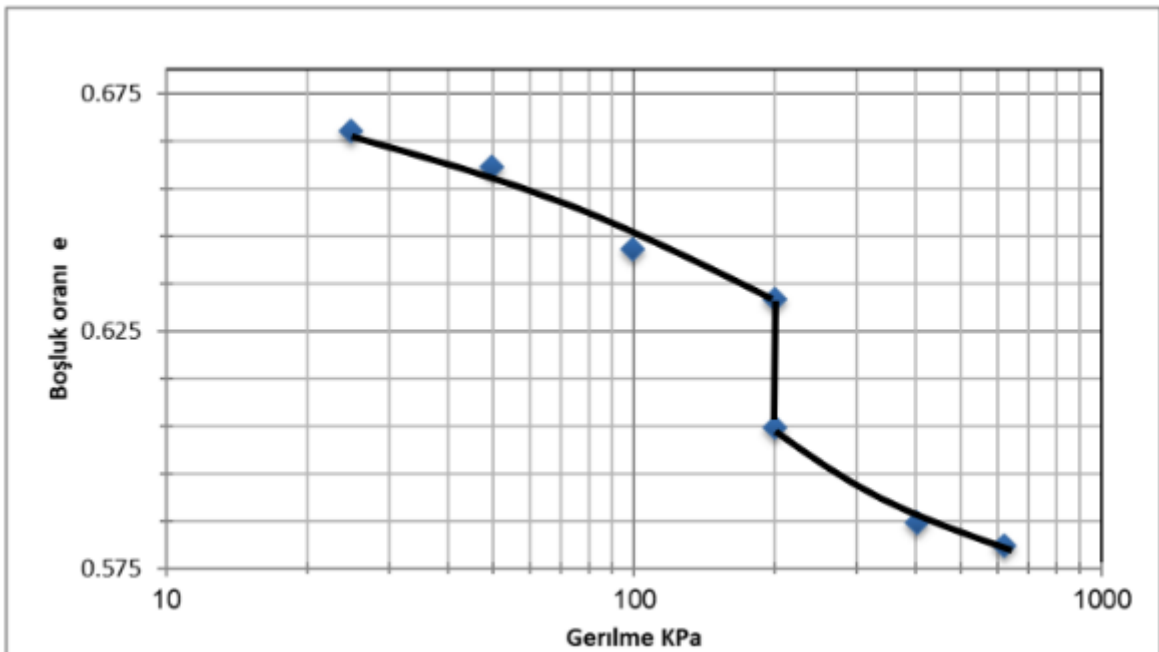
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.726	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0188	0.0162	0.710	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.24	16	48	0.0406	0.0350	0.691	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	189.65	32	72	0.0539	0.0465	0.680	99.2	
Numune Su Ağı	g	18.59	64.55	96	0.0623	0.0538	0.672	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	95.72	64.55	168	0.1014	0.0875	0.639	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	19.4	130	192	0.1178	0.1017	0.624	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.81	200	216	0.1225	0.1057	0.620	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.51							
Doygunluk Derecesi	%	0.70							
Boşluk Oranı e_o	-	0.726							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.61							



Ek 46. Numune 46, Grup H, Deneyin Sonucu

GRUP H NUMUNE 46			EK 46
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

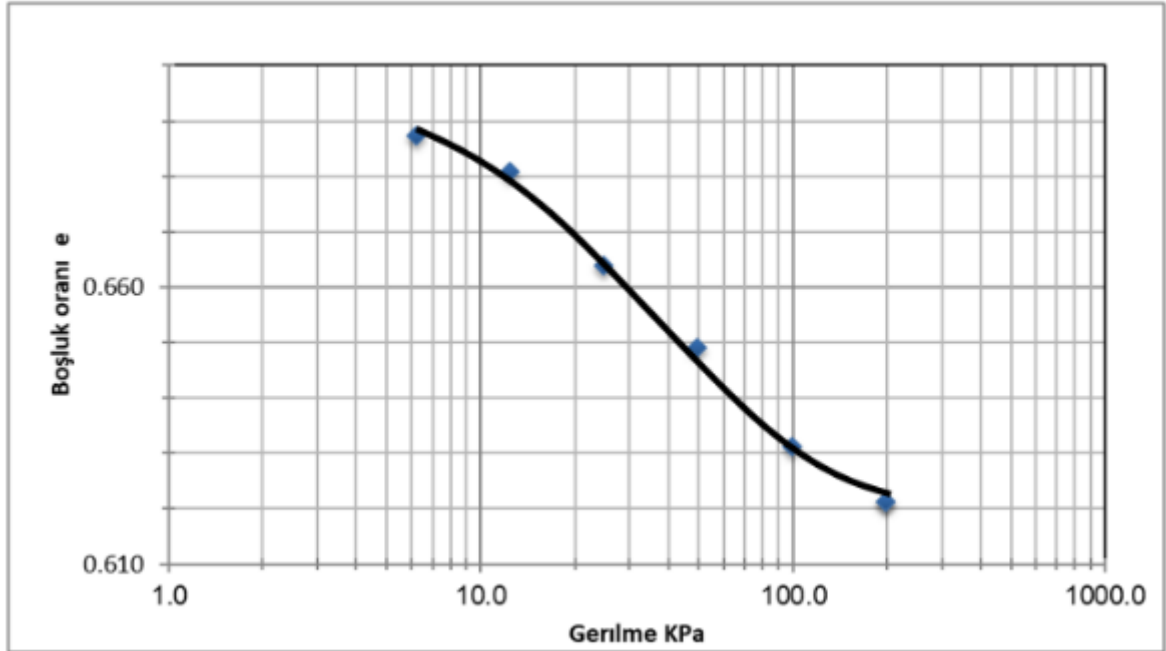
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.685	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.021	0.0177	0.667	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	206.76	16	48	0.03	0.0253	0.660	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	192.00	32	72	0.0505	0.0425	0.642	99.2	
Numune Su Ağı	g	14.76	64.55	96	0.0631	0.0532	0.632	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	98.07	64.55	168	0.0953	0.0803	0.605	200.0	Doğunluk aşaması
Su Muhtevası	%	15.1	130	192	0.1189	0.1002	0.585	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.78	200	216	0.1248	0.1051	0.580	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.55							
Doğunluk Derecesi	%	0.57							
Boşluk Oranı e_o	-	0.685							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.61							



Ek 47. Numune 47, Grup H, Deneyin Sonucu

GRUP H NUMUNE 47			EK 47
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

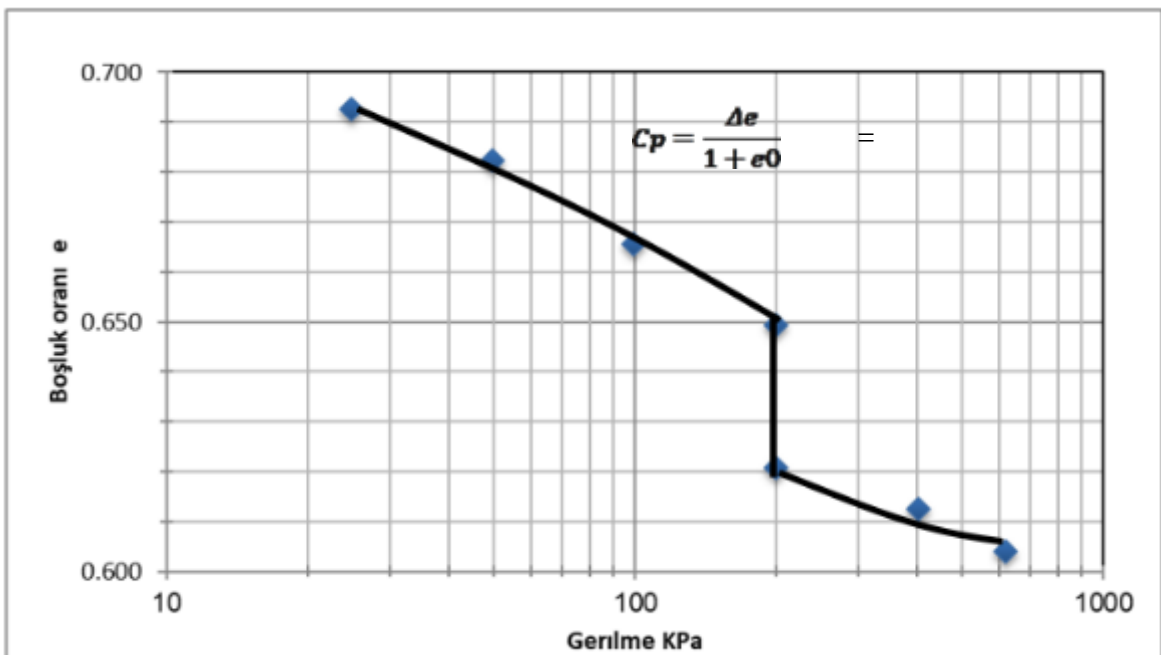
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.701	0
Numune Hacmi	cm ³	63.31	2	24	0.0163	0.0139	0.687	6.2
Ring +Yaş Numune Ağı	g	207.82	4	48	0.0241	0.0205	0.681	12.4
Ring+Kuru Numune Ağı	g	191.05	8	72	0.0439	0.0373	0.664	24.8
Numune Su Ağı	g	16.77	16	96	0.0613	0.0521	0.649	49.6
Numune Kuru Ağı	g	97.12	32	168	0.0824	0.0701	0.631	99.2
Su Muhtevası	%	17.3	64	192	0.0941	0.0800	0.621	198.3
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.80						
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.53						
Doygunluk Derecesi	%	0.64						
Boşluk Oranı e_o	-	0.701						
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.61						



Ek 48. Numune 48, Grup I, Deneyin Sonucu

GRUP I NUMUNE 48			EK48
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

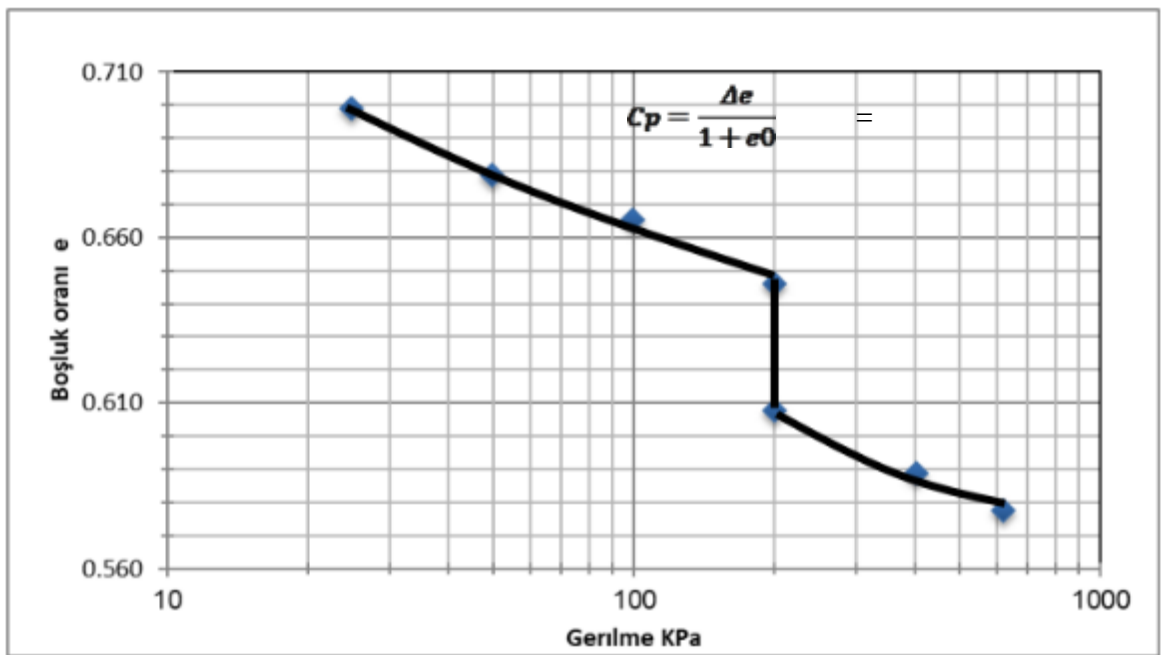
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.708	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0181	0.0155	0.693	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.17	16	48	0.0301	0.0257	0.682	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	191.03	32	72	0.0499	0.0426	0.666	99.2	
Numune Su Ağı	g	17.14	64.55	96	0.0687	0.0587	0.649	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	97.10	64.55	168	0.1024	0.0875	0.621	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	17.7	130	192	0.1119	0.0956	0.613	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.80	200	216	0.122	0.1042	0.604	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.53							
Doygunluk Derecesi	%	0.65							
Boşluk Oranı e_0	-	0.708							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 49. Numune 49, Grup I, Deneyin Sonucu

GRUP I NUMUNE 49			EK 49
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

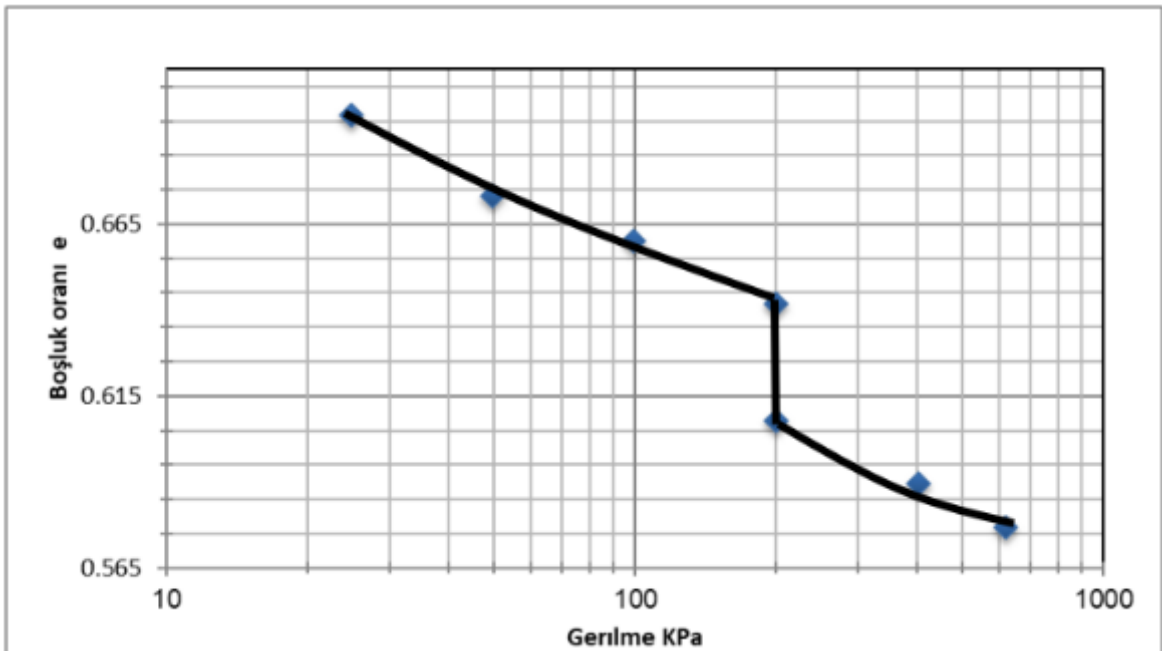
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe _o	Boşluk Oranı e _o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.725	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0300	0.0259	0.699	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.98	16	48	0.0532	0.0459	0.679	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	190.10	32	72	0.0686	0.0592	0.666	99.2	
Numune Su Ağı	g	18.88	64.55	96	0.0914	0.0788	0.646	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	96.17	64.55	168	0.1355	0.1168	0.608	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	19.6	130	192	0.1576	0.1359	0.589	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.82	200	216	0.1707	0.1472	0.577	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.52							
Doygunluk Derecesi	%	0.71							
Boşluk Oranı e _o	-	0.725							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 50. Numune 50, Grup I, Deneyin Sonucu

GRUP I NUMUNE 50			EK 50
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

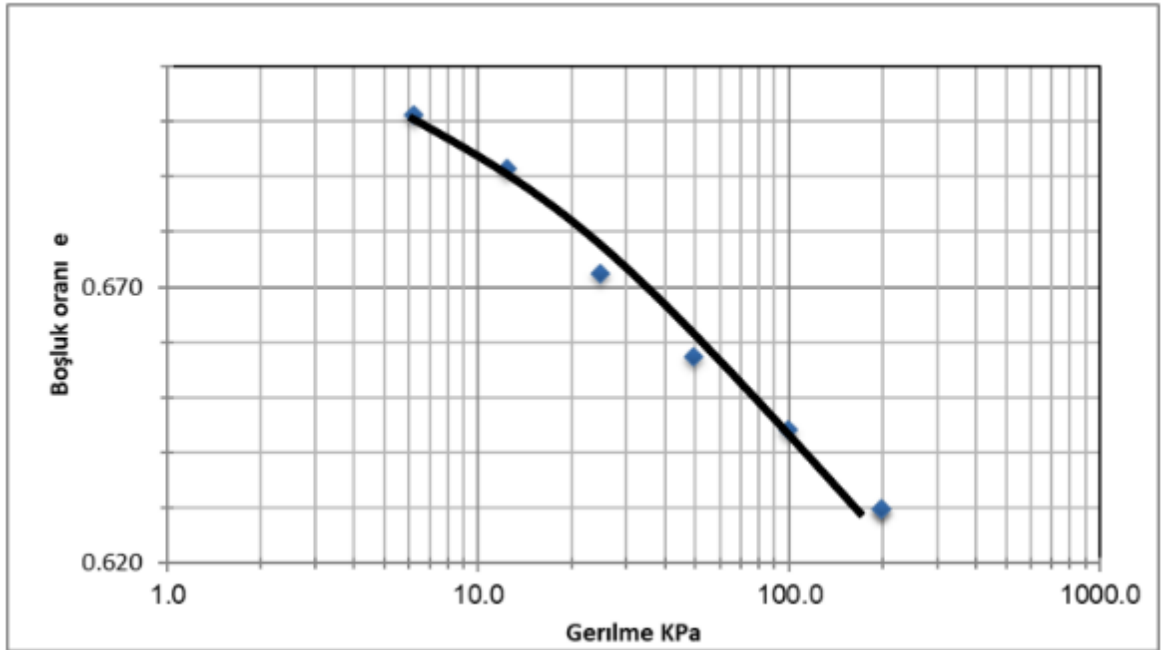
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.717	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0238	0.0204	0.697	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	209.00	16	48	0.0509	0.0437	0.673	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	190.53	32	72	0.0661	0.0567	0.660	99.2	
Numune Su Ağı	g	18.47	64.55	96	0.0874	0.0750	0.642	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	96.60	64.55	168	0.1271	0.1091	0.608	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	19.1	130	192	0.1487	0.1277	0.589	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.82	200	216	0.1633	0.1402	0.577	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.53							
Doygunluk Derecesi	%	0.70							
Boşluk Oranı e_o	-	0.717							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 51. Numune 51, Grup I, Deneyin Sonucu

GRUP I NUMUNE 51			EK 51
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

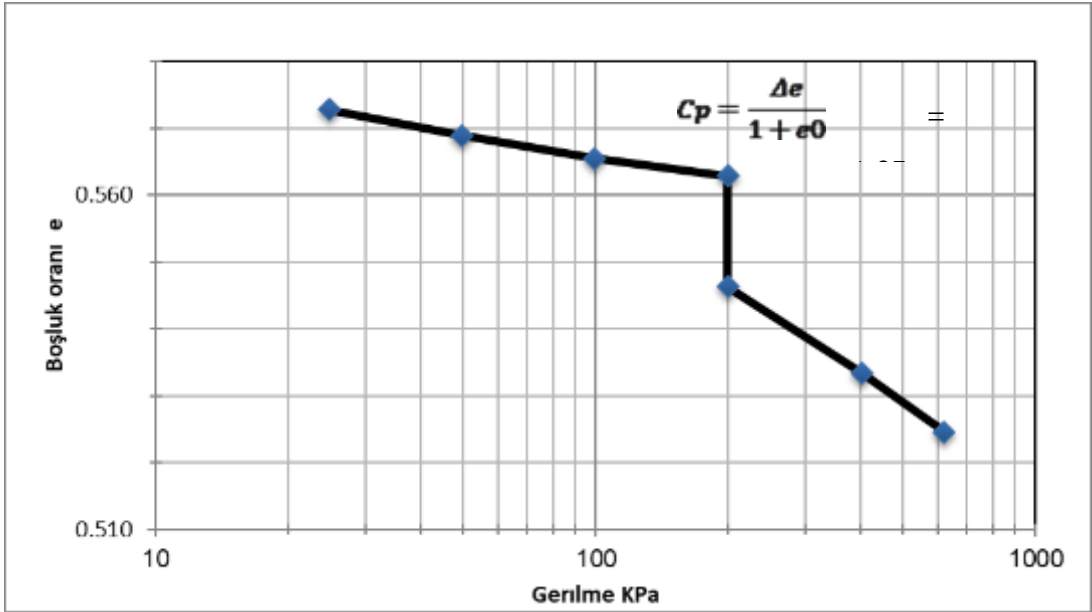
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.723	0
Numune Hacmi	cm ³	63.31	2	24	0.0255	0.0220	0.701	6.2
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.93	4	48	0.037	0.0319	0.691	12.4
Ring+Kuru Numune Ağı	g	190.18	8	72	0.0589	0.0507	0.672	24.8
Numune Su Ağı	g	18.75	16	96	0.0763	0.0657	0.657	49.6
Numune Kuru Ağı	g	96.25	32	168	0.0918	0.0791	0.644	99.2
Su Muhtevası	%	19.5	64	192	0.1083	0.0933	0.630	198.3
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.82						
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.52						
Doygunluk Derecesi	%	0.71						
Boşluk Oranı e_o	-	0.723						
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62						



Ek 52. Numune 52, Grup I, Deneyin Sonucu

GRUP 1 NUMUNE 52			EK 52
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

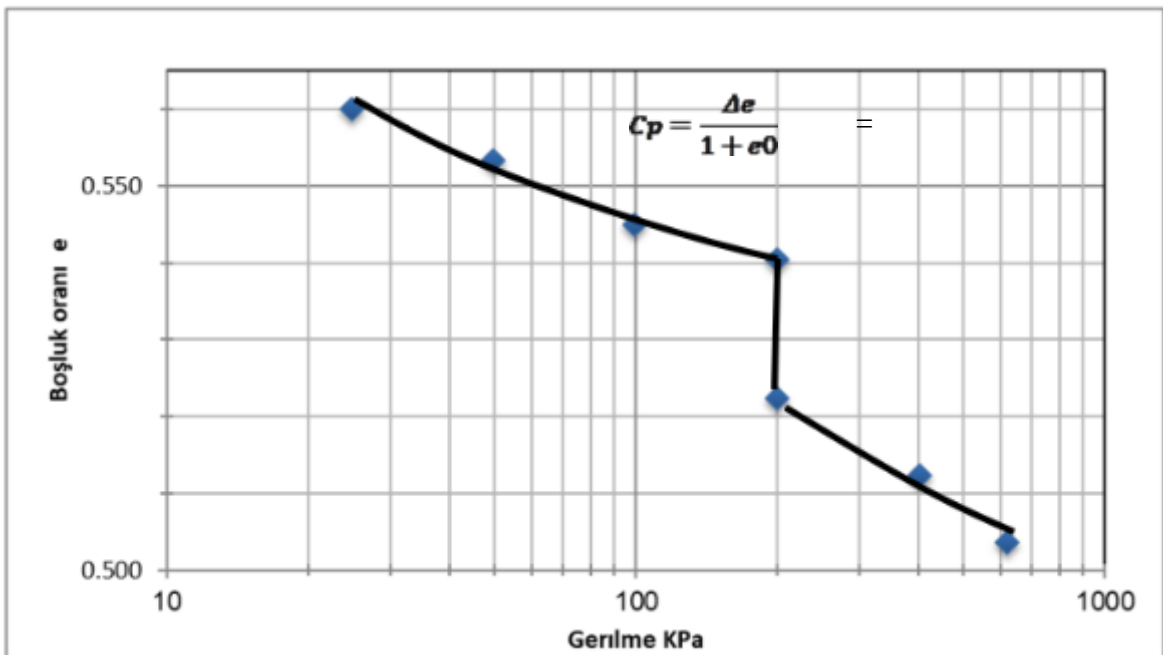
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.579	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0076	0.0060	0.573	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	211.62	16	48	0.0125	0.0099	0.569	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	200.19	32	72	0.0168	0.0133	0.566	99.2	
Numune Su Ağı	g	11.43	64.55	96	0.0201	0.0159	0.563	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	106.26	64.55	168	0.0411	0.0324	0.546	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	10.8	130	192	0.0575	0.0454	0.533	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.86	200	216	0.0687	0.0542	0.525	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.68							
Doygunluk Derecesi	%	0.49							
Boşluk Oranı e_0	-	0.579							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 53. Numune 53, Grup I, Deneyin Sonucu

GRUP 1 NUMUNE 53			EK 53
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

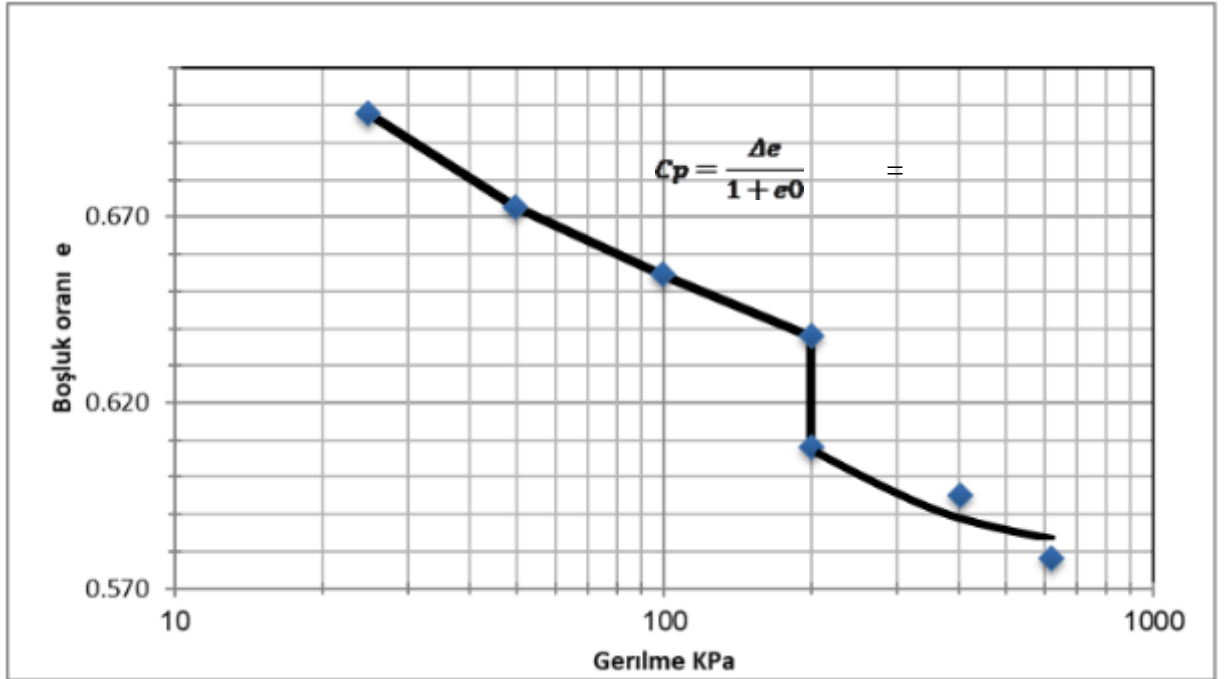
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.568	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0101	0.0079	0.560	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	211.84	16	48	0.0186	0.0146	0.553	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	201.33	32	72	0.0293	0.0230	0.545	99.2	
Numune Su Ağı	g	10.51	64.55	96	0.035	0.0274	0.540	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	107.40	64.55	168	0.058	0.0455	0.522	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	9.8	130	192	0.0709	0.0556	0.512	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.86	200	216	0.0821	0.0644	0.504	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.70							
Doygunluk Derecesi	%	0.46							
Boşluk Oranı e_0	-	0.568							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.66							



Ek 54. Numune 54, Grup II, Deneyin Sonucu

GRUP 2 NUMUNE 54			EK 54
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

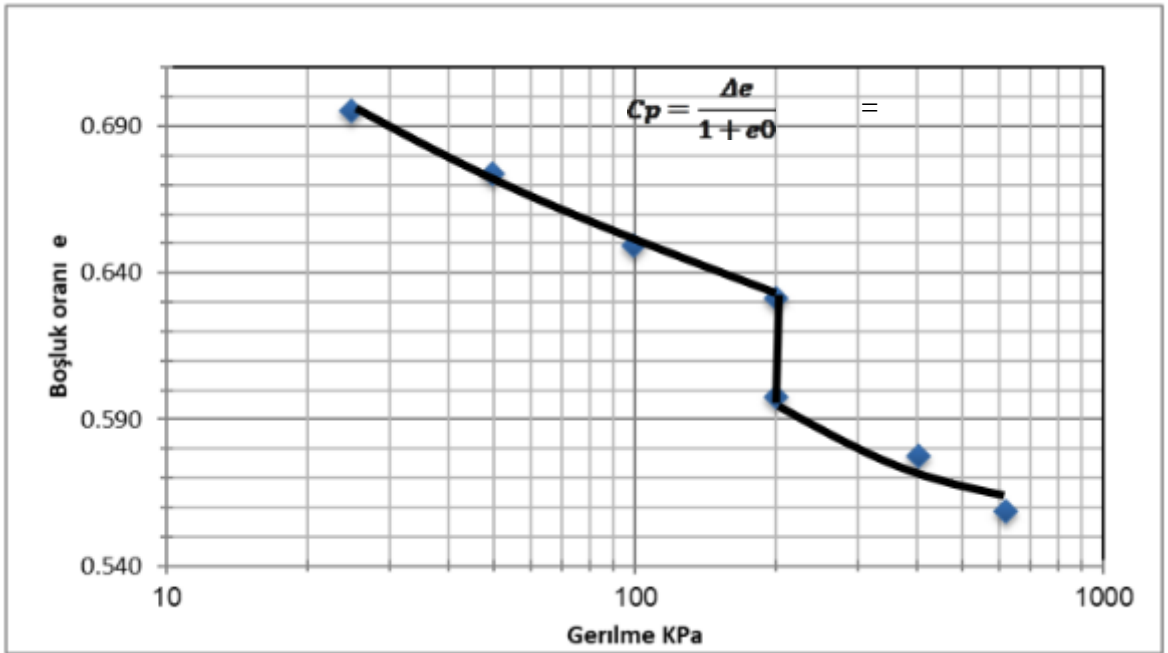
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.716	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0214	0.0184	0.698	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	207.53	16	48	0.0508	0.0436	0.673	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	190.57	32	72	0.072	0.0618	0.654	99.2	
Numune Su Ağı	g	16.96	64.55	96	0.0913	0.0783	0.638	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	96.64	64.55	168	0.126	0.1081	0.608	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	17.5	130	192	0.1414	0.1213	0.595	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.79	200	216	0.1611	0.1382	0.578	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.53							
Doygunluk Derecesi	%	0.64							
Boşluk Oranı e_0	-	0.716							
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 55. Numune 55, Grup II, Deneyin Sonucu

GRUP 2 NUMUNE 55			EK 55
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

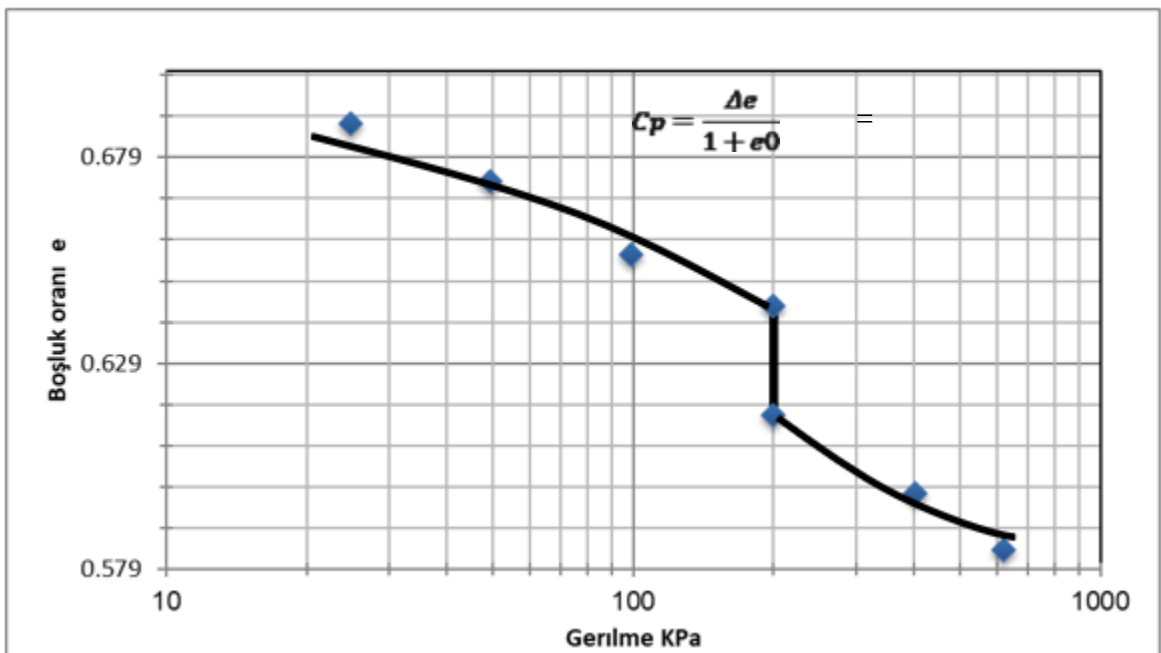
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.718	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0263	0.0226	0.695	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.65	16	48	0.051	0.0438	0.674	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	190.86	32	72	0.0794	0.0682	0.649	99.2	
Numune Su Ağı	g	17.79	64.55	96	0.1003	0.0861	0.632	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	96.93	64.55	168	0.1397	0.1200	0.598	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	18.4	130	192	0.1632	0.1402	0.578	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	18.1	200	216	0.1849	0.1588	0.559	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.53							
Doygunluk Derecesi	%	0.67							
Boşluk Oranı e_0	-	0.718							
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.63							



Ek 56. Numune 56, Grup III, Deneyin Sonucu

GRUP 3 NUMUNE 56			EK 56
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

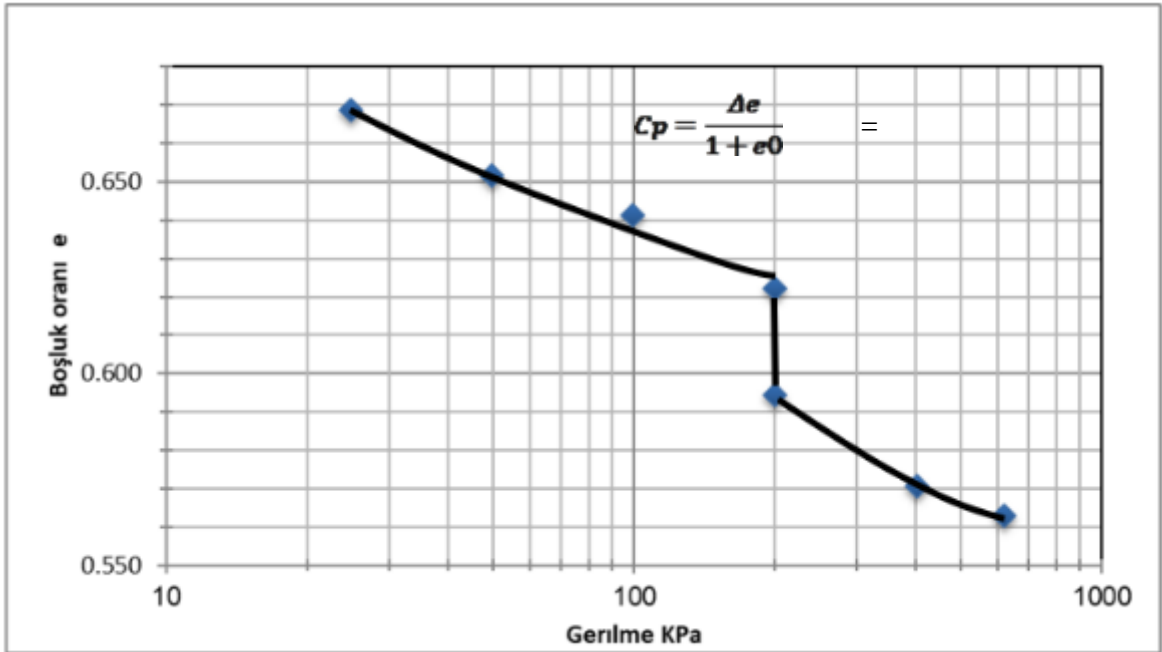
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.703	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0189	0.0161	0.687	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	207.88	16	48	0.0356	0.0303	0.673	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	192.42	32	72	0.0564	0.0480	0.655	99.2	
Numune Su Ağı	g	15.46	64.55	96	0.0709	0.0604	0.643	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	98.49	64.55	168	0.1021	0.0870	0.616	200.0	Doğunluk aşaması
Su Muhtevası	%	15.7	130	192	0.1245	0.1060	0.597	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.80	200	216	0.1406	0.1197	0.584	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.56							
Doğunluk Derecesi	%	0.59							
Boşluk Oranı e_o	-	0.703							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.65							



Ek 57. Numune 57, Grup III, Deneyin Sonucu

GRUP 3 NUMUNE 57			EK 57
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

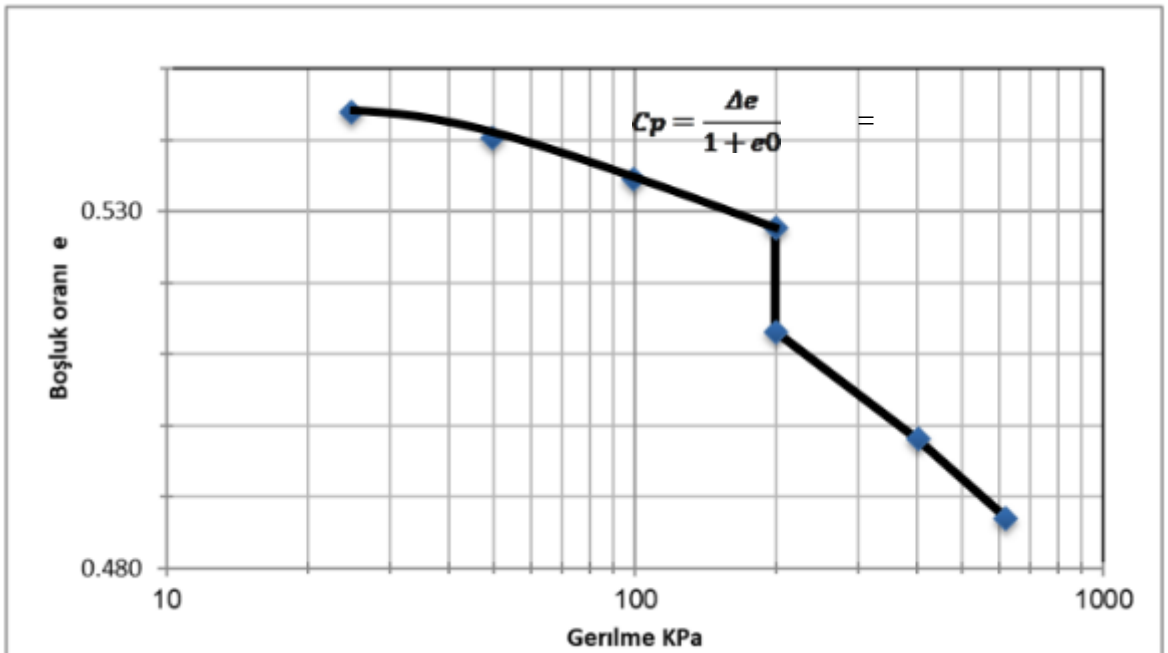
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.684	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0178	0.0150	0.669	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	206.56	16	48	0.038	0.0320	0.652	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	192.44	32	72	0.0503	0.0423	0.641	99.2	
Numune Su Ağı	g	14.12	64.55	96	0.0731	0.0615	0.622	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	98.51	64.55	168	0.1059	0.0892	0.595	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	14.3	130	192	0.1342	0.1130	0.571	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.78	200	216	0.1436	0.1209	0.563	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.56							
Doygunluk Derecesi	%	0.55							
Boşluk Oranı e_0	-	0.684							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 58. Numune 58, Grup IV, Deneyin Sonucu

GRUP 4 NUMUNE 58			EK58
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

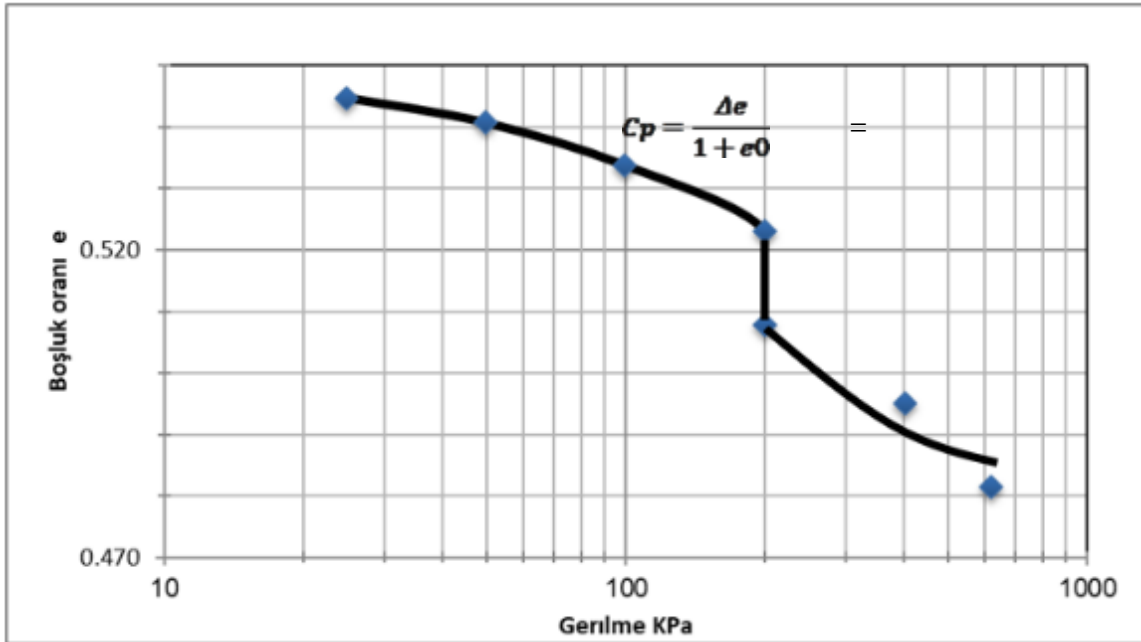
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.547	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0043	0.0033	0.544	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	212.41	16	48	0.0089	0.0069	0.540	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	202.36	32	72	0.0163	0.0126	0.535	99.2	
Numune Su Ağı	g	10.05	64.55	96	0.0251	0.0194	0.528	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	108.43	64.55	168	0.044	0.0340	0.513	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	9.3	130	192	0.0635	0.0491	0.498	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.87	200	216	0.0778	0.0602	0.487	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.71							
Doygunluk Derecesi	%	0.45							
Boşluk Oranı e_0	-	0.547							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.62							



Ek 59. Numune 59, Grup IV, Deneyin Sonucu

GRUP 4 NUMUNE 59			EK 59
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

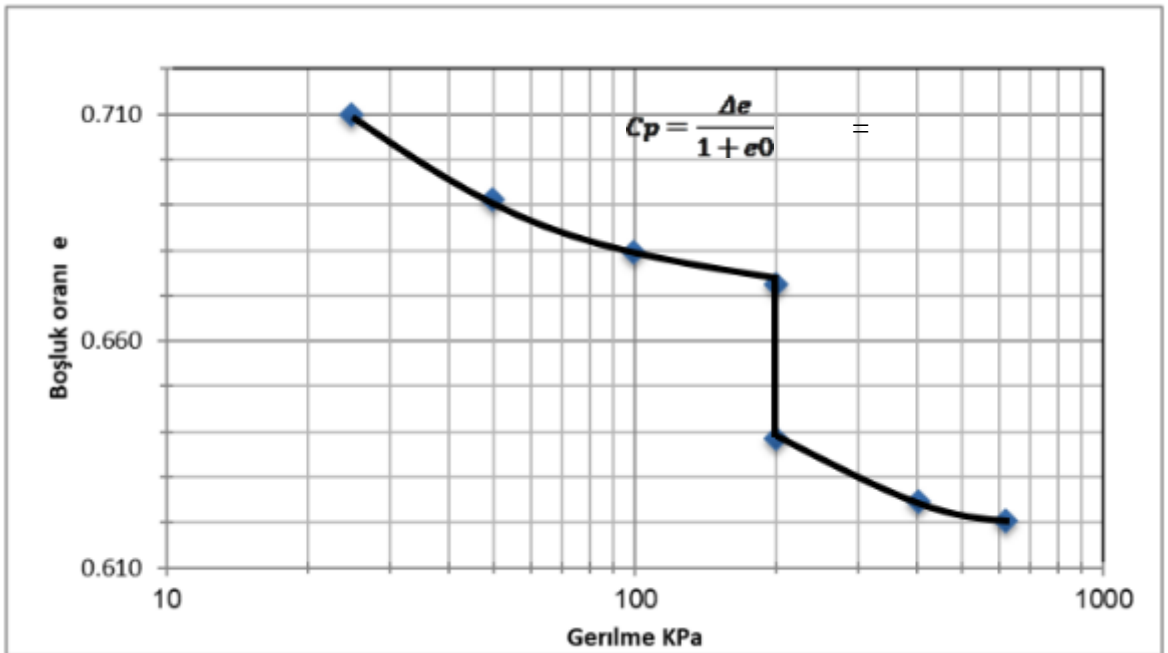
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.550	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0073	0.0057	0.545	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	212.36	16	48	0.0125	0.0097	0.541	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	202.54	32	72	0.0214	0.0166	0.534	99.2	
Numune Su Ağı	g	9.82	64.55	96	0.0352	0.0273	0.523	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	108.61	64.55	168	0.0549	0.0426	0.508	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	9	130	192	0.0715	0.0554	0.495	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.87	200	216	0.089	0.0690	0.481	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.72							
Doygunluk Derecesi	%	0.44							
Boşluk Oranı e_0	-	0.550							
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.66							



Ek 60. Numune 60, Grup V, Deneyin Sonucu

GRUP 5 NUMUNE 60			EK 60
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

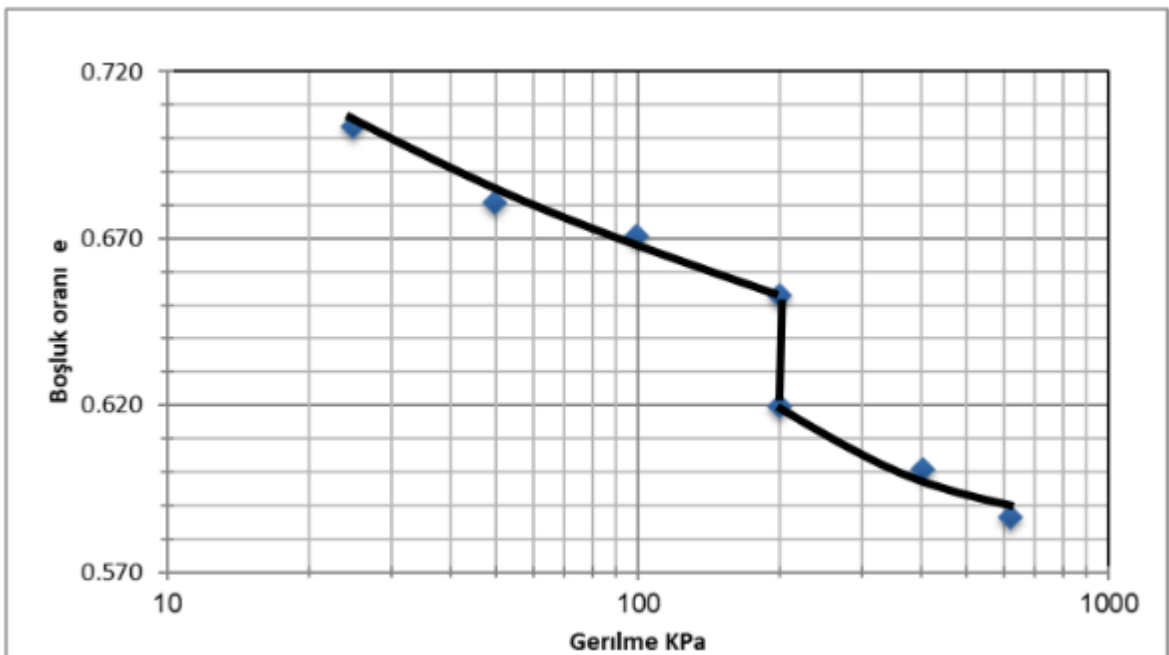
Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_0	Boşluk Oranı e_0	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.726	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0188	0.0162	0.710	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	208.24	16	48	0.0406	0.0350	0.691	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	189.65	32	72	0.0539	0.0465	0.680	99.2	
Numune Su Ağı	g	18.59	64.55	96	0.0623	0.0538	0.672	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	95.72	64.55	168	0.1014	0.0875	0.639	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	19.4	130	192	0.1178	0.1017	0.624	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.81	200	216	0.1225	0.1057	0.620	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.51							
Doygunluk Derecesi	%	0.70							
Boşluk Oranı e_0	-	0.726							
Özgöl Ağırlık	gr/cm ³	2.61							



Ek 61. Numune 61, Grup V, Deneyin Sonucu

GRUP 5 NUMUNE 61			EK 61
RING BİLGİLERİ			
Ring Ağı, g	Ring Çapı, cm	Ring Alanı, cm ²	Ring Hacmi, cm ³
93.93	6.35	31.65	63.306

Numune datası	Birim	Değer	Yük kg	Zaman saat	Deform ΔH cm	Δe_o	Boşluk Oranı e_o	Gerilme KPa	
Numune Yüksekliği H	cm	2.0	0	0	0	0	0.722	0	Kuru aşaması
Numune Hacmi	cm ³	63.31	8	24	0.0211	0.0182	0.703	24.8	
Ring +Yaş Numune Ağı	g	209.55	16	48	0.0476	0.0410	0.681	49.6	
Ring+Kuru Numune Ağı	g	191.01	32	72	0.059	0.0508	0.671	99.2	
Numune Su Ağı	g	18.54	64.55	96	0.0798	0.0687	0.653	200.0	
Numune Kuru Ağı	g	97.08	64.55	168	0.1184	0.1019	0.620	200.0	Doygunluk aşaması
Su Muhtevası	%	19.1	130	192	0.1402	0.1207	0.601	402.8	
Islak Birim Hacmi	gr/cm ³	1.83	200	216	0.1569	0.1351	0.586	619.7	
Kuru Birim Hacmi	gr/cm ³	1.53							
Doygunluk Derecesi	%	0.70							
Boşluk Oranı e_o	-	0.722							
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2.64							



Ek 62. Özgöl Ağırlık

GRUP A						
	W1		W2	W4	W3	
Deneyi no	Piknometre ağırlığı (g)	Kuru örnek (g)	(Piknometre + Kuru örnek) (g)	(Piknometre +su) (g)	(Piknometre +su+ örnek) (g)	Özgöl Ağırlık g/cm ³
1	48.61	20	68.61	149.23	161.67	2.65
2	48.49	20	68.49	148.03	160.48	2.65
3	48.84	20	68.84	149.25	161.67	2.64

GRUP B						
	W1		W2	W4	W3	
Deneyi no	Piknometre ağırlığı (g)	Kuru örnek (g)	(Piknometre + Kuru örnek) (g)	(Piknometre +su) (g)	(Piknometre +su+ örnek) (g)	Özgöl Ağırlık g/cm ³
1	48.19	20	68.19	147.97	160.36	2.63
2	48.58	20	68.58	148.97	161.40	2.64
3	48.61	20	68.61	149.23	161.62	2.63

GRUP C						
	W1		W2	W4	W3	
Deneyi no	Piknometre ağırlığı (g)	Kuru örnek (g)	(Piknometre + Kuru örnek) (g)	(Piknometre +su) (g)	(Piknometre +su+ örnek) (g)	Özgöl Ağırlık g/cm ³
1	48.61	20	68.61	149.23	161.70	2.66
2	48.84	20	68.84	149.25	161.72	2.66
3	48.49	20	68.49	148.03	160.51	2.66

GRUP D						
	W1		W2	W4	W3	
Deneyi no	Piknometre ağırlığı (g)	Kuru örnek (g)	(Piknometre + Kuru örnek) (g)	(Piknometre +su) (g)	(Piknometre +su+ örnek) (g)	Özgöl Ağırlık g/cm ³
1	48.58	20	68.58	148.97	161.33	2.62
2	48.84	20	68.84	149.25	161.62	2.62
3	48.19	20	68.19	147.97	160.35	2.62

Ek 62'nin devamı

GRUP E						
	W1		W2	W4	W3	
Deneyi no	Piknometre ağırlığı (g)	Kuru örnek (g)	(Piknometre + Kuru örnek) (g)	(Piknometre +su) (g)	(Piknometre +su+ örnek) (g)	Özgül Ağırlık g/cm ³
1	48.84	20	68.84	149.25	161.74	2.66
2	48.58	20	68.58	148.97	161.42	2.65
3	48.19	20	68.19	147.97	160.43	2.65

GRUP F						
	W1		W2	W4	W3	
Deneyi no	Piknometre ağırlığı (g)	Kuru örnek (g)	(Piknometre + Kuru örnek) (g)	(Piknometre +su) (g)	(Piknometre +su+ örnek) (g)	Özgül Ağırlık g/cm ³
1	48.49	20	68.49	148.03	160.46	2.64
2	48.61	20	68.61	149.23	161.66	2.64
3	48.84	20	68.84	149.25	161.68	2.64

GRUP G						
	W1		W2	W4	W3	
Deneyi no	Piknometre ağırlığı (g)	Kuru örnek (g)	(Piknometre + Kuru örnek) (g)	(Piknometre +su) (g)	(Piknometre +su+ örnek) (g)	Özgül Ağırlık g/cm ³
1	48.19	20	68.19	147.97	160.26	2.59
2	48.49	20	68.49	148.03	160.31	2.59
3	48.61	20	68.61	149.23	161.54	2.60

GRUP H						
	W1		W2	W4	W3	
Deneyi no	Piknometre ağırlığı (g)	Kuru örnek (g)	(Piknometre + Kuru örnek) (g)	(Piknometre +su) (g)	(Piknometre +su+ örnek) (g)	Özgül Ağırlık g/cm ³
1	48.84	20	68.84	149.25	161.57	2.60
2	48.19	20	68.19	147.97	160.34	2.61
3	48.49	20	68.49	148.03	160.37	2.61

Ek 62'nin devamı

GRUP I						
	W1		W2	W4	W3	
Deneyi no	Piknometre ağırlığı (g)	Kuru örnek (g)	(Piknometre + Kuru örnek) (g)	(Piknometre +su) (g)	(Piknometre +su+ örnek) (g)	Özgül Ağırlık g/cm ³
1	48.49	20	68.49	148.03	160.40	2.62
2	48.61	20	68.61	149.23	161.58	2.62
3	48.19	20	68.19	147.97	160.35	2.62

GRUP 1						
	W1		W2	W4	W3	
Deneyi no	Piknometre ağırlığı (g)	Kuru örnek (g)	(Piknometre + Kuru örnek) (g)	(Piknometre +su) (g)	(Piknometre +su+ örnek) (g)	Özgül Ağırlık g/cm ³
1	48.84	20	68.84	149.25	161.74	2.66
2	48.58	20	68.58	148.97	161.42	2.65
3	48.19	20	68.19	147.97	160.43	2.65

GRUP 2						
	W1		W2	W4	W3	
Deneyi no	Piknometre ağırlığı (g)	Kuru örnek (g)	(Piknometre + Kuru örnek) (g)	(Piknometre +su) (g)	(Piknometre +su+ örnek) (g)	Özgül Ağırlık g/cm ³
1	48.49	20	68.49	148.03	160.46	2.64
2	48.61	20	68.61	149.23	161.66	2.64
3	48.84	20	68.84	149.25	161.68	2.64

GRUP 3						
	W1		W2	W4	W3	
Deneyi no	Piknometre ağırlığı (g)	Kuru örnek (g)	(Piknometre + Kuru örnek) (g)	(Piknometre +su) (g)	(Piknometre +su+ örnek) (g)	Özgül Ağırlık g/cm ³
1	48.49	20	68.49	148.03	160.40	2.62
2	48.61	20	68.61	149.23	161.58	2.62
3	48.19	20	68.19	147.97	160.35	2.62

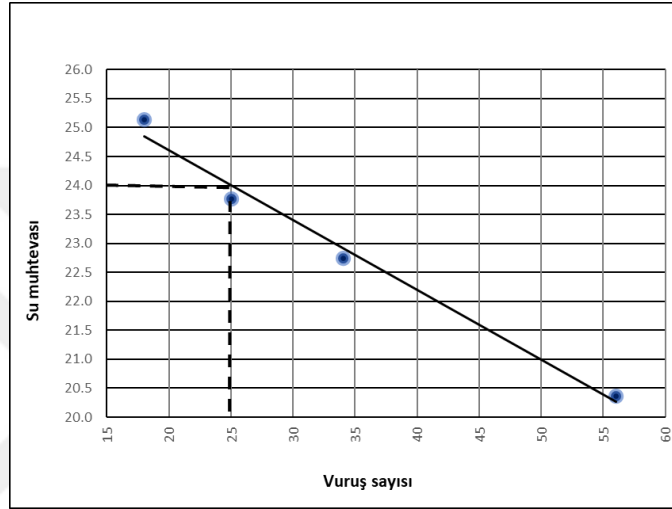
Ek 62'nin devamı

GRUP 4						
	W1		W2	W4	W3	
Deneyi no	Piknometre ağırlığı (g)	Kuru örnek (g)	(Piknometre + Kuru örnek) (g)	(Piknometre +su) (g)	(Piknometre +su+ örnek) (g)	Özgül Ağırlık g/cm ³
1	48.61	20	68.61	149.23	161.70	2.66
2	48.84	20	68.84	149.25	161.72	2.66
3	48.49	20	68.49	148.03	160.51	2.66

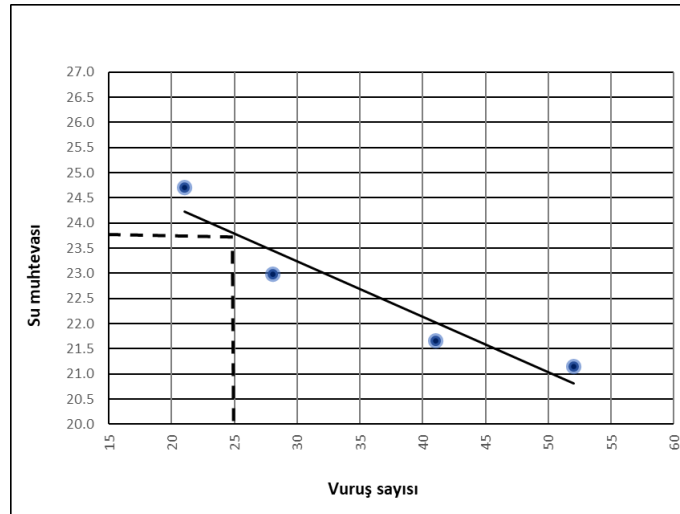
GRUP 5						
	W1		W2	W4	W3	
Deneyi no	Piknometre ağırlığı (g)	Kuru örnek (g)	(Piknometre + Kuru örnek) (g)	(Piknometre +su) (g)	(Piknometre +su+ örnek) (g)	Özgül Ağırlık g/cm ³
1	48.84	20	68.84	149.25	161.57	2.60
2	48.19	20	68.19	147.97	160.34	2.61
3	48.49	20	68.49	148.03	160.37	2.61

Ek 63. Likit Limit, Deneyin Sonuçları

GRUP A								
Örnek 1	Vuruş sayısı	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Likit limit
1	18	34.53	39.06	38.15	0.91	3.62	25.1	24.0
2	25	35.13	40.8	39.88	0.92	3.87	23.8	
3	34	37.42	46.33	44.86	1.47	6.46	22.8	
4	56	33.22	41.99	40.68	1.31	6.43	20.4	

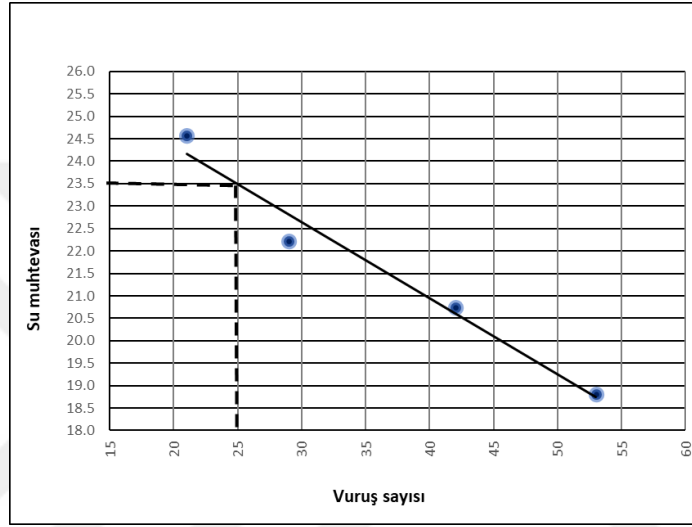


GRUP B								
Örnek 1	Vuruş sayısı	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Likit limit
1	21	24.89	34.48	32.58	1.9	7.69	24.7	23.7
2	28	33.22	34.25	33.36	0.89	3.87	23.0	
3	41	25.19	31.88	30.48	1.4	6.46	21.7	
4	52	23.25	30.45	29.09	1.36	6.43	21.2	

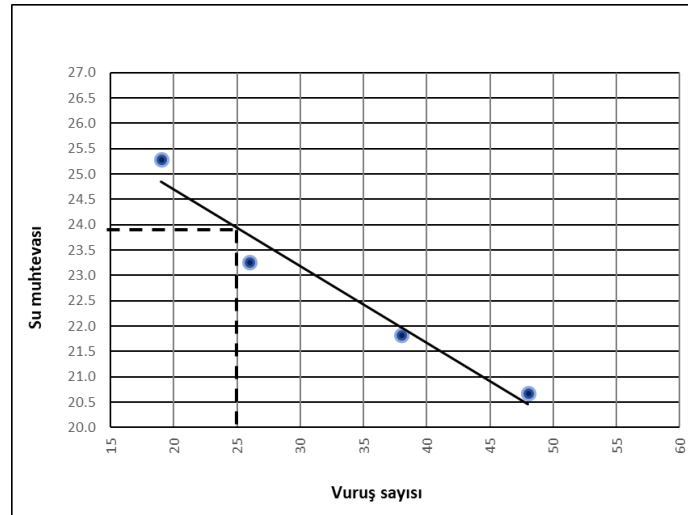


Ek 63'ün devamı

GRUP C								
Örnek 1	Vuruş sayısı	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Likit limit
1	21	35.13	38.02	37.45	0.57	2.32	24.6	23.5
2	29	24.89	35.2	34.34	0.86	3.87	22.2	
3	42	23.36	30.35	29.01	1.34	6.46	20.7	
4	53	23.25	29.65	28.44	1.21	6.43	18.8	

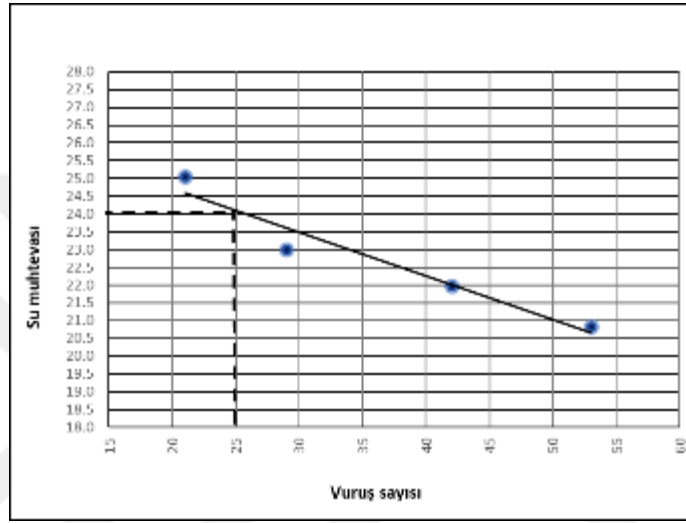


GRUP D								
Örnek 1	Vuruş sayısı	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Likit limit
1	19	35.13	37.26	36.83	0.43	1.7	25.3	23.9
2	26	24.3	34.19	33.29	0.9	3.87	23.3	
3	38	24.32	31.75	30.34	1.41	6.46	21.8	
4	48	37.42	31.61	30.28	1.33	6.43	20.7	

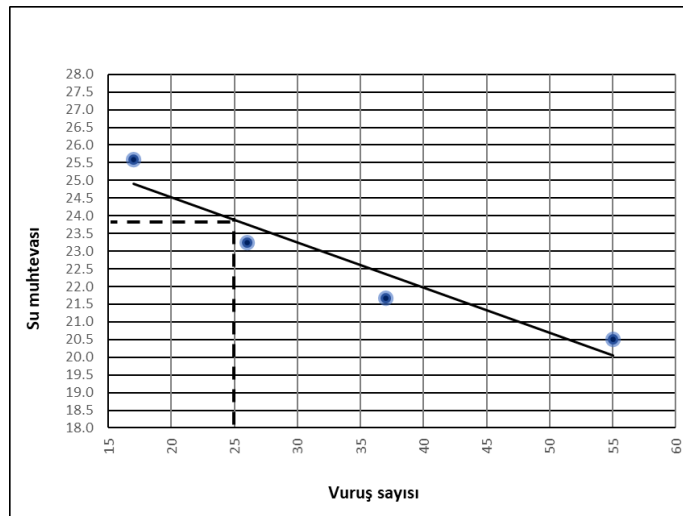


Ek 63'ün devamı

GRUP E								
Örnek 1	Vuruş sayısı	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Likit limit
1	21	23.36	29.4	28.19	1.21	4.83	25.1	24.1
2	29	24.89	31.1	30.21	0.89	3.87	23.0	
3	42	24.32	28.9	27.48	1.42	6.46	22.0	
4	53	25.19	30.6	29.26	1.34	6.43	20.8	

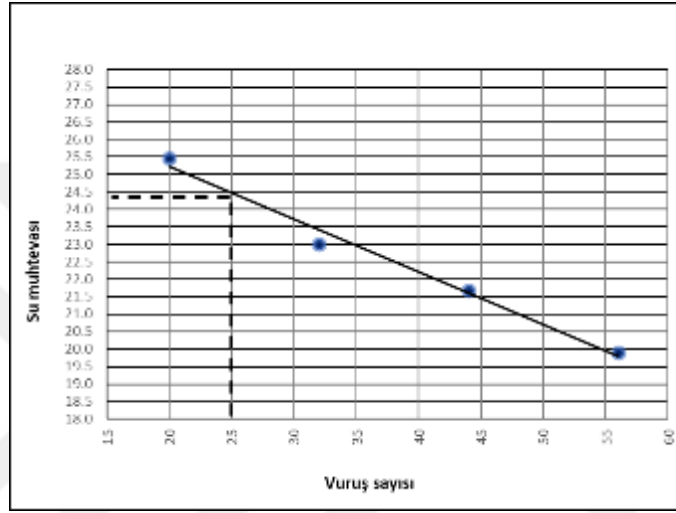


GRUP F								
Örnek 1	Vuruş sayısı	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Likit limit
1	17	23.25	31.74	30.01	1.73	6.76	25.6	23.9
2	26	24.32	29.89	28.99	0.9	3.87	23.3	
3	37	35.13	41.26	39.86	1.4	6.46	21.7	
4	55	33.22	38.62	37.3	1.32	6.43	20.5	

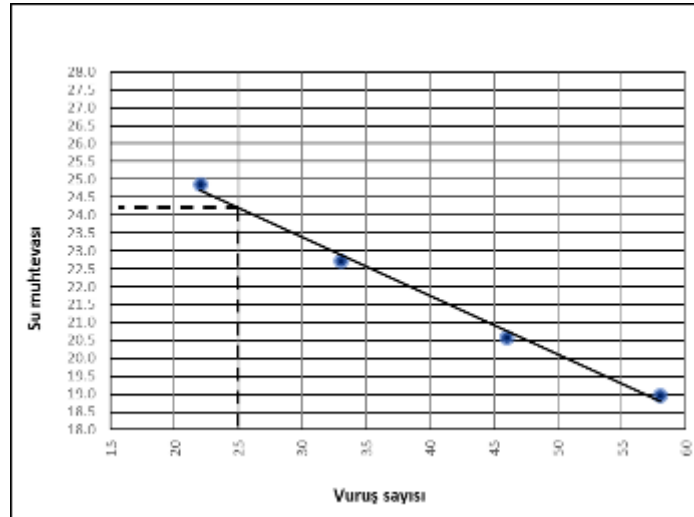


Ek 63'ün devamı

GRUP G								
Örnek 1	Vuruş sayısı	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Likit limit
1	20	21.17	28.51	27.02	1.49	5.85	25.5	24.4
2	32	24.3	31.86	30.97	0.89	3.87	23.0	
3	44	25.19	41.26	39.86	1.4	6.46	21.7	
4	56	23.36	38.58	37.3	1.28	6.43	19.9	

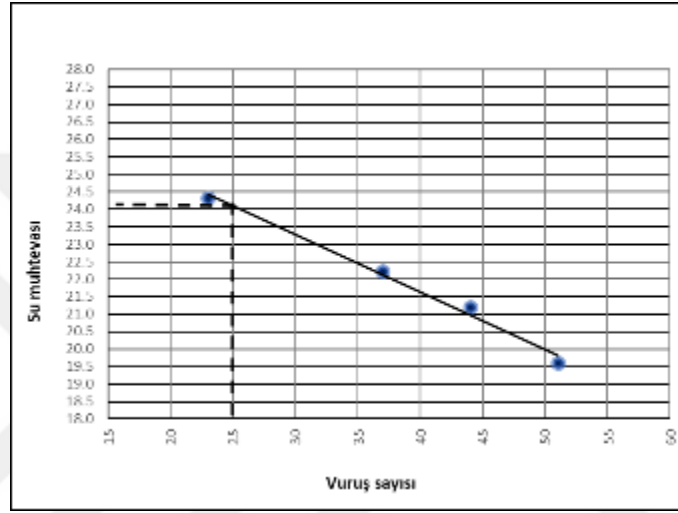


GRUP H								
Örnek 1	Vuruş sayısı	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Likit limit
1	22	33.22	43.36	41.34	2.02	8.12	24.9	24.2
2	33	35.13	41.12	40.24	0.88	3.87	22.7	
3	46	34.53	43.74	42.41	1.33	6.46	20.6	
4	58	37.42	45.31	44.09	1.22	6.43	19.0	

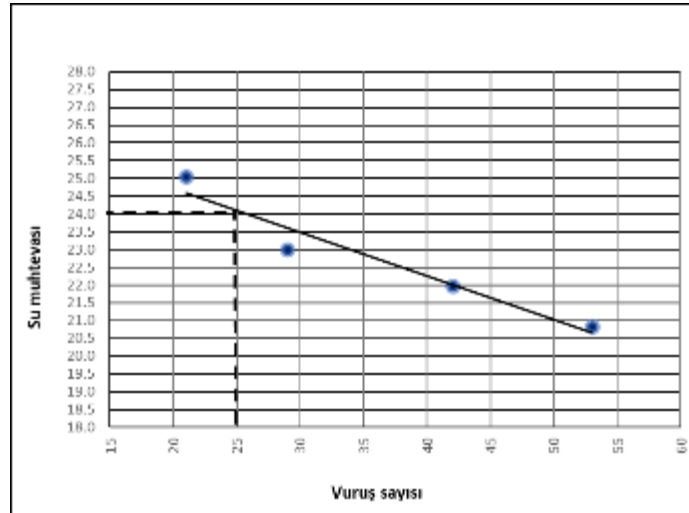


Ek 63'ün devamı

GRUP I								
Örnek 1	Vuruş sayısı	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Likit limit
1	23	24.32	34.39	32.42	1.97	8.1	24.3	24.1
2	37	23.36	30.02	29.16	0.86	3.87	22.2	
3	44	21.17	29.59	28.22	1.37	6.46	21.2	
4	51	24.3	31.26	30	1.26	6.43	19.6	

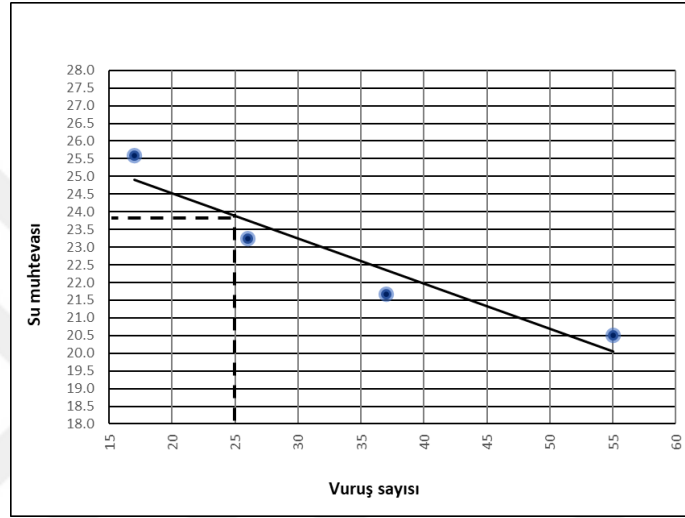


GRUP 1								
Örnek 1	Vuruş sayısı	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Likit limit
1	21	23.36	29.4	28.19	1.21	4.83	25.1	24.1
2	29	24.89	31.1	30.21	0.89	3.87	23.0	
3	42	24.32	28.9	27.48	1.42	6.46	22.0	
4	53	25.19	30.6	29.26	1.34	6.43	20.8	

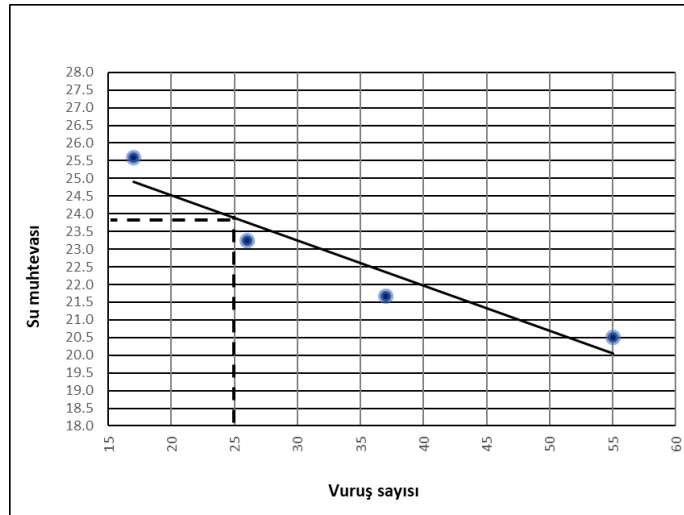


Ek 63'ün devamı

GRUP 2								
Örnek 1	Vuruş sayısı	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Likit limit
1	17	23.25	31.74	30.01	1.73	6.76	25.6	23.9
2	26	24.32	29.89	28.99	0.9	3.87	23.3	
3	37	35.13	41.26	39.86	1.4	6.46	21.7	
4	55	33.22	38.62	37.3	1.32	6.43	20.5	

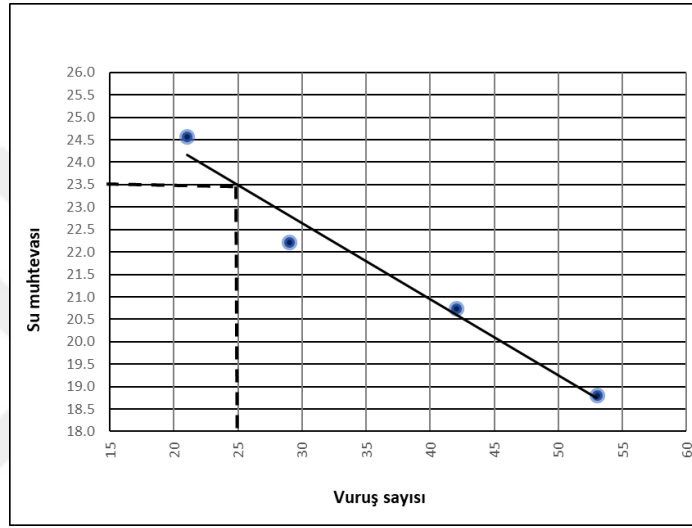


GRUP 3								
Örnek 1	Vuruş sayısı	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Likit limit
1	19	35.13	37.26	36.83	0.43	1.7	25.3	23.9
2	26	24.3	34.19	33.29	0.9	3.87	23.3	
3	38	24.32	31.75	30.34	1.41	6.46	21.8	
4	48	37.42	31.61	30.28	1.33	6.43	20.7	

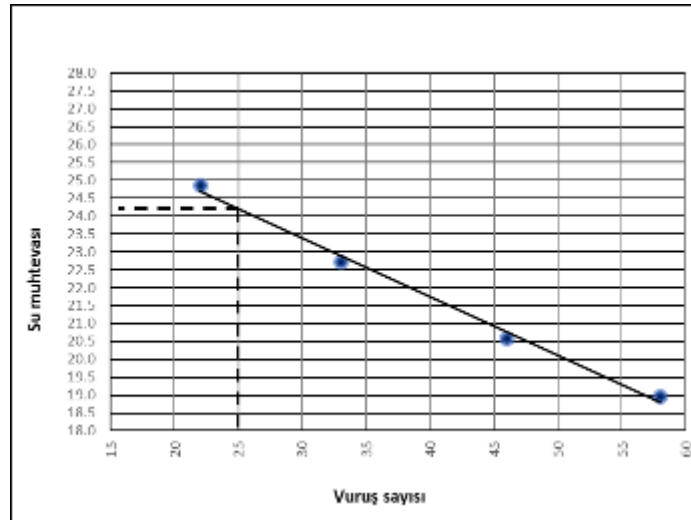


Ek 63'ün devamı

GRUP 4								
Örnek 1	Vuruş sayısı	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Likit limit
1	21	35.13	38.02	37.45	0.57	2.32	24.6	23.5
2	29	24.89	35.2	34.34	0.86	3.87	22.2	
3	42	23.36	30.35	29.01	1.34	6.46	20.7	
4	53	23.25	29.65	28.44	1.21	6.43	18.8	



GRUP 5								
Örnek 1	Vuruş sayısı	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Likit limit
1	22	33.22	43.36	41.34	2.02	8.12	24.9	24.2
2	33	35.13	41.12	40.24	0.88	3.87	22.7	
3	46	34.53	43.74	42.41	1.33	6.46	20.6	
4	58	37.42	45.31	44.09	1.22	6.43	19.0	



Ek 64. Plastik Limit, Deneyin Sonuçları

GRUP A							
Örnek 1	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Plastik limit
1	18.09	22.41	21.61	0.8	3.52	22.7	22.7
2	17.88	23.86	22.98	0.88	3.87	22.7	
3	18.14	25.24	23.77	1.47	6.46	22.8	

GRUP B							
Örnek 1	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Plastik limit
1	18.06	26.68	25.09	1.59	7.03	22.6	22.5
2	17.59	28.3	27.43	0.87	3.87	22.5	
3	19.15	25.63	24.18	1.45	6.46	22.4	

GRUP C							
Örnek 1	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Plastik limit
1	17.88	25.47	24.12	1.35	6.24	21.6	21.7
2	18.06	27.61	26.21	1.4	6.46	21.7	
3	18.09	26.16	25.32	0.84	3.87	21.7	

GRUP D							
Örnek 1	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Plastik limit
1	22.46	30.21	28.82	1.39	6.36	21.9	22.0
2	19.15	28.5	27.65	0.85	3.87	22.0	
3	18.14	30.44	29.02	1.42	6.46	22.0	

Ek 64'ün devamı

GRUP E							
Örnek 1	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Plastik limit
1	19.15	28.76	26.99	1.77	7.84	22.6	22.6
2	16.71	24.61	23.15	1.46	6.46	22.6	
3	18.14	26.42	25.54	0.88	3.87	22.7	

GRUP F							
Örnek 1	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Plastik limit
1	17.68	25.63	24.18	1.45	6.50	22.3	22.3
2	17.88	31.02	28.62	2.4	10.74	22.3	
3	18.06	26.65	25.21	1.44	6.46	22.3	

GRUP G							
Örnek 1	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Plastik limit
1	17.59	24.33	23.12	1.21	5.53	21.9	21.9
2	18.09	27.08	26.23	0.85	3.87	22.0	
3	19.15	28.84	27.43	1.41	6.46	21.8	

GRUP H							
Örnek 1	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Plastik limit
1	22.45	30.23	28.82	1.41	6.37	22.1	22.1
2	19.15	28.5	27.65	0.85	3.87	22.0	
3	22.54	30.43	29.00	1.43	6.46	22.1	

Ek 64'ün devamı

GRUP 1							
Örnek 1	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Plastik limit
1	17.88	25.47	24.11	1.36	6.23	21.8	21.8
2	19.15	28.84	27.43	1.41	6.46	21.8	
3	18.09	26.16	25.32	0.84	3.87	21.7	

GRUP 1							
Örnek 1	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Plastik limit
1	19.15	28.76	26.99	1.77	7.84	22.6	22.6
2	16.71	24.61	23.15	1.46	6.46	22.6	
3	18.14	26.42	25.54	0.88	3.87	22.7	

GRUP 2							
Örnek 1	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Plastik limit
1	22.46	37.73	36.87	0.86	3.87	22.2	22.3
2	17.88	31.02	28.62	2.4	10.74	22.3	
3	18.06	26.65	25.21	1.44	6.46	22.3	

GRUP 3							
Örnek 1	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Plastik limit
1	22.46	30.21	28.82	1.39	6.36	21.9	22.0
2	19.15	28.5	27.65	0.85	3.87	22.0	
3	18.14	30.44	29.02	1.42	6.46	22.0	

Ek 64'ün devamı

GRUP 4							
Örnek 1	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Plastik limit
1	22.54	30.43	29.00	1.43	6.46	22.1	22.1
2	17.77	31.02	28.62	2.4	10.85	22.1	
3	18.70	26.65	25.21	1.44	6.51	22.1	

GRUP 5							
Örnek 1	Kpa g	Kap+yaş Zemin (g)	Kap+kuru Zemin (g)	Su ağırlığı (g)	Kuru zemin (g)	su muhtevası	Plastik limit
1	17.65	24.33	23.12	1.21	5.47	22.1	22.1
2	22.39	27.08	26.23	0.85	3.84	22.1	
3	21.05	28.84	27.43	1.41	6.38	22.1	

ÖZGEÇMİŞ

Uygulamalı Jeoloji alanında Halep Üniversitesi'nden lisans (63,51 derece) ve diploma (74,83 derece) derecelerini almış, ardından Tishreen Üniversitesi'nde yüksek lisansını (82,49 derece) tamamlamıştır. Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde Jeoloji Mühendisliği alanında doktora yapmış ve 3.85/4.0 not ortalaması elde etmiştir. Kariyeri boyunca CNLC, Petrosecrvices, General Company for Land Reclamation ve General Company Hydro Project gibi kuruluşlarda görev almış, su kaynakları mühendisliği, hidrojeoloji ve jeoteknik mühendisliği alanlarında çeşitli pozisyonlarda çalışmıştır. Ayrıca, Alfurat Üniversitesi'nde mühendislik jeolojisi ve zemin mekaniği dersleri vermiş, öğrenci araştırmalarını ve laboratuvarları denetlemiştir. Su arıtma, kanalizasyon sistemleri ve taşkın kontrolü gibi konularda projeler yönetmiş, saha araştırmaları, su kuyuları kazımı ve jeoteknik analizler üzerine çalışmalar yürütmüştür. Akademik araştırmalara katkıda bulunmuş, çeşitli bilimsel projelerde yer almıştır. İngilizce ve Türkçe dillerinde ileri seviyede yetkin olup, araştırma, planlama ve proje yönetimi alanlarında geniş deneyime sahiptir.