

**YENİKENT (ANKARA) YERLEŞİM ALANI KİLLERİNİN
KİREÇ VE UÇUCU KÜLLE GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ**

Salim AYDIN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜŐÜ**

**ŞUBAT 2010
ANKARA**

Salim AYDIN tarafından hazırlanan YENİKENT (ANKARA) YERLEŞİM ALANI KİLLERİNİN KİREÇ VE UÇUCU KÜLLE GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Nail ÜNSAL

.....

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZER

.....

Yapı Eğitimi A.D., Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Nail ÜNSAL

.....

İnşaat Mühendisliği A.D., Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Sami Oğuzhan AKBAŞ

.....

İnşaat Mühendisliği A.D., Gazi Üniversitesi

Tarih : 19 / 02 / 2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Salim AYDIN

**YENİKENT (ANKARA) YERLEŞİM ALANI KİLLERİNİN
KİREÇ VE UÇUCU KÜLLE GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Salim AYDIN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Şubat 2010**

ÖZET

Şişme ve büzülme potansiyeline sahip şişen killere ülkemizin birçok bölgesinde rastlanmaktadır. Şişen killerin hacim değiştirme kapasitesine bağlı olarak oluşan düşey deformasyonlar nedeniyle, yapısal hasarlar oluşabilmektedir. Hafif yüklenmiş yapılarda, temel zemininin şişme özelliği gösteren kil minerallerine sahip şişen kil içermesi durumunda yapının aktardığı düşük düşey basıncı nedeniyle yapı farklı oturmalara maruz kalmakta ve büyük hasarlar meydana gelebilmektedir. Şişme davranışı ve etkileyen faktörlerin önceden tahmin edilmesi, muhtemel hasarların önüne geçecektir. Şişen killerin içerdiği kil minerallerinin minerolojik yapısı şişen killerin hacim değiştirmesine en önemli etkindir. Bu çalışmada, Yenikent yerleşim alanı killерinin sönmüş kireç ve uçucu kül kullanılarak geoteknik özelliklerindeki iyileşme incelenmiştir. Bu amaçla, inceleme alanını temsilen 5 farklı lokasyonda açılan araştırma çukurlarından numuneler alınmış ve mühendislik özelliklerinin belirlenmesine yönelik laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Örselenmiş zemin örneklerinin fiziksel karakteristikleri, su içeriği, özgül ağırlık, dane çapı dağılımı deneyleri yapılarak elde edilmiştir. Kohezyonlu kil örnekleri plastisite özellikleri, likit limit ve plastik limit deneylerinden bulunmuştur. USCS sınıflandırma sistemi kullanılarak, bütün zemin örneklerinin “yüksek plastisiteli CH killер” olduğu belirlenmiştir. CH örneklerin şişme özellikleri

dolaylı ve doğrudan yöntemlerle yorumlanmıştır. Dolaylı yöntemlerde, zemin örneklerinin şişme potansiyeli, bazı ampirik yaklaşımlarla yorumlanmaktadır. Doğrudan yöntemlerde ise zemin şişme özellikleri laboratuvar deneylerinde ölçülmektedir. Dolaylı ve doğrudan yöntemlerle elde edilen sonuçlar, kil örneklerinin yüksek şişme potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Laboratuvar da şişme potansiyelinin deneysel ölçümü için, kuru ağırlıkça %1, 3, 5, 7, 9 oranlarında kireç; % 5, 10 oranlarında uçucu kül katkıli sıkıştırılmış numuneler şişme deneylerine tabi tutulmuştur. Şişme deneyi sonuçlarına göre, %5 kireç katkısından itibaren şişme potansiyeli önemli ölçüde azalmış, %7, %9 kireç katkısında, şişme yüzdesi ve basıncı sırasıyla, %89, %65 ile %94, %75 azalarak çok düşük değerlere ulaşmıştır. Kireç katkısının tersine, CH kil örnekleri üzerinde uçucu külün şişmede sınırlı iyileştirme gösterdiği gözlenmiştir. Kireç ve uçucu kül katkılarının serbest basınç dayanımına etkisini belirlemek üzere, %5 ve %10 oranlarında kireç ve uçucu kül katkıli olarak sıkıştırılmış numuneler üzerinde, 1, 14 ve 28 günlük kür sürelerinde serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Daha fazla dayanımın elde edildiği 28 günlük kür süresi sonunda %5 ve %10 katkıli olarak yapılan serbest basınç deneyleri sonucunda, serbest basınç dayanımları ortalama değerlere göre sırasıyla, kireç katkıli örneklerde, %78, %181; uçucu kül katkıli örneklerde ise %41, %84 artmıştır. Sonuç olarak, kireç katkısının bölgedeki CH killerin iyileştirilmesinde uçucu kül katkısına göre daha etkili olduğu ve Yenikent kil zeminlerinde, şişme ve serbest basınç dayanımı parametrelerinde iyileştirme için, optimum kireç katkısının %7 olarak kullanılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca, %5 ve %10 oranlarda uçucu kül katkısının, zeminin serbest basınç dayanımında, iyileştirmede önemli etkisinin olmasının yanında, şişme özellikleri bakımından çok az bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Bilim Kodu : 911.1.050

Anahtar Kelimeler : Şişme, şişen kil, iyileştirme, katkı, sönmüş kireç, uçucu kül, şişme potansiyeli, şişme yüzdesi, şişme basıncı

Sayfa Adedi :198

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Nail Ünsal

**IMPROVEMENT OF THE GEOTECHNICAL PROPERTIES OF YENİKENT
(ANKARA) SETTLEMENT AREA CLAYS WITH LIME AND FLY ASH
(M.Sc.Thesis)**

Salim AYDIN

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
February 2010**

ABSTRACT

Swelling clays with the potential to shrink or swell are found throughout the Turkey. Volume change potential of swelling clays cause vertical movement which are generally responsible for structural damage. Lightly loaded structures are very susceptible to differential soil movement which cause important damages due to their low vertical pressures. Predetermining the swelling behaviors and affecting factors of them prevents possible damage occurrences. The mineralogic composition of the expansive clay minerals determine the amount of volume change. In this study, improvement of the geotechnical properties of swelling clays of Yenikent settlement by using hydrated lime and fly ash additives were investigated. For this purpose, samples were taken from 5 bore holes in different locations representing the study area and laboratory tests were conducted in order to be determine engineering properties of the site soil. The physical characteristics of the disturbed specimens were determined by making water content, specific gravity, grain size distribution tests on them. The plasticity characteristics of the cohesive clay specimens were found by the liquid limit and plastic limit tests. By using USCS classification system, it was determined that all the samples were CH clays. Swelling properties of the CH samples were evaluated both by indirect and direct methods. For indirect methods, some empirical approaches are used to interpret swell potential of the samples, whereas in direct methods, swell

properties of the soil are measured by laboratory tests. The results of indirect and direct methods showed that all the clayey samples have high swelling potential. For direct measurement in the laboratory, swelling tests were conducted on compacted specimens with additives of hydrated lime at %1, 3, 5, 7, 9 and fly ash at %5, 10 by dry weight. According to the swell test results, from 5% of lime swell potential were significantly decreased and for 7% ,9% of lime additive swell percentage and pressure were reduced by %89, %65 and %94, %75 respectively, they reached to very low values. In contrast to lime additive, it was observed that fly ash additive had limited improvement effects for swelling improvement. In order to determine the effect of lime and fly ash additives on unconfined strength of swelling clays in the site, unconfined compression (UC) tests were conducted on compacted specimens at %5 and %10 additives for curing duration of 1, 14, 28 days. According to the UC tests results, at the end of 28 days of curing obtained higher strength for %5 and %10, using average values, UC strength was increased by %78, %181 for lime additive and %41, %84 for fly ash additive respectively. Finally, it was determined that lime additive is much more effective on stabilizing of the CH clays of the site and optimum lime additive can be used as 7% for Yenikent clayey soils for improvement. And it was determined that fly ash additives for %5 and %10 have a considerable effect on the strength of UC strength of the soil, but have small effect to stabilize CH clay samples at swelling properties.

Science Code : 911.1.050

Key Words : swelling, swelling clay, stabilization, additive, hydrated lime, fly ash, swelling potential, swelling percentage, swelling pressure

Page Number :198

Adviser : Prof.Dr.Nail ÜNSAL

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. Nail ÜNSAL'a, ayrıca laboratuvar deneyleri sırasında katkılarından dolayı İnş. Y. Müh. Aydın GÖKÇE'ye, arazi çalışmaları sırasında yardımlarından dolayı Sincan Fen İşleri Müdürlüğü çalışanlarına ve destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ	xvii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. ŞİŞEN KİL ZEMİNLERİN OLUŞUMU VE MİNEROLOJİSİ.....	3
2.1. Şişen Kil Zeminlerin Oluşumu.....	3
2.2. Şişen Kil Zeminlerin Fiziksel Özellikleri.....	4
2.3. Killerin Minerolojisi.....	6
2.3.1. Kaolinit mineralleri.....	7
2.3.2. İllit mineralleri.....	9
2.3.3. Smektit mineralleri.....	10
2.3.4. Klorit mineralleri.....	11
2.3.5. Karışık tabakalı killer.....	12
3. KİLLERİN ŞİŞME ÖZELLİĞİ.....	13
4. ŞİŞEN KİLLERİN TANIMLANMASI VE SINIFLANDIRILMASI.....	17
4.1. Şişme Özelliğinin Tanımlanması.....	17

Sayfa

4.1.1. Şişme potansiyeli.....	17
4.1.2. Şişme basıncı.....	19
4.2. Şişen Killerin Sınıflandırılması.....	19
4.2.1. Şişen killerin dolaylı (nitel) yöntemler ile sınıflandırılması.....	20
4.2.2. Şişen killerin doğrudan (nicel) yöntemler ile sınıflandırılması.....	31
4.3. Geçmişte Yapılmış Çalışmalar.....	33
5. İNCELEME ALANININ TANITILMASI.....	38
5.1. Jeolojik Durum.....	39
5.1.1. Bölgesel jeoloji.....	39
5.2. İnceleme Alanı Jeolojisi.....	40
5.2.1. Miyosen.....	40
5.2.2. Pliyosen (PI).....	40
5.2.3. Kuvaterner.....	41
5.3. Zemin ve Kaya Türlerinin Geoteknik Özellikleri	41
5.3.1. Zeminler.....	41
5.3.2. Kaya türleri.	42
5.4. Su Durumu.....	42
5.4.1. Yerüstü suları.....	42
5.4.2. Yeraltı suları.....	43
5.5. Deprem Durumu.....	43
5.6. İklim.....	43
6. ARAZİ VE LABORATUAR ÇALIŞMALARI.....	45
6.1.Arazi Çalışmaları.....	45

Sayfa

6.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	46
7. İNCELEME ALANI KİLİNİN ŞİŞME POTANSİYELİNİN TANIMLANMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	48
7.1. Minerolojik Değerlendirmeler.....	48
7.2. İnceleme Alanı Killerinin Şişme Potansiyelinin Nitel (Dolaylı) Yöntemler ile değerlendirilmesi.....	49
7.2.1. İnceleme alanı killerinin şişme potansiyelinin ampirik eşitlikler ile hesaplanması.....	57
7.2.2. Nitel değerlendirme sonuçları.....	56
7.3. İnceleme Alanı Killerinin Şişme Potansiyelinin Nicel (Doğrudan) Yöntemler ile Değerlendirilmesi.....	60
7.3.1. Nicel değerlendirme sonuçları.....	61
8. İNCELEME ALANI ŞİŞME POTANSİYELİNE SAHİP KİLLERİN ŞİŞME .ÖZELLİKLERİNİN KATKI MADDESİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ.....	62
8.1. Kireç Katkısı İle İyileştirme.....	62
8.1.1. Yapılan deneyler ve uygulanan yöntem.....	64
8.2. Uçucu Kül İle İyileştirme.....	75
8.2.1. Yapılan deneyler ve uygulanan yöntem.....	77
9. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	84
KAYNAKLAR.....	90
EKLER.....	96
EK-1 Yenikent yerleşim alanı ve yakın civarının jeolojik haritası.....	97
EK-2 Dane çapı dağılım eğrileri.....	98
EK-3 Atterberg Limitleri deney sonuçları.....	103
EK-4 Standart Proktor deney sonuçları.....	108
EK-5 Ödometre deney sonuçları.....	138
ÖZGEÇMİŞ	198

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Kil minerallerinin iklim ve ana kaya koşullarına göre oluşumu.....	4
Çizelge 4.1. Şişme potansiyelinin arazi ve laboratuvar deney sonuçları ile korelasyonu.....	21
Çizelge 4.2. Plastisite indisine dayalı şişme potansiyeli sınıflandırılması.....	21
Çizelge 4.3. Hacim değişikliği, şişme basıncı ve hafif yapılardaki muhtemel hasarlar arasındaki ilişki.....	22
Çizelge 4.4. Şişme potansiyeli ile rötre limiti ve lineer rötre arasındaki ilişki.....	22
Çizelge 4.5. Şişen zeminlerin, kolloid içeriği, plastisite indisi ve rötre limitine bağlı olarak sınıflandırılması.....	22
Çizelge 4.6. Şişen zeminlerin likit limit, plastisite indisi ve doğal emmesine bağlı olarak sınıflandırılması.....	27
Çizelge 7.1 Örneklerin XRD yöntemiyle bulunan mineral içerikleri.....	48
Çizelge 7.2. Zeminin fiziksel ve indeks özelliklerine ait sonuçlar.....	51
Çizelge 7.3. SK-1, 2, 3, 4, 5 dane çapı dağılımları.....	52
Çizelge 7.4 SK-6, 7, 8 dane çapı dağılımları.....	52
Çizelge 7.5. SK-1, 2, 3, 4, 5 Atterberg Limitleri ve aktivite değerleri değişimi....	53
Çizelge 7.6. SK-6, 7, 8 Atterberg Limitleri ve aktivite değerleri değişimi.....	54
Çizelge 7.7. İnceleme alanı killерinin şişme potansiyeli.....	58
Çizelge 7.8. SK-6, SK-7, SK-8 zemin örnekleri şişme potansiyeli.....	59
Çizelge 7.9. İnceleme alanı killерine ait zemin sınıfı ve şişme parametreleri.....	61
Çizelge 7.10. SK-6, SK-7, SK-8 zemin örnekleri şişme parametreleri.....	61
Çizelge 8.1. Çalışma kapsamında kullanılan sönmüş kirecin özellikleri.....	64
Çizelge 8.2. Standart Proktor Deney Sonuçları.....	65

Çizelge	Sayfa
Çizelge 8.3. SK-1, 2, 3, 4, 5 zemin örneklerinde farklı kireç yüzdeleri için şişme yüzdesi ve şişme basıncı değerleri.....	67
Çizelge 8.4. SK-6, 7, 8 zemin örneklerinde farklı kireç yüzdeleri için şişme yüzdesi ve şişme basıncı değerleri.....	68
Çizelge 8.5. İnceleme alanı killerde kireç katkısının serbest basınç dayanımına etkisi.....	73
Çizelge 8.6. Çayırhan Uçucu külü özellikleri.....	77
Çizelge 8.7. Uçucu kül katkılı şişme deneyi sonuçları.....	78
Çizelge 8.8. İnceleme alanı killerde uçucu kül katkısının serbest basınç dayanımına etkisi.....	79

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. (a) Silis levhasının yapısı, (b) Silis levhasının basitleştirilmiş çizimi.....	6
Şekil 2.2. (a) Oktahedral levhanın yapısı, (b) Oktahedral levhanın basitleştirilmiş çizimi.....	7
Şekil 2.3. Kaolinit-Serpantin grubu minerallerin yapısı a)Kaolinit b)Serpantin.....	8
Şekil 2.4. Mika benzeri kil minerallerin yapısı a) Muskovit ve illit b) Vermikülit.	9
Şekil 2.5. Smektit minerallerin yapısı a) Montmorillonit b)Saponit.....	10
Şekil 2.6. Klorit minerallerinin yapısı.....	11
Şekil 3.1. Kil – su sistemi.....	13
Şekil 3.2. Killerde muhtemel tane dizilim şekilleri.....	15
Şekil 3.3. Kıvam limitleri.....	15
Şekil 4.1. Hacim değişimi, kolloid yüzdesi, plastisite indisi, rötre limiti ilişkileri..	23
Şekil 4.2. Şişme potansiyeli – likit limit, başlangıç su muhtevası ve kuru birim hacim ağırlık arasındaki ilişki.....	24
Şekil 4.3. Farklı sınıflama sistemlerinin karşılaştırılması.....	26
Şekil 4.4. Şişen zeminlerin sınıflandırılmasında kullanılan yerinde kuru birim hacim ağırlık – likit limit abağı.....	26
Şekil 4.5. Plastisite indisi ve likit limite bağlı şişme potansiyeli kartı.....	27
Şekil 4.6. Kil yüzdesi ve aktiviteye bağlı şişme potansiyeli kartı.....	28
Şekil 4.7. Kil yüzdesi ve aktiviteye bağlı şişme potansiyeli kartı.....	28
Şekil 4.8. Ödometre deneyindeki serbest şişme ve şişme basıncı.....	33
Şekil 7.1. SK-1, 2, 3, 4, 5 Atterberg limitleri.....	53
Şekil 7.2. SK-6, 7, 8 Atterberg limitleri.....	53

Şekil	Sayfa
Şekil 8.1. SK-1, 2, 3, 4, 5 zemin örneklerinde kireç katkısının şişme yüzdesine etkisi.....	69
Şekil 8.2. SK-6, 7, 8 Zemin örneklerinde kireç katkısının şişme yüzdesine etkisi..	70
Şekil 8.3. SK-1, 2, 3, 4, 5 Zemin örneklerinde kireç katkısının şişme basıncına etkisi.....	71
Şekil 8.4. SK-6, 7, 8 Zemin örneklerinde kireç katkısının şişme basıncına etkisi. .	72
Şekil 8.5. SK-1 numunesi için kireç katkısının serbest basınç dayanımına etkisi...	73
Şekil 8.6. SK-2 numunesi için kireç katkısının serbest basınç dayanımına etkisi...	74
Şekil 8.7. SK-3 numunesi için kireç katkısının serbest basınç dayanımına etkisi...	74
Şekil 8.8. SK-4 numunesi için kireç katkısının serbest basınç dayanımına etkisi...	74
Şekil 8.9. SK-5 numunesi için kireç katkısının serbest basınç dayanımına etkisi...	75
Şekil 8.10. Uçucu kül katkılı kilde şişme yüzdesi değişimi.....	78
Şekil 8.11. Uçucu kül katkılı kilde şişme basıncı değişimi.....	78
Şekil 8.12. SK-1 numunesi için uçucu külün serbest basınç dayanımına etkisi.....	79
Şekil 8.13. SK-2 numunesi için uçucu külün serbest basınç dayanımına etkisi.....	80
Şekil 8.14. SK-3 numunesi için uçucu külün serbest basınç dayanımına etkisi.....	80
Şekil 8.15. SK-4 numunesi için uçucu külün serbest basınç dayanımına etkisi.....	81
Şekil 8.16. SK-5 numunesi için uçucu külün serbest basınç dayanımına etkisi.....	81
Şekil 8.17. SK-1 numunesi kireç ve uçucu kül katkılı serbest basınç dayanımları.....	82
Şekil 8.18. SK-2 numunesi kireç ve uçucu kül katkılı serbest basınç dayanımları.....	82
Şekil 8.19. SK-3 numunesi kireç ve uçucu kül katkılı serbest basınç dayanımları.....	82
Şekil 8.20. SK-4 numunesi kireç ve uçucu kül katkılı serbest basınç dayanımları.....	83

Şekil	Sayfa
Şekil 8.21. SK-5 numunesi kireç ve uçucu kül katkılı serbest basınç dayanımları.....	83

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Kaolinitin tipik elektron fotomikrografı.....	8
Resim 2.2. İllitin tipik elektron fotomikrografı.....	10
Resim 2.3. Montmorillonitin tipik elektron fotomikrografı.....	11
Resim 2.4. Kloritin tipik elektron fotomikrografı.....	12
Resim 6.1. Yenikent yerleşim alanının uydu görüntüsü – açılan araştırma çukuru lokasyonları.....	46

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 5.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası.....	38

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
A	Kilin Aktivitesi
C	Kil içeriği
CL	Düşük plastisiteli kil
CH	Yüksek Plastisiteli kil
LL	Likit Limit
PL	Plastik Limit
PI	Plastisite İndisi
e	Boşluk Oranı
e₀	Başlangıç boşluk oranı
G_s	Özgül Ağırlık
P	Basınç
P_s	Şişme basıncı
S	Şişme yüzdesi
w_n	Doğal su içeriği
w₀	Başlangıç su içeriği
w_{opt}	Optimum su içeriği
γ_n	Doğal birim hacim ağırlık
γ_d	Kuru birim hacim ağırlık

Kısaltmalar	Açıklama
AASHTO	Amerikan Devlet Otoyolları ve Taşımacılık Birliği
ASTM	Amerikan Test ve Materyaller Topluluğu

SPT	Standart Penetrasyon Deneyi
TS	Türk Standartları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
UC	Serbest basınç
USCS	Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi
XRD	X-ray difraksiyon analizi

1. GİRİŞ

Zeminlerin şişme özellikleri hacim değişimlerine bağlı olarak tanımlanabilir. Suya doygun olmayan killi zeminlerde, su içeriğinin artması sonucu meydana gelen hacimsel artış “şişme”, bu davranışı gösteren killer de “şişen killer” olarak tanımlanmaktadır. Bu tür killerin göstermiş oldukları hacimsel artış engellendiğinde uyguladıkları basınca ise “şişme basıncı” adı verilmektedir.

Şişme potansiyeline sahip olan killi zeminin uyguladığı şişme basıncı, yapılarda çeşitli zararlara neden olmaktadır. Su içeriğindeki artışla meydana gelen hacim artışları (şişmeler), çevredeki zeminler, hafif yapılar (tek katlı ve az yüklü binalar), karayolları, demiryolları, havaalanı kaplamaları, park alanları, sulama kanalları, altyapı tesisleri (kullanım suyu, içme suyu ve atık su boru hatları), tüneller, dayanma duvarları, barajlar ve köprüler gibi yapılar tarafından engellendiğinde, büyük gerilmeler oluşmaktadır. Zemin kütlelerinin serbestçe şişmesinin engellenmesinden dolayı meydana gelen gerilmelerle, şekil değiştirmelerin belirlenmesi çok önemli bir problemdir. -

Dünyanın pek çok yerinde karşılaşılan şişen zeminlerin yarattığı problemlere karşı, birçok araştırma yapılmakta ve çözüm üretebilmek için yoğun araştırmalar sürdürülmektedir. Şişen zeminlerin oluşturduğu zararlar genellikle basit görünüşlü ve estetik sorunlar taşımaktadır. Fakat çoğu zaman durum daha da kötü olmakta ve büyük yapısal kayıplara neden olmaktadır. Holtz ve Hart (1978)’a göre [1], her yıl 250 000 yeni evin %60’ı Amerika Birleşik Devletlerinde şişen zeminler üzerinde yapılmakta ve bunların %10’undan fazlasında, çoğu zaman onarılması gereken ciddi hasarlar oluşmaktadır.

Zemin hareketleri oldukça yavaş seyrettiğinden, oluşan hasarlar, kasırgalar veya depremlerdeki kadar önemsenmemektedir. Ayrıca bu hasarlar belli bir alanda oluşmayıp geniş bir alana yayılmaktadır. Ancak oluşan hasarın maddi boyutları oldukça büyüktür ve bu hasarların önlenmesi için başlangıçta problemin çok iyi tanımlanması, ölçümlerin ve tasarımın çok iyi yapılması gerekmektedir [2]. Yine

aynı ÷lkede son on yılda yapılan bazı çalışmalarda [3], şişen killerden kaynaklanan yıllık zararın 10 milyar doları aştığı da ifade edilmektedir

÷lkemizde şişme eğilimi gösteren killi zeminlerin, bilhassa Orta ve Güneydoğu Anadolu ile Batı Anadolu'nun bazı kesimlerinde geniş bir alana yayıldığı dikkate alındığında, hızlı artan kentleşme ve yapılaşmaya bağlı olarak bu tür problemlili zeminlerin daha ayrıntılı incelenmesi gereği doğmaktadır. Bu incelemelerin daha sonradan oluşacak ekonomik kayıpların önüne geçebilmesinde önemli bir etken olacağı unutulmamalıdır.

Ankara'nın batısında yer alan Yenikent yerleşim alanında, kentsel gelişmenin benzer şişme potansiyelli killer üzerinde yoğunlaşması ve şişme-büzölme davranışına bağlı olarak yukarıda değinilen hasarlara bir çok hafif yapıda rastlanması, bölge killerinin şişme potansiyelinin belirlenmesine ve zeminin stabilize edilmesine yönelik bu çalışmanın önemli bir katkı sağlayacağı düşün÷lmektedir.

2. ŞİŞEN KİL ZEMİNLERİN OLUŞUMU VE MİNEROLOJİSİ

2.1. Şişen Kil Zeminlerin Oluşumu

Zeminlerin minerolojik yapıları, oturma, büzülme ve şişme gibi çeşitli mühendislik davranışlarını kontrol eden en önemli faktörlerden birisidir. Şişmeye yol açan kil minerallerinin ana kaynağı magmatik kayalar, özellikle de bazalttır. İçerisinde feldispat bulunan metamorfik ve volkanik kayaların kimyasal ayrışması sonucunda ortaya çıkan montmorillonit türü kil mineralinin ağırlıklı olarak bulunduğu killi zeminlerde, önemli ölçüde şişme problemleriyle karşılaşmaktadır. Gillot [4], Lambe ve Whitman [5], Donaldson [6], Kellar [7], Millot [8], Chen [9] ve Schreiner [10] gibi araştırmacılar şişmenin ayrışma şartları ile de doğrudan ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Örneğin, hem montmorillonit hem de kaolin magmatik kayalardan ayrılmış kil mineralleri oldukları halde, ayrışma şartlarındaki farklılıklar nedeni ile montmorillonit yüksek, kaolin ise düşük şişme potansiyeline sahiptir.

Bir kayacın ayrışması, bir veya daha fazla kimyasal işlemle parçalanması sonucudur. Millot'a [8] göre, tropikal iklimlerde bazaltın aşınma ile montmorillonite dönüşmesi iki aşamada olmaktadır. İlk olarak nemli mevsimler boyunca hidroliz sonucu bazalt; silikat, alüminyum ve magnezyuma ayrışır. Drenajın olmadığı alanlarda bu mineraller taşınamazlar. Kurak mevsimler boyunca su muhtevası azalırken, tuz ve mineral konsantrasyonu artar ve temel mineraller montmorillonit oluşturmak için birleşirler. Bazik magmatik kayalardan montmorillonit oluşması için, kimyasal reaksiyon alkali bir ortamda oluşması gerekmektedir [4]. Bazı önemli kil minerallerinin iklim ve ana kayaç koşullarına göre meydana gelişleri Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Kil minerallerinin iklim ve ana kaya koşullarına göre oluşumu

KİL MİNERALİ	OLUŞUMU
Kaolinit	Mağmatik kayaların iyi aşınması sonucu, genellikle tropik ve astropik alanlarda oluşur.
Klorit	Metamorfik ana kaya alanlarında, genellikle deniz tortularda ve çökelti kayalarda oluşur. Normal olarak yüksek oranlarda bulunmaz.
İllit	Sıcak ve kurak bölgelerde çökelti kayaların aşınması ile oluşur.
Montmorillonit	Zayıf drenaj şartlarında volkanik kül ve kayaların aşınması sonucu genellikle kurak alanlarda illit ile beraber bulunur.

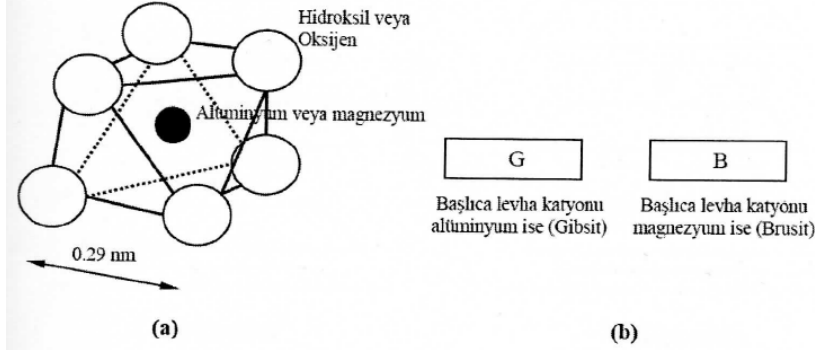
2.2. Şişen Kil Zeminlerin Fiziksel Özellikleri

Kil taneciklerinin minerolojik özelliklerinin yanında, zeminin su muhtevası değişikliğinden etkilenen emme kapasitesi de, killi zeminlerde şişmeye yol açan önemli bir faktördür. Zemin mühendisliğinde; su muhtevası arttırıldığında, kaolin ve illit'te şişme eğilimi oldukça sınırlı iken, montmorillonit killlerinde şişmenin çok fazla olduğu bilinmektedir. Bunun yanında, kilin şişme potansiyeli ne kadar yüksek olursa olsun, zeminin su muhtevası sabit kalırsa, hacminde de bir değişiklik olmayacaktır. Örneğin, özgül şişme miktarı oldukça büyük olan montmorillonit kilinin su muhtevasında bir artış olmaz ise, şişme potansiyeli açısından çok farklı davranışlar sergileyebilecek ve hatta hiç şişme göstermeyebilecektir. Dolayısı ile sabit su muhtevalı killer üzerinde inşa edilen yapılar, şişmenin tesiri ile meydana gelecek hareketlerle karşılaşmayacaklardır.

Doygun bir kil zemin kütleğinde yapılacak bir kazı esnasında ise, zeminde oluşan gerilme boşalmasının etkisi ile negatif boşluk suyu basıncı meydana gelebilecektir. Böylece, Obermeier'in [11] ifade ettiği gibi su, kazı çukuruna doğru akacak, dolayısı ile şişme oluşacaktır. Zemin-su sistemindeki bütün negatif basınçların değerlendirilmesi ile zemin emmesi ölçülebilecek şişme ve rötne olayları belirlenecektir. Suyun santimetre cinsinden kapiler yükselmesinin logaritması olarak ifade edilen zemin emmesinin ölçümü ile, doğrudan şişme potansiyelini tayin etmek

yerine, su hareketi ve nemlilik derecesini önceden tahmin etmek daha doğru olacaktır [12]. Demek ki şişme potansiyeline sahip bir kilin, su muhtevası değiştiğinde, hem düşey hem de yatay doğrultuda şişmeler oluşacaktır. Su muhtevastaki %1.0 - 2.0 oranındaki küçük bir değişiklik bile, etkin şişmeye sebep olmak için yeterlidir. Şişen zeminlerin başlangıç su muhtevası, şişmenin miktarını kontrol etmektedir. Bu hem örselenmemiş zeminler hem de yoğrularak hazırlanan zeminler için geçerlidir. Holtz [13], Seed [14] ve bu konuda çalışan diğer araştırmacıların deney sonuçlarına göre, tabii su muhtevası %15'in altında olan çok kuru killer genellikle yüksek şişme potansiyeline sahiptirler. Böyle killer su muhtevaları ortalama %35'e ulaşana kadar su absorbe ederler ve şişerler. Şişme neticesinde hafif üst yapıda önemli hasarlar meydana getirirler. Tam tersine %30'un üzerinde su muhtevasına sahip olan killer, şişmenin çoğunu tamamlamış olduklarından önemli miktarda hacim artımına uğramazlar. Su tabakasının alçalması veya fiziksel şartlardaki diğer değişikliklerin etkisi ile nemlilik derecesi azalan killi zeminler tekrar kapiler su emdiklerinde sahip oldukları şişme potansiyeline yeniden kavuşurlar. Ancak kuruma ve ıslanmanın her bir devri için zeminin şişme davranışında bir yorulma gözlenir. Chu Mou [15], yaptığı incelemelerle kurutma ve ıslatma işlemlerinin tekrarlanması halinde, ilk dönüşümde oluşan şişmenin, sonrakilerden fark edilir derecede daha büyük olduğunu göstermiştir. Bu durum şişmenin yorulması olarak isimlendirilebilir.

Başlangıç su muhtevası ile doğrudan ilgili olan kilin birim hacim ağırlığı, şişmeyi belirleyen diğer bir parametredir. Schreiner'e [10] göre, 17,6 kN/m³ den fazla kuru birim hacim ağırlığına sahip (küçük poroziteli) olan killer genellikle yüksek şişme potansiyeli gösterirler. Killerin kuru birim hacim ağırlıkları, arazideki SPT deneyi sonuçlarından hareketle belirlenebilmektedir. Buna göre darbe sayısı 15'in üzerinde olan killi zeminler, yüksek şişme potansiyeline sahip zeminler olarak dikkate alınabilmektedir.



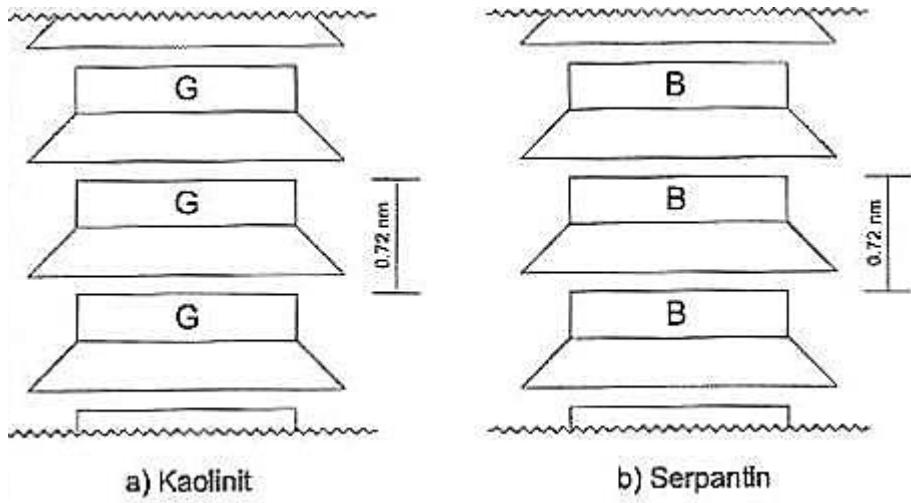
Şekil 2.2. (a) Oktahedral levhanın yapısı, (b) Oktahedral levhanın basitleştirilmiş çizimi [17]

Kil mineralleri başlıca üç ana gruba ayrılır [18];

- Kaolinit Grubu Kil Mineralleri* genelde şişme özelliği göstermezler.
- Mika-İllit Grubu Kil Mineralleri* illit ve vermikülit içerirler. Şişebilen kil grubunda olmakla beraber, genelde önemli problemlere yol açmazlar.
- Smektit Grubu Kil Mineralleri* montmorillonitleri içerirler. Oldukça yüksek şişme özelliğine sahip olup, en çok problem yaratan kil mineralleridir.

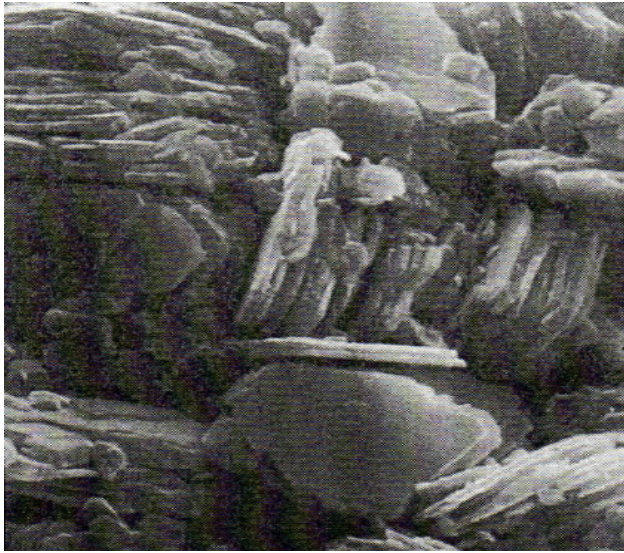
2.3.1. Kaolinit mineralleri

Kaolinitin yapısal formülü $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$ şeklindedir, ortorombik ve hekzagonal şekilli levhacıklar halinde bulunurlar. Bloklar birbiri üzerine binmiş olup tabakalar arasındaki bağlar aktif Van der Waals kuvvetleri ve hidrojen bağlarından oluşmaktadır. Bu bağlar, suyun araya girip şişme oluşturmalarını önleyecek kadar kuvvetlidir [16, 19]. Bu nedenle kaolinitler su ile karşılaştıklarında stabilitelerini kaybetmezler. Seramik sanayisinde kullanılmasının nedeni de budur. Şekil 2.3'de kaolinit – serpantin grubu kil minerallerinin genel yapısı, Resim 2.1'de tipik bir kaolinitin tarayıcı elektron mikroskobuyla (SEM) elde edilmiş görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.3. Kaolinit-Serpantin grubu minerallerin yapısı a)Kaolinit b)Serpantin [16]

Kaolinit minerali, magmatik kayaların feldispatların ayrışması sonucunda meydana gelirler. Bazen feldispatlarla beraber, ayrışmanın tam olduğu yerlerde saf kaolinit yatakları meydana gelir [19].



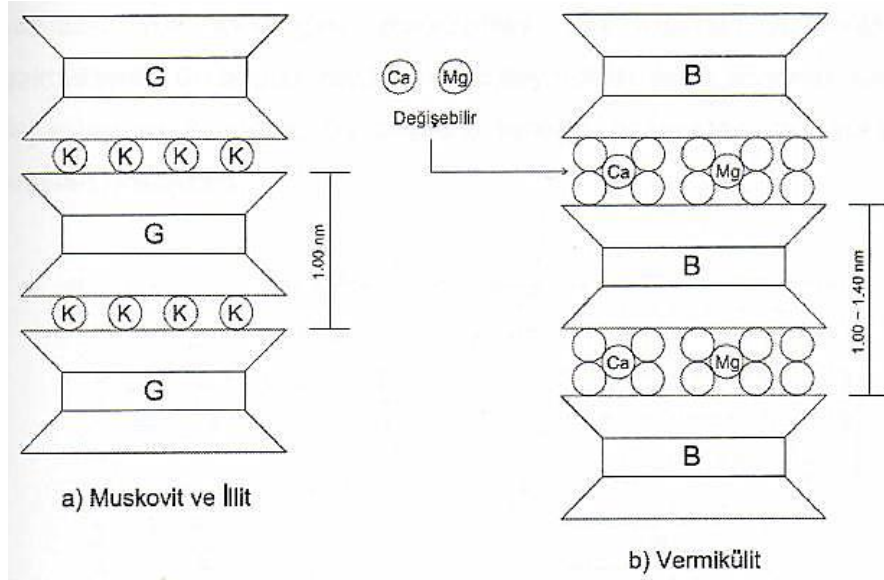
Resim 2.1. Kaolinitin tipik elektron fotomikrografı [16]

Kaolinit grubunun özel ve ilginç bir üyesi ise, halloysit mineralidir. Halloysit piritin bozunma ürünü olan feldispatın, H_2SO_4 ile yıkanması sonucu oluşurlar. Doğada yüksek yağış ve iyi drenaj koşulu, halloysit oluşumu için elverişli ortamlardır.

Halloysitin bilinen iki türünden biri, kaolinite benzeyen hidratlanmamış tipi, diğeri ise tek su tabakası ile ayrılmış $(OH)_8Si_4Al_4O_{10}4H_2O$ hidratlı kaolinittir [20].

2.3.2. İllit mineralleri

İllit mikaya benzer bir kil mineralidir. İllit ve vermikülit, zeminlerde yaygın olarak karşılaşılan kil minerallerindendir. İllit mineralinde, potasyum tarafından sağlanan tabakalar arası bağ, polar sıvıların mevcut olması durumunda, bazal mesafenin sabit kalmasına (şişmenin engellenmesine) yetecek kadar kuvvetlidir [16].



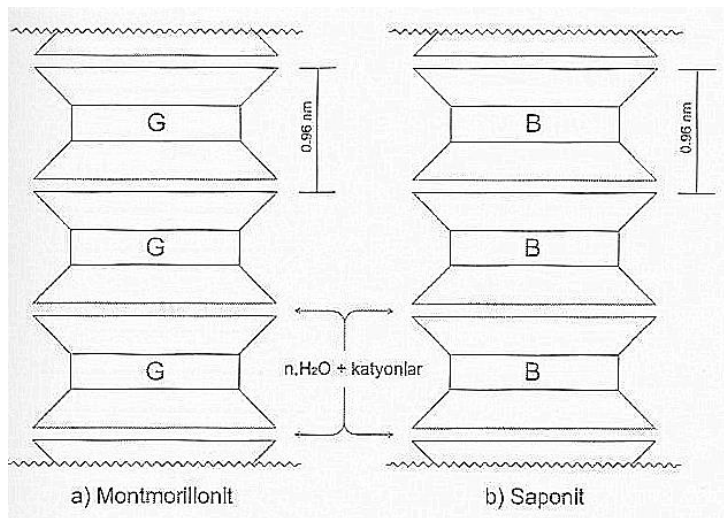
Şekil 2.4. Mika benzeri kil minerallerin yapısı a) Muskovit ve illit b) Vermikülit [16]



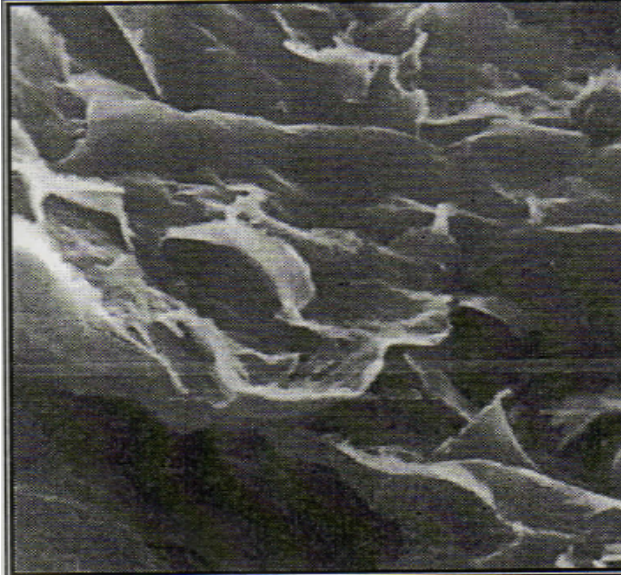
Resim 2.2. İllitin tipik elektron fotomikrografı [16]

2.3.3. Smektit mineralleri

Smektit mineralleri, iki silis levhası arasına sıkışmış oktahedral levhadan oluşan yapıya sahiptir (Şekil 2.5). Kimyasal bileşimleri, $(\text{OH})_4\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{20} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ şeklindedir. Tabakalar arası bağlar, Van der Waals kuvvetlerinden ve yapıdaki yük eksikliğini dengelemek için bulunan katyonlardan ileri gelmektedir. Bu bağlar zayıf olup su veya diğer polar sıvıların adsorbsiyonu ile kolaylıkla kırılabilir. Bu nedenle smektit mineralleri çok yüksek hacim artışları gösterirler.



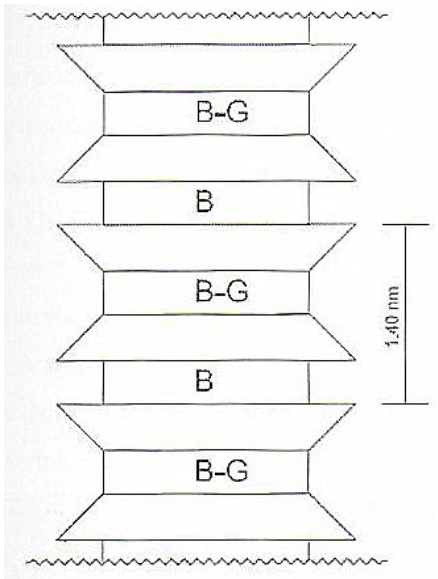
Şekil 2.5. Smektit minerallerin yapısı a) Montmorillonit b) Saponit [16]



Resim 2.3. Montmorillonitin tipik elektron fotomikrografı [16]

2.3.4. Klorit mineralleri

Klorit minerallerinin yapısı değişmiş mika benzeri veya brunit benzeri tabakalardan oluşmaktadır (Şekil 2.6). Mika tabakaları arasındaki çift su tabakasının yerini oktahedral levhanın almış olması dışında, vermikülitlerin yapısına benzerdir.



Şekil 2.6. Klorit minerallerinin yapısı [16]



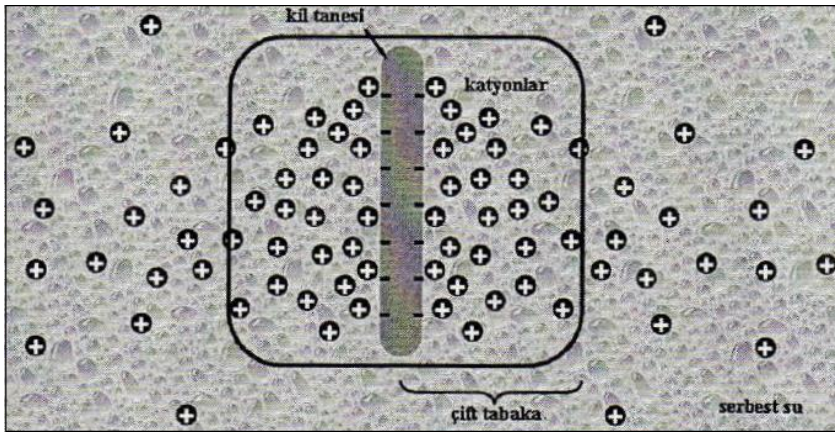
Resim 2.4. Kloritin tipik elektron fotomikrografı [21]

2.3.5. Karışık tabakalı killler

Zeminler çoğunlukla birden fazla kil mineralini birlikte ihtiva ederler. Bu minerallerin kristal yapılarının benzerliği, bir tane içinde birkaç farklı mineralin bulunmasına yol açar. Tabakalanma tekrarı belirli bir düzende olabileceği gibi gelişigüzel de olabilir. Weaver ve Pollard karışık tabakalı killerin illitten sonra doğada en fazla bulunan tip olduğunu belirtmişlerdir [22]. Montmorillonit – İllit bu karışımların en sık görüleni olmasına rağmen klorit – montmorillonit ve klorit-vermikülit'e de rastlanır.

3. KİLLERİN ŞİŞME ÖZELLİĞİ

Killerdeki şişme mekanizması birçok faktörün etkilediği karmaşık bir durumdur. Zeminin su muhtevsındaki değişikliğin iç dengeyi bozması sonucu ortaya çıkan hacimsel artış şişme olarak tanımlanmaktadır. Kil taneleri, yüzeylerinde negatif elektrik yükü olan, pozitif yüklü köşelere sahip plakacıklardır. Zemin suyu içerisindeki katyonların kil tabakasının yüzeyine elektriksel kuvvetler ile tutunmasıyla, negatif yükler dengelenmektedir (Şekil 3.1). Elektriksel çekim kuvvetinin etki alanı hem negatif yüklerin hem de zemin suyunun elektro-kimyasal özelliklerinin bir fonksiyonudur. Van der Waals yüzey kuvvetleri ve kil kristali ile su molekülleri arasındaki adsorbsiyon kuvveti de bu çekim kuvvetini etkilemektedir. Bu iç elektro-kimyasal kuvvet sistemi dışarıdan uygulanan gerilmeler ve suyun kapiler gerilmesi ile dengede olmak zorundadır. Kapiler gerilme sıklıkla “kılcal emme” olarak adlandırılır [18].



Şekil 3.1. Kil – su sistemi [17]

Şişme ise zemin-su sisteminde (Şekil 3.1) içsel gerilme dengesini bozan bir takım değişikliklerin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Sıvı miktarının veya kimyasal bileşimin değişmesi durumunda tane içindeki kuvvetlerde değişecektir. İç elektro-kimyasal kuvvet sistemi, zemin suyundaki kapiler gerilme (matris emme) ve dışarıdan uygulanan gerilmeler arasındaki denge bozulduğunda; denge yeniden sağlanıncaya kadar, taneler arası boşluk oranı değişir ve zeminde hacim değişikliği (şişme – büzülme) meydana gelmektedir [18].

Şişme özelliği olan zeminlerin, hacim değiştirme kapasiteleri, birincil olarak zeminin fiziksel ve fiziko-kimyasal özelliklerine ve çevresel koşullara bağlıdır. Johnson ve Snethen [23], çalışmalarında şişme olayına etki eden faktörleri sınıflandırmışlardır

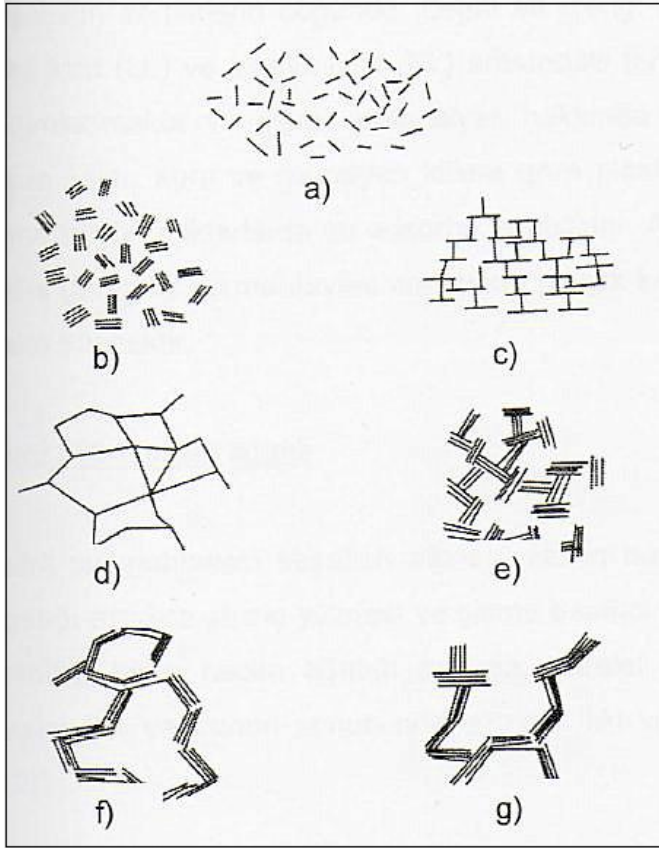
Killerin şişme davranışına etki eden çok sayıda faktör olmakla beraber bu faktörler aynı zamanda zeminin fiziksel özelliklerini de (plastisite, yoğunluk vb.) etkilemekte ya da bunlardan etkilenmektedir.

Şişen zeminlerin minerolojik kompozisyonu şişme potansiyeli üzerinde önemli etkiye sahiptir. Farklı kil mineralleri, strüktürlerindeki ve tabakalar arası bağlanmalarındaki değişiklikler nedeniyle farklı şişme potansiyelleri gösterirler. Smektit ve vermikülitler, ıslanma ve kuruma sonucunda büyük hacim değişimlerine neden olurlar. Bu hacim değişimleri, illitlerde orta, kaolinitlerde ise daha düşük seviyededir [16]. -

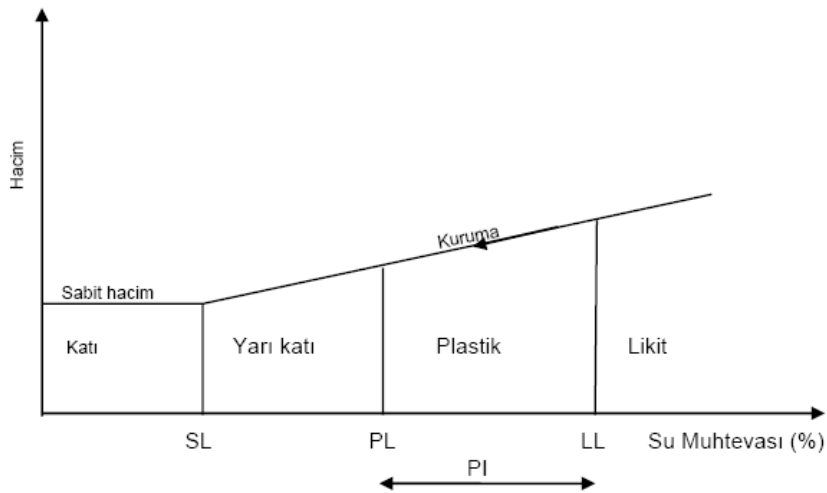
Zemin tanelerinin ve boşluklarının boyutu (şekli ve dizilimi) killerde şişmeyi etkilemektedir. Van Olphen [24]. killerde tane birleşimlerini; dispers (kil taneleri yüz-yüze dizilim göstermezler), floküllelenmiş (birkaç kil tanesi yüz-yüze dizilir ve kümelenir), flokülleşmiş (taneler köşe-köşeye veya köşe-yüze dizilir), deflokülleşmiş (taneler arasında bir bağlılık yoktur) olmak üzere kategorize etmiştir (Şekil 3.2) [25].

Tane diziliminin şişme üzerindeki etkisi, kil tipine bağlıdır. Sodyum montmorilloniti gibi yüksek şişme potansiyeline sahip killer için paralel tane oryantasyonu durumunda en büyük şişme gözlenir. Bununla birlikte, Seed ve Chan [26] en büyük şişme basıncı ve hacim artışının rasgele ve flokülleşmiş tane dizilimi durumunda meydana geldiğini belirtmişlerdir [25]. Çimentolaşmış partiküller ise daha az şişme gösterirler [27].

Zemin davranışındaki belirli kritik aşamalarındaki su içeriğini ifade eden kıvam limitleri (Şekil 3.3) şişme potansiyelinin değerlendirilmesinde pek çok araştırmacı tarafından kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Killerde muhtemel tane dizilim şekilleri: (a) dispers ve deflokülleşmiş (b) kümelenmiş ve deflokülleşmiş (c) Köşe-yüz flokülleşmiş ve dispers. (d) Köşe-köşe flokülleşmiş fakat ayırık. e) Köşe-yüz flokülleşmiş ve kümelenmiş. (f) Köşe-köşe flokülleşmiş ve kümelenmiş. (g) Köşe-yüz ve köşe-köşe flokülleşmiş ve kümelenmiş [24, 25]



Şekil 3.3. Kıvam limitleri [28]

Şişebilen zeminlerin çoğunda doğal su içeriği plastik limiti (PL) altındadır. Likit Limit (LL) ve plastik limit (PL) arasındaki fark plastisite indisi (PI) olarak tanımlanmakta ve şişme potansiyeli hakkında ön bilgi vermektedir. Kuru şişen killer, kuru ve şişmeyen killere göre plastik hale gelmeden önce çok daha büyük miktarlarda su adsorbe edebilirler. Ayrıca, şişen killer genellikle, daha geniş bir su muhtevası aralığında plastik kalırlar, yani plastisite indisleri daha yüksektir.

Farklı arazi gerilme şartları da şişme potansiyelinde rol oynamaktadır. Şişme basıncı, uygulanan gerilme izine kuvvetli şekilde bağlıdır ve elde edilen sonuçlar farklı gerilme izleri için oldukça farklı olabilir. Aşırı konsolide bir zemin, aynı boşluk oranında fakat normal konsolide zeminden daha çok şişme özelliğine sahiptir. Doygun olmayan bir kilin ıslanması sonucunda; uygulanan gerilme değerine, gerilme tarihçesine ve emme değişimine bağlı olarak, şişme veya göçme meydana gelebilmektedir. Bu durum aktif kil mineralleri içeren yüksek oranda şişebilen killer için bile geçerlidir [25].

Zemine uygulanan sürşarj yükünün artmasıyla şişme miktarı azalmaktadır. Şişme basıncının ise uygulanan sürşarj yükünden bağımsız olduğu düşünülmektedir. Zeminin küçük bir miktar şişmesine izin verilmesi halinde ise şişme basıncı önemli ölçüde azalmaktadır [29].

4. ŞİŞEN KİLLERİN TANIMLANMASI VE SINIFLANDIRILMASI

4.1. Şişme Özelliğinin Tanımlanması

Suya kısmen doymun ya da doymun olmayan killi zeminlerde su içeriğinde meydana gelen artışa bağlı olarak zeminde meydana gelen hacimsel artış “şişme” olarak tanımlanmaktadır. Bu tür killerin göstermiş oldukları hacimsel artış engellendiğinde uyguladıkları basınca ise “şişme basıncı” adı verilmektedir. Şişen zeminlerin bu özelliklerini ölçmek amacıyla, uygulanan deneysel yöntemler; ya “şişme potansiyeli” olarak adlandırılan hacim artışını, ya da zeminin suya doymun hale gelinceye kadar uygulamış olduğu “şişme basıncını” ölçmeye dayanırlar.

4.1.1. Şişme potansiyeli

Şişme potansiyeli genelde zeminlerin şişme özelliğini ifade eden bir kavram olarak kullanılmaktadır. Literatürde, şişme potansiyelinin belirlenmesi ve tanımlanması açısından tam bir fikir birliği bulunmamaktadır. Bununla birlikte şişme potansiyeli, genellikle zeminlerin hem şişme yüzdesini hem de şişme basıncını kapsayan bir terim olarak kabul edilmektedir [25].

Şişme yüzdesi, tabii halde bulunan veya laboratuarda belirli şartlar altında sıkıştırılarak hazırlanmış olan bir zemin numunesinde, belirli bir yük altında suya doymun hale gelinceye kadar oluşan şişme miktarının, numunenin başlangıçtaki hacmine oranıdır. Kısaca, söz konusu şartlarda, zemin numunesinde meydana gelen hacimsel artış yüzdesidir. Ancak verilen bu tanımlama oldukça genel bir tanımlama olup şişme potansiyeli için çok sayıda tanımlama getirilmiştir. Bu tanımların farklı olmalarının nedenleri, bunların veya sınıflandırma amaçlı olmaları, numune ile ring arasındaki sürtünmelerin azaltılması ve numune içine su girişini kolaylaştırmak amacı ile farklı deney gereçlerinin ve süreçlerinin uygulanması gibi pratik nedenler olabilmektedir. Buna rağmen önerilen tanımlamalar en azından numunelerin başlangıç su muhtevası, numune üzerine konan sürşarj gerilmeleri ve yanal basınç, örselenme/sıkıştırılma durumunu dikkate almaktadır. Bu hacimsel artış yüzdesi iki şekilde tanımlanabilir. Birincisi, sabit ve küçük bir sürşarj yükü altında numune

doygun hale gelirken, yanal deformasyonların engellenmesi (bir boyutlu ödometre koşullarında) durumunda meydana gelen düşey boy değişimidir. İkincisi ise; eksenel deformasyonların engellenmesi (üç eksenli koşullarında) durumunda, meydana gelen yanal çap değişimi şeklinde ifade edilmektedir.

Literatürde farklı araştırmacıların çalışmalarında, şişme potansiyelinin belirlenmesinde, kullanılan deney sistemi ve istenen prosedür açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır.

Örneğin Holtz ve Gibbs [30], zeminin şişme potansiyelini havada kurutulmuş örselenmemiş bir zeminin 6,9 kPa sürşarj yükü altında doygun hale gelmesi sırasında meydana gelen hacim değişim yüzdesi olarak tanımlamışlardır.

Seed [26] şişme potansiyelini, AASHTO standart Proktor testi su muhtevası ve maksimum kuru birim hacim ağırlığında sıkıştırılmış zemin numunesinin, ödometre koşullarında 6,9 kPa sürşarj basıncı altında, su altında bırakılması sonucu meydana gelen düşey boy değiştirmesinin başlangıç numune yüksekliğine oranı olarak tanımlamıştır.

Snethen [31] şişme potansiyelini, örselenmemiş zemin numunesinin ödometre koşullarında, arazide maruz kalacağı yüke eşdeğer sürşarj yükü altında ıslatılması sonucunda nihai denge doygunluk durumuna kadar meydana gelen hacim değişiminin, başlangıç numune hacmine oranı olarak tanımlamıştır.

Şişme potansiyelini belirlemeye yönelik deneylerde kullanılacak sürşarj yükü 2,9 kPa~71,4 kPa, ring çapları 50 mm~112 mm, ring yükseklikleri 12 mm~37 mm aralığında değişebilmektedir [32].

“Serbest şişme (free swell)” deney başında örnek üzerine uygulanan basıncın 7 kPa ve bu değerden daha az olması halinde elde edilen şişme olarak ifade edilirken, sürşarj yükünün bu değerden daha büyük olması durumunda elde edilen şişme

değerleri ise “sürşarj altında şişme (yükü şişme)” olmak üzere farklı şekillerde ifade edilmektedir.

4.1.2. Şişme basıncı

Şişen zeminlerin suyla temasa geçmeleri sonucunda, matris emmedeki azalma nedeniyle ortaya çıkan hacim artışları engellenmeye çalışıldığında, bir basınç meydana gelmekte ve bu basınç şişme basıncı olarak isimlendirilmektedir. Sridharan ve Choudhury [33] şişme basıncını, kilin su veya elektrolit absorbe etmesine izin verilmesi halinde kil – su sistemini istenen boşluk oranında tutmak için gerekli basınç olarak tanımlamışlardır.

ASTM ise şişme basıncını, numunenin şişmesini engelleyecek ya da şişme tamamlandıktan sonra numuneyi eski haline (boşluk oranı, yükseklik) getirecek basınç olarak tanımlamıştır [34]. Şişme basıncı, belli bir zemin için sabittir ve başlangıçtaki kuru birim hacim ağırlığına bağlıdır. Dolgu türü zeminlerde kompaksiyon derecesi ile de değişir. Yoğrulmuş bir kilin şişme basıncı sabit Proktor özgül kütlesine sahip bir zeminin, hacmini muhafaza edebilmesi için gereken basınç olarak tanımlanabilir.

4.2. Şişen Killerin Sınıflandırılması

Yapı temelleri, yol, havaalanı, kanal vb. kaplamaları inşası genelde zeminin kuru olduğu dönemlerde ya da yer altı su seviyesinin istenilen seviyeye düşürüldükten sonra yapılmaktadır. Zeminin yapı tarafından bu şekilde örtülmesiyle zemin içerisinde buharlaşma fazla gerçekleşmez ve zeminin su içeriği artar. Yapı tabanında şişme özelliği gösteren killerin mevcudiyeti söz konusu ise bu durum zeminde şişme meydana getirir. Yapıdan zemine aktarılan gerilmeler, zemin şişme basıncından daha az ise şişme meydana gelir. Bu şişmenin fazla ve yapının oturduğu alan içerisinde her yerde aynı miktarda olmayışı yapısal hasarlara neden olmaktadır. Şişen killerin bulunduğu alanlarında inşa edilecek yapılarda şişmeden kaynaklanacak hasarın

engellenmesi ya da en aza indirilebilmesi için zeminin şişme potansiyelinin önceden belirlenmesi önem arz etmektedir.

Zeminin şişme özelliği göstermesi için birleştirilmiş zemin sınıflama sisteminde (USCS) muhtemelen CH ya da CL sınıfına ait olması gerekmektedir (bununla beraber bazı ML, MH ve SC sınıfına dahil zeminler de şişebilmektedir). Şişme özelliğine sahip zeminler genellikle fissürlü, kırık ve cıvalı yüzeylidir ve önceki şişme ve büzülmenin izlerini taşırlar [32].

Zeminlerin şişme potansiyelini tahmin etmek için birçok deney ve yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler genel olarak dolaylı (nitel) ve doğrudan (nicel) yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır. Dolaylı (nitel) yöntemler, kıvam limitleri, kil içeriği, aktivite, kuru birim hacim ağırlık vb. zemin parametrelerinden yararlanılarak çeşitli korelasyonlara gidilerek şişme potansiyelinin tahmin edildiği yöntemlerdir. Ayrıca çeşitli zemin parametreleriyle şişme yüzdesi ve basıncını ilişkilendiren ampirik eşitlikler de mevcuttur. Doğrudan (nicel) yöntemler ise zemin şişmesinin gerçek fiziksel ölçümleri olup deney sonuçlarına bağlı olarak zeminin şişme potansiyelinin belirlenmesini ifade etmektedir.

4.2.1. Şişen killerin dolaylı (nitel) yöntemler ile sınıflandırılması

Bu değerlendirme yöntemi şişen killeri tanımlamak ve sınıflandırmak için likit limit, plastisite indisi, büzülme limiti, büzülme indisi, serbest şişme indisi, aktivite, kuru birim hacim ağırlık, başlangıç su muhtevası, katyon değiştirme kapasitesi, emme indisi, zeminin minerolojik özellikleri gibi parametreler kullanılarak korelasyona gidilmesi esasına dayanmaktadır. Bu korelasyonlar yaklaşık olup ön değerlendirme safhasında fikir vermesi bakımından faydalıdır.

Çeşitli araştırmacılar şişen killerin şişme potansiyelinin dolaylı (nitel) olarak belirlenmesinde bir çok korelasyon geliştirmişlerdir. Bu korelasyonlardan sık kullanılanların bazıları bölüm içerisinde verilmiştir.

Chen, şişme potansiyelini tahmin etmek için 200 nolu elekten geçen dane boyutunun ağırlıkça yüzdesi, likit limit ve SPT darbe sayıları arasında bir ilişkiye işaret etmiştir (Çizelge 4.1). Ayrıca buna ek olarak sadece plastisite indisine bağlı olarak da bir sınıflandırma önermiştir (Çizelge 4.2) [18, 32].

Çizelge 4.1. Şişme potansiyelinin arazi ve laboratuvar deney sonuçları ile korelasyonu [18, 32]

Laboratuvar ve arazi verileri			Şişme derecesi		
200 no'lu elekten geçen yüzde	Likit Limit (%)	SPT N değeri	Muhtemel Şişme (%)	Şişme Basıncı (kPa)	Şişme Potansiyeli
<30	<30	<10	<1	50	Düşük
30~60	30~40	10~20	1~5	120~250	Orta
60~95	40~60	20~30	3~10	250~1000	Yüksek
>95	>60	>30	>10	>1000	Çok Yüksek

Çizelge 4.2. Plastisite indisine dayalı şişme potansiyeli sınıflandırılması [18]

Şişme Potansiyeli	Plastisite indisi PI (%)
Düşük	0~15
Orta	10~35
Yüksek	20~55
Çok Yüksek	>35

Wayne vd. [35] hafif yapılardaki şişen zeminlerin olumsuz etkilerini gözlemlemiş hasar boyutu ile şişme yüzdesi ve şişme basıncı arasında ilişkiyi sınıflandırmışlardır (Çizelge 4.3).

Altmeyer [36] şişme potansiyelinin tahmin edilmesi için rötire limiti veya lineer rötrenin kullanımını önermiştir (Çizelge 4.4).

Holtz ve Gibbs [30] tarafından verilen örselenmemiş zemin numunelerindeki şişme davranışını belirleyen kriterler Çizelge 4.5’de grafiksel gösterim ise Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Hacim değişikliği, şişme basıncı ve hafif yapılardaki muhtemel hasarlar arasındaki ilişki [35]

Hacim Değişikliği (%)	Şişme Basıncı (kPa)	Hafif Yapılardaki Olası Hasar
0~1,5	<50	Düşük
1,5~5	50~250	Orta
5~25	250~1000	Yüksek
>25	>1000	Çok Yüksek

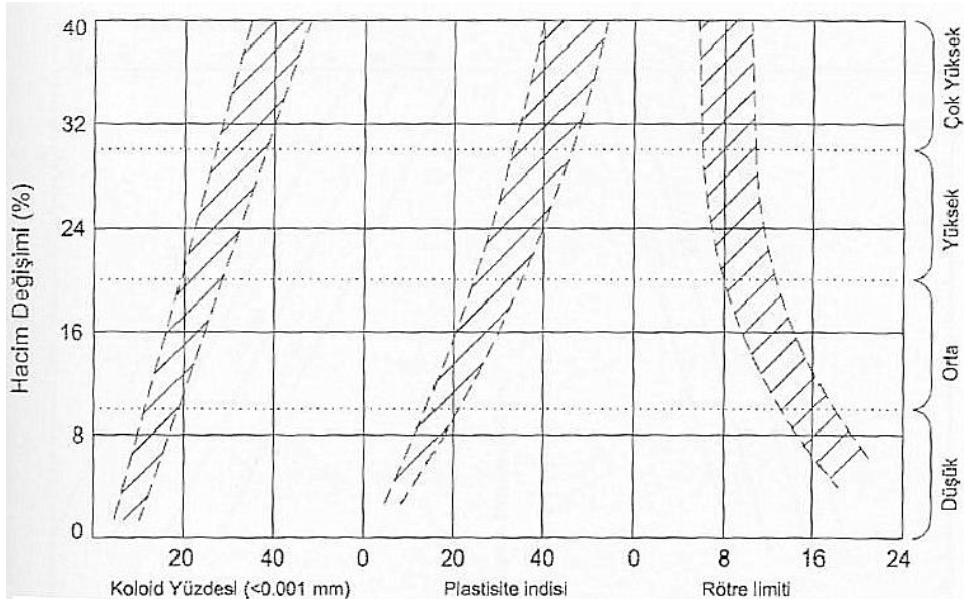
Çizelge 4.4. Şişme potansiyeli ile rötre limiti ve lineer rötre arasındaki ilişki [36]

Lineer Rötre (%)	Rötre Limiti (%)	Muhtemel Şişme (%)	Şişme Derecesi
<5	>12	<0,5	Kritik değil
5~8	10~12	0,5~1,5	Sınır
>8	<10	>1,5	Kritik

Çizelge 4.5. Şişen zeminlerin, kolloid içeriği, plastisite indisi ve rötre limitine bağlı olarak sınıflandırılması [30]

Kolloid içeriği (<0,001 mm)	Plastisite İndisi (PI)	Rötre Limiti (%)	Muhtemel Şişme* (%)	Şişme Derecesi
>28	>35	<11	>30	Çok Yüksek
20~31	25~41	7~12	20~30	Yüksek
13~23	15~28	10~16	10~20	Orta
<15	<18	>15	<10	Düşük

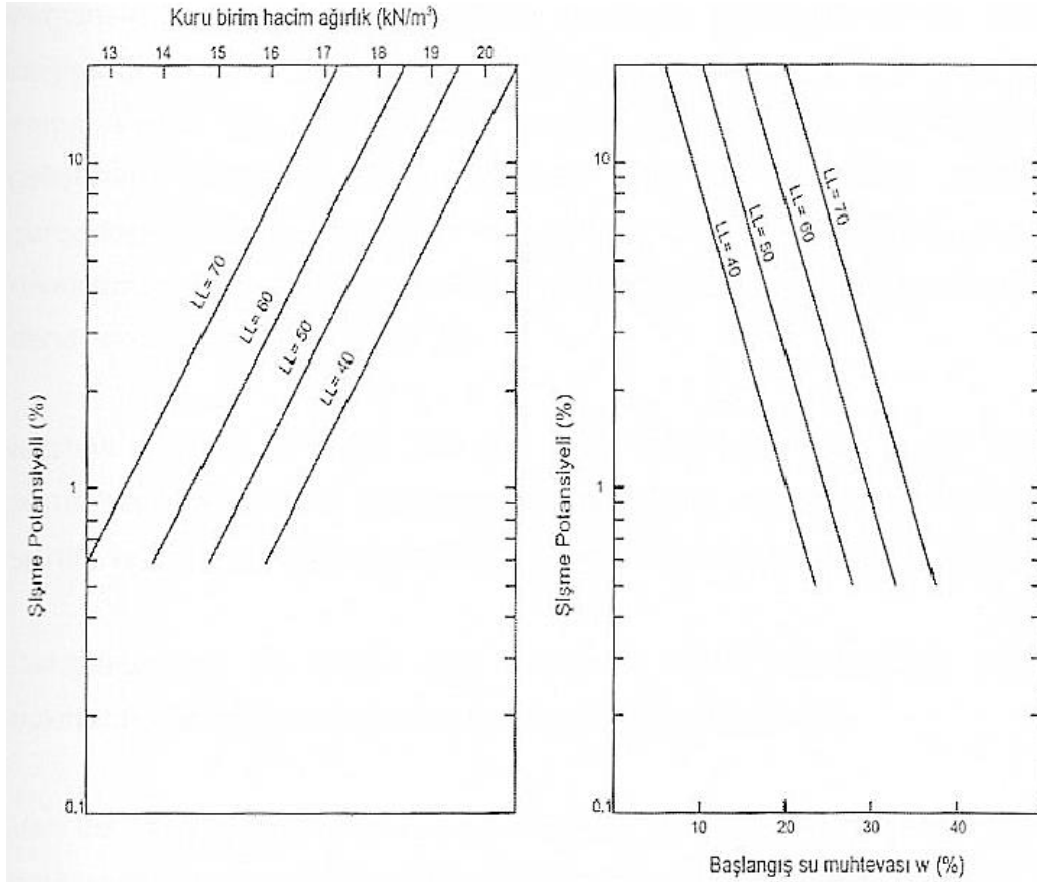
*:6,9 kPa sürüşarj yükü altında



Şekil 4.1. Hacim değişimi, kolloid yüzdesi, plastisite indisi, rötire limiti ilişkileri [30]

Vijayvergiya ve Ghazzaly [37], örselenmemiş numunelerin üzerinde şişme potansiyellerinin belirlenmesinde Şekil 4.2’de gösterilen abağı geliştirmişlerdir. Bu korelasyonda, başlangıç su muhtevası, likit limit ve kuru birim hacim ağırlık bağımsız değişkenler olarak alınmakta ve 6,9 kPa sürşarj yükü altındaki şişme potansiyeli verilmektedir.

Büzülme ve şişme arasında nitel bir ilişkinin var olduğu inancı, çeşitli araştırmacılar [30, 36] tarafından rötire limitinin zeminin şişme potansiyelini gösteren bir parametre olarak kullanılmasına neden olmuştur. Bununla birlikte, literatürde şişme potansiyeli ile rötire limiti arasında güçlü ve tutarlı bir ilişkinin bulunmadığını gösteren bir çok çalışma mevcuttur [9, 14, 38, 39].



Şekil 4.2. Şişme potansiyeli – likit limit, başlangıç su muhtevası ve kuru birim hacim ağırlık arasındaki ilişki [37]

Chen, kendisi ve farklı araştırmacılar tarafından geliştirilen plastisite indisi – şişme potansiyeli arasındaki ilişkiyi aynı grafik üzerinde farklı eğriler ile karşılaştırılmıştır (Şekil 4.3). Bu eğriler bilinen bir plastisite indisi değerine karşılık gelen potansiyel hacim değişim yüzdeleri çok geniş bir aralıkta göstermektedir [9].

Plastisite indisinin $PI = \%15$ olması durumu için farklı metotlar: $\%8,5$, $\%1,5$ ve $\%1,0$ gibi farklı hacim değişimlerini işaret etmektedir (Şekil 4.3). Araştırmacıların dikkate aldığı deney yöntemleri birbiriyle benzerlik gösterse de, bu üç tahmini hacim değişim yüzdelerinin doğrudan kıyaslanması çok doğru olmaz çünkü deneyde kullanılan örneğin durumu ve su içeriği sınırları önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Holtz ve Gibbs tarafından geliştirilen yaklaşımda havada kurutulmuş örselenmemiş zemin numunelerinin doymuş hale gelmesi sırasında göstermiş olduğu hacim değişikliği dikkate alınmıştır ve 38 ayrı örnek üzerinde gerçekleştirilen deney

sonuç verileri baz alınarak hazırlanmıştır. Seed ve diğerleri tarafından geliştirilen deney sonuçları kullanılmıştır. Chen ise yaptığı çalışmada, örselenmemiş ve doğal su içeriğinde şişmeye bırakılan zemin numunelerin deney sonuçlarını kullanmıştır [9].

Mitchell – Gardner, Gibbs, likit limit ve yerinde kuru birim hacim ağırlık parametreleri kullanarak zeminleri şişebilen (düşük, orta, yüksek, çok yüksek şişme) ve çöken diye sınıflandıran bir abak geliştirmişlerdir (Şekil 4.5).

Van der Merwe [39] ise plastisite indisi ve kil yüzdesine bağlı olarak şişme potansiyelinin tahmin edilmesi için Şekil 4.6’da görülen abağı vermişlerdir.

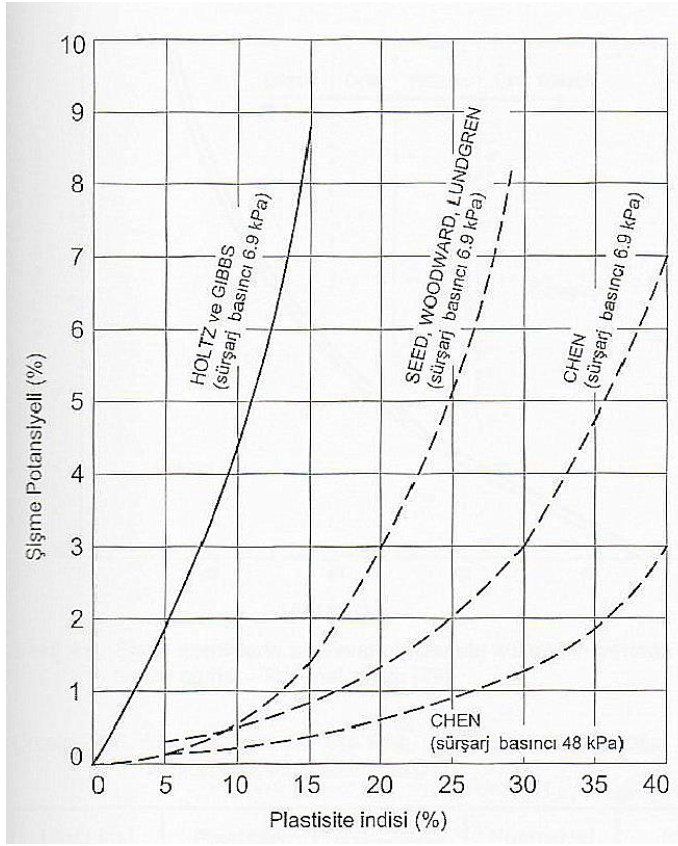
Seed vd. [26] standart Proktor sıkılığında ve optimum su muhtevsından sıkıştırılmış killerin, 6,9 kPa sürşarj yükü altında şişme karakteristikleri üzerine yaptıkları çalışmada, aktivite ve kil boyutlu tanelerin yüzdesine dayanan bir abak geliştirmişlerdir (Şekil 4.7).

Skempton, plastisite indisi ve kil yüzdesini aktivite (A) olarak isimlendirilen tek bir parametrede birleştirmiştir (Eş. 4.1) [18, 40].

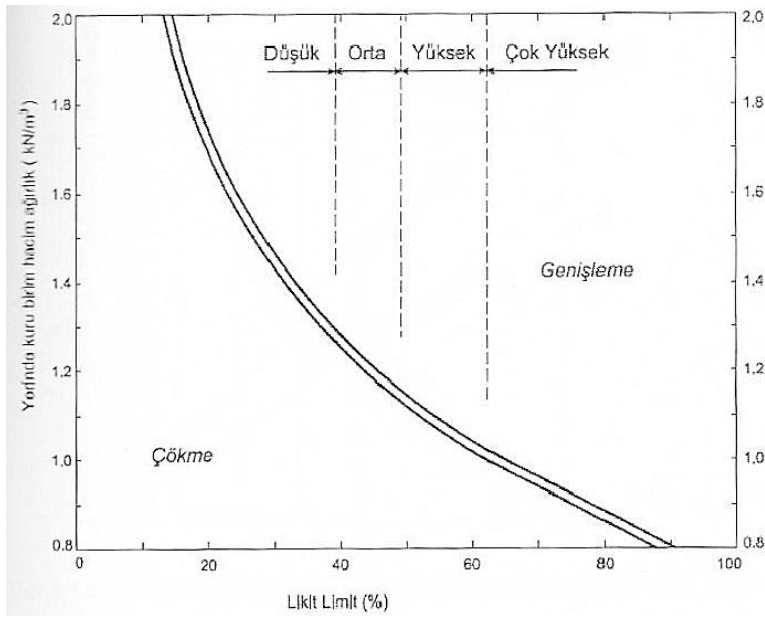
$$A = \frac{PI}{C} \quad (4.1)$$

Burada, A – aktivite, PI - plastisite indisi, C - kil yüzdesidir.

Snethen vd. potansiyel şişmeyi tahminde kullanılan, yayımlanmış 17 farklı kriteri değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirmenin sonucunda, likit limit ve plastisite indisinin, potansiyel şişmenin en iyi gösterdiği olduğu sonucuna varmışlar ve şişen zeminlerin sınıflandırılmasında (zeminin kendi doğal sürşarj yükü altında) kullanılmak üzere Çizelge 4.6’da verilen likit limit, plastisite indisi ve doğal su muhtevsında zemin emmesine değişkenlerine bağlı tabloyu geliştirmişlerdir. Zemin emmesi doymamış zeminlerde negatif basıncıyla ifade edilen bağımsız efektif gerilme değişkenidir [18].



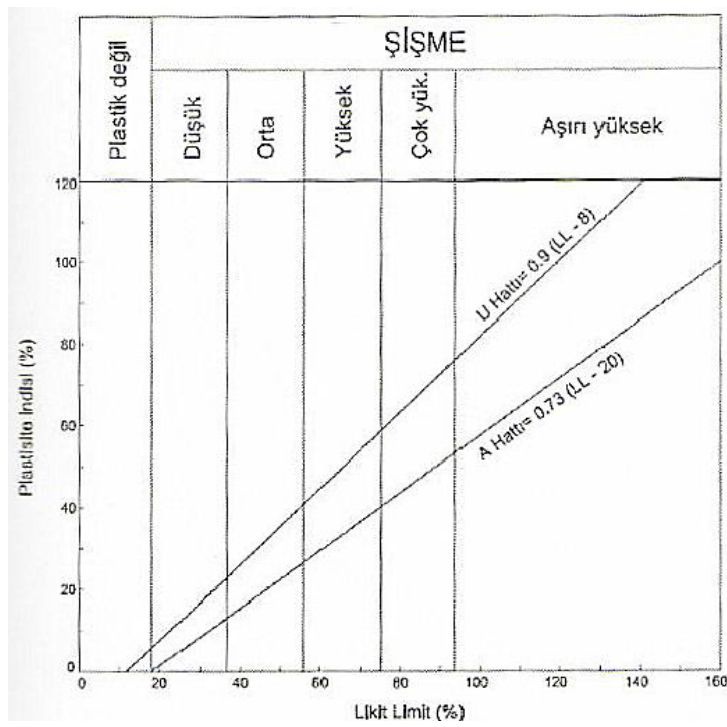
Şekil 4.3. Farklı sınıflama sistemlerinin karşılaştırılması [18]



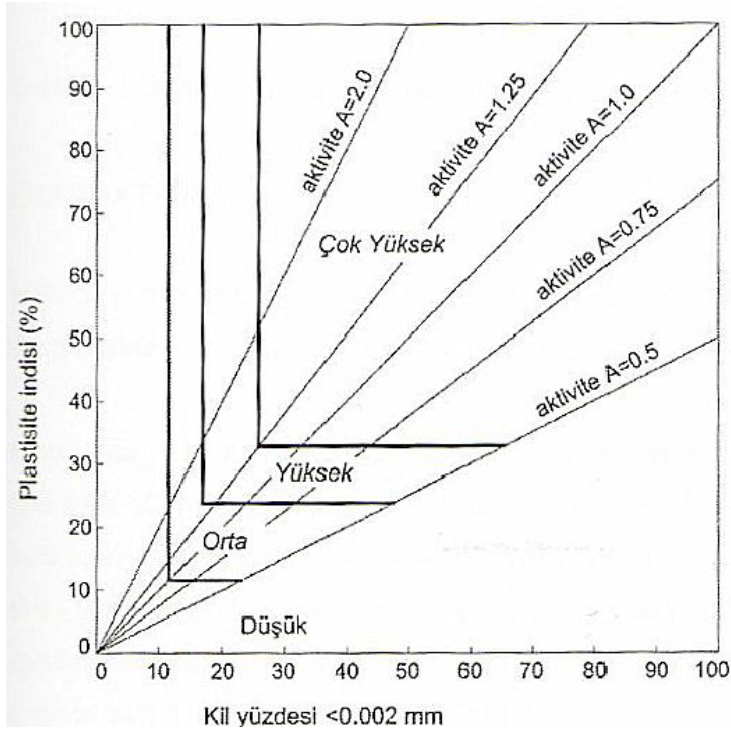
Şekil 4.4. Şişen zeminlerin sınıflandırılmasında kullanılan yerinde kuru birim hacim ağırlık – likit limit abağı [41]

Çizelge 4.6. Şişen zeminlerin likit limit, plastisite indisi ve doğal emmesine bağlı olarak sınıflandırılması [18]

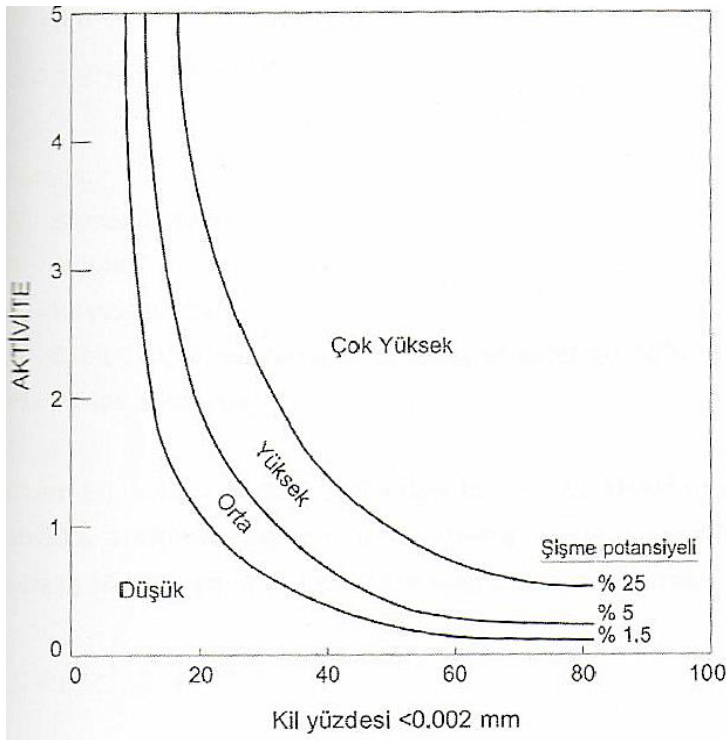
Likit Limit LL (%)	Plastisite indisi PI (%)	μ (doğal emme) (MPa)	Potansiyel Şişme (%)	Şişme Derecesi
>60	>35	<0,38	>1,5	Yüksek
50~60	25~35	0,14~0,38	0,5~1,5	Orta
<50	<25	>0,14	<0,5	Düşük



Şekil 4.5. Plastisite indisi ve likit limite bağlı şişme potansiyeli kartı [38]



Şekil 4.6. Kıl yüzdesi ve aktiviteye bağlı şişme potansiyeli kartı [39]



Şekil 4.7. Kıl yüzdesi ve aktiviteye bağlı şişme potansiyeli kartı [26]

Ampirik eşitlikler

Killerin şişme potansiyelinin belirlenmesine yönelik çeşitli ampirik yaklaşımlar da geliştirilmiştir. Bunlardan birkaç tanesine yer verilecektir.

Seed, standart Proktor sıkılığında ve optimum su muhtevasında sıkıştırılan, 6,9 kPa sürşarj yükü altında şişmeye bırakılan killerin şişme potansiyelinin belirlenmesinde Eş. 4.2'yi ve Seed ayrıca, Woodward ve Ludgren ile Eş. 4.3'deki basit ampirik formülü vermiştir. Eş. 4.2 yalnızca %8 ~ %65 arasında kil içeren zeminler için geçerli olduğu ve hesaplanan değerin %33'lük bir hata payına sahip olduğu ifade edilmiştir [9, 26].

$$S=3,6 \cdot 10^{-5} \cdot A^{2,44} \cdot C^{3,44} \quad (4.2)$$

$$S=3,6 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot PI^{2,44} \quad (4.3)$$

Burada,

S – şişme yüzdesi (%),

A – aktivite,

C- kil yüzdesi (%),

M – sabit, (doğal zeminler için 60, yapay zeminler için 100)

PI – plastisite indisi (%)

Chen [9], kuru birim hacim ağırlıkları 15,7~17,2 kN/m³ ve su muhtevaları %15-20 aralığında değişen, örselenmemiş zemin numunelerinin 6,9 kPa sürşarj altındaki şişme yüzdeleri için aşağıdaki eşitliği vermiştir.

$$S=0,2558 \cdot e^{0,0838 \cdot PI} \quad (4.4)$$

Burada,

S – şişme yüzdesi (%),

PI – plastisite indisi (%)

Vijayvergiya ve Ghazzaly [37] likit limit ve su muhtevasına bağılı olarak killi zeminlerin şişme yüzdesinin tahmin edilmesi için Eş. 4.5'i vermişlerdir.

$$\log S = \frac{1}{12} \cdot (0,44 \cdot LL - w_0 + 5,5) \quad (4.5)$$

Burada,

S – şişme yüzdesi (%),

LL – likit limit (%),

w_0 – başlangıç su muhtevası (%).

Nayak ve Christensen [42] sıkıştırılmış zeminler için plastisite indisi, kil yüzdesi ve başlangıç su muhtevasına bağılı olarak şişme yüzdesinin tahmin edilmesi için Eş. 4.6'yı vermişlerdir.

$$S = 2,29 \cdot 10^{-2} \cdot PI^{1,45} \cdot \frac{C}{w_0} + 6,38 \quad (4.6)$$

Burada,

S – şişme yüzdesi (%),

PI – plastisite indisi (%),

C – kil yüzdesi (%),

w_0 – başlangıç su muhtevası (%),

Komornik ve David [27, 43] şişme basıncının örselenmemiş zeminler için, likit limit, kuru birim hacim ağırlık ve başlangıç su muhtevasına bağılı olarak tahmin edilmesi için Eş. 4.7'yi vermişlerdir.

$$\log P_s = -2,132 + 0,0208 \cdot LL + 0,000665 \cdot \gamma_d - 0,0269 \cdot w_0 \quad (4.7)$$

Burada,

P_s – şişme basıncı (kg/cm^2),

LL – likit limit (%),

γ_d – kuru birim hacim ağırlık (kg/m^3),

w_0 - başlangıç su muhtevasıdır (%).

Nayak ve Christensen [42] sıkıştırılmış zeminler için şişme basıncının, plastisite indis, kil yüzdesi ve başlangıç su muhtevasına bağlı olarak tahmin edilmesi için Eş. 4.8'i vermişlerdir.

$$S = (3,58 \cdot 10^{-2}) \cdot PI \cdot 1,12 \cdot \frac{C_2}{w_{02}} + 3,79 \quad (4.8)$$

Burada,

P_s – Şişme basıncı (kg/cm^2),

PI – Plastisite indisi (%),

C – Kil yüzdesi (%),

w_0 – Başlangıç su muhtevasıdır (%).

4.2.2. Şişen killerin doğrudan (nicel) yöntemler ile sınıflandırılması

Doğrudan (nicel) yöntemler, zemin şişmesinin gerçek fiziksel ölçümleri olup, deney sonuçlarına bağlı olarak zeminin şişme potansiyelinin belirlenmesini ifade etmektedir ve bu sebeptendir ki şişme potansiyelinin belirlenmesinde, nicel yöntemlerin kullanılması çok daha uygun olacaktır [9]. Şişme davranışı ve şişme parametrelerinin doğrudan (nicel) belirlenmesi için geliştirilen birkaç deney yöntemi mevcut ise de klasik ödometre deney düzeneği örselenmiş ya da örselenmemiş zemin numunelerin şişme potansiyelinin belirlenmesinde kullanılabilmektedir.

Ödometre Deney Metodu

Nicel yöntemlerde zeminin şişme potansiyeli ödometrik (konsolidasyon) yöntemle elde edilir. Ancak şişme potansiyeli için birden fazla tanımlama mevcut olup uygulamada ise çok sayıda farklı deney metodu önerilmiştir. Şişme davranışı ve şişme parametrelerinin belirlenmesi amacıyla ASTM D 4546'da üç farklı ödometre

deney metodu (metot A, metod B, metod C) önerilmiştir [34]. Bu üç alternatif metodun hepsinde zemin numunesinin yanal deplasmanın sınırlandırılması ve yalnızca eksenel yükleme yapılması gerekmektedir. Burada, sadece tez çalışmasında kullanılan ödometre deney metodu (Metot A) anlatılmıştır.

Metot A

Bu yöntemde zemin numunesi, sadece üzerine konacak poroz taş ve yükleme plakasının oluşturduğu en az 1 kPa sürşarj yükü altında suya doyurularak şişme tamamlanıncaya kadar beklenir. Sonra numunenin şişme öncesindeki boşluk oranı (numunenin başlangıç yüksekliği) elde edilinceye kadar klasik ödometre deneyindeki yük kademeleri altında numune yüklenir. Her yük artırımını öncesinde, numunenin uygulanan yük altında tamamıyla konsolide olmasına izin verilir.

Bir boyutlu ödometre koşullarında, numunenin kesit alanı sabit tutulduğundan dolayı serbest şişme yüzdesinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır [34].

$$S = \frac{H_1 - H_0}{H_0} \times 100 \quad (4.9)$$

Burada,

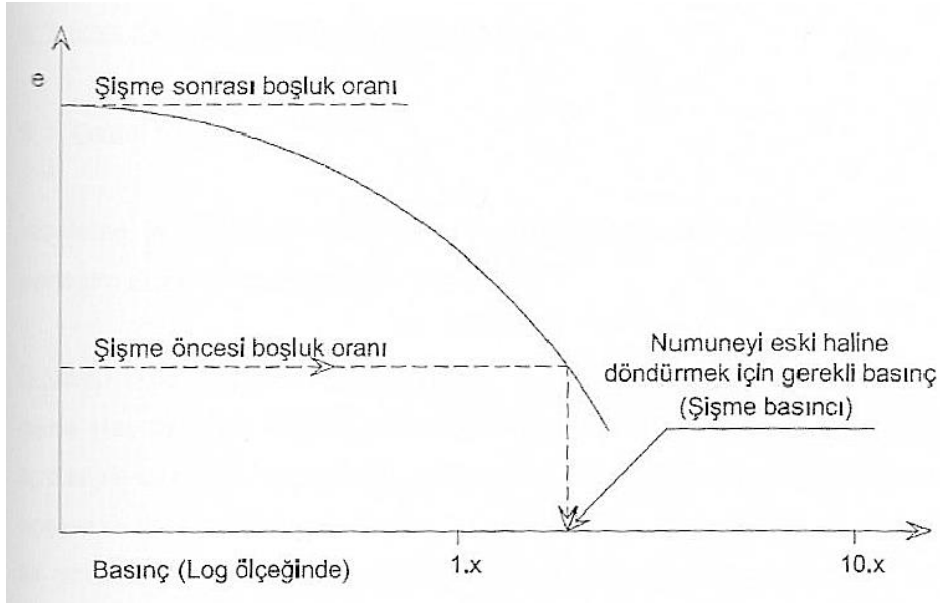
S – Serbest şişme yüzdesi ($\approx$ 1 kPa sürşarj yükü altında),

H_0 - Numunenin başlangıç yüksekliği,

H_1 – Şişme sonrasındaki numune yüksekliğidir.

ASTM şişme basıncını (Şekil 4.8), şişme tamamlandıktan sonra numuneyi eski haline (boşluk oranı, yükseklik) getirecek basınç olarak tanımlamıştır [34].

Bu yöntemin avantajı ise tek numune ile yalnızca şişme potansiyeli değil zeminin konsolidasyon parametreleri hesaplanabilmektedir.



Şekil 4.8. Ödometre deneyindeki serbest şişme ve şişme basıncı

4.3. Geçmişte Yapılmış Çalışmalar

Ankara ve yakın çevresindeki ilk mühendislik jeolojisi - geoteknik çalışmaları 1950'li yıllarda başlamış olup, bu çalışmalar daha çok yüksek binaların temel araştırmaları için gerçekleştirilmiştir [44]. 1960'lardan sonra kentin Ankara kili üzerinde gelişmesi, dikkatleri bu kile çekmiş ve bu malzemenin mühendislik özelliklerine yönelik çalışmaların sayısı artmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen başlıca sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Söylemez [45], farklı lokasyonlardan aldığı Ankara kili örneklerinin kil minerali içeriklerini X-ışınları kırınım analizleri yaparak belirlemiş ve tanımlamıştır. Araştırmacı, Ankara kilinin çok az oranda da olsa, şişen türde kil minerali (montmorillonit) içerdiğini (%9) ve bu kadar düşük bir oranın bile Ankara kilinin fiziksel özelliklerini etkilediğini belirtmiştir.

Ankara kenti zeminleri üzerinde yapılan geoteknik amaçlı çalışmalar, Birand'ın [46] çalışmasına değin zeminin emniyetli taşıma gücü, zemin sınıflaması ve indeks özelliklerin değerlendirilmesi üzerinde yoğunlaşmış olup, Birand'ın [46] Ankara kilinin şişme potansiyeli konulu çalışmasıyla, araştırmalar bu malzemenin şişme

davranışının incelenmesine de yönelmiştir. Ankara kilinin şişme davranışı konusunda yapılan başlıca çalışmalar aşağıdaki paragraflarda özetlenmiştir.

Birand [46], Üst Pliyosen (Ankara Kili) çökellerinden aldığı örselenmemiş örneklerin şişme potansiyelini araştırmıştır. Araştırmacı, öncelikle bu zeminlerin şişmesine neden olan ve şişmeyi etkileyen faktörleri incelemiş ve şişmenin tanımlanması amacıyla daha önceki araştırmalarda önerilen ilişkileri ve abakları çalışmasında kullanarak aldığı örnekleri sınıflandırmıştır. Birand [46], minerolojik bileşimin killerin şişme potansiyelini etkilediğini belirterek, yüksek iyon değişim kapasitesine sahip killerin fazla şiştiğini belirtmiş, kompaksiyonla suyun iç yapıya etkisi önlenmediğinden, şişme potansiyelinin azaldığını belirtmiştir.

Ankara kilinin mühendislik özelliklerini çalışan Ordemir [47], Ankara bölgesinde yarı kurak bir iklimin egemen olması nedeniyle, killi zeminlerde belli bir derinliğe kadar şişme-büzülme davranışının gerçekleştiğini ve bunun hafif yapılara zarar verdiğini ve temelleri derinde yer alan yapılarda ise, şişmeden kaynaklanabilecek hasarların meydana gelmediğini belirtmişlerdir.

Doruk [48], Orta Doğu Teknik Üniversitesi yerleşkesinden aldığı üç Ankara kili örneği üzerinde çalışmıştır. Çok sınırlı sayıdaki örselenmiş ve örselenmemiş örneklerin şişme özelliklerini karşılaştıran araştırmacı, örselenmiş örneklerin şişme miktarlarının aynı koşullar altında örselenmemiş örneklerle oranla daha büyük olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, arazi koşullarının laboratuvar ortamından kaynaklanan güçlüklerden dolayı, arazide belli lokasyonlarda kurulacak istasyonlarda killerin şişme özelliklerinin daha basit yöntemlerle belirlenmesinin yararlı olacağını önermiştir. Araştırmacı, doğal su içeriğinin artışına bağlı olarak şişmenin azaldığını, kil tane boyutundaki malzeme miktarının yüksek olmasının ve kum türü ile miktarından etkilenen plastisite indeksi değerinin artmasının şişmeyi arttırdığını belirtmiştir.

Omay [49], zeminin su içeriğindeki değişimin hacimsel büyüme üzerindeki etkisini incelemiş ve şişmeyle ilgili olabilecek bazı pratik sonuçlar elde etmeyi amaçlamıştır.

Araştırmacı, bu amaç doğrultusunda, farklı su içeriğinde ve kuru birim hacim ağırlığındaki örselenmemiş örneklerin şişme basınçlarını ve yüzdelerini saptamıştır. Ayrıca araştırmacı, laboratuvar sonuçlarıyla karşılaştırmak için arazide şişme miktarını hesaplamış ve laboratuvar sonuçlarında olduğu gibi, arazide elde edilen sonuçların da kilin likit limit, plastik limit ve kil yüzdesi gibi bazı indeks özelliklerine karşı duyarlı olduğunu belirtmiştir.

Kaynar [50], Ankara kilinden aldığı 17 adet örselenmemiş örnek üzerinde şişme indeksi ve sıkışma indeksi oranlarını belirlemek amacıyla deneyler yapmıştır. Araştırmacı, plastisitenin artmasıyla şişme ve sıkışma indeksi değerlerinin de arttığını belirtmiş, ayrıca şişme indeksi oranıyla likit limit arasında doğrusal bir ilişkinin varlığına dikkat çekmiştir.

Akbay [51], Ankara kilinin değişik yükler altında, su içeriğinin değişmesine karşılık hacimsel değişim davranışını konsolidasyon deneyinden yararlanarak incelemiş ve yarı doymuş ve doymuş kil örneklerinin davranışlarını karşılaştırmıştır. Araştırmacı, Ankara kilinin belli bir yüke kadar su içeriğinin artmasıyla şiştiğini ve bundan büyük yükler altında çökmenin gerçekleştiğini ifade etmiştir. Bu çalışmada ayrıca, daha düşük su içeriklerinde Ankara kilinin şişme özelliklerinin araştırılmasının gerekli olduğu da vurgulanmıştır.

Ankara kilinden kaynaklanan şişmeyle ilgili sorunları inceleyen Ordemir [52], söz konusu kilin ön konsolidasyona uğramış, sıkı ve fisürlü bir zemin olduğunu belirterek, bu birimde sığ derinliklerde gözlenen karbonat yumrularının kentin kuzey ve kuzeybatısında yumrularının kentin kuzey ve kuzeybatısında artış gösterdiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, Ankara kilindeki karbonat yumruları ne kadar yüksek oranda olursa, şişme potansiyelinin de o oranda azalma göstereceğini belirtmişlerdir.

Üner [53], Ankara bölgesinde yer alan iki zemin tipinin mühendislik özelliklerini karşılaştırmıştır. Araştırmacı, bazı sınıflama ve indeks deneylerinin yanı sıra, örtü yükü altında değişik derinliklerden alınmış örneklerin şişme yüzdelerini belirlemiştir.

Ayrıca yanal ve düşey yönlerde örnekleme yapan araştırmacı, Ankara kili için şişme anizotropisini de incelemiştir. Araştırmacı, Ankara kilinde yanal şişmenin düşey yöndeki şişmeden büyük olduğunu belirterek, anizotropinin varlığına dikkat çekmiştir.

Çalışan [54], ODTÜ yerleşkesindeki yüzme havuzunu da içeren kompleksin yanında yaklaşık 5 metre derinlikten alınan Ankara kili örneklerine silt tane boyutunda malzeme katarak, Ankara kilinin şişme ve çökme davranışını incelemiştir. Araştırmacı, gelecekteki çalışmalar için, Ankara kilinin hacimsel davranışını etkileyen silt içeriği, doğal birim hacim ağırlık ve doğal su içeriği gibi faktörlerin araştırılmasını önermiştir.

Üst Pliyosene'e ait güncel çökellerden aldığı örselenmemiş örneklerin şişme davranışını konsolidasyon deneyiyle araştıran Furtun [55], daha önce yapılan çalışmaları da değerlendirerek, Ankara'daki altı değişik lokasyondan almış olduğu örnekler üzerinde belirlenen örtü yükü altında ve değişik su içeriklerinde şişme deneylerini gerçekleştirmiştir. Araştırmacı, örtü yükü altında ve sabit hacimde örneklerin göstermiş olduğu şişme basıncı değerlerini karşılaştırarak deney sonuçlarından elde ettiği şişme basıncı ile likit limit, doğal su içeriği ve kuru birim hacim ağırlık arasında bir görgül ilişki belirlemiştir. Furtun [55], likit limitin artmasıyla şişmenin de arttığına değinerek, şişme potansiyelinin belirlenmesi açısından likit limitin iyi bir gösterge olabileceğini ifade etmiştir. Araştırmacı aynı zamanda, örtü yükü altında belirlediği şişme basıncının, sabit hacimli deney sisteminden elde ettiği şişme basıncı değerinden büyük olduğunu da belirtmiştir.

Çokça [56], metilen mavisi değerine ve kil içeriğine bağlı yeni bir şişme potansiyeli sınıflandırma yöntemini geliştirmek amacıyla önceki araştırmacıların Ankara kili üzerinde yapmış oldukları deneylere ait verileri ve yabancı araştırmacıların yayımlamış oldukları metilen mavisi deney verilerini, şişme potansiyelini dikkate alarak değerlendirmiştir. Araştırmacı, Ankara'nın çeşitli bölgelerindeki Pliyosen-Pleyistosen yaşlı akarsu çökelleri ve güncel çökellerden aldığı örselenmiş örnekler üzerinde Atterberg limitleri, hidrometre, şişme ve metilen mavisi deneyleri ile

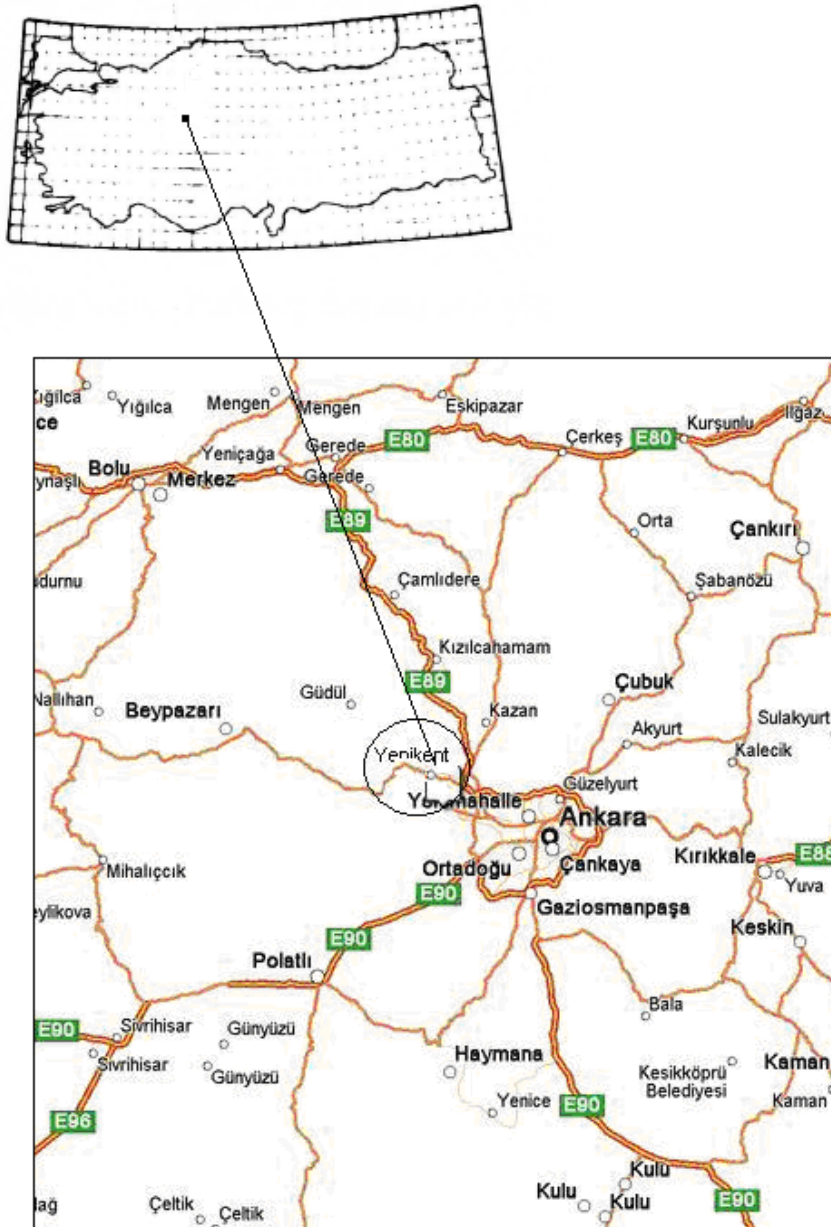
X-ışınları kırınım analizleri yaparak şişme belirlemiştir. Çokça [56] çalışmaları sonucunda, kil içeriği ve metilen mavisi değerlerinin kullanıldığı yeni bir şişme potansiyeli sınıflama abağı önermiştir. Araştırmacı ayrıca, metilen mavisi deneyinin killerin minerolojisinin belirlenmesinde dolaylı bir yöntem olarak kullanılabileceğini belirtmiştir.

Köylü [57], Yenikent (Ankara) yerleşim alanı killерinin şişme özelliklerini incelemiş ve deneysel temel parametreler ve farklı araştırmacılar tarafından önerilen ampirik bağıntılarla zeminin yüksek şişme potansiyeline sahip olduğunu belirlemiştir.

Öztürk [58], Gölbaşı (Ankara) yerleşim alanı killерinin şişme potansiyelini incelemiş ve inceleme alanında lokal olarak şişebilen killерin yer aldığını belirlemiştir. Hafif yapılar için risk oluşturabilecek şişen kil zeminlerin iyileştirilmesinde kireç katkı maddesinin etkisini incelemiştir.

5. İNCELEME ALANININ TANITILMASI

Çalışma alanı Ankara ili Sincan ilçesine bağlı olan Yenikent mahallesi, Ankara'nın batı koridorunda hızlı gelişen yerleşim bölgesi olup, Ankara'ya 30 km., Sincan ilçesine ise 5 km mesafede, Ankara-Ayaş-Nallıhan karayolu üzerinde bulunmaktadır.



Harita 5.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası

Yenikent mahallesi Ankara ile Sincan'ın batısında, Ova Çayının kenarında düzlük bir arazi üzerinde yer almaktadır. Yörede topografya güney-kuzey doğrultusunda yükselti vermekte olup, İç Anadolu'nun tipik karasal iklimi hüküm sürmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlı geçer. Bölgede en sıcak aylar Temmuz ve Ağustos, en soğuk aylar ise Ocak ve Şubattır. Bölgede kısmen de olsa don olayı görülebilmektedir.

Yenikent mahallesi, 1975 yılından 2008'e kadar belediye statüsünde kalmış, 2008 yılından itibaren yasayla, belde statüsü kaldırılarak Sincan ilçesine bağlı mahalle statüsüne dönüştürülmüştür. Mahallede 2007 yılında yapılan adrese dayalı nüfus kayıt sistemine göre 20770 kişi yaşamaktadır. Ancak, Ankara Büyükşehir Belediyesinin 1994 yılı Meclis kararı ile onaylanan imar planında plan alanı olarak 1400 hektar, plan hedef yılı 2020'de hedef nüfus olarak 320 000 kişi kabul edilmiştir. Halkın başlıca geçim kaynağı tarım, (sebze ve meyvecilik) ve hayvancılık oluşturmaktadır. Ankara'nın kum-çakıl ihtiyacının büyük bir kısmı Ova çayı yatağı boyunca işletilen kum ocaklarından karşılanmaktadır.

5.1. Jeolojik Durum

5.1.1. Bölgesel jeoloji

Ankara ve dolayında en yaşlı kaya birimi Paleozoik yaşlı metamorfik şistlerdir. Metamorfik şistler üzerinde tuf ve kireçtaşı blokları içeren, yer yer spilit-diyabaz daykalarıyla kesilmiş, karışık bloklu Triyas yaşlı metamorfikler ile kısmen ilksel halini korumuş kırıntılı kayalar yer almaktadır. Jura yaşlı konglomera, marn, kumtaşı, silisli kireçtaşı ve kumtaşları; Triyas üzerine uyumsuz olarak çökelmişlerdir [59].

Ofiyolitlimelanj, Kretase'de Jura yaşlı birimlerin üzerine yine uyumsuz olarak çökelmiştir. Miyosen'de ise andezit, andezitik kökenli, volkanik ve vakanoklastik kayalar ile killi kireçtaşı, marn, kil taşı, çakıl taşı, kumtaşı aralanmasından oluşmuş çökeller yer almıştır. Pliyosen yaşlı çakıl, kum, silt ve kilden oluşan çökeller ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar da geniş alanlar kaplarlar [59].

5.2. İnceleme Alanı Jeolojisi

İnceleme alanında Miyosen yaşlı Volkaniti, Pliyosen'e ait formasyonlar ile Kuvaterner yaşlı alüvyon formasyonlar yüzeylenmektedir.

5.2.1. Miyosen

Tekke volkaniti (Tt)

Tekke Volkaniti, Pliyosen (PI) ve Kuvaterner (AI) yaşlı çökellerin yer aldığı alanlardan 100-135 m. Daha yüksek kotlarda gözlenmektedir. Birim çoğunlukla andezitlerden daha az da vakanik seri olarak andezitik tüf ve aglomeralardan oluşur. Birimin üst seviyeleri yer yer altere olmuş, ayrıışmış özellikteki kesimleri ise daha yatık topografya göstermekte ve Pliyosen (PI) ile Kuvaterner (AI) yaşlı çökellerle olan dokanağı yakınlarında izlenmektedir. Andezitler kırmızı, pembe, gri, boz ve siyah renktedirler. Andezitler yer yer sert, soğuma eklemlili, ayrıışmış, kırıklı ve çatlaklı bir yapı özelliğı taşımaktadır. Üst yüzeylerde izlenen ilksel akıntı izleri bazı yerlerde korunmuştur [59].

Volkanik serilerden az da olsa gözlenebilen andezitik tüfler beyaz ve gri renkli olup, ayrıışmış özellik sunmakta, aglomeralar ise beyaz, gri ve kırmızı renkli, tüf ile tutturulmuş, değişik boyutlarda andezit çakıllarından oluşmuş olup, bazı kesimlerde belirgin tabakalanma gösterirler [59].

5.2.2. Pliyosen (PI)

İnceleme alanında en geniş yayılımı olan jeolojik birim Pliyosen'e ait karasal çökellerdir. Karasal Pliyosen'in malzemesi daha önce teşekkül etmiş kayaçların bulunduğu yerde ayrıışması ve parçalanmaları ile oluşmuştur. Bu nedenle hem malzeme hem de renk olarak ana kaya ile yakından ilişkilidir. Pliyosen'e ait karasal çökeller çakıl, kum, silt ve kil litolojilerinden oluşmaktadır. Birim üst seviyelerinin tamamen ayrıışması sonucunda çoğunlukla kil seviyeleri içermekte, silt seviyeleri ile

birlikte yer yer kum ve çakıl bantlıdır. Birimin genel rengi sarımsı, açık kahverengi ve yeşil renktedir [59].

5.2.3. Kuvaterner

Alüvyon (Al)

Alüvyonlar inceleme alanında kuzeydoğu-güneybatı istikametinde akan Ova çayı boyunca uzanan sahalarda görülebilmektedir. Bu birim çakıl, kum, silt ve kil boyutunda daha önceden teşekkül etmiş formasyonların aşınmasıyla oluşan malzemelerin taşınarak depolanması sonucu meydana gelen çökeller topluluğudur.

5.3. Zemin ve Kaya Türlerinin Geoteknik Özellikleri

5.3.1. Zeminler

İnce taneli zeminler

İnce taneli zeminler Pliyosen ve alüvyona ait killer ile siltli litolojilerini kapsamaktadır. Pliyosen'e ait killer genellikle sarımsı, açık kahverengi ve yeşil renkli, katı-çok katı kıvamlılıkta, yüksek plastisiteli ve yüksek şişme özelliği gösterip geçirimsizdirler. Pliyosen siltleri ise genellikle yeşilimsi, sarımsı, bej renkli, katı-çok katı özellikte, tane şekli yuvarlak, yer yer ince bantlar ve merccekler şeklinde süreklilikleri olmadıkları için sızıntı su içerirler.

Alüvyona ait killer genellikle yeşil renkli, nemli, katı-çok katı kıvamda, yüksek plastisiteli özellik gösterip, geçirimsizlerdir. Siltler ise yeşilimsi, beyazımsı renkli, tane şekli yuvarlak, geçirgen ve suya genelde doygunlardır.

İri taneli zeminler

İri taneli zeminler Pliyosen ile alüvyonun kumlu, çakıllı litolojilerini içerirler. Pliyosen kumları ile çakılları yer yer bantlar ve merccekler şeklinde süreklilikleri olmadıkları için sızıntı su içerirler. Kumlar iri taneli, tane şekli, köşeli ve az

yuvarlak, kötü derecelenmiş, suya doygun özellik taşımazlar. Alüvyonun kumları ince taneli, tane şekli yuvarlak, iyi derecelenmiş, geçirgen ve suya doygun, çakılları ise az köşeli ve yuvarlak, orta derecelenmiş, geçirgen ve suya doygun özellik gösterirler.

5.3.2. Kaya türleri

Tekke Volkaniti'ne (Tt) ait çoğunlukla andezitleri, daha az da volkanik seri olarak andezitik tüf ve aglomeraları içermektedir. Birimin üst seviyeleri yer yer altere olmuş, ayrıışmış özellikteki kesimleri ise daha yatık topografya gösterirler. Andezitler kırmızı, pembe, gri, boz ve siyah renktedirler. Andezitler yer yer sert, soğuma eklemlili, ayrıışmış, kırıklı ve çatlaklı bir yapı özelliği taşımaktadır. Üst seviyelerinde izlenen ilksel akıntı izleri bazı yerlerde korunmuştur [59].

Volkanik serilerden az da olsa gözlenebilen andezitik tüfler beyaz ve gri renkli olup, ayrıışmış özellik sunmakta, aglomeralar ise beyaz, gri ve kırmızı renkli, tüf ile tutturulmuş, değişik boyutlarda andezit çakıllarından oluşmuş olup, bazı kesimlerde tabakalanma gösterirler [59].

5.4. Su Durumu

5.4.1. Yerüstü suları

İnceleme alanında devamlı akışı olan sadece beldenin doğusunda, kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda akan Ova çayı bulunmaktadır. Ayrıca inceleme alanı dışında gözlenen ve kasabanın kuzeybatısında Eski Bucuk köyünde küçük bir gölette mevcuttur. Bunun haricinde sürekli akışı olan herhangi bir ırmak, dere mevcut olmayıp bataklık ve göl de bulunmamaktadır.

Kasabanın doğusunda kuzeydoğu istikametinde akan Ova çayı boyunca ve özellikle inceleme alanının güneyinde Zir vadisi boyunca alüvyon sahalarda aşırı yağışlar sonucu sellenmeye bağlı olarak taşkın olayının görülme ihtimali söz konusu olabilir.

5.4.2. Yer altı suları

İnceleme alanında şahıslara ait adi ve keson kuyular ile kasabanın içme suyu ihtiyacını karşılamak amacıyla Ova Çayı boyunca uzanan alüvyon alanlarda açılmış sondaj kuyuları mevcuttur. Sondaj kuyularının derinlikleri ortalama 20 m., yer altı su seviyeleri 2,5 m. ile 5,5 m. arasında değişmektedir. Kanalizasyon projesi için yapılan zemin sondajlarından da anlaşıldığı üzere Ova Çayı kenarından uzaklaştıkça Pliyosen'e ait birimleri de yer altı suyuna rastlanılmamaktadır.

İnceleme alanı ve civarındaki mevcut kaynakların debileri $Q=1-2$ lt/sn arasında değişmektedir.

5.5. Deprem Durumu

Ülkemiz deprem etkinliği açısından 1. Bölge, 2. Bölge, 3. Bölge, 4. Bölge ve tehlikesiz bölge olmak üzere beş bölgeye ayrılmıştır. İnceleme alanı ve çevresi deprem kuşağı açısından 4. Bölgede yer almaktadır [60].

5.6. İklim

İnceleme alanı, Ankara sınırları içinde bulunup karasal iklim şartlarına tabidir. Karasal iklimin özelliği olarak Haziran ayından itibaren başlayan 4 aylık kuraklık dönemini Ekimden başlayan 7 aylık yağış dönemi izlemekte ve bu husus sahamızın karasal iklim şartlarına aynen uymaktadır. Son 61 yılın ortalamasına göre, yıllık ortalama yağış miktarı 376,9 mm. olup en çok yağış ilkbahar ve kış aylarında gözlenmektedir. Bu mevsimlerde cephe sistemlerine bağlı olarak gözlenen yağışlar yaz aylarında yerini konvektif yağışlara bırakmaktadır. Bu duruma göre en fazla yağış 50,5 mm ile Mayıs, 47,2 mm ile Aralık, 41,7 mm ile Ocak ayları içinde görülmektedir [61].

Yılın en sıcak dönemi Haziran-Eylül 4 aylık dönemidir. 61 yılın yıllık ortalama sıcaklığı 11,7 °C'dir. En sıcak aylar Temmuz (23,1 °C) ve Ağustos (23,0 °C), en soğuk aylar ise Ocak (0,0 °C) ve Şubat'tır (1,2 °C)

Nispi nemin en fazla olduğu Kasım, Aralık, Ocak, Şubat 4 aylık dönemine karşılık en düşük değerler, Temmuz ve Ağustos aylarında kaydedilmiştir. Yıllık nispi nem ortalaması %60'dır (55 yıl ortalaması).

28 yıllık toplam buharlaşma miktarının ortalaması olan 1353,6 mm, Aralığa ait 4 aylık dönemde bu ortalama en düşük, Temmuz ve Ağustos aylarında ise en yüksektir [61].

6. ARAZİ VE LABORATUAR ÇALIŞMALARI

6.1. Arazi Çalışmaları

Yenikent yerleşim alanında, önceki yıllarda yapılan geoteknik araştırmalardan elde edilen çalışma alanı zemin özellikleri incelenmiş ve arazide bölgenin jeolojisi ile Yenikent yerleşim alanının yayılımı da göz önünde tutularak, değişik lokasyonlarda, laboratuvar deneyleri yapılmak üzere örselenmiş (D) zemin örnekleri alınmıştır.

Yenikent yerleşim alanı, Ankara-Ayaş karayolunun hemen kuzey ve güney kenarında yayılım göstermekte olup, yapılaşmanın yolun iki tarafında olması, daha geniş ve düz alana yayılması nedeniyle, her iki kesimden de zemin örnekleri alınmıştır.

İnceleme alanından hidrolik kepçe yardımı ile yaklaşık 1,5 ~ 2,0 m derinlikte 5 (beş) farklı araştırma çukuru (SK-1, SK-2, SK-3, SK-4, SK-5) açılarak, örselenmiş zemin örnekleri alınmış ve laboratuara nakledilmiştir.

Açılan araştırma çukurları, Resim 6.1’de gösterilen Yenikent yerleşim bölgesinin uydu görüntüsü [62] üzerine adlandırılarak işlenmiştir. Burada, örselenmiş numune alınan çukurlar yeşil ile (5 adet SK-1, 2, 3, 4, 5) gösterilmiştir (Resim 6.1). İnceleme alanında, daha önce lisans seviyesinde, 3 ayrı noktada zeminin şişme özellikleri ve iyileştirilmesine yönelik farklı çalışmalar [63, 64, 65] yapılmış olup, çalışmalarda zemin örneklerinin alındığı araştırma çukurları (SK-6, 7, 8) haritada sarı renkli olarak gösterilmiştir.



Resim 6.1. Yenikent yerleşim alanının uydu görüntüsü – açılan araştırma çukuru lokasyonları [62]

6.2. Laboratuvar Çalışmaları

Yenikent yerleşim alanı killerin şişme potansiyeli ve kayma dayanımının belirlenmesi ve zemini stabilize edecek kireç ve uçucu kül oranlarının belirlenmesine yönelik inceleme alanından alınan numuneler üzerinde, çeşitli laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Tüm deneyler ilgili ASTM ve TS standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarda yapılan deneyler aşağıda sıralanmıştır.

Zemin mekaniği laboratuvar deneyleri

- Su içeriğinin tayini,
- Likit limit tayini,
- Plastik limit (PL) tayini ve Plastisite indisinin (PI) bulunması,
- Özgöl ağırlık tayini,
- Dane çapı dağılımının bulunması (Elekt ve Hidrometre analizi)
- Zeminde kuru birim hacim ağırlık–su muhtevası bağıntısının 2,5 kg tokmakla elde edilmesi (standart Proktor deneyi),
- Konsolidasyon (ödometre) deney düzeneği ile yapılan şişme potansiyeli deneyleri,
- Serbest basınç deneyi

7. İNCELEME ALANI KİLİNİN ŞİŞME POTANSİYELİNİN TANIMLANMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

7.1. Minerolojik Değerlendirmeler

Zeminlerin mühendislik özellikleri, mineral bileşimleri ile özellikle içerdiği kil minerallerinin yapısıyla doğrudan ilişkilidir. Örneğin, killi zeminlerde kil yüzdesinin ve özellikle montmorillonit gibi şişen killerin artması ile, plastisitenin, sıkışabilirliğin ve şişme potansiyelinin artış gösterdiği bilinmektedir.

Zeminlerin minerolojik karakteristiklerinin belirlenmesinde en sık kullanılan yöntemlerden biri X-ray difraksiyon (XRD) analizleridir. X-ray difraksiyon analizleri, her kristal fazının kendine özgü bir X-ray difraksiyon modeli (paterni) olduğu prensibine dayanmaktadır.

Çalışma alanı kilinin minerolojik özellikleri, mineral yapısı ile mühendislik özellikleri arasında ilişki, Köylü [57] tarafından yapılan minerolojik incelemeler sonucunda ortaya konmuştur. X-Ray difraksiyonu yöntemi ile yapılan minerolojik inceleme sonuçlarına göre, çalışma alanını temsilen birbirinden yeterince uzaklıktan alınmış numunelerin, içerdikleri kil mineralleri açısından birbirine yakın mineral yapıda oldukları, kil olmayan mineraller itibarıyla de aynı mineralleri içerdikleri, ancak çokluk sıralaması açısından farklılık gösterdikleri belirlenmiştir. Örneklerin içerdikleri mineraller ve bunların çokluk sırasına göre diziliş sırası Çizelge 7.1’de verilmiştir [57].

Çizelge 7.1 Örneklerin XRD yöntemiyle bulunan mineral içerikleri [57]

Numune	Mineraller
1	Klorit, Dolomit, Feldispat, İllit, Smektit, Kuvars, Kalsit
2	Kalsit, Dolomit, Smektit, Klorit, Feldispat, Kuvars
3	Feldispat, Smektit, Dolomit, Kuvars, Kalsit, İllit, Mika
4	Kalsit, Dolomit, Feldispat, Smektit (Montmorillonit), İllit
5	Kuvars, Kalsit, Feldispat, Dolomit, Smektit (Montmorillonit)

Analiz sonuçlarına göre, smektit, klorit ve illitten oluşmuş karışık tabakalı kil ile kil minerallerinin zeminde fazla olmaları, zemine kil davranışının yön verici olduğunu göstermektedir. Özellikle smektit grubu kil minerallerinin hacim değiştirme kapasitelerinin yüksekliği nedeniyle şişme potansiyeli ve şişme basıncı gibi mühendislik özellikleri önem kazanmaktadır. Bu tür killer, yol ve dolgu yapımında yol açtıkları stabilite problemleri, hafif yapılar, yol ve kanal kaplamalarında uyguladıkları şişme basıncı, ayrıca çok düşük geçirgenlik özellikleri nedeniyle baraj gövdelerinde dolgu malzemesi olarak kullanılabirlikleri ile gündeme gelmektedir.

Yine deneysel sonuçlar, bu kilin kuvars, kalsit, dolomit ve feldspat ihtiva ettiğini göstermektedir. Bunlar kil minerali olmayan minerallerdir [57].

7.2. İnceleme Alanı Killerinin Şişme Potansiyelinin Nitel (Dolaylı) Yöntemler ile Değerlendirilmesi

Nitel yöntemler temel mühendislik parametrelerinden yararlanarak şişme karakteristikleri “düşük”, “orta”, “yüksek” vb. gibi ampirik yaklaşımlarla değerlendirmeye dayanmaktadır. Burada daha önce farklı araştırmacılar tarafından önerilen korelasyonlar ile mevcut kil şişme potansiyeli niteliksel olarak değerlendirilecektir. Korelasyonlara gidilirken indeks özellikleri bölümünde elde edilen zemin parametrelerinin ortalama değerleri kullanılacaktır.

İnceleme alanından alınan numuneler üzerinde, zeminin fiziksel ve indeks özelliklerini belirlemeye yönelik yapılan deneylerin sonuçları toplu olarak Çizelge 7.2’de verilmiştir.

Bulunan zemin indeks parametrelerine göre, Yenikent yerleşim alanından alınan 5 adet zemin örneğinin tamamı, birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre CH (yüksek plastisiteli kil) zemin sınıfı içerisinde yer almaktadır.

Numunelerin dane çapı dağılımının bulunması, yıkamalı elek analizi ve hidrometre deneyi olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Her iki deneyden elde edilen

veriler, dane çapı dağılım eğrisinde bir araya getirilmiştir. Numunelere ait dane boyu dağılım eğrileri EK-2’de verilmiştir. Deneysel çalışmada elde edilen zemin parametreleri, dane çapı dağılım oranları ve USCS’ye göre yapılan zemin sınıflandırma sonuçları izelge 7.2’de, numunelerin dane çapı dağılımındaki değişim ve aritmetik ortalama değerleri ise izelge 7.3’ ve izelge 7.4’de verilmiştir.

Çizelge 7.2. Zeminin fiziksel ve indeks özelliklerine ait sonuçlar

Araştırma Çukuru No	Derinlik (m)	w_n	G_s	Elek Analizi		Dane Çapı Dağılımı (%)					Kıvam Limitleri			Aktivite	Zemin Sınıfı
				#4 kalan (%)	#200 geçen (%)	Kolloid (>0,001)	Kil	Silt	Kum	Çakıl	LL (%)	PL (%)	PI (%)		
SK-1	1,5~2,0	30,07	2,65	0,06	98,30	67,00	73,00	25,30	1,64	0,06	87,70	25,50	62,20	0,85	CH
SK-2	1,5~2,0	32,13	2,67	0,00	91,64	47,00	61,00	30,64	8,36	0,00	81,60	27,60	54,00	0,89	CH
SK-3	1,5~2,0	32,69	2,65	0,35	87,85	38,00	47,00	40,85	11,80	0,35	83,90	27,30	56,60	1,20	CH
SK-4	1,5~2,0	24,89	2,64	0,00	84,15	36,00	45,00	39,15	15,85	0,00	61,20	26,60	34,60	0,77	CH
SK-5	1,5~2,0	20,03	2,65	0,59	86,46	38,00	46,63	39,83	12,95	0,59	62,70	25,20	37,50	0,80	CH
SK-6 [63]	1,5~2,0	-	2,51	0,00	86,45	39,00	48,00	38,45	13,55	0,00	76,03	31,19	44,84	0,93	CH
SK-7 [64]	2,0	-	2,52	0,00	83,33	35,00	42,00	41,33	16,67	0,00	60,00	26,58	33,42	0,80	CH
SK-8 [65]	2,5	-	2,53	3,09	81,09	51,00	56,00	25,09	15,82	3,09	67,64	29,82	37,82	0,67	CH

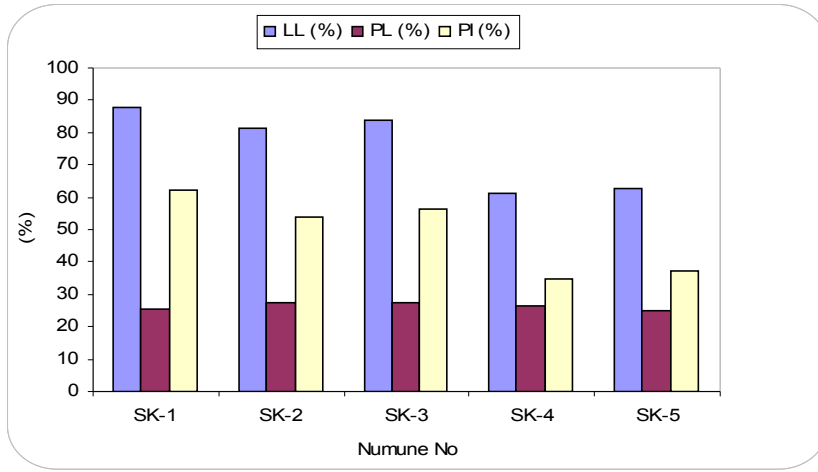
Çizelge 7.3. SK-1, 2, 3, 4, 5 dane çapı dağılımları

Dane Çapı	Değişim aralığı		Aritmetik ortalama
	En düşük	En yüksek	
Kil (%)	45,00	73,00	54,53
Silt (%)	25,30	40,85	35,15
Kum (%)	1,64	15,85	10,12
Çakıl (%)	0,00	0,59	0,20
Kolloid (<0,001) (%)	36,00	67,00	45,20
#200 geçen (%)	84,15	98,30	89,68

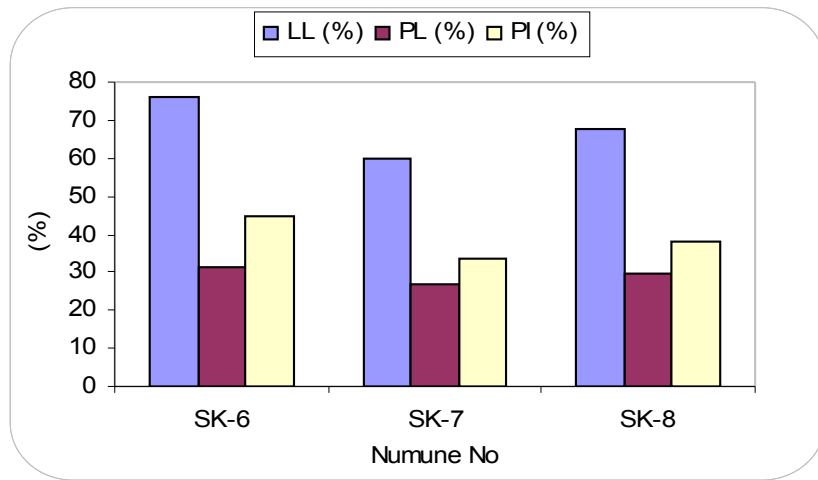
Çizelge 7.4. SK-6, 7, 8 dane çapı dağılımları

Dane Çapı	Değişim aralığı		Aritmetik ortalama
	En düşük	En yüksek	
Kil (%)	42,00	56,00	48,67
Silt (%)	25,09	41,33	34,96
Kum (%)	13,55	16,67	15,35
Çakıl (%)	0,00	3,09	1,03
Kolloid (<0,001) (%)	35,00	51,00	41,67
#200 geçen (%)	81,09	86,45	83,62

Zemin örneklerine ait Atterberg limitleri (LL, PL ve PI) deney sonuçları EK-3’de verilmiş olup, Şekil 7.1 ve Şekil 7.2’de grafiksel olarak gösterilmiştir. Çizelge 7.5 ve Çizelge 7.6’da ise Atterberg limitleri (LL, PL ve PI) ile Aktivite (A) değişim aralıkları ve aritmetik ortalama sonuçları verilmiştir.



Şekil 7.1. SK-1, 2, 3, 4, 5 Atterberg limitleri



Şekil 7.2. SK-6, 7, 8 Atterberg limitleri

Çizelge 7.5. SK-1, 2, 3, 4, 5 Atterberg limitleri ve aktivite değerleri değişimi

	Değişim aralığı		Aritmetik ortalama (%)
	En düşük (%)	En yüksek (%)	
LL	61,20	87,70	75,42
PL	25,20	27,60	26,44
PI	34,60	62,20	48,98
A	0,77	1,20	0,90

Çizelge 7.6. SK-6, 7, 8 Atterberg limitleri ve aktivite değerleri değişimi

Dane Çapı	Değişim aralığı		Aritmetik ortalama (%)
	En düşük (%)	En yüksek (%)	
LL	60,00	76,03	67,89
PL	26,58	31,19	29,20
PI	33,42	44,84	38,69
A	0,67	0,93	0,80

Skempton, killeri aktivite sayılarına göre, aktif olmayan ($A < 0,75$), normal aktif ($0,75 < A < 1,25$) ve aktif ($A > 1,25$) olmak üzere üç gruba ayırmayı önermiştir. Bu sınıflandırmada aktif killer en yüksek şişme potansiyeline sahiptirler [18]. Bu sınıflandırmaya göre, inceleme alanındaki killerin (SK-1, 2, 3, 4, 5) %100'ü normal aktif kil grubuna girmekte olup yüksek şişme potansiyeline sahiptirler (Çizelge 7.2). Bu çalışma kapsamında ele alınan diğer çalışmalarda [63, 64, 65] ise, SK-6, 7 killerinin normal aktif, SK-8 kilinin ise aktif olmayan killerden oluştuğu belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında inceleme yapılan SK-1, 2, 3, 4, 5 zemin örnekleri için nitel değerlendirmeye aşağıda ayrıntılı olarak yer verilmiş olup, deney sonuçları Çizelge 7.7'de verilmektedir. SK-6, 7, 8 sondaj noktalarına ait nitel değerlendirme sonuçları ise Çizelge 7.8'de toplu olarak verilmektedir.

Çizelge 4.1'de verilen Chen tarafından önerilen korelasyona göre inceleme alanındaki killerin ortalama değerleri olan; 200 nolu elekten geçen malzeme oranı %89,68, likit limit $LL = \%75,42$ alındığında, muhtemel şişmenin %3-%10 şişme basıncının 250–1000 kPa aralığında, şişme potansiyelinin “yüksek-çok yüksek” olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2'de verilen Chen tarafından önerilen korelasyona göre, inceleme alanındaki killerin ortalama plastisite indisi değeri $PI = \%49$ alındığında, şişme potansiyelinin “yüksek” olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.5’de verilen Holtz ve Gibbs tarafından önerilen korelasyona göre, inceleme alanındaki killerin ortalama değerleri olan; kolloid içeriği ($<0,001$ mm) %45,2, plastisite indisi $PI=49$ alındığında muhtemel şişmenin >30 , şişme derecesinin “çok yüksek” olduğu görülmektedir.

Şekil 4.2’de verilen Vijayvergiya ve Ghazzaly tarafından önerilen abağa göre, inceleme alanındaki killerin ortalama değerleri olan; likit limit $LL=75,4$, yerinde kuru birim hacim ağırlık $\gamma_d=1,48$ t/m³=14,8 kN/m³ [57], doğal su muhtevası $w_n=28$ alındığında, şişme potansiyelinin $=4,4$ olduğu görülmektedir.

Şekil 4.4’de verilen abağa göre inceleme alanındaki killerin ortalama değerleri olan $LL=75,4$, yerinde kuru birim hacim ağırlık $\gamma_d=1,48$ t/ m³ $\approx 14,8$ kN/ m³ alındığında, inceleme alanı killерinin “çok yüksek” oranda şişebilen zeminler sınıfına girdiği görülmektedir.

Şekil 4.5’de verilen abağa göre, inceleme alanındaki killerin ortalama değerleri olan $LL=75,4$, $PI=49$ alındığında inceleme alanı killерinin “yüksek” oranda şişebilen zeminler sınıfına girdiği görülmektedir.

Çizelge 4.6’da verilen korelasyona göre inceleme alanındaki killerin ortalama değerleri olan; $LL=75,4$, $PI=49$ alındığında, potansiyel şişmenin $>1,5$, şişme derecesinin “yüksek” olduğu görülmektedir.

Şekil 4.6’da verilen abağa göre inceleme alanındaki killerin ortalama değerleri olan, $PI=49$, kil içeriği ($<0,002$ mm) %54,5 alındığında, şişme potansiyelinin “çok yüksek” olduğu görülmektedir.

Şekil 4.7’de verilen abağa göre, inceleme alanındaki killerin ortalama değerleri olan aktivite $A=0,90$, kil içeriği ($<0,002$ mm) %54,5 alındığında, şişme potansiyelinin “yüksek” bölgesinin üst sınırında, “çok yüksek” bölgesine yakın olduğu görülmektedir.

7.2.1. İnceleme alanı killerin şişme potansiyelinin ampirik eşitlikler ile hesaplanması

Eş. 4.2’de verilen formülasyona göre, inceleme alanındaki killerin ortalama değerleri olan; $A=0,90$, kil içeriği ($<0,002$ mm) %54,5 alındığında, numunenin standart Proktor sıkılığında ve optimum su muhtevasında sıkıştırılması, 6,9 kPa sürşarj yükü altında şişmeye bırakılması durumu için şişme potansiyeli %26,32 ($S=3,6 \cdot 10^{-5} \cdot 0,90^{2,44} \cdot 54,5^{3,44}=26,32$) olarak hesaplanmaktadır.

Eş. 4.3’de verilen formülasyona göre, inceleme alanındaki killerin ortalama plastisite indisi değeri $PI=49$ alındığında, zeminin doğal olması durumu için şişme potansiyeli %28,71 ($S=3,6 \cdot 10^{-5} \cdot 60 \cdot 49^{2,44}=28,71$) olarak hesaplanmaktadır.

Eş. 4.4’de verilen formülasyon, inceleme alanındaki killerin ortalama değerleri olan; yerinde kuru birim hacim ağırlığın $\gamma_d=1,48$ t/m³≈14,8 kN/m³ [57], 15.7~17,2 kN/m³ aralığında, doğal su muhtevasının $w_n=$ %28 ‘in ise %15-20 aralığında olmayışı nedeniyle kullanılamamıştır.

Eş.4.5’de verilen formülasyona göre, inceleme alanındaki killerin ortalama likit limit değerleri $LL=$ %75,4 ve başlangıç su muhtevasının doğal su muhtevasına eşit olması durumu için $w_0=$ %28 alındığında, doğal zeminler için şişme yüzdesi %7,8 ($\log S=1/12 \cdot (0,44 \cdot 75,4 - 28 + 5,5) \rightarrow S=7,8$) olarak hesaplanmaktadır.

Eş. 4.6’da verilen formülasyona göre, inceleme alanındaki killerin ortalama değerleri olan; plastisite indisi $PI=$ %49, kil içeriği ($<0,002$ mm) %54,5, başlangıç su muhtevası $w_0=$ %10-30 (kabul) aralığında alındığında, zeminin sıkıştırılmış olması durumu için şişme yüzdesi %18,1~41,6 aralığından hesaplanmaktadır. ($S=2,29 \cdot 10^{-2} \cdot 49 \cdot 1,45 \cdot (54,5/10 \sim 30) + 6,38 \rightarrow S=18,1 - 41,6$)

7.2.2. Nitel değerlendirme sonuçları

Çizelge 7.7 ve Çizelge 7.8’den de görüleceği üzere inceleme alanını temsilen alınan 8 adet kil numunesi üzerinde gerçekleştirilen nitel sınıflama sonuçlarına göre,

%100'ü “yüksek ya da çok yüksek şişme potansiyeline” sahiptir. Dolayısıyla inceleme alanı killeri, şişme potansiyeli olan killerdir.

Çizelge 7.7. SK-1, 2, 3, 4, 5 örnekleri şişme potansiyeli

Araştırma Çukuru No	Zemin Sınıfı	İnceleme Alanı Kilinin Şişme Potansiyelinin Nitel Yöntemler ile Değerlendirilmesi Yöntemler										Genel Değerlendirme
		Çizelge 4.1	Çizelge 4.2	Çizelge 4.5	Şekil 4.4	Şekil 4.5	Çizelge 4.6	Şekil 4.6	Şekil 4.7	Eş. 4.2	Eş. 4.3	
SK-1	CH	Y-ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇY	ÇY	%62,2	%51,4	ÇY
SK-2	CH	Y-ÇY	Y	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇY	ÇY	%37,5	%36,4	ÇY
SK-3	CH	Y-ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇY	ÇY	%31,7	%40,9	ÇY
SK-4	CH	Y-ÇY	Y	Y-ÇY	Y	Y	Y	ÇY	Y	%9,3	%12,3	Y
SK-5	CH	Y-ÇY	Y	Y-ÇY	ÇY	Y	O-Y	ÇY	Y	%11,5	%15,0	Y
Ortalama indeks parametreleri kullanıldığında												
GENEL		Y-ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇY	ÇY	26,32	28,71	Y-ÇY

O: Orta, Y: Yüksek, ÇY: Çok yüksek

Çizelge 7.8. SK-6, 7, 8 örnekleri şişme potansiyeli

Araştırma Çukuru No	Zemin Sınıfı	İnceleme Alanı Kilinin Şişme Potansiyelinin Nitel Yöntemler ile Değerlendirilmesi Yöntemler										Genel Değerlendirme
		Çizelge 4.1	Çizelge 4.2	Çizelge 4.5	Şekil 4.4	Şekil 4.5	Çizelge 4.6	Şekil 4.6	Şekil 4.7	Eş. 4.2	Eş. 4.3	
SK-6	CH	Y-ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇY	Y	%18,5	%23,15	ÇY
SK-7	CH	Y-ÇY	Y-ÇY	Y-ÇY	Y	ÇY	O	ÇY	Y	%7,9	%11,30	Y-ÇY
SK-8	CH	Y	Y-ÇY	Y-ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇY	Y	%14,3	%15,28	Y-ÇY
Ortalama indeks parametreleri kullanıldığında												
GENEL	Y-ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	Y	ÇY	Y	%13,37	%16,15	Y-ÇY

O: Orta, Y: Yüksek, ÇY: Çok yüksek

7.3. İnceleme Alanı Killерinin Şişme Potansiyelinin Nicel (Doğrudan) Yöntemler ile Değerlendirilmesi

İnceleme alanından alınan zemin örneklerine ait şişme özellikleri, laboratuarda deneysel olarak (doğrudan) ölçülmüştür. Tüm deneyler Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Uygulamalı Jeoloji ve Kaya Mekaniği Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Laboratuarda her bir zemin örneği, doğal halde (katkısız) ve çeşitli oranlarda (%1, 3, 5, 7, 9) katkı ilave edilmiş olarak önce standart Proktor deneyine tabi tutularak, zemin örneklerinin maksimum Proktor sıkılığını sağlayacak optimum su içerikleri (w_{opt}) elde edilmiştir (EK-4). Proktor sıkılığında deney numuneleri hazırlanarak şişme deneyine hazır hale getirilmiştir. Şişme deneyi ASTM D 4546 standardı Metot A'ya uygun olarak yapılmıştır. Deneylerde, numuneler üzerinde 1 kPa başlangıç sürşarj yükü uygulanmış ve klasik konsolidasyon (ödometre) deney aygıtı kullanılmıştır.

Katkısız halde kilin şişme özelliklerinin tespiti için hazırlanan deney numuneleri, ödometre aygıtında suya doymun hale getirilerek şişmeye bırakılmıştır. Şişme sona erdiğinde, numunenin başlangıç yüksekliğine göre numune yüksekliğinde meydana gelen değişim miktarından, serbest şişme yüzdesi belirlenmiştir. Şişme tamamlandıktan sonra, numuneyi eski haline (boşluk oranı, yükseklik) getirecek basınç değeri [34] hesaplanarak, şişme basınçları elde edilmiştir. İnceleme alanı kil örneklerine ait ödometre deney sonuçları ve e-logp grafikleri EK-5'de verilmiştir. Şişme yüzdesi ve şişme basıncı değerleri ise Çizelge 7.9 ve Çizelge 7.10'da verilmektedir.

Çizelge 7.9. İnceleme alanı killere ait zemin sınıfı ve şişme parametreleri

Numune No	Zemin Sınıfı	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kPa)
SK-1	CH	4,90	111,65
SK-2	CH	6,00	84,17
SK-3	CH	4,80	105,76
SK-4	CH	4,20	95,78
SK-5	CH	5,70	108,36
Ortalama		5,12	101,14

Çizelge 7.10. SK-6, SK-7, SK-8 şişme potansiyeli

Numune No	Zemin Sınıfı	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kPa)
SK-6	CH	5,70	160,17
SK-7	CH	4,00	168,58
SK-8	CH	4,70	168,51
Ortalama		4,80	165,75

7.3.1. Nicel değerlendirme sonuçları

Deneysel yöntemler sonucunda, inceleme alanı yüksek plastisiteli kil “CH” sınıfına giren numunelerin şişme yüzdesi %4,20 – %6,00 aralığında, ortalama %5,12, şişme basınçları 84,17 – 111,65 kPa aralığında ortalama 101,14 kPa olarak bulunmuş olup, bu değer Çizelge 4.3’e göre hafif yapılarda “orta derecede hasar” oluşturabilecek bir değerdir.

8. İNCELEME ALANI ŞİŞME POTANSİYELİNE SAHİP KİLLERİN ŞİŞME ÖZELLİKLERİNİN KATKI MADDESİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

Problemli bir zemin üzerine yapılan herhangi bir yapı değişik oturmalar gösterebilir, düşük kayma gerilmelerine ve yüksek sıkışabilirliklere sahip olabilir. Genelde, temel yapısının tipi zeminin karakteristik özelliklerine bağlı olarak değişir. Özellikle şişme potansiyeline sahip killeri, su içeriğinde artış olması halinde, üzerindeki hafif yapılara önemli ölçüde şişme basıncı uygulayarak, hasarlara neden olabilmektedir. Ayrıca, plastik zeminlerin yeterli direnime sahip olmaması ve yüksek oranda sıkışabilir olması yapılarda çeşitli stabilite sorunlarına neden olmaktadır. Bu sorunların önüne geçebilmek için, özellikle plastik killerde hacim değiştirme kapasitesinin azaltılması ve zemine yeterli dayanım kazandırılmasını sağlamak üzere iyileştirme (stabilizasyon) yöntemleri uygulanmaktadır. Genel olarak, katkı malzemeleri ile karışım tekniği kullanılarak yapılan stabilizasyon, zemine kolay uyum sağlaması yönünden zemin durumunu iyileştirmek için büyük etkiye sahiptir.

Bu çalışmada yüksek şişme potansiyeline sahip CH killerden oluştuğu belirlenen Yenikent yerleşim alanı killerinin, belli oranlarda sönmüş kireç ve uçucu kül katkı malzemeleri katılarak, zemin şişme özelliklerinde ve kayma dayanımındaki iyileştirme etkisi incelenmiştir.

8.1. Kireç Katkısı İle İyileştirme

Kireç, yüksek plastisiteli ve kil içeriği yüksek olan kohezyonlu zeminler için iyi bir iyileştirme malzemesidir. Bunun nedeni, kil mineralleri ve kireç arasında meydana gelen reaksiyonlardır. Kilin silisyum ve alüminyum kaynağı olması nedeniyle, kireç ile puzolonik reaksiyona girerek bağlayıcı özelliği olan ürünler açığa çıkartmakta, böylece killi zeminde iyileşme meydana gelmektedir.

Kireç hammaddesinin doğada bol miktarda bulunması ucuz ve kolay tedarik edilen bir malzeme olması, çevreyi olumsuz etkilememesi gibi özellikleri, kireç katkı maddesinin seçiminde ana etkenlerdir. Genel olarak kireç katkısı zeminin dayanımını ve taşıma kapasitesini arttırmakta, taban suyu veya yüzeysel suların akışını ve yer

değiştirmesini azaltmakta, yüzeysel sularla ayrışmayı azaltarak daha iyi imalat ve sıkıştırma için uygun bir çalışma platformu sağlamaktadır.

İyileştirmede kullanılan kireç genellikle sönmüş yüksek kalsiyum kireci, monohidratlı dolomitik kireç, sönmemiş kalistik kireç veya sönmemiş dolomitik kireç olarak üretilmektedir. Kil su sistemine kireç katıldığı zaman divalent kalsiyum katyonları kil yüzeyinde adsorbe edilen katyonlarla yer değiştirmektedirler. Kalsiyumun su sistemindeki bir çok katyonla yer değiştireceği, yüksek yüklü katyonların daha düşüklerle ve aynı yüklü daha büyük katyonların daha küçüklerle yer değiştireceğini ifade eden izotropik dizilerle açıklanmaktadır [66].

Kirecin eklenmesine bağlı katyon değişimi yayılmış su tabakasının iyileştirilmesi ve bu tabakanın boyutundaki küçülme ile sonuçlanmaktadır. Kil tanecikleri su tabakasının boyutundaki küçülmeye bağlı olarak birbirlerine çok yaklaşımaya başladıkları zaman topaklaşma veya kenar-yüzey çekimi olayları meydana gelmektedir. Topaklanma kireç-zemin-su sistemindeki yüksek elektrolit konsantrasyonu ve yüksek pH ortamına bağlı olarak artmaktadır. Kenar-yüzey çekimi olayı kil taneciklerinin kenarındaki kopan bağların, komşu kil taneciklerinin yüzeyindeki zıt yüklerle etkileşimi sonucu ortaya çıkmaktadır. Katyon değişimi ve taneciklerin topaklanma/yığılmasının sonuçları:

1. Boyutta önemli oranda küçülme ve absorbe edilmiş su tabakasının iyileştirilmesi,
2. Yığılmış tanecikler arasında içsel sürtünme ve daha büyük kayma direnci,
3. Plastik kilden kuma benzer non plastik bir yapıya doğru değişimden kaynaklanan çok daha iyi işlenebilirlik.

Laboratuar çalışmaları, topaklanma/yığılma sonucu oluşan katyon değişimine bağlı olarak ortaya çıkan yapı ve özellik değişimlerini açıkça ortaya koymaktadır. Bugüne kadar yapılan bir çok çalışmada, düşük yüzdedeki kirecin bile bazı killerin plastisite indisi ve şişme potansiyelini düşürmedeki yeteneği açıkça görülmektedir [66].

Çalışma kapsamında TS EN 459-1 standardına uygun sönmüş kireç kullanılmış olup, kireç özellikleri Çizelge 8.1’de verilmiştir.

Çizelge 8.1. Çalışma kapsamında kullanılan sönmüş kirecin özellikleri

Kimyasal bileşim	(%)
CO ₂	≤ 7 %
CaO+MgO	≥ 80 %
SO ₃	≤ 2 %
MgO	≤ 10 %
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ +SO ₃	≤ 5 %

8.1.1. Yapılan deneyler ve uygulanan yöntem

Etüvde kurutulan zemin numunelerine, kuru halde ağırlıkça değişik oranlarda (%1, 3, 5, 7, 9) sönmüş toz kireç katıldıktan sonra, homojen karışım elde edilecek şekilde karıştırılarak karışımlar hazırlanmıştır. (Örnek: %5 kireç katkılı deney numunesi hazırlamak için, 100 g kuru ağırlıkta kil zemin için, ağırlıkça 5 g sönmüş toz kireç ilave etmek gerekmektedir.) Proktor deneyi öncesinde, sönmüş toz kireç ve etüvde kurutulmuş kil karışımına, su eklenmiş ve 1 günlük bekleme süresinden sonra deneylere başlanmıştır. Maksimum Proktor sıkılığını sağlayacak maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su muhtevası değerlerini belirlemek üzere, her bir deney numunesi üzerinde, TS 1900-1 standardına [67] uygun olarak katkısız ve katkılı olarak standart Proktor deneyleri yapılmıştır.

Katkısız ve kireç katkılı standart Proktor deney sonuçları Çizelge 8.2’de toplu olarak verilmiş olup, her bir deney numunesine ait γ_d -w (kuru birim hacim ağırlık-su muhtevası) grafikleri ise EK-4’de verilmiştir.

Standart Proktor deney sonuçları, karışımda artan kireç yüzdesi ile maksimum kuru birim hacim ağırlığında azalmayı, optimum su muhtevasında ise artışı göstermektedir.

Çizelge 8.2. Standart Proktor Deney Sonuçları

Numune No	Zemin Sınıfı	Kireç %0		Kireç %1		Kireç %3		Kireç %5		Kireç %7		Kireç %9	
		W _{opt} (%)	γ_d (t/m ³)	W _{opt} (%)	γ_d (t/m ³)	W _{opt} (%)	γ_d (t/m ³)	W _{opt} (%)	γ_d (t/m ³)	W _{opt} (%)	γ_d (t/m ³)	W _{opt} (%)	γ_d (t/m ³)
SK-1	CH	35,88	1,293	36,03	1,283	36,15	1,275	37,31	1,259	39,11	1,242	40,08	1,226
SK-2	CH	32,31	1,376	32,37	1,374	33,55	1,340	35,84	1,314	36,37	1,289	38,50	1,254
SK-3	CH	30,84	1,377	31,84	1,356	31,14	1,332	35,25	1,286	37,38	1,263	40,61	1,191
SK-4	CH	31,87	1,329	33,04	1,322	32,78	1,317	32,17	1,285	35,53	1,265	36,92	1,233
SK-5	CH	31,87	1,402	30,61	1,392	32,21	1,388	31,08	1,361	33,70	1,338	34,17	1,302
Ortalama		32,55	1,355	32,78	1,345	33,17	1,330	34,33	1,301	36,42	1,279	38,06	1,241

Şişme parametrelerinin belirlenmesi için yapılan şişme deneyleri, tek boyutlu ödometre şartlarında yapılmıştır [34]. Katkısız ve değişik oranlarda kireç katkılı kil örnekleri, 24 saatlik bekleme süresinden sonra standart Proktor deneyindeki optimum su içeriğinde sıkıştırılmıştır. Tüm numuneler üzerinde sadece üst poroz blok ve yükleme başlığının oluşturduğu 1 kPa başlangıç sürşarj yükü uygulanmış ve klasik ödometre deney aleti yardımıyla şişme deneyleri yapılmıştır.

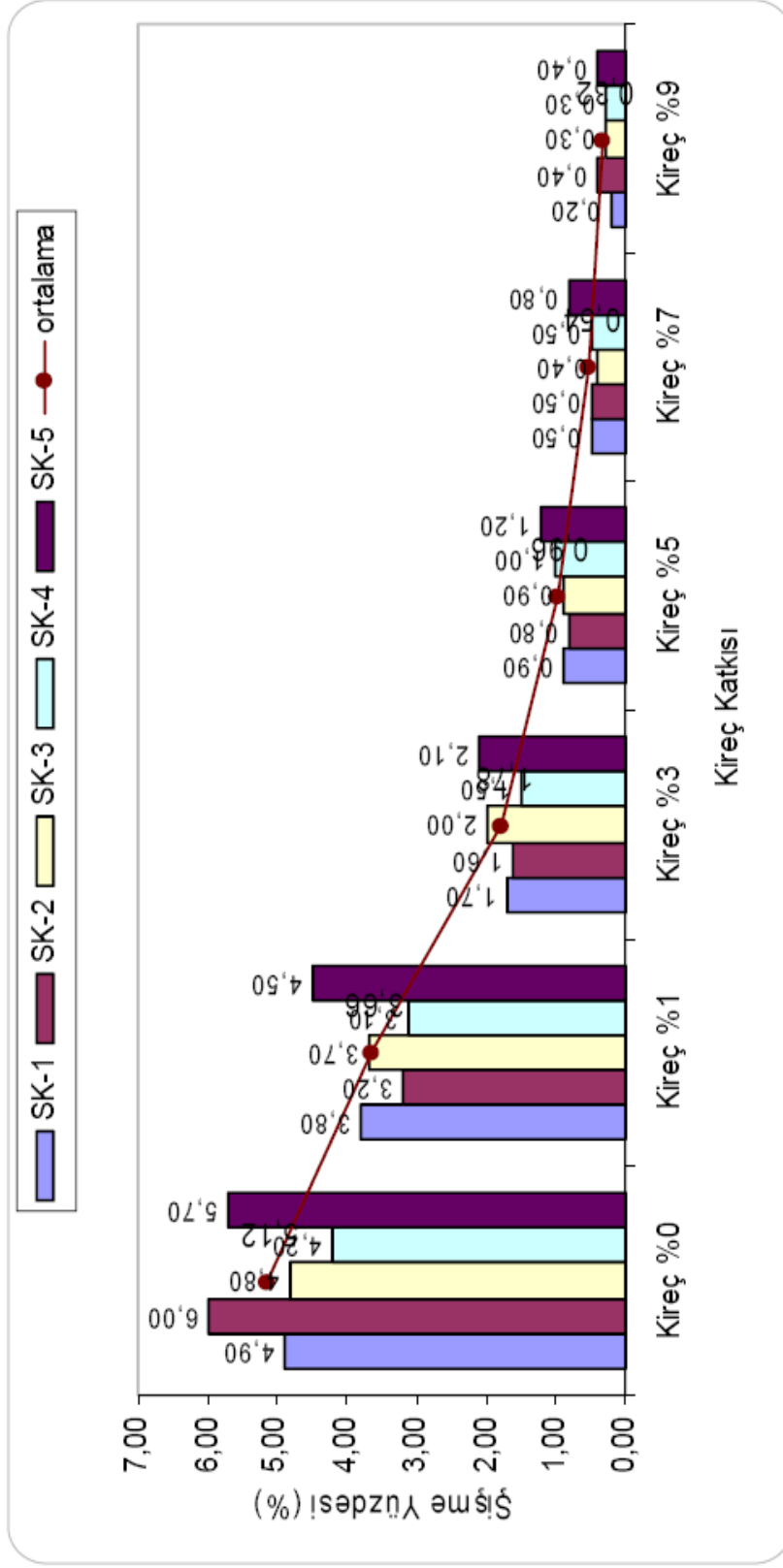
Ödometre deney sonuçları ve e-logp grafikleri EK-5’de verilmiştir. Şişme deneyinden elde edilen şişme potansiyeli değerleri, ve killi zemin örneklerindeki iyileştirme etkisi Çizelge 8.3 ve Çizelge 8.4 özetlenmiş olup, Şekil 8.1, Şekil 8.2, Şekil 8.3 ve Şekil 8.4’te grafiksel olarak gösterilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde, tüm deney numuneleri için, %5 kireç yüzdesinden itibaren şişme yüzdesinin ve şişme basıncının önemli ölçüde azalmaya başladığı görülmektedir.

Çizelge 8.3. SK-1, 2, 3, 4, 5 zemin örneklerinde farklı kireç yüzdeleri için şişme yüzdesi ve şişme basıncı değerleri

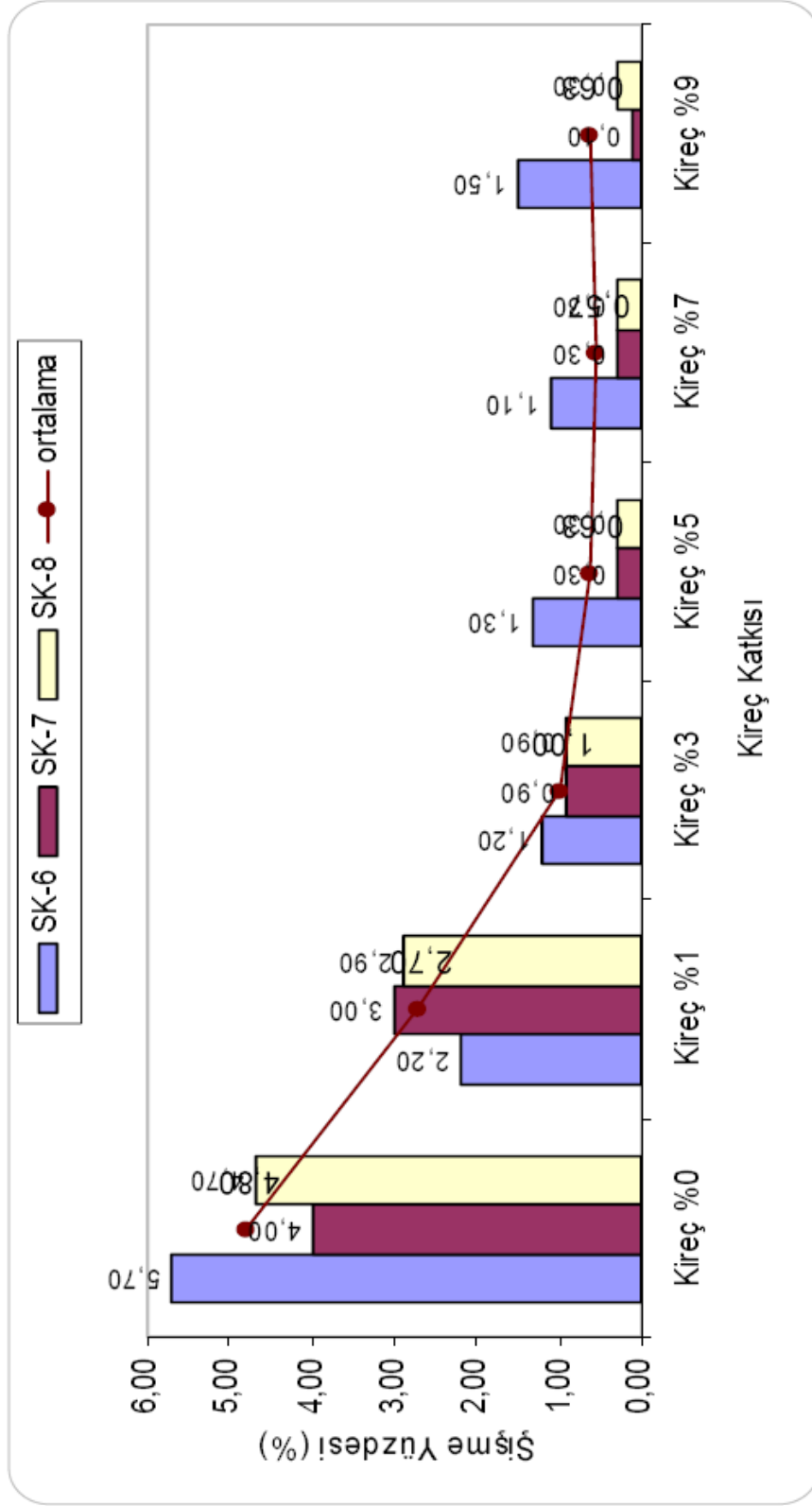
Numune No	Zemin Sınıfı	Kireç %0		Kireç %1		Kireç %3		Kireç %5		Kireç %7		Kireç %9	
		Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)
SK-1	CH	4,90	111,65	3,80	96,48	1,70	85,94	0,90	76,47	0,50	47,22	0,20	54,55
SK-2	CH	6,00	84,17	3,20	75,05	1,60	43,06	0,80	26,92	0,50	12,05	0,40	11,89
SK-3	CH	4,80	105,76	3,70	94,69	2,00	58,75	0,90	35,42	0,40	17,34	0,30	19,47
SK-4	CH	4,20	95,78	3,10	82,76	1,50	40,00	1,00	51,09	0,50	66,67	0,30	21,89
SK-5	CH	5,70	108,36	4,50	97,85	2,10	82,69	1,20	45,00	0,80	35,42	0,40	17,34
Ortalama		5,12	101,14	3,66	89,37	1,78	62,09	0,96	46,98	0,54	35,74	0,32	25,03

Çizelge 8.4. SK-6, 7, 8 zemin örneklerinde farklı kireç yüzdeleri için şişme yüzdesi ve şişme basıncı değerleri

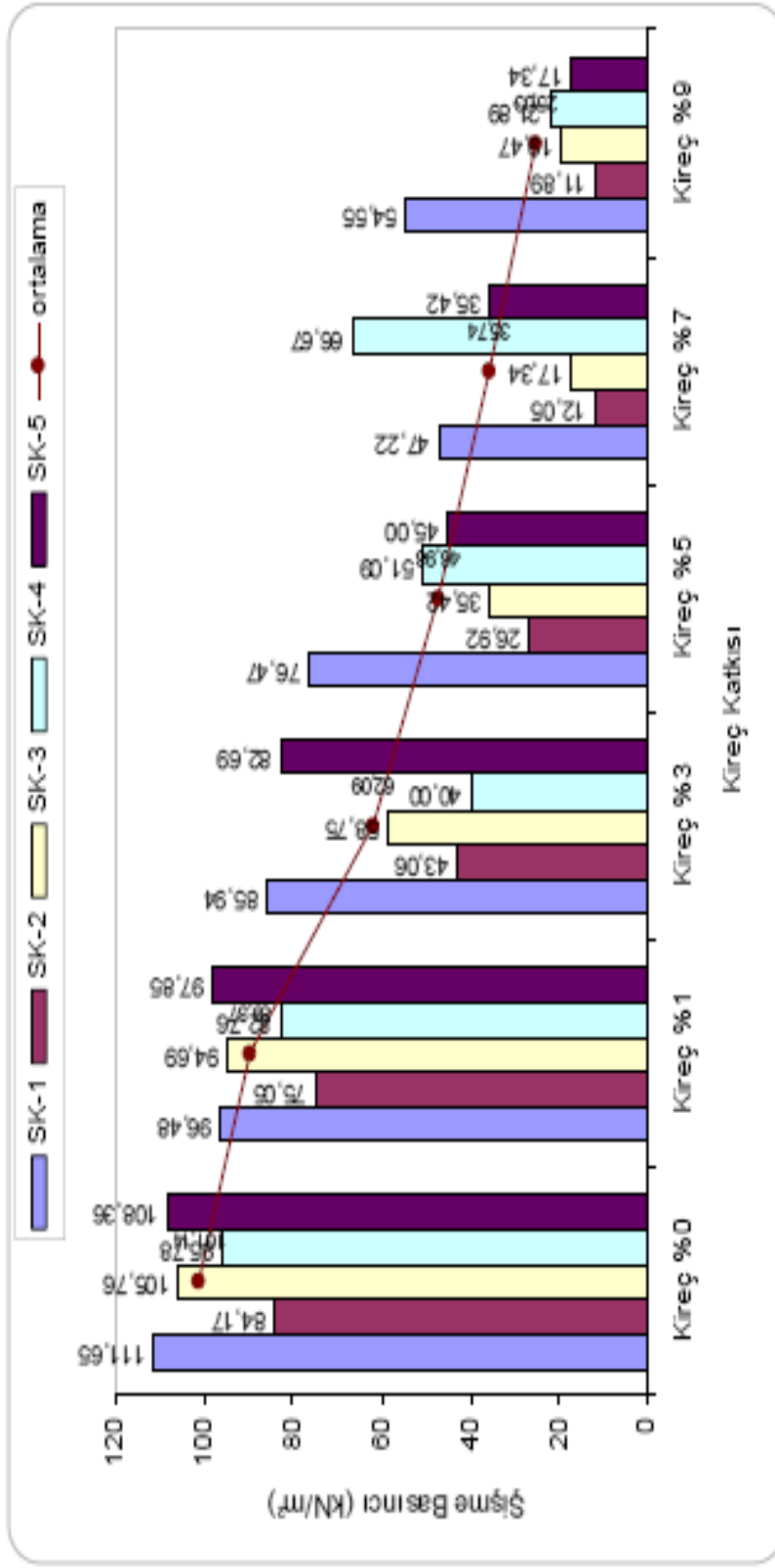
Numune No	Zemin Sınıfı	Kireç %0		Kireç %1		Kireç %3		Kireç %5		Kireç %7		Kireç %9	
		Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)
SK-6	CH	5,70	160,17	2,20	155,03	1,20	50,00	1,30	39,98	1,10	31,95	1,50	41,96
SK-7	CH	4,00	168,58	3,00	157,53	0,90	45,98	0,30	44,70	0,30	45,19	0,10	6,97
SK-8	CH	4,70	168,51	2,90	155,40	0,90	48,51	0,30	42,65	0,30	41,18	0,30	17,92
Ortalama		4,80	165,75	2,70	155,99	1,00	48,16	0,63	42,44	0,57	39,44	0,63	22,28



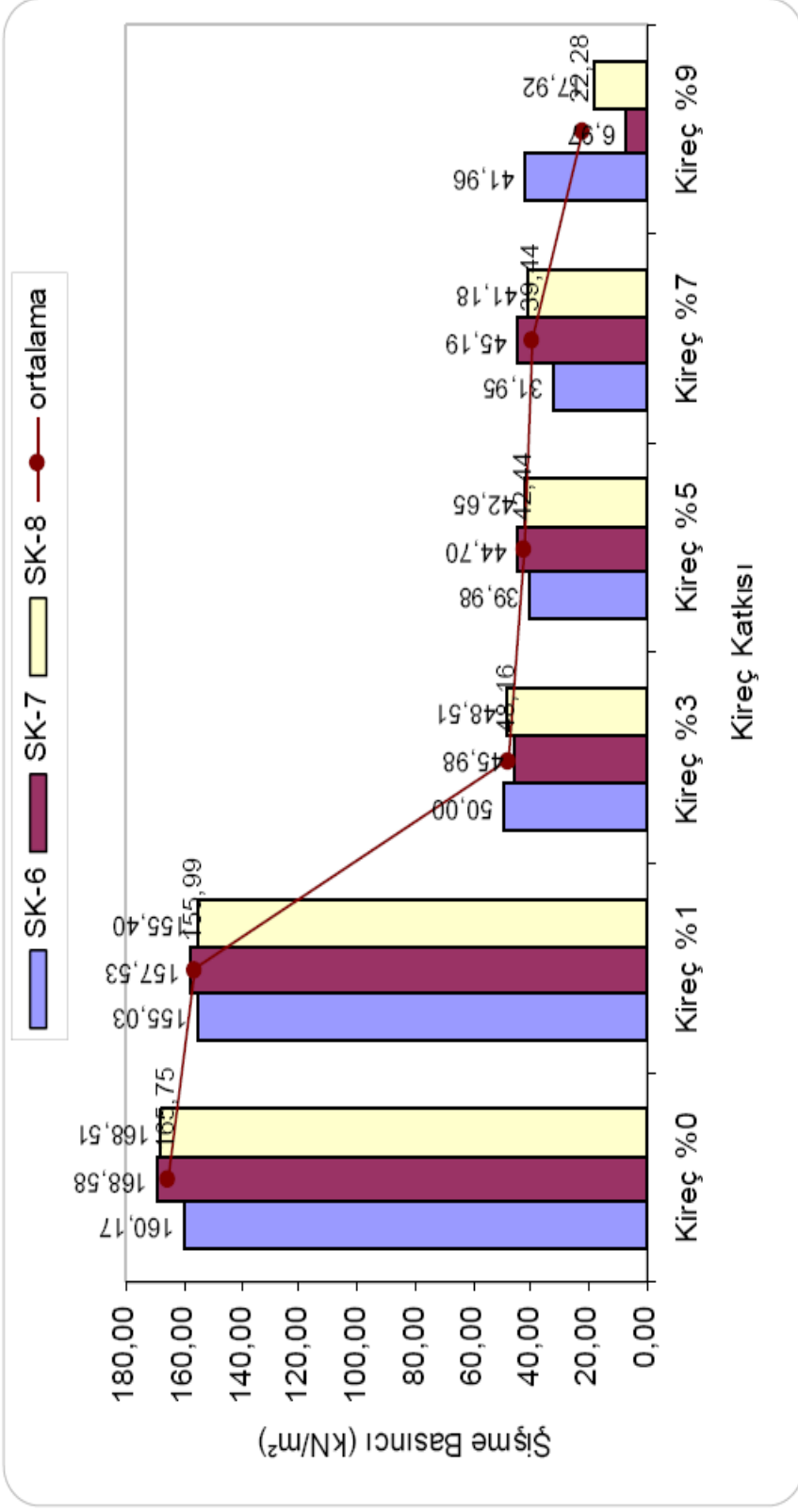
Şekil 8.1. SK-1, 2, 3, 4, 5 örneklerinde kireç katkısının şişme yüzdesine etkisi



Şekil 8.2. SK-6, 7, 8 örneklerinde kireç katkısının şişme yüzdesine etkisi



Şekil 8.3. SK-1, 2, 3, 4, 5 örneklerinde kireç katkısının şişme basıncına etkisi



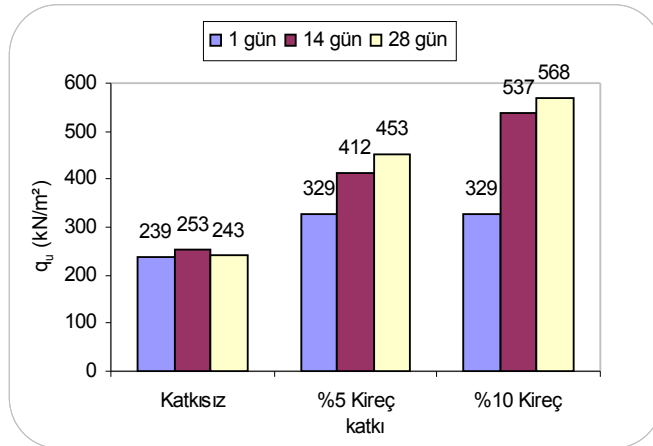
Şekil 8.4. SK-6, 7, 8 örneklerinde kireç katkısının şişme basıncına etkisi

İnceleme alanı zeminlerde katkı malzemesi etkisinin incelendiği diğer bir parametre killerin kayma dayanımı özelliğidir. Bunun için kil örnekleri katkısız, %5 ve %10 kireç katkılı olarak optimum su içeriğinde Proktor sıkılığına getirilerek, deney numuneleri hazırlanmış ve su içeriklerinin korunması amacıyla desikatörde rutubetli bir ortamda saklanarak kür edilmiştir. Hazırlanan örneklerle, 1, 14, 28 günlük kür sürelerinden sonra serbest basınç deneyi uygulanmıştır.

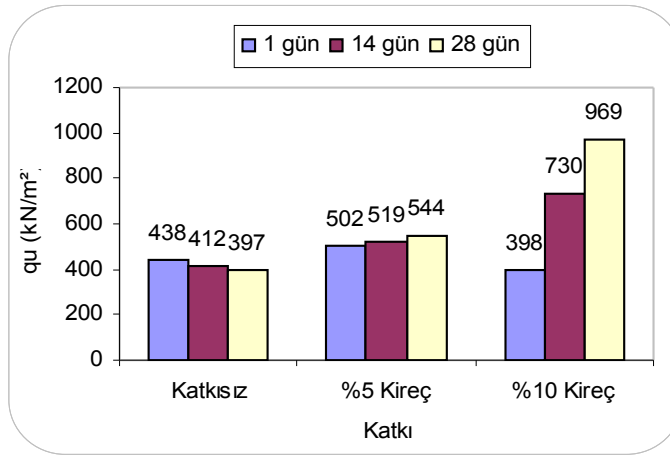
Serbest basınç dayanımı sonuçları, Çizelge 8.5’de toplu olarak verilmiş olup, her bir deney numunesi için, 1, 14 ve 28 günlük sürelerde, kireç katkısının serbest basınç dayanımı üzerindeki etkisi Şekil 8.5, Şekil 8.6, Şekil 8.7, Şekil 8.8, Şekil 8.9’da gösterilmektedir.

Çizelge 8.5. İnceleme alanı killerde kireç katkısının serbest basınç dayanımına etkisi

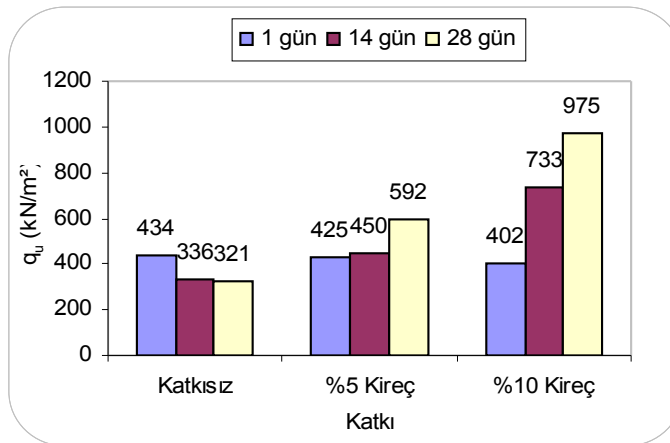
Numune No	Zemin Sınıfı	Doğal kil (Kireç %0)			Kireç %5			Kireç %10		
		q_u (kPa)			q_u (kPa)			q_u (kPa)		
		1 gün	14 gün	28 gün	1 gün	14 gün	28 gün	1 gün	14 gün	28 gün
SK-1	CH	239	253	243	329	412	453	329	537	568
SK-2	CH	438	412	397	502	519	544	398	730	969
SK-3	CH	434	336	321	425	450	592	402	733	975
SK-4	CH	353	325	318	347	549	667	419	808	898
SK-5	CH	396	305	293	387	409	538	416	757	1008



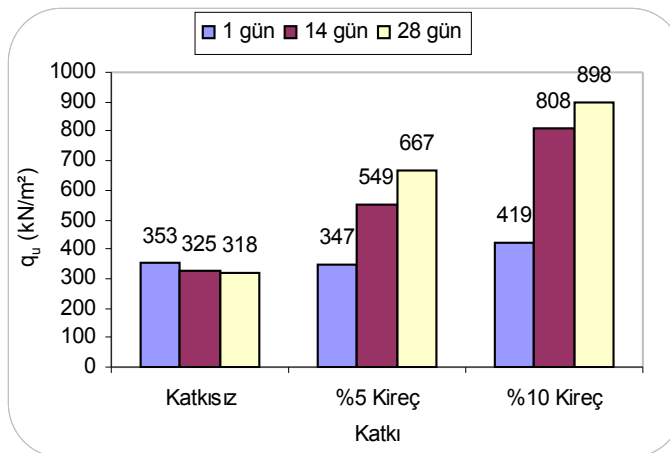
Şekil 8.5. SK-1 numunesi için kireç katkısının serbest basınç dayanımına etkisi



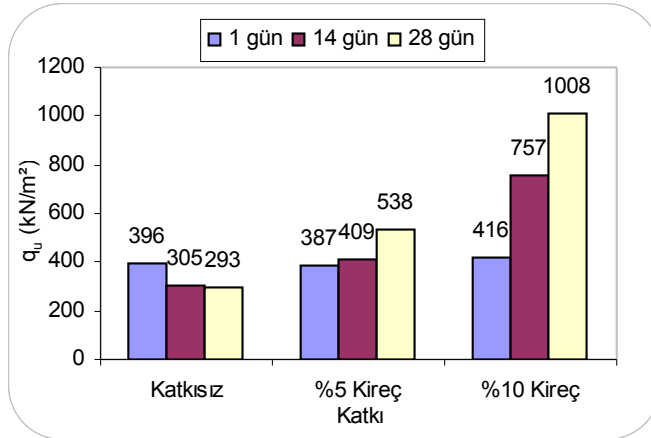
Şekil 8.6. SK-2 numunesi için kireç katkısının serbest basınç dayanımına etkisi



Şekil 8.7. SK-3 numunesi için kireç katkısının serbest basınç dayanımına etkisi



Şekil 8.8. SK-4 numunesi için kireç katkısının serbest basınç dayanımına etkisi



Şekil 8.9. SK-5 numunesi için kireç katkısının serbest basınç dayanımına etkisi

8.2. Uçucu kül İle İyileştirme

Termik Santrallerinde büyük boyutlarda atık malzemesi olarak ortaya çıkan uçucu külün, atık malzeme olarak depolamak yerine yan ürün olarak değerlendirilmesi için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Uçucu külün özelliklerinin, zemin iyileştirme malzemesi olarak kullanımına uygun olması ile nitelikleri yetersiz zeminin ekonomik olarak iyileştirmede kullanılması ve diğer kullanım alanları belirlenerek kullanımın artırılması depolanma ile oluşan çevre kirliliğini azaltmanın yanında farklı mühendislik uygulamalarına ekonomik faydalar sağlayacaktır.

ASTM C 618-01'e göre uçucu kül kimyasal içeriklerine göre C ve F sınıfı olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Her iki gruba da girmeyen üçüncü bir tür sınıflandırılmayan uçucu kül çeşidi de bulunmaktadır. F tipi uçucu kül, bitümlü kömürün yanması ile elde edilir ve çok düşük miktarda kireç (CaO) içermektedir. Bu tür uçucu kül silis ve alüminyum içerdiğinden, çimentolaşma özelliği çok azdır. Ancak normal ısı derecesinde, nemin etkisi ve muhtemel kireç ile reaksiyona girdiğinde, çimentolaşma meydana gelmektedir. C tipi uçucu kül ise linyit veya kömürün yanması ile elde edilir ve belirli oranda kireç içermektedir. C tipi uçucu kül kireç içerdiği için reaksiyon hemen meydana gelmektedir buna karşın F tipi uçucu külde ise kireç çok daha az olduğu için reaksiyonu başlatabilmek için dışarıdan ortama kireç ilave edilmesi şarttır [68].

Uçucu küller kireç ve su ile karıştırıldığında belirli bir süre sonunda sertleşme ve dayanım kazanır. Uçucu küllerde puzolanik özelliğin esaslı olan bu dayanım kazanma özelliği oldukça yavaş olarak ortaya çıkar. Artan süreyle birlikte uçucu küllerin dayanımı artar. Uçucu küller çoğunlukla kendi başlarına bağlayıcı özelliği olmayan ancak sulu ortamda kireçle birleştirildiklerinde bağlayıcılık özelliği kazanan puzolanik malzemelerdir. Kireç ve su ile karıştırıldıktan sonra artan süre ile birlikte uçucu küllerin puzolanik özellikleri artmaktadır. Ayrıca CaO miktarı yüksek uçucu küller daha iyi puzolanik özellik göstermektedir. Oda sıcaklığında kül-kireç-kumdan oluşan harç numuneleri belirli bir süre sonunda mekanik dayanım kazanmaya başlarlar. Harçlar en yüksek mukavemetlerine 5-6 yıl sonunda ulaşmaktadır. Uçucu küldeki puzolanik etki külün bileşimine ve inceliğine bağlı olarak değişmektedir. Puzolanik özelliği etkileyen faktörler şöyle sıralanabilir [69].

- a) Uçucu kül içerisindeki SiO_2 ve Al_2O_3 miktarının artması ve bu bileşiklerin amorf yapıda olması puzolanik etkiyi artırır.
- b) Kül içinde bulunan CaO, SO_3 ve alkali oksitlerin, puzolanik özelliği ne şekilde etkilediği tam olarak bilinmemektedir.
- c) Külde yanmamış karbon miktarının artması puzolanik özelliğin azalmasına neden olur. Uçucu küldeki karbon boşluklu bir yapıya sahiptir. Dayanımı düşüktür ve karışım su ihtiyacını artırır.
- d) Uçucu küllerin puzolanik özelliği ve mekanik dayanım incelikle birlikte artmaktadır [69].

Çalışma kapsamında Çayırhan Termik Santraline ait C tipi uçucu kül kullanılmış olup, literatürde bulunan 2 ayrı Çayırhan uçucu külü özellikleri Çizelge 8.6'da verilmiştir.

Çizelge 8.6. Çayırhan uçucu külü özellikleri [70, 71]

Kimyasal Bileşim	(%) [70]	(%) [71]
SiO ₂	50,2	50,98
Al ₂ O ₃	12,7	13,11
Fe ₂ O ₃	9,00	9,74
CaO	12,53	11,82
MgO	4,33	3,91
Na ₂ O	2,75	1,71
K ₂ O	2,50	1,91
SO ₃	0,39	3,94
Fiziksel Özellikler		
Özgül ağırlık (g/cm ³)	2,04	2,36
İncelik (blaine) (cm ² /g)	2120	2272

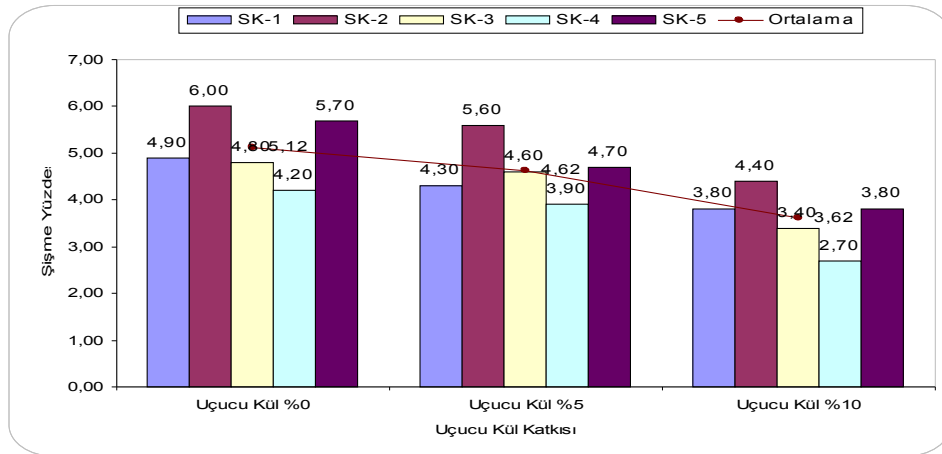
8.2.1. Yapılan deneyler ve uygulanan yöntem

Katkısız, %5 ve %10 oranlarında uçucu kül katkılı zemin örnekleri Proktor sıkılığına getirilerek, şişme özellikleri ve serbest basınç dayanımındaki (q_u) değişim incelenmiştir. Şişme deneyleri ASTM D 4546 Metot A'ya göre, klasik ödometre deneyinden yararlanılarak yapılmıştır.

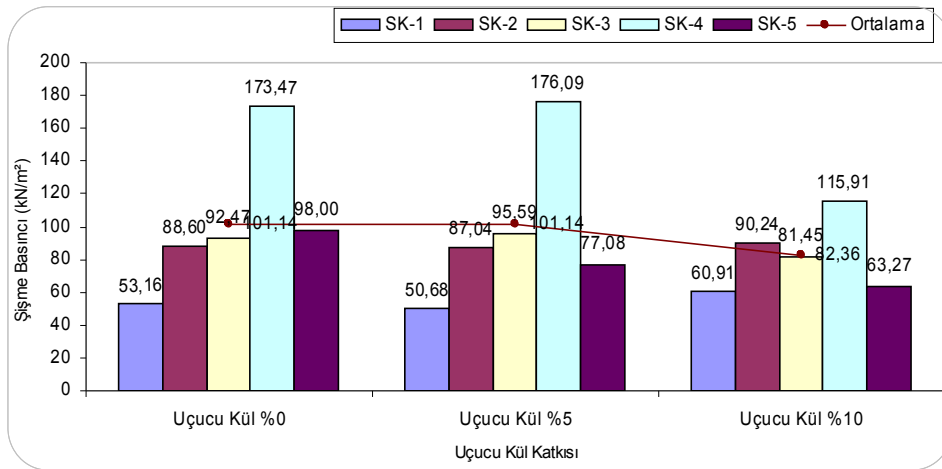
Uçucu külle yapılan şişme deneyi sonuçları, Çizelge 8.7, Şekil 8.10 ve Şekil 8.11'de verilmektedir. Elde edilen deney sonuçları, deney yapılan katkı oranlarında uçucu külün kireç katkısının tersine şişme potansiyeli üzerinde çok az iyileştirme yaptığını göstermiştir.

Çizelge 8.7. Uçucu kül katkılı şişme deneyi sonuçları

NoNumune	Zemin Sınıfı	Uçucu kül %0		Uçucu kül %5		Uçucu kül %10	
		Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı (kN/m ²)
SK-1	CH	4,90	111,65	4,30	50,68	3,80	60,91
SK-2	CH	6,00	84,17	5,60	87,04	4,40	90,24
SK-3	CH	4,80	105,76	4,60	95,59	3,40	81,45
SK-4	CH	4,20	95,78	3,90	176,09	2,70	115,91
SK-5	CH	5,70	108,36	4,70	77,08	3,80	63,27
Ortalama		5,12	101,14	4,62	97,30	3,62	82,36



Şekil 8.10. Uçucu kül katkılı kilde şişme yüzdesi değişimi



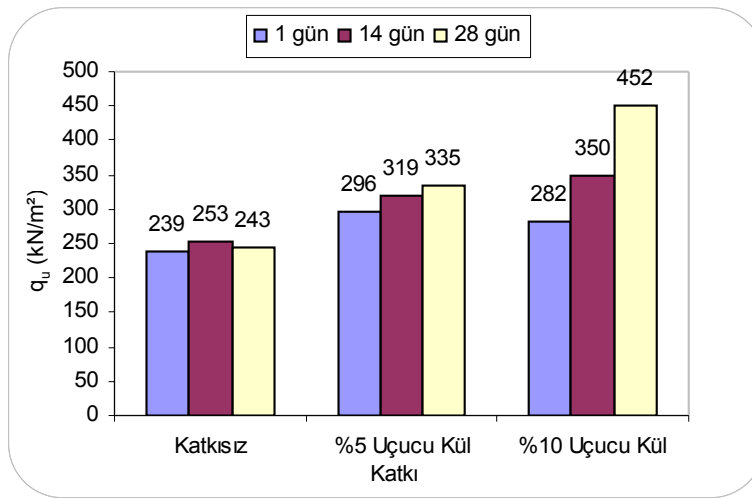
Şekil 8.11. Uçucu kül katkılı kilde şişme basıncı değişimi

Uçucu külün, zeminin dayanımına etkisini incelemek üzere, hazırlanan zemin örnekleri 1, 14, 28 günlük sürelerde desikatörde rutubetli bir ortamda saklanarak kür edildikten sonra, serbest basınç deneyine tabi tutulmuştur.

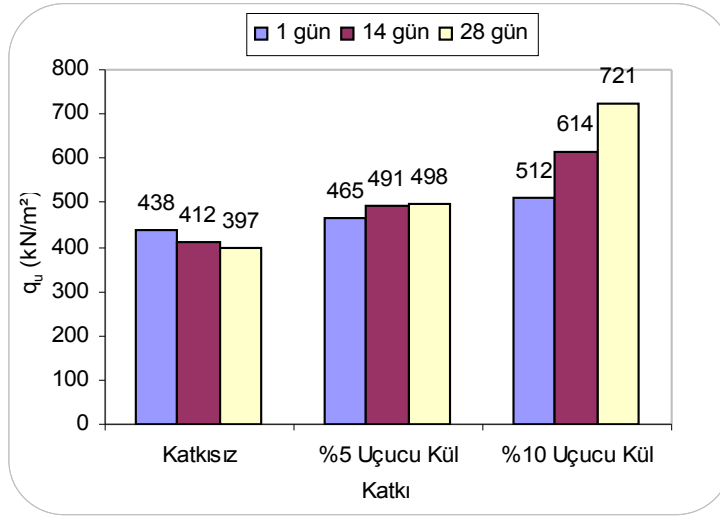
Serbest basınç dayanımı sonuçları, Çizelge 8.8’de toplu olarak verilmiş olup, her bir deney numunesi için uçucu kül katkısının 1, 14, 28 günlük sürelerde iyileştirme etkisi Şekil 8.12, Şekil 8.13, Şekil 8.14, Şekil 8.15 ve Şekil 8.16’da gösterilmektedir.

Çizelge 8.8. İnceleme alanı killerde uçucu kül katkısının serbest basınç dayanımına etkisi

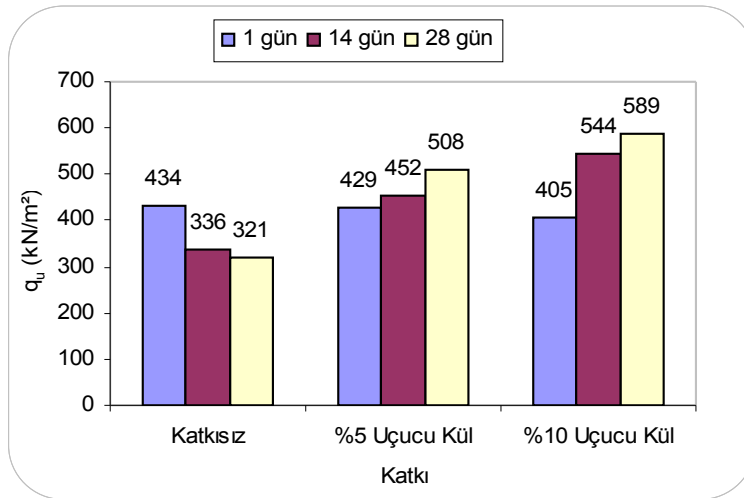
Numune No	Zemin Sınıfı	Doğal kil (katkısız)			Uçucu kül %5			Uçucu kül %10		
		q_u (kPa)			q_u (kPa)			q_u (kPa)		
		1 gün	14 gün	28 gün	1 gün	14 gün	28 gün	1 gün	14 gün	28 gün
SK-1	CH	239	253	243	296	319	335	282	350	452
SK-2	CH	438	412	397	465	491	498	512	614	721
SK-3	CH	434	336	321	429	452	508	405	544	589
SK-4	CH	353	325	318	445	465	477	332	509	564
SK-5	CH	396	305	293	337	355	399	375	498	562



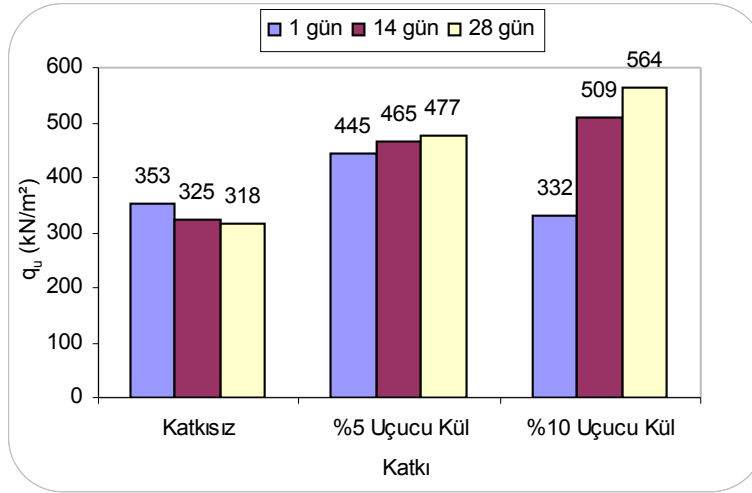
Şekil 8.12. SK-1 numunesi için uçucu külün serbest basınç dayanımına etkisi



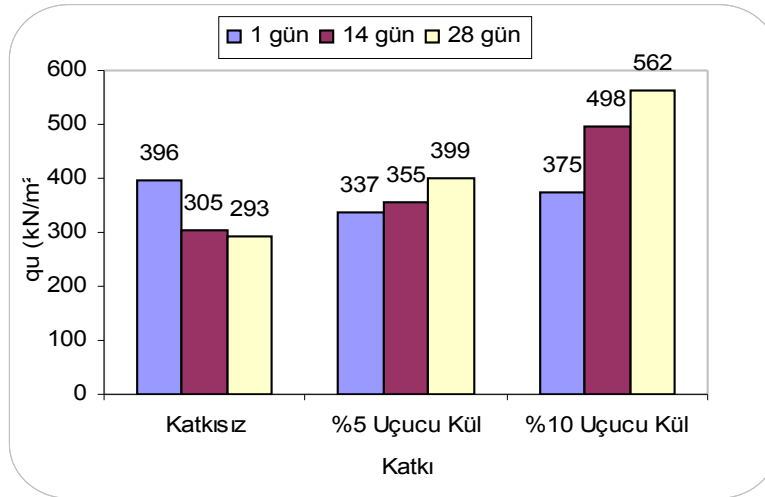
Şekil 8.13. SK-2 numunesi için uçucu külün serbest basınç dayanımına etkisi



Şekil 8.14. SK-3 numunesi için uçucu külün serbest basınç dayanımına etkisi

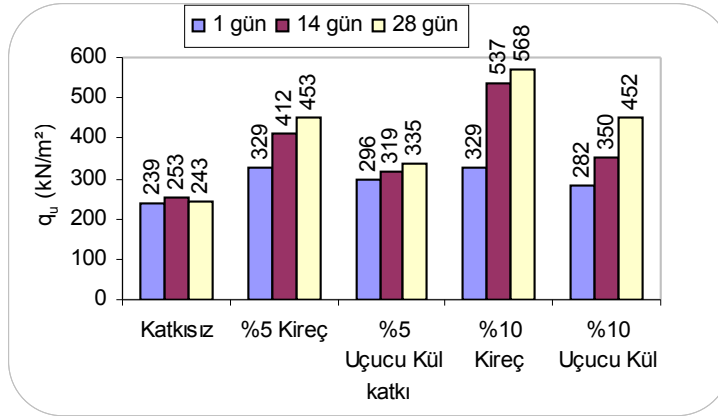


Şekil 8.15. SK-4 numunesi için uçucu külün serbest basınç dayanımına etkisi

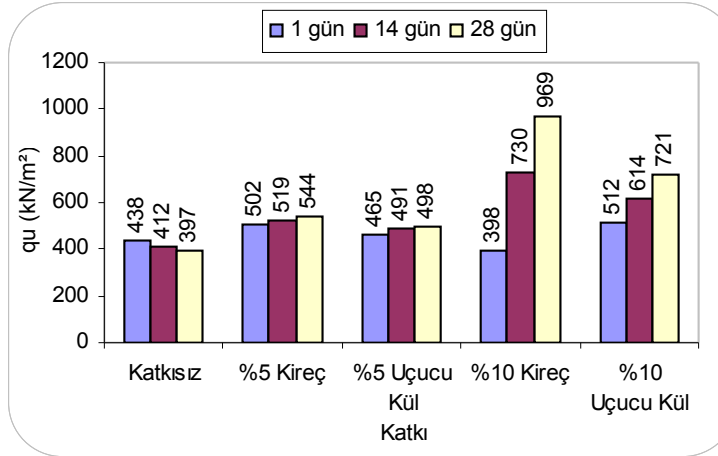


Şekil 8.16. SK-5 numunesi için uçucu külün serbest basınç dayanımına etkisi

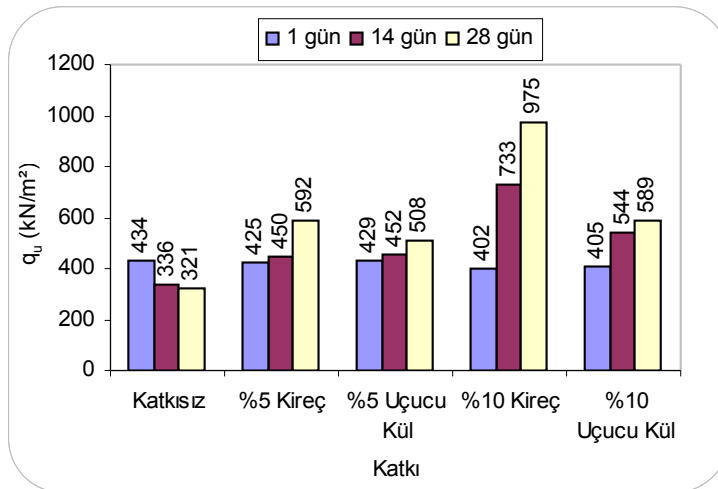
Aynı katkı oranlarında (%5 ve %10) kireç ve uçucu kül katkılarının serbest basınç dayanımlarına etkisi Şekil 8.17, Şekil 8.18, Şekil 8.19, Şekil 8.20, Şekil 8.21’de karşılaştırılmaktadır.



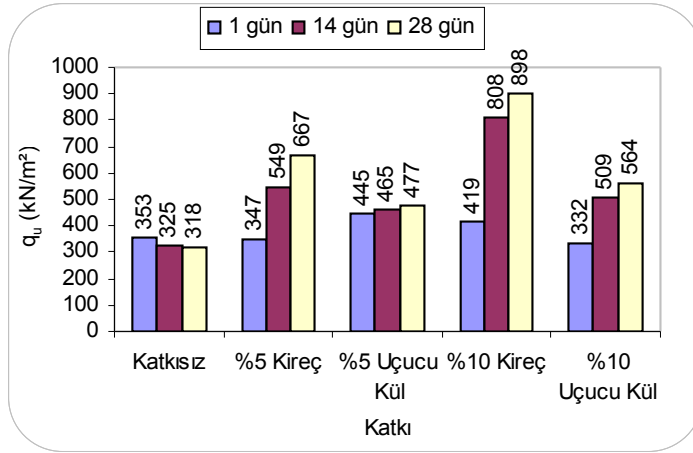
Şekil 8.17. SK-1 numunesi kireç ve uçucu kül katkılı serbest basınç dayanımları



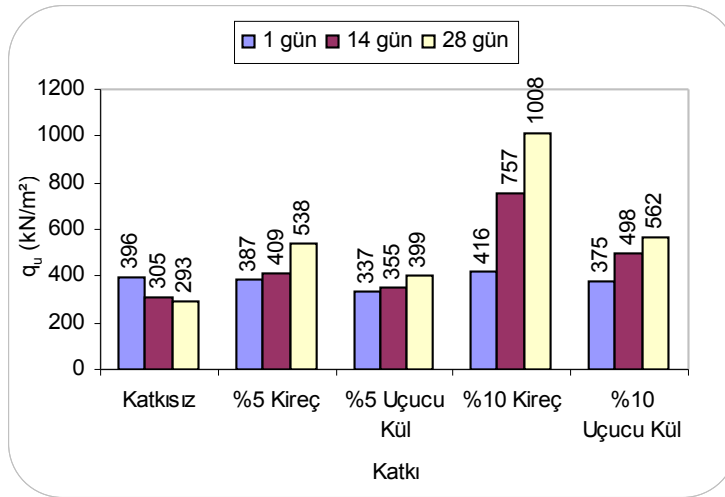
Şekil 8.18. SK-2 numunesi kireç ve uçucu kül katkılı serbest basınç dayanımları



Şekil 8.19. SK-3 numunesi kireç ve uçucu kül katkılı serbest basınç dayanımları



Şekil 8.20. SK-4 numunesi kireç ve uçucu kül katkılı serbest basınç dayanımları



Şekil 8.21. SK-5 numunesi kireç ve uçucu kül katkılı serbest basınç dayanımları

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, hızlı kentleşme içinde olan Ankara Sincan ilçesine bağlı Yenikent mahallesi yerleşim alanı kil zeminlerin şişme potansiyelleri değerlendirilmiş ve kireç ve uçucu kül katkıları kullanılarak şişme ve dayanım özelliklerinde zemin iyileştirme etkileri incelenmiştir.

Yenikent bölge zeminini temsilen 5 ayrı lokasyondan alınan zemin örnekleri üzerinde TS 1900-1'e göre çeşitli laboratuvar deneyleri yapılarak mühendislik özellikleri belirlenmiş ve sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonucunda 3 farklı noktada yapılan zemin araştırmalarıyla birlikte, bölgede zeminin yaygın olarak yüksek plastisiteli CH killerden oluştuğu tespit edilmiştir. Bu tür kil oranı yüksek plastik zeminlerde su içeriğinde değişime bağlı olarak meydana gelen hacimsel değişimler yapı yükü tarafından engellendiğinde, hafif yapılarda zemin tarafından uygulanacak şişme basıncı nedeniyle yapısal hasarların oluştuğu bilinmektedir.

Yenikent kil zeminlerin şişme potansiyeli, nitel ve nicel yöntemler kullanılarak değerlendirilmiştir. Nitel ve nicel değerlendirme sonuçları, inceleme alanı Yenikent kil zeminlerinin yüksek şişme potansiyeline sahip killerden oluştuğunu göstermiştir.

Gerçek fiziksel ölçümlere dayalı olması nedeniyle, zeminlerin şişme potansiyelinin belirlenmesinde daha uygun bulunan nicel yöntemlerin yanında, ampirik yaklaşımların esas alındığı, çeşitli nitel yöntemler kullanılarak inceleme alanı zeminin şişme potansiyeli değerlendirilmiştir.

İncelenen nitel yöntemler arasında, Chen (1975) tarafından önerilen ve Çizelge 4.1'te verilen yöntemin, deneysel ölçümlere göre elde edilen değerlerle uyumlu olduğu görülmüş olup, bu yöntemin Yenikent yerleşim alanı zeminlerinin şişme potansiyeli tahmininde kullanılabileceği belirlenmiştir.

Chen (1975) tarafından önerilen sınıflandırma sistemine göre (Bkz. Çizelge 4.1) Yenikent bölgesinde alınan zemin örneklerinde, ortalama değerlere göre 200 nolu

elekten geçen yüzde miktarı %60-95 aralığında (ortalama %86,41), likit limit değerleri >%60 (ortalama %72,60) alındığında şişme potansiyelinin yüksek-çok yüksek olduğu, muhtemel şişmenin %3-10 aralığında olduğu, şişme basıncının ise 120-250 kPa aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Nicel yöntemlerle elde edilen sonuçlara göre doğal haldeki kil örneklerin şişme yüzdesi, %4,20-6,00 arasında, ortalama %5,12 olduğu, şişme basıncının ise 84,17-111,65 arasında, ortalama 101,14 kPa olup, Chen (1975) tarafından önerilen yöntemle (Bkz. Çizelge 4.1) elde edilen şişme değerlerine yakın değerler elde edilmiştir.

Şişme davranışı gösterdiği belirlenen zemin örnekleri üzerinde, şişme ve dayanım özelliklerinde iyileştirme yapmak amacıyla, kireç ve uçucu kül katkıları kullanılmıştır. Bunun için, Yenikent yerleşim alanından alınan zemin örnekleri (SK-1, 2, 3, 4, 5) üzerinde kireç ve uçucu kül katkıları kullanılarak, ASTM D 4546 standardı A metoduna göre şişme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Daha önce bölgede şişme davranışı ve kireç katkısının iyileştirmeye etkisi incelenen 3 farklı çalışma (SK-6, 7, 8) ile birlikte inceleme alanı zeminleri değerlendirilmiştir.

Ağırlıkça %1, 3, 5, 7, 9 oranlarında kireç katkısı ile yapılan şişme potansiyeli deneyleri sonucunda, tüm deney numuneleri için, %5 kireç katkısından itibaren şişme potansiyeli önemli oranda düşerek minimum seviyelere gelmiştir.

Şişme deneyleri sonucunda, doğal kil örneklerinde ortalama %5,12 olarak ölçülen şişme yüzdesi, %5 kireç katkısında %0,96, %7 kireç katkısında %0,54, %9 kireç katkısında ise %0,32 ortalama değerine düşmüştür. Katkısız kildeki ortalama %101,14 kPa değerindeki şişme basıncı ise %5 kireç katkısında 46,98 kPa, %7 kireç katkısında 35,74 kPa, %9 kireç katkısında ise 25,03 kPa ortalama değerine düşmüştür.

SK-6, 7, 8 nolu zemin örneklerinde yapılan deney sonuçları [63, 64, 65] incelendiğinde, aynı şekilde %5 kireç katkı oranından itibaren şişme etkisinin önemli

ölçüde azaldığı görülmektedir. Deney sonuçlarına göre, katkısız kilde ortalama %4,80 olan şişme yüzdesi ve 165,75 kPa olan şişme basıncı, sırasıyla %5 kireç katkısı ile önemli oranda azalma göstererek, %0,63 ve 42,44 kPa değerine, %7 kireç katkısında ise %0,57 ve 39,44 kPa değerine düşmüştür.

Kireç katkısı kullanılarak yapılan deney sonuçlarına göre (SK-1, 2, 3, 4, 5), ortalama değerler esas olmak üzere, %7 ve %9 kireç katkılarında, sırasıyla şişme yüzdesinde %89,45 ve %93,75; şişme basıncında ise %64,66 ve %75,25 oranında azalma görülmüştür. Buna göre %7 kireç katkısında, şişme potansiyeli önemli ölçüde azalarak kontrol altına alınmış olup, daha fazla katkı kullanımında (%9) ise şişme değerlerinde çok az düşme meydana gelmiştir.

Serbest basınç dayanımı deneylerinde, uygulanan kür sürelerine göre daha fazla dayanımın elde edildiği 28 gün sonundaki ortalama değerler esas alınmak üzere, %5 ve %10 kireç katkılarında, katkı kullanılmadan hazırlanan kil örneklerine göre, sırasıyla %78 ve %181 oranında dayanım artışı görülmüştür. Serbest basınç dayanımı değişiminin, kireç oranıyla doğrusal olarak gerçekleştiği kabulü ile, %7 kireç oranındaki kil örneklerinde %130 oranında yüksek dayanım değeri elde edilmektedir. Deney sonuçlarına göre, şişme davranışı gösterdiği belirlenen Yenikent kil zeminleri stabilizasyonu için, optimum kireç katkı oranının %7 olduğu görülmektedir.

Uçucu külle %5 ve %10 katkılı yapılan şişme potansiyeli deneyleri sonucunda, kil örneklerinde ortalama %5,12 olan şişme yüzdesi %5 uçucu kül katkısında %4,62'ye, %10 uçucu kül katkısında ise ortalama %3,62'ye düşmüştür. Ortalama 101,14 kPa olarak ölçülen kil şişme basıncı ise, %5 uçucu kül katkısında 97,30 kPa, %10 uçucu kül katkısında 83,36 kPa değerine düşmüştür. Deney sonuçlarına göre, %10'a kadar uçucu kül katkısının, şişme potansiyeline sahip Yenikent killeriindeki şişme potansiyelini çok az oranda düşürdüğü belirlenmiştir.

Uçucu kül katkılı serbest basınç deney sonuçlarına göre, tüm örneklerde %5 ve %10 kireç ve uçucu kül katkılarında, dayanım artışları meydana gelmiştir. Kireç katkısı, uçucu külle nazaran killerde daha fazla dayanımı arttırmıştır. Sözgelimi, %5 kireç

katkılı deneylerde, ortalama değerler esas alınarak katkısız killere göre 1 günde %6,99, 14 günde %43,41, 28 günde %77,74 dayanımda artış meydana getirirken; %5 uçucu kül katkısında sırasıyla, %6,02, %27,65, %41,03 dayanım artışları meydana gelmiştir. Bu sonuçlara göre, kireç katkılı kil numuneleri uçucu kül katkılı deney numunelerine nazaran, 1 günde %0,91, 14 günde %12,34, 28 gün sonunda ise %26,03 daha fazla dayanım kazanmıştır.

%10 kireç katkısında ise doğal kile göre, 1, 14 ve 28 günlük deneyler sonucunda sırasıyla, %5,59, %118,58, %181,04 dayanım artışı meydana gelirken, %10 uçucu kül katkılı kil örneklerinde %2,47, %54,20, %83,72 oranlarında dayanım artışı meydana gelmiştir. Aynı sürelerde, %10 katkılı ortalama değerlere göre kireç katkılı kil örnekleri, uçucu küle nazaran sırasıyla, %3,04, %41,75, %52,98 daha fazla dayanım kazanmıştır. Deney sonuçlarına göre 28 günlük kür sürelerinde, 1 ve 14 günlük sürelerle göre daha fazla dayanım değerleri elde edilmiştir.

Yenikent killeri ile benzer şişme özellikleri gösteren ve Ankara ve çevresinde yaygın olarak yer alan şişme potansiyeli yüksek Ankara killerin (Üst Pliyosen kili) bulunduğu bazı yerleşim alanlarında, şişme özellikleri ve zemin iyileştirmesi üzerine birçok çalışma yapılmış olup, elde edilen bazı sonuçlar aşağıda özetlenmektedir.

Ordemir ve Erdemgil (1984) [72] tarafından Ankara Macunköy’de yapılan zemin araştırmasında, yapı temel zemininin, şişme potansiyeli yüksek Ankara kilinden oluştuğu belirlenmiş ve yapılacak tesisler için gerekli zemin araştırmaların klasik ve yapı ağırlığı altında oturma araştırmasından ziyade, şişme basıncı altında yapının oynaması üzerine yoğunlaştırılması gerektiği belirtilmiştir.

Çalışmada, yapılan şişme deneyleri sonucunda, %4-5 mertebesinde yüksek şişme değerlerine rastlanılmıştır. d=6,80-7,30 m. den alınan numuneler üzerinde yapılan serbest basınç dayanımı deneylerinde, 65 kPa ve 200 kPa arasında değişen dayanımlar elde edilmiştir. Araştırmacılar, temel zeminin iyileştirilmesini ve yapı çevresinde suyun temel zemine girmesine engel olacak önlemler alınmasını önermişlerdir [72].

Öztürk [58] tarafından, Gölbaşı (Ankara) bölgesinde yapılan çalışmada, lokal olarak şişebilen killerin yer aldığı ve az sayıda CL örnekleri yanında, büyük kısmının CH killerden oluştuğu zemin örneklerinin yüksek şişme potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir. Yüksek plastisiteli CH killere ait yapılan şişme deneylerinde şişme yüzdesi %3,4-9,2 aralığında, ortalama %6,7; şişme basıncı ise 65 kPa-243 kPa aralığında, ortalama 128 kPa olarak elde edilmiştir. Kireç katkısı ile yapılan şişme deneyleri sonucunda (ASTM D 4546) da, %5 kireç katkısından itibaren şişme basıncının önemli ölçüde düşürüldüğü, %7 kireç katkısında şişme özelliklerinde yeterli iyileşmenin sağlandığı belirlenmiştir.

Köylü [57] tarafından Yenikent bölgesinde farklı bir yerleşim alanında yapılan incelemede, alınan örneklerin şişme potansiyeli yüksek killerden oluştuğu belirlenmiştir. Çalışmada, CH kil örneklerine ait şişme basıncı değerlerinin 46,8 kPa–180 kPa aralığında ortalama 141 kPa; şişme yüzdelерinin ise %4,60-%19,50 aralığında ortalama %12,75 olduğu tespit edilmiştir.

Ülker [66] tarafından CH kil örnekleri üzerinde kireç katkısı kullanılarak yapılan deneyler sonucunda, katkısız durumda ortalama %4,7 olan şişme yüzdesi, %5 kireç katkısında %0,29 oranına düştüğü tespit edilmiştir. Katkısız halde ortalama 170 kPa olan şişme basıncı ise %3 kireç miktarından itibaren düşme eğilimi göstererek, %5 ve %10 kireç yüzdesinde sırasıyla, 40 kPa, 4 kPa değerine düştüğü belirlenmiştir. Katkısız halde ortalama 133 kPa olan serbest basınç dayanımı ise %5 ve %10 kireç katkısında, sırasıyla 172, 179 kPa değerine çıkmıştır.

Şişme davranışı gösteren killerde, kireç ilavesiyle, dayanımdaki artışın yanı sıra, şişme parametrelerinin önemli ölçüde azaltılması (Bkz. Şekil 8.1, Şekil 8.2, Şekil 8.3, Şekil 8.4) hacimsel stabilitenin bir göstergesi olup; zeminde meydana gelecek olası kabarmalar engellediğinden, hafif yapılarda bu nedenle oluşacak hasarların önüne geçilmektedir.

Uçucu külün kireç katkısına göre, şişmede çok az oranda iyileşme sağlamasının yanında, zemin dayanımında kireç katkılı dayanımlara yakın sonuçlar elde edilmesi,

uçucu külün zemin iyileştirmede önemini arttırmaktadır. Uçucu külün zemin iyileştirmede kullanımı halinde, daha az çimento veya diğer katkı maddeleri kullanılarak ülke ekonomisine fayda sağlanacaktır. Doğal malzemelerin daha az kullanılması ile daha az doğa tahribi sağlanacak ve çevre sorunlarının çözümüne katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Holtz, W. G., and S. S. Hart, "Home Construction on Shrinking and Swelling Soils", *Colorado Geological Survey Special Publication*, Denver, 2-15, (1978).
2. Coduto, D.P., "Geotechnical Engineering Principles and Practices", *Prentice Hall*, Upper Saddle River, New Jersey, 759, (1998).
3. Basma, A.A., Al-Rawas, A., Al-Saadi, S.N., and Al-Zadjali, T.F., "Stabilization of Expansive Clay in Oman", *Environmental and Engineering Geoscience*, IV (4); 503-510 (1998).
4. Gillot, J.E., "Clay in Engineering Geology", *Elsevier Publishing Company, Amsterdam*, 40-41, (1968).
5. Lambe, T.W., Whitman, R.V., "Soil Mechanics", *John Wiley and Sons*, New York, 41-51, (1969).
6. Donaldson, G.W., "Foundations for a Pipeline Over Expansive Soil", *5th. Reg. Conf. for Africa*, Luanda, 21: 3-33, 41-43, (1971).
7. Kellar, W.D., "Processes of Origin and Alternation of Clay Minerals, Seminar on Soil Clay Mineralogy", *University of North Carolina Press*, Chapel Hill, 3-76, (1964).
8. Millot, G., "Geology of Clays", *Mason et Cie*, Paris, 429 (1970).
9. Chen F.H., "Foundations on expansive soils", *Elsevier Scientific Publishing Company*, Amsterdam - Oxford - New York, 1-45 (1975).
10. Schreiner, H. D., "Measurement of solute suction in high plasticity clays", *Proc. 9th African Reg. Conf. on SMFE*, 163-171, (1987).
11. Obermeier, S.I., "Evaluation of Laboratory Techniques for Measurement of Swell Potential of Clays", *Proceedings of Workshop on Expansive Clay and Shale in Highway Design and Construction*, 1: 214-254, (1973).
12. Ilier, C., "Weathering 2nd ed.", *Longman*, New York, 270 (1984).
13. Holtz, W.G., "Expansive Clay Properties and Problems", *Colorado School of Mines Quarterly*, 54: (4), 89-125, (1959).
14. Seed, H.B., Woodward, R.J. and Lundgreen, R., "Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays", *Journal ASCE, Soil Mechanics and Foundations Div.*, 88: 53-87, (1962).

15. Chu, T. and Mou, C.H., "Volume Change Characteristics of Expansive Soils Determined by Controlled Suction Tests", *Proceedings of the Third International Conference on Expansive Soils*, Haifa, I: 177-185, Israel, (1973).
16. Mitchell, J.K., "Fundamentals of soil behaviour", *John Wiley & Sons, Inc.*, New York, 422, (1976).
17. İnternet : Geoengineer "Clay Minaralogy"
<http://www.geoengineer.org/files/ClayMineralogv-Sivakugan.ppt> (2001).
18. Nelson, J.D. and Miller, D., "Expansive Soils Problems and Practice in Foundation and Pavement", *John Wiley & Sons, Inc.*, New York, 8-15, 40-57, 189-197 (1992).
19. Ünsal, N., "İnşaat Mühendisliği için Jeoloji", *Alp Yayınevi*, Ankara, 48-50, (2006).
20. Önalp, A., "Geoteknik Bilgisi I-Zeminler ve mekaniği", *Sakarya Üniversitesi Yayınları*, 27:36-105, (1997).
21. Sudo, T., Shirnoda, S., Yotsumoto, H., Aita, S., "Electron Micrographs of Clay Minerals", *Elsevier Scientific Publishing Company*, Amsterdam - Oxford - New York, 146, (1981).
22. Mitchell, J.K., "Fundamental of Soil Behaviour", 2. Ed. *Wiley*, New York, 422, (1976).
23. Johnson, L.D., Snethen, D.R., "Prediction of Potential Heave of Swelling Soil", *Geotechnical Journal*, ASTM, 1(3): 1-5, (1978).
24. İnternet : Hong Kong University of Science & Technology "Clay Minerals and Soil Structure"
<http://teaching.ust.hk/civl270/Class270/topic-4.ppt> (2002).
25. Uzundurukan, S., "Zeminlerin şişme özelliklerine etkiyen temel parametrelerin belirlenmesi ve modellenmesi", Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 12-84, (2006).
26. Seed H. B., Woodward R. J., Lungreen R., "Predicting of swelling potential of compacted clays", *Journal of Soil Mechanics and Foundation Division*, ASCE, 88:53-87, (1962).
27. Snethen, D.R., "A review of engineering experiences with expansive soils in highway subgrades", *U.S Army Eng. Waterways Exp. Sta.*, Report NO. FHWA-RD-7548, 32-69, (1975).

28. Özaydın, K., "Zemin Mekaniği", *Meya Matbaacılık*, İstanbul, 30, (1989).
29. Gromko, G.J., "Review of expansive soils", *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, ASCE, 100: 667-687, (1974).
30. Holtz, W. G., Gibbs, H. J., "Engineering Properties of Expansive Clays", *ASCE Transactions*, 121: 641-663, (1956).
31. Snethen, D.R., "Evaluation of expedient methods, for identification and classification of potentially expansive soils", *Proceedings, 5th International Conference on Expansive Soils*, Adelaide, 22-26, (1984).
32. Coduto, D.P., "Foundation design principles and practices", *Prentice Hall*, New Jersey, 655-700, (1994).
33. Sridharan, A., Choudhury, D., "Swelling pressure of sodium Montmorillonites", *Geotechnique*, 52: 459-462, (2002).
34. ASTM D 4546-90, "Standard Test Method for One-Dimensional Swell or Settlement Potential of Cohesive Soils", *Annual Book of ASTM Standards*, 04.08: 846-852, (1990).
35. Wayne, A.C., Osman, M.A. and Elfatih, M.A., "Construction on expansive soils in Sudan", *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 110: 359-379, (1984).
36. Altmeyer, W. T., "Discussion of Engineering Properties of Expansive Clays", *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, ASTM, 81: 17-19, (1955).
37. Vijayvergiya, V. N., Ghazzaly, O.I., "Prediction of swelling potential for natural clays", *3rd International Conference on Expansive Soils*, Haifa, 227-236, (1973).
38. Dakshanamurthy, V., Raman, V., "A simple method of identifying expansive soil", *Soils and Foundations*, 13: 97-104, (1973).
39. Van Der Merwe, D.H., "The prediction of heave from the plasticity index and percentage clay fraction of soils", *Civil Engineers in South Africa*, 6: 103-107, (1964).
40. Skempton, A. W., "The Colloidal Activity of Clay", *Proceedings of the 3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 57-61, (1953).

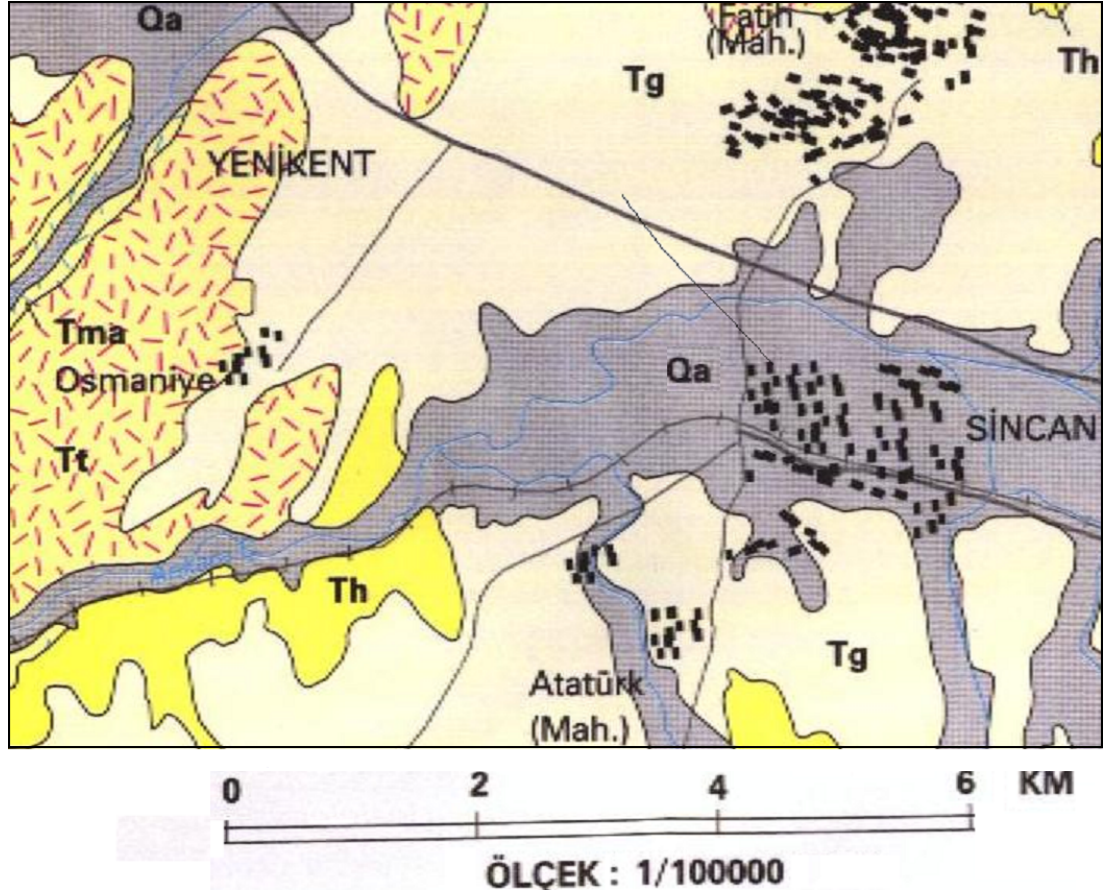
41. Holtz, R.D., Kovacs, W.D., "An Introduction To Geotechnical Engineering", **Prentice Hall**, New Jersey, 186-190, (1981).
42. Nayak, N. V., Christensen, R. W., "Swelling Characteristic Of Compacted Expansive Soils", **Clays and Clay Minerals**, 19: 251 -261, (1974).
43. Komornik, A., and David, D., "Prediction of Swelling Pressure of Clays", **Journal of SMFE Div. ASCE**, 95(1), 209-225, (1969).
44. Kasapoglu, K.E., "Ankara Kenti Zeminlerinin Jeo-Mühendislik özellikleri". Doçentlik Tezi, **Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Enstitüsü**, Beytepe-Ankara, 206, (1980).
45. Söylemez, N., "Minerological Analysis of Ankara Clay by X-Ray Diffraction", MSc. Thesis, **M.E.T.U. Civil Engng. Department**, Ankara, 89, (1972).
46. Birand, A.A., "Study of the Characteristics of Ankara Clays Showing Swelling Properties". MSc. Thesis, **M.E.T.U.**, Ankara, 39, (1963).
47. Ordemir, İ., Alyanak, İ., Birand, A.A., "Report on Ankara Clay". **M.E.T.U. Publication**, Ankara, 12: 30, (1965).
48. Doruk, M., "Swelling Properties of Clays on the M.E.T.U. Campus", MSc. Thesis, **M.E.T.U., Civil Engng. Department**, Ankara, 46, (1968).
49. Omay, B., "Swelling Clays on METU Campus", MSc. Thesis, **M.E.T.U. Civil Engng. Department**, Ankara, 73, (1970).
50. Kaynar, A.T., "Ratio of Swelling Index to Compression Index in Clay Soils". MSc. Thesis, **M.E.T.U., Civil Engng. Dept.**, Ankara, 76, (1972).
51. Akbay, U., "The Influence of Saturation on Volume Change Characteristics of Ankara Clay Under Various Surcharge Pressures", MSc. Thesis, **M.E.T.U. Civil Engng. Department**, Ankara, 53, (1972).
52. Ordemir, İ., Soydemir, C., and Birand, A.A., "Swelling problems of Ankara clays", **9th. International Conference of Soil Mechanics and Foundations Engineering**, Tokyo, 1, 243-247, (1977).
53. Üner, A.K., "A Comparison of Engineering Properties of Two Soil Types in the Ankara Region", MSc. Thesis, **M.E.T.U., Civil Engineering Department**, Ankara, 112, (1977).
54. Çalışan, O.F., "A Study on Volume Change Behaviour of Silt Added METU Clay", MSc. Thesis, **M.E.T.U. Civil Engng. Department**, Ankara, 55, (1987).

55. Furtun, U., "An Investigation on Ankara Soils with Regard to Swelling", Msc. Thesis, *M.E.T.U., Civil Engineering Department*, Ankara, 151, (1989).
56. Çokça, E. and Birand, A.A., "Determination of cation exchange capacity of clayey soils by the methylene blue test", *Geotechnical Testing Journal of ASTM*, **5**, 518-524, (1993).
57. Köylü, B., "Killerde şişme potansiyelini belirleyen ögeler ve Yenikent (Ankara) yerleşim alanı killerinin şişme potansiyelinin belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-56, (2003).
58. Öztürk, Y. Z., "Gölbaşı (Ankara) yerleşim alanı killerinin şişme potansiyelinin belirlenmesi ve kireç ile iyileştirme", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 77-82, (2009).
59. Çalgın R., Pehlivanoglu H., "Ankara Civarı Jeolojisi", *MTA Jeoloji Etütleri Dairesi*, 15-19, (1973).
60. İnternet: Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı <http://www.deprem.gov.tr> (2009).
61. Çukurçayır, F., Arabacı H., "Ankara İklimi - Köppen Yöntemine Göre", *Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü*, Yayın No:2000/01, (2000).
62. İnternet : Google Earth <http://www.earth.google.com> (2010).
63. Uyanık, V., "Yenikent Kilinin Şişme Özellikleri ve Şişme Basıncının Kireç Katkısı Kullanılarak Azaltılması", Bitirme Ödevi, *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü*, Geoteknik Çalışma Grubu, Ankara, 29-45, (2008).
64. Gökçe, E. G., "Yenikent/Ankara Yerleşim Alanı Kilin Şişme Potansiyelinin Belirlenmesi ve Kireç İlavesi İle Zemin İyileştirmesi", Bitirme Ödevi, *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü*, Geoteknik Çalışma Grubu, Ankara, 32-48, (2008).
65. Özyer, S., "Yenikent/ Ankara Yerleşim Alanı Kilin Şişme Potansiyelinin Belirlenmesi ve Kireç İlavesi İle Zemin İyileştirmesi", Bitirme Ödevi, *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü*, Geoteknik Çalışma Grubu, Ankara, 45-67, (2007).
66. Ülker, Ş., "Karayolu altyapısında zeminlerin kireçle iyileştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 22-23, (2005).

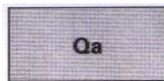
67. TS 1901-1, "İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri - Bölüm 1: Fiziksel özelliklerin tayini", Turk Standartları Enstitüsü, 1-93, (2006).
68. Tumluer, G., "Çimento Katkılı Kumlu Zeminlerin Mukavemeti", Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 74, (2006).
69. [Akkaya, D., "Uçucu Küllerin Zemin İyileştirmesinde Kullanılmasının İncelenmesi", *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5\(1\): 61-72, \(2009\).](#)
70. [İnternet : Doğa Teknik "Uçucu Kül Ve Yüksek Fırın Cürufunun Süper Akışkanlaştırıcı Katkılı Beton Özelliklerine Etkisi"](http://www.dogateknik.com.tr/Teknik-Belgeler/Ucucu-kul-ve-yuksek-firin-curufunun-super-akiskanlastirici-katki-beton-ozelliklerine-etkisi.pdf)
<http://www.dogateknik.com.tr/Teknik-Belgeler/Ucucu-kul-ve-yuksek-firin-curufunun-super-akiskanlastirici-katki-beton-ozelliklerine-etkisi.pdf> (2005).
71. [İnternet : Doğa Teknik "Yeni Nesil Yüksek Akışkanlaştırıcı Katkı Maddeleri İle Yüksek Hacimde Uçucu Kül İçeren Kendiliğinden Yerleşen Beton"](http://www.dogateknik.com.tr/Teknik-Belgeler/Yeni-nesil-yuksek-akiskanlastirici-katki-maddeleri-ile-yuksek-hacimde-ucucu-kul-iceren-kendiliginden-yerlesen-beton.pdf)
<http://www.dogateknik.com.tr/Teknik-Belgeler/Yeni-nesil-yuksek-akiskanlastirici-katki-maddeleri-ile-yuksek-hacimde-ucucu-kul-iceren-kendiliginden-yerlesen-beton.pdf> (2004).
72. Ordemir, İ., Erdemgil, M., "İller Bankası Genel Müdürlüğü Macunköy Makine Sondaj Tesisleri Sahası Jeoteknik Etüdü", *ODTÜ Döner Sermaye İşletmesi Müdürlüğü*, 33-36, (1984).
73. Akyürek, B., Duru M., Sütçü Y. F., Papak İ., Şaroğlu F., Pehlivan N., Gönenc O, Granit S., Yaşar T., "1/100.000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları", No:55, *MTA Jeoloji Etütleri Dairesi*, (1995).

EKLER

EK-1. Yenikent yerleşim alanı ve yakın civarının jeolojik haritası [73]

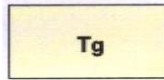


HARİTA BİRİMLERİNİN AÇIKLAMASI



Qa

Alüvyon; kum, çakıl



Tg

Gölbaşı formasyonu ; konglomera, kumtaşı, çamurtaşı



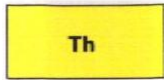
Tt

Tekke volkaniti ; andezit, trakiandezit, tuf, aglomera



Tma

Mamak formasyonu; aglomera, tuf, andezit



Th

Hançili formasyonu ; kumtaşı, silttaşı, marn, killi kireçtaşı, tuf, jips, bitümlü şeyl

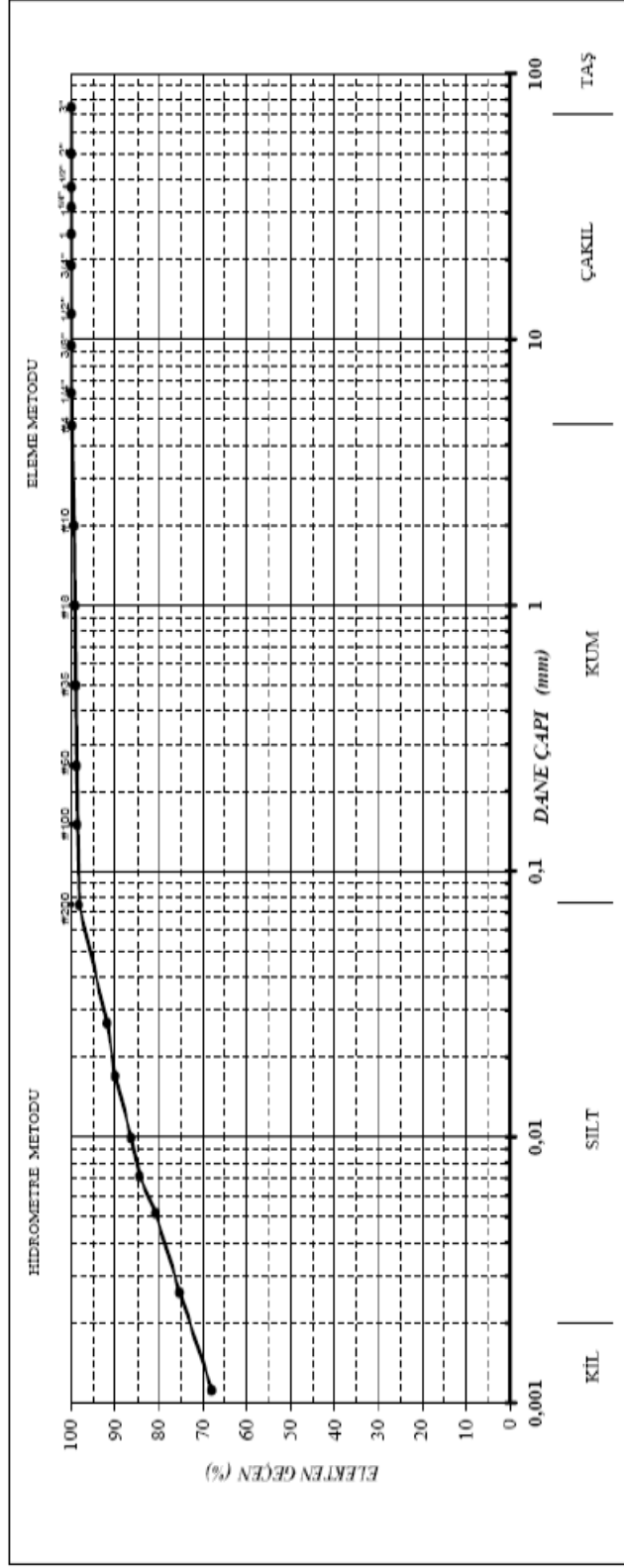
EK-2. Dane apı dağılım eğrileri (SK-1)



GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
DANE ÇAPI DAĞILIM EĞRİSİ

Firma
İşin adı
Sondaj / kuyu no
Numune adı / tipi
Derinlik (m)
Sayı
Tarih

SK 1 SAF KİL



EK-2. (Devam) Dane apı dağılım eğrileri (SK-2)

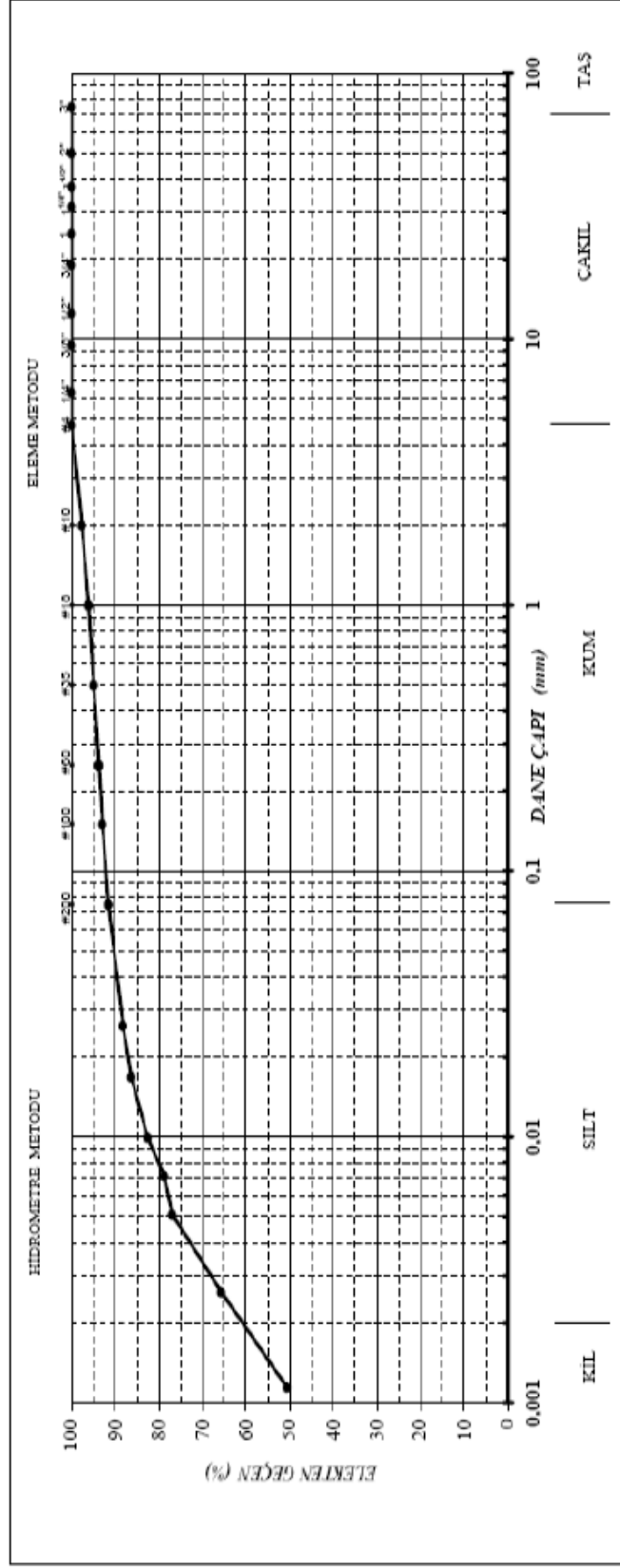


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLOJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

DANE ÇAPI DAĞILIM EĞRİSİ

Firma
İşin adı
Sondaj / kuyu no
Numune adı / tipi
Derinlik (m)
Sayı
Tarih

SK 2 SAF KİL

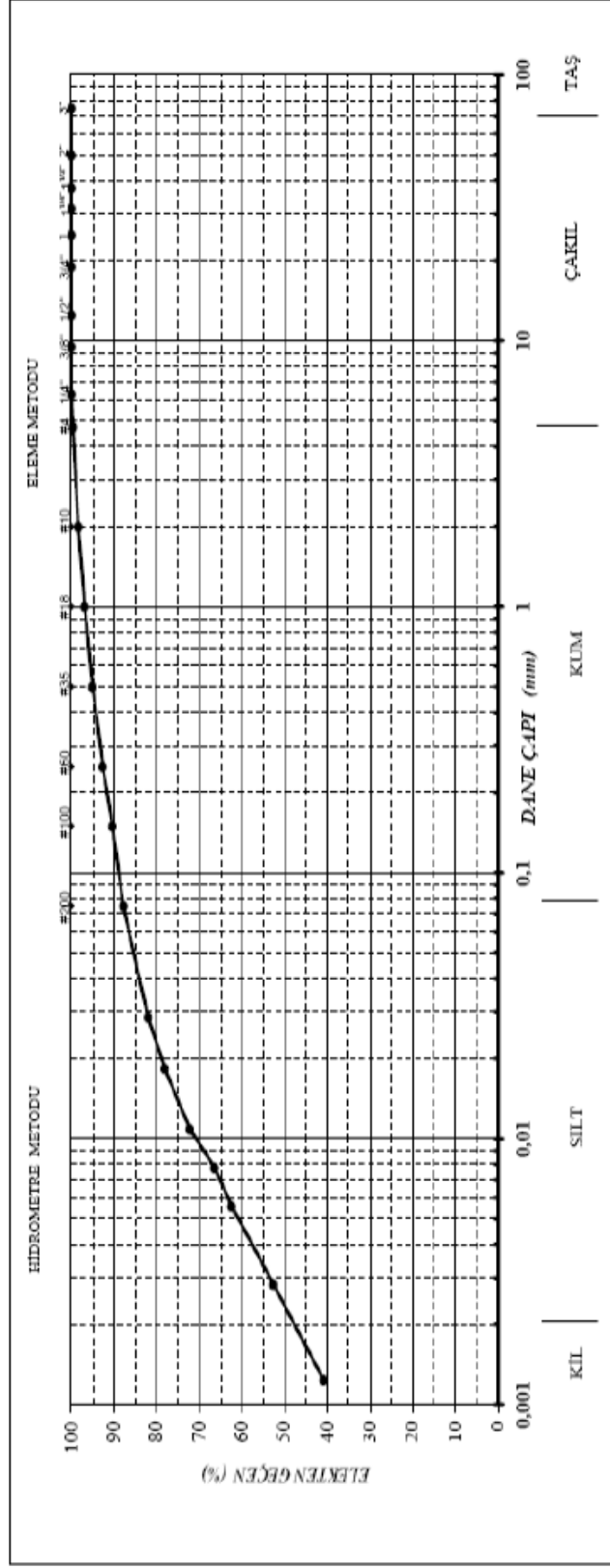


EK-2. (Devam) Dane apı dağılım eğrileri (SK-3)



GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
DANE ÇAPI DAĞILIM EĞRİSİ

Firma
İşin adı
Sondaj / kuyu no
Numune adı / tipi SK 3 SAF KİL
Derinlik (m)
Sayı
Tarih



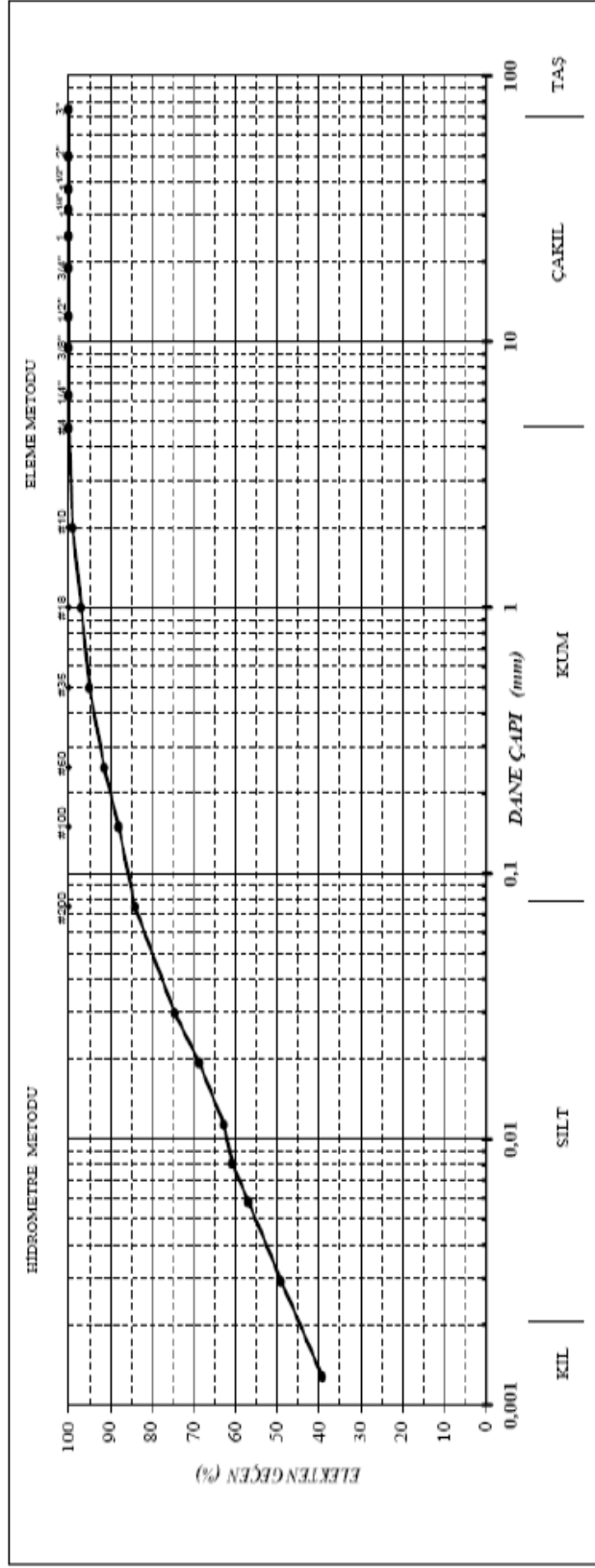
EK-2. (Devam) Dane apı dağılım eğrileri (SK-4)



GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
DANE ÇAPI DAĞILIM EĞRİSİ

Firma
İşin adı
Sondaj / kuyu no
Nüme adı / tipi
Derinlik (m)
Sayı
Tarih

SK 4 SAF KİL



EK-2. (Devam) Dane apı dağılım eğrileri (SK-5)

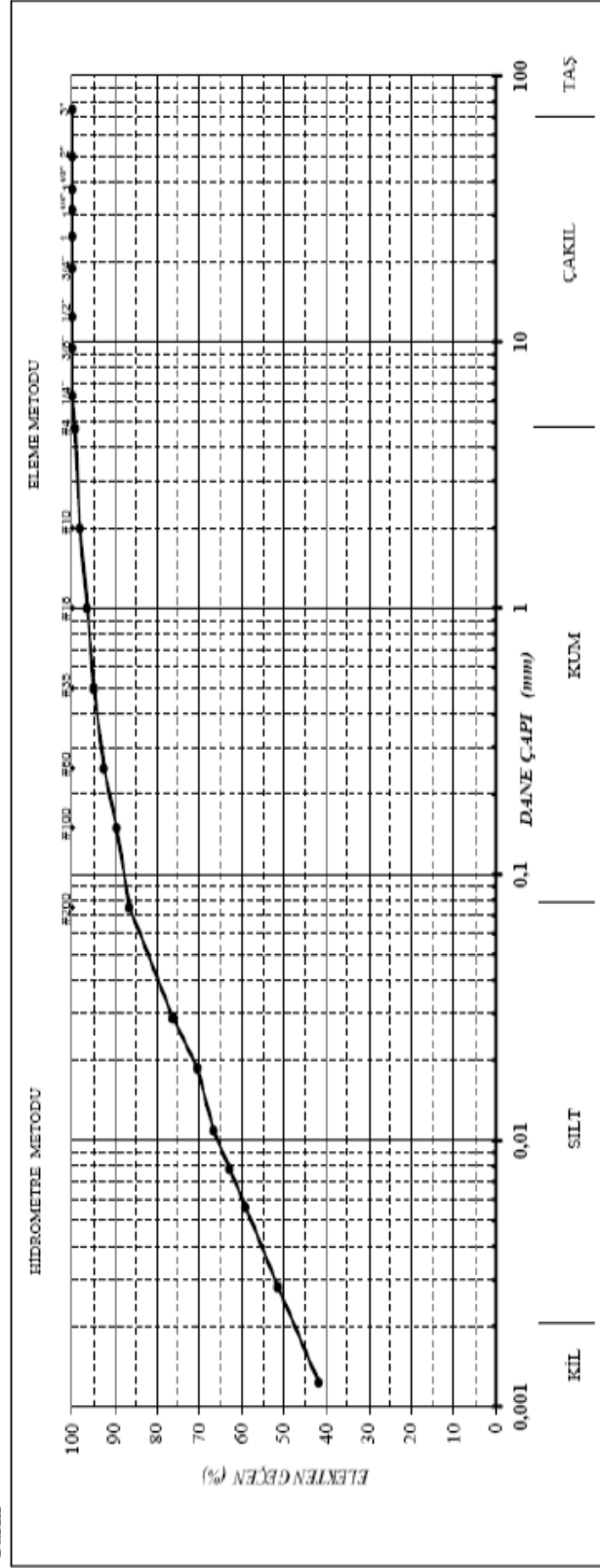


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİML FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANIKI LABORATUVARI

DANE ÇAPI DAGILIM EĞRİSİ

Firma
İşin adı
Sondaj / kuyu no
Numune adı / tipi
Derinlik
Sayı
Tarih

SK 5 SAF KİL



EK-3. Atterberg Limitleri deney sonuçları (SK-1)



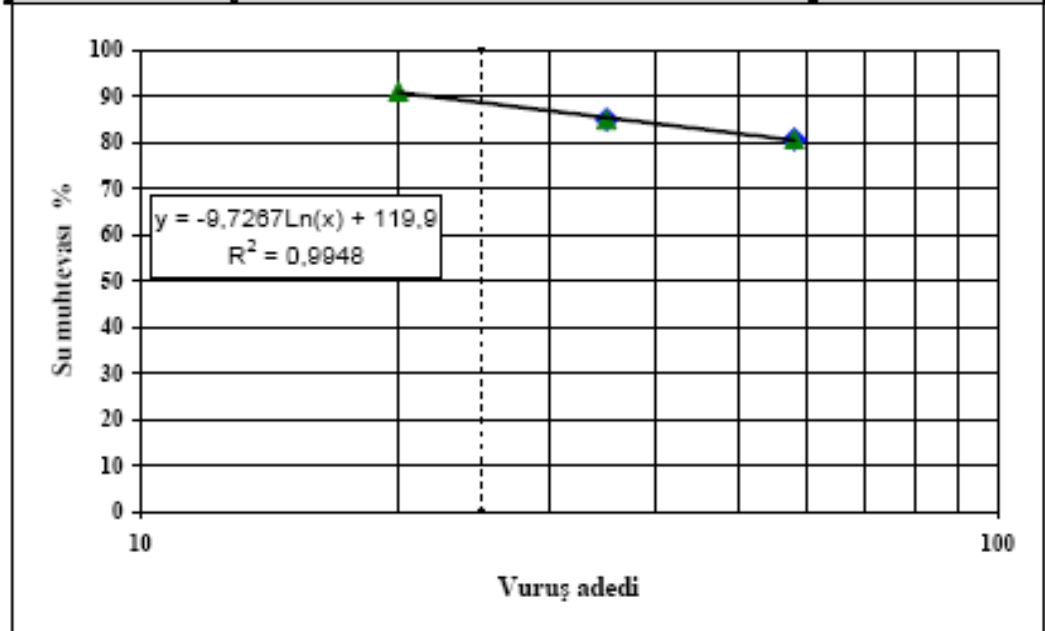
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

ATTERBERG LİMİTLERİ

Firma	
İşin adı	
Sondaj / Kuyu no	
Numune adı	SK1 Doğal KİL
Derinlik	

Deneyi yapan	
Kontrol eden	
Tarih	

	LL					PL	
	1	2	3	4	5	1	2
Vuruş adedi	58	35	20			----	----
Kap no							
Kap ağırlığı	26,03	26,31	26,1			15,98	
Kap+yaş numune	32,84	35,61	34,56			17,31	
Kap+kuru numune	29,8	31,34	30,53			17,04	
Kuru numune ağı.	3,77	5,03	4,43			1,06	
Su ağı.	3,04	4,27	4,03			0,27	
Su muhtevası %	80,64	84,89	90,97			25,47	



Lıkt limit	87,7	CH
Plastık limit	25,5	
Plastisite Indısı	62,3	

EK-3. (Devam) Atterberg Limitleri deney sonuçları (SK-2)



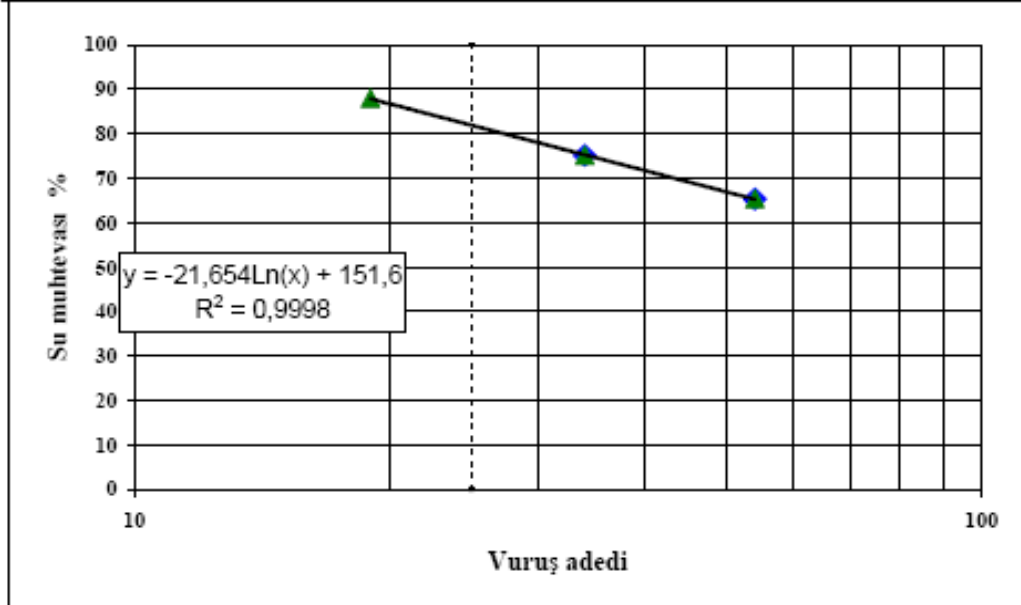
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLojİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

ATTERBERG LİMİTLERİ

Firma	
İşin adı	
Sondaj / Kuyu no	
Numune adı	SK2 Doğal KİL
Derinlik	

Deneyi yapan	
Kontrol eden	
Tarih	

	LL					PL	
	1	2	3	4	5	1	2
Vuruş adedi	54	34	19			----	----
Kap no							
Kap ağırlığı	26,31	24,2	25,13			27,01	
Kap+yaş numune	41,85	36,14	35,24			34,68	
Kap+kuru numune	35,71	31,02	30,51			33,02	
Kuru numune ağı.	9,4	6,82	5,38			6,01	
Su ağı.	6,14	5,12	4,73			1,66	
Su muhtevası %	65,32	75,07	87,92			27,62	



Likit limit	81,6	CH
Plastik limit	27,6	
Plastisite Indisi	53,9	

EK-3. (Devam) Atterberg Limitleri deney sonuçları (SK-3)



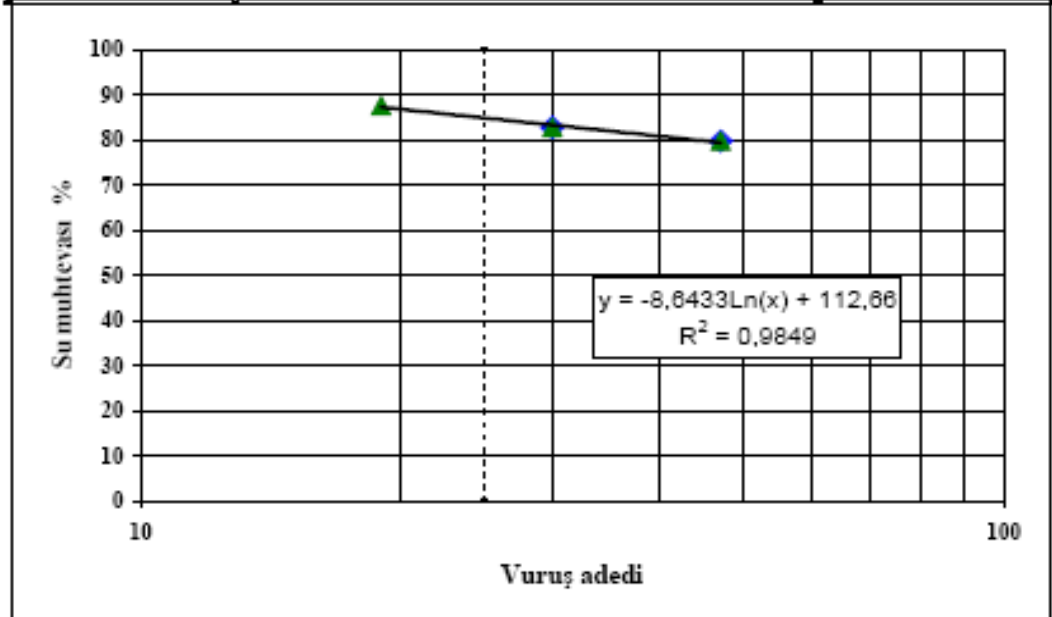
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLojİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

ATTERBERG LİMİTLERİ

Firma	
İşin adı	
Sondaj / Kuyu no	
Numune adı	SK3 Doğal KİL
Derinlik	

Deneyi yapan	
Kontrol eden	
Tarih	

	LL					PL	
	1	2	3	4	5	1	2
Vuruş adedi	47	30	19			----	----
Kap no							
Kap ağırlığı	26,57	26,15	26,09			26,78	
Kap+yaş numune	39,38	42,1	43,92			30,46	
Kap+kuru numune	33,7	34,88	35,6			29,67	
Kuru numune ağı.	7,13	8,73	9,51			2,89	
Su ağı.	5,68	7,22	8,32			0,79	
Su muhtevası %	79,66	82,70	87,49			27,34	



Lıkt lımt	83,9	CH
Plastık lımt	27,3	
Plastısıte Indısı	56,6	

EK-3. (Devam) Atterberg Limitleri deney sonuçları (SK-4)



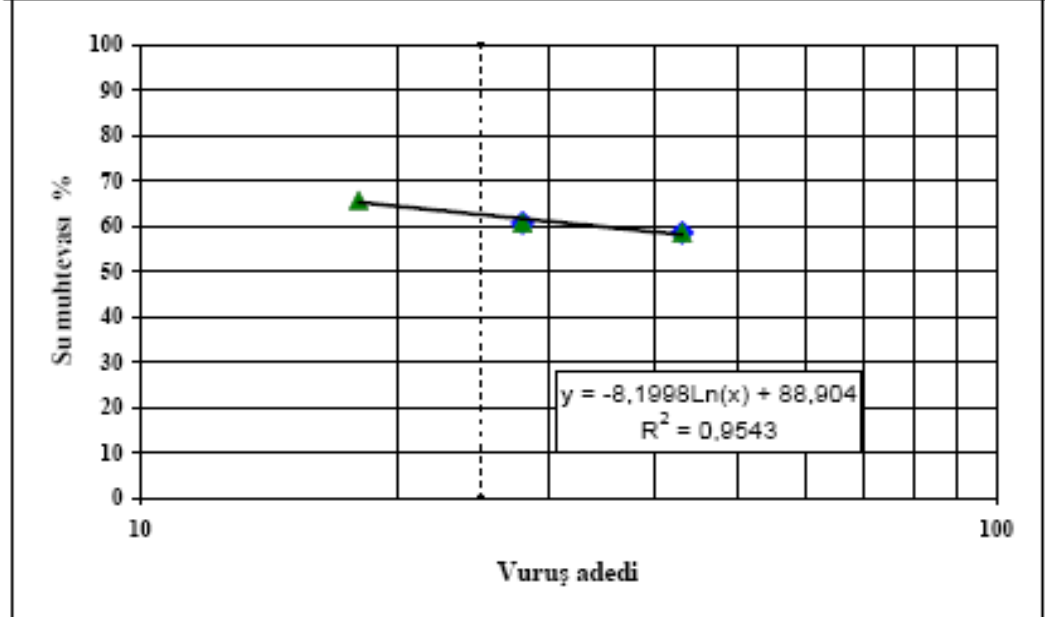
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

ATTERBERG LİMİTLERİ

Firma	
İşin adı	
Sondaj / Kuyu no	
Numune adı	SK4 Doğal KİL
Derinlik	

Deneyi yapan	
Kontrol eden	
Tarih	

	LL					PL	
	1	2	3	4	5	1	2
Vuruş adedi	43	28	18			----	----
Kap no							
Kap ağırlığı	61,63	57,03	58,61			61,04	
Kap+yaş numune	82,84	79,3	77,03			63,04	
Kap+kuru numune	75,01	70,89	69,73			62,62	
Kuru numune ağı.	13,38	13,86	11,12			1,58	
Su ağı.	7,83	8,41	7,3			0,42	
Su muhtevası %	58,52	60,68	65,65			26,58	



Lıkt lımt	61,2	CH
Plastık lımt	26,6	
Plastısıte Indısı	34,7	

EK-3. (Devam) Atterberg Limitleri deney sonuçları (SK-5)



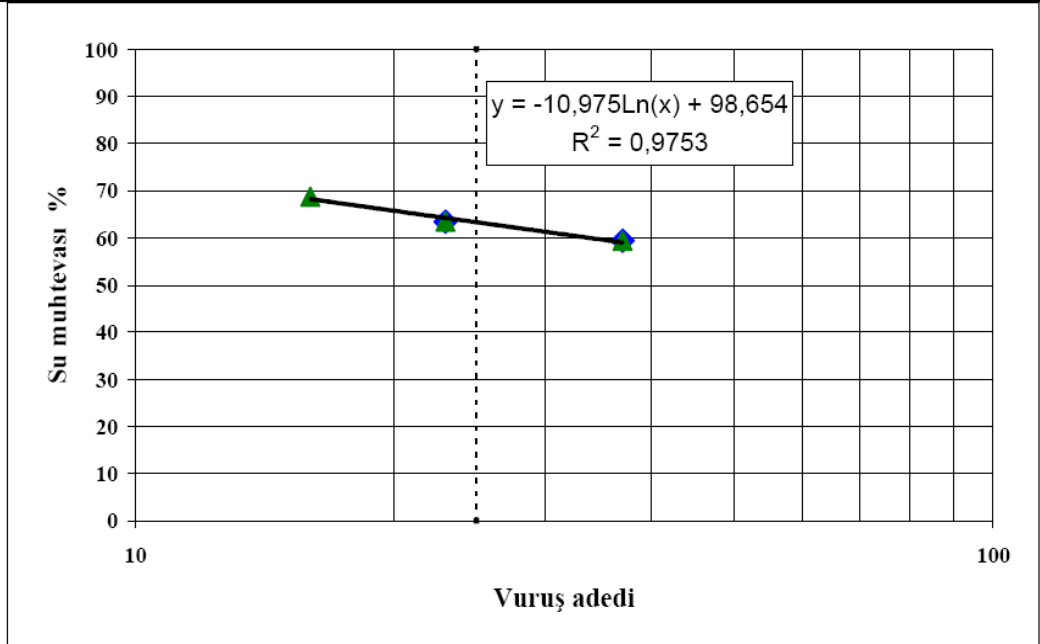
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

ATTERBERG LİMİTLERİ

Firma	
İşin adı	
Sondaj / Kuyu no	
Numune adı	SK5 Doğal KİL
Derinlik	

Deneyi yapan	
Kontrol eden	
Tarih	

	LL					PL	
	1	2	3	4	5	1	2
Vuruş adedi	37	23	16			----	----
Kap no							
Kap ağırlığı	60,63	56,14	55,14			50,34	
Kap+yaş numune	85,16	82,61	64,25			66,71	
Kap+kuru numune	76,02	72,34	60,54			63,42	
Kuru numune ağı.	15,39	16,2	5,4			13,08	
Su ağı.	9,14	10,27	3,71			3,29	
Su muhtevası %	59,39	63,40	68,70			25,15	



Likit limit	62,7	CH
Plastik limit	25,2	
Plastisite Indisi	37,5	

EK-4. Standart Proktor deney sonuçları (SK-1, Kireç=%0)

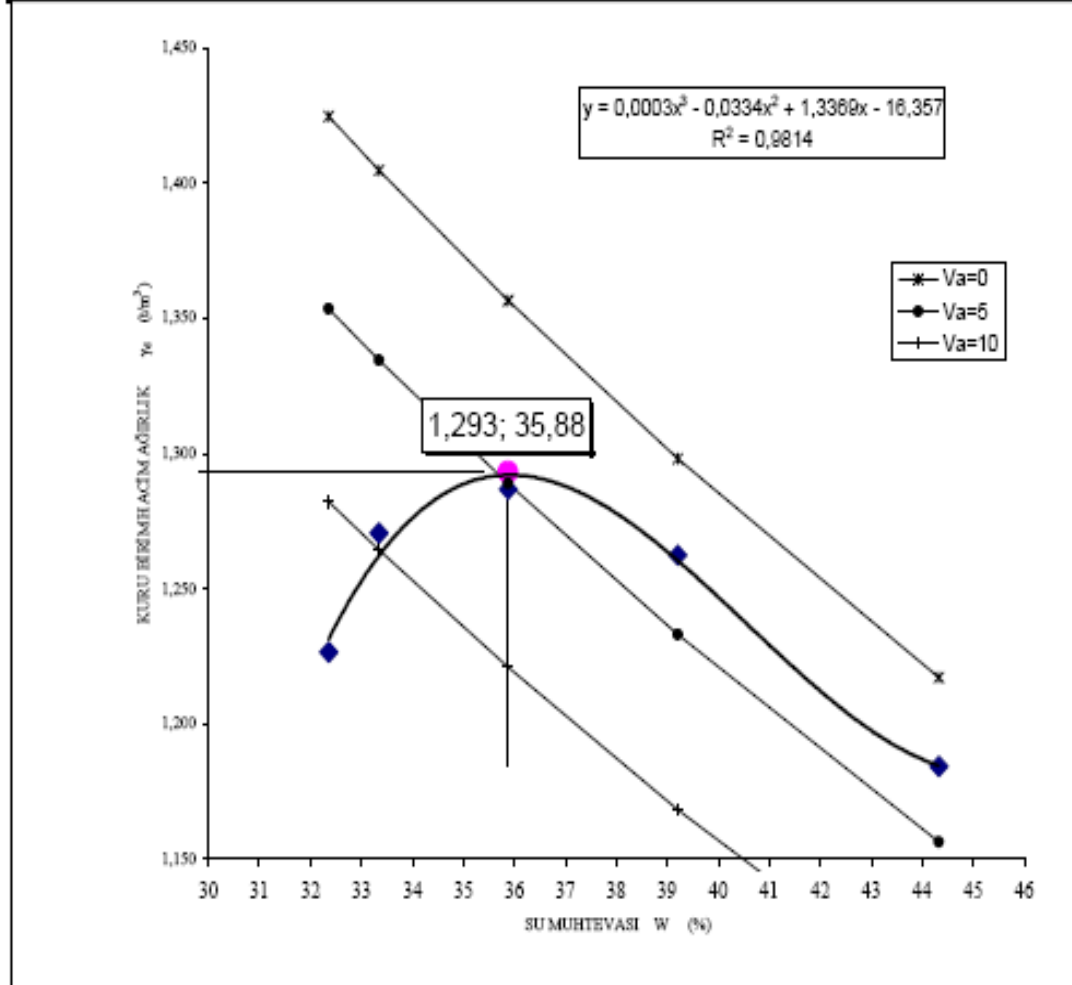


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Numune
 İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK1 Doğal KİL**
 Katkı Kireç % si **0**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
 Kalıp Yüksekliği cm 11,56
 Kalıp Ağırlığı gr 4461
 Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
 Gsortalama 2,643
 Gs KİL 2,643
 Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 35,88
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağı. (m ₁) gr.	6086	6157	6211	6220	6172		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,623	1,694	1,748	1,757	1,709		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_w/(1+W)$ t/m ³	1,227	1,271	1,287	1,262	1,184		γ_d (t/m ³) 1,293
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	38,10	31,93	44,16	31,34	33,30		
Kap + Yağ Num. Ağı. (m ₂) gr.	169,33	207,07	252,85	181,36	187,38		
Kap + Kuru Num. Ağı. (m ₃) gr.	137,25	163,27	197,75	139,11	140,06		
Su içeriği $W=(m_2-m_3)/m_3*100$ %	32,36	33,35	35,87	39,20	44,32		



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-1, Kireç=%1)

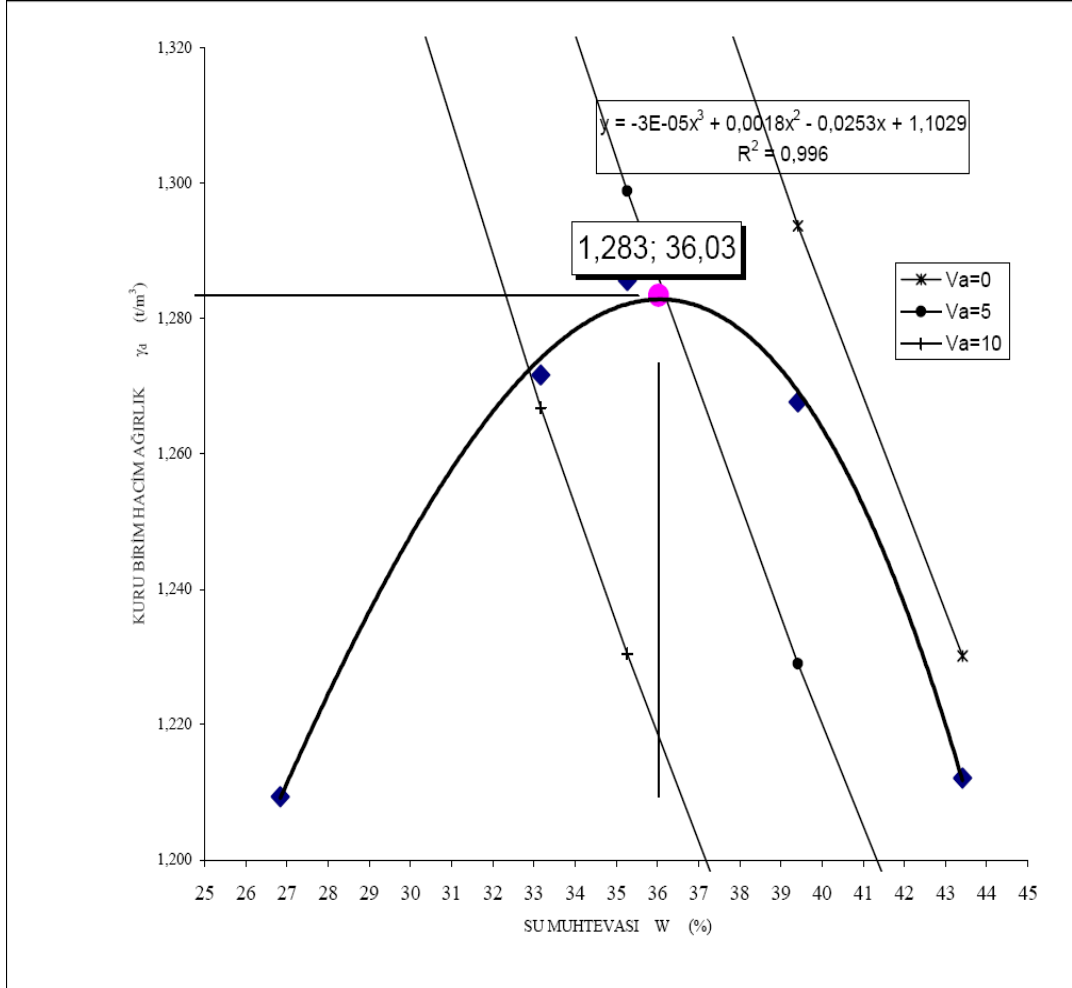


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Fırma
İşin adı
Sondaj / kuyu no
Numune adı / tipi **SK1 Doğal KİL + %1 KİREÇ**
Katki Kireç % si **1**
Sayı
Tarih

Kalıp Çapı cm **10,5**
Kalıp Yüksekliği cm **11,56**
Kalıp Ağırlığı gr **4461**
Kalıp Hacmi V cm³ **1001,0**
Gsortalama **2,640**
Gs KİL **2,643**
Gs KİREÇ **2,325**

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 36,03
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yaş Num. Ağ. (m) gr.	5996	6156	6202	6230	6201		
Yaş Birim Ağırlık $\gamma_n=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,534	1,693	1,739	1,767	1,738		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_n/(1+W)$ t/m ³	1,209	1,272	1,286	1,268	1,212		γ_d (t/m ³) 1,283
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							
Kap no							
Kap Ağırlığı (m) gr.	60,46	71,29	61,85	73,03	83,76		
Kap + Yaş Num. Ağ. (m) gr.	268,66	241,90	343,40	412,08	444,40		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m) gr.	224,60	199,41	270,00	316,22	335,23		
Su içeriği $W=(m_2-m_1)/m_3-m_1)*100$ %	26,84	33,16	35,26	39,42	43,41		



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-1, Kireç=%3)

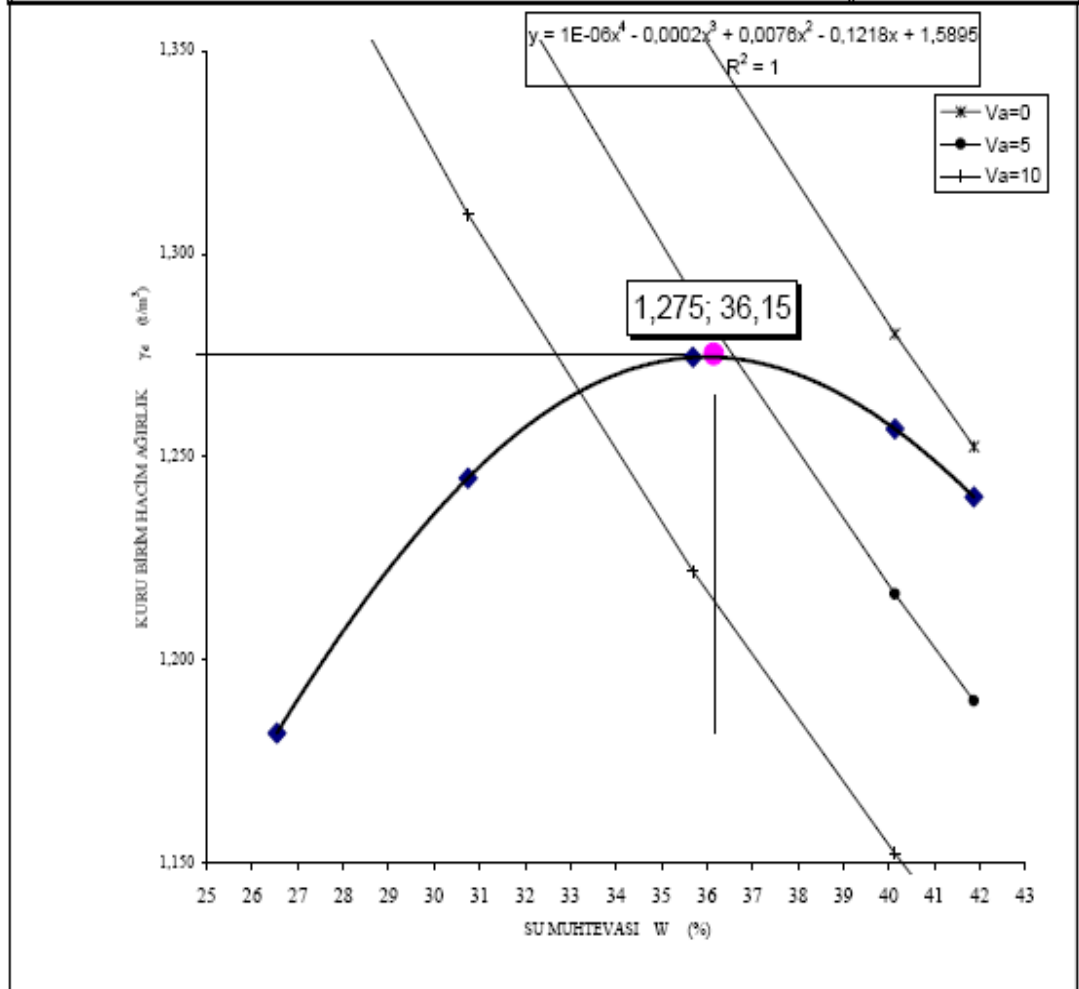


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Firma
İşin adı
Sondaj / kuyu no
Numune adı / tipi **SK1 Doğal KİL + %3 KİREÇ**
Katkı Kireç % si **3**
Sayı
Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
Kalıp Yüksekliği cm 11,56
Kalıp Ağırlığı gr 4461
Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
Gs ortalama 2,633
Gs KİL 2,643
Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 36,15 γ_d (t/m ³) 1,275
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yaş Num. Ağ. (m) gr.	5958	6090	6192	6224	6222		
Yaş Birim Ağırlık $\gamma_u=(m_u-m_k)/V$ t/m ³	1,496	1,627	1,729	1,761	1,759		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_u/(1+W)$ t/m ³	1,182	1,245	1,275	1,257	1,240		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							
Kap no							
Kap Ağırlığı (m) gr.	45,34	52,66	48,85	54,50	61,39		
Kap + Yaş Num. Ağ. (m) gr.	202,00	186,85	269,77	318,15	335,32		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m) gr.	169,14	155,30	211,67	242,64	254,48		
Su içeriği $W=(m_u-m_k)/(m_k-m_k)*100$ %	26,54	30,74	35,69	40,13	41,87		



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-1, Kireç=%5)



GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLojİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Form no

İşin adı

Sondaj / kuyu no

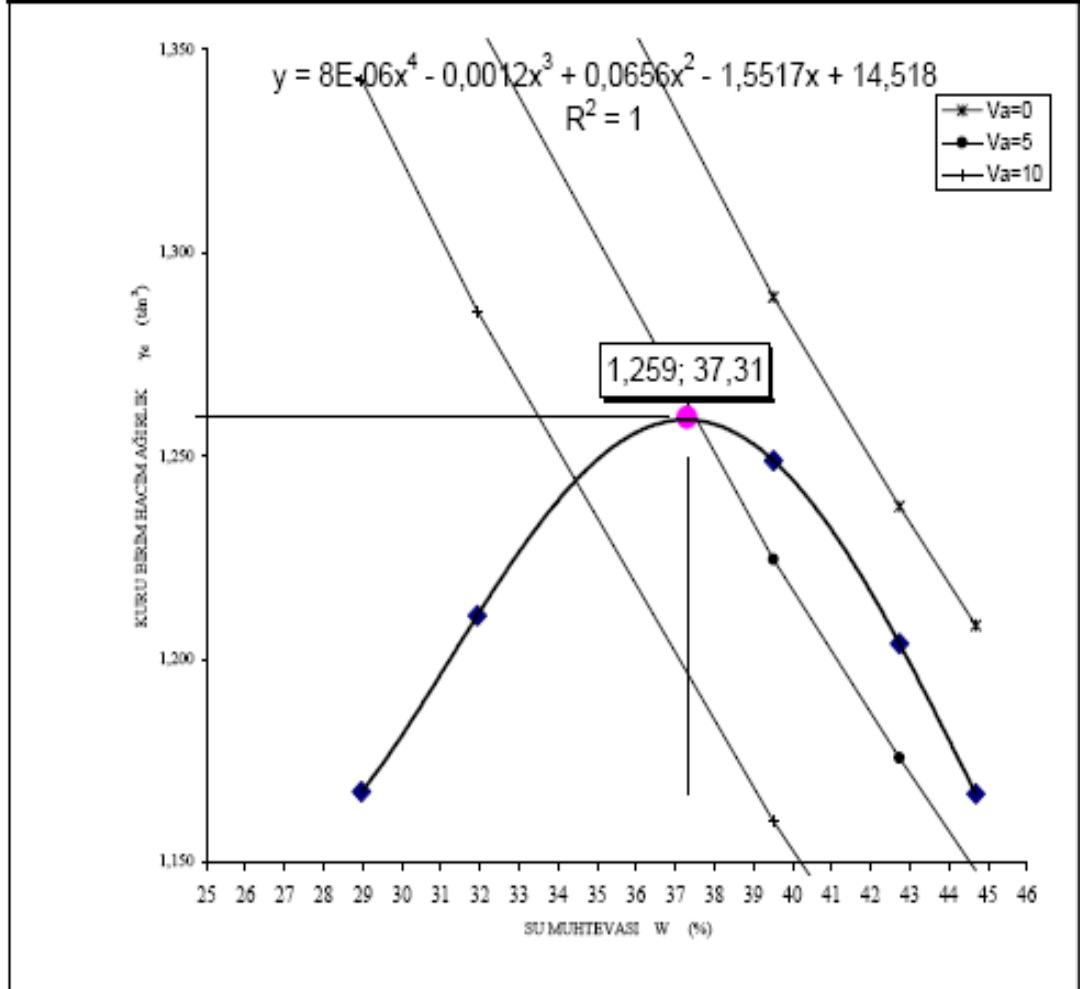
Numune adı / tipi **SK1 Doğal KİL + %5 KİREÇ**Katki Kireç % si **5**

Sayı

Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
 Kalıp Yüksekliği cm 11,56
 Kalıp Ağırlığı gr 4461
 Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
 Gs ortalaması 2,627
 Gs KİL 2,643
 Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt %
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağı. (m ₂) gr.	5968	6060	6205	6181	6151		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,506	1,597	1,742	1,718	1,688		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=m_1/(1+W)$ t/m ³	1,167	1,211	1,249	1,204	1,167		37,31
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³)
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	54,00	55,33	48,31	54,72	59,72		
Kap + Yağ Num. Ağı. (m ₂) gr.	200,99	181,80	263,11	319,16	404,00		
Kap + Kuru Num. Ağı. (m ₃) gr.	167,97	151,19	202,27	239,99	297,66		
Su içeriği $W=(m_2-m_3)/m_3-m_1)*100$ %	28,97	31,94	39,51	42,74	44,69		1,259



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-1, Kireç=%7)

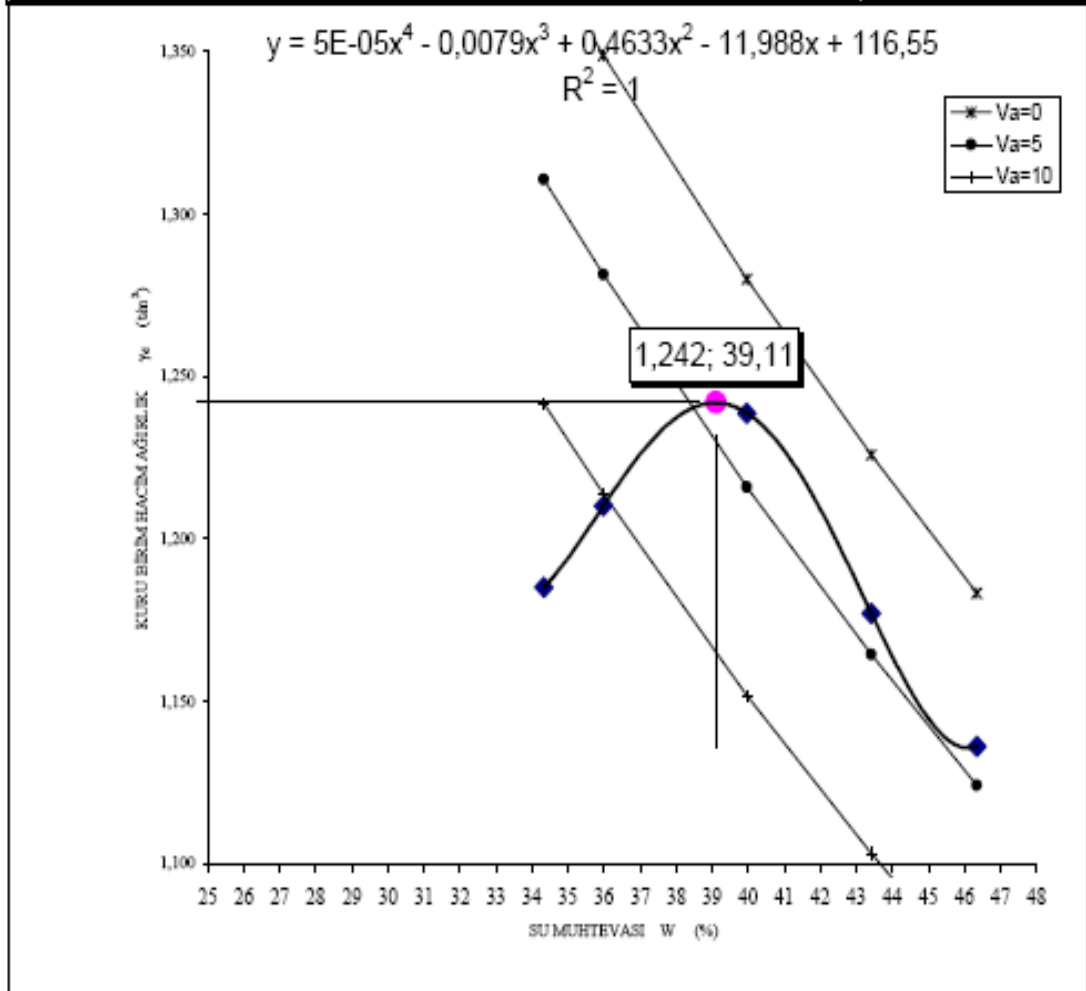


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Numune adı
 İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK1 Doğal KİL + %7 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **7**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm **10,5**
 Kalıp Yüksekliği cm **11,56**
 Kalıp Ağırlığı gr **4461**
 Kalıp Hacmi V cm³ **1001,0**
 Gsortalama **2,621**
 Gs KİL **2,643**
 Gs KİREÇ **2,325**

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 39,11
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağ. (m ₁) gr.	6054	6108	6197	6151	6126		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,592	1,646	1,734	1,688	1,663		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=m_3/(1+W)$ t/m ³	1,185	1,210	1,239	1,177	1,136		γ_d (t/m ³) 1,242
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	48,84	52,49	44,02	56,19	51,90		
Kap + Yağ Num. Ağ. (m ₂) gr.	198,97	190,28	272,20	315,12	337,34		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m ₃) gr.	160,61	153,82	207,04	236,73	246,96		
Su içeriği $W=(m_2-m_3)/(m_3-m_1)*100$ %	34,32	35,98	39,97	43,42	46,34		



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-1, Kireç=%9)

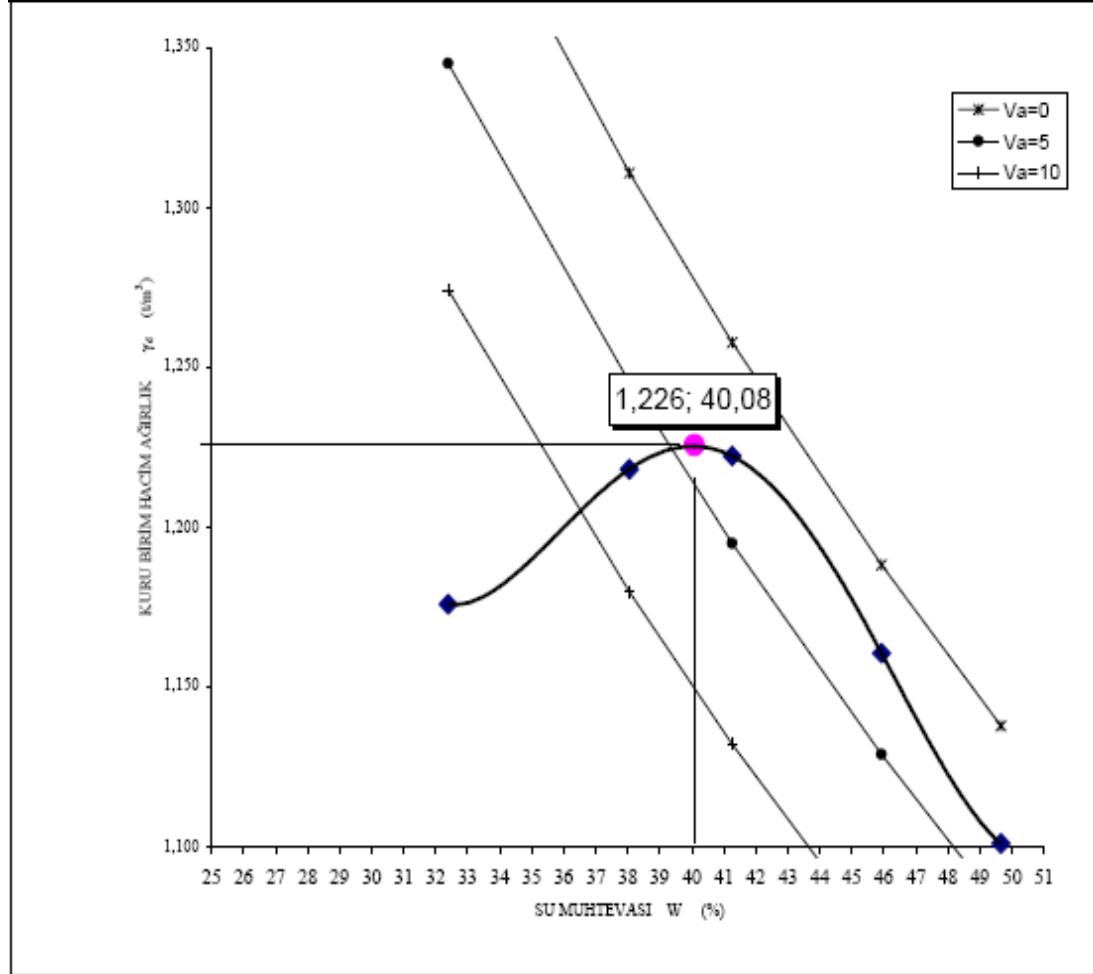


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Fırma
İşin adı
Sondaj / kuyu no
Numune adı / tipi **SK1 Doğal KİL + %9 KİREÇ**
Katkı Kireç % si **9**
Sayı
Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
Kalıp Yüksekliği cm 11,56
Kalıp Ağırlığı gr 4461
Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
Gsortalama 2,614
Gs KİL 2,643
Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt %
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yaş Num. Ağ. (m) gr.	6019	6144	6189	6156	6110		
Yaş Birim Ağırlık $\gamma_w = (m_s - m_d) / V$ t/m ³	1,557	1,681	1,726	1,693	1,647		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d = \gamma_w / (1 + W)$ t/m ³	1,176	1,218	1,222	1,161	1,101		40,08
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³)
Kap no							
Kap Ağırlığı (m) gr.	61,95	59,87	62,13	60,41	61,00		
Kap + Yaş Num. Ağ. (m) gr.	278,76	320,17	304,01	337,34	409,05		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m) gr.	225,72	248,44	233,36	250,20	293,59		1,226
Su içeriği $W = (m_w - m_s) / m_s \cdot 100$ %	32,38	38,04	41,26	45,92	49,64		



EK-4. Standart Proktordeney sonuçları (SK-2, Kireç=%0)

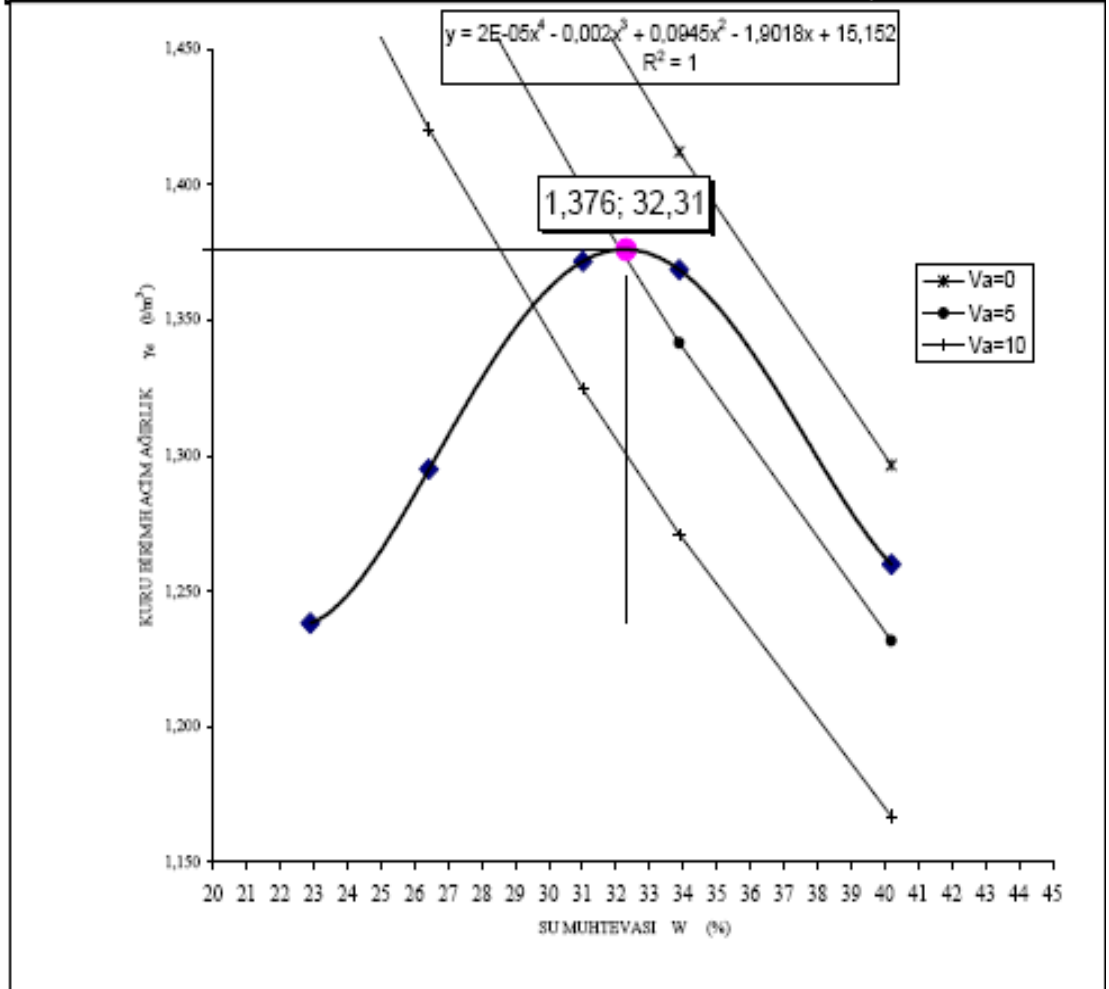


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Numune adı / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK2 Doğal KİL**
 Katkı Kireç % si **0**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm **10,5**
 Kalıp Yüksekliği cm **11,56**
 Kalıp Ağırlığı gr **4461**
 Kalıp Hacmi V cm³ **1001,0**
 Gsortalama **2,708**
 Gs KİL **2,708**
 Gs KİREÇ **2,325**

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 32,31
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağ. (m ₁) gr.	5984	6100	6260	6295	6229		
Yağ Birim Ağırlık γ _m =(m ₁ -m ₀)/V t/m ³	1,522	1,637	1,797	1,832	1,766		
Kuru Birim Ağırlık γ _d =γ _m /(1+W) t/m ³	1,238	1,295	1,372	1,369	1,260		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ _d (t/m ³) 1,376
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₀) gr.	57,08	62,40	60,18	59,25	62,34		
Kap + Yağ Num. Ağ. (m ₁) gr.	165,64	192,10	213,11	234,32	278,26		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m ₂) gr.	145,41	164,98	176,90	190,01	216,34		
Su içeriği W=(m ₁ -m ₂)/(m ₂ -m ₀)*100 %	22,90	26,43	31,02	33,88	40,20		



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-2, Kireç=%1)

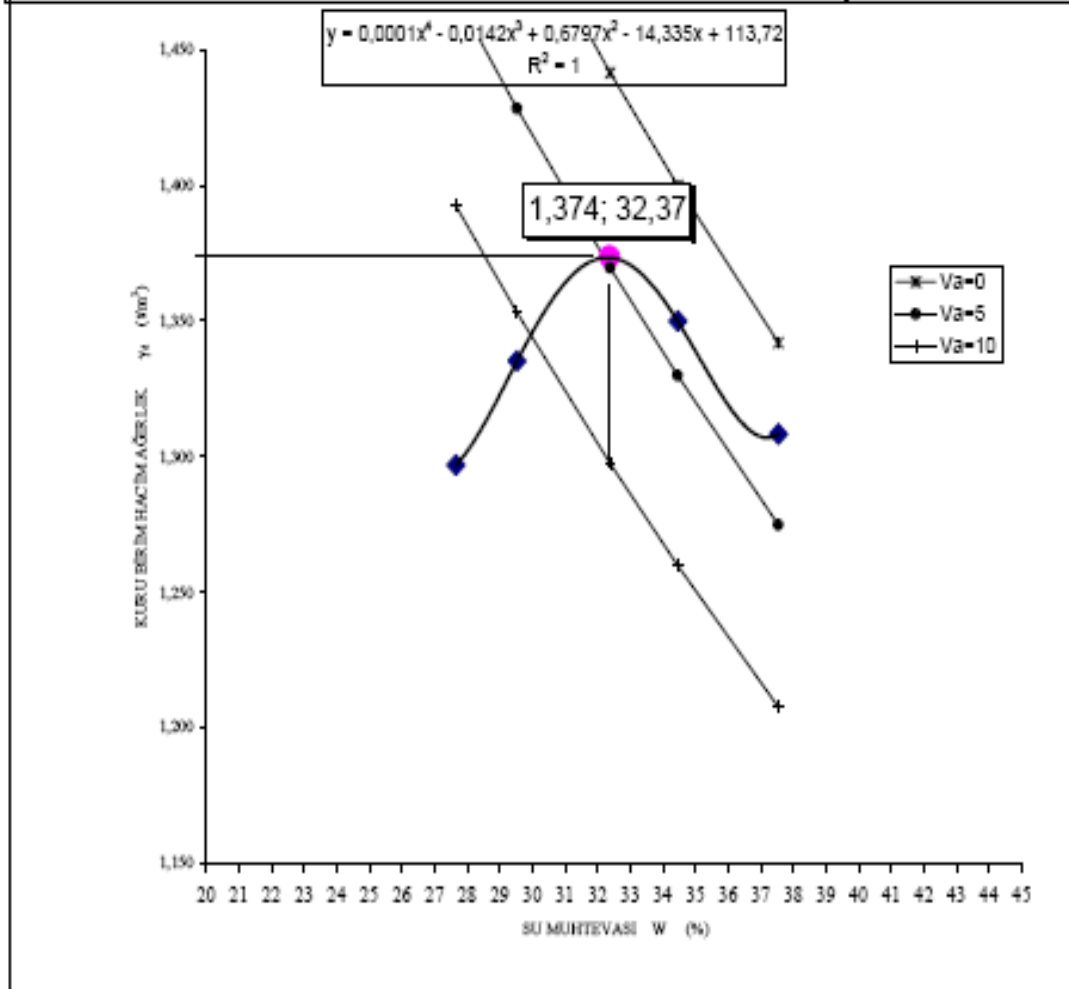


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Numune
 İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK2 Doğal KİL + %1 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **1**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
 Kalıp Yüksekliği cm 11,56
 Kalıp Ağırlığı gr 4461
 Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
 Gs ortalaması 2,704
 Gs KİL 2,708
 Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt %
Dinçey No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağ. (m) gr.	6118	6192	6281	6278	6262		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,656	1,730	1,818	1,815	1,800		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_w/(1+W)$ t/m ³	1,297	1,335	1,373	1,350	1,308		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³)
Kap no							
Kap Ağırlığı (m) gr.	58,05	57,99	61,69	61,77	58,61		
Kap + Yağ Num. Ağ. (m) gr.	163,62	213,31	229,27	236,34	226,24		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m) gr.	140,75	177,90	188,27	191,61	180,49		
Bu içeriği $W=(m_2-m_1)/(m_1-m_0)*100$ %	27,65	29,53	32,39	34,45	37,54		
							1,374



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-2, Kireç=%3)

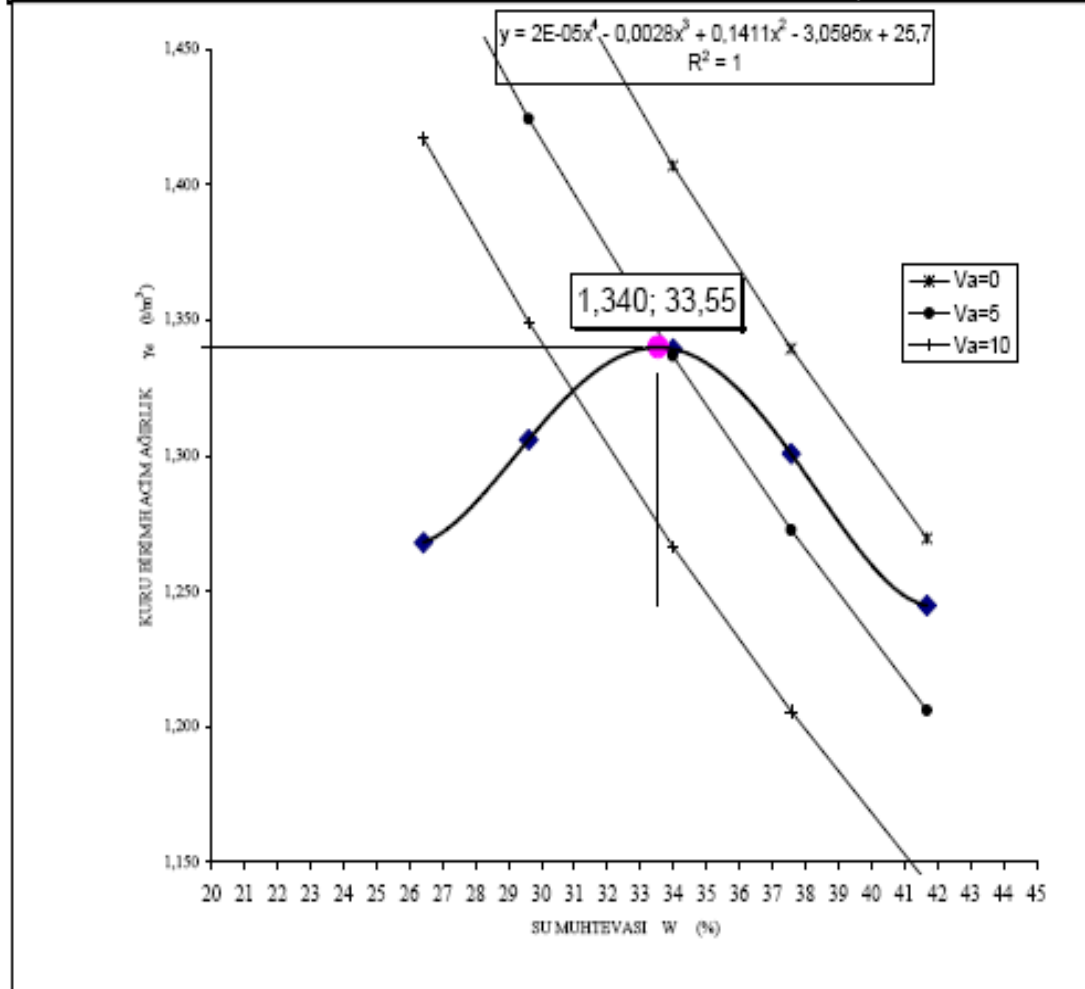


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Deney No
 İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK2 Doğal KİL + % 3 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **3**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm **10,5**
 Kalıp Yüksekliği cm **11,56**
 Kalıp Ağırlığı gr **4461**
 Kalıp Hacmi V cm³ **1001,0**
 Gsortalama **2,697**
 Gs KİL **2,708**
 Gs KİREÇ **2,325**

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 33,55
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağ. (m ₁) gr.	6066	6155	6257	6252	6226		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,603	1,693	1,795	1,789	1,764		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_w/(1+W)$ t/m ³	1,268	1,306	1,339	1,301	1,245		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³) 1,340
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	58,05	57,99	61,69	61,77	58,61		
Kap + Yağ Num. Ağ. (m ₂) gr.	162,61	213,41	231,29	240,38	231,29		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m ₃) gr.	140,75	177,90	188,27	191,61	180,49		
Su içeriği $W=(m_2-m_3)/(m_3-m_1)*100$ %	26,43	29,62	33,98	37,57	41,68		



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-2, Kireç=%5)

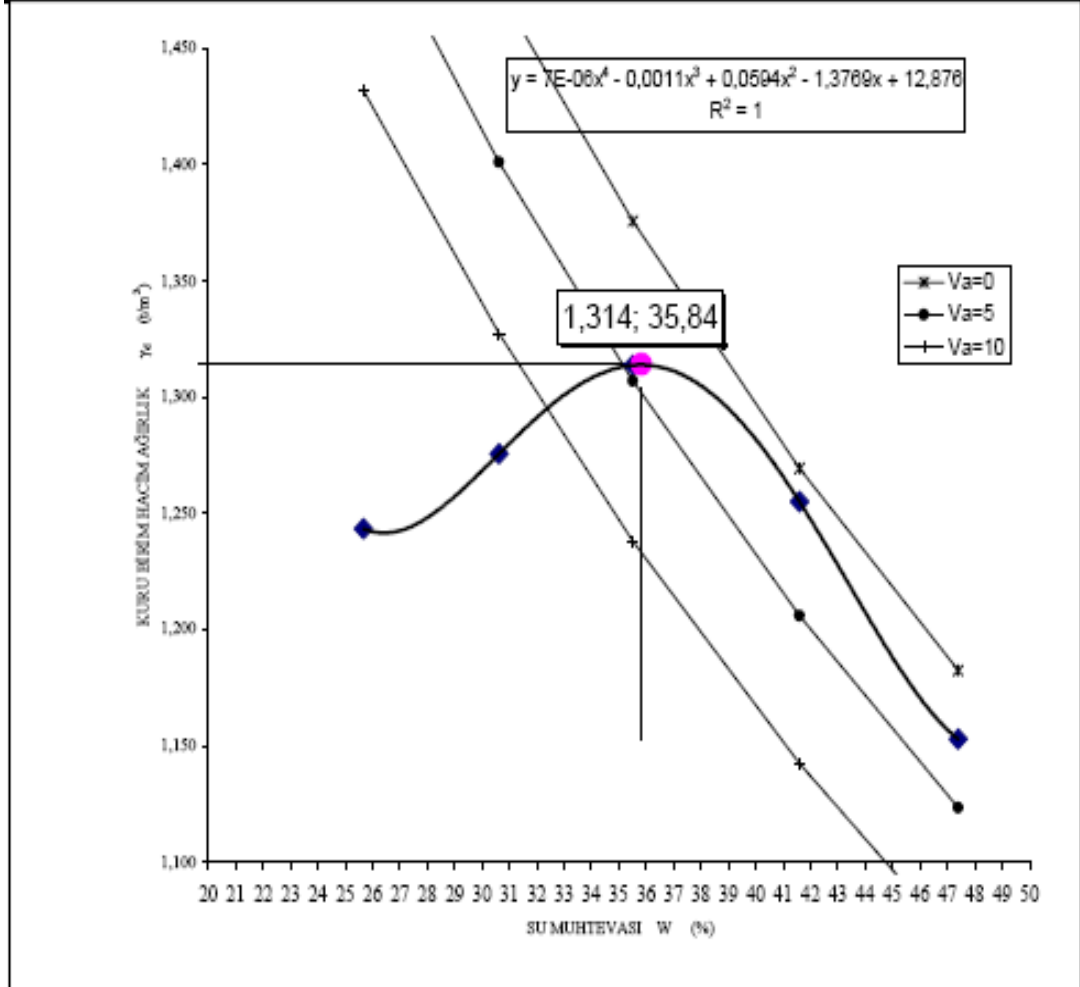


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

İşin adı
 Sondaj / kuru no
 Numune adı / tipi **SK2 Doğal KİL + % 5 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **5**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
 Kalıp Yüksekliği cm 11,56
 Kalıp Ağırlığı gr 4461
 Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
 Gs ortalama 2,689
 Gs KİL 2,708
 Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 35,84
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağı. (m ₂) gr.	6025	6129	6243	6240	6162		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,562	1,666	1,780	1,777	1,699		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_w/(1+W)$ t/m ³	1,243	1,276	1,314	1,255	1,153		γ_d (t/m ³) 1,314
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	61,88	58,12	62,41	59,32	79,20		
Kap + Yağ Num. Ağı. (m ₂) gr.	189,73	204,27	194,93	222,78	254,27		
Kap + Kuru Num. Ağı. (m ₃) gr.	163,62	170,01	160,21	174,76	197,98		
Su içeriği $W=(m_2-m_1)/m_3-m_1*100$ %	25,66	30,62	35,51	41,59	47,39		



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-2, Kireç=%7)

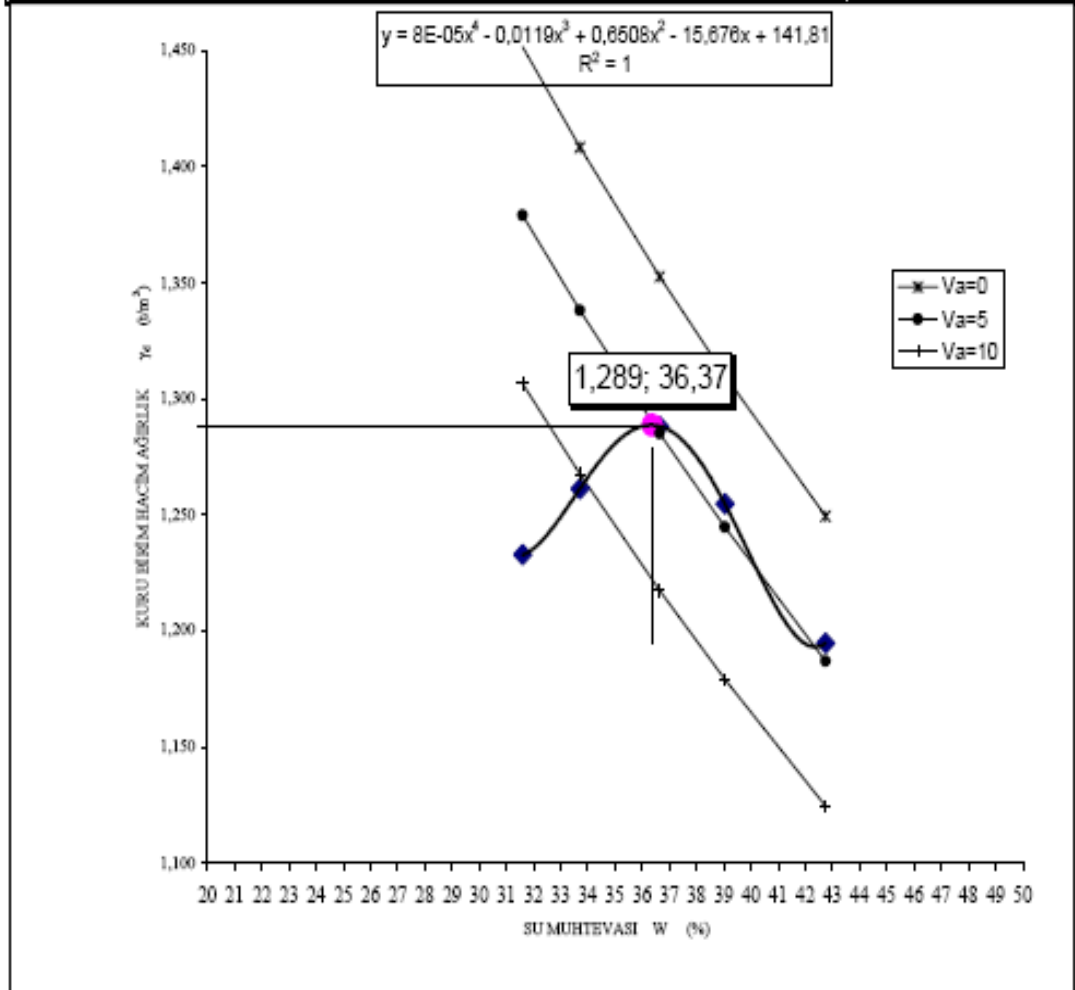


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Form No
 İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK2 Doğal KİL + % 7 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **7**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
 Kalıp Yüksekliği cm 11,56
 Kalıp Ağırlığı gr 4461
 Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
 Gsortalama 2,681
 Gs KİL 2,708
 Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt %
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağı. (m) gr.	6085	6149	6223	6207	6168		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w = (m_2 - m_1)/V$ t/m ³	1,622	1,687	1,760	1,745	1,705		36,37
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d = m_3/(1+W)$ t/m ³	1,233	1,261	1,288	1,255	1,195		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³)
Kap no							
Kap Ağırlığı (m) gr.	59,04	59,83	59,94	58,34	56,27		
Kap + Yağ Num. Ağı. (m) gr.	236,47	224,42	232,26	189,14	220,13		
Kap + Kuru Num. Ağı. (m) gr.	193,87	182,93	186,05	152,42	171,07		
Su içeriği $W = (m_2 - m_3)/(m_3 - m_1) \cdot 100$ %	31,59	33,71	36,64	39,03	42,74		1,289



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-2, Kireç=%9)

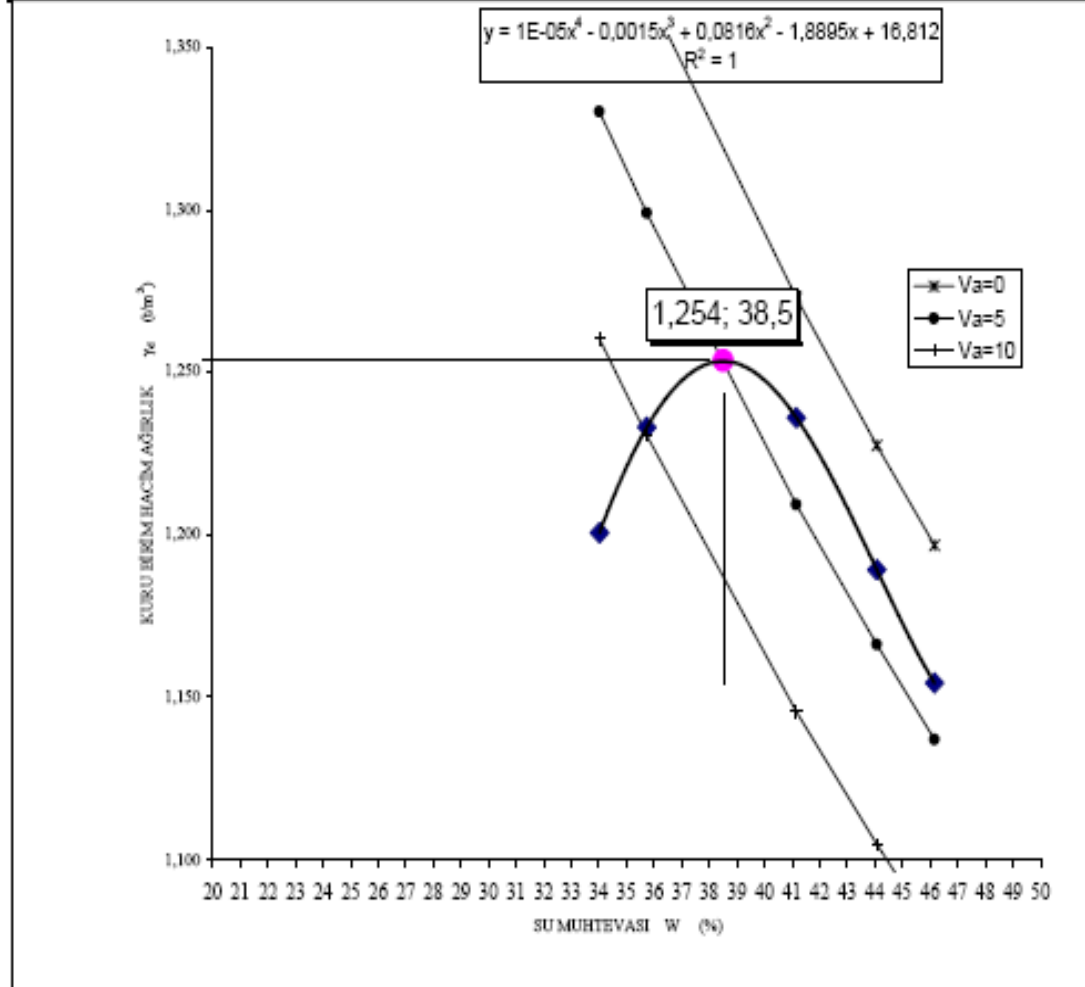


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Numune adı / kuyu no
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK2 Doğal KİL + % 9 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **9**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
 Kalıp Yüksekliği cm 11,56
 Kalıp Ağırlığı gr 4461
 Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
 Gsortalama 2,674
 Gs KİL 2,708
 Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 38,5
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağı. (m ₂) gr.	6071	6136	6207	6176	6150		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,609	1,674	1,745	1,713	1,687		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=m/(1+W)$ t/m ³	1,201	1,233	1,236	1,189	1,154		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³) 1,254
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	55,89	56,90	56,58	59,87	56,28		
Kap + Yağ Num. Ağı. (m ₂) gr.	187,21	179,45	228,92	208,55	191,09		
Kap + Kuru Num. Ağı. (m ₃) gr.	153,88	147,19	178,67	163,08	148,52		
Su içeriği $W=(m_2-m_3)/(m_3-m_1)*100$ %	34,01	35,73	41,15	44,06	46,16		



EK-4. Standart Proktordeney sonuçları (SK-3, Kireç=%0)

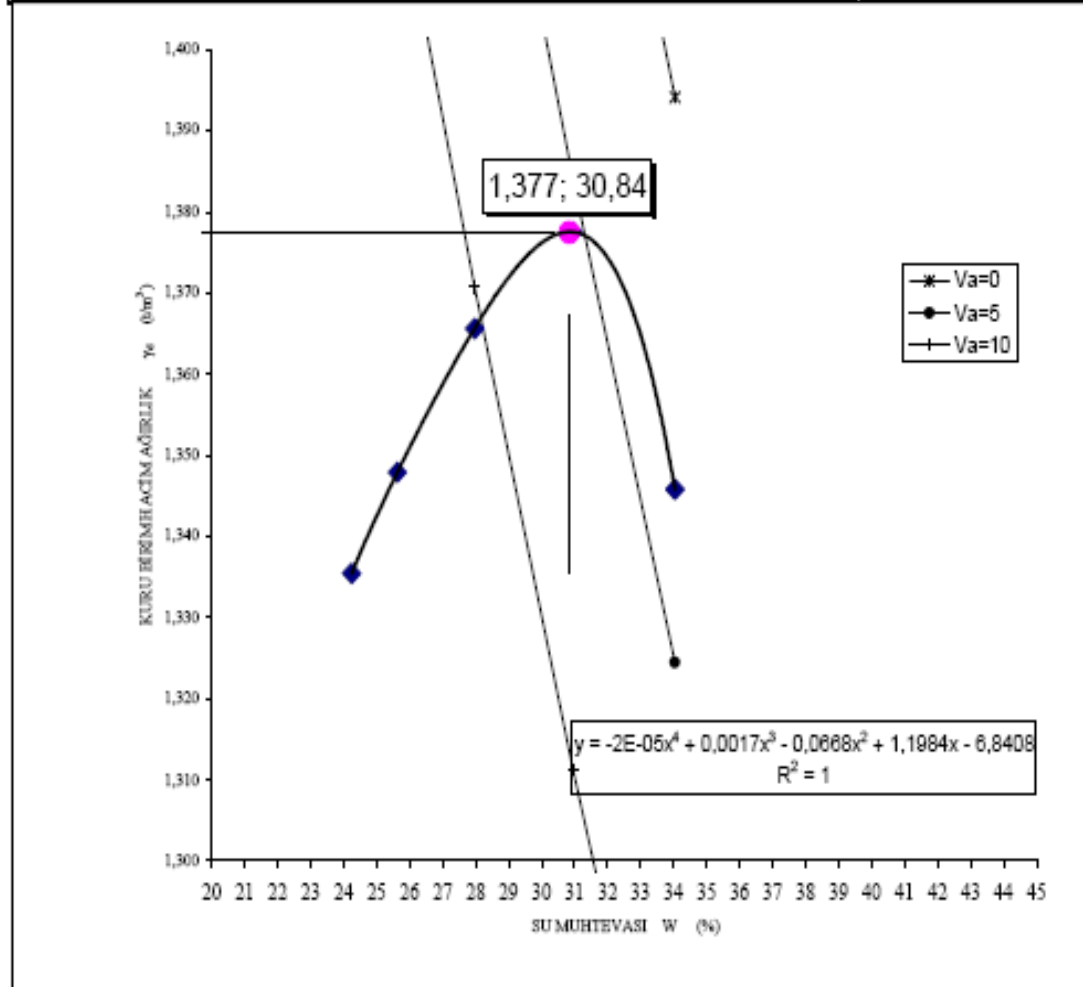


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Numune adı / kuyu no
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK3 Doğal KİL**
 Katkı Kireç % si **0**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm **10,5**
 Kalıp Yüksekliği cm **11,56**
 Kalıp Ağırlığı gr **4461**
 Kalıp Hacmi V cm³ **1001,0**
 Gsortalama **2,653**
 Gs KİL **2,653**
 Gs KİREÇ **2,325**

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 30,84
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağı. (m ₂) gr.	6122	6156	6210	6267	6267		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,659	1,693	1,748	1,804	1,804		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_w/(1+W)$ t/m ³	1,335	1,348	1,366	1,378	1,346		γ_d (t/m ³) 1,377
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	56,46	56,21	57,75	56,88	55,71		
Kap + Yağ Num. Ağı. (m ₂) gr.	260,54	311,24	279,23	285,10	307,43		
Kap + Kuru Num. Ağı. (m ₃) gr.	220,72	259,21	230,83	231,16	243,51		
Su içeriği $W=(m_2-m_3)/(m_3-m_1)*100$ %	24,24	25,63	27,97	30,95	34,04		



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-3, Kireç=%1)

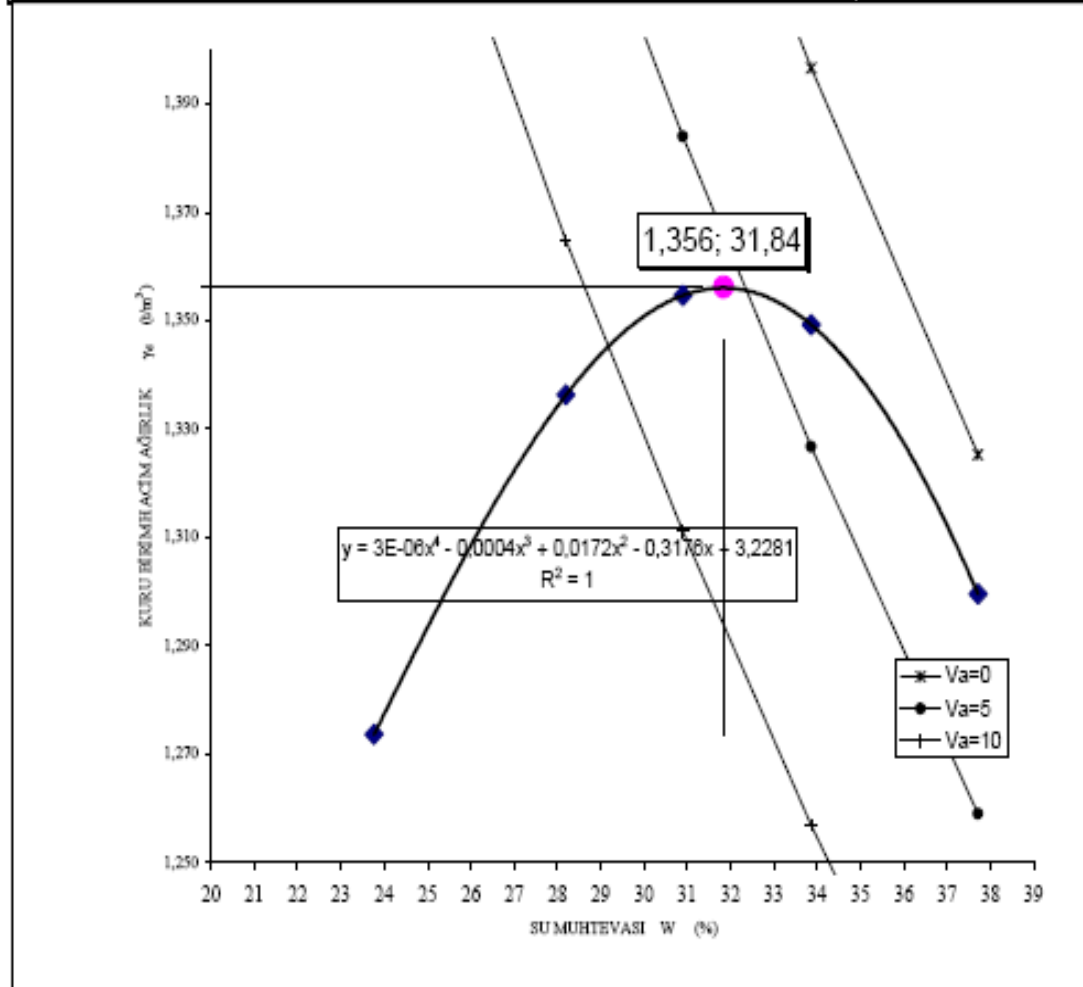


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLOJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK3 Doğal KİL + % 1 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **1**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
 Kalıp Yüksekliği cm 11,56
 Kalıp Ağırlığı gr 4461
 Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
 Gsortalama 2,650
 Gs KİL 2,653
 Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 31,84
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağı. (m ₂) gr.	6039	6176	6236	6269	6252		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,576	1,713	1,773	1,806	1,790		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_w/(1+W)$ t/m ³	1,274	1,336	1,355	1,349	1,300		γ_d (t/m ³) 1,356
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	54,87	56,91	56,47	56,20	57,77		
Kap + Yağ Num. Ağı. (m ₂) gr.	167,81	200,79	214,37	227,95	203,70		
Kap + Kuru Num. Ağı. (m ₃) gr.	146,12	169,14	177,09	184,50	163,74		
Su içeriği $W=(m_2-m_3)/(m_3-m_1)*100$ %	23,77	28,20	30,90	33,86	37,72		



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-3, Kireç=%3)

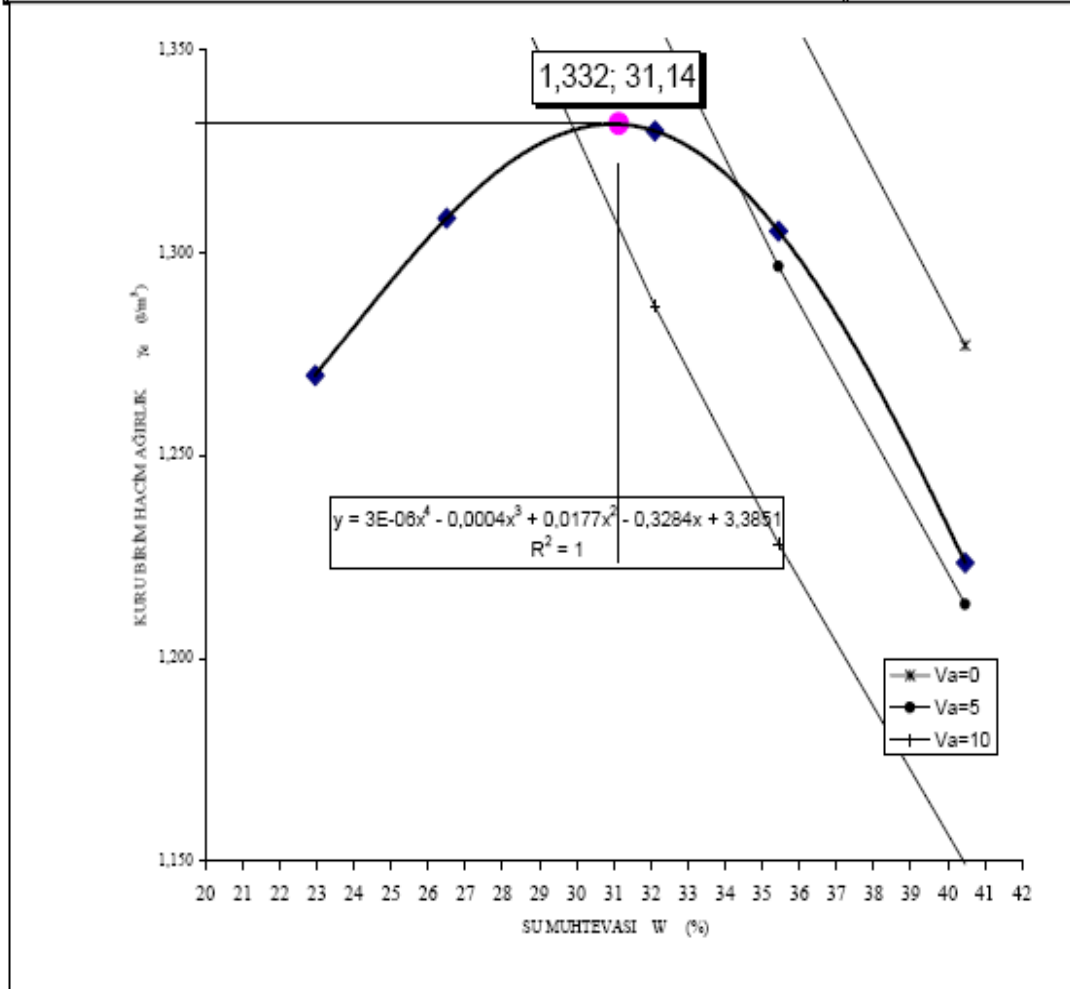


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Deney No
 İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK3 Doğal KİL + % 3 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **3**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
 Kalıp Yüksekliği cm 11,56
 Kalıp Ağırlığı gr 4461
 Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
 Gs ortalama 2,643
 Gs KİL 2,653
 Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 31,14
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yaş Num. Ağı. (m) gr.	6024	6118	6220	6231	6181		
Yaş Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_s-m_e)/V$ t/m ³	1,561	1,655	1,757	1,768	1,719		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_w/(1+W)$ t/m ³	1,270	1,308	1,330	1,305	1,224		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³) 1,332
Kap no							
Kap Ağırlığı (m) gr.	54,86	56,92	56,46	56,20	57,77		
Kap + Yaş Num. Ağı. (m) gr.	205,26	191,80	196,43	192,55	178,48		
Kap + Kuru Num. Ağı. (m) gr.	177,19	163,54	162,41	156,87	143,71		
Su içeriği $W=(m_s-m_d)/(m_s-m_d)*100$ %	22,95	26,50	32,11	35,44	40,47		



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-3, Kireç=%5)

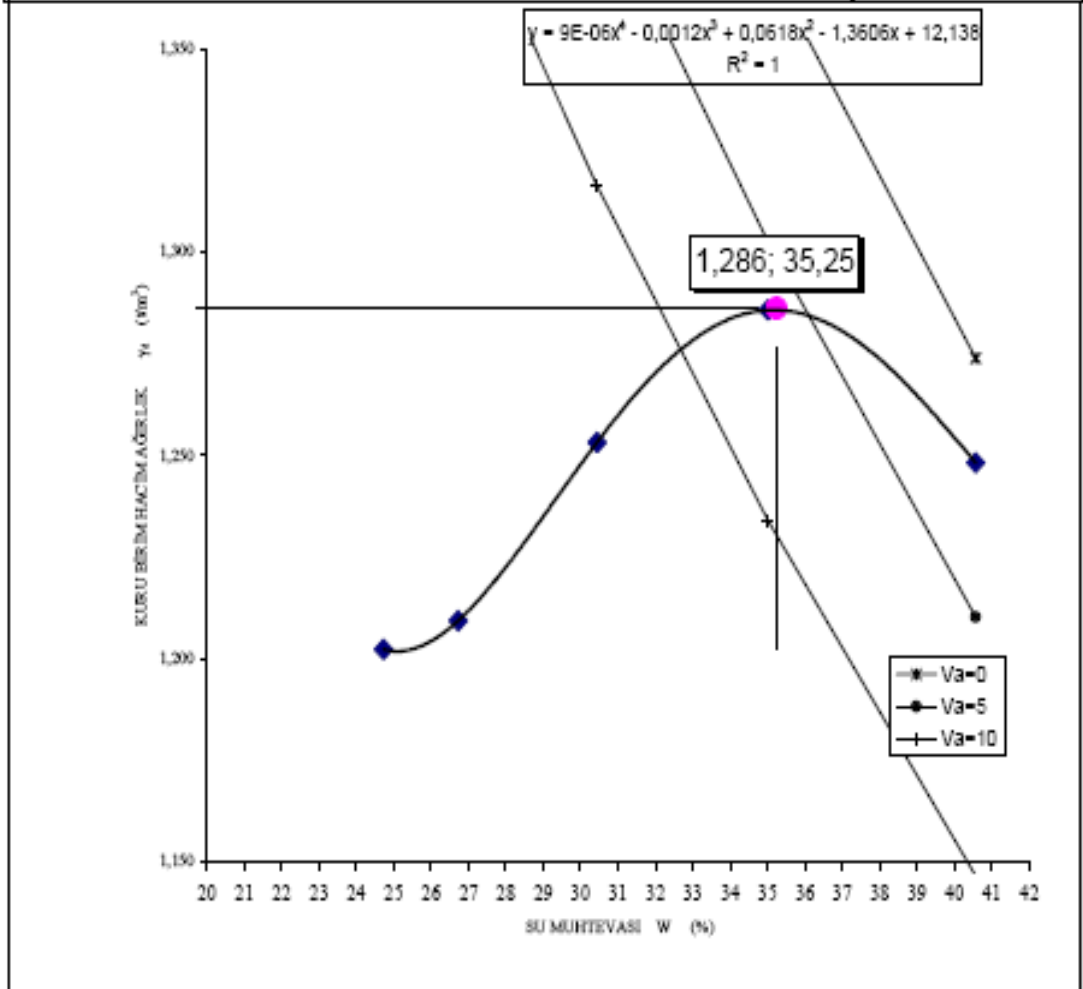


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SİKİŞTİRMA DENEYİ

Forma
 İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK3 Doğal KİL + % 5 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **5**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
 Kalıp Yüksekliği cm 11,56
 Kalıp Ağırlığı gr 4461
 Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
 Gsortalama 2,637
 Gs KİL 2,653
 Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 35,25
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağ. (m) gr.	5962	5995	6097	6199	6217		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,500	1,533	1,635	1,736	1,755		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_w/(1+W)$ t/m ³	1,202	1,209	1,253	1,286	1,248		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³) 1,286
Kap no							
Kap Ağırlığı (m) gr.	54,87	56,91	56,47	56,20	57,77		
Kap + Yağ Num. Ağ. (m) gr.	202,25	207,10	225,53	214,37	208,55		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m) gr.	173,03	175,42	186,08	173,36	165,04		
Bu içeriği $W=(m_2-m_1)/(m_2-m_1)*100$ %	24,73	26,72	30,44	35,01	40,57		



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-3, Kireç=%7)

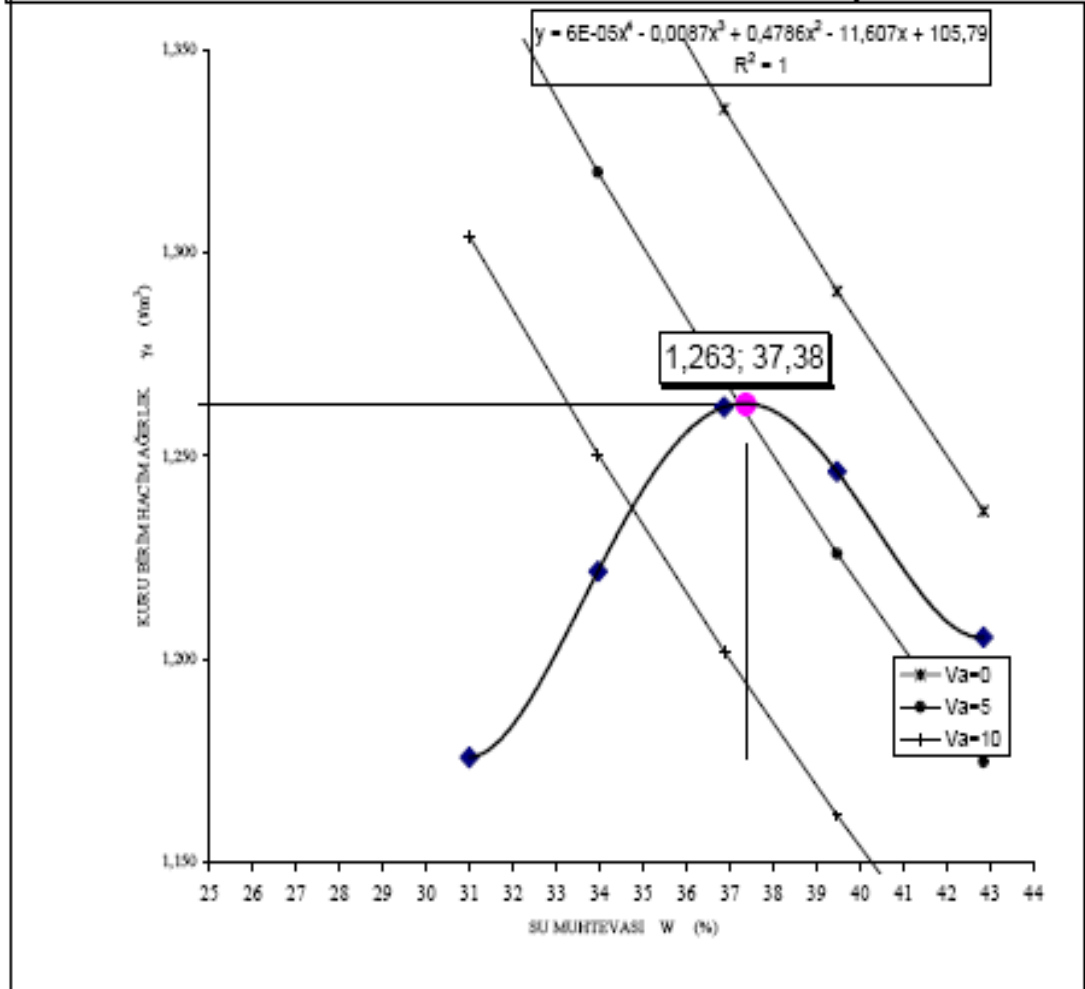


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLojİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Forma
İşin adı
Sondaj / kuyu no
Numune adı / tipi **SK3 Doğal KİL + % 7 KİREÇ**
Katı Kireç % si **7**
Sayı
Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
Kalıp Yüksekliği cm 11,56
Kalıp Ağırlığı gr 4461
Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
G_s KİL 2,630
G_s KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt %
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yaş Num. Ağ. (m) gr.	6003	6099	6190	6201	6185		
Yaş Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,540	1,636	1,727	1,738	1,722		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_w/(1+W)$ t/m ³	1,176	1,222	1,262	1,246	1,205		37,38
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³)
Kap no							
Kap Ağırlığı (m) gr.	56,91	56,47	56,20	57,77	56,89		
Kap + Yaş Num. Ağ. (m) gr.	207,58	252,20	232,02	228,92	220,19		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m) gr.	171,93	202,58	184,67	180,49	171,21		
Bu içeriği $W=(m_2-m_1)/(m_2-m_1)*100$ %	30,99	33,96	36,86	39,47	42,85		1,263



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-3, Kireç=%9)

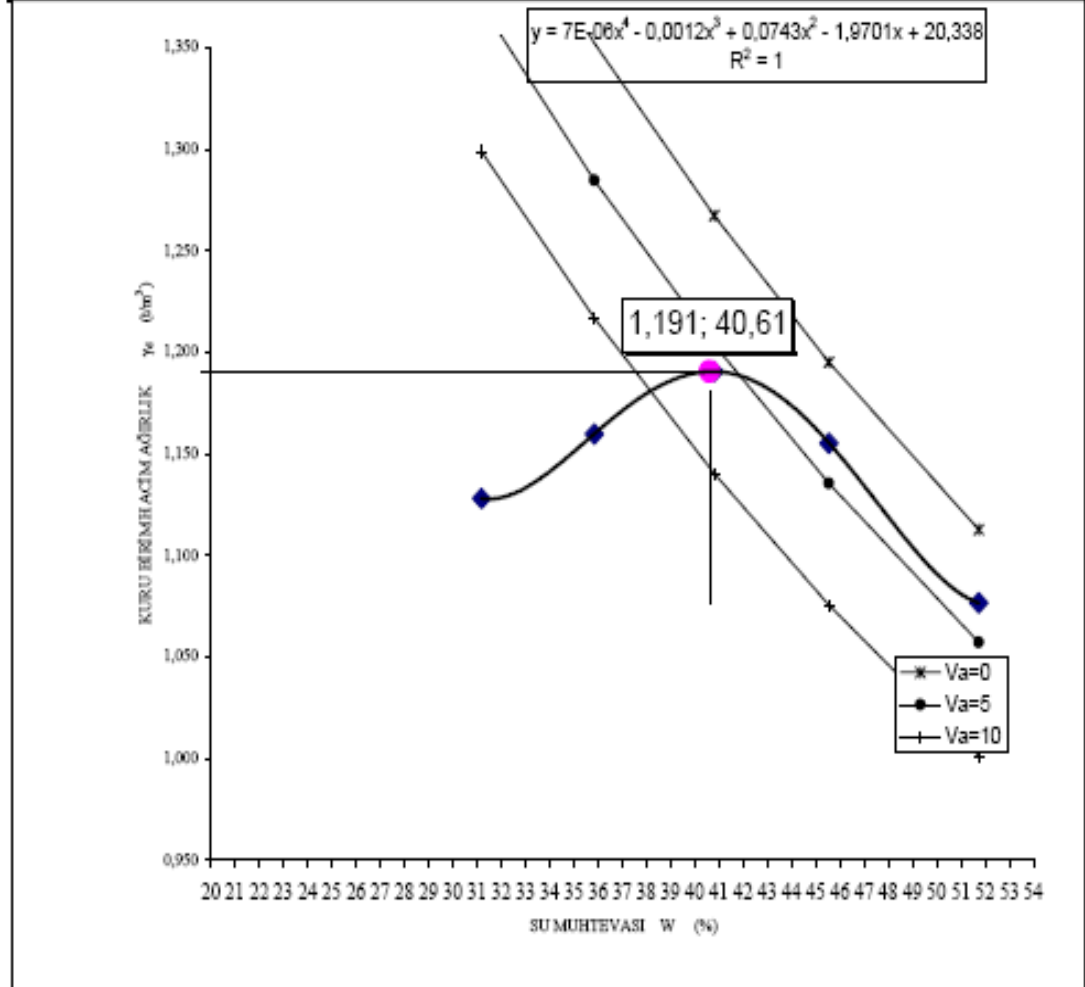


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK3 Doğal KİL + % 9 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **9**
 Sayı
 Tarih

Kalup Çapı cm 10,5
 Kalup Yüksekliği cm 11,56
 Kalup Ağırlığı gr 4461
 Kalup Hacmi V cm³ 1001,0
 Gsortalama 2,623
 Gs KİL 2,653
 Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt %
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalup + Yağ Num. Ağ. (m ₁) gr.	5942	6038	6139	6144	6096		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w = (m_2 - m_1) / V$ t/m ³	1,480	1,575	1,676	1,682	1,634		40,61
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d = \gamma_w / (1 + W)$ t/m ³	1,128	1,160	1,190	1,155	1,077		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³)
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	54,86	56,92	56,46	56,20	57,77		
Kap + Yağ Num. Ağ. (m ₂) gr.	215,34	201,76	205,64	202,73	188,18		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m ₃) gr.	177,19	163,54	162,41	156,87	143,71		
Su içeriği $W = (m_2 - m_3) / (m_3 - m_1) * 100$ %	31,19	35,84	40,81	45,56	51,76		1,191



EK-4. Standart Proktordeney sonuçları (SK-4, Kireç=%0)

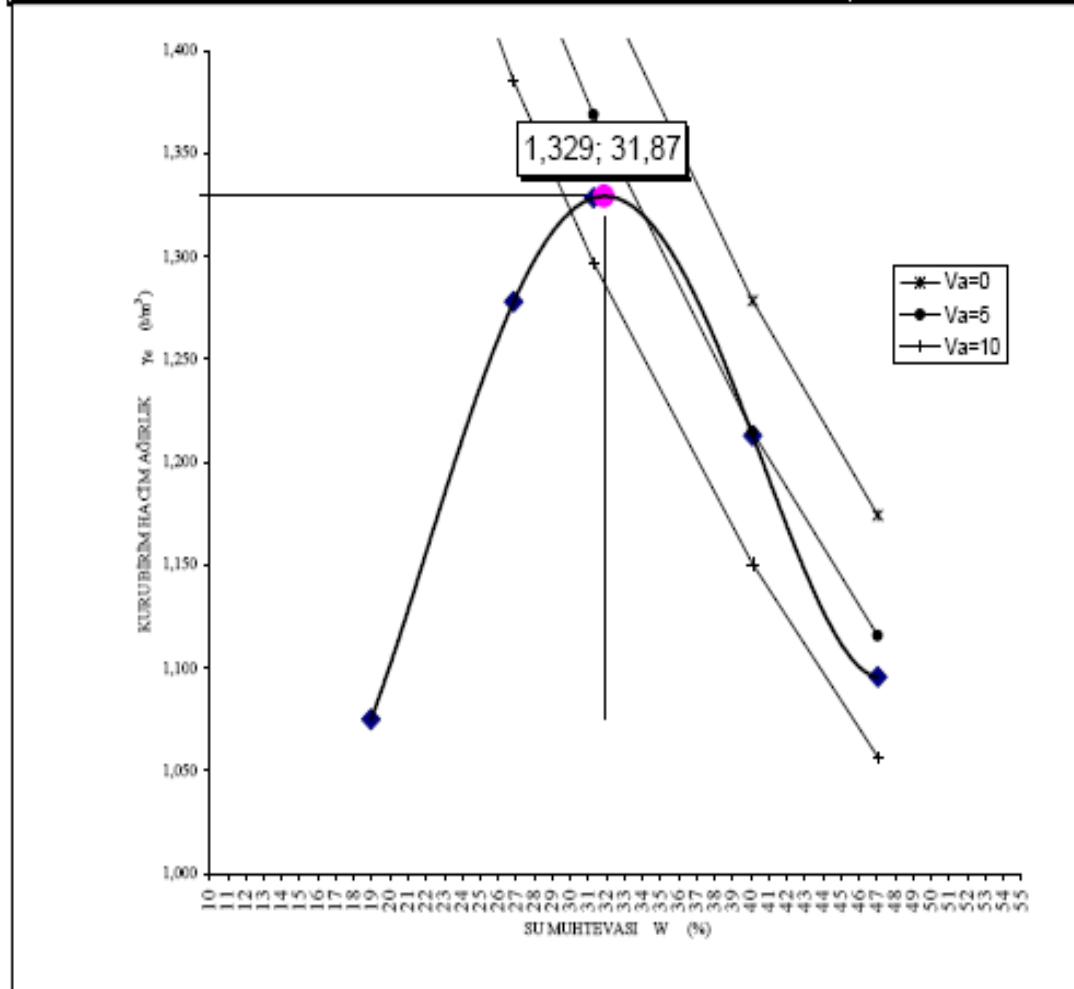


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLojİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Deney No
 İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK4 Doğal KİL**
 Katkı Kireç % si **0**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm **10,5**
 Kalıp Yüksekliği cm **11,56**
 Kalıp Ağırlığı gr **4461**
 Kalıp Hacmi V cm³ **1001,0**
 Gsortalama **2,624**
 Gs KİL **2,624**
 Gs KİREÇ **2,325**

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt %
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağı. (m ₁) gr.	5741	6084	6207	6162	6074		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w = (m_1 - m_2) / V$ t/m ³	1,279	1,621	1,744	1,699	1,611		31,87
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d = \gamma_w / (1 + W)$ t/m ³	1,075	1,278	1,328	1,213	1,096		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³)
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	56,86	55,69	56,55	55,68	55,26		
Kap + Yağ Num. Ağı. (m ₂) gr.	139,68	185,27	198,85	184,30	222,13		
Kap + Kuru Num. Ağı. (m ₃) gr.	126,49	157,83	164,94	147,48	168,74		
Su içeriği $W = (m_2 - m_3) / (m_3 - m_1) * 100$ %	18,95	26,87	31,29	40,11	47,05		1,329



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-4, Kireç=%1)

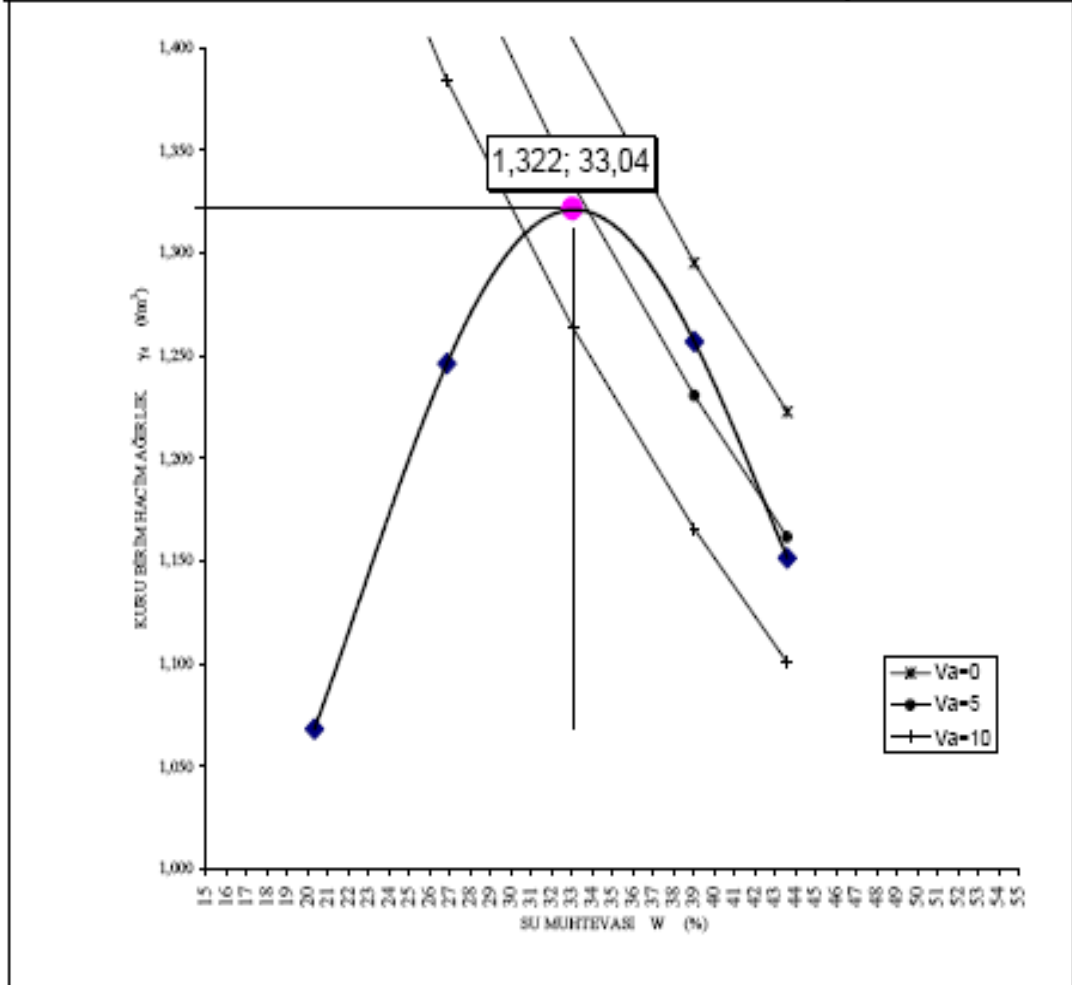


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SİKİŞTİRMA DENEYİ

Yerleşim
 İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK4 Doğal KİL + % 1 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **1**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
 Kalıp Yüksekliği cm 11,56
 Kalıp Ağırlığı gr 4461
 Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
 Gs ortalaması 2,621
 Gs KİL 2,624
 Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							W _{opt} %
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağı. (m) gr.	5748	6044	6221	6230	6117		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_m = (m_2 - m_1)/V$ t/m ³	1,285	1,581	1,758	1,748	1,654		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d = \gamma_m / (1 + W)$ t/m ³	1,068	1,246	1,321	1,257	1,152		33,04
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³)
Kap no							
Kap Ağırlığı (m) gr.	56,57	55,40	56,26	55,39	54,98		
Kap + Yağ Num. Ağı. (m) gr.	139,93	184,32	199,76	182,39	217,13		
Kap + Kuru Num. Ağı. (m) gr.	125,84	157,02	164,09	146,72	167,87		
Ba. ıçerığı $W = (m_2 - m_1) / m_1 \cdot 100$ %	20,34	26,87	33,08	39,05	43,63		1,322



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-4, Kireç=%3)

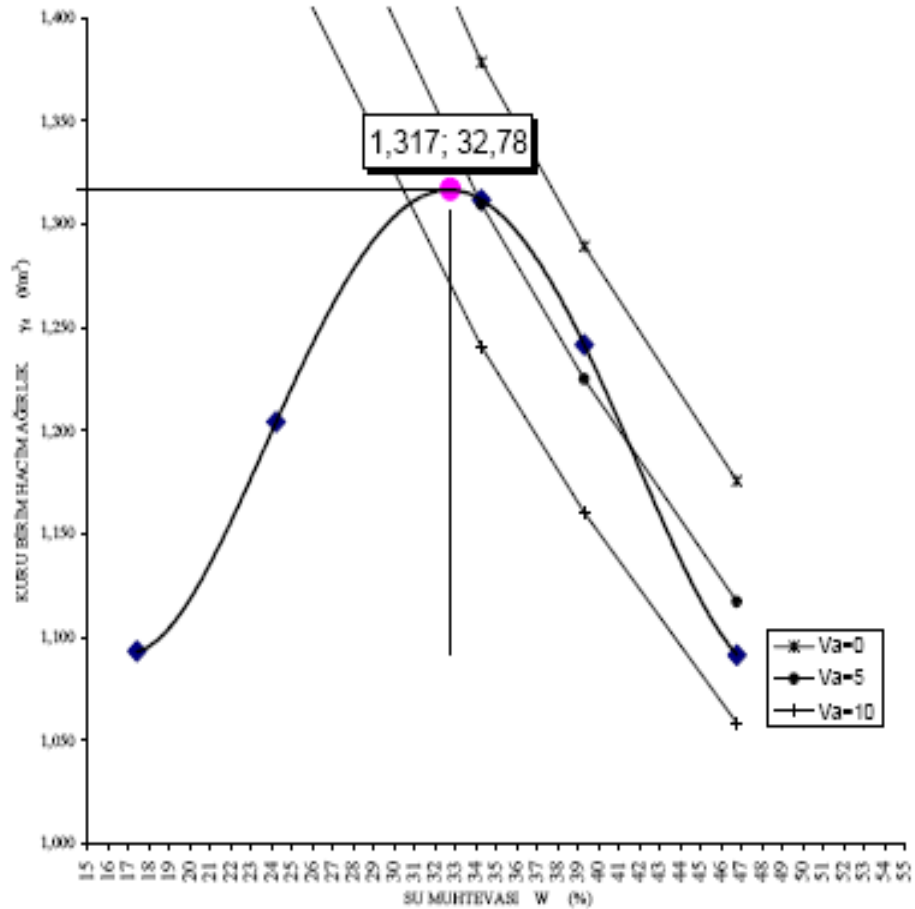


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Forma
 İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK4 Doğal KİL + % 3 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **3**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
 Kalıp Yüksekliği cm 11,56
 Kalıp Ağırlığı gr 4461
 Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
 Gsortalama 2,615
 Gs KİL 2,624
 Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt %	
Deney No	1	2	3	4	5	6		
Kalıp + Yağ Num. Ağ. (m) gr.	5746	5958	6224	6192	6065			
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,283	1,496	1,762	1,730	1,602			
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_w/(1+W)$ t/m ³	1,093	1,204	1,312	1,242	1,091		32,78	
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI								
Kap no								γ_d (t/m³)
Kap Ağırlığı (m) gr.	58,41	58,61	58,44	32,83	30,63			
Kap + Yağ Num. Ağ. (m) gr.	193,97	179,49	182,39	127,38	115,26			
Kap + Kuru Num. Ağ. (m) gr.	173,86	155,92	150,73	100,70	88,28			
Bu içeriği $W=(m_2-m_1)/m_1 \cdot 100$ %	17,41	24,23	34,30	39,31	46,80		1,317	



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-4, Kireç=%5)

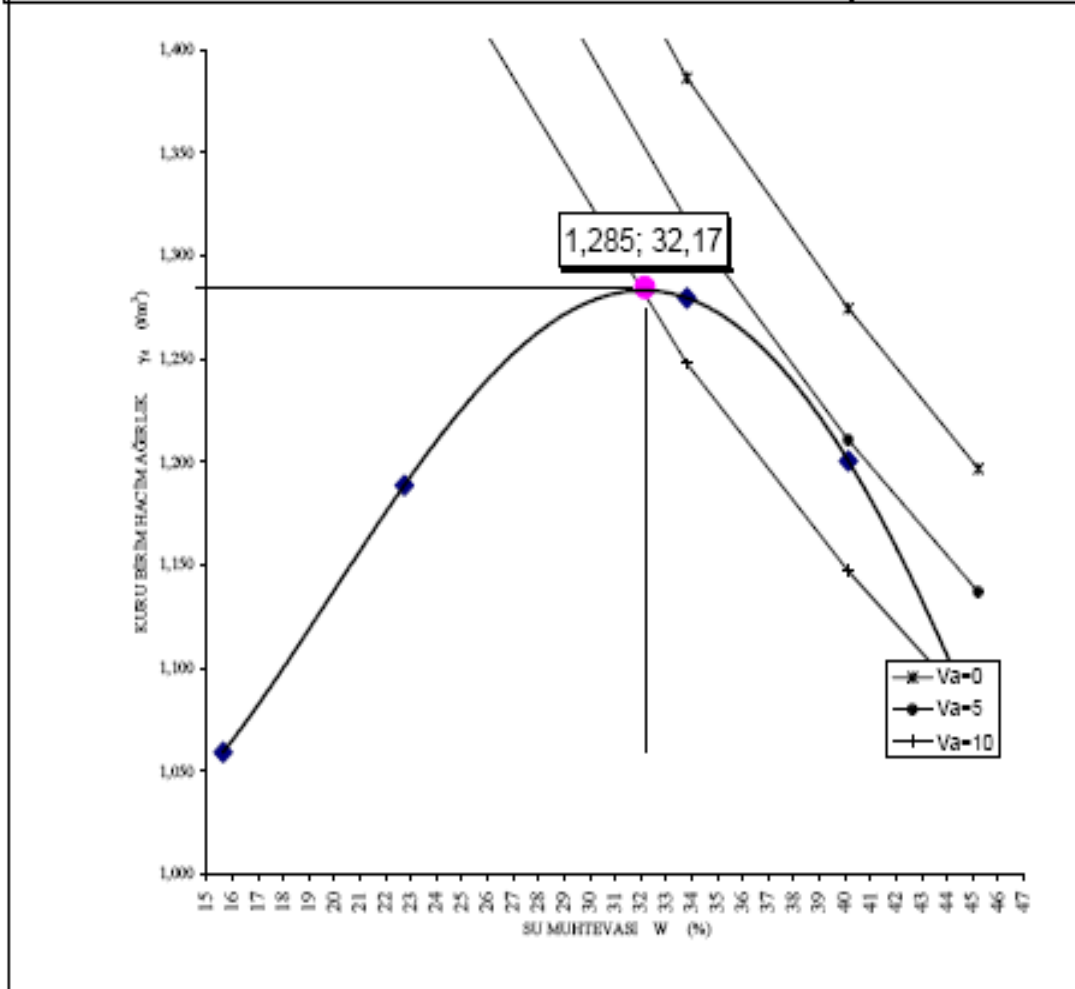


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Forma
 İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK4 Doğal KİL + % 5 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **5**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
 Kalıp Yüksekliği cm 11,56
 Kalıp Ağırlığı gr 4461
 Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
 Gsortalama 2,609
 Gs KİL 2,624
 Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt %
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağ. (m) gr.	5687	5921	6175	6145	6017		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,225	1,459	1,712	1,682	1,555		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_w/(1+W)$ t/m ³	1,059	1,189	1,280	1,201	1,071		32,17
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							
Kap no							γ_d (t/m ³)
Kap Ağırlığı (m) gr.	56,57	55,30	56,27	55,27	54,86		
Kap + Yağ Num. Ağ. (m) gr.	202,65	180,46	161,16	179,49	191,07		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m) gr.	182,89	157,27	134,66	143,91	148,65		
Bu içeriği $W=(m_2-m_1)/m_2 \cdot 100$ %	15,65	22,74	33,81	40,14	45,23		1,285



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-4, Kireç=%7)

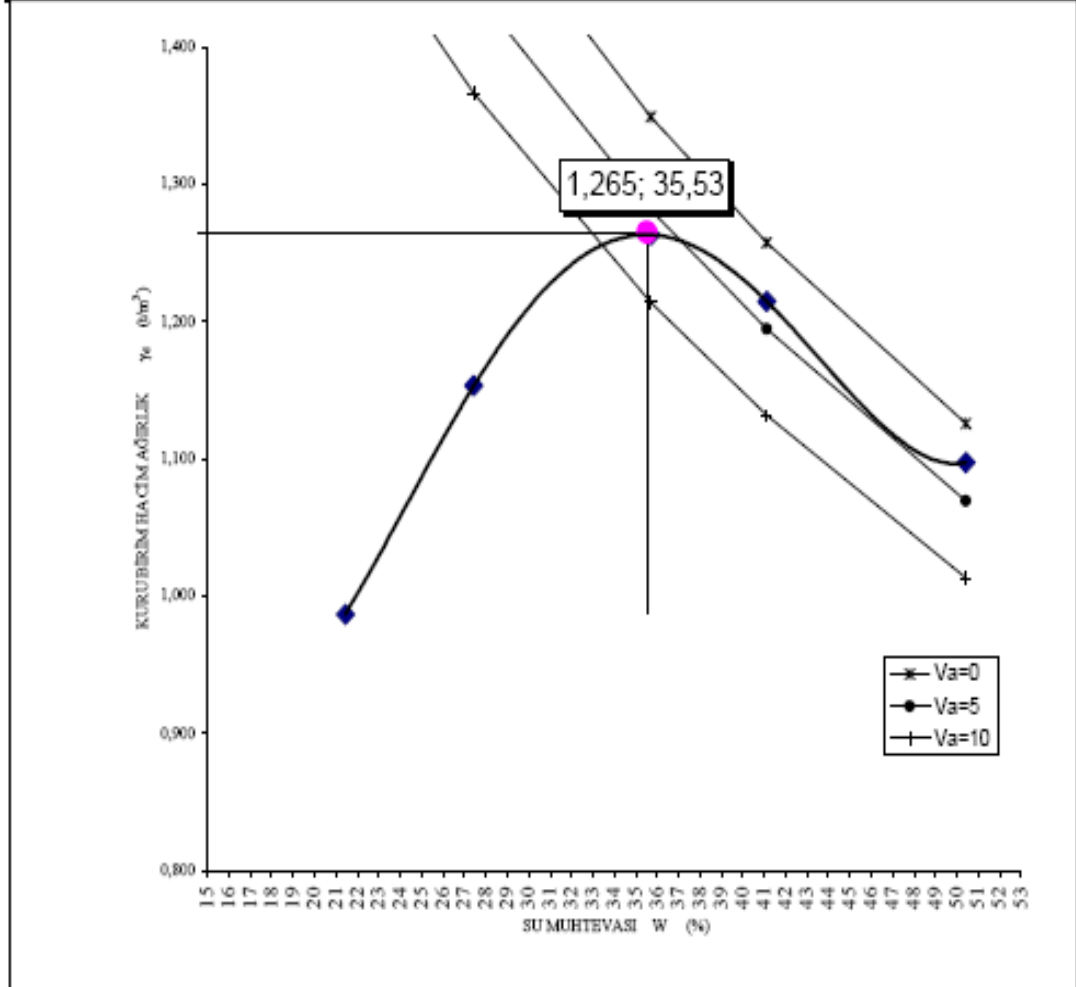


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Numune adı
 İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK4 Doğal KİL + % 7 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **7**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
 Kalıp Yüksekliği cm 11,56
 Kalıp Ağırlığı gr 4461
 Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
 Gs ortalaması 2,603
 Gs KİL 2,624
 Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 35,53
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağı. (m ₁) gr.	5660	5932	6177	6177	6113		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,198	1,470	1,714	1,714	1,651		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=m/(1+W)$ t/m ³	0,987	1,153	1,263	1,215	1,097		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³) 1,265
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	56,59	55,42	56,29	55,37	55,00		
Kap + Yağ Num. Ağı. (m ₂) gr.	118,70	111,94	110,49	106,15	113,73		
Kap + Kuru Num. Ağı. (m ₃) gr.	107,73	99,77	96,23	91,36	94,04		
Bu içeriği $W=(m_2-m_3)/m_3 \cdot 100$ %	21,43	27,44	35,71	41,11	50,42		



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-4, Kireç=%9)



GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

r n n n n

İşin adı

Sondaj / kuyu no

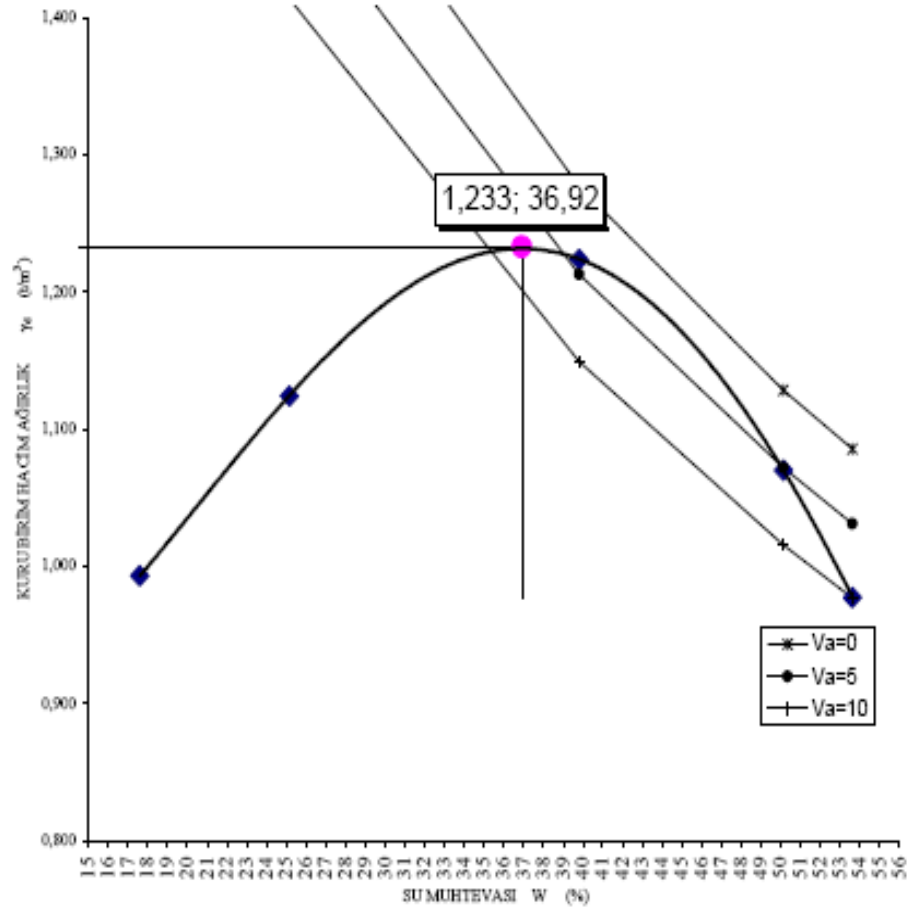
Numune adı / tipi **SK4 Doğal KİL + % 9 KİREÇ**Katkı Kireç % si **9**

Sayı

Tarih

Kalıp Çapı	cm	10,5
Kalıp Yüksekliği	cm	11,56
Kalıp Ağırlığı	gr	4461
Kalıp Hacmi	V cm ³	1001,0
Gs ortalama		2,597
Gs KİL		2,624
Gs KİREÇ		2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 36,92
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağ. (m ₂) gr.	5630	5870	6174	6069	5964		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,168	1,407	1,711	1,606	1,502		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_w/(1+W)$ t/m ³	0,993	1,124	1,224	1,070	0,977		γ_d (t/m ³) 1,233
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	56,38	55,23	56,10	55,41	54,01		
Kap + Yağ Num. Ağ. (m ₂) gr.	199,76	165,98	189,14	146,68	157,30		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m ₃) gr.	178,29	143,73	151,25	116,21	121,24		
Su içeriği $W=(m_2-m_3)/(m_3-m_1)*100$ %	17,60	25,14	39,81	50,13	53,62		



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-5, Kireç=%0)

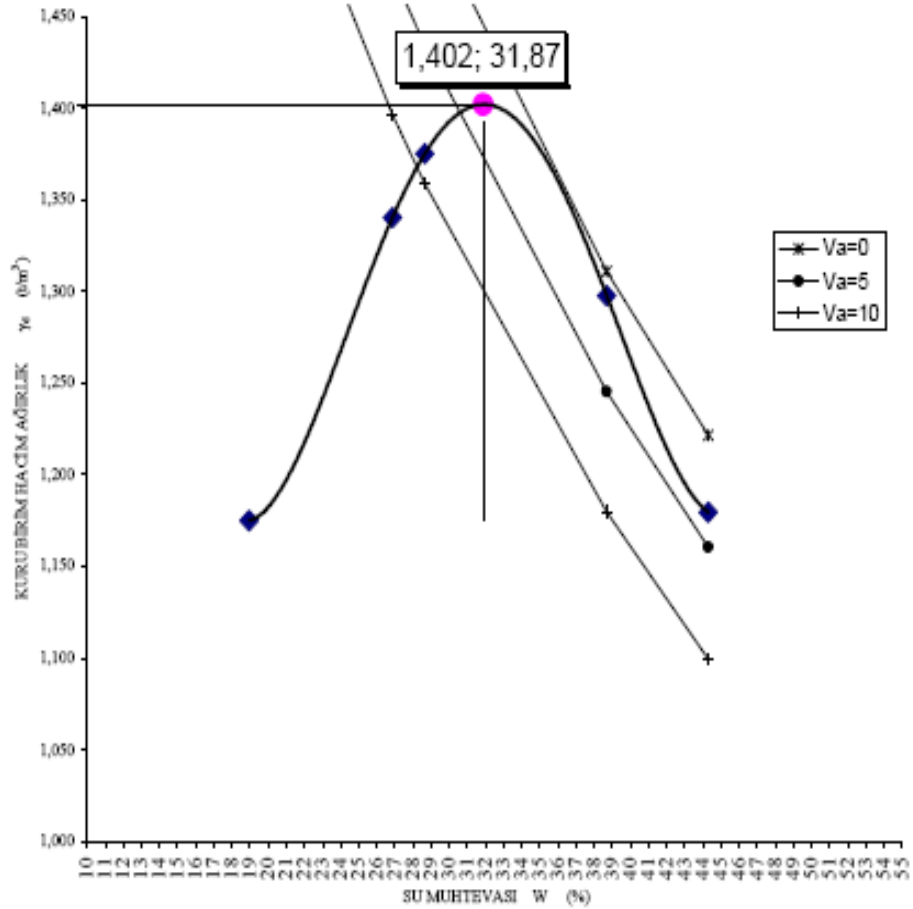


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Numune adı / tipi **SK5 Doğal KİL**
 Katkı Kireç % si **0**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm **10,5**
 Kalıp Yüksekliği cm **11,56**
 Kalıp Ağırlığı gr **4461**
 Kalıp Hacmi V cm³ **1001,0**
 Gsortalama **2,661**
 Gs KİL **2,661**
 Gs KİREÇ **2,325**

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 31,87
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağ. (m ₂) gr.	5860	6163	6232	6263	6165		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,398	1,700	1,769	1,800	1,702		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=m_1/(1+W)$ t/m ³	1,175	1,340	1,375	1,298	1,180		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³) 1,402
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	54,87	53,74	54,57	53,73	53,33		
Kap + Yağ Num. Ağ. (m ₂) gr.	134,79	178,79	189,14	176,60	211,34		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m ₃) gr.	122,06	152,30	159,17	142,32	162,84		
Su içeriği $W=(m_2-m_3)/m_2-m_1*100$ %	18,95	26,87	28,66	38,69	44,29		



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-5, Kireç=%1)

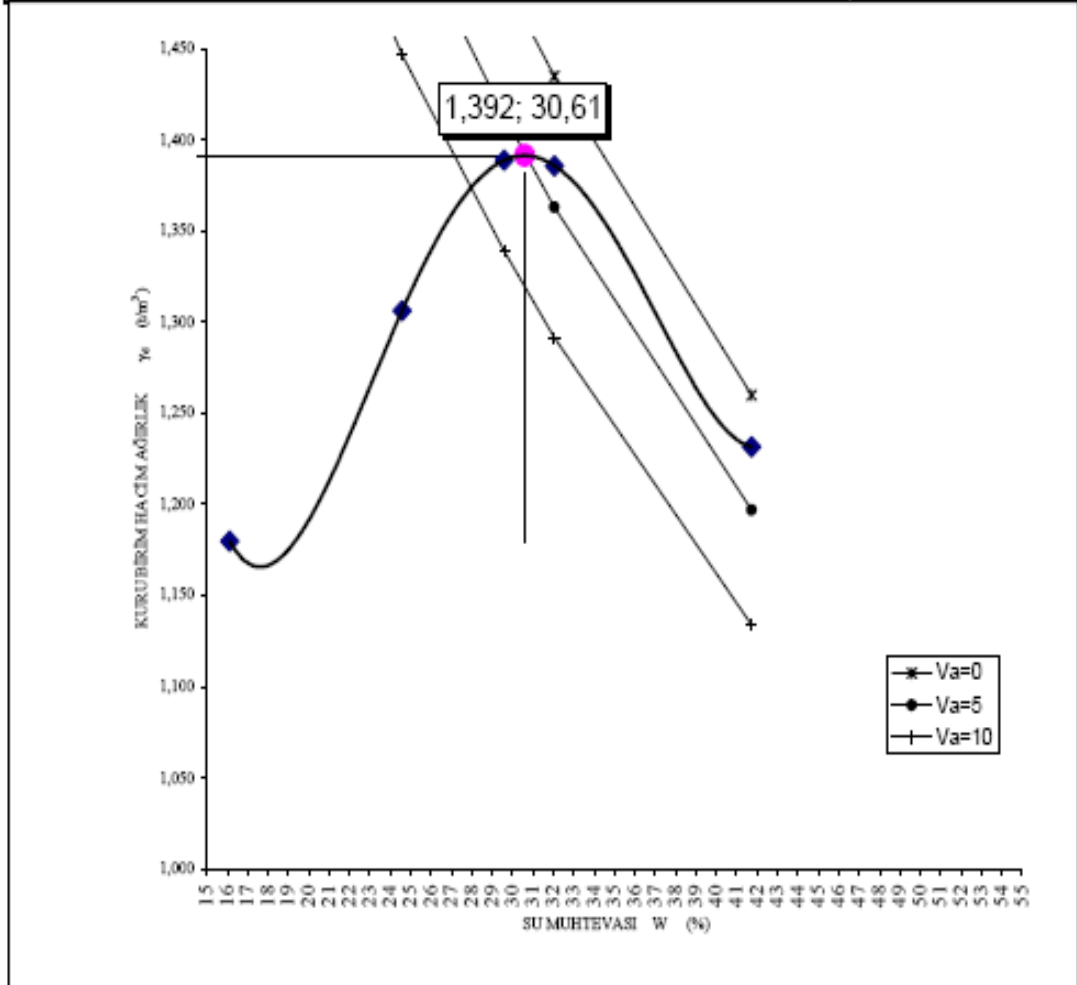


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Deney No
 İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK5 Doğal KİL + %1 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **1**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm **10,5**
 Kalıp Yüksekliği cm **11,56**
 Kalıp Ağırlığı gr **4461**
 Kalıp Hacmi V cm³ **1001,0**
 Gsortalama **2,658**
 Gs KİL **2,661**
 Gs KİREÇ **2,325**

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt %
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağı. (m ₁) gr.	5832	6090	6263	6293	6208		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w = (m_1 - m_2)/V$ t/m ³	1,370	1,627	1,800	1,830	1,746		30,61
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d = \gamma_w / (1 + W)$ t/m ³	1,180	1,306	1,389	1,386	1,232		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³)
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	54,59	53,46	54,29	53,45	53,05		
Kap + Yağ Num. Ağı. (m ₂) gr.	132,21	175,63	189,14	169,84	207,48		
Kap + Kuru Num. Ağı. (m ₃) gr.	121,43	151,52	158,35	141,58	162,00		
Su içeriği $W = (m_2 - m_3) / (m_3 - m_1) * 100$ %	16,12	24,59	29,59	32,06	41,75		1,392



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-5, Kireç=%3)

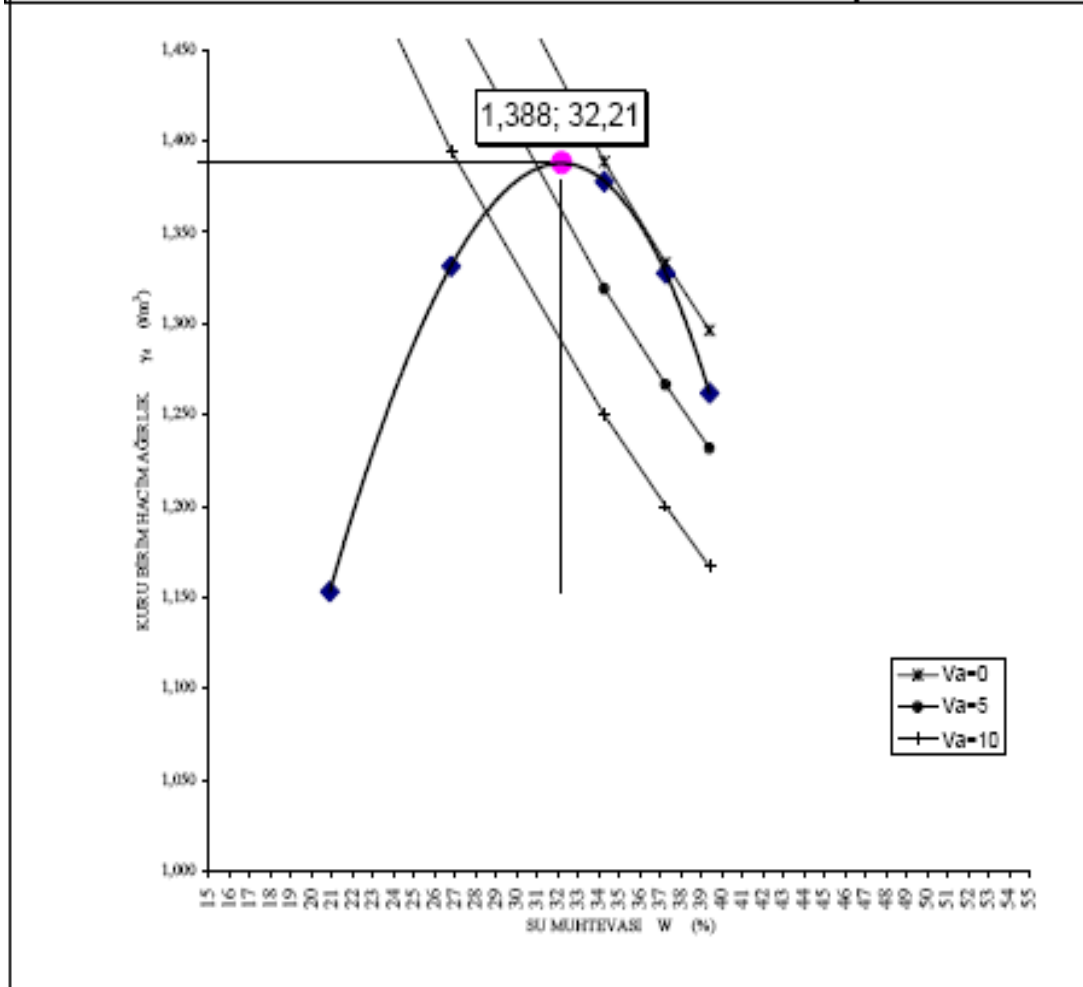


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Forma
İşin adı
Sondaj / kuyu no
Numune adı / tipi **SK5 Doğal KİL + % 3 KİREÇ**
Katkı Kireç % si **3**
Sayı
Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
Kalıp Yüksekliği cm 11,56
Kalıp Ağırlığı gr 4461
Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
Gsortalama 2,651
Gs KİL 2,661
Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt %
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağ. (m) gr.	5857	6151	6313	6285	6222		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,394	1,688	1,851	1,823	1,759		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_w/(1+W)$ t/m ³	1,153	1,331	1,378	1,328	1,262		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³)
Kap no							
Kap Ağırlığı (m) gr.	56,37	56,56	56,39	31,68	29,56		
Kap + Yağ Num. Ağ. (m) gr.	191,07	175,63	176,00	121,59	107,12		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m) gr.	167,78	150,46	145,46	93,17	85,19		
Su içeriği $W=(m_2-m_1)/(m_3-m_1)*100$ %	20,91	26,81	34,30	37,28	39,41		
							32,21
							1,388



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-5, Kireç=%5)



GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

r n n n n

İşin adı

Sondaj / kuru no

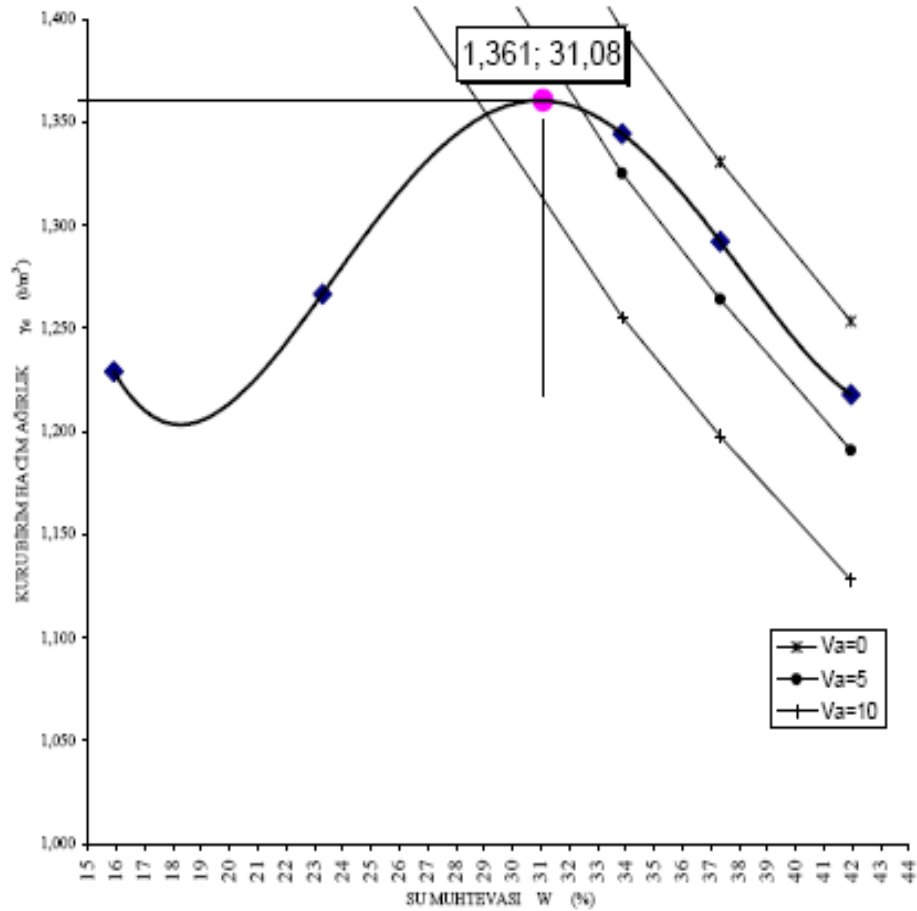
Numune adı / tipi **SK5 Doğal KİL + % 5 KİREÇ**Katkı Kireç % si **5**

Sayı

Tarih

Kalıp Çapı	cm	10,5
Kalıp Yüksekliği	cm	11,56
Kalıp Ağırlığı	gr	4461
Kalıp Hacmi	V cm ³	1001,0
Gsortalama		2,644
Gs KİL		2,661
Gs KİREÇ		2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 31,08
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yağ Num. Ağ. (m ₂) gr.	5887	6024	6263	6237	6192		
Yağ Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,425	1,562	1,800	1,775	1,729		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_w/(1+W)$ t/m ³	1,229	1,267	1,345	1,292	1,218		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³) 1,361
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	54,59	53,37	54,30	53,33	52,94		
Kap + Yağ Num. Ağ. (m ₂) gr.	195,90	174,67	155,56	170,81	181,42		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m ₃) gr.	176,49	151,76	129,94	138,87	143,45		
Su içeriği $W=(m_2-m_1)/m_3*100$ %	15,92	23,28	33,86	37,33	41,96		



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-5, Kireç=%7)

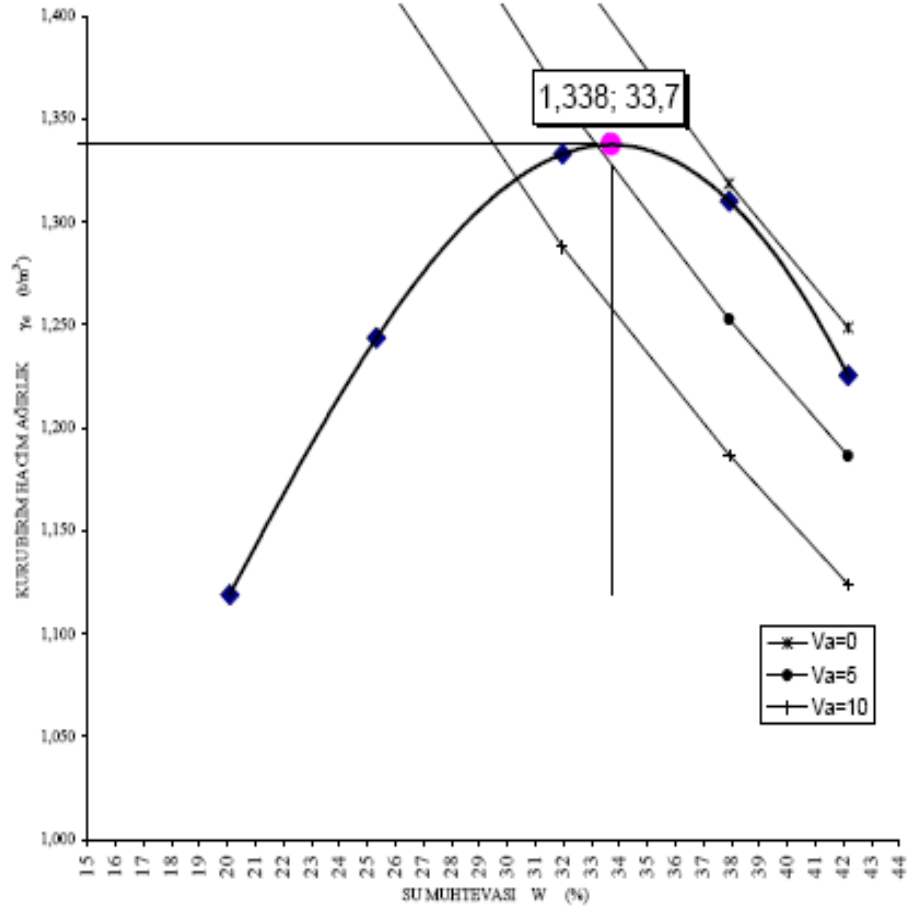


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLojİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

Deney No
 İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK5 Doğal KİL + % 7 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **7**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm 10,5
 Kalıp Yüksekliği cm 11,56
 Kalıp Ağırlığı gr 4461
 Kalıp Hacmi V cm³ 1001,0
 Gsortalama 2,637
 Gs KİL 2,661
 Gs KİREÇ 2,325

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt %
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yaj Num. Ağı (m ₁) gr.	5806	6021	6222	6270	6205		
Yaj Birim Ağırlık $\gamma_w = (m_1 - m_2) / V$ t/m ³	1,344	1,559	1,759	1,807	1,742		33,7
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d = \gamma_w / (1 + W)$ t/m ³	1,119	1,244	1,333	1,310	1,225		
SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³)
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	54,61	53,48	54,32	53,43	53,07		
Kap + Yaj Num. Ağı (m ₂) gr.	113,87	107,12	105,19	101,33	106,63		
Kap + Kuru Num. Ağı (m ₃) gr.	103,96	96,28	92,86	88,16	90,75		
Su içeriği $W = (m_2 - m_3) / (m_3 - m_1) * 100$ %	20,08	25,32	31,97	37,91	42,16		1,338



EK-4. (Devam) Standart Proktor deney sonuçları (SK-5, Kireç=%9)

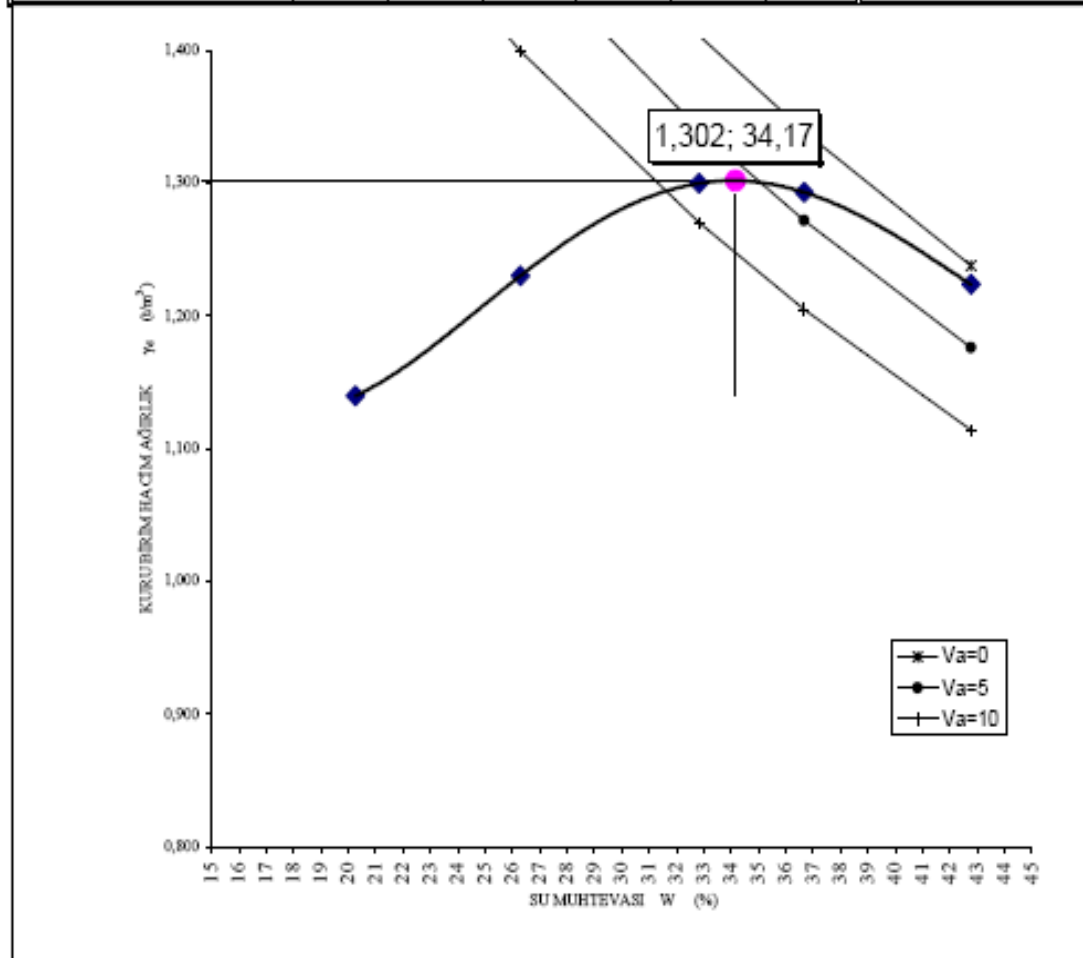


GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLojİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
SIKIŞTIRMA DENEYİ

İşin adı
 Sondaj / kuyu no
 Numune adı / tipi **SK5 Doğal KİL + % 9 KİREÇ**
 Katkı Kireç % si **9**
 Sayı
 Tarih

Kalıp Çapı cm **10,5**
 Kalıp Yüksekliği cm **11,56**
 Kalıp Ağırlığı gr **4461**
 Kalıp Hacmi V cm³ **1001,0**
 Gs ortalama **2,631**
 Gs KİL **2,661**
 Gs KİREÇ **2,325**

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI							Wopt % 34,17
Deney No	1	2	3	4	5	6	
Kalıp + Yaj Num. Ağ. (m ₂) gr.	5833	6016	6189	6230	6210		
Yaj Birim Ağırlık $\gamma_w=(m_2-m_1)/V$ t/m ³	1,371	1,554	1,727	1,767	1,747		
Kuru Birim Ağırlık $\gamma_d=\gamma_w/(1+W)$ t/m ³	1,140	1,230	1,300	1,293	1,224		
SU İÇERİLİMİNİN SAPTANMASI							γ_d (t/m ³) 1,302
Kap no							
Kap Ağırlığı (m ₁) gr.	54,40	53,29	54,13	53,47	52,12		
Kap + Yaj Num. Ağ. (m ₂) gr.	195,90	161,16	176,11	133,65	144,75		
Kap + Kuru Num. Ağ. (m ₃) gr.	172,05	138,70	145,96	112,14	117,00		
Su içeriği $W=(m_2-m_3)/m_3*100$ %	20,26	26,30	32,84	36,67	42,77		



EK-5. Ödometre deney sonuçları (SK-1, Kireç=0%)

CAZİ UNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULANMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı	Ring Çapı	cm	6,00	Ring + yığılma	215,27
İşin Adı	Ring Yüksekliği	cm	2,40	Ring + kuru numune	186,76
Sonday / kuyu No	Ring Ağırlığı	gr	80,51	Özgül ağırlık	2,643
Numune Adı	Ring Alanı	cm ²	28,27	Numunenin kuru Ağırlığı	97,25
Derslik	Şişme Sonu Numune Yüksekliği	cm	2,54	H ₀	1,30

Uygulanma Basınç (kgf/cm ²)	Tanımaz (cm)	Tanımaz Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epilom (h ₀ h ₀₀)	Boşluk Yüksekliği h _b	Boşluk Oran e	Boşluk Oran Değişimi	Basınç Araç (kgf/cm ²)	Sıkışma Katsayısı av	Hacimsel Sıkışma Katsayısı M _v (cm ³ /kgf)	Es İlme
0,0010	0,0000	0,0610	2,5380	0,0000	1,2366	0,9503	0,0460	0,2400	0,1882	0,0685	10,3600
0,2500	0,0610	0,0520	2,4770	0,0240	1,1756	0,9034	0,0400	0,2500	0,1598	0,0840	11,9087
0,5000	0,1130	0,0790	2,4250	0,0445	1,1236	0,8634	0,0607	0,5000	0,1214	0,0652	15,3481
1,0000	0,1920	0,1560	2,3460	0,0757	1,0446	0,8027	0,1189	1,0000	0,1199	0,0665	15,0385
2,0000	0,3480	0,1420	2,1900	0,1371	0,8836	0,6828	0,1081	2,0000	0,0546	0,0324	30,8451
4,0000	0,4900		2,0480	0,1931	0,7466	0,5737					

SİSME YÜZDESI TAYINI

Dial enine 1/100 mm Küçük İnce: Büyük İnce:	Enineye Okunması 5	Nüma Okunması	Şişme Miktarı (cm)	Şişme Yüzdesi (%)
	0,00	6,18	0,1180	4,9

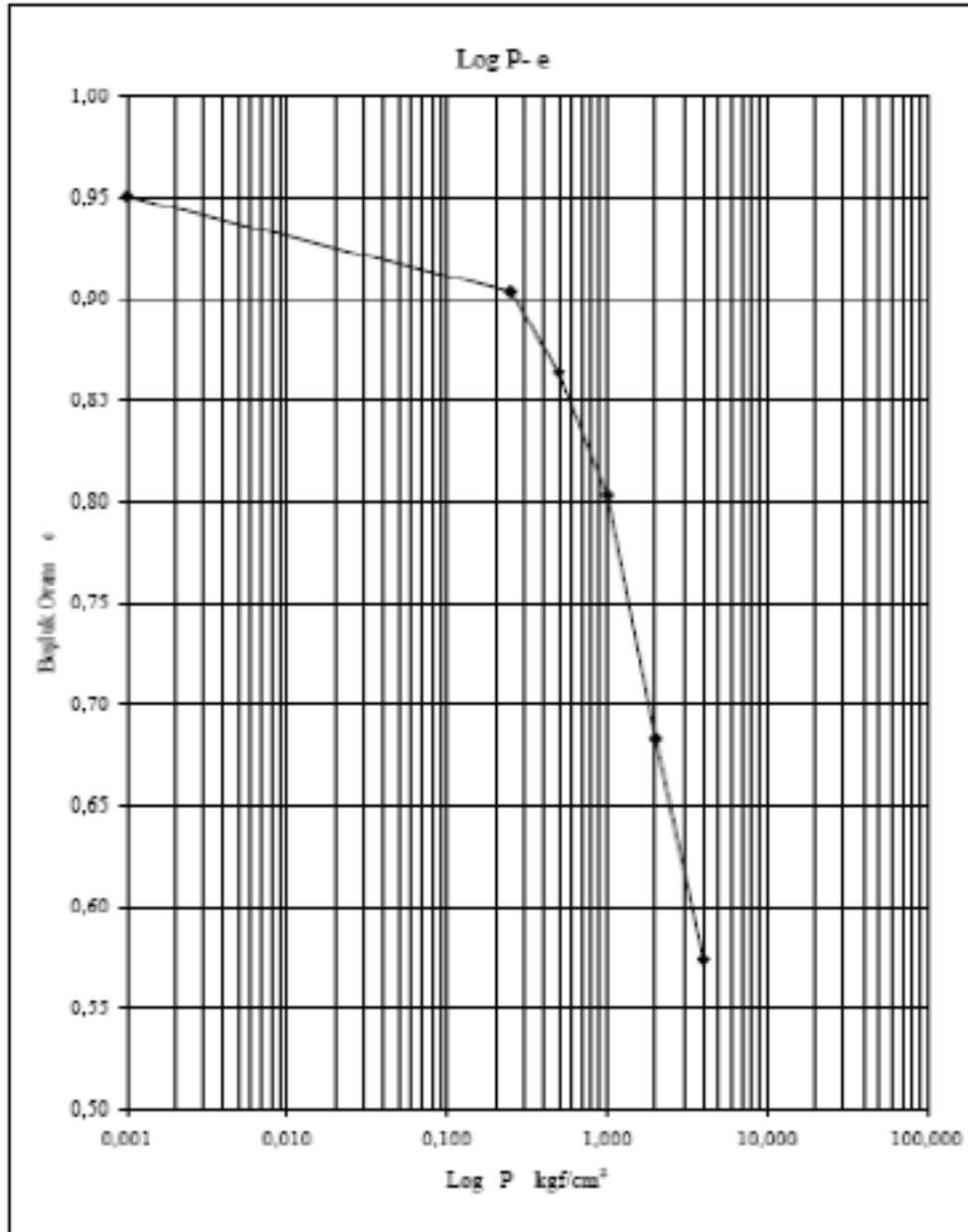
SİSME BASINCI TAYINI

Boşluk Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Şişme Basıncı (kN/m ²)
		0,00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-1, Kireç=%0)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı
İşin Adı
Sondaj / kuyu No
Numune Adı SK1 Doğal KİL
Derinlik



EK-5. (Devamı) Ödometre deney sonuçları (SK-1, Kireç=%1).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MİH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Form Adı	Ring Çapı	cm	6,00	Ring + yağ numarası	214,07
İsim Adı	Ring Yüksekliği	cm	2,43	Ring + kuru numarası	153,24
Sonuç / Sayı No	Ring Ağırlığı	g	91,65	Çıgırık ağırlık	2,640
Numara Adı	Ring Alanı	cm ²	28,27	Numarasız kuru Ağırlığı	93,36
Devirlik	Şişme Sonu Numara Yüksekliği	cm	2,32	2126	1,25

Uygulanmış Basınç (kgf/cm ²)	Tanım (cm)	Tanım Farkı (cm)	Numara Yüksekliği (cm)	İzotasyon (s)	Boşluk Yüksekliği h ₀ (cm)	Boşluk Oran e ₀ (%)	Boşluk Oran Değişimi	Basınç Artışı (kgf/cm ²)	Sıkma Katayn e _v (cm ³ /kgf)	Hacimsel Sıkma Kataynı M _v (cm ³ /kgf)	E _s 1Mv
0,0010	0,0000	0,0100	2,3230	0,0000	1,2696	1,0129	0,0080	0,2490	0,0220	0,0139	62,8227
0,2500	0,0100	0,0100	2,3130	0,0040	1,2396	1,0049	0,0104	0,2500	0,0415	0,0207	48,3269
0,5000	0,0230	0,0330	2,3000	0,0091	1,2466	0,0046	0,0311	0,5000	0,0622	0,0312	32,0513
1,0000	0,0620	0,0680	2,4610	0,0246	1,2076	0,9634	0,0543	1,0000	0,0543	0,0276	36,1912
2,0000	0,1300	0,1230	2,3930	0,0515	1,1396	0,9092	0,0981	2,0000	0,0491	0,0257	38,9106
4,0000	0,2530		2,2700	0,1003	1,0166	0,8111					

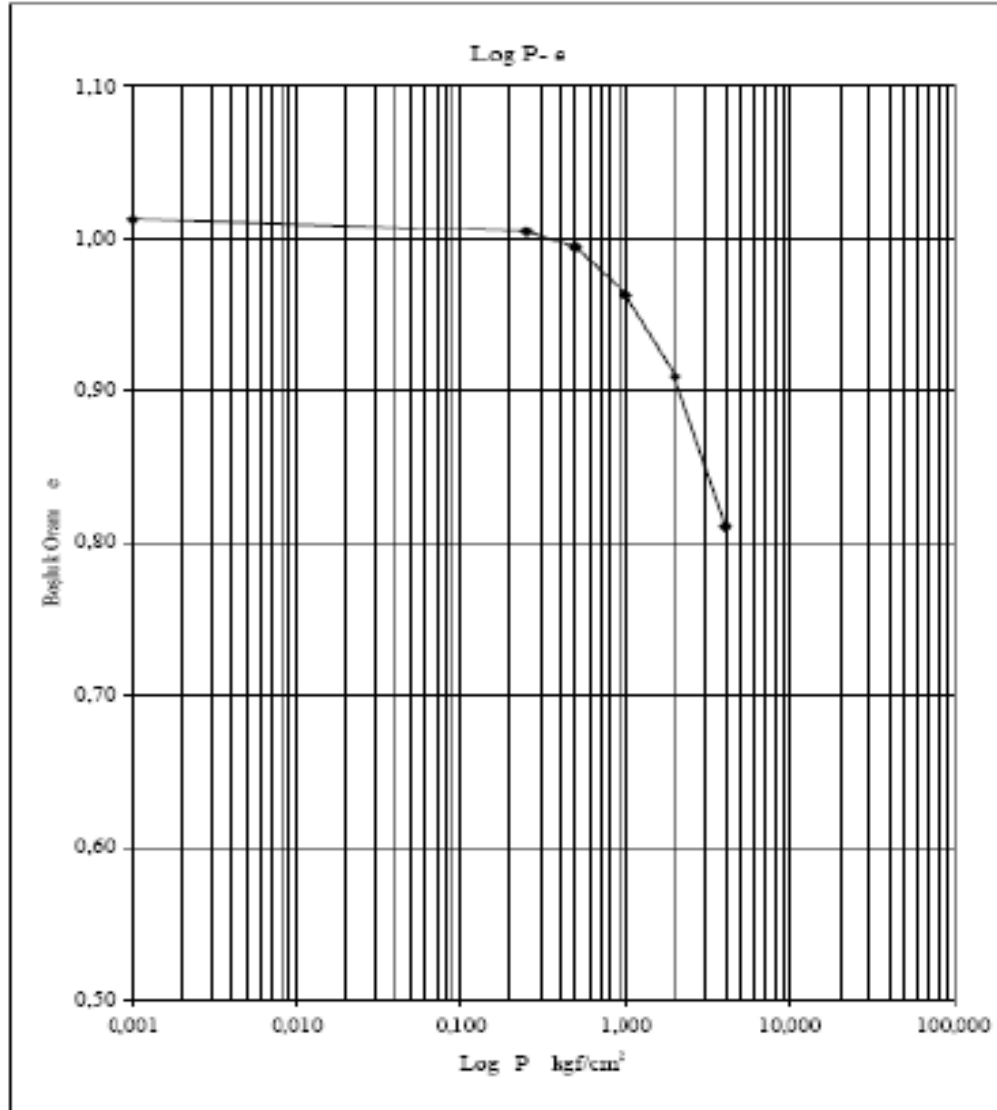
SİSME YÜZDEŞİ TAYİNİ			
Dial gauge 1/100 mm	Başlangıç Okunması	Nihai Okunması	Sisme Yüzdesi (%)
Küçük İske:	0,00	5,93	0,0030
Büyük İske:			3,6

SİSME BASINCI TAYİNİ			
Başlık Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Sisme Basıncı (kg/cm ²)	
			0,00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-1, Kireç=%1)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MUH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı
 İşin Adı
 Sondaj / kuyu No
 Numune Adı SK1 Doğal KİL + %1 KİREÇ
 Derinlik



EK-5. (Devamı) Ödometre deney sonuçları (SK-1, Kireç=%3).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜHÜRİM FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı	Ring Çapa	cm	6,00	Ring + yığılma	215,08
İşin Adı	Ring Yüksekliği	cm	2,46	Ring + kuru düzme	189,22
Sonuç / kuyu No	Ring Ağırlığı	gr	92,58	Özgül ağırlık	2,633
Numune Adı	Ring Alanı	cm ²	28,27	Numunenin kuru Ağırlığı	96,64
Derinlik	Şişme Sonu Numune Yüksekliği		2,50	2Ho	1,30
SK1 Doğal KİL + %3 KİREÇ					

Uygulanan Basınç (kgf/cm ²)	Tanımın (cm)	Tanımın Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Episyon (t-ho)	Boşluk Yüksekliği h ₀ (cm)	Boşluk Oranı e (%)	Boşluk Oranı Değişimi	Basınç Artışı (kgf/cm ²)	Sıkışma Katsayısı av (cm ³ /kgf)	Hesaplan Sıkışma Katsayısı Mv (cm ³ /kgf)	Et 1/Mv (kgf/cm ²)
0,0010	0,0000	0,0000	2,5020	0,0000	1,2039	0,8274	0,0062	0,2490	0,0248	0,0128	77,8748
0,2500	0,0060	0,0080	2,4940	0,0032	1,1959	0,8212	0,0085	0,2500	0,0339	0,0176	56,8818
0,5000	0,0190	0,0110	2,4830	0,0076	1,1849	0,8128	0,0247	0,5000	0,0493	0,0258	38,7969
1,0000	0,0510	0,0320	2,4510	0,0204	1,1529	0,8881	0,0354	1,0000	0,0354	0,0188	53,2826
2,0000	0,0970	0,0460	2,4050	0,0388	1,1069	0,8527	0,0801	2,0000	0,0300	0,0162	61,6667
4,0000	0,1750	0,0780	2,3270	0,0659	1,0289	0,7926					

SİSME YÜZDESİ FAİNİ

Düzeltilmiş 1/100 mm Küçük İlece:	Enlarging Okunması	Nihan (%)	Sisime Miktarı (cm)	Sisime Yüzdesi (%)
0,00	5	5,42	0,0420	1,7

SİSME BASINCI FAİNİ

Enlarging (kg)	Yük (kg)	Sisime Basınç (KN/m ²)
		0,00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-1, Kireç=%3)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLojİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı

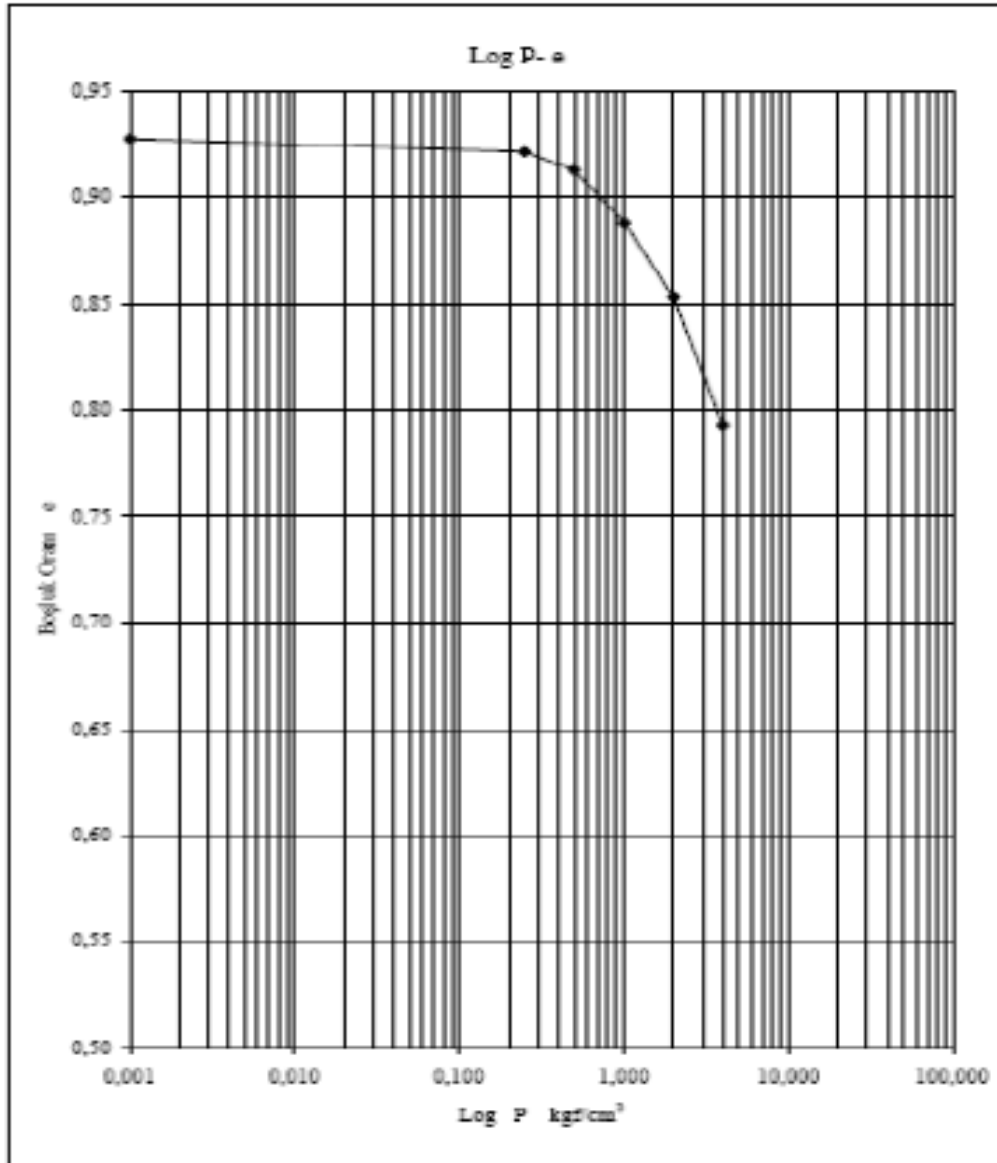
İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı

SK1 Doğal KİL + %3 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-1, Kireç=%5).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı:	Ring Çapı:	cm	6,00	Ring + Vak. numarası:	218.22
İşin Adı:	Ring Yüksekliği:	cm	2,46	Ring + kuru numarası:	187.04
Sıra No / İyileştirme No:	Ring Alanı:	cm ²	92.58	Özgül ağırlık:	2.627
Numune Adı:	Ring Yüksekliği:	cm	26.27	Numunesinin kuru Ağırlığı:	95.36
Denizlik:	Şişme Sonu Numune Yüksekliği:	cm	2.46	MHo	1.26

Uygulanmış Baskı (kgf/cm ²)	Tamamın (cm)	Tamamın Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Episim (a-b) (cm)	Boşluk Yüksekliği (cm)	Boşluk Oranı (%)	Boşluk Oran Değişimi	Baskı Altı (kgf/cm ²)	Sıkıştırma Kuvveti (cm ³ /kgf)	Hesaplanan Sıkıştırma Kuvveti (cm ³ /kgf)	İz 1/Mv
0.0010	0.0000	0.0050	2.4820	0.0000	1.1592	0.9340	0.0039	0.3490	0.0156	0.0081	123.6534
0.2500	0.0050	0.0090	2.4780	0.0020	1.1542	0.9301	0.0070	0.2500	0.0280	0.0145	68.8333
0.5000	0.0140	0.0170	2.4690	0.0056	1.1532	0.9231	0.0132	0.5000	0.0265	0.0138	72.6176
1.0000	0.0310	0.0210	2.4520	0.0125	1.1482	0.9009	0.0164	1.0000	0.0164	0.0086	116.7610
2.0000	0.0520	0.0250	2.4310	0.0209	1.1472	0.8935	0.0195	2.0000	0.0097	0.0051	194.4600
4.0000	0.0770		2.4000	0.0310	1.1222	0.8741					

SİSME YÜZDEŞİ TABAN

Dini grube	Enineye	Nüma	Sisme Mikron	Sisme Yüzde
1/100 mm	Okunak	Okunak	(mm)	(%)
Küçük İnce:	5	5.23	0.0230	0.9
Büyük İnce:	0.00			

SİSME BASINCI TABAN

Boşluk	Yük	Sisme
Ağırlığı (kg)	(kg)	Basınç (kN/m ²)
		0.00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-1, Kireç=%5)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı

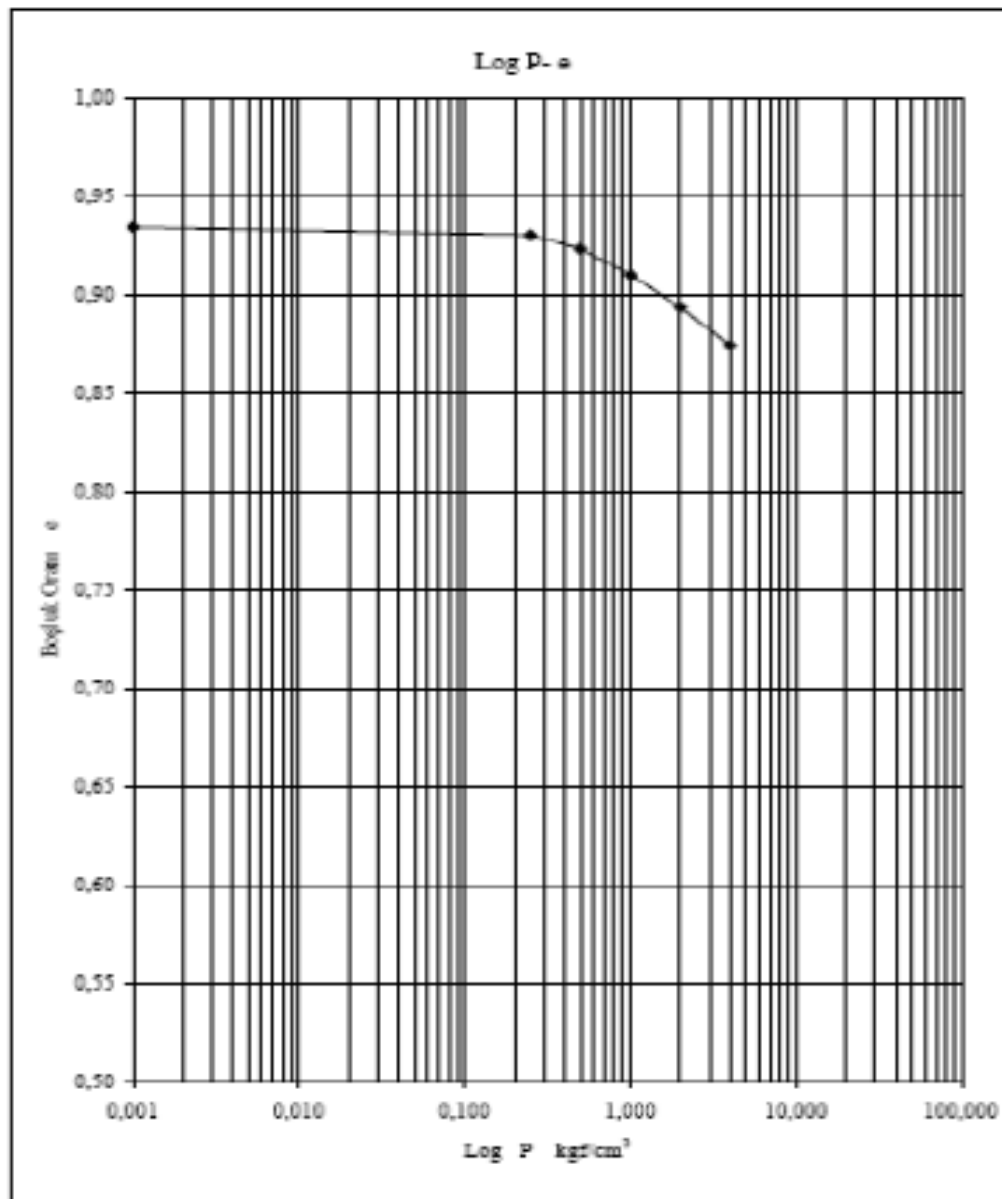
İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı

SK1 Doğal KİL + %5 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-1, Kireç=%7).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FÖYÜ

Firma Adı:	Ring Çapı	cm	6.00	Ring + Yağ numune	218.07
İzin Adı:	Ring Yüksekliği	cm	2.46	Ring + kuru numune	187.93
Sondaj / kuyu No:	Ring Ağırlığı	gr	92.58	Özgürlüğü	2.621
Numune Adı:	Ring Alanı	cm ²	28.27	Numunenin kuru Ağırlığı	95.35
Deney:	Şişme Sonu Numune Yüksekliği	cm	2.47	H ₀	1.20

Uygulanan Basınç (kgf/cm ²)	Taşınan (cm)	Taşınan Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epilasyon (t/ha)	Boyluk Yüksekliği hb (cm)	Boyluk Oranı a (%)	Boyluk Oran Değişimi	Basınç Artışı (kgf/cm ²)	Sıkışma Katman av (cm ² kgf)	Hacimsel Sıkışma Katman Mv (cm ³ kgf)	H ₀ 1/Mv (kgf/cm ²)
0.0010	0.0000	0.0050	2.4750	0.0000	1.1863	0.9220	0.0039	0.2490	0.0156	0.0081	123.1554
0.2500	0.0050	0.0090	2.4680	0.0020	1.1813	0.9182	0.0070	0.2500	0.0280	0.0146	68.5356
0.5000	0.0140	0.0170	2.4590	0.0057	1.1723	0.9112	0.0132	0.5000	0.0264	0.0138	72.3235
1.0000	0.0310	0.0210	2.4420	0.0125	1.1553	0.8979	0.0163	1.0000	0.0163	0.0086	116.2857
2.0000	0.0520	0.0250	2.4310	0.0210	1.1343	0.8816	0.0194	2.0000	0.0097	0.0052	193.6800
4.0000	0.0770		2.3960	0.0311	1.1093	0.8622					

ŞİŞME YÜZDESİ TAYINI

Diat enüze 1/100 mm	Enüze Okunması	Nüze Okunması	Şişme Miktarı (cm)	Şişme Yüzdesi (%)
Küçük İre:	5	5.13	0.0130	0.5
Büyük İre:	0.00			

ŞİŞME BASINCI TAYINI

Enüze Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Şişme Basıncı (KN/m ²)
		0.00

“EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-1, Kireç=%7)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

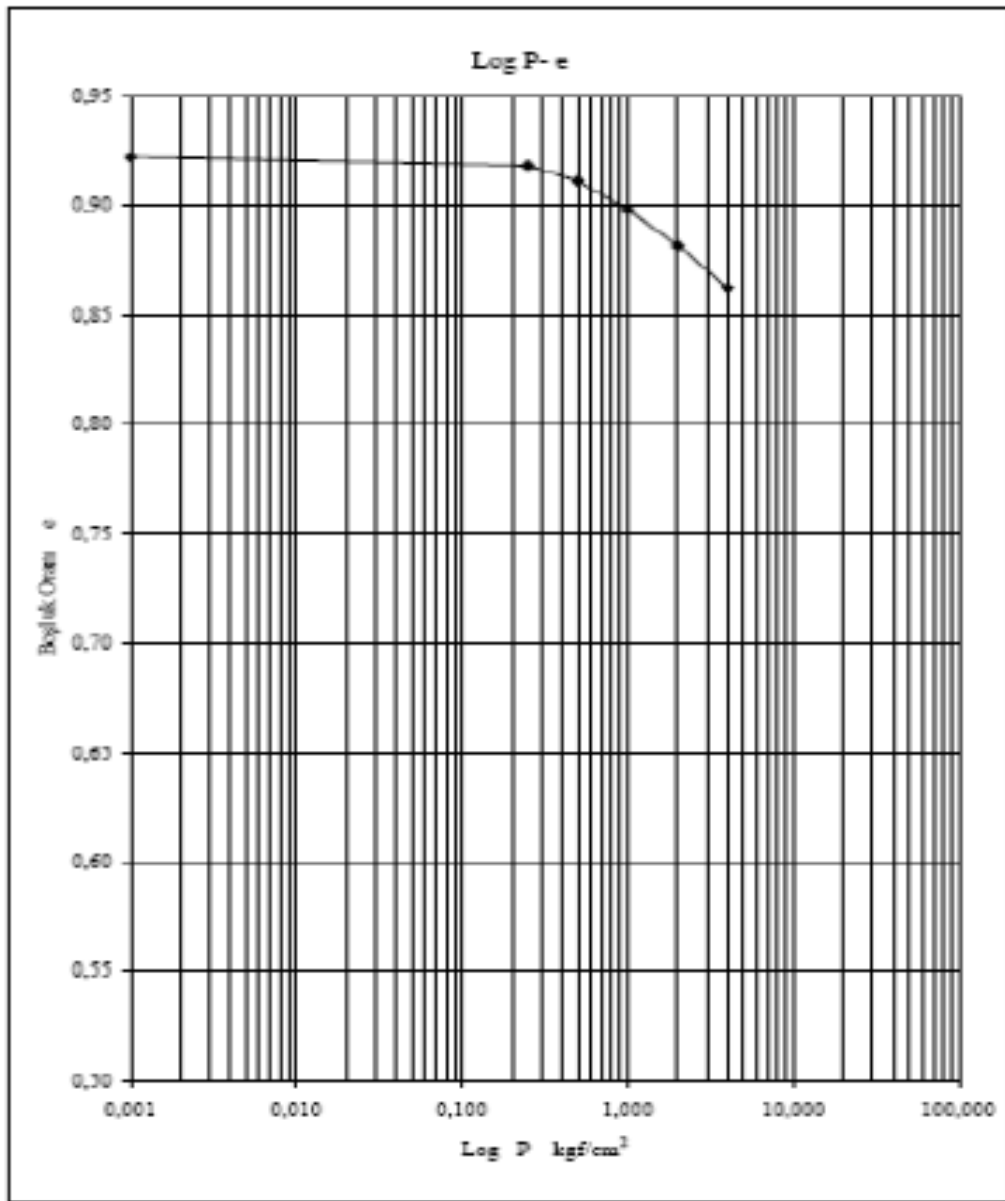
Firma Adı

İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı SK1 Doğal KİL + %7 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devamı) Ödometre deney sonuçları (SK-1, Kireç=%9).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLOJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı:	Ring Çapı:	cm	6.00	Ring + yarı numune	211.06
İmza Adı:	Ring Yüksekliği:	cm	2.47	Ring + kuru numune	178.26
Sonuç / Kuyu No:	Ring Ağırlığı:	gr	83.40	Ortalama ağırlık	2.614
Numune Adı:	Ring Alanı:	cm ²	28.27	Numunelerin kuru Ağırlığı:	94.77
Deneylik:	Şişme Sonu Numune Yüksekliği:		2.48	2850	1.28

Uygulanan Basınç (kgf/cm ²)	Totasyon (cm)	Totasyon Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epsilon (h ₀)	Başlık Yüksekliği h ₀ (cm)	Başlık Oran e (%)	Başlık Oran Değişimi	Başlık Alanı (kgf/cm ²)	Sıkıştırma Katsayısı av (cm ² /kgf)	Faktürel Sıkıştırma Katsayısı Mv (cm ² /kgf)	E _s (kgf/cm ²)
0.0010	0.0060	0.0010	2.4760	0.0060	1.1937	0.6310	0.0008	0.2490	0.0031	0.0016	616.5240
0.2500	0.0010	0.0040	2.4750	0.0004	1.1927	0.9302	0.0031	0.2500	0.0135	0.0065	154.6875
0.5000	0.0050	0.0110	2.4710	0.0020	1.1887	0.9271	0.0066	0.5000	0.0172	0.0089	112.3182
1.0000	0.0160	0.0380	2.4600	0.0065	1.1777	0.9185	0.0062	1.0000	0.0062	0.0033	307.5000
2.0000	0.0240	0.0220	2.4520	0.0097	1.1697	0.9123	0.0172	2.0000	0.0086	0.0045	222.9091
4.0000	0.0480		2.4300	0.0186	1.1477	0.8951					

SİSME YÜZDESLİĞİNİ

Dış çapı 1/100 mm	Başlangıç Okunusu	Nüma Okunusu	Şişme Miktarı (cm)	Şişme Yüzdesi (%)
Küçük İnce:	5	5.06	0.0060	0.2
Büyük İnce:	0.00			

SİSME BASINCI TAVİNİ

Başlık Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Şişme Basıncı (kg/cm ²)
		0.00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-1, Kireç=%9))

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı

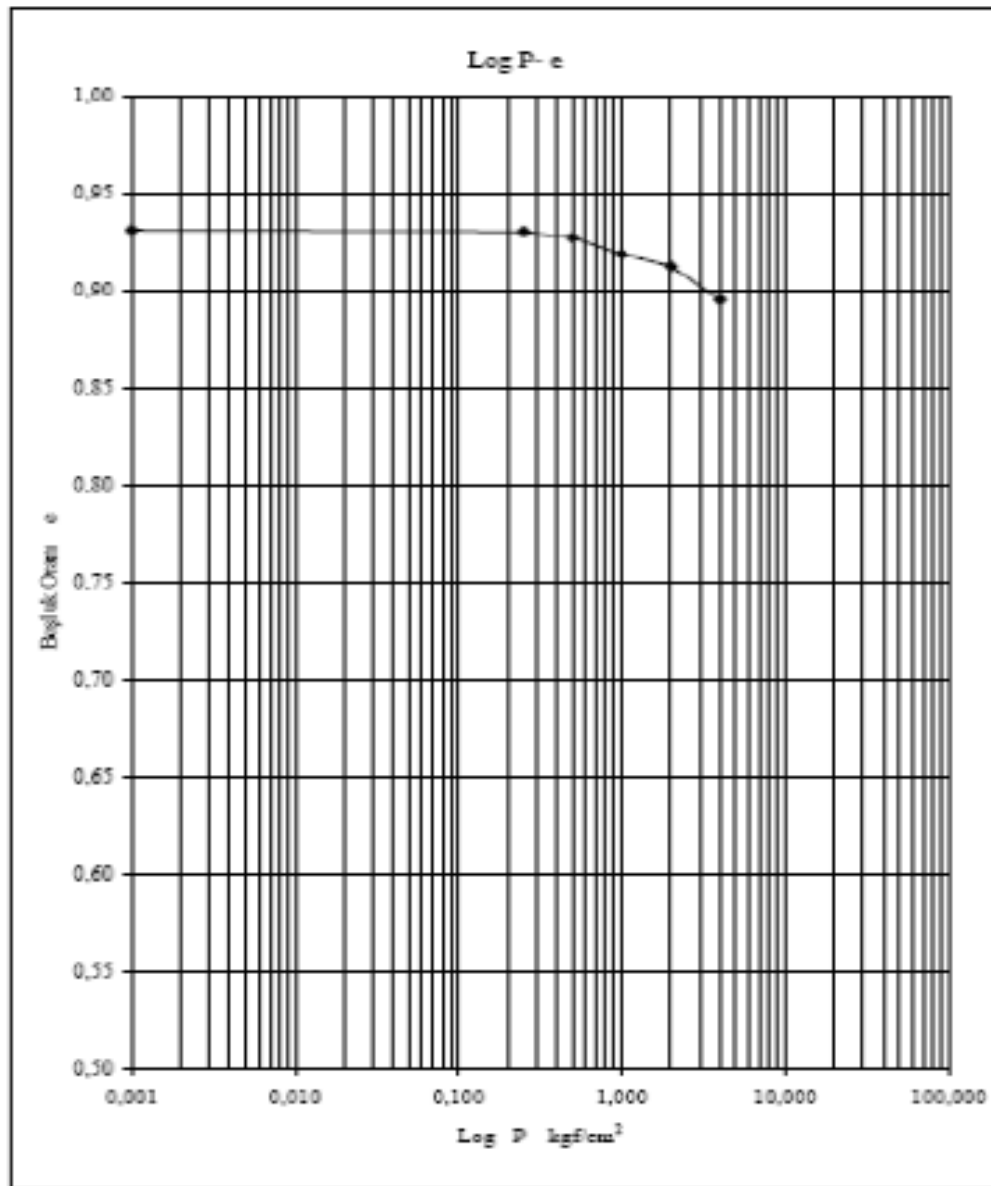
İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı

SK1 Doğal KİL + %9 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devamı) Ödometre deney sonuçları (SK-2, Kireç=0%).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı	Ring Çapı	cm	6,00	Ring + yağ numune	221,40
İşin Adı	Ring Yüksekliği	cm	2,43	Ring + kuru numune	166,96
Sondaj / kuyu No	Ring Ağırlığı	gr	80,51	Ortalama ağırlık	2,708
Numune Adı	Ring Alanı	cm ²	28,27	Numune kuru ağırlığı	107,45
Denetim	Şişme Sonu Numune Yüksekliği	cm	2,57	H ₀	1,40

Uygulanan Baskı (kgf/cm ²)	Tanımın (cm)	Tanımın Fazda (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epürasyon (h-bar)	Boşluk Yüksekliği h _b (cm)	Boşluk Oran (%)	Boşluk Oran Değişimi	Baskı Ağırlığı (kgf/cm ²)	Şişme Kısmı av (cm ³ /kgf)	Hacimsel Şişme Kısmı (cm ³ /kgf)	E _s 1/Mv (kgf/cm ²)
0,0010	0,0000	0,0610	2,5650	0,0000	1,1617	0,8378	0,0435	0,2490	0,1746	0,0955	10,4702
0,2500	0,0610	0,0400	2,5040	0,0238	1,1007	0,7843	0,0285	0,2500	0,1140	0,0639	15,6500
0,5000	0,1010	0,0570	2,4640	0,0394	1,0607	0,7538	0,0406	0,5000	0,0812	0,0462	21,6140
1,0000	0,1580	0,0670	2,4070	0,0616	1,0037	0,7152	0,0477	1,0000	0,0477	0,0278	35,9254
2,0000	0,2250	0,1010	2,3400	0,0877	0,9367	0,6674	0,0730	2,0000	0,0360	0,0216	46,3366
4,0000	0,3260		2,2390	0,1271	0,8357	0,5955					

ŞİŞME YÜZDESI İYAYINI

Dial gauge 1/100 mm Kıyık 10r Buyuk 10r:	Boşluk Görmesi 5	Şişme Miktarı (cm)	Şişme Yüzdesi (%)
0,50	6,45	0,1450	6,0

ŞİŞME BASINCI İYAYINI

Baskı Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Şişme Basıncı (kN/m ²)
		0,00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-2, Kireç=%0)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLojİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı

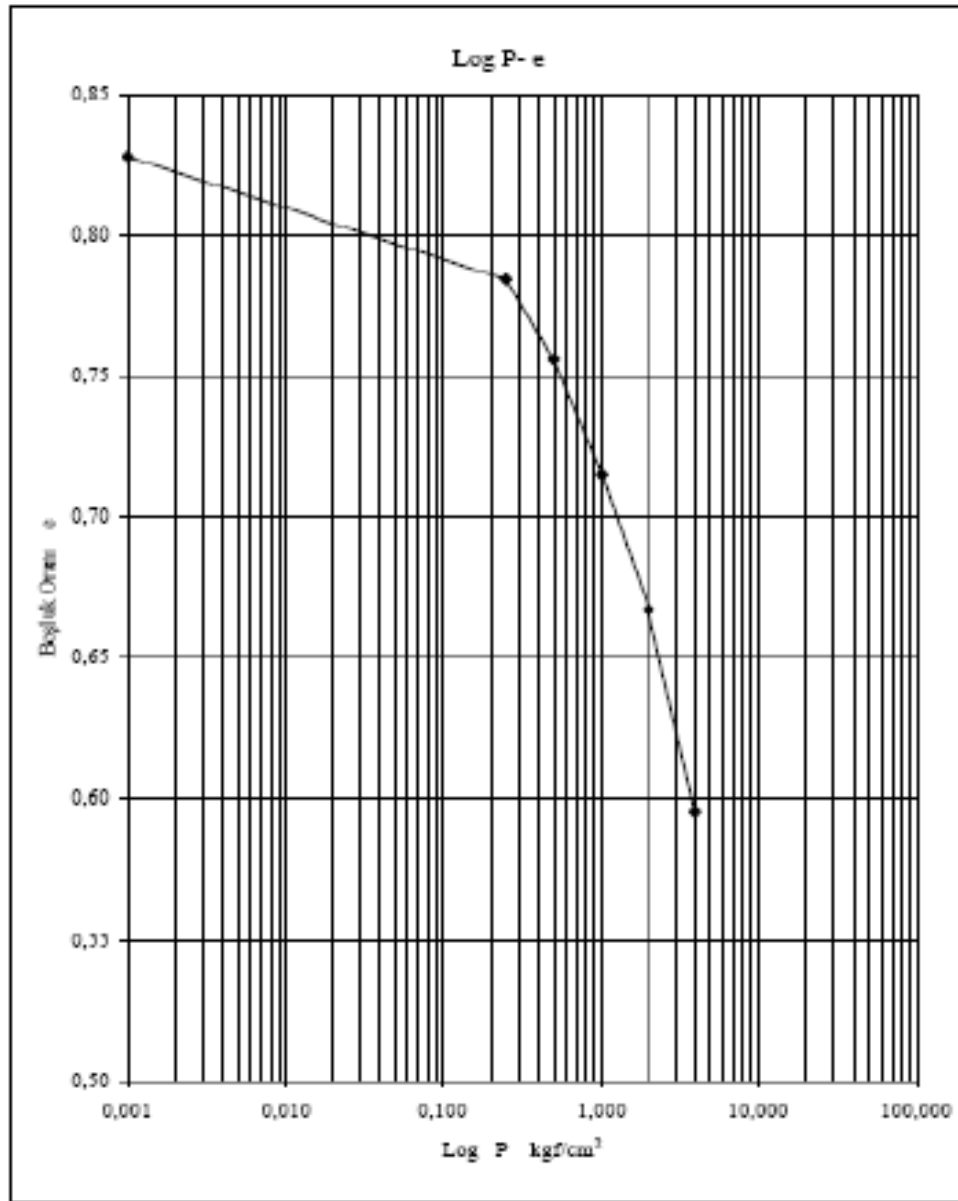
İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı

SK2 Doğal KİL

Derinlik



EK-5. (Devamı) Ödometre deney sonuçları (SK-2, Kireç=%1).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MUH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FÖYÜ

Firma Adı:		Ring Çapı:	cm	Ring + Yık. Numune:	222.45
İşin Adı:		Ring Yüksekliği:	cm	Ring + İkeni Numune:	168.79
Sıradışı / Arayış No:		Ring Ağırlığı:	gr	Özgü Ağırlık:	2.704
Numune Adı:	SK2 Doğal KİL + %1 KİREÇ	Ring Alanı:	cm ²	Numunein kuru Ağırlığı:	107.11
Dernik:		Yıkma Sonu Numune Yüksekliği:	cm	2Ho	1.40

Uygulanan Basınç (kgf/cm ²)	Tasnasa (cm)	Tasnasa Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epsilon (ε _{ho})	Boşluk Oranı w ₀ (%)	Boşluk Oranı Değişimi	Basınç Artışı (kgf/cm ²)	Sıkıyın Katsayısı av	Hacimsel Sıkıyın Katsayısı (cm ³ /kgf)	Es / Mv (kgf/cm ²)
0.0010	0.0000	0.0250	2.5080	0.0000	0.7902	0.0178	0.3490	0.0717	0.0400	34.9797
0.2500	0.0250	0.0170	2.4820	0.0100	0.7723	0.0121	0.3500	0.0485	0.0274	34.5147
0.5000	0.0420	0.0250	2.4660	0.0167	0.7602	0.0178	0.5000	0.0357	0.0203	40.3200
1.0000	0.0670	0.0390	2.4410	0.0267	0.7424	0.0278	1.0000	0.0278	0.0160	62.5897
2.0000	0.1060	0.0550	2.4020	0.0428	0.7145	0.0393	2.0000	0.0196	0.0114	87.3455
4.0000	0.1610		2.3470	0.0642	0.6753					

SISME YÜZDEŞİ İYATINI

Dial zıncı 1/100 mm	Basınç Okuması	Nispi Okuma	Şişme Mikrom (cm)	Şişme Yüzdesi (%)
Kıvrık İbre: 5	0.00	5.78	0.0780	3.2
Büyük İbre:				

SISME BASINCI İYATINI

Boşluk Ağırlığı (kg)	Yık. (kg)	Şişme Basıncı (kN/m ²)
		0.00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-2, Kireç=%1)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı

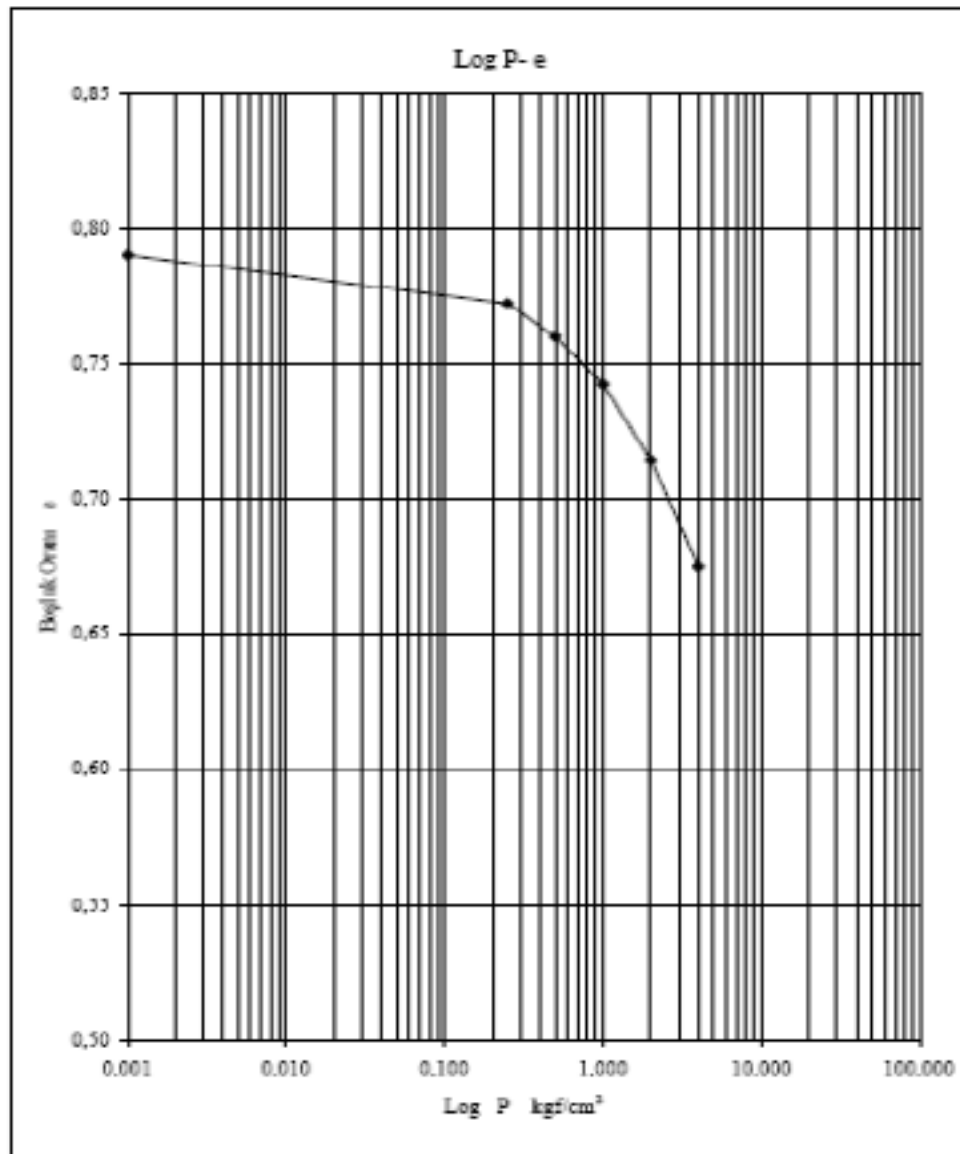
İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı

SK2 Doğal KİL + %1 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-2, Kireç=%3).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLOHİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Forma Adı	Ring Çapı	cm	Ring + Yağ numune	219.27
İçin Adı	Ring Yüksekliği	cm	Ring + kuru numune	196.41
Sondaj / kuyu No	Ring Ağırlığı	gr	Özgül ağırlık	2.697
Numune Adı	Ring Alanı	cm²	Numunenin kuru Ağırlığı	104.73
Derinlik	Sistem Sonu Numune Yüksekliği	cm	H ₀	1.37
SEKİ Doğal KİL + %3 KİREÇ				

Uygulanmış Basınç (kgf/cm²)	Tasarım (cm)	Tasarım Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epsilon (h ₀)	Beşlik Yöreselliği (ab)	Beşlik Oranı (%)	Beşlik Oran Değişimi	Basınç Artışı (kgf/cm²)	Sıkıştırma Katsayısı av	Hacimsel Sıkıştırma Mv (cm³/kgf)	Es İMv (kgf/cm³)
0.0010	0.0000	0.0270	2.4700	0.0000	1.0566	0.7985	0.0197	0.3490	0.0790	0.0439	22.7789
0.2500	0.0270	0.0180	2.4430	0.0100	1.0606	0.7788	0.0131	0.2500	0.0524	0.0295	33.9306
0.5000	0.0450	0.0210	2.4250	0.0182	1.0516	0.7657	0.0123	0.5000	0.0306	0.0173	57.7381
1.0000	0.0660	0.0380	2.4040	0.0267	1.0306	0.7504	0.0277	1.0000	0.0277	0.0158	63.2652
2.0000	0.1040	0.0610	2.3660	0.0421	0.9926	0.7227	0.0444	2.0000	0.0222	0.0129	77.5738
4.0000	0.1650		2.3050	0.0668	0.9316	0.6783					

SİSİME YÜZDESE TAYINI			
Doal sımsıcı 1/100 mm	Sımsıcı 5	Sımsıcı Miktarı (cm)	Sımsıcı Yüzden (%)
Kaynak İnce: Büyük İnce:	0.00	0.0400	1.6

SİSİME BASINCI TAYINI			
Basınç Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Sımsıcı Basıncı (KN/m²)	0.00

SİSME YÜZDESLİ İYİ YAVINI

İzot suzgeç 1/100 mm	Boyutlar	Boyutlar	Yüzde Miktarı	Yüzde Yüzden
Boyutlar: 5	0.00	5.40	0.0400	1.6

SİSME BASINCI İYİ YAVINI

Basınç Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Yüzde Basınç (kg/cm ²)
		0.00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-2, Kireç=%3)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLOJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı

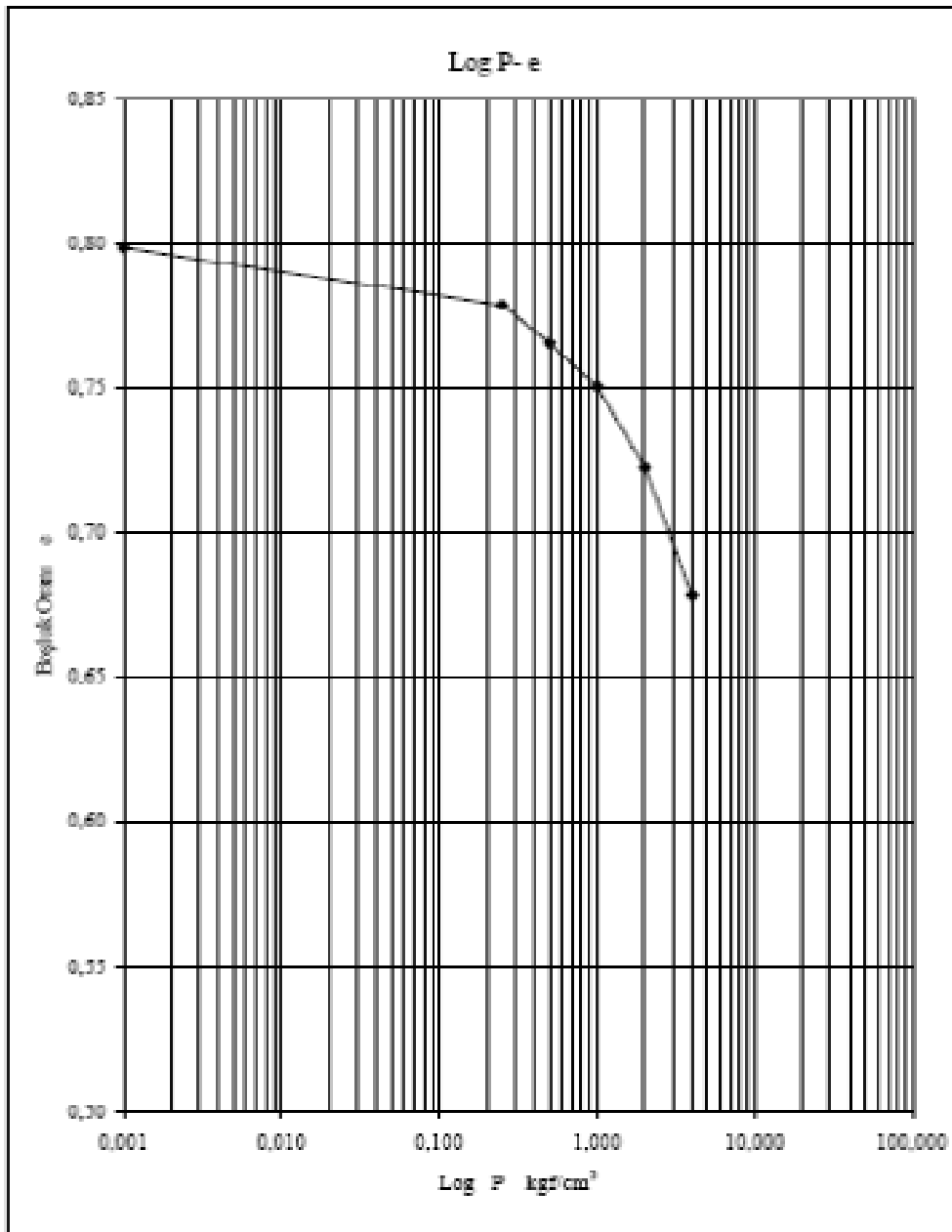
İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı

SK2 Doğal KİL + %3 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-2, Kireç=%5)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı

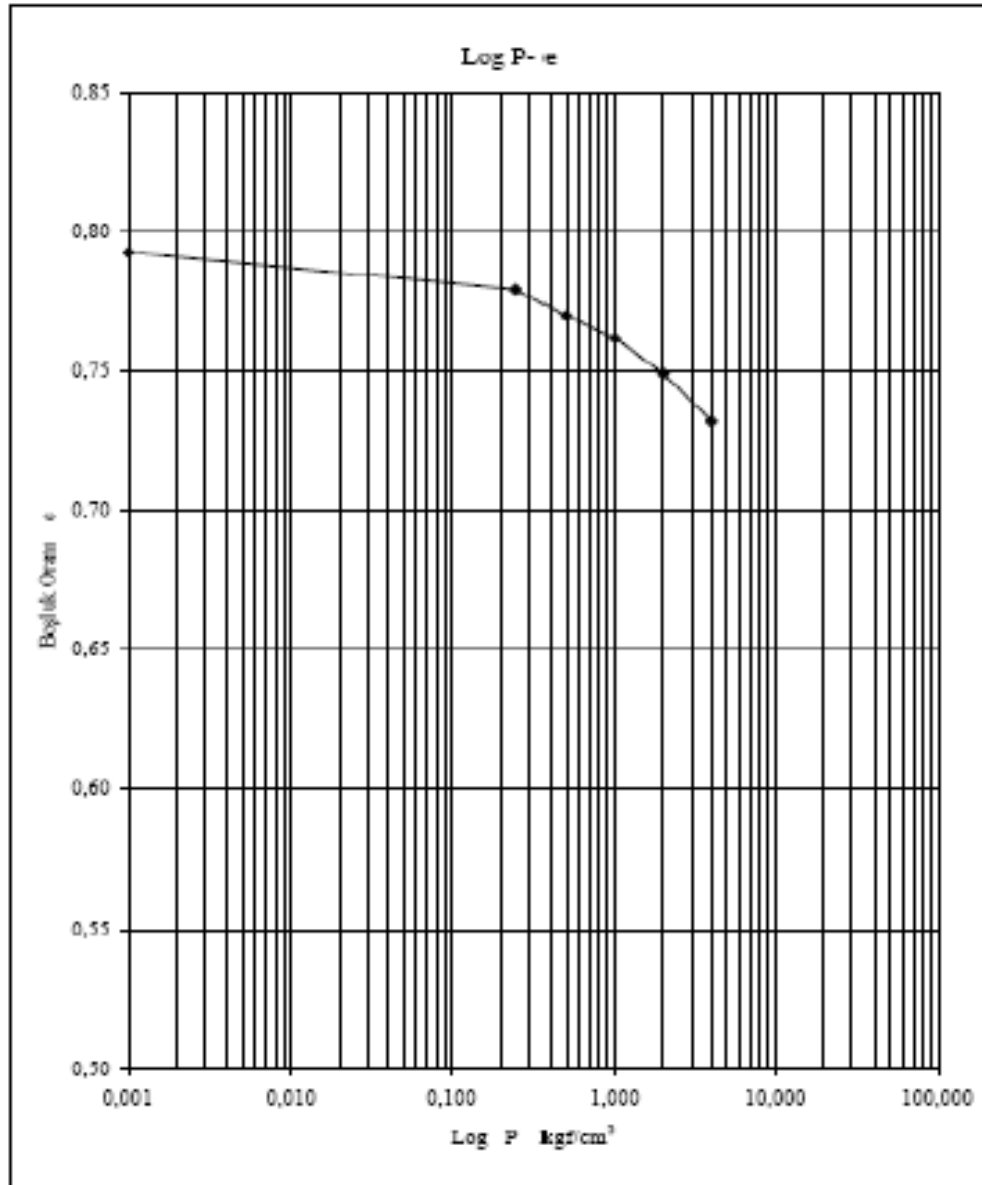
İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı

SK2 Doğal KİL + %5 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-2, Kireç=%7).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FÖYÜ

Firma Adı:	Ring Çapı:	cm	5,00	Ring + yağ numune	216,98
İşin Adı:	Ring Yüksekliği:	cm	2,43	Ring + kuru numune	192,45
Sondaj / Kuyu No:	Ring Yüksekliği:	gr	80,51	Orgül ağırlık	1,081
Numune Adı:	Ring Alanı:	cm ²	20,17	Numunenin kuru Ağırlığı	102,04
Deneylik:	Şişme Sonu Numune Yüksekliği:	cm	2,43	3Ho	1,36
SK2 Doğal KİL + %7 KİREÇ					

Uygulanan Beyaz (kgf/cm ²)	Tanama (cm)	Tanama Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Episiten (h/bo)	Başlık Yüksekliği hb (cm)	Başlık Oran a (%)	Başlık Oran Değişimi	Başlık Ayrış (kgf/cm ²)	Sıkışma Katman av (cm ³ /kgf)	Hacimsel Sıkışma Katsayısı Mv (cm ³ /kgf)	Ez 1/Mv (kgf/cm ²)
0,0010	0,0000	0,0250	2,4330	0,0000	1,0740	0,7808	0,0184	0,2490	0,0739	0,0413	24,2227
0,2500	0,0250	0,0110	2,4070	0,0103	1,0480	0,7725	0,0081	0,2500	0,0324	0,0193	54,7045
0,5000	0,0360	0,0130	2,3960	0,0148	1,0380	0,7644	0,0096	0,5000	0,0191	0,0109	92,1538
1,0000	0,0490	0,0140	2,3830	0,0201	1,0250	0,7548	0,0103	1,0000	0,0103	0,0059	170,2143
2,0000	0,0630	0,0160	2,3690	0,0259	1,0110	0,7445	0,0118	2,0000	0,0059	0,0034	286,1250
4,0000	0,0790		2,3530	0,0325	0,9950	0,7327					

ŞİŞME YÜZDESİ TAYİNİ

Ölöl eniçe 1/100 mm	Başlangıç Okunması	Nitelik Okunması	Şişme Miktarı (cm)	Şişme Yüzdesi (%)
Kaynak İbresi: Büyük İbresi:	5 0,00	5,12	0,0120	0,5

ŞİŞME BASINCI TAYİNİ

Başlık Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Şişme Hacmi (cm ³)
		0,00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-2, Kireç=%7)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

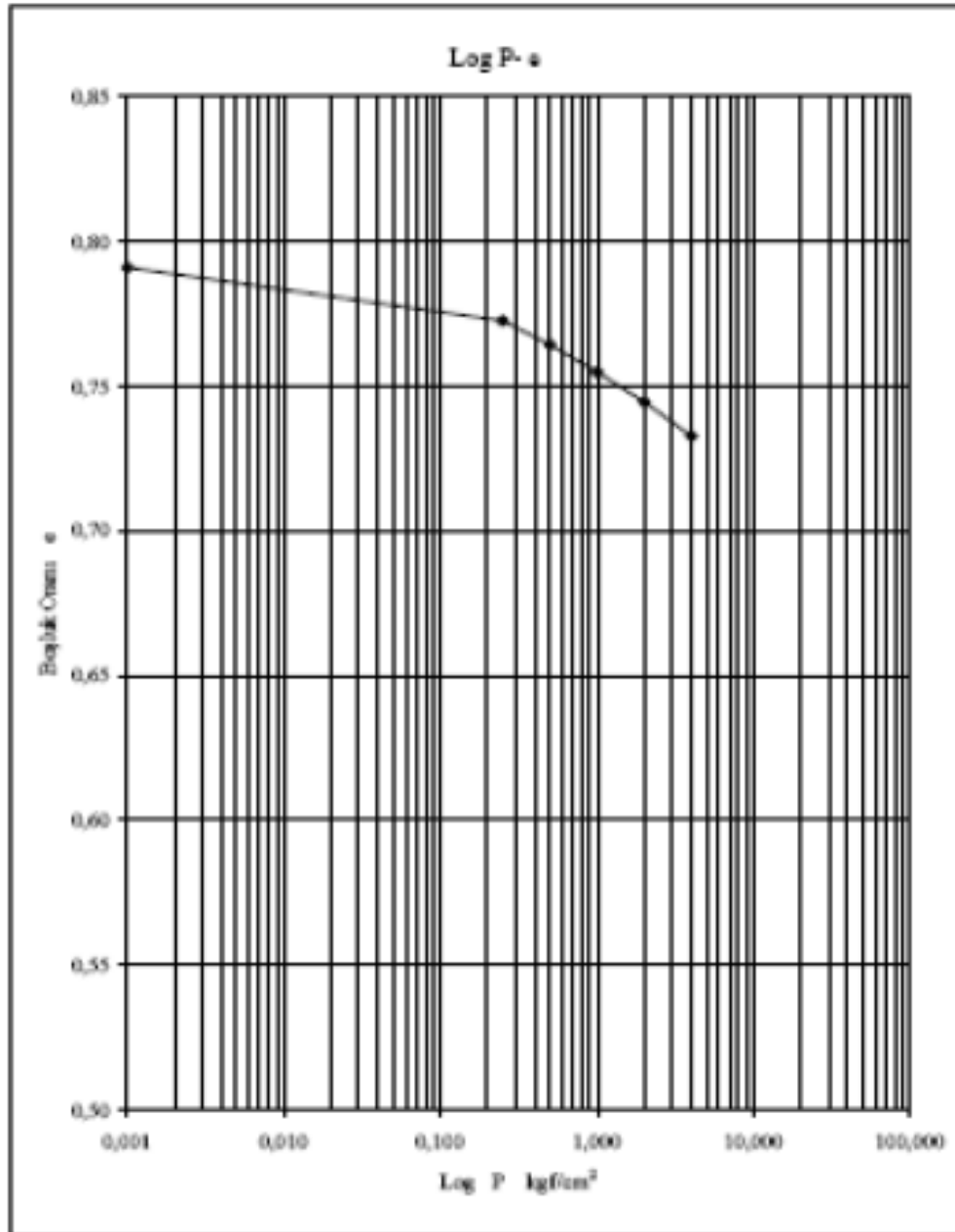
Firma Adı

İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı SK2 Doğal KİL + %7 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-2, Kireç=%9)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı	Ring Çapı	cm	6,00	Ring + yay numarası	117,42
İm Adı	Ring Yüksekliği	cm	2,42	Ring + kum numarası	192,34
Sonuç / kuyu No	Ring Ağırlığı	gr	86,51	Çizgi Ağırlığı	2,674
Numune Adı	Ring Alanı	cm ²	28,27	Numune kuru Ağırlığı	102,83
Denetim	Şişme Sonu Numune Yüksekliği	cm	2,43	Şişme	1,16
SK2 Değeri KİL + %9 KİREÇ					

Uygulanmış Basınç (kgf/cm ²)	Tekrar (cm)	Tekrar Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epistion (h.ho)	Boşluk Yüksekliği h ₀ (cm)	Boşluk Oran e (%)	Boşluk Oran e ₀ (%)	Boşluk Artışı (kgf/cm ²)	Sıkıştırma Oran av (cm ³ /kg)	Hacimsel Sıkıştırma Katsayısı Mv (cm ³ /kg)	z ₀ 1/Mv
0,0010	6,0000	0,0160	2,4290	6,0000	1,0389	0,7829	6,0140	0,2460	0,0561	6,0314	31,8327
0,2500	6,0190	0,0110	2,4100	6,0078	1,0469	0,7719	6,0081	0,2500	0,0324	6,0183	54,7727
0,5000	6,0300	0,0020	2,3990	6,0124	1,0389	0,7639	6,0088	0,5000	0,0176	6,0100	99,5983
1,0000	6,0430	0,0120	2,3870	6,0173	1,0269	0,7559	6,0088	1,0000	0,0088	6,0050	108,9167
2,0000	6,0540	0,0120	2,3750	6,0222	1,0149	0,7482	6,0140	2,0000	0,0070	6,0040	250,0000
4,0000	6,0730	0,0160	2,3560	6,0301	0,9949	0,7322					

ŞİŞME YÜZDEŞİ TAYİNİ

Ölöl gereği 1100 gram	Basınçlı Ölölün Y	Yükseklik Ölölün (cm)	Şişme Miktarı (cm)	Şişme Yüzdesi (%)
Ölölün Başlangıç	0,00	5,99	0,0099	0,4

ŞİŞME BASINCI TAYİNİ

Basınç Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Şişme Başlangıç (cm ³)
		9,10

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-2, Kireç=%9)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MUH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
Log P - e GRAFİĞİ

Fırma Adı

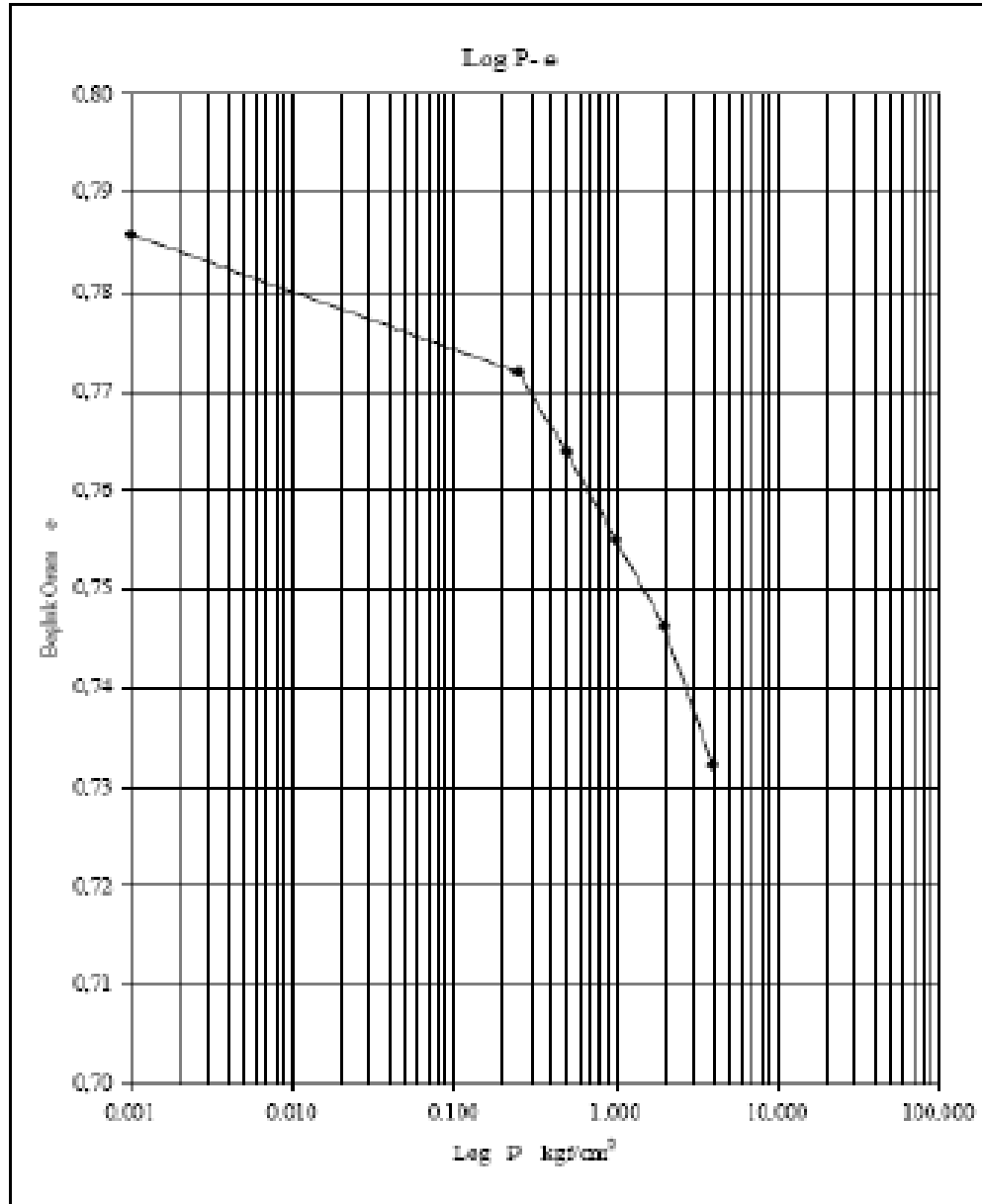
İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı

SK2 Doğal KİL + %9 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-3, Kireç=0%).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı	Ring Çapı	cm	6,00	Ring + yağ numune	213,93
İşin Adı	Ring Yüksekliği	cm	2,42	Ring + kuru numune	188,23
Semke / Koyu No	Ring Ağırlığı	gr	89,51	Çaplı ağırlık	2,653
Numune Adı	Ring Alanı	cm ²	28,27	Numunenin kuru Ağırlığı	98,72
Derinlik	Şişme Sonu Numune Yüksekliği	cm	2,54	25%	1,32

Uygulanan Basınç (kgf/cm ²)	Tıkanma (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Eşitlen (h _h)	Boşluk Yüksekliği h _b (cm)	Boşluk Oran e (%)	Boşluk Oran Değişimi	Basınç Artışı (kgf/cm ²)	Sıkıştırma Katsayısı w (cm ³ /kgf)	Hacimsel Sıkıştırma Katsayısı Δw (cm ³ /kgf)	Ea 10 ⁴ dy (kgf/cm ²)
0,0010	0,0009	2,5390	0,0009	1,2189	0,9562			0,0077	0,0507	19,7255
0,2500	0,0320	2,5030	0,0126	1,1869	0,9019	0,0243	0,2490	0,0638	0,0336	29,7976
0,5000	0,0530	2,4820	0,0209	1,1659	0,8859	0,0160	0,2500	0,1109	0,0588	17,0000
1,0000	0,1260	2,4090	0,0497	1,0929	0,8305	0,0555	0,5000	0,0874	0,0477	20,9478
2,0000	0,2410	2,2940	0,0951	0,9779	0,7431	0,0874	1,0000	0,0574	0,0329	30,3841
4,0000	0,3920	2,1430	0,1546	0,8269	0,6283	0,1147	2,0000			

ŞİŞME YÜZDESİ TAYINI

Dial gauge 1/100 mm	Boşluğu Okunması	Şişme Miktarı (cm)	Şişme Yüzdesi (%)
Kayma yüzeyi: Beyaz kum	0,00	6,15	0,1150
			4,5

ŞİŞME BASINCI TAYINI

Bağlıc Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Şişme Basıncı (kg/cm ²)
		0,00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-3, Kireç=%0)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

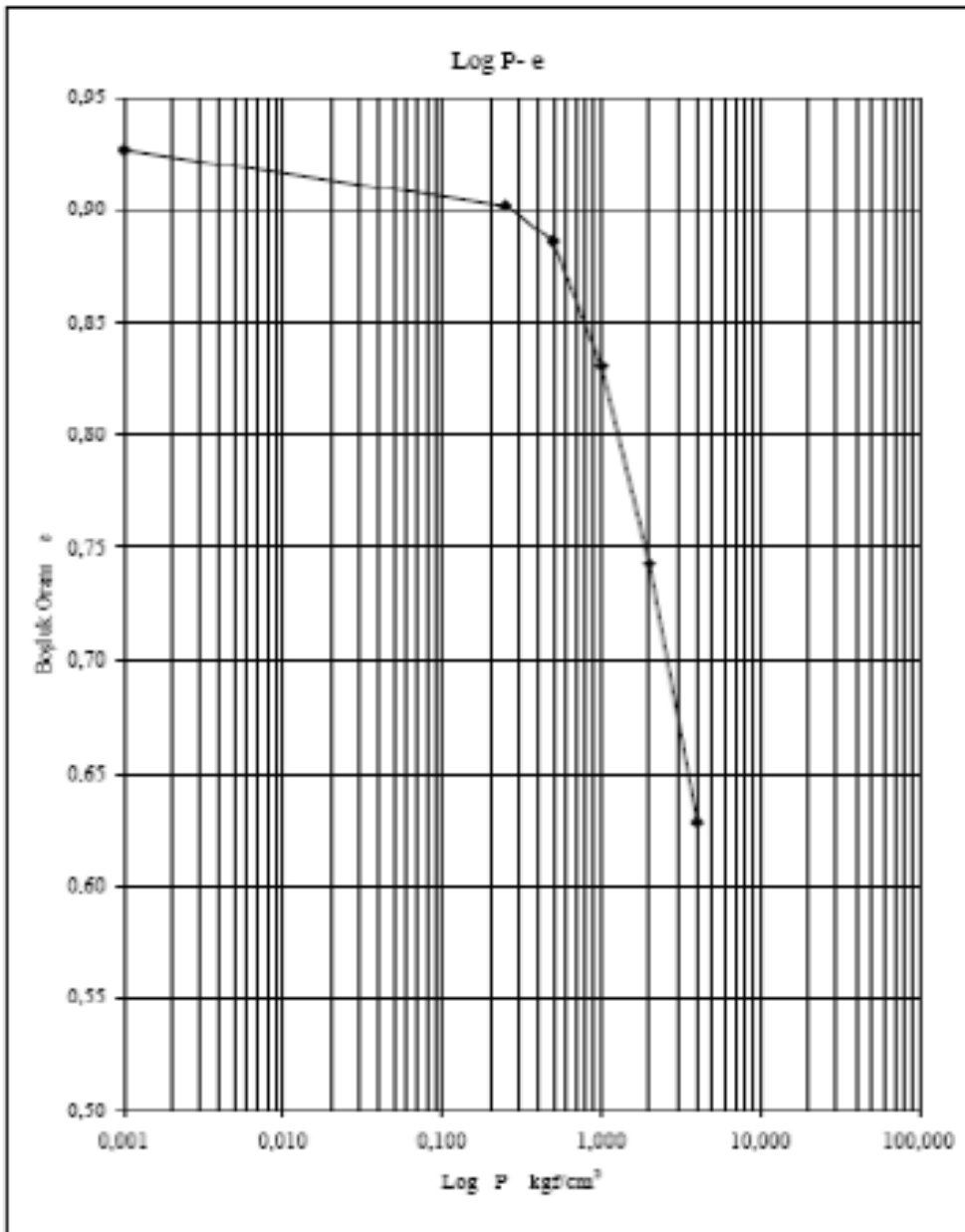
Firma Adı

İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı SK3 Doğal KİL

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-3, Kireç=%1).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLojİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı	Ring Çapı	cm	6.00	Ring + yığılma	219.51
İçin Adı	Ring Yüksekliği	cm	2.43	Ring + kuru numune	191.63
Sevdesi / kuyu No	Ring Ağırlığı	gr	91.68	Özgöl ağırlık	2.650
Numune Adı	Ring Alanı	cm ²	28.27	Numune kuru Ağırlığı	99.95
Derinlik	Şişme sonu Numune Yüksekliği	cm	2.52	28.0	1.33
SK3 Doğal KİL + %1 KIREÇ					

Uygulanan Basınç (kgf/cm ²)	Taamman (cm)	Taamman Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epilasyon (h.ho)	Boşluk Yüksekliği (ho)	Boşluk Oranı e (%)	Boşluk Oranı Değeri	Basmaç Alanı (kgf/cm ²)	Sıkıştırma Katmanları (cm ² /kgf)	Hesaplanan Sıkıştırma Katmanları (cm ² /kgf)	İz LMv
0.0010	0.0000	0.0350	2.5100	0.0000	1.1850	0.8884	0.0262	0.2490	0.1054	0.0558	17.9209
0.2500	0.0350	0.0340	2.4840	0.0139	1.1500	0.8621	0.0255	0.2500	0.1020	0.0548	18.2647
0.5000	0.0800	0.0540	2.4500	0.0274	1.1160	0.8366	0.0405	0.5000	0.0810	0.0441	22.8852
1.0000	0.1250	0.0690	2.3860	0.0488	1.0620	0.7861	0.0517	1.0000	0.0517	0.0288	34.7246
2.0000	0.1920	0.0840	2.3270	0.0762	0.9830	0.7444	0.0630	2.0000	0.0315	0.0180	55.4048
4.0000	0.2760		2.2430	0.1096	0.9090	0.6815					

ŞİŞME YÜZDESİ TAYİNİ

Dial gölge 1.000 mm	Değerler Okunması	Nüsi Okunması	Şişme Miktarı (cm)	Şişme Yüzdesi (%)
Kayış İnce: 5	0.00	5.89	0.0890	3.7
Buyluk İnce:				

ŞİŞME BASINCI TAYİNİ

Boşluk Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Şişme Basıncı (KN/m ²)
		0.00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-3, Kireç=%1)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLojİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

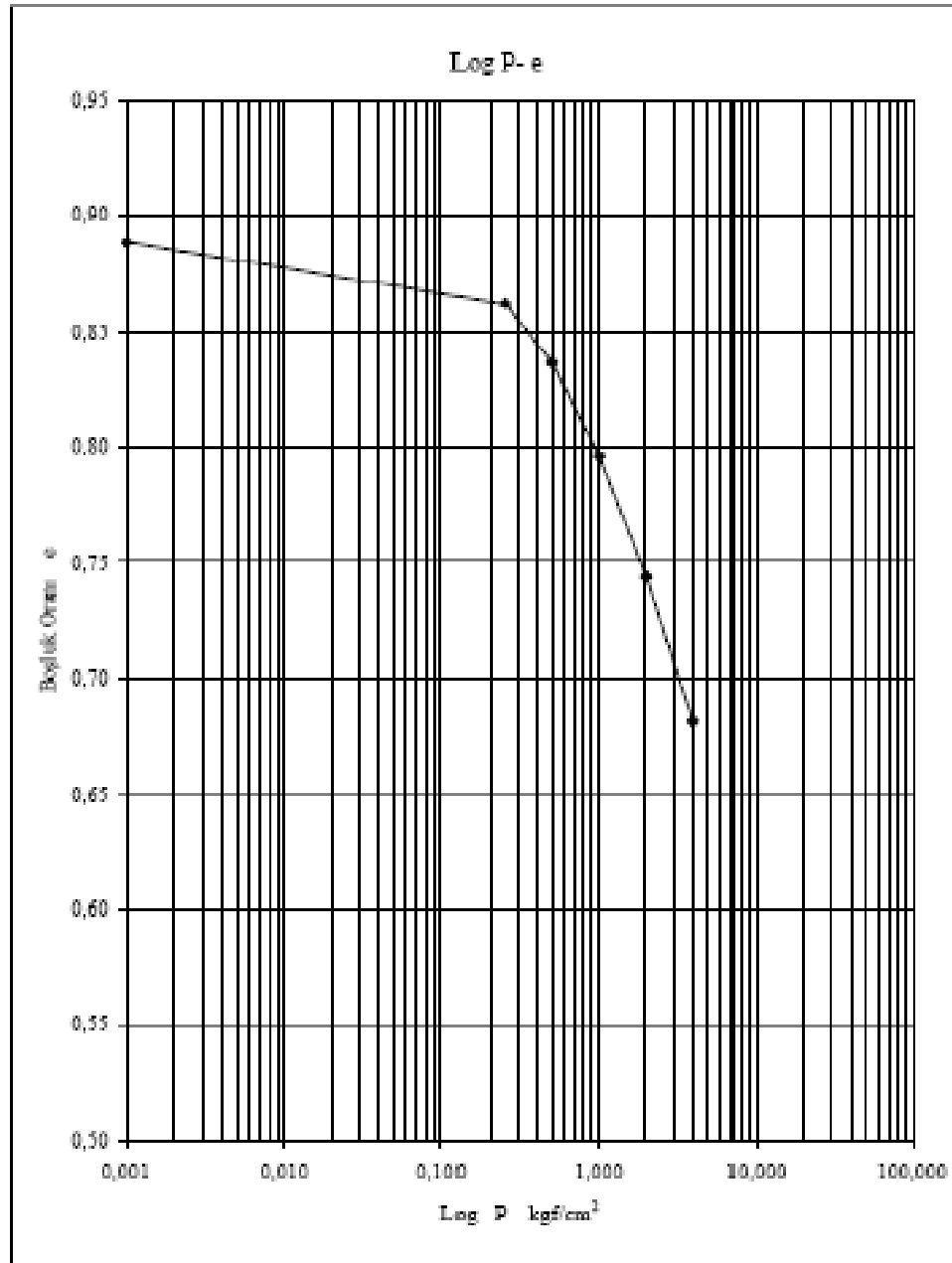
Firma Adı

İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı SK3 Doğal KİL + %1 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-3, Kireç=%3).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı:	Ring Çapı:	cm	6.00	Ring + yığ numune	218.03
İşli Adı:	Ring Yüksekliği:	cm	2.46	Ring + kuru numune	193.75
Sondaj / kuyu No:	Ring Ağırlığı:	gr	92.58	Özellik ağırlık	2.643
Numune Adı:	Ring Alanı:	cm ²	28.27	Numunenin kuru Ağırlığı:	100.17
SK3 Doğal KİL + %3 KİREÇ	Yığma sonu Numune Yüksekliği:	cm	2.51	280	1.34

Uygulanan Basınç (kgf/cm ²)	Taçlama (cm)	Taçlama Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epistion (t/ha)	Boşluk Yüksekliği bb (cm)	Boşluk Oran e (%)	Boşluk Oran Değeri	Basınç Arzı (kgf/cm ²)	Sıkıyım Kısmıya av (cm ³ /kgf)	Hacimsel Sıkıyım Kısmıya Mv (cm ³ /kgf)	Bü 1/Mv (kgf/cm ³)
0.0010	0.0000	0.0200	2.5090	0.0000	1.1686	0.8718	0.0149	0.3490	0.0599	0.0320	31.2370
0.2500	0.0200	0.0220	2.4890	0.0080	1.1486	0.8568	0.0164	0.3500	0.0656	0.0354	28.2841
0.5000	0.0420	0.0400	2.4670	0.0167	1.1266	0.8404	0.0298	0.5000	0.0597	0.0324	30.8375
1.0000	0.0820	0.0680	2.4270	0.0327	1.0846	0.8106	0.0507	1.0000	0.0507	0.0380	35.6812
2.0000	0.1500	0.1080	2.3590	0.0598	1.0186	0.7599	0.0806	2.0000	0.0403	0.0329	43.8852
4.0000	0.2580		2.2510	0.1028	0.9106	0.6793					

SİSME YUZDESİ TAYINI

Dial gauge 1/100 mm	Enjeksiyon Oranması	Nüha Oranması	Sisime Miktarı (cm)	Sisime Yüzdesi (%)
Kaynak İbresi: Bilyelik İbresi:	5 0.00	5.49	0.0490	2.0

SİSME BASINCI TAYINI

Basınç Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Sisime Basıncı (KN/m ²)
		0.00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-3, Kireç=%3)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

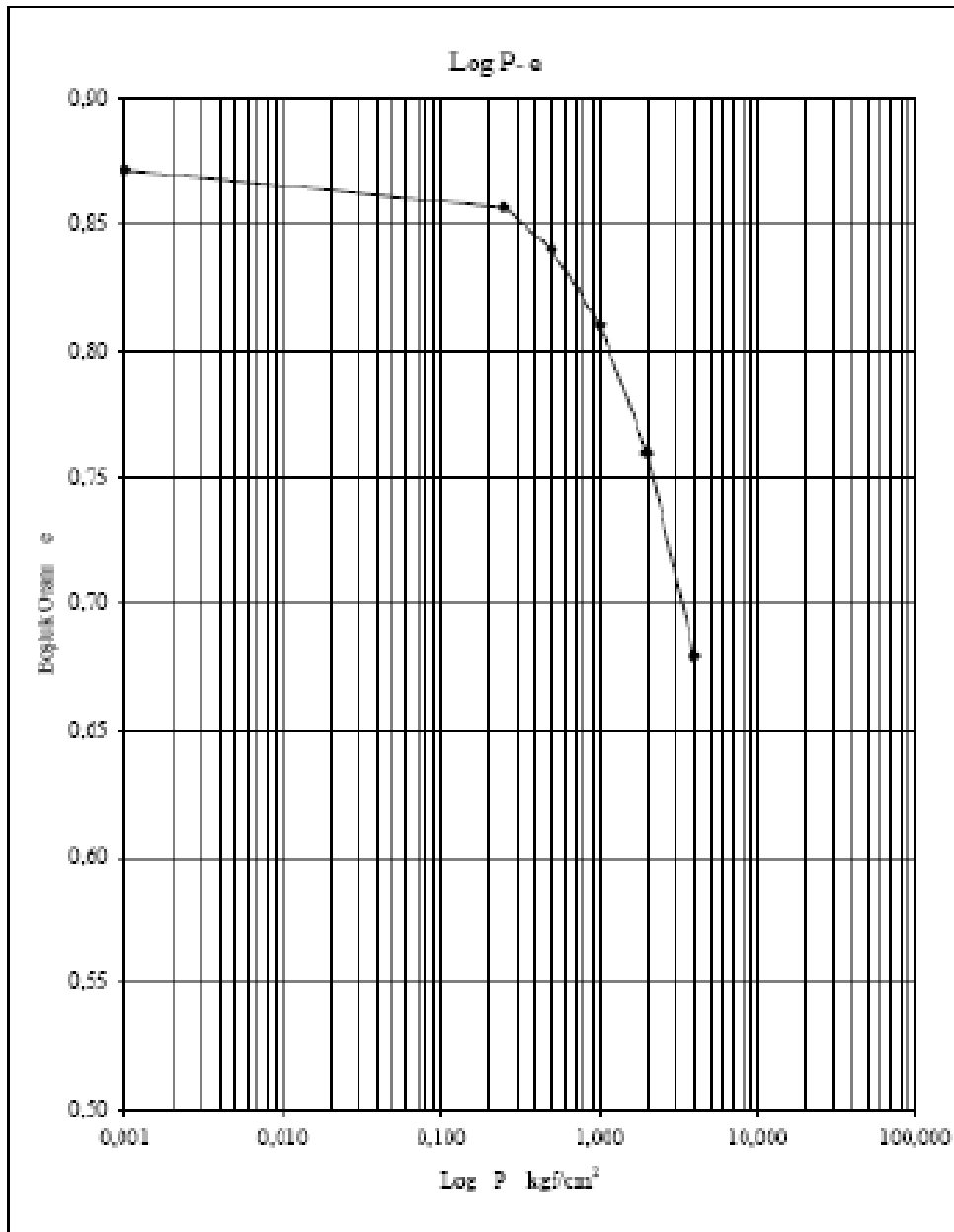
Firma Adı

İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Nümunne Adı: SK3 Doğal KİL + %3 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-3, Kireç=%5).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FÖYÜ

Firma Adı	Ring Çapı	cm	6.00	Ring + yağ numarası	218.67
İzine Adı	Ring Yüksekliği	cm	2.46	Ring + kuru numarası	193.12
Sondaj / Suyu No	Ring Ağırlığı	g	92.58	Organ ağırlık	2.637
Numune Adı	Ring Alanı	cm ²	28.27	Numunenin kuru Ağırlığı	100.54
Deneylik	Şişme Sonu Numarası Yüksekliği	cm	2.48	2Ho	1.35

Uygulanma Basıncı (kgf/cm ²)	Tesetman (cm)	Tesetman Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epürölen (t.km)	Boşluk Yüksekliği (cm)	Boşluk Oranı e (%)	Boşluk Oranı Değişimi	Basınç Artışı (kgf/cm ²)	Sıkışma Katsayısı σ_v	Hacimsel Sıkışma Katsayısı M_v	E_s 1/Mv
0,0010	0,0000	0,0160	2,4810	0,0000	1,1325	0,3399	0,0119	0,2490	0,0477	0,0259	38,6106
0,2500	0,0160	0,0120	2,4650	0,0064	1,1165	0,3280	0,0089	0,2500	0,0356	0,0195	51,3542
0,5000	0,0280	0,0160	2,4530	0,0113	1,1045	0,3191	0,0119	0,5000	0,0237	0,0130	76,6563
1,0000	0,0440	0,0270	2,4370	0,0177	1,0895	0,3073	0,0200	1,0000	0,0200	0,0111	90,2593
2,0000	0,0710	0,0420	2,4100	0,0286	1,0615	0,2872	0,0311	2,0000	0,0156	0,0087	114,7619
4,0000	0,1130		2,3680	0,0455	1,0195	0,2561					

SİSİME YÜZDESESİ TAYİNİ

Dış ölçü 1/100 mm	Boşluk Okuması	Nüfus Okuması	Şişme Miktarı (cm)	Şişme Yüzdesi (%)
Küçük İnce:	5	5,21	0,0210	0,9
Büyük İnce:	0,00			

SİSİME BASINCI TAYİNİ

Boşluk Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Şişme Basıncı (kN/m ²)
		0,00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-3, Kireç=%5)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MUH. MİM. FAKULTESİ İNŞAAT MUHENDİSLİĞİ BOLUMU
UYGULAMALI JEOLOJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı:

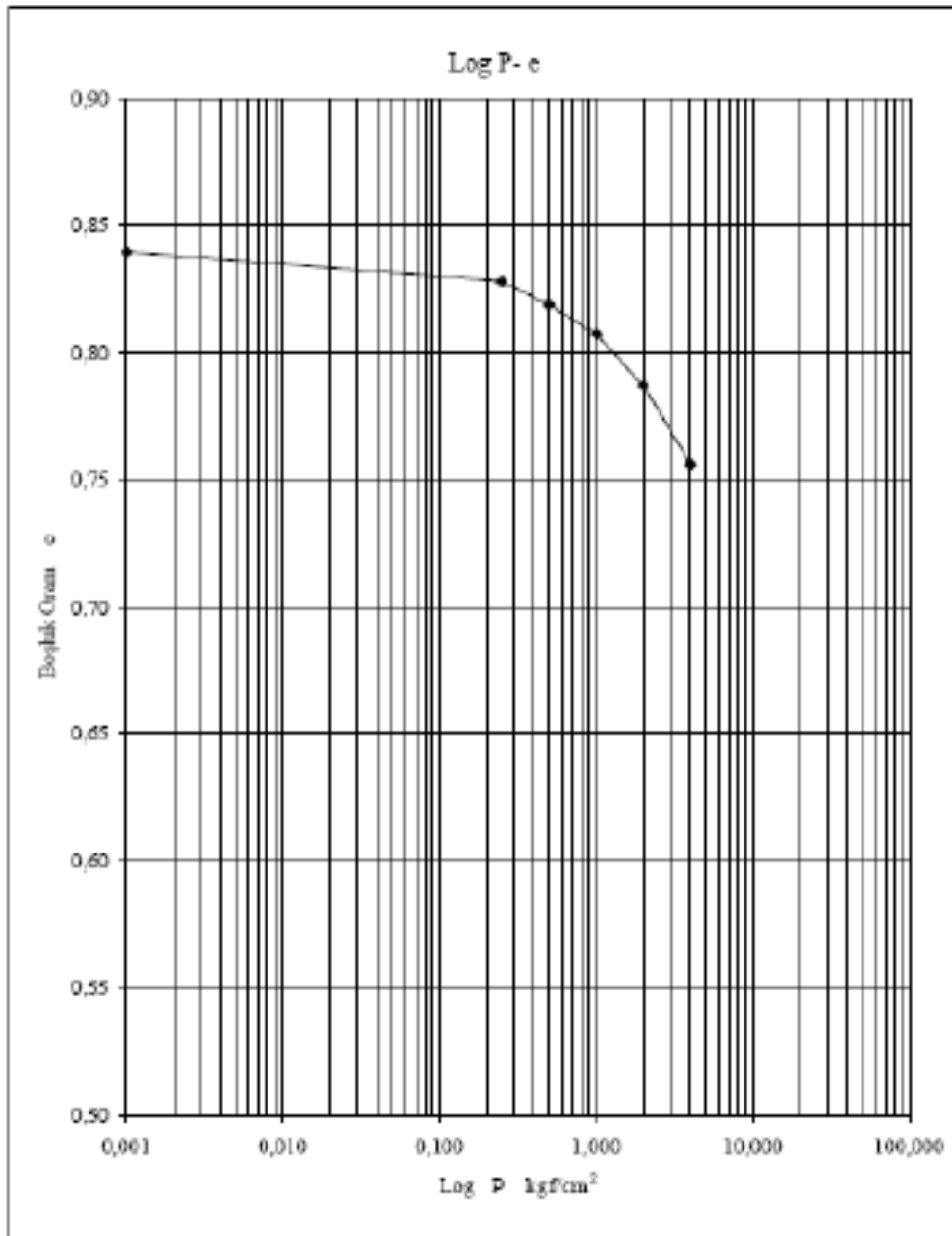
İşin Adı:

Sondaj / kuyu No:

Numune Adı:

SK3 Doğal KİL + %5 KİREÇ

Derinlik:



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-3, Kireç=%7).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLojİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı	Ring Çapı	CH	Ring + Yığ. Hattında	214.29
Yığılma / Kayma No	Ring Yüksekliği	cm	Ring + Kuru Numune	191.04
Numune Adı	Ring Alanı	cm ²	Özgül ağırlık	2.830
Derinlik	Şişme Sonu Numune Yüksekliği	cm	Numune Kuru Ağırlığı	98.46
			2Ho	1.32

Uygulanma Basıncı (kgf/cm ²)	Teslimat (cm)	Teslimat Fazla (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epsilon (in/in)	Doğrul. Yüksekliği (in)	Doğrul. Oran a	Doğrul. Oran Değişimi	Doğrul. Alanı (kgf/cm ²)	Sıkıştırma Kuvveti (kgf/cm ²)	Hacimsel Sıkıştırma Kuvveti (kgf/cm ²)	Es. Modu
0.0010	0.0000	0.0130	2.4690	0.0000	1.1449	0.8547	0.0098	0.2490	0.0394	0.0211	47.2908
0.2500	0.0130	0.0070	2.4560	0.0053	1.1310	0.8540	0.0053	0.2500	0.0211	0.0114	87.7143
0.5000	0.0200	0.0090	2.4490	0.0081	1.1240	0.8496	0.0068	0.5000	0.0136	0.0073	136.0556
1.0000	0.0280	0.0120	2.4400	0.0117	1.1159	0.8428	0.0091	1.0000	0.0091	0.0049	203.3333
2.0000	0.0410	0.0210	2.4280	0.0166	1.1039	0.8337	0.0159	2.0000	0.0079	0.0043	231.2381
4.0000	0.0620		2.4070	0.0251	1.0829	0.8179					

ŞİŞME YÜZDESİ TAYİNİ

Eni (mm)	Şişme Çıkması	Şişme Miktarı (mm)	Şişme Yüzdesi (%)
110.0 mm	3	0.0090	0.4
Kaynak İve:	0.00		
Boyutlu İve:			

ŞİŞME BASINCI TAYİNİ

Basınç Alanı (kgf)	Yık. (kgf)	Şişme Basıncı (kgf/cm ²)
		0.00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi şişme potansiyeli deney sonuç dataları (SK-3, Kireç=%7).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MUH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı

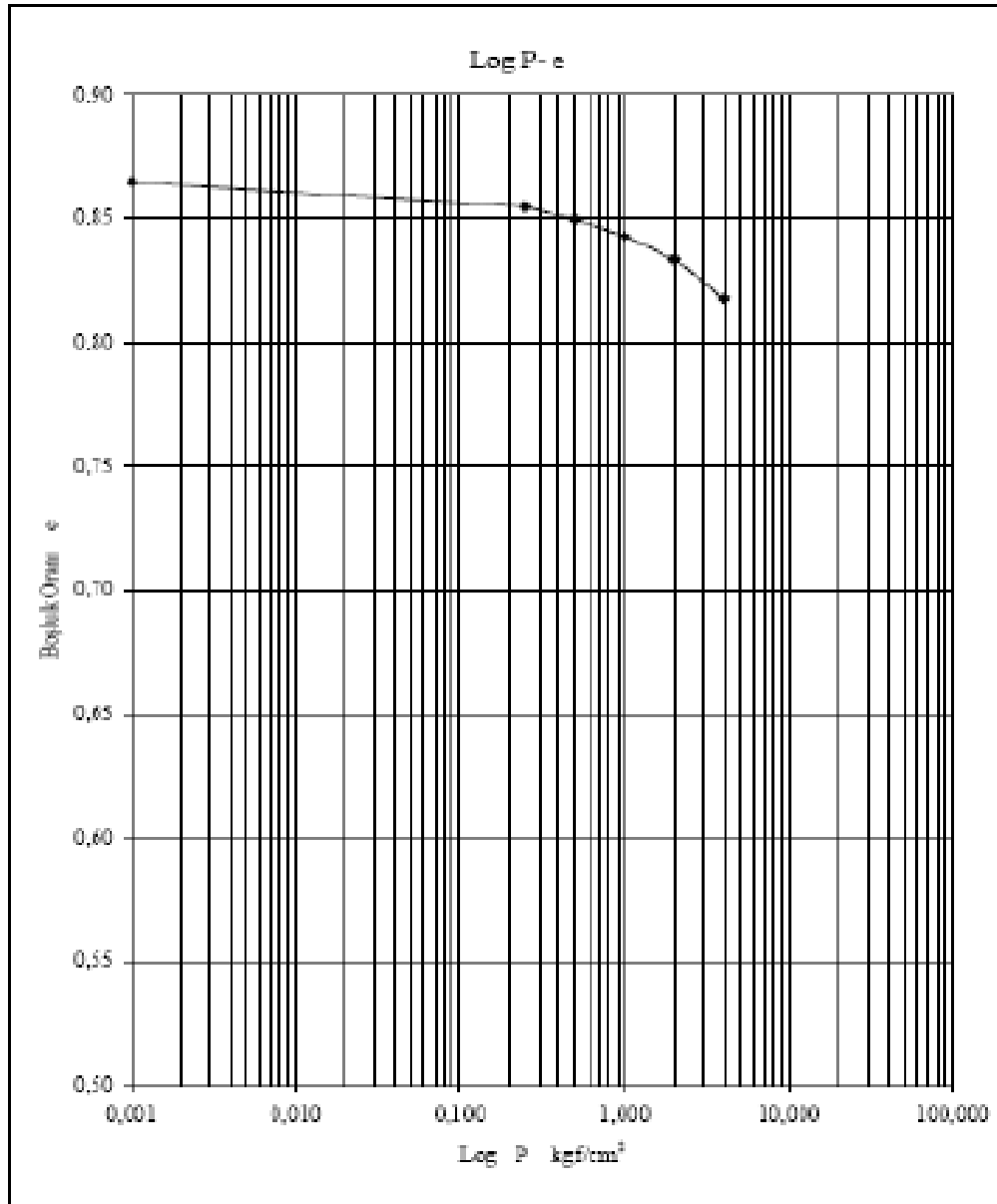
İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı

SK3 Doğal KİL + %7 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-3, Kireç=%9).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı	Ring Çapı	cm	6.00	Ring + yag numune	211.91
İşin Adı	Ring Yüksekliği	cm	2.47	Ring + kuru numune	182.69
Sondaj / kuyu No	Ring Ağırlığı	gr	83.49	Ozgül ağırlık	2.025
Numune Adı	Ring Alanı	cm ²	28.27	Numunem kuru Ağırlığı	99.20
Dernik	Yüzme Sonu Numune Yüksekliği	cm	2.48	H ₀	1.34
SK3 Doğal KİL + %9 KİREÇ					

Uygulanma Basınç (kgf/cm ²)	Taşınma (cm)	Taşınma Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	İpotenüs (h ₀)	Başlık Oranı h ₀ /e	Başlık Oranı e (%)	Başlık Oranı Değeri	Başınç Artışı (kgf/cm ²)	Sıkışma Katmanlı ev (cm ² .kgf)	Hacimsel Sıkışma Katmanlı Mv (cm ³ .kgf)	Et 1/Mv (kgf/cm ³)
0.0010	0.0000	0.0000	2.4770	0.0000	1.1394	0.8518	0.0067	0.2490	0.0270	0.0146	68.5303
0.2500	0.0060	0.0060	2.4680	0.0036	1.1304	0.8451	0.0060	0.2500	0.0239	0.0130	77.1250
0.5000	0.0170	0.0080	2.4600	0.0069	1.1224	0.8391	0.0062	0.5000	0.0164	0.0089	111.8182
1.0000	0.0280	0.0110	2.4490	0.0113	1.1114	0.8309	0.0105	1.0000	0.0105	0.0057	174.9286
2.0000	0.0420	0.0140	2.4350	0.0170	1.0974	0.8204	0.0112	2.0000	0.0056	0.0031	324.6667
4.0000	0.0570	0.0150	2.4200	0.0230	1.0824	0.8092					

SİSME YÜZDEŞİ LAYINI

Dial geoji 1.000 mm	Deplasman Ölçümü	Numune Çukuru	Şişme Mükân (cm)	Şişme Yüzdesi (%)
Kesme Yüzü: Büyük Yüzü:	0.00	5.07	0.0070	0.3

SİSME BASINCI LAYINI

Başlık Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Şişme Basıncı (kN/m ²)
		0.00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-3, Kireç=%9)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MUH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
Log P - e GRAFİĞİ

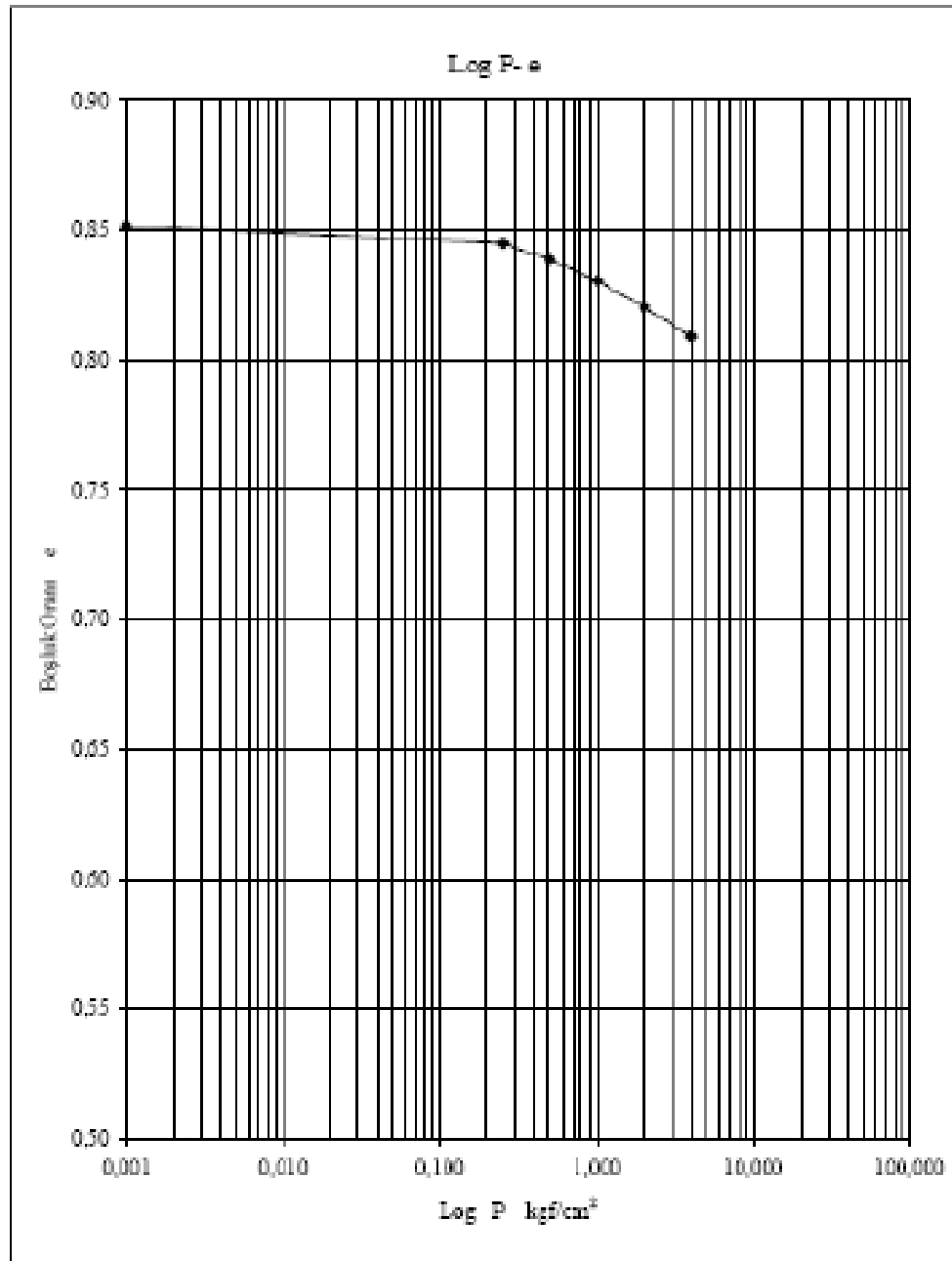
Firma Adı

İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı: SK3 Doğal KİL + %9 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devamı) Ödometre deney sonuçları (SK-4, Kireç=%00).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİML. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı:	Ring Çapı:	cm	6.00	Ring - Yarı numune	215.06
İşin Adı:	Ring Yüksekliği:	cm	2.46	Ring - Kuru BİREKİDE	185.29
Sonuç / Sayı No	Ring Ağırlığı:	gr	92.58	Ozgul ağırlık	2.624
Numune Adı:	Ring Alanı:	cm ²	28.27	Numunenin kuru Ağırlığı:	92.71
Derinlik:	Şişme Sonuç Numune Yüksekliği:	cm	2.56	2Ho	1.25

Uygulanmış Basınç (kgf/cm ²)	Tasman (cm)	Tasman Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epsilon (bu-ba)	Başlık Yüksekliği (cm)	Başlık Oranı (%)	Başlık Oranı Doğrultu	Basınç Arap (kgf/cm ²)	Sıkışma Katsayısı av (cm ³ /kgf)	Hacimsel Sıkışma Katsayısı Mv (cm ³ /kgf)	Es 1/Mv (kgf/cm ²)
0.0010	0.0000	0.0230	2.5630	0.0000	1.3134	1.0511	0.0184	0.2490	0.0739	0.0340	27.7473
0.2500	0.0230	0.0160	2.5400	0.0090	1.2804	1.0327	0.0128	0.2500	0.0512	0.0232	39.6875
0.5000	0.0390	0.0280	2.5240	0.0152	1.2744	1.0198	0.0234	0.5000	0.0448	0.0222	45.0714
1.0000	0.0670	0.0490	2.4960	0.0261	1.2464	0.9974	0.0392	1.0000	0.0392	0.0196	50.9388
2.0000	0.1160	0.0750	2.4470	0.0453	1.1974	0.9582	0.0600	2.0000	0.0300	0.0153	65.2333
4.0000	0.1910		2.3720	0.0745	1.1224	0.8982					

SİSME YÜZDESİ TABANİ

Dışa engele	Başlangıç Ölçümünü	Yükseklik	Yüzde Miktarı (cm)	Yüzde Yüzdens (%)
Kıyıda 1/100 num	6.03	0.1030	0.1030	4.2
Büyük İleri:	0.00			

SİSME BASINÇLI TABANİ

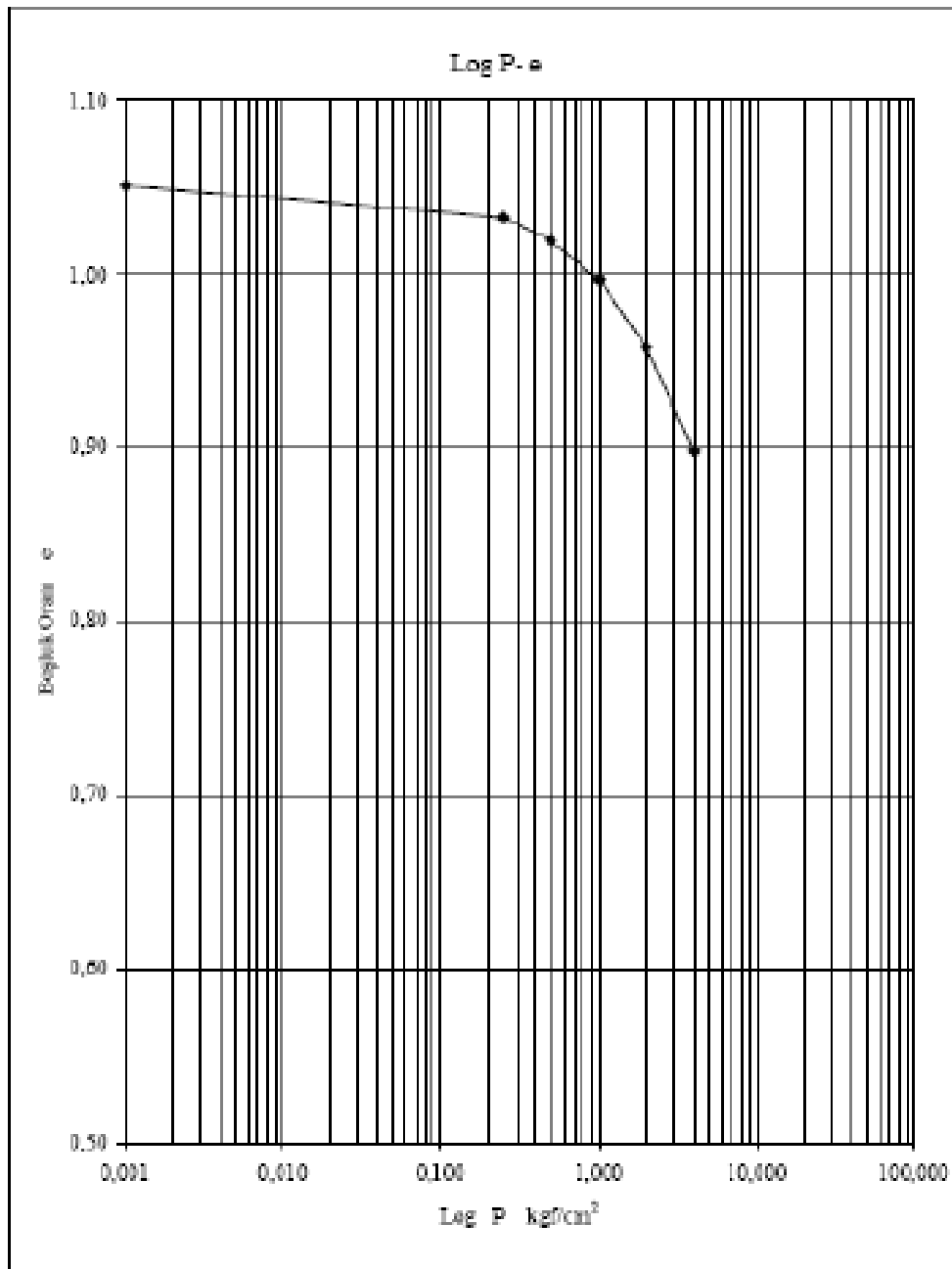
Başlık Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Yüzde Basınç (N/cm ²)
		0.00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-4, Kireç=%0)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı
 İsim Adı
 Sondaj / kuyu No
 Numune Adı SK4 Doğal KİL
 Derinlik



EK-5. (Devamı) Ödometre deney sonuçları (SK-4, Kireç=%1).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı:	Ring Çapı:	cm	6.00	Ring + Yağ miktarı:	213.07
İşin Adı:	Ring Yüksekliği:	cm	2.46	Ring - Kuru Buharlaşma:	182.61
Sondaj / kuyu No:	Ring Ağırlığı:	gr	91.58	Özellik ağırlık:	2.621
Numune Adı:	Ring Alanı:	cm ²	28.27	Numunenin kuru Ağırlığı:	100.03
SK-4 Değer: KIL + %1 KIREÇ	Yapma Sonu Numune Yüksekliği:	cm	2.54	2Ho	1.35

Uygulama Basıncı (kgf/cm ²)	Taamın (cm)	Taamın Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epsilon (b.bao)	Bölük Yüksekliği Ho (cm)	Bölük Oranı e (%)	Bölük Oranı Değeri	Basınç Artışı (kgf/cm ²)	Sıkıştırma oranı (cm ³ /kgf)	Hocimel Sıkıştırma Mv (cm ³ /kgf)	Es (Mv)
0.0010	0.0000	0.0290	2.5360	0.0000	1.1863	0.5788	0.0215	0.2490	0.0863	0.0459	21.7746
0.2500	0.0290	0.0280	2.5070	0.0114	1.1572	0.5573	0.0207	0.2500	0.0830	0.0447	22.3839
0.5000	0.0570	0.0280	2.4790	0.0225	1.1292	0.5366	0.0215	0.5000	0.0430	0.0234	42.7414
1.0000	0.0860	0.0290	2.4500	0.0339	1.1002	0.5151	0.0215	1.0000	0.0215	0.0118	64.4828
2.0000	0.1150	0.0290	2.4210	0.0453	1.0712	0.4936	0.0252	2.0000	0.0126	0.0070	142.4118
4.0000	0.1490	0.0340	2.3870	0.0588	1.0372	0.4684					

SİSME YÜZDEŞİ TABANİ

Dış yüzey	Başlangıç	Yük	Sisime Miktarı	Sisime Yüzde
100 mm	0.00	0.00	0.0760	3.1
Kısmi yüzey				
Boyuna boy				

SİSME BASINCI TABANİ

Bölük	Yük	Sisime
Ağırlığı (kg)	(kg)	Basıncı (kN/m ²)
		0.00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-4, Kireç=%1)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MUH. MİM. FAKULTESİ İNŞAAT MUHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLOJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

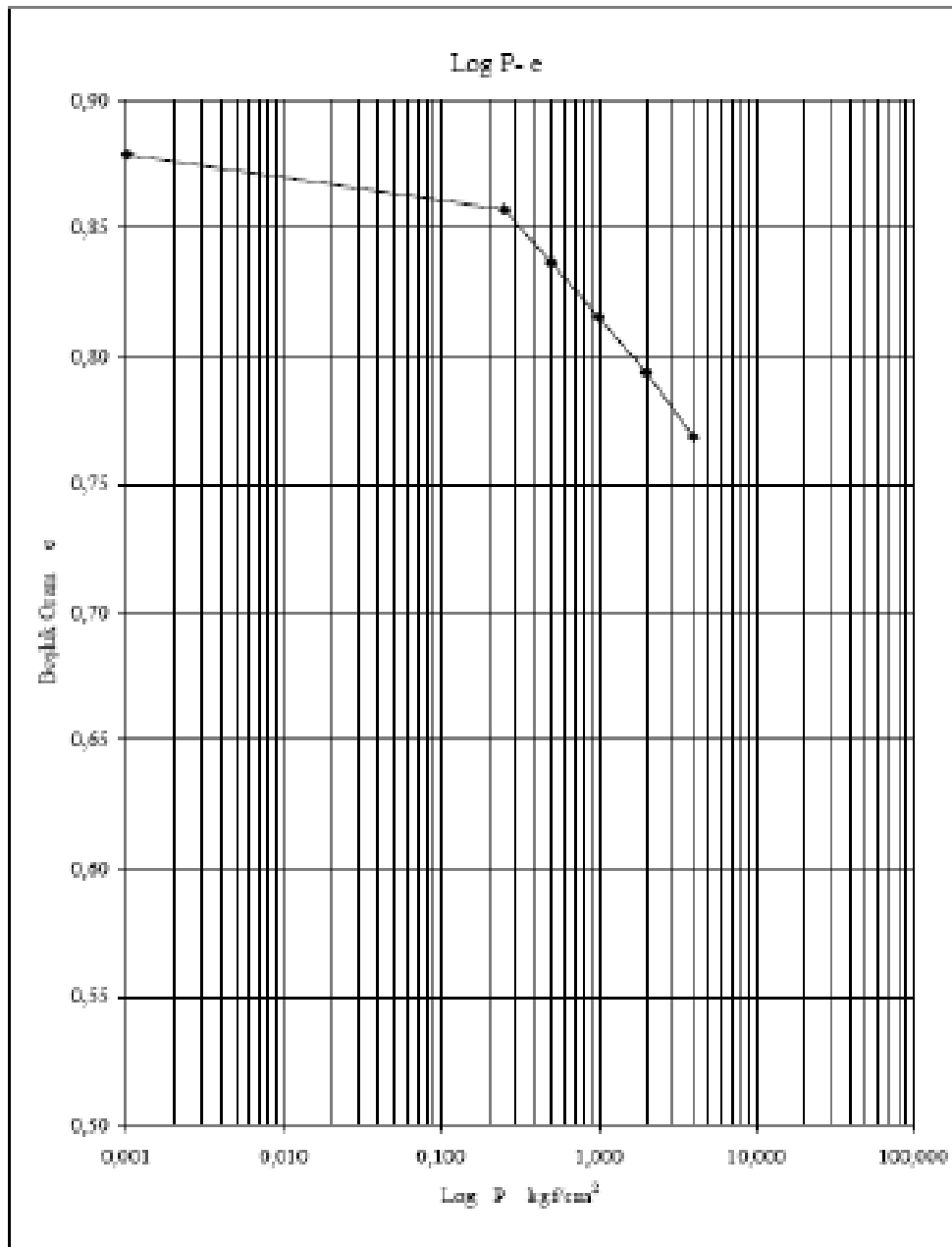
Firma Adı

İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı: SK4 Doğal KİL + %1 KIREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-4, Kireç=9%).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLOJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FÖYÜ

Forma Adı:
Tünel / kuyu No
Numara Adı: SK-4 Doğal KİL + 9% KİREÇ
Deneylik:

Ring Çapı: 6,00
Ring Yüksekliği: 2,46
Ring Ağırlığı: 91,58
Ring Alanı: 28,27
Şişme Sonu Numara Yüksekliği: 2,50

Ring - Yık. numarası:
Ring - Yık. numarası:
Özellik Ağırlığı:
Numaralanmış Kuru Ağırlığı:
2H₀

311,79
183,62
2,615
91,04
1,23

Uygulama Baskı (kgf/cm ²)	Tutarım (cm)	Tutarım Farkı (cm)	Numara Yüksekliği (cm)	Episilon (in. in.)	Boşluk Yüksekliği H ₀ (cm)	Boşluk Oran e (%)	Boşluk Oran Değişimi	Baskı Altlığı (kgf/cm ²)	Şişme Kuvveti H ₀ (cm ³ /kgf)	Hesaplanan Sıkıştırılabilirlik M _v (cm ³ /kgf)	Es 1/M _v (kgf/cm ³)
0,0010	0,0000	0,0740	2,4860	0,0000	1,2647	1,0071	0,0195	0,3490	0,0783	0,0386	25,8960
0,2500	0,0240	0,0200	2,4720	0,0096	1,2407	1,0076	0,0162	0,3500	0,0650	0,0324	30,9000
0,5000	0,0440	0,0240	2,4520	0,0176	1,2207	0,9914	0,0185	0,5000	0,0390	0,0196	51,0833
1,0000	0,0680	0,0320	2,4280	0,0272	1,1967	0,9719	0,0260	1,0000	0,0260	0,0132	75,8750
2,0000	0,1000	0,0360	2,3960	0,0401	1,1647	0,9459	0,0309	2,0000	0,0154	0,0079	136,1053
4,0000	0,1380	0,0360	2,3580	0,0533	1,1267	0,9150					

SİSİME YÜZDESESİ TAYINI

Düzeltilmiş 1/1000 Kısmi İnceleme Büyük İnceleme:	Başlangıç Ölçümü: 5 0,00	Nispet Ölçümü: 5,36	Şişme Miktarı (cm): 0,0260	Şişme Yürütme (%) 1,5
---	-----------------------------	---------------------	----------------------------	-----------------------

SİSİME BASINCI TAYINI

Başlık Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Şişme Basıncı (kg/cm ²) 0,00
----------------------	----------	--

SİSME YÜZDESLİYİNİ

Dial gauge Kullanılan Büyük İler.	Başlangıç Okuması S	Nihai Okuması	Şişme Miktarı (cm)	Şişme Yüzden (%)
	0,00	5,26	0,0260	1,5

SİSME BASINCLİYİNİ

Boşluk Altlığı (kg)	Yük (kg)	Şişme Baskı (kg/cm ²)
		0,00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-4, Kireç=%3)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MUH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - ϵ GRAFİĞİ

Firma Adı

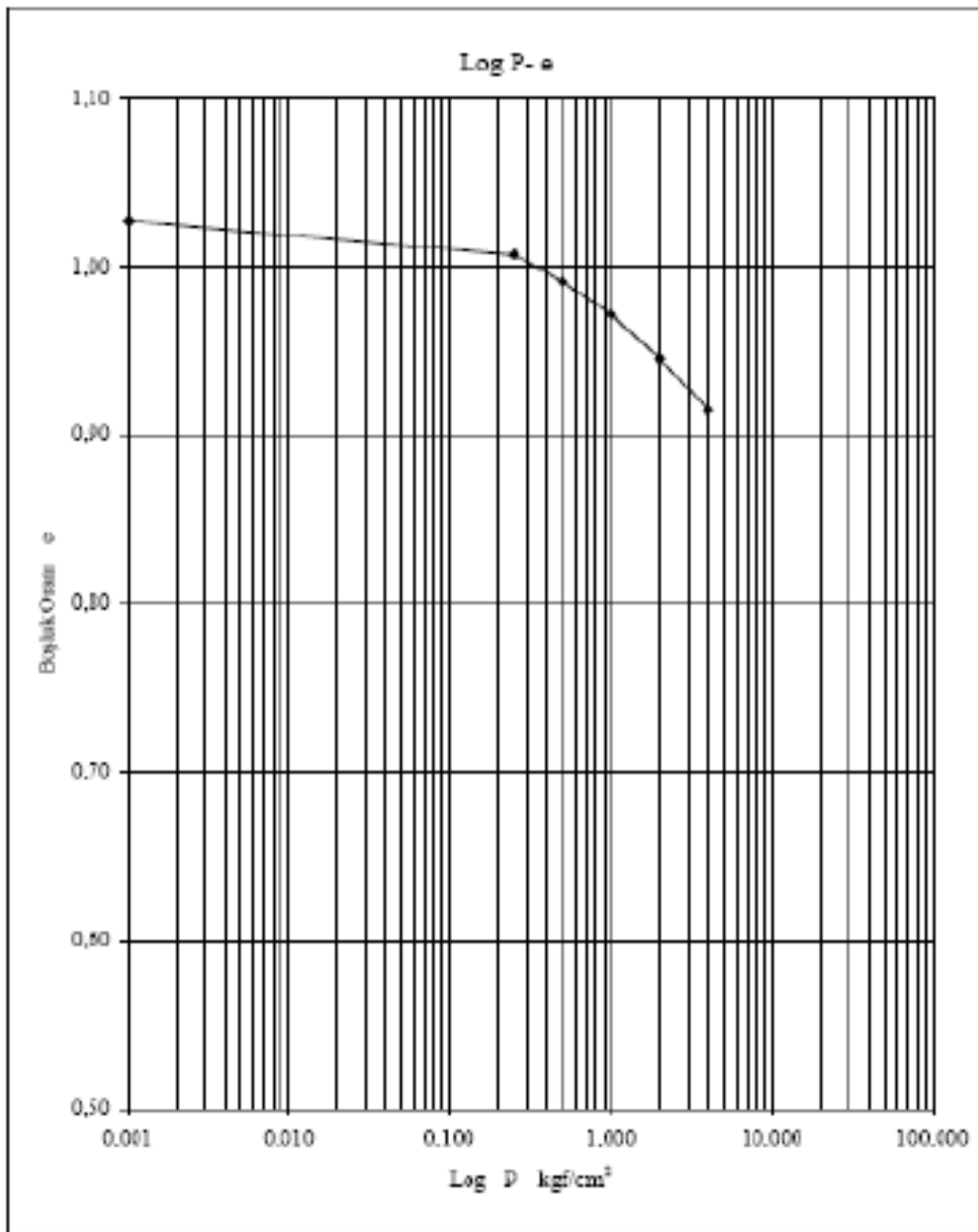
İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı

SK4 Doğal KİL + %3 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-4, Kireç=%5).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FÖYÜ

Firma Adı:	Ring Çapı	cm	6.00	Ring + Vak. numune	211.50
İşin Adı	Ring Yüksekliği	cm	2.46	Ring + kuru numune	182.47
Sıra No / Kuyu No	Ring Alanı	cm ²	92.58	Özellik	2.609
Numune Adı	Şişme Sonu Numune Yüksekliği	cm ³	28.27	Numunenin kuru Ağırlığı	89.89
Derinlik			2.46	2Ho	1.22
SK-4 Doğal KİL + %5 KİREÇ					

Uygulanan Birim (kgf/cm ²)	Taamuz (cm)	Taamuz Faktö (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epsilon (b.bw)	Boşluk Yüksekliği (b.b)	Boşluk Oran (%)	Boşluk Oran Değişimi	Birim Amp (kgf/cm ²)	Sıkıştırma Kuvveti sv (cm ³ /kgf)	Hacimsel Sıkıştırma Kuvveti Mv (cm ³ /kgf)	Es 1/Mv (kgf/cm ²)
0.0010	0.0000	0.0130	2.4840	0.0000	1.2654	1.0385	0.0107	0.2460	0.0428	0.0210	47.5783
0.2500	0.0130	0.0106	2.4710	0.0052	1.2524	1.0278	0.0087	0.2500	0.0348	0.0172	58.2783
0.5000	0.0236	0.0164	2.4604	0.0095	1.2418	1.0191	0.0151	0.5000	0.0302	0.0150	66.8587
1.0000	0.0420	0.0210	2.4420	0.0169	1.2234	1.0040	0.0172	1.0000	0.0172	0.0086	116.2857
2.0000	0.0630	0.0280	2.4210	0.0254	1.2024	0.9868	0.0230	2.0000	0.0115	0.0058	172.9286
4.0000	0.0910		2.3920	0.0366	1.1744	0.9639					

SİSME YÜZDESİ TABANİ

Dial eğriye 1/100 mm başlangıç noktası Büyük boy:	Başlangıç Görmesi (cm)	Yükseklik Miktarı (cm)	Şişme Yüzdesi (%)
0.00	5.24	0.0240	1.0

SİSME BASINÇ TABANİ

Başlık Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Şişme Basıncı (kg/cm ²)
		0.00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-4, Kireç=%5)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MUH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı

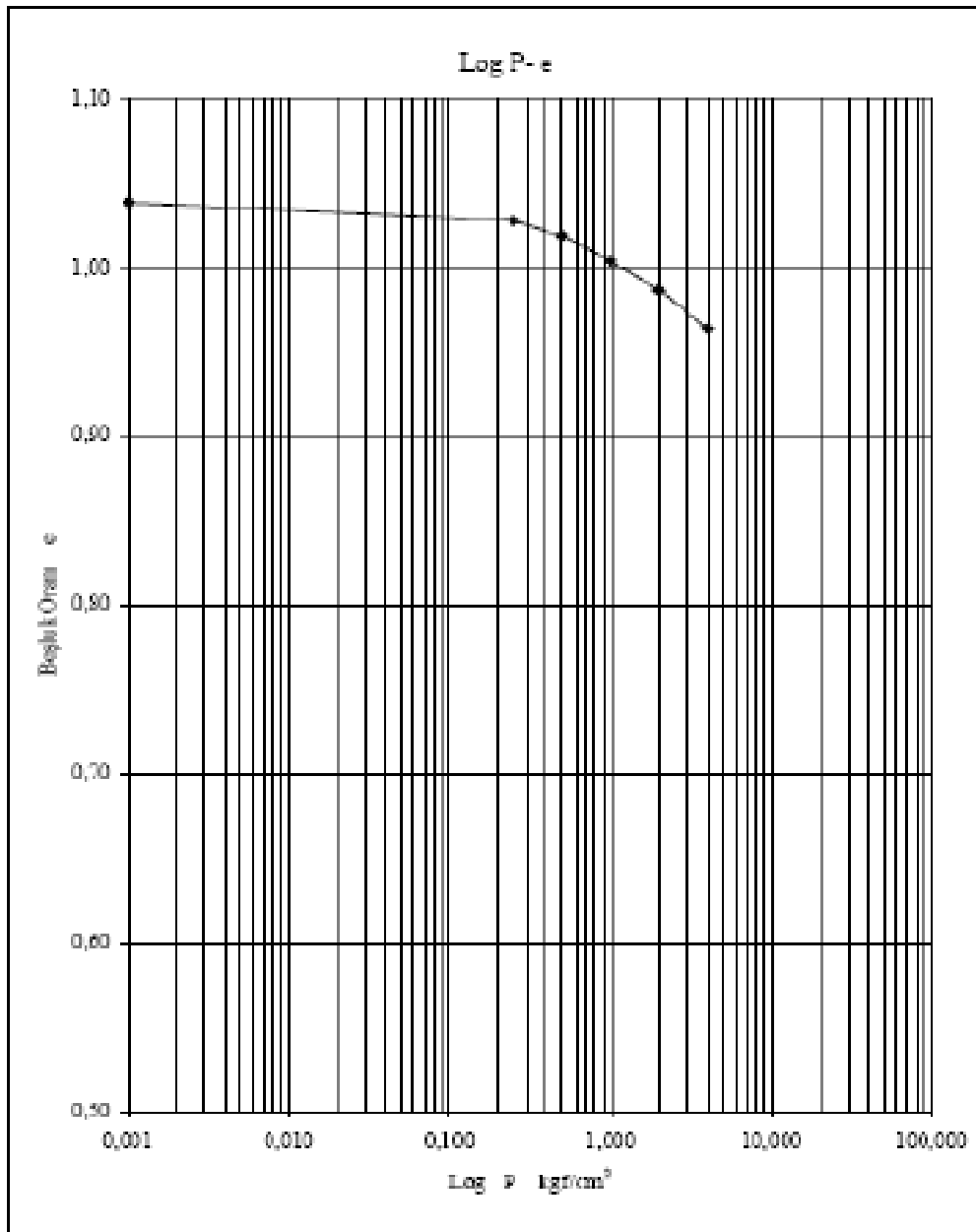
İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı

SK4 Doğal KİL + %5 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devamı) Ödometre deney sonuçları (SK-4, Kireç=%7).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULANMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı		Ring Çapı	cm	6,00	Ring - yağ numarası	207,45
İşin Adı		Ring Yüksekliği	cm	2,40	Ring - Kuru Drenaj	180,86
Sevki / Arayış No		Ring Ağırlığı	g	92,56	Özellik ağırlık	2,803
Numara Adı	SK-4 Doğal KİL + %7 KİREÇ	Ring Alanı	cm ²	28,27	Numaralı Kuru Ağırlık	88,28
Detaylar		Sevki Sonu Numara Yüksekliği	cm	2,47	2Ho	1,20

Uygulanan Basınç (kgf/cm ²)	Tasarım (cm)	Tasarım Farkı (cm)	Numara Yüksekliği (cm)	Epsilon (h-ho)	Boşluk Oranı %	Boşluk Yüksekliği (cm)	Boşluk Oranı %	Basınç Artışı (kgf/cm ²)	Sıkıştırma Katmanlı (cm ² kgf)	Hacimsel Sıkıştırma Katmanlı (cm ² kgf)	E _s 1Mv (kgf/cm ²)
0,0010	0,0000	0,0060	2,4720	0,0000	1,0000	1,2725	1,0000	0,2490	0,0201	0,0097	102,5880
0,2500	0,0060	0,0040	2,4660	0,0004	1,0550	1,2665	1,0550	0,2500	0,0133	0,0065	154,1250
0,5000	0,0100	0,0080	2,4620	0,0040	1,0525	1,2625	1,0525	0,5000	0,0100	0,0049	205,1667
1,0000	0,0160	0,0090	2,4560	0,0065	1,0475	1,2565	1,0475	1,0000	0,0075	0,0037	272,8880
2,0000	0,0250	0,0160	2,4470	0,0101	1,0400	1,2475	1,0400	2,0000	0,0057	0,0033	305,8750
4,0000	0,0410	0,0160	2,4310	0,0166	1,0267	1,2315	1,0267				

SİSME YÜZDE Sİ TAYINI			
Etiket gauge	Basınçlar	Yük	Sıkıştırma
1/100 mm	5	0,00	0,00
Küçük İnce:			
Büyük İnce:			

SİSME BASINCI TAYINI			
Basınç	Yük	Sıkıştırma	Basınç
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-4, Kireç=%7)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MUH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MUHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
Log P - e GRAFİĞİ

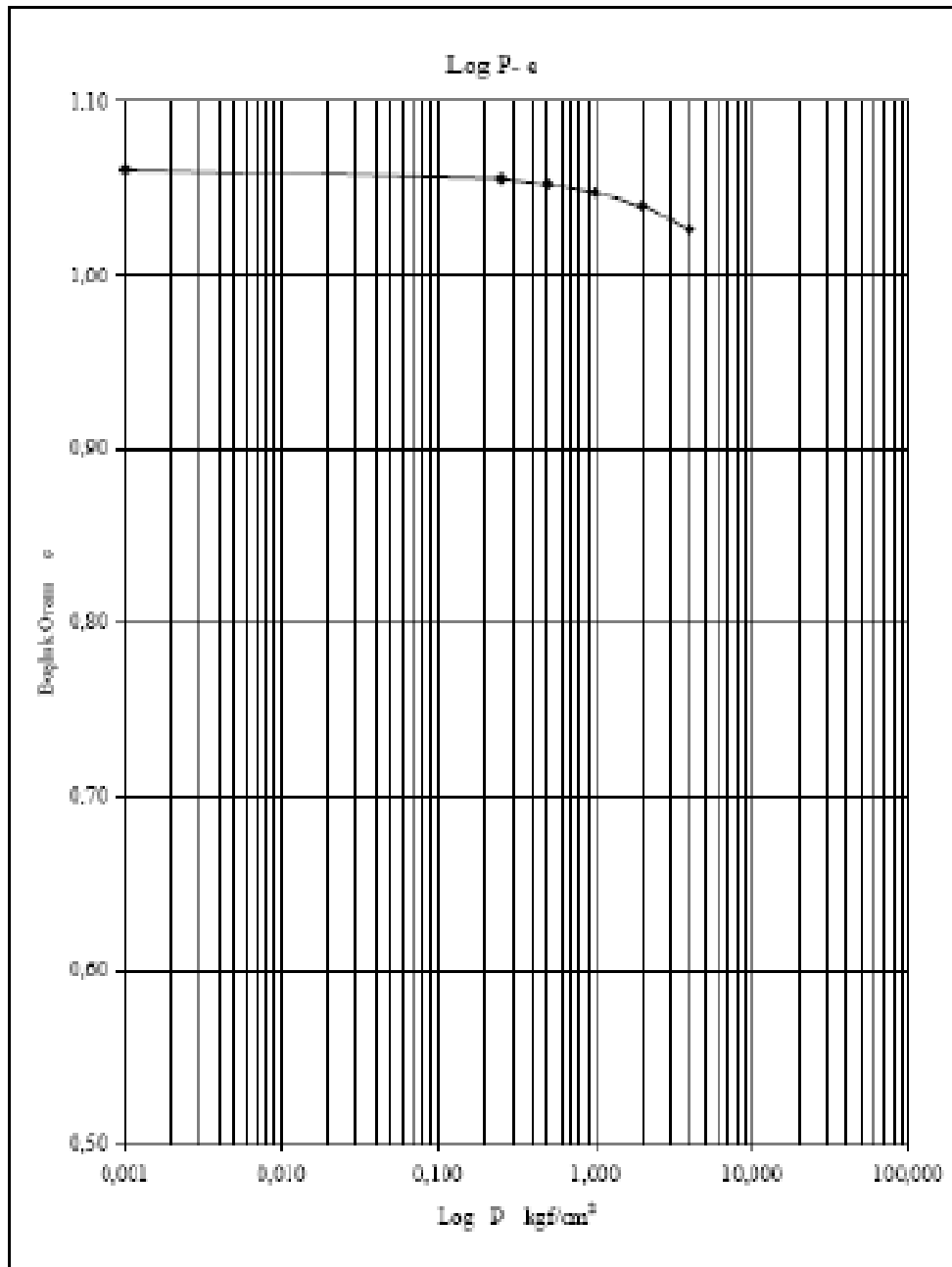
Firma Adı

İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı SK4 Doğal KİL + %7 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-4, Kireç=%9)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MUH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
Log P - e GRAFİĞİ

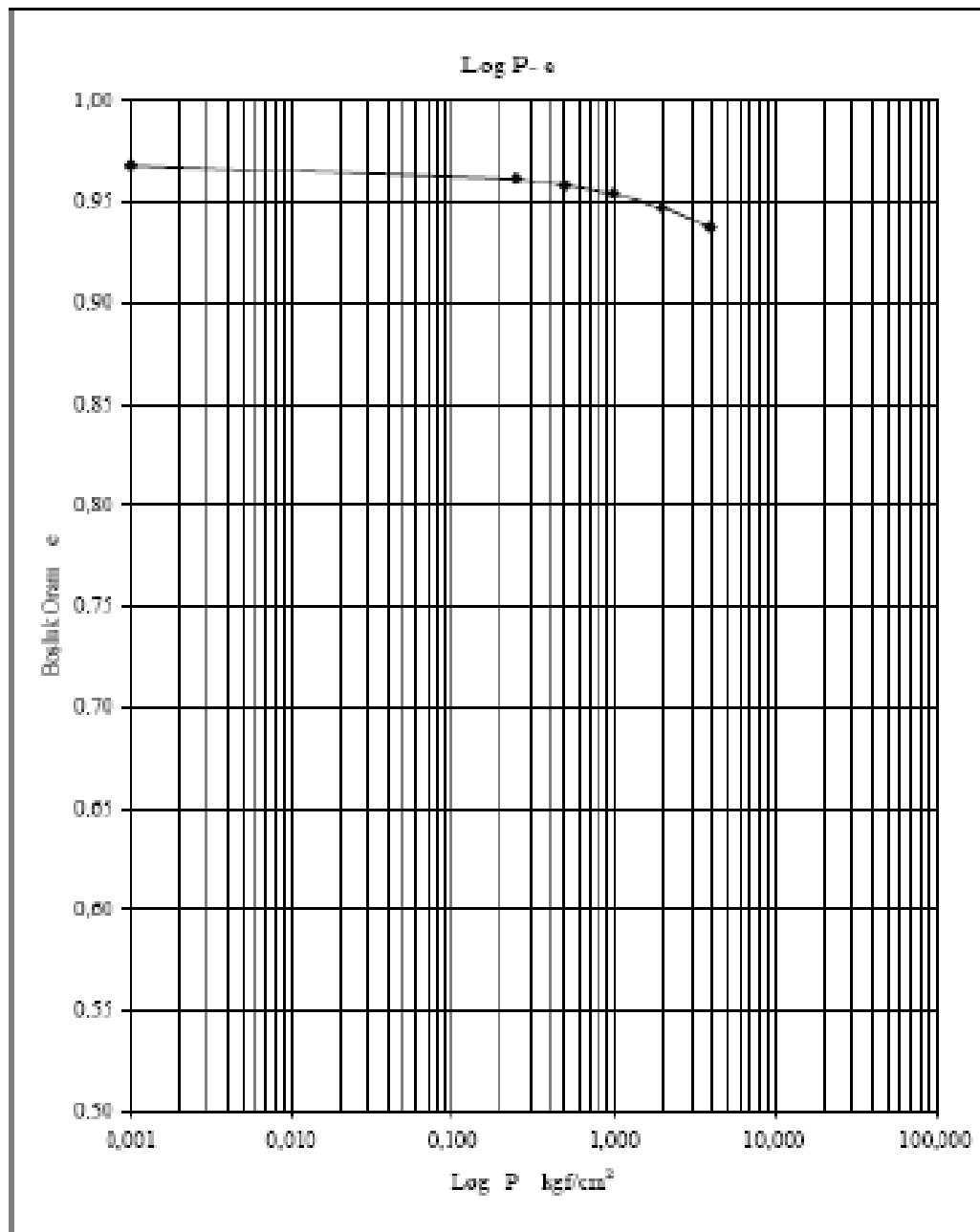
Firma Adı

İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı SK4 Doğal KİL + %9 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-5, Kireç=%0).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı:	Ring Çapı:	cm	6,00	Ring + Yağ numune	223,94
İşin Adı:	Ring Yüksekliği:	cm	3,40	Ring + kuru numune	197,73
Sıra No / Kuyu No:	Ring Alanı:	cm ²	92,58	Özellik değeri	2,661
Numune Adı:	Ring Alanı:	cm ²	28,27	Numuneye kuru Ağırlığı:	105,15
Darmlık:	Şişme Sonu Numune Yüksekliği:	cm	3,40	H ₂ O	1,40

Uygulanmış Basınç (kgf/cm ²)	Tamamı (cm)	Tamamı Fazla (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epsilon (t.ho)	Boşluk Yıkılışı (ho)	Boşluk Oranı e (%)	Boşluk Oranı Değişimi	Basınç Artışı (kgf/cm ²)	Şişme Kütlesi (cm ³ /kgf)	Hacimsel Şişme Kütlesi (cm ³ /kgf)	E _s (kgf/cm ²)
0,0010	0,0000	0,0540	2,5990	0,0000	1,2014	0,8597	0,0386	0,2490	0,1552	0,0834	11,0843
0,2500	0,0540	0,0370	2,5450	0,0208	1,1474	0,8210	0,0265	0,2500	0,1056	0,0582	17,1956
0,5000	0,0910	0,0500	2,5080	0,0350	1,1104	0,7945	0,0358	0,5000	0,0716	0,0366	25,0800
1,0000	0,1410	0,0780	2,4580	0,0543	1,0604	0,7588	0,0558	1,0000	0,0558	0,0317	31,5128
2,0000	0,2190	0,1280	2,3800	0,0843	0,9824	0,7030	0,0916	2,0000	0,0458	0,0269	37,1875
4,0000	0,3470	0,1280	2,2520	0,1335	0,8544	0,6114					

Dolguze (kgf/cm ²)	Boşluk Oranı	Yükseklik (cm)	Şişme Miktarı (cm)	Şişme Yüzdesi (%)
0,0010	0,00	6,39	0,1390	5,7

Boşluk Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Şişme (kg/cm ²)
		0,00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-5, Kireç=%0)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLOJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

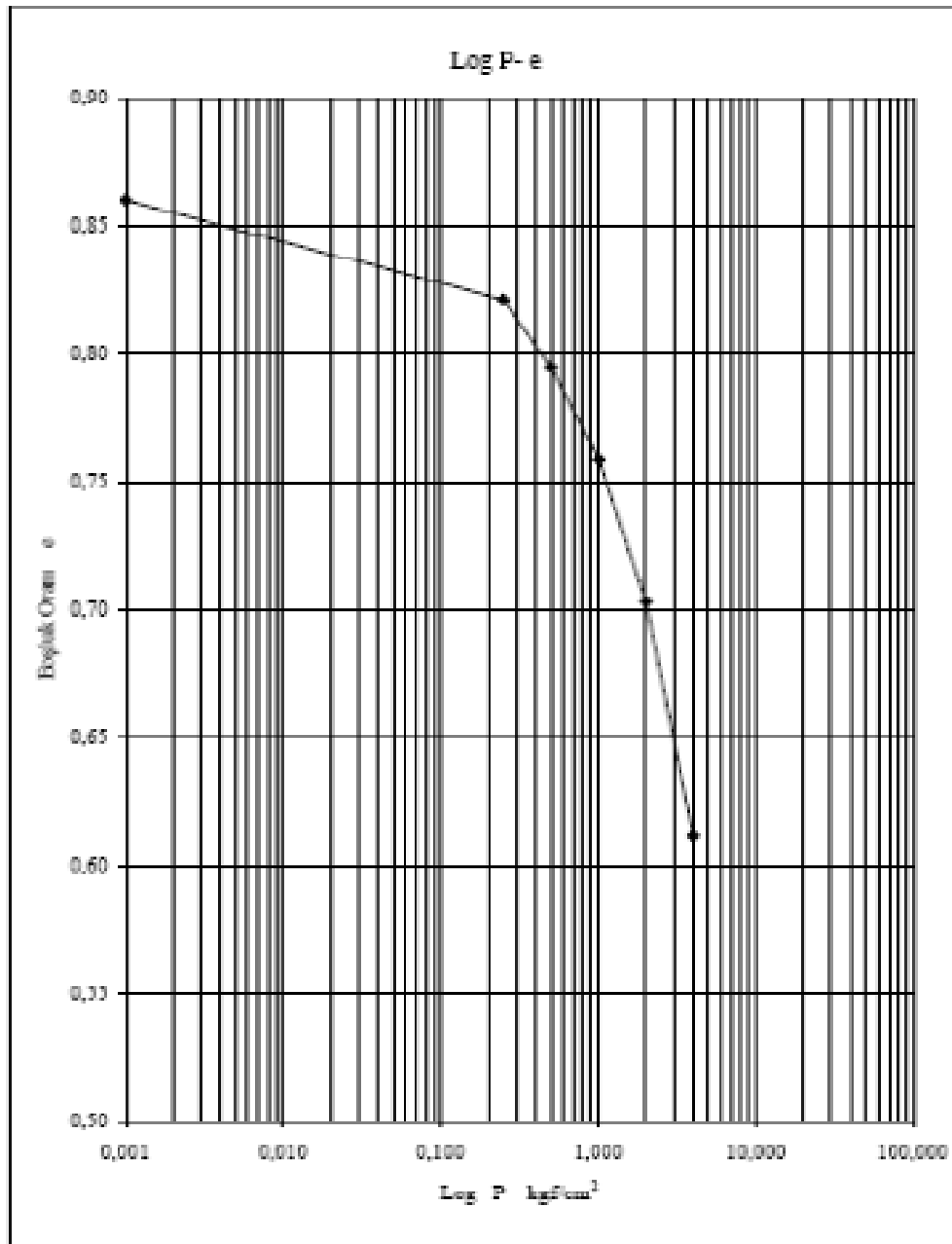
Firma Adı

İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı SK5 Doğal KİL

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-5, Kireç=%1).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FÖYÜ

Firma Adı:	Ring Çıpa	cm	Ring - yay numarası	212.34
İşin Adı:	Ring Yüksekliği	cm	Ring - Kuru Himmisi	189.52
Sondaj / Kuyu No:	Ring Ağırlığı	gr	Özellik ağırlık	2.658
Numune Adı:	Ring Alanı	cm ²	Numuneye kuru Ağırlığı	106.03
Derinlik:	Yığılma Sonu Numune Yüksekliği	cm	2H ₀	1.41
SK5 Değer KİL + %1 KİREÇ				

Uygulanmış Basınç (kgf/cm ²)	Taamdan (cm)	Taamdan Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epilasyon (h/ha)	Deşluk Yüksekliği bb (cm)	Deşluk Oran e (%)	Deşluk Oran Değişimi	Basınç Aritmi (kgf/cm ²)	Sıkışma Katsayısı av (cm ³ /kgf)	Hacimsel Sıkışma Katsayısı Mv (cm ³ /kgf)	Es İskv (kgf/cm ²)
0.0010	0.0000	0.0200	2.5810	0.0000	1.1701	0.8384	0.0184	0.2490	0.0740	0.0405	24.7180
0.2500	0.0200	0.0200	2.5550	0.0101	1.1441	0.8110	0.0142	0.2500	0.0567	0.0313	31.0375
0.5000	0.0400	0.0200	2.5350	0.0178	1.1241	0.7908	0.0269	0.5000	0.0539	0.0300	33.3553
1.0000	0.0840	0.0360	2.4970	0.0325	1.0861	0.7699	0.0489	1.0000	0.0480	0.0276	36.1884
2.0000	0.1530	0.0690	2.4280	0.0593	1.0171	0.7209	0.0638	2.0000	0.0319	0.0185	53.9556
4.0000	0.2430	0.0900	2.3380	0.0941	0.9271	0.6572					

SİSME YÜZDESİ TAYINI

Dial okuma 1/100 mm	Başlangıç Okunması	Nispi Okunması	Sisime Miktarı (cm)	Sisime Yüzden (%)
Kaçma İleri: Büyük İleri:	5 0.00	6.11	0.1110	4.5

SİSME BASINCI TAYINI

İsime Ağırlığı (kg)	Yık (kg)	Sisime Basıncı (kg/cm ²)
		0.00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-5, Kireç=%1)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİML. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı

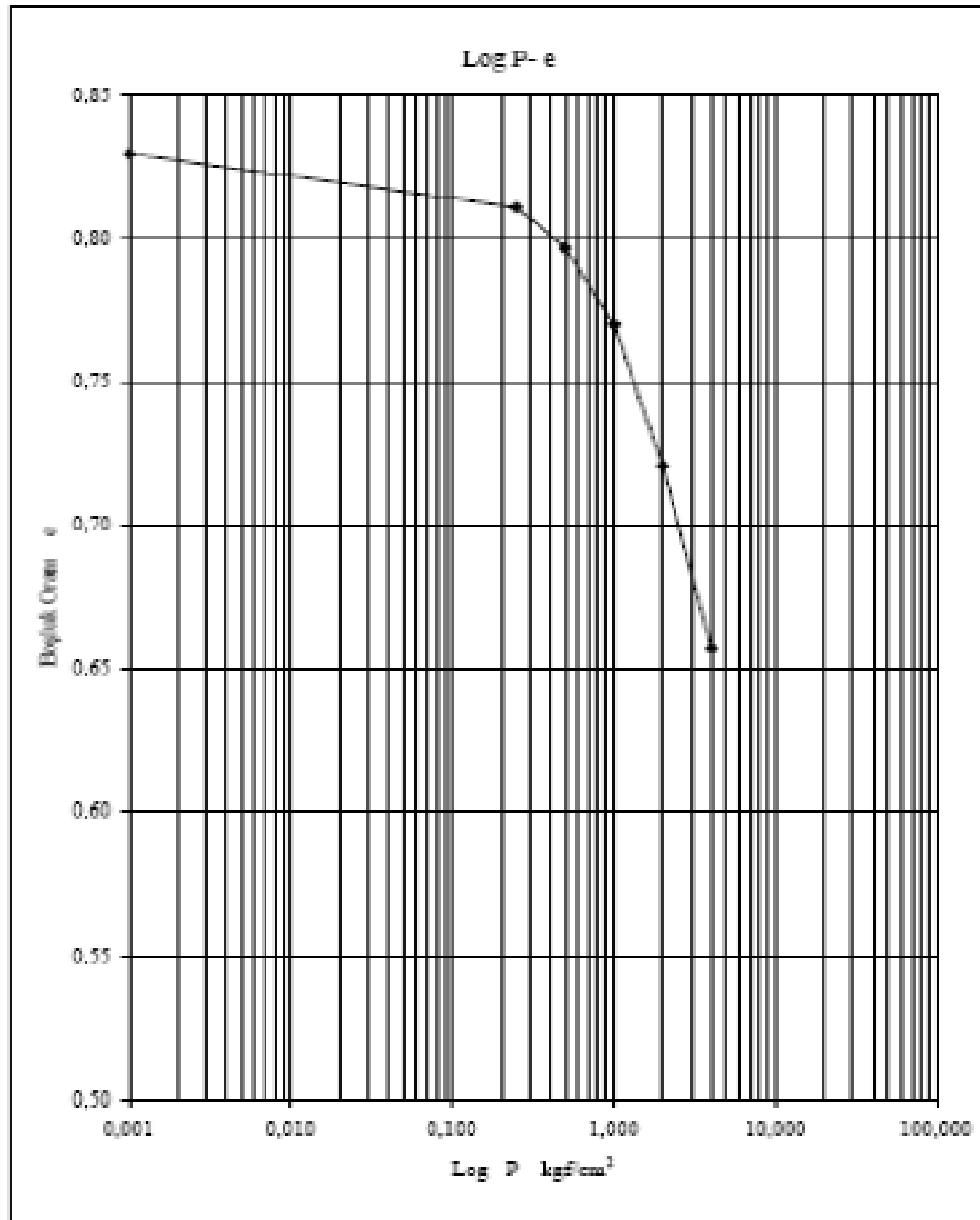
İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı

SK5 Doğal KİL + %1 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-5, Kireç=%3).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı:	Ring Çapa	cm	6,00	Ring - Yıkama	218,74
İşin Adı:	Ring Yüksekliği:	cm	2,43	Ring - Kuru ağırlık	102,27
Sondaj / kuyu No	Ring Ağırlığı:	gr	91,68	Özgül ağırlık	2,651
Numune Adı	Ring Alanı:	cm ²	26,27	Numune kuru Ağırlık:	100,59
Derinlik	Şişme Sonu Numune Yüksekliği:	cm	2,48	2Ho	1,34
SK5 Doğal KİL + %3 KİREÇ					

Uygulanan Basınç (kgf/cm ²)	Tanrıma (cm)	Tanrıma Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Eğilim (a-bao)	Boşluk Yüksekliği (b)	Boşluk Oranı (%)	Boşluk Değişimi	Basınç Arası (kgf/cm ²)	Sıkıştırma Katmanları (cm ² kgf)	Hacimsel Sıkıştırma Katmanları (cm ² kgf)	E _s (kgf/cm ²)
0,0010	0,0000	0,0180	2,4820	0,0000	1,1400	0,8595	0,0134	0,2400	0,0530	0,0201	34,3343
0,2500	0,0180	0,0170	2,4640	0,0073	1,1220	0,8361	0,0127	0,2500	0,0507	0,0276	36,2352
0,5000	0,0350	0,0260	2,4470	0,0141	1,1050	0,8234	0,0154	0,5000	0,0387	0,0213	47,0577
1,0000	0,0610	0,0480	2,4210	0,0246	1,0790	0,8040	0,0358	1,0000	0,0358	0,0198	50,4375
2,0000	0,1080	0,0600	2,3730	0,0439	1,0310	0,7683	0,0447	2,0000	0,0224	0,0126	79,1000
4,0000	0,1690		2,3130	0,0681	0,9710	0,7235					

ŞİŞME YÜZDESİ TAYİNİ

Diyar şişme 1/100 mm	Başlangıç Okunması	Nüsha Okunması	Şişme Miktarı (cm)	Şişme Yüzdesi (%)
Küçük İbresi:	5	5,52	0,0520	2,1
Büyük İbresi:	0,00			

ŞİŞME BASINCI TAYİNİ

İşin Adı	Yıkama	Şişme
Ağırlık (kg)	Yıkama (kg)	Basınç (kg/cm ²)
		0,00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-5, Kireç=%3)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MUH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı

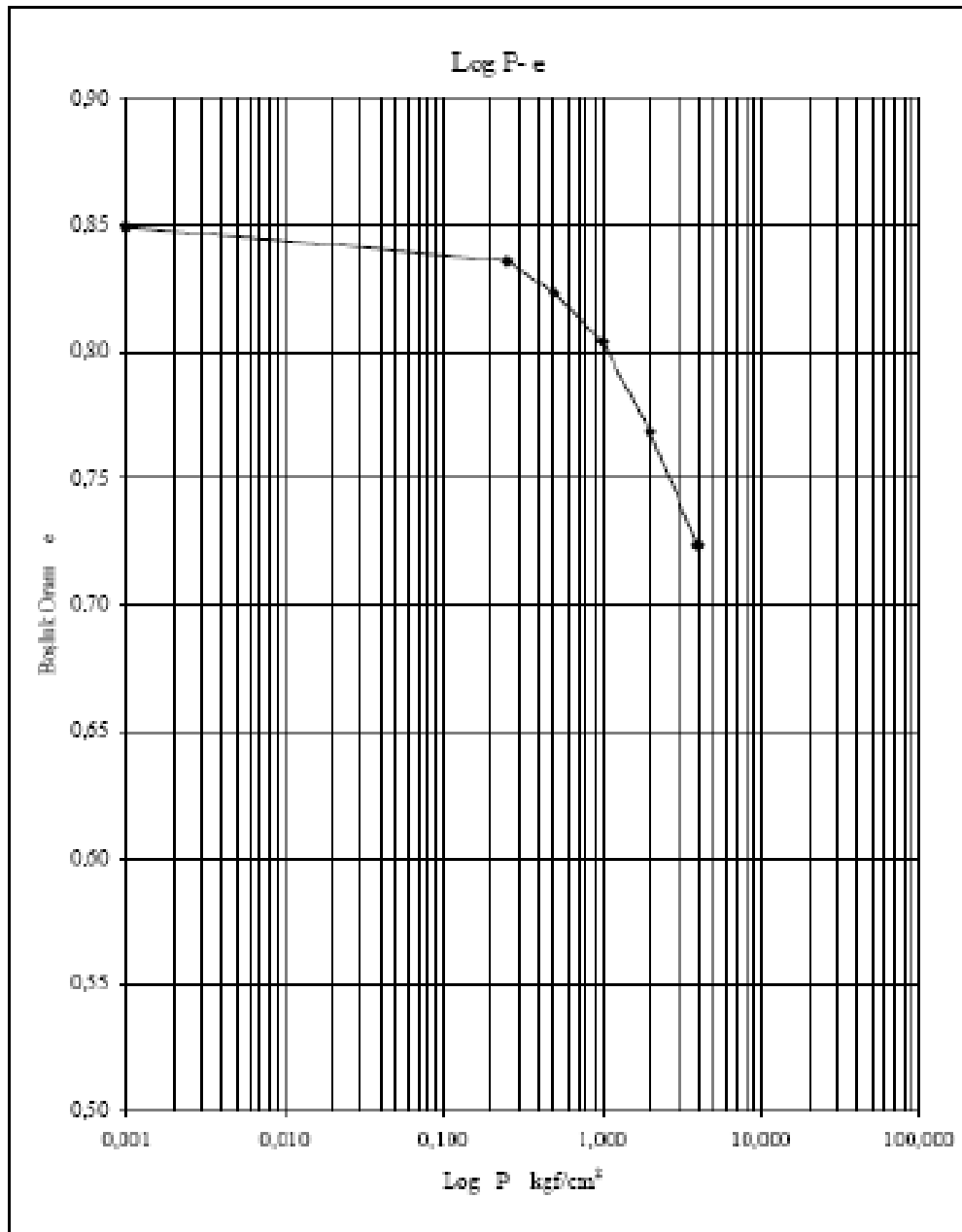
İşin Adı

Sondaj / Kuyu No

Numune Adı

SK5 Doğal KİL + %3 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devamı) Ödometre deney sonuçları (SK-5, Kireç=%5).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLojİ VE KAYA MEKANİKİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Firma Adı	Ring Adı	Sonuç / Sayı No	Numune Adı	SEKİ Doğal KİL - %5 KİREÇ	Ring Çapı	Ring Yüksekliği	Ring Alanı	Ring Sayısı	Numune Yüksekliği	Ring + yağ numune	Ring + kuru numune	Özgül ağırlık	Numune kuru Ağırlığı	2He	En
(kgf/cm ²)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(cm ³)	(g/cm ³)	(g)	(g)	(g/cm ³)
0.0010	0.0000	0.0170	0.0170	0.0170	1.1307	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0127	0.0127	0.0112	0.0112	0.0112	0.0112
0.2500	0.0170	0.0170	0.0170	0.0170	1.1337	0.0068	0.0068	0.0068	0.0068	0.0127	0.0127	0.0112	0.0112	0.0112	0.0112
0.5000	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	1.1187	0.0129	0.0129	0.0129	0.0129	0.0127	0.0127	0.0112	0.0112	0.0112	0.0112
1.0000	0.0530	0.0530	0.0530	0.0530	1.0877	0.0213	0.0213	0.0213	0.0213	0.0127	0.0127	0.0112	0.0112	0.0112	0.0112
2.0000	0.0880	0.0880	0.0880	0.0880	1.0627	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354	0.0127	0.0127	0.0112	0.0112	0.0112	0.0112
4.0000	0.1360	0.0480	0.0480	0.0480	1.0147	0.0546	0.0546	0.0546	0.0546	0.0127	0.0127	0.0112	0.0112	0.0112	0.0112

SİSME YÜZDEŞİ TAYİNİ

Dinl. engele	Basınçlar	Nüfus	Şişme	Mühür	Şişme	Yüzde
1/100 mm	Çıkması	Çıkması	(cm)	(cm)	(%)	(%)
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

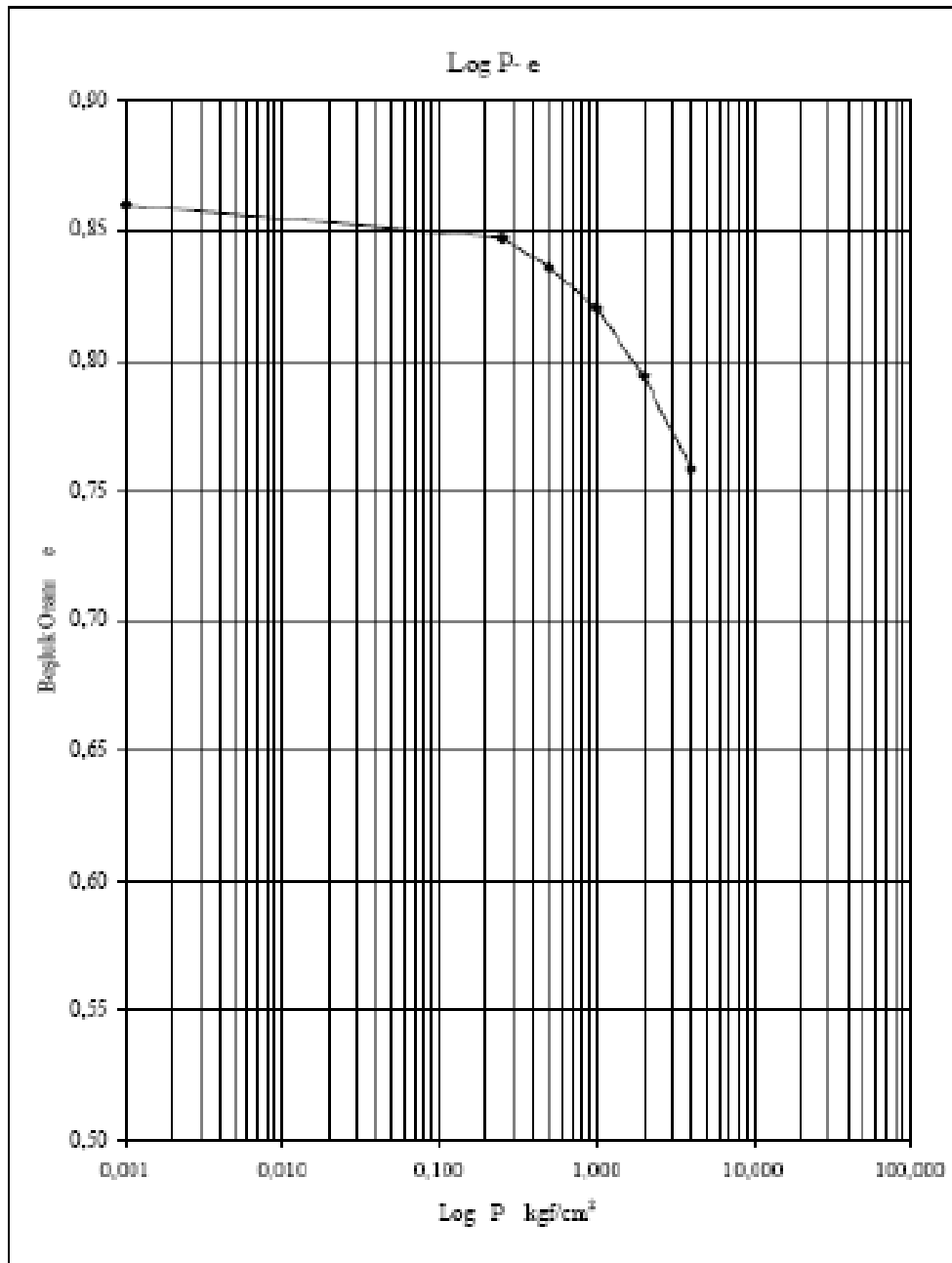
SİSME BASINCI TAYİNİ

Basınç	Yük	Şişme
(kgf)	(kgf)	(mm)
0.00	0.00	0.00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-5, Kireç=%5)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MUH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MUHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı
 İyın Adı
 Sondaj / kuyu No
 Numune Adı SK5 Doğal KİL + %5 KİREÇ
 Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-5, Kireç=9%).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ UYGULAMALI JEOLOJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FÖYÜ

Firma Adı:	Ring Çeşni	cm	6.00	Ring + yarı numune	210.95
İşin Adı:	Ring Yüksekliği:	cm	2.47	Ring + kuru numune	181.57
Sevdi / Kuyu No:	Ring Ağırlığı:	gr	83.49	Özellik	2.637
Numune Adı:	Ring Alanı:	cm ²	26.37	Numune kuru Ağırlığı:	98.08
Etiket:	Yüzme Sonu Numune Yüksekliği:	cm	2.40	Ho	1.32

Uygulama Birim (kgf/cm ²)	Tanım (cm)	Tanım Farkı (cm)	Numune Yüksekliği (cm)	Epistion (a/b)	Boşluk Yüksekliği h _b (cm)	Boşluk Oran e (%)	Boşluk Oran Değeri	Bağıç Ampir (kgf/cm ²)	Sıkıştırma Kazayısı av (cm ³ /kgf)	Hicimel Sıkıştırma Kazayısı Mv (cm ³ /kgf)	Et 1/Mv (kgf/cm ²)
0.0010	0.0000	0.0150	2.4000	0.0000	1.1345	0.8029	0.0114	0.2490	0.0450	0.0242	41.3340
0.2500	0.0150	0.0120	2.4750	0.0060	1.1595	0.8815	0.0091	0.2500	0.0365	0.0194	51.5625
0.5000	0.0270	0.0190	2.4030	0.0108	1.1475	0.8723	0.0144	0.5000	0.0280	0.0154	64.8158
1.0000	0.0400	0.0330	2.4440	0.0185	1.1285	0.8579	0.0251	1.0000	0.0251	0.0135	74.0606
2.0000	0.0790	0.0310	2.4110	0.0317	1.0955	0.8328	0.0236	2.0000	0.0118	0.0064	155.5484
4.0000	0.1100		2.3800	0.0442	1.0645	0.8093					

SİSME YÜZDESİ LAYINI

Dial pozisyon 1/100 mm	Enjeksiyon Ölçümü	Nüfus Oran	Sisim Miktarı (cm)	Sisim Yüzdesi (%)
Kayma İleri: Büyük İleri:	0.00	5.20	0.0200	0.8

SİSME BASINCI LAYINI

Boşluk Ağırlığı (kg)	Yük (kg)	Yüzme Basıncı (kg/cm ²)
		0.00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-5, Kireç=%7)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MUH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
Log P - e GRAFİĞİ

Firma Adı

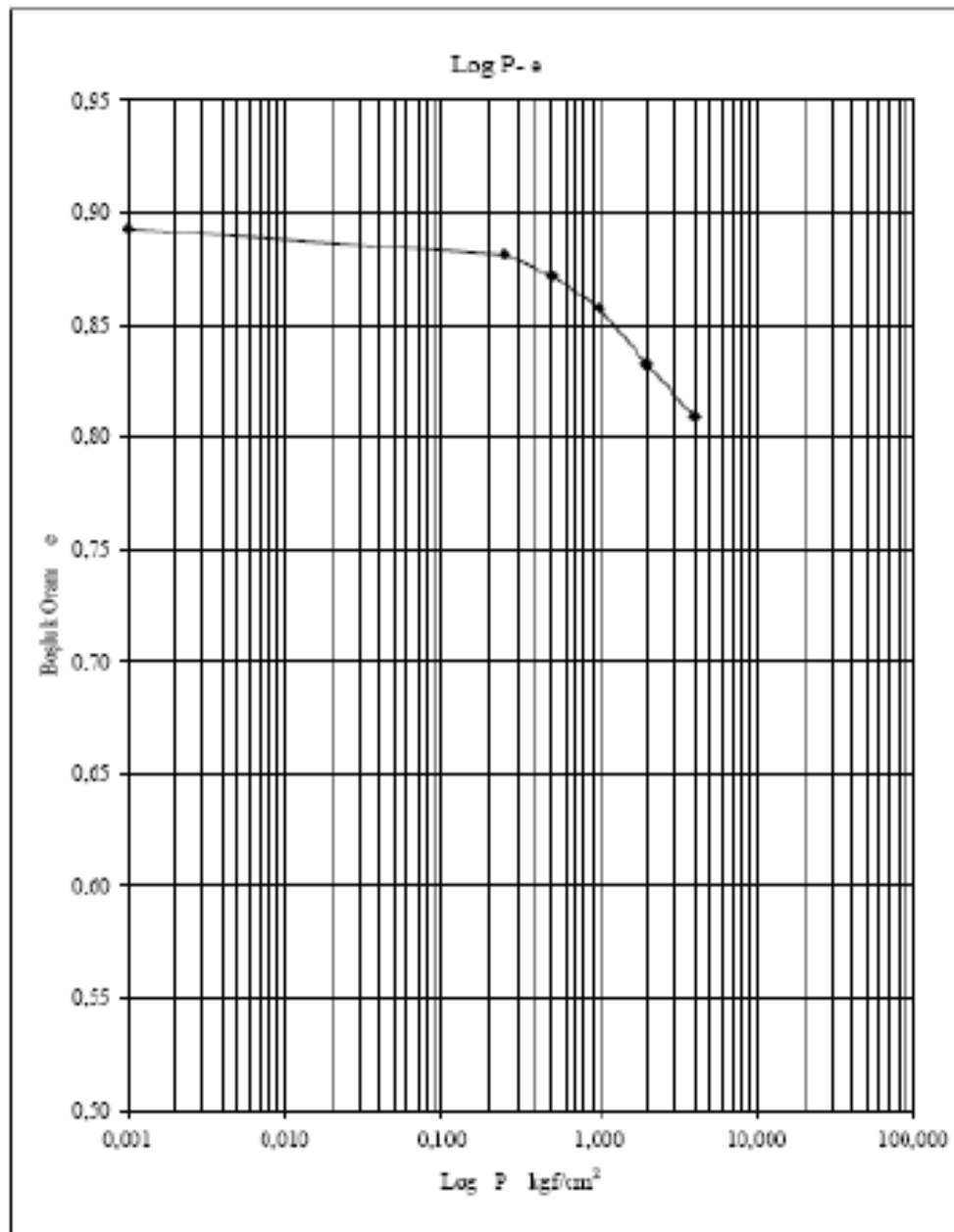
İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı

SK5 Doğal KİL + %7 KİREÇ

Derinlik



EK-5. (Devam) Ödometre deney sonuçları (SK-5, Kireç=%9).

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MÜH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI
KONSOLIDASYON DENEYİ HESAPLAMA FOYU

Fırın Adı

İşli Adı

Sıvı / kuru No

Numune Adı

Derinlik

Ring Çapı

Ring Yüksekliği

Ring Ağırlığı

Ring Alanı

Şişme Sonu Numune Yüksekliği

cm

cm

gr

cm²

Ring + yağ numune

Ring + kuru numune

Organel ağırlık

Numune kuru Ağırlığı

2H₀

215,82

186,91

2,631

95,23

1,28

SKS Doğal KİL + %0 KİREÇ

Uygulanmış Basınç

Tutanan Farkı

Numune Yüksekliği

Epilasyon

Boşluk Yüksekliği

Boşluk Oranı

Boşluk Oranı Değişimi

Basınç Alanı

Sıkışma Katsayısı

Hücrel Sıkışma Katsayısı

E_c 1/Mv

(kgf/cm²)

(cm)

(cm)

(h.ho)

(cm)

(%)

(%)

(kgf/cm²)

(cm³/kgf)

(cm³/kgf)

(kgf/cm²)

0,0010

0,0000

2,4390

0,0000

1,1388

0,9052

0,0102

0,0408

0,0214

46,7162

0,2500

0,0130

2,4260

0,0053

1,1458

0,8951

0,0070

0,0281

0,0148

67,5839

0,5000

0,0220

2,4170

0,0090

1,1368

0,8881

0,0133

0,0266

0,0141

71,0882

1,0000

0,0390

2,4000

0,0160

1,1198

0,8748

0,0227

1,0000

0,0227

82,7586

2,0000

0,0680

2,3710

0,0279

1,0908

0,8521

0,0227

2,0000

0,0113

163,5172

4,0000

0,0970

2,3420

0,0398

1,0618

0,8295

SİSİME YÜZDESESİ TAYİNİ

Eni gauge 1/100 mm

Kıvraklı İve

Boyutlu İve:

Boyutlu Çıkartma

Nihai Çıkartma

Boyutlu Mikrometre

Boyutlu Mikrometre

Şişme Yüzdesi (%)

0,00

5,00

0,0060

0,0060

0,4

SİSİME BASINCI TAYİNİ

Boşluk Alanı (kg)

Yük (kg)

Şişme Basıncı (kN/m²)

0,00

0,00

0,00

SİSME YÜZDEŞİ TAYİNİ

Etal gauge 1/100 mm	Boşluk Oranı	Nihai Ölçüm	Şişme Miktarı (cm)	Şişme Yüzdesi (%)
Kıyık İle:	5	5,00	0,0000	0,4
Buynuk İle:	0,00			

SİSME BASINCI TAYİNİ

Boşluk Alanı (kg)	Yük (kg)	Şişme Basıncı (kg/cm ²)
		0,00

EK-5. (Devam) Ödometre deneyi e-logp grafiği (SK-5, Kireç=%9)

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
MUH. MİM. FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
UYGULAMALI JEOLÖJİ VE KAYA MEKANİĞİ LABORATUVARI

Log P - e GRAFİĞİ

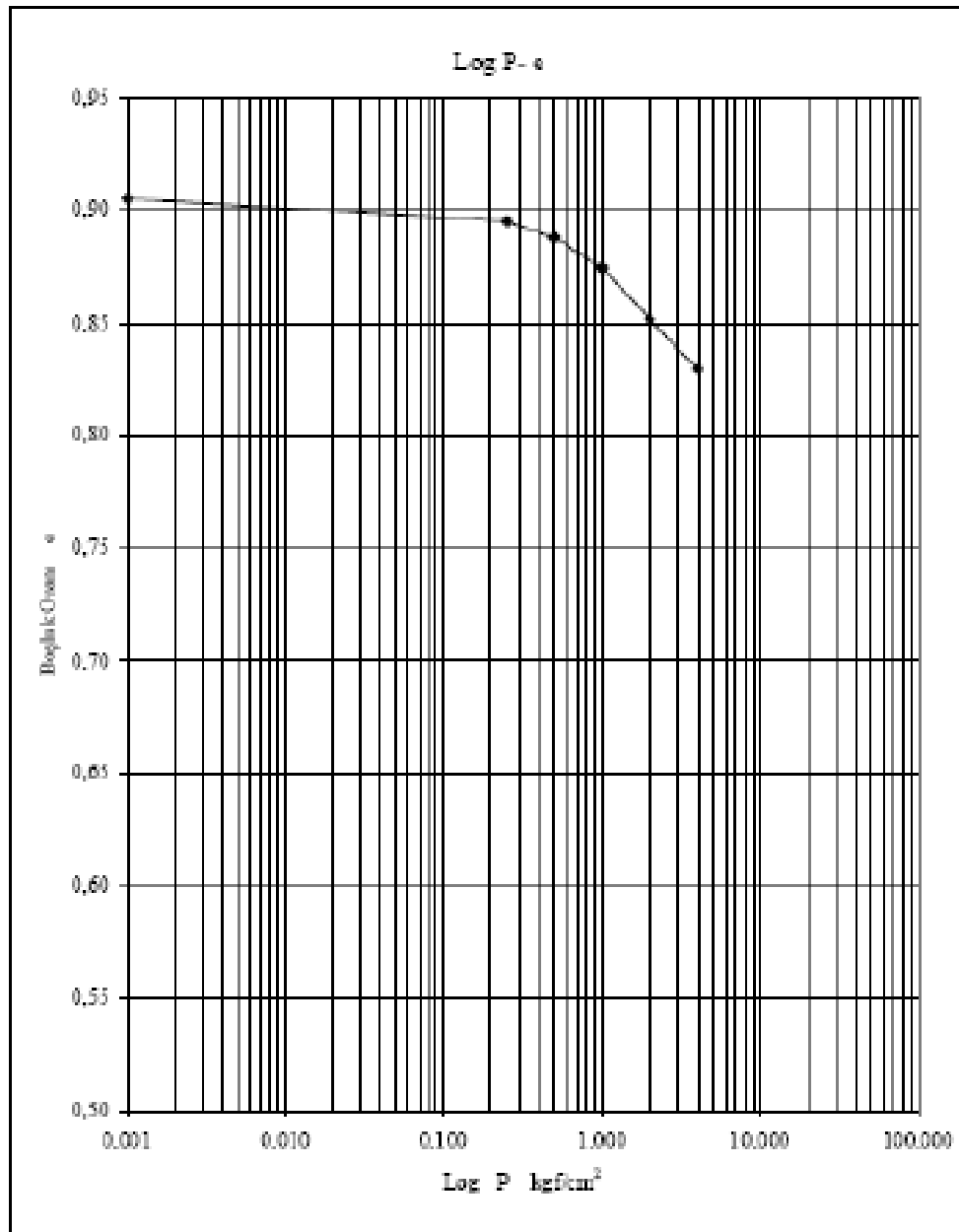
Firma Adı

İşin Adı

Sondaj / kuyu No

Numune Adı SK5 Doğal KİL + %9 KIREÇ

Derinlik



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AYDIN, Salim
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 01.12.1965 Gümüşhane
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (532) 587 18 79
 Faks :
 e-mail : sayd03@hotmail.com

Eğitim

<i>Derece</i>	<i>Eğitim Birimi</i>	<i>Mezuniyet tarihi</i>
Lisans	ODTÜ İnşaat Mühendisliği	1989
Lise	Demetevler Lisesi	1983

İş Deneyimi

<i>Yıl</i>	<i>Yer</i>	<i>Görev</i>
2009-	ASKİ	Şube Müdürü
2004-2009	ERENCO	İhale ve Sözleşme Müh.
1999-2004	TCK Karadeniz Sahil Yolu Müşavirlik Teşkilatı	Sanat Yapıları Kont. Şefi
1996-1999	MVR İnş. Ltd. Şti.	Proje ve Taahhüt İşl. Şefi
1992-1996	Gazi Üniversitesi	Arş. Gör.
1991-1992	SUR İnş. Ltd. Şti.	Şantiye Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Bilgisayar, Futbol, Masa Tenisi