

**ANKARA KİLİNİN SIKIŞMA İNDİSİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE
BİR ARAŞTIRMA**

Yeliz (ONGUN) AKSAKAL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ BÖLÜMÜ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2005
ANKARA**

Yeliz (ONGUN) AKSAKAL tarafından hazırlanan ANKARA KİLİNİN SIKIŞMA İNDİSİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA adlı bu tezi yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç.Dr. Mehmet ORHAN
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Yapı Eğitimi Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :.....

Üye :.....

Üye :.....

Üye :.....

Üye :.....

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

ANKARA KİLİNİN SIKIŞMA İNDİSİNİN BELİRLENMESİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA
(Yüksek Lisans Tezi)

Yeliz (ONGUN) AKSAKAL

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Eylül 2005

ÖZET

Bu çalışmada; Terzaghi&Peck,Azzous, Hough, Nishida, Özdikmen, Skempton, Lav&Ansal, Sarıgül(Şaşmaz) gibi araştırmacıların önermiş oldukları ampirik bağıntıların, Ankara Kilinin sıkışma indisi için geçerliliği tartışılmıştır. Bunun için Ankara'nın değişik bölgelerinden alınan kil numuneler üzerinde yapılan konsolidasyon ve sınıflama deneyleri ve verileri ile, konuyla ilgili çalışmalar yapan araştırmacılardan alınan 107 adet konsolidasyon ve sınıflama verileri kullanılmıştır. Bu veriler RMSE (Hatanın Karesinin Mutlak Değerinin Ortalaması) istatistiksel analiz yöntemiyle değerlendirilmiş ve en uygun olan ampirik yaklaşım belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca Ankara Kilinin sıkışma indisinin ampirik bağıntılar ile belirlenmesine ilişkin yeni bir kaç yaklaşım (bağıntı) ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Bilim Kodu :

Anahtar Kelimeler : Ankara Kili, Sıkışma indisi, Ödometre Deneyi

Sayfa Adedi : 91

Tez Yöneticisi : Doç.Dr. Mehmet ORHAN

DETEMİNATION OF ANKARA CLAY COMPRESSION INDEX
(M.Sc. Thesis)

Yeliz AKSAKAL

GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
August 2005

ABSTRACT

In this study; it is tried to specify empirical relation for regression index of Ankara clay and validity of empirical relations for Ankara clay, suggested by some researcher's (Terzaghi&Peck,Azzous, Hough, Nishida, Özdikmen, Skempton, Kenet, Lav&Ansal, Sarıgül(Şaşmaz)), was discussed. Parallel researches on the field study and experimental study, done at Gazi University Technical Education Faculty Structure Education Department Ground Mechanic Laboratory, were used to define regression index of Ankara clay. To determine regression index of Ankara clay, empirical relation was obtained and optimum result of real Ankara clay regression index relation was defined by RMSE statistics method.

Science Code :
Key Words : Ankara clay, regression index, clay.
Page Number : 91
Adviser : Doç.Dr. Mehmet ORHAN

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın planlanması ve yönetimini Doç.Dr.Mehmet ORHAN'a ait olup, çalışma boyunca yardımlarından ve katkılarından dolayı kendilerine teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Nihat IŞIK ve Uzm. Mustafa ÖZER 'e teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirmeyen, her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
HARİTALARIN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	4
3. METERYAL VE METOD.....	8
3.1. Materyal.....	8
3.1.1. Ankara'nın genel jeolojik konumu.....	8
3.1.2. Deney numunelerinin alındığı yerler.....	10
3.1.3. Laboratuar çalışmalarında kullanılan araç gereçler.....	11
3.1.4. Diğer araştırmacılardan alınan veriler.....	13
3.2. Metod.....	15
3.2.1. Ön konsolidasyon basıncının bulunması (Casagrande yöntemi).....	15
3.2.2. Konsolidasyon eğrisi ve sıkışma indisinin bulunması.....	16
3.2.3. Çalışmada kullanılan ampirik bağıntılar.....	17
3.2.4. Çalışmada kullanılan istatistiksel yöntemler.....	19
4. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRME.....	20
4.1. Örselenmiş Numune Deneyleri.....	20
4.2. Örselenmemiş Numune Deneyleri.....	22
4.3. Sıkışma İndisinin Ampirik Yaklaşım Bulunmasının Analizleri.....	26
4.3.1 Likit limit değerlerini kullanarak c_c ' nin belirlenmesi.....	26

4.3.2. Su muhtevası değerlerini kullanarak c_c ' nin belirlenmesi.....	28
4.3.3. Doğal boşluk oranı değerlerini kullanarak c_c ' nin belirlenmesi.....	30
4.3.4. İstatistiksel değerlendirme	33
4.5. Ankara Kili İçin Önerilen Ampirik Bağıntılarının Değerlendirilmesi.....	35
5. SONUÇLAR.....	39
KAYNAKLAR.....	41
EKLER.....	43
EK-1. Tane Boyu Dağılım Grafikleri.....	44
EK-2. Konsolidasyon Hesaplamaları.....	46
EK-3. Ön Konsolidasyon Basıncının ve Sıkışma İndisinin Bulunması.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	78

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Sıkışma İndisi Bağlıntılar.....	7
Çizelge 3.1. Deney Numunelerinin Derinlikleri.....	10
Çizelge 3.2. Araştırmacı A. Gökçe, 'nin çalışmalarından alınan W_L , PL , W_{n,e_0} ve c_c verileri.....	13
Çizelge 3.3. Araştırmacı A., R., Güler 'in çalışmalarından alınan W_L , PL , W_{n,e_0} ve c_c verileri.....	14
Çizelge 4.1. Toplu Laboratuvarın Deneyleri Sonuçları.....	25
Çizelge 4.2. Sıkışma İndisi Bağlıntılarının RMSE Yöntemi Sonuçları.....	34

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Casagrande yöntemi ile ön konsolidasyon basıncının belirlenmesi	16
Şekil 3.2. Bakir sıkışma eğrisinin belirlenmesi ile sıkışma indisinin bulunması.....	17
Şekil 4.1. Özgül ağırlık deneyinden elde edilen verilerin Histogramı.....	20
Şekil 4.2. a) Plastik limit b) Likit limit c) Plastisite indisi histogramı.....	21
Şekil 4.3. İnce taneli toprakların plastisite abağı Üzerindeki dağılımları.....	22
Şekil 4.4. a) 2 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması b) 2 nolu örneğin bakir sıkışma indisini belirleyerek sıkışma indisinin bulunması	23
Şekil 4.5. a) Sıkışma indisi b) Doğal boşluk oranı c) Ön konsolidasyon basıncı histogramları.....	24
Şekil 4.6. Terzaghi&Peck ve Azzous'un sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma İndisi ile kıyaslanması	27
Şekil 4.7. Özdikmen, Skempton sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması.....	27
Şekil 4.8. Lav&Anasal, Sarıgül(Şaşmaz)'ün sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması.....	28
Şekil 4.9. Azzous,Lav&Ansal W_n verileri ile elde ettikleri sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması.....	29
Şekil 4.10. Sarıgül (Şaşmaz), Lav&Ansal W_n verileri ile elde ettikleri sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması.....	30
Şekil 4.11. Hough ve Azzous'un doğal boşluk oranını kullanarak elde etmiş oldukları sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması.....	31

Şekil 4.12. Nishida ve Özdikmen' in doğal boşluk oranını kullanarak elde etmiş oldukları sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması.....	31
Şekil 4.13. Yılmaz, Lav&Ansal'ın doğal boşluk oranını kullanarak elde etmiş oldukları sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması.....	31
Şekil 4.14. Lav&Ansal, Sarıgül (Şaşmaz)'ün doğal boşluk oranını kullanarak elde etmiş oldukları sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması.....	32
Şekil 4.15. Likit limit-Sıkışma indisi reglasyon dağılımları.....	35
Şekil 4.16. Plastik limit-Sıkışma indisi reglasyon dağılımları.....	36
Şekil 4.17. Doğal boşluk oranı-Sıkışma indisi reglasyon dağılımları.....	36
Şekil 4.18. a) W_L kullanarak elde edilen sıkışma indisi bağıntısının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması b) PL kullanarak elde edilen sıkışma indisi bağıntısının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması.....	37
Şekil 4.19. e_0 kullanarak elde edilen sıkışma indisi bağıntısının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması.....	37

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 1. Ankara Kent Alanının Jeolojik Çıkma Haritası.....	9
Harita 2. Deney Numunelerinin Alındığı Yerler.....	12

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

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

Simgeler	Açıklama
W_n	Su Muhtevası
W_l	Likit Limit
PL	Plastik Limit
PI	Plastisite İndisi
e_0	Boşluk Oranı
c_c	Sıkışma İndisi
P_c	Ön Konsolidasyon Basıncı
P_0	Arazi Efektif Gerilmesi
Kısaltmalar	Açıklamalar
RMSE	Hatanın Karesinin Mutlak Değerinin Ortalaması

1. GİRİŞ

Zeminler jeolojik oluşumlardır. Bu nedenle özelliklerinin jeolojik olaylardan etkilenmesi beklenir. Buna en canlı örnek fiziksel ve mineralojik yapıları farksız olan iki kil çok farklı sıkışabilirlik gösterebilmektedir (1).

Zeminlerin tabii malzemeler olmaları ve özelliklerinin her inşaat sahası için deneysel olarak belirlenmesi gerektiğinden, deneysel yöntemler zemin araştırmalarının en önemli ayrılmaz bir parçasını oluşturmaktadır (2).

Zeminlerin oturması; taşıdıkları yüklerin artmasıyla meydana gelen gerilme artışı sonucu zemin tabakalarında ortaya çıkan düşey deplasman olarak tanımlanmaktadır. Killi zeminlerde zamana bağlı oturma olarak tanımlanan konsolidasyon, geoteknik mühendisliğinin temel konularından birisidir. Killi zeminlerin konsolidasyon karakteristiklerinin önceden belirlenmesi ve olası oturmaların tespiti, üzerine inşa edilecek yapıların temel hesaplarında bilinmesi gereken en önemli özelliklerindendir. Konsolidasyon karakteristiklerini ve meydana gelebilecek oturma miktarlarını tespit etmek için çeşitli arazi ve laboratuvar deneylerinden yararlanılmaktadır (3).

Konsolidasyon özelliklerinin belirlenmesi uzun zaman alır; örselenmemiş numuneye, deney tekniklerine ve deney sistemlerine gerek duyulur. Ayrıca deney sonuçlarının değerlendirilmesi ve yorumlanması da kesinlik, geçerlilik ister ve uygun bir prosedürde yönetilmelidir. Oysaki zemin özelliklerinin belirlenmesi kısa zamanda elde edilir ve karmaşık bir sistemler bütünü değildir (4).

Kıvam limitleri, zemin mekaniğinde kilin su muhtevasına bağlı olarak fiziki durumda meydana gelen değişiklikleri ifade eder ve kohezyonlu zeminlerin özelliklerinin belirlenmesinde önemlidir. Ayrıca kıvam limitleri zemin indeks ve mekanik özellikleri hakkında dolaylı bilgi sağlayabilirler. Zemin sınıflarının, yapılarının belirlenmesinde de önemle başvuru alan yöntemlerdendir (5).

Plastisite indeksi, zemin numunesinin sınıflandırılmasında şişme ve şişme basıncı için su muhtevasının yerine göre önemli bilgiler sağlar. Likit limit, tanelerin sıvılaşmadan bünyesine alabileceği suyun göstergesi olduğundan zeminin sıkışabilirliği hakkında bilgi verir (5).

Sıkışma indisi, ödometre deneyi ile elde edilen bir zemin parametresidir. Kohezyonlu zemin tabakalarında üst yapıdan gelecek ilave yükler altında oluşabilecek oturmaların hesaplanmasında sıkışma indisi kullanılır (6).

Oturma terimi bir yapının, altındaki zeminin sıkışması ve şekil değiştirmesi sebebi ile batmasını belirtir (7).

Her yapının ağırlığı altında zemin sıkışır, şekil değiştirir ve ilave gerilmeler meydana gelir. Bu şekil değiştirmeler ve gerilmeler, bir çok hallerde, yapının görünüşünü bozacak veya yapıyı sürekli ve tamiri imkansız hasarlara uğratacak önemdedir. Zeminde meydana gelen oturmalarından dolayı üst yapıda oluşan hasarları önlemek amacıyla, oturma miktarları önceden belirlenmelidir (7).

Oturma miktarlarını hesaplamak ve ödometre deney sonuçlarını değerlendirmek için farklı yöntemler mevcuttur. Bunlardan biride boşluk oranına karşı konsolidasyon basıncının (P) logaritmasının e-logP olarak ifade edilmesidir. Genellikle lineer ilişkiler söz konusudur. Sıkışma indisi e-logP grafiğinden elde ettiğimiz eğrinin eğimi ($\Delta e/\Delta p$) ile hesaplanır.

Oturma miktarının belirlenmesinde kullanılan bağıntının en önemli parametresi sıkışma indisi.

Sıkışma indisinin pratik olarak hesaplanabilmesi için, farklı araştırmacılar tarafından zemin indeks özellikleri ile arasında korelasyon bağıntıları kurulmaya çalışılmıştır.

Sıkışma indisini ödometre deneyi yapmadan, Skempton, Terzaghi, Nishida, Hough, Özdikmen, Sarıgül (Şaşmaz), Yılmaz, Ansal ve Lav gibi araştırmacılar çalışmalarında bazı zemin parametrelerini kullanarak belirlemeye çalışmışlardır. Fakat oturma miktarları, tahmini oturmalarından çok daha hassas, güvenilir ve gerçekçi olması gereken hesaplamalardan olduğu için, ödometre deneyleri her ne kadar zaman alıcı ve pahalı olsalar bile doğru değerlerin elde edilmesi için, deney prosedürlerine göre sonuç alınması uygun olacaktır.

Bu çalışmada, Ankara Kilinin sıkışma indisi değerinin yaklaşık olarak belirlenebilmesi için, ampirik bağıntılar kullanılması amaçlanmış olup, bunun için Ankara'da değişik yerlerden alınmış 16 adet örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde ödometre ve zemin indeks deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları $e\text{-log}P$ olarak değerlendirilmiş ve bu eğrilerden ön konsolidasyon basınçları (P_c), "Casagrande Grafik Yöntemi" ile belirlenmiştir. $e\text{-log}P$ eğrisi üzerinde bakir sıkışma eğrisini kullanılarak sıkışma indisi (c_c) bulunmuştur ve sıkışma indisi ile zemin indeks özellikleri arasında bir korelasyon ilişkisi araştırılmıştır. Ayrıca çalışmamızda konumuzla paralel araştırmalar için yapılan deneysel 107 veri kullanılmıştır. Aynı zamanda araştırmacıların (Skempton, Terzaghi, Nishida, Hough, Özdikmen, Sarıgül (Şaşmaz), Yılmaz, Ansal ve Lav) zemin indeks değerlerini kullanarak vermiş oldukları zemin indeks bağıntılarının Ankara Kili için geçerliliği ve güvenilirliği tartışılmıştır. Çalışmalarda RMSE istatistiksel analiz yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, Ankara Kilinin sıkışma indisini belirlemek için yeni bir bağıntı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2.LİTERATÜR TARAMASI

Killer ve kil içeren zeminler, jeolojik bir malzeme olmaları ve endüstriyel hammadde olarak kullanılmalarının yanı sıra, diğer kayaç türlerinden farklı olarak, mühendislik açısından sorunlar yaratabilecek özellikler içermektedirler. Killi çökeller, iklimsel değişimlerden büyük ölçüde etkilenirler ve su içerikleri değişir. Bunun sonucunda da özellikle inşaat jeolojisi açısından istenmeyen şişme, büzülme, oturma, kayma, çökme vb. olaylar oluşur. Diğer taraftan, kentleşmenin büyük bir hızla gelişmekte olduğu başkent Ankara'nın yaklaşık üçte ikisi, yapılarında büyük ölçüde kil içeren göl çökelleri ile kaplı bir alan üzerinde bulunması killerin bazı jeolojik ve mühendislik özelliklerinin Ankara için önemine dikkat çekmiştir (8).

Doğada killer; oluşumu, birikimi ve çeşitli jeolojik olaylar sonucu özel "yapı"ya (structure) sahip olurlar. Killer oluşumunda ve yüklenmesinde konsolidasyon oturmasına maruz kalırlar. Bu olay, laboratuvar şartlarında ödometre (bir boyutlu konsolidasyon aleti) kullanarak killerin bir boyutlu davranışı incelenmiştir. Doğal killerin gerçek davranışını belirlemek oldukça zordur (9).

Zeminin jeolojik geçmişi; yapısındaki fisür ve çatlaklar gibi süreksizliklerde davranımını etkiler. Jeolojik geçmişi açısından zeminler iki gruba ayrılırlar. Zemin oluşumu ile günümüze kadar geçen zaman içinde bugünkünden daha fazla (efektif) gerilmeler altında kalmamışsa "normal yüklenmiş veya normal konsolide zeminler" denir. Önceden bugünkünden fazla bir yüklemeye maruz kalma erozyon, kuruma ve yer altı su tablasının yükselmesi gibi nedenlerle ortaya çıkar ve bu tip zeminler "aşırı konsolide zeminler" olarak adlandırılabilirler. Normal konsolide killer genelde yumuşak normal konsolide kumlar ise gevşek veya orta sıkıdır. Önceden yüklenmiş killer daha serttir. Bu bakımdan normal konsolide zeminler yükler altında çok daha fazla oturma gösterir, kayma dayanımı ve taşıma gücü daha düşüktür (10).

Ankara yarı kurak bir iklim bölgesidir ve yarı kurak iklim zeminlerinin bütün karakteristiklerini içerir. Taban suyu seviyesi çok düşüktür ve zemin ise umumiyetle kuruma tesiri ile prekonsolide olmuştur (11).

Geçirmiş olduğu jeolojik evrimin bir sonucu olarak aşırı konsolide zemin özelliği taşıyan Ankara Kili aynı zamanda yüksek şişme potansiyeline de sahiptir. Aşırı konsolidasyon nedeniyle dayanımı yüksek Ankara Kilinde taşıma gücü sorunu olmamakla birlikte, yüksek şişme potansiyeline bağlı olarak, özellikle topografik eğimin fazla olduğu kesimlerde, yol ve temel yarmalarında eğim duyarlılığı ve iç yapı çökmesi gibi sorunlar söz konusu olabilir. Ayrıca geçirimsizliği oldukça düşük olan bu malzeme ile kaplı çukur alanlarda su baskını (taşkın) sorunu ile karşılaşılabilir (12).

Likit limit ve plastik limit değerleri, ince taneli zeminlerin temel mühendislik parametrelerindendir. Bu değerler, ince taneli zeminlerin sınıflandırılmasında ve tanımlanmasında oldukça önemli bilgiler sağlamaktadır. Killerin kayma mukavemeti, sıkışabilirlik gibi bir çok mühendislik özellikleri likit limit, plastik limit ve plastisite indisi belirler. Plastisite indisinin, zeminin sıkışabilirliği hakkında önemli bilgiler verdiği bilinmektedir (13).

Literatürde, bu konuda ilk olarak 1944 yılında Skempton' un çalışmasına rastlanmaktadır. Skempton, değişik sınıftaki yoğrulmuş killer üzerinde yaptığı testler sonucunda likit limit " W_L " ile sıkışma indisi " c_c " arasındaki bağıntıyı

$$c_c = 0,007(W_L - 7) \quad [2.1]$$

şeklinde ifade etmiştir (6).

Terzaghi ve Peck (1967), normal konsolide killer üzerinde yaptıkları çalışmalar sonucunda normal konsolide killerde sıkışma indisinin yoğrulmuş killerin sıkışma indisinin 1.3 katı olduğunu bularak

$$c_c = 0,009(W_L - 10) \quad [2.2]$$

eşitliğini elde etmiştir (6).

Özdikmen (1972), sıkışma indisinin istatistiksel tahmini üzerine yapmış olduğu çalışmada Türkiye Killeri için sıkışma indisi bağıntısını başlangıç boşluk oranına, likit limite bağlı olarak,

$$c_c = 0,261e_0 - 0,040 \quad [2.3]$$

$$c_c = 0,0024W_L + 0,071 \quad [2.4]$$

bağıntılarını önermiştir (14).

Azzous et all (1976) çalışmalarında 700'den fazla W_L , W_n ve e_0 verileri ve konsolidasyon verileri kullanmıştır. Bu verilerden $\frac{3}{4}$ 'ü 10 yıl içinde Yunanistan'dan ve çevresinden elde edilmiştir ve verilerin geri kalanı ise ABD' nin farklı bölgelerinden elde etmişlerdir. 700'den fazla konsolidasyon deneylerinin sonuçları üzerinde doğrusal regrasyon analizleri ile sıkışma indisi için aşağıdaki bağıntıları önermişlerdir (15).

$$c_c = 0,40(e_0 - 0,25) \quad [2.5]$$

$$c_c = 0,31(W_n - 5) \quad [2.6]$$

$$c_c = 0,006(W_L - 9) \quad [2.7]$$

Sarıgül (Şaşmaz) (1988), Ankara Kilinin zemin parametrelerinin korelasyonu adı altında yapmış olduğu çalışmada; bazı inşaat şirketlerinin Ankara'nın farklı bölgelerinde yapmış oldukları çalışmaların raporlarından elde etmiş olduğu zemin indeks özelliklerini ve konsolidasyon parametrelerini kullanarak sıkışma indisi ile ilgili aşağıdaki bağıntıları elde etmiştir (16).

$$c_c = 0,004(W_L \% - 13) \quad [2.8]$$

$$c_c = 0,011(W_n \% - 10,7) \quad [2.9]$$

$$c_c = 0,35(e_0 - 0,35) \quad [2.10]$$

Ansal ve Lav (2001), son 40 yıl içinde Türkiye'nin farklı bölgelerinden elde edilen, zemin indeks özellikleri deneylerinden ve konsolidasyon verileri ile bir çalışma yapmışlardır. Her bir veri, farklı deneylerden 10 zemin parametresinin elde edilmesiyle analizlerde kullanılmıştır. 300 veriden oluşan ve tüm verilerin istatistiksel analizleri yapılmış ve neticesinde;

$$c_c = 0,479 \ln W_n - 1,367 \quad [2.13]$$

$$c_c = 0,012 W_n - 0,1 \quad [2.14]$$

$$c_c = 0,006(W_L + 1) \quad [2.15]$$

$$c_c = 0,40 e_0 - 0,10 \quad [2.16]$$

$$c_c = 0,485 \ln e_0 + 0,329 \quad [2.17]$$

sıkışma indisi bağıntılarını elde etmişlerdir (4).

Bu konuda elde edilen diğer bağıntılar kaynak gösterilerek çizelge 2.1 de verilmiştir. Genellikle zeminin likit limit, su muhtevası ve doğal boşluk oranı gibi üç temel özelliği kullanılarak bir bağıntı elde edilmiştir ve elde edilen tüm bağıntılar bir birinden farklıdır.

Çizelge.2.1. Sıkışma indisi Bağıntıları

<i>Regrasyon Denklemi</i>	<i>Zeminin Cinsi</i>	<i>Kaynak</i>
$c_c = 1,15(e_0 - 0,35)$	Bütün Killerde	Nishida(1956)
$c_c = 0,30(e_0 - 0,27)$	Silt, Kil ve Siltli Killerde	Hough(1957)
$c_c = 0,31e_0^{1,306}$	Bütün Killer İçin	Yılmaz(1987)

3.MATERYAL VE METOD

3.1.Materyal

3.1.1. Ankara' nın genel jeolojik konumu

Ankara'nın toprak zeminlerinin büyük bir bölümünü oluşturan ve kent alanının daha çok batı ve güney batı kesimlerini kaplayan akarsu ve göl çökelleri, volkaniklerden daha genç olup, Üst Pliyosenden yaşlıdırlar ve miyosen serilerinin üzerinde uyumsuz olarak bulunurlar. Genellikle kırmızı-kahverengi-sarı renkli bu çökeller gevşek çimentolu bir konglomera ve çok az küçük çakıl içeren kumlu-killi-siltli bir seriden oluşurlar. Bu serinin en belirgin özelliği yer yer düşey yönde gelişmiş beyaz kireç konkresyonları içermesidir (17).

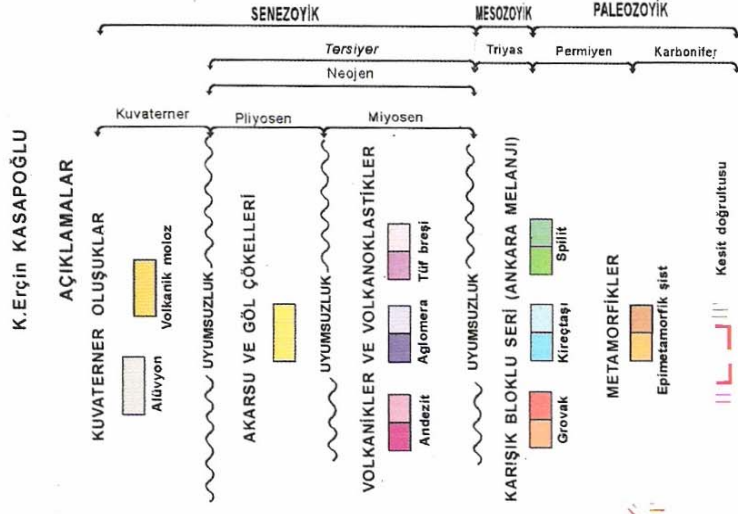
Ankara çanağını oluşturan ve bazı bölgelerde kalınlığı 100 m ye ulaşan formasyon, jeoloji mühendisleri tarafından kırmızı kil, inşaat mühendisleri tarafından Ankara Kili olarak tanımlanmaktadır. Kilin mineralojik yapısı daha çok Kaolinit_İllit ve az miktarda montmorillonit ihtiva etmektedir. Ankara kili genel olarak sert sağlam ve fisürlü bir kildir (18).

Ankara kent alanı içinde, makroskopik olarak beş ana litolojik birim ayrılmıştır (harita 1). Bunlar, a) epimetamorfik şistler, b) karışık bloklu seri (Ankara melanji), c) volkanikler ve volkanoklastikler, d)akarsu ve göl çökelleri, e)alüvyonlardır (17).



ANKARA JEOLÖJİK ÇIKMA HARİTASI

1980



Harita 1. Ankara kent alanının jeolojik çıkma haritası (17).

3.1.2. Deney numunelerinin alındığı yerler

Çalışmada kullanılan deney numuneleri Ankara kentinin farklı yerlerinden (Balgat, Çukurambar, 100.Yıl ve Eskişehir yolu üzerinden), 2m - 5m arasındaki derinliklerden blok numune olarak alınmıştır, çizelge 3.1. de deney numunelerinin derinlikleri verilmiştir. Deney numunesi alımında kireçli ve fisürlü örneklerle karşılaşmıştır. Deney numunelerinin alındığı yerler harita 2. de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Deney numunelerinin derinlikleri

Numune No	Derinlik (m)	Bozulmuş Numune (Adet)	Bozulmamış Numune (Adet)
1	3,5-4	1	1
2	3,5-4	1	1
3	2,5-3	1	1
4	2,5-3	1	1
5	2-2,5	1	1
6	2,5-3	1	1
7	3-4	1	1
8	3-4	1	1
9	3-3,5	1	1
10	2-2,5	1	1
11	2-2,5	1	1
12	4-4,5	1	1
13	2-2,5	1	1
14	4-4,5	1	1
15	4-4,5	1	1
16	5-5,5	1	1

3.1.3 Laboratuvar çalışmalarında kullanılan araç gereçler

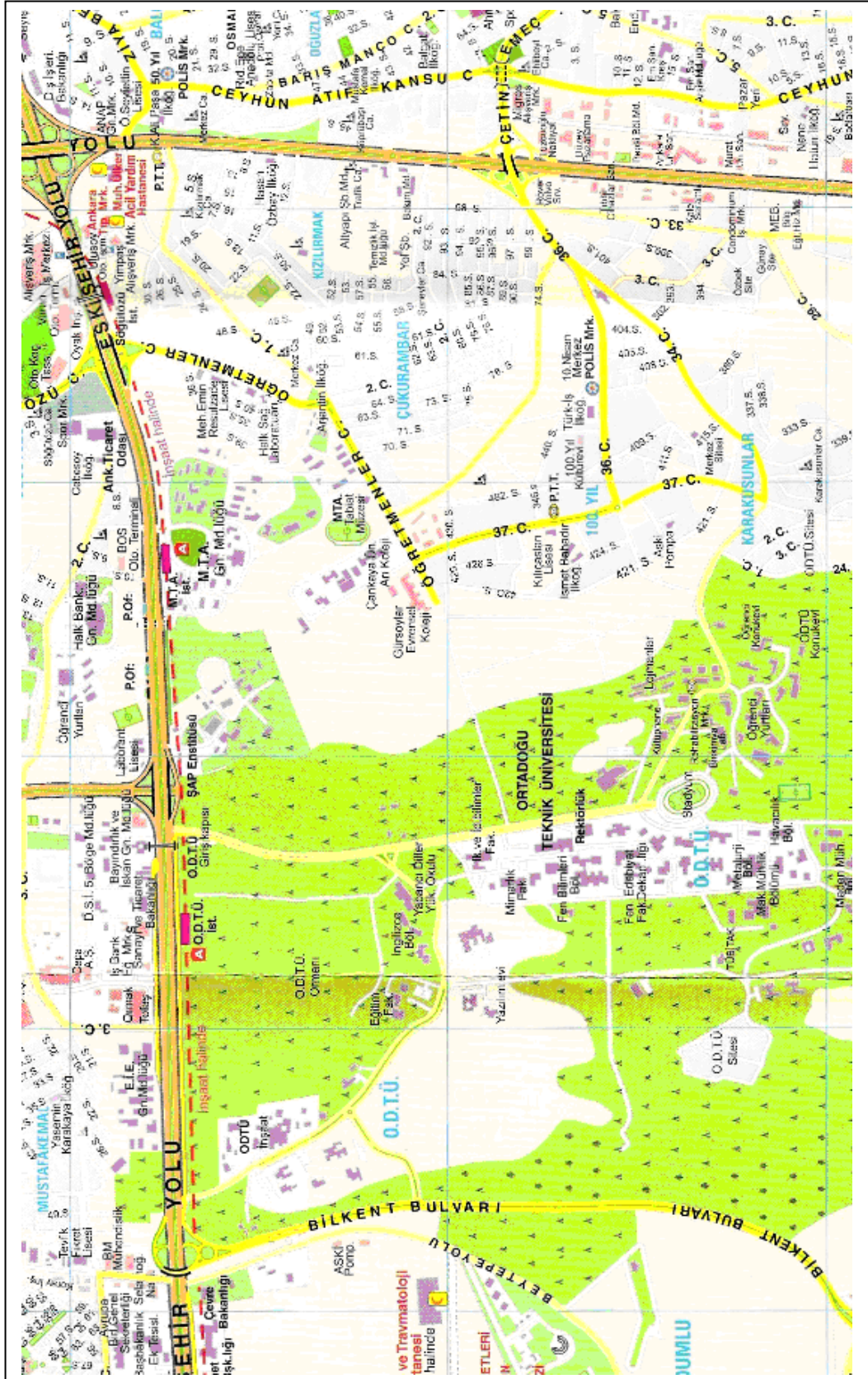
Bu alışmada, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakóltesi Yapı Eğitimi Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarı kullanılmıştır.

Tane boyu dağılımı ASTM D 422 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Ele'nin elek serisi kullanılmıştır.

Zeminlerin likit limitleri Casagrande yöntemi ile Casagrande cihazı kullanılarak, 40 nolu elekten elenmiş zemin numuneleri ile belirlenmiştir. Casagrande yöntemi için ASTM D 4318(2000) standartlarına uyulmuştur.

Tane birim hacim ağırlığı, 2.00 mm'lik elekten elenen numuneler ile 50 ve 100 ml'lik ele piknometreleri kullanılarak, BS 1377 standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

Ödometre deneyi tek yönlü konsolidasyon (ödometre) cihazı kullanılarak ASTM D2435 standartlarına uygun olarak yapılmıştır.



Harita 2. Deney numunelerinin alındığı yerler

3.1.4. Diğer araştırmacılarından alınan veriler

Araştırmamızda kullanılmak üzere, çalışma konumuza paralel araştırma yapan Aydın Gökçe ve Ali Rıza Güler araştırmacıların çalışmalarından alınan W_L , PL , W_n , e_0 ve c_c verileri çizelge 3.2 ve 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Araştırmacı Aydın Gökçe’nin çalışmasından alınan W_L , PL , W_n ve e_0 verileri

W_L	PL	W_n	e_0	Grafikten elde edilen c_c		W_L	PL	W_n	e_0	Grafikten elde edilen c_c
56,2	24,3	23,5	0,6299	0,179		65	27	32,15	1,2009	0,114
82	34,1	32,4	0,6632	0,332		64	27	30,93	1,1018	0,128
83,4	34,3	28,9	0,6826	0,228		59	23	32,59	1,2146	0,14
76,4	31,4	31,1	0,9225	0,25		68	30,5	45,7	1,2256	0,276
73	34,3	31,1	0,7024	0,238		66	32	45,08	1,2925	0,266
75	30,2	37,2	0,9516	0,146		60,5	30,1	44,6	1,581	0,279
78,4	34,8	35,9	1,0134	0,217		70	33	39,86	1,214	0,155
62	27	29,26	0,8272	0,342		69,8	29,1	31	0,895	0,191
66	28	33,09	1,1339	0,288		67,6	30,3	34,34	0,978	0,364
68	30	30,91	0,9022	0,357		65,8	29,1	29,74	0,865	0,198
71	30	31,47	0,9479	0,382		57,4	22,2	28,92	0,797	0,172
69	29	29,62	0,6784	0,185		56,4	21	28,03	0,769	0,167
56,2	26,7	41,1	1,2629	0,378		55,3	23	29,23	0,879	0,199
80,6	30,6	44,8	1,1696	0,314		86,2	35	36,4	1,006	0,179
71,6	33	49,3	1,7287	0,376		79,1	33,2	35,8	0,907	0,18
73,2	28,2	52	1,5639	0,386		78	23	29,1	1,142	0,244
70,3	26,7	34,3	0,7938	0,221		80	28	19,3	0,594	0,159
71,8	29,7	39,7	1,0306	0,346		78	30	38	1,139	0,206
56,3	25,3	21,4	0,6796	0,15		84	28	15,9	0,479	0,146
81,5	31,1	42,3	1,2108	0,403		81	26	32,9	0,917	0,355
77,1	32	34	0,8375	0,17		82	27	31,3	0,885	0,331
60	26	30,15	1,0883	0,115		79	25	32,7	0,761	0,192
62	28	29,2	1,1004	0,13		83	26	29	0,935	0,311
68	24	34,06	1,2231	0,147		59	23	34,6	1,202	0,406
61	25	30,2	1,1533	0,132						

Çizelge 3.3. Araştırmacı A.Rıza Güler'in çalışmasından alınan W_L , PL , W_n ve e_o verileri

W_L	PL	W_n	e_o	Grafikten elde edilen c_c		W_L	PL	W_n	e_o	Grafikten elde edilen c_c
35	13	15	0,57	0,108		38	17	18	0,565	0,174
34	18	21	0,65	0,108		47	30	32	0,89	0,25
28	14	24	0,624	0,085		43	30	85	0,96	0,2
49	27	34	1,047	0,249		65	28	82	0,98	0,3
53	22	25	0,828	0,215		27	14	26	0,73	0,12
35	19	21	0,502	0,149		45	17	28	0,77	0,232
47	23	32	0,816	0,211		43	19	29	0,81	0,249
47	30	28	1,011	0,265		43	20	33	0,8	0,116
47	23	26	0,94	0,265		44	17	28	0,848	0,208
40	20	24	1,01	0,282		43	17	19	0,814	0,232
42	18	19	0,549	0,171		56	25	25	0,884	0,191
75	37	33	1,35	0,496		65	27	38	1,184	0,324
56	27	33	0,87	0,282		64	28	45	1,111	0,266
55	21	33	0,919	0,249		65	29	39	1,137	0,357
60	22	38	1,006	0,282		54	28	30	0,875	0,241
44	23	20	0,811	0,191		55	17	32	0,935	0,266
58	20	22	0,615	0,172		39	21	40	0,73	0,118
35	21	24	0,687	0,154		33	20	21	0,56	0,116
45	18	24	0,787	0,171		35	24	25	0,72	0,103
44	18	20	0,828	0,149		42	20	33	0,801	0,15
60	38	28	0,961	0,288		57	24	27	0,92	0,149
45	17	24	0,684	0,146		57	29	30	0,72	0,141
45	28	38	0,889	0,166		34	16	38	0,93	0,165
46	31	23	1,028	0,249		70	33	48	1,38	0,249
43	23	30	1,01	0,218		65	36	48	1,48	0,332
65	38	52	1,43	0,34		55	23	25	0,94	0,26
70	28	42	1,16	0,42		35	22	34	0,77	0,11
41	25	30	0,92	0,2		46	20	28	0,839	0,119
46	17	32	0,908	0,266		39	25	52	0,88	0,183

3.2. Metod

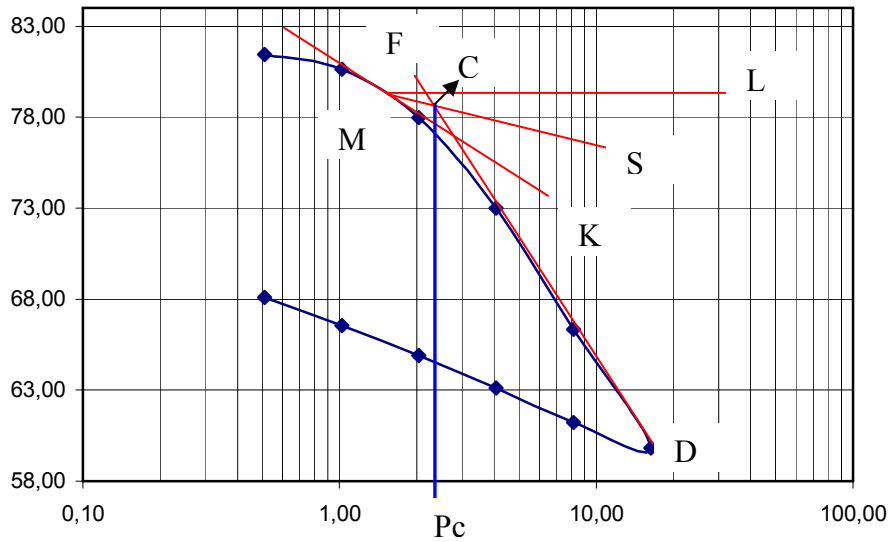
Bu çalışmada, sıkışma indisini belirlemek için yapılan ödometre deneyi ASTM D 2435 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Bu deney neticesinde elde etmiş olduğumuz verilerle konsolidasyon özellikleri, Casagrande yöntemi kullanılarak da ön konsolidasyon basıncı belirlenmiştir. e -log P grafiğinden faydalanarak bakir sıkışma eğrisi belirlenmiş, eğrinin eğimi ise sıkışma indisini vermiştir.

Bu araştırmada Ankara Kilinin sıkışma indisini, likit limit, plastik limit, doğal su muhtevası gibi zaman almayan ve basit deneyler ile belirlenmesine çalışılmıştır. Bu amaçla alınmış olan örselenmiş numuneler ile yapılan likit limit, plastik limit, doğal su muhtevası gibi deney verileri ile sıkışma indisi belirlenmeye çalışılmış, örselenmemiş blok numuneler üzerinde yapılan deney yardımı ile de sıkışma indisi belirlenmiştir ve karşılaştırılması yapılmıştır. Aynı zamanda W_L , W_n ve e_o kullanılarak oluşturulmuş bağıntıların Ankara kili için geçerliliği tartışılmıştır.

3.2.1. Ön Konsolidasyon Basıncının Bulunması (Casagrande yöntemi)

Ön konsolidasyon basıncının bulunmasında kullanılan birkaç yaklaşımdan biri de Casagrande yöntemi olup, bu yöntem (1936), yarı logaritmik eksen takımında çizilen, boşluk oranı–konsolidasyon basıncı (e -log P) grafiğinden faydalanarak, ön konsolidasyon basıncı değerinin bulunması esasına dayanan grafiksel bir çözüm yöntemini ifade eder. Bu yöntemde; yapılan konsolidasyon deneyleri sonucunda yükleme kademeleri sonundaki boşluk oranları hesaplanarak konsolidasyon eğrisi (e -log P) çizilir (Şekil 3.1). Eğri üzerinde minimum eğrilik yarıçapının bulunduğu M noktası işaretlenir. Bu noktadan, yatay eksene paralel ML yatay doğru ile MK teğeti çizilir. Sıkışma eğrisinin doğrusal olan alt kısmından DF teğeti çizilir. MKL açısının açısı ortayı olan MS doğrusu çizilir. MS açısı ortay doğrusu ile DF teğetinin kesişme

noktasının (C) yatay eksenindeki değeri, zeminin geçmişte etkisinde olduğu ön konsolidasyon basıncının (P_c) değerini verir (19,20).

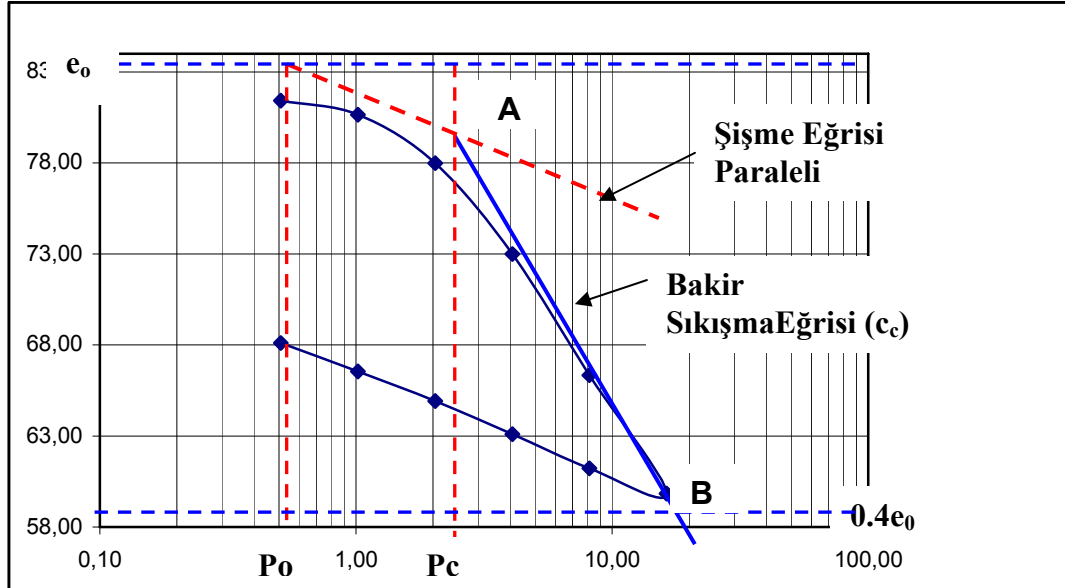


Şekil 3.1. Casagrande yöntemi ile ön konsolidasyon basıncının belirlenmesi

3.2.2. Konsolidasyon eğrisi ve sıkışma indisinin bulunması

Ödometre deney sonuçlarından hesaplanarak elde edilen, boşluk oranı (e) ve efektif basınç (P) verileri yarı logaritmik (e -log P) eksen takımında konsolidasyon eğrisi olarak çizilir. Casagrande yöntemi ile ön konsolidasyon basıncı bulunur. Doğal boşluk oranı (e_0) hesaplanır ve bu değerden arazi efektif gerilme değeri (P_0) apsis değerini kesmek üzere yatay çizilir. P_0 ve e_0 'ın kesim noktasından, şişme eğrisine çizilen paralelin, P_c 'den çizilen doğrunun kesim noktası (A) bulunur. Eğer hata yapılmamışsa eğri P_c 'dan geçer. $0.4e_0$ hesaplanır ve apsisine paralel bir doğru çizilir. Şişme eğrisi ile P_c nın kesiştiği (A) noktasından, $0.4e_0$ doğrusunun konsolidasyon eğrisini kestiği (B) noktası ile (A) noktası birleştirilerek elde edilen eğri Bakir Sıkışma Eğrisi adını alır ki, bu eğrinin eğimi söz konusu numuneye ait SIKIŞMA İNDİSİ (c_c) değerini verir (Şekil 3.2).

$$c_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = \frac{\Delta e}{\Delta \log P}$$



Şekil 3.2. Bakir sıkışma eğrisinin belirlenmesi ile sıkışma indisinin bulunması

3.2.3. Çalışmada kullanılan ampirik bağıntılar

Bu çalışmada Ankara Kilinden elde edilen bazı zemin parametrelerinin kullanılması ile yapılacak karşılaştırmalarda göz önüne alınacak bağıntılar, araştırmacılara göre ve zemin parametre özelliklerine göre aşağıda verilmiştir.

A-Likit Limit kullanılarak oluşturulmuş ampirik bağıntılar;

Skempton

$$c_c = 0,007(W_L - 7)$$

Terzaghi ve Peck

$$c_c = 0,009(W_L - 10)$$

Özdikmen

$$c_c = 0,0024W_L + 0,071$$

Azzous et. Al

$$c_c = 0,006(W_L - 9)$$

Sarıgül (Şaşmaz)

$$c_c = 0,004(W_L \% - 13)$$

Ansal ve Lav

$$c_c = 0,006(W_L + 1)$$

B-Doğal su muhtevası kullanılarak oluşturulmuş ampirik bağıntılar;

Azzous et. all	$c_c = 0,31(W_n - 5)$
Sarıgül (Şaşmaz)	$c_c = 0,011(W_n \% - 10,7)$
Ansal ve Lav	$c_c = 0,479 \ln W_n - 1,367$
Ansal ve Lav	$c_c = 0,012W_n - 0,1$

C-Doğal boşluk oranı kullanılarak oluşturulmuş ampirik bağıntılar;

Azzous et. all.	$c_c = 0,40(e_0 - 0,25)$
Nishida	$c_c = 1,15(e_0 - 0,35)$
Hough	$c_c = 0,30(e_0 - 0,27)$
Özdikmen	$c_c = 0,261e_0 - 0,040$
Yılmaz	$c_c = 0,31e_0^{1,306}$
Sarıgül (Şaşmaz)	$c_c = 0,35(e_0 - 0,35)$
Ansal ve Lav	$c_c = 0,40e_0 - 0,10$

3.2.4. Çalışmada kullanılan istatistiksel yöntemler

Bu çalışmada yapılan istatistiksel değerlendirmelerde *RMSE (hatanın karesinin mutlak değerinin ortalaması) Yöntemi* kullanılmış olup, RMSE bir tür genelleştirilmiş standart sapmadır. RMSE, gruplar arasındaki farkları veya değişkenler arasındaki ilişkileri görmekte kullanılır. Verilerdeki her bir ilişki için veya verilerini istatistiksel modelle ilişkilendirdiğin zaman araştırmanın değerleri aşağıya doğru yayılır. Bu nedenle diğer ismi, artan varyasyondur (21).

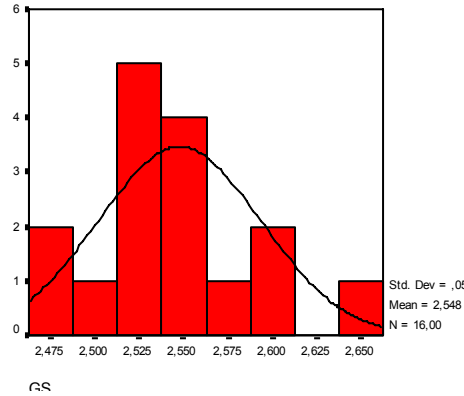
Hata karesi ortalaması (MSE) , nümerik tahminlerin başarısının ölçümünde kullanılır ve RMSE hata karesi ortalamasının karekök değeridir. İstatistiksel bir modelin başarısı RMSE değeri ile değerlendirilir. Genellikle modellemeler mükemmel olmayacağı için en küçük RMSE değerine sahip modelleme en iyi performansa sahip olan modellemedir (22).

4. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

4.1. Örselenmiş Numune Deneyleri

Örselenmiş olarak alınan 16 adet numune üzerinde yapılan, sınıflandırma deneyleri, özgül ağırlık, doğal su muhtevası gibi deneyler yapılmış olup; toprak örneklerinin tane özgül ağırlığı (G_s) değerleri, 2 mm den daha küçük taneler üzerinde piknometre deneyi ile BS 1377' ye göre saptanmıştır. Deneyler de oda sıcaklığında kalibre edilmiş 100 ve 50 ml' lik ele piknometreleri kullanılmıştır.

Özgül ağırlık deneylerinden elde edilen sonuçlara göre, numunelerin özgül ağırlıkları 2.477 ile 2.652 arasında değişmekte olup, ortalama özgül ağırlığı ise 2,548 dir. Şekil 4.1 de verilerin histogramı görülmektedir.

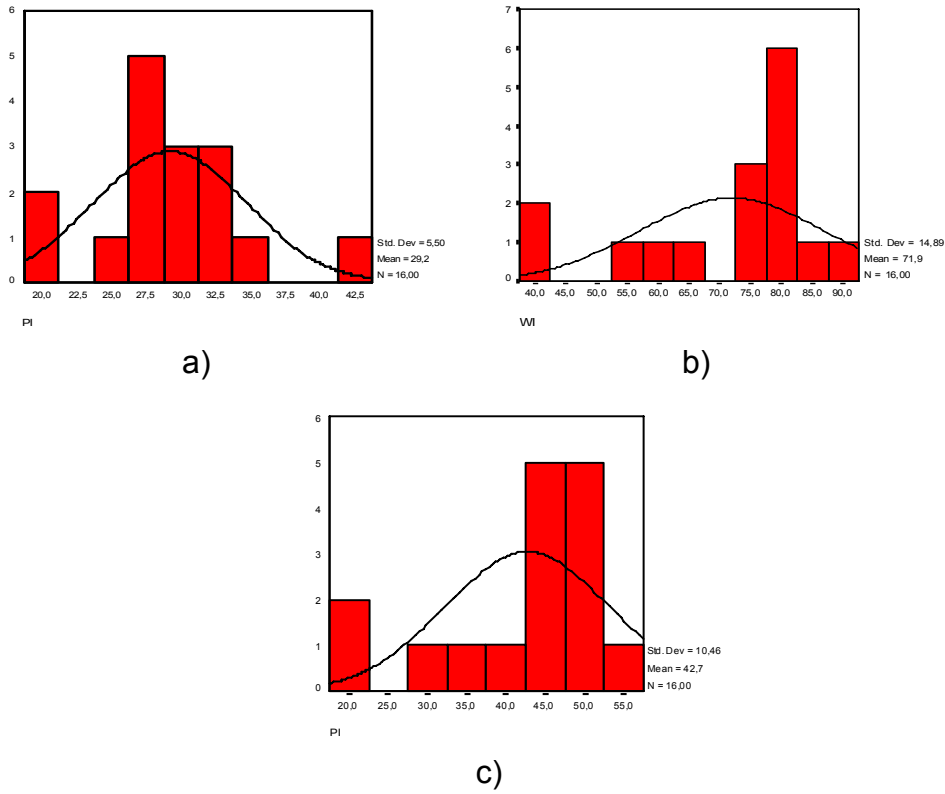


Şekil 4.1. Özgül ağırlık deneyinden elde edilen verilerin histogramı

Tane boyu dağılımı, yıkamalı eleme yöntemi kullanılarak ve ASTM D 3282 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Çizelge 4.1. de alınan numunelerin su muhtevaları, özgül ağırlıkları, likit limit, plastik limit, plastisite indisi, doğal birim hacim ağırlıkları, kuru birim hacim ağırlıkları, doğal boşluk oranları, yıkayarak eleme yöntemi ile elek analizi sonuçları ve USCS yöntemi ile zemin sınıflandırılması verilmiştir. Deney sonuçları incelendiğinde No:200'den geçen %45-%97 arasında olup killi zemin özelliklerini yansıttığı görülmektedir.

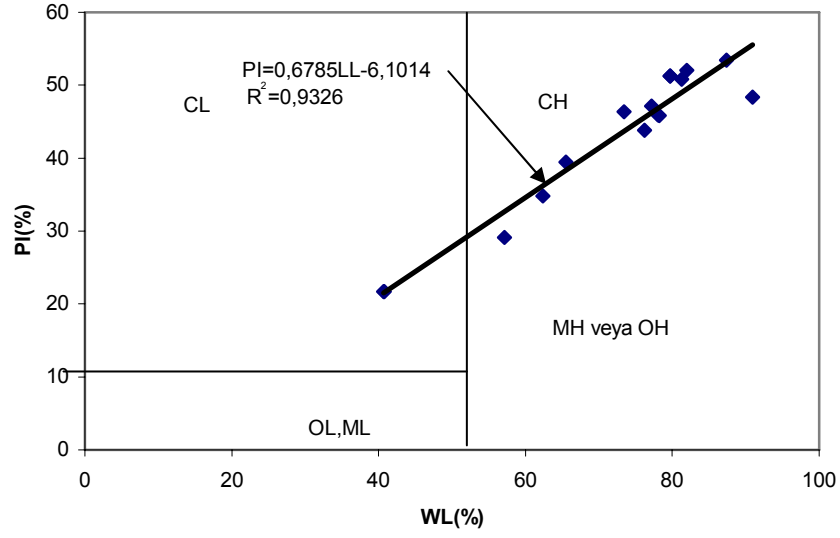
Alınan örselenmiş numunelerin ince taneli (40 nolu elek boyundan daha küçük olanlar) olanların üzerinde A.S.T.M. D 4318 standartlarına uygun olarak likit limit plastik limit deneyleri yapılmıştır.

Ortalama likit limit değeri %72.70, plastik limit değeri %29.2 ve plastisite indisi %43.70 olarak bulunmuştur. Şekil 4.2 de kıvam limitlerinin histogramları gösterilmektedir.



Şekil 4.2. a) Plastik limit histogramı, b) Likit limit histogramı, c) Plastisite indisi histogramı

%50 den fazla No:200' den geçen numunelerin USCS yöntemi ile yapılan sınıflandırmasında kullanılan plastisite kartında, şekil 4.3'de de görüldüğü gibi, numunelerin yüksek plastisiteli kil olduğu görülmektedir.



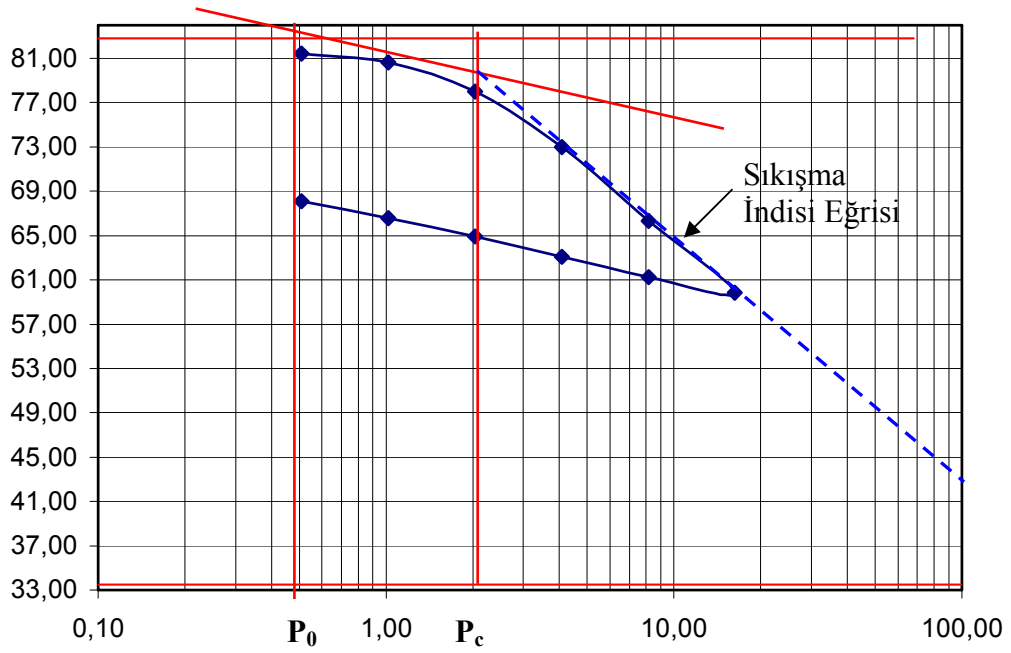
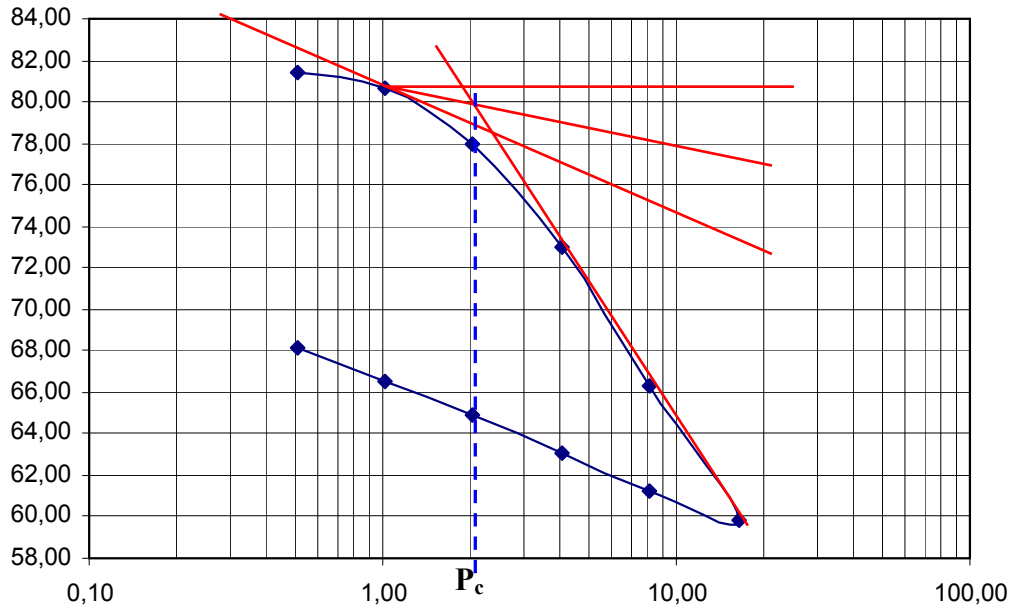
Şekil 4.3. İnce taneli toprakların Plastisite abası üzerindeki dağılımları

16 numune üzerinde yapılan örselenmiş numune deneylerinden elde edilen laboratuvar deney sonuçları çizelge 4.1’de, diğer örselenmemiş deney numunelerinden elde edilen veriler ile birlikte verilmiştir.

4.2. Örselenmemiş Numune Deneyleri

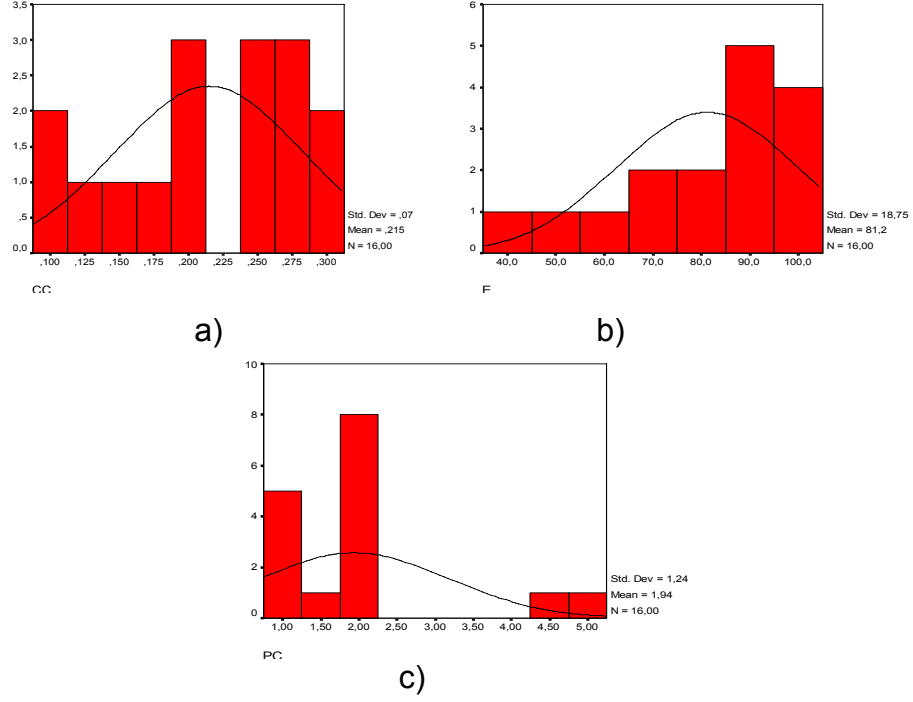
Alınan 16 adet örselenmemiş blok numuneler üzerinde laboratuvarda yapılan ödometre deneyinin sonuçlarına göre çizilen e-logP grafikleri (Ek 3. te) verilmiştir. Aşağıdaki şekil 4.4’ de, 2 nolu numuneye ait konsolidasyon deneyi ile elde edilen e-logP grafiği görülmektedir. Her örnek için ön konsolidasyon basıncı casagrande yöntemi ile belirlenmiştir.

Sıkışma indisi değerleri ise yine e-logP grafiği üzerinde bakır sıkışma eğrisi çizilerek, eğrinin eğimi olarak kabul edilmiştir. Casagrande yöntemi ile ön konsolidasyon basıncının belirlenmesi, şekil 4.4 b de bakır sıkışma eğrisini çizerek ,eğrinin eğiminden sıkışma indisinin bulunması gösterilmektedir.



Şekil 4.4. a) 2 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması, b) 2 nolu örneğin bakır sıkışma eğrisini belirleyerek sıkışma indisinin bulunması.

Örselenmemiş 16 deney numunesi ödometre deneyi tabii tutulmuş olup bu deney neticesinde γ_n , γ_{dry} ve c_c verileri elde edilmiştir. Bu verilerin değerleri çizelge 4.1 de görülmektedir ve şekil 4.5 de de sıkışma indisinin, doğal boşluk oranının ve ön konsolidasyon basıncının histogramları verilmektedir.



Şekil 4.5. a) Sıkışma İndisi, b) Doğal Boşluk Oranı, c) Ön Konsolidasyon Basıncı Histogramları.

Çizelge 4.1. Toplu Laboratuar. Deney Sonuçlar

Örnek No	W_n (%)	γ_n (kN/m ³)	γ_{dry} (kN/m ³)	G_s	Elek Analizi		W_L	PL	PI	e_0	USCS	c_c
					#4 Kalan (%)	#200 Geçen (%)						
1	55,62	17,58	13,1	2,514	1,85	81,75	77,135	30	47,135	0,9828	CH	0,26602
2	34,76	16,75	12,43	2,523	4,36	73,24	87,35	33,92	53,43	0,88785	CH	0,21
3	17,26	16,22	15,12	2,607	5,94	66,28	40,8	19,14	21,66	0,6404	CH	0,205
4	20,45	18,77	15,58	2,598	6,19	63,91	40,7	19	21,7	0,68447	CL	0,26181
5	29,27	17,67	13,67	2,477	1,27	85,91	78,25	32,4	45,85	0,87875	CL	0,2467
6	32,88	17,17	12,93	2,483	1,73	83,97	76,2	32,35	43,85	0,7809	CH	0,1975
7	41,496	24,35	17,21	2,512	0	94,99	81,23	30,4	50,83	0,4311	CH	0,11057
8	37,36	17,7	12,89	2,579	0	95,23	78,035	32,1	45,935	0,96147	CH	0,306
9	22,168	15,79	12,92	2,5303	0	92,2	90,91	42,5	48,41	0,9198	CH	0,10521
10	35,31	23,3	17,24	2,557	0	89,96	79,73	28,5	51,23	0,4536	CH	0,11936
11	31,155	17,69	13,49	2,557	0	89,96	79,73	28,5	51,23	0,79304	CH	0,174
12	35,62	16,78	12,37	2,5536	0,16	88,09	73,46	27,1	46,36	1,024	CH	0,13829
13	24,145	18,29	14,73	2,536	15,18	51,9	65,505	26,1	39,405	0,68781	CH	0,28899
14	37,14	16,62	12,12	2,5218	8,65	75,14	62,39	27,6	34,79	1,0402	CH	0,22779
15	34,2	18,34	13,67	2,652	0	94,59	57,16	28	29,16	0,902	CH	0,2795
16	29,35	16,86	13,03	2,561	0,19	95,58	81,96	29,9	52,06	0,9262	CH	0,2065

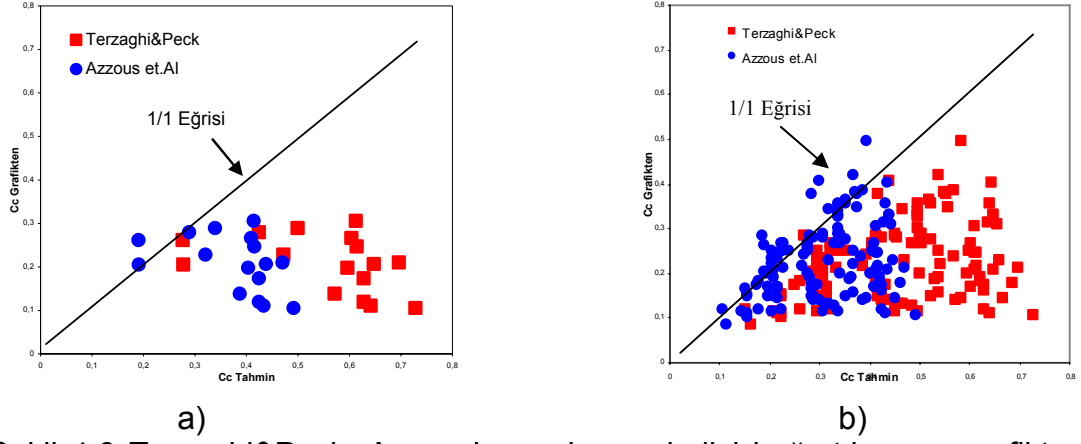
4.3. Sıkışma İndisinin Ampirik Yaklaşım ile Bulunmasının Analizleri

4.3.1. Likit limit değerlerini kullanılarak c_c 'nin belirlenmesi

Bu kısımda, 3.2.4-A'da belirtilen likit limit parametresine göre yapılan ampirik yaklaşım bağıntıları kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır. Skempton, Terzaghi&Peck, Azzous, Özdikmen, Lav&Ansal ve Sarıgül(Şaşmaz) vb. araştırmacıların W_L değeri ile elde ettikleri sıkışma indisi bağıntılarından faydalanarak hesapladığımız c_c değerleri ile bakır sıkışma eğrisinin eğiminden elde ettiğimiz c_c (çizelge 4.1) değerlerini kıyaslamak maksadı ile kıyaslama grafiği oluşturulmuştur (şekil 4.6). Bu grafiklerde araştırmacıların elde etmiş oldukları bağıntıların hangisinin deneysel elde edilen c_c değerine en yakın değer verdiği görülmektedir.

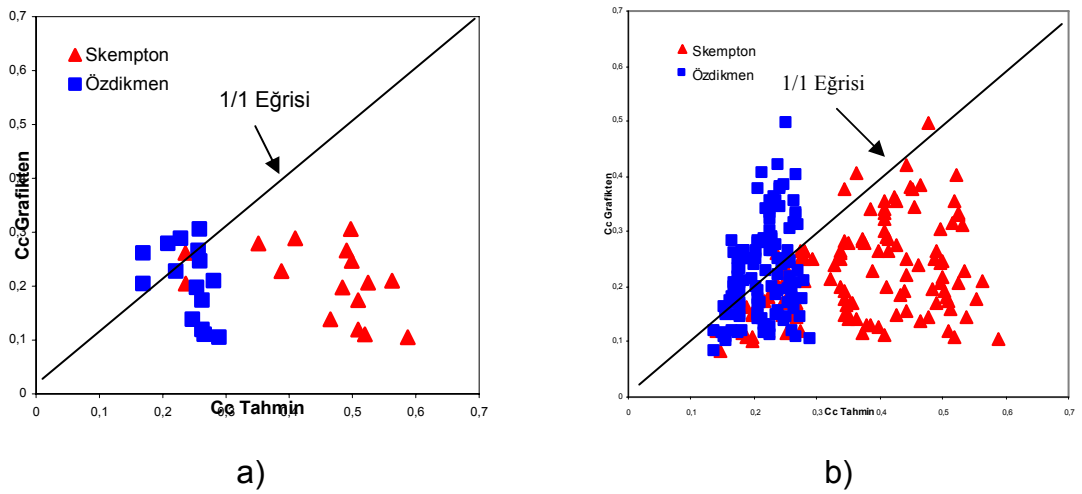
Çalışmamızda, 16 adet örselenmiş ve örselenmemiş numunelere yapmış olduğumuz deneylerden elde ettiğimiz verilerle, çalışmamızı desteklemek maksadı ile konumuza paralel çalışmalardan aldığımız 107 deney verisinin uyumlu olduğunu göstermek için tüm kıyaslama grafiklerimizde şekil a' larda, 16 deney verileriyle şekil b 'lerde ise 107 deney verilerinin kıyaslamaları görülmektedir.

Şekil 4.6. da görüldüğü gibi Terzaghi&Peck ($c_c = 0,009(W_L - 10)$) ve Azzous' un W_L indeksini kullanarak önermiş oldukları sıkışma indisi bağıntısı ($c_c = 0,006(W_L - 9)$) sonuçları 1/1 eğrisinin sağ tarafında yığın oluşturmaktadır. Bu durumda Skempton, Terzaghi&Peck ve Azzous' un W_L indeksini kullanarak önermiş oldukları sıkışma indisi bağıntısı Ankara Kili için yaklaşık veya doğru sonuç vermemektedir.



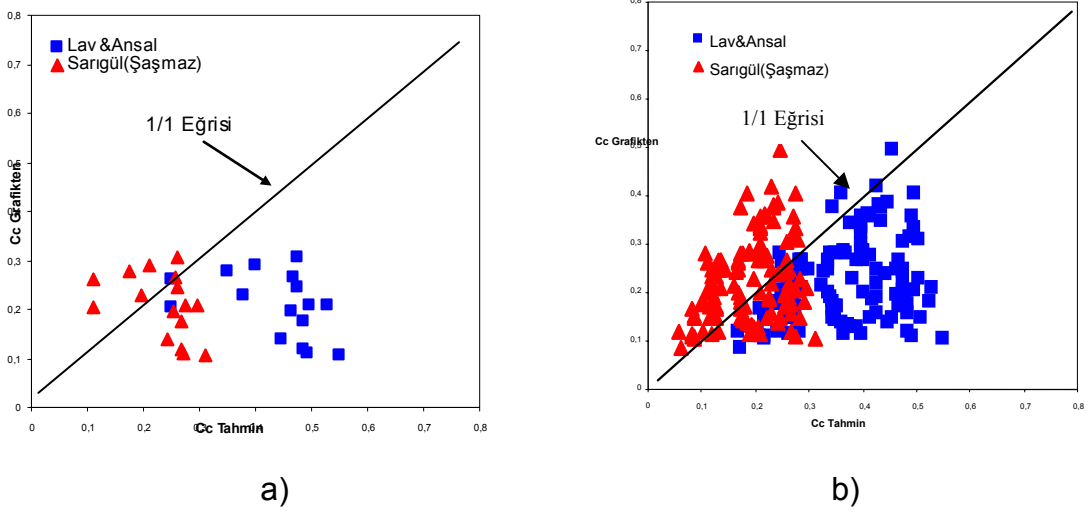
Şekil 4.6 Terzaghi&Peck, Azzous' un sıkışma indisi bağıntılarının, grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması

Şekil 4.7 de ise Özdikmen' in ($c_c = 0,0024W_L + 0,071$) ve Skempton'un ($c_c = 0,007(W_L - 7)$) bağıntıları değerlendirilmiş olup, Özdikmen' in Türkiye killeri için önermiş olduğu bağıntı kıyaslama grafiğinde aşağıdan yukarı doğru bir yığılma olduğu gözlenmektedir. Skempton' un ise bütün killer için W_L indeksini kullanarak önermiş olduğu sıkışma indisi bağıntısı 1/1 eğrisinin sağ tarafında ve eğriden uzaklaşarak bir yığın oluşturmaktadır. Bu bağıntılar Ankara Kili için grafikten elde edilen c_c değeri ile birebir doğru sonuç vermediği gibi yaklaşık bir sonuçta vermemektedir.



Şekil 4.7. Özdikmen ve Skempton' un sıkışma indisi bağıntılarının, grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması

Şekil 4.8’da Lav&Ansal ve Sarıgül(Şaşmaz)’ın bağıntıları değerlendirilmiş olup, Lav&Ansal’ ın $(c_c = 0,006(W_L + 1))$ önermiş olduğu sıkışma indisi bağıntısı 1/1 eğrisinin sağına doğru yığın oluşturmaktadır. Fakat Sarıgül (Şaşmaz)’ ün önermiş olduğu bağıntı 1/1 eğrisinin etrafında ve yukarı doğru bir yığın oluşturmaktadır. Sarıgül (Şaşmaz)’ ün $(c_c = 0,004(W_L \% - 13))$ önermiş olduğu bağıntının birebir olmamakla birlikte yaklaşık değerler verdiğini göstermektedir.



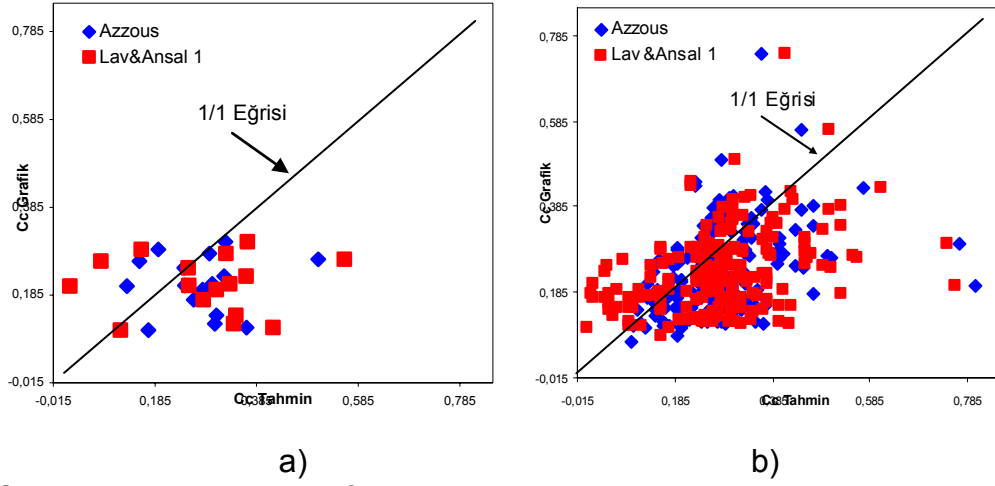
Şekil 4.8. Lav&Ansal, Sarıgül(Şaşmaz)’ün sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması

4.3.2. Su muhtevası değerlerini kullanılarak c_c ’nin belirlenmesi

W_n verilerini kullanarak oluşturulan sıkışma indisi bağıntıları 3.2.4’ de verilmiş olup, Azzous, Lav&Ansal ve Sarıgül(Şaşmaz)’ün W_n değeriyle de elde ettikleri sıkışma indisi bağıntılarından faydalanarak hesapladığımız c_c değerleri ile bakir sıkışma indisinin eğiminden elde ettiğimiz c_c değerlerini Şekil 4.9’da görüldüğü gibi kıyaslamaya çalışılmıştır.

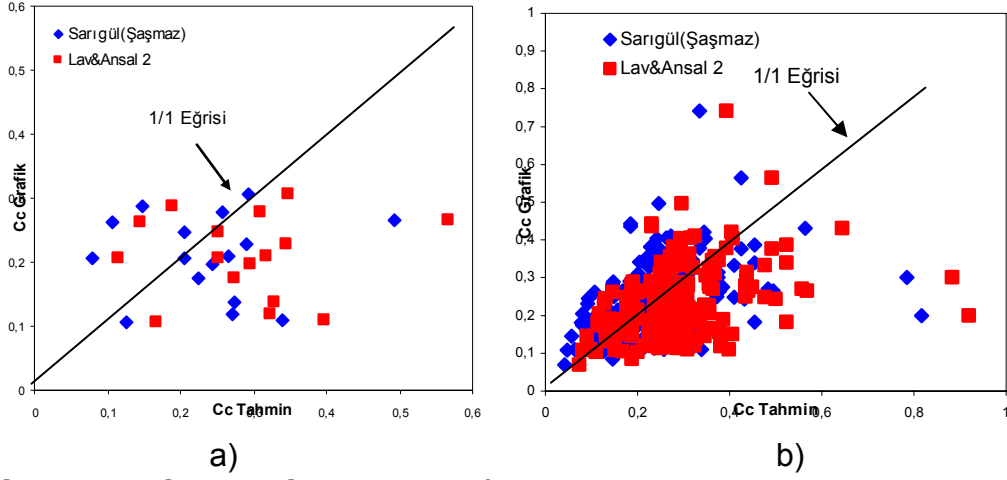
Şekil 4.9’ da görüldüğü gibi Azzous’un $(c_c = 0,31(W_n - 5))$ bütün killer, Lav&Ansal’ ın $(c_c = 0,479 \ln W_n - 1,367)$ bütün Türkiye killeri için önermiş

oldukları bağıntının grafikten elde edilen sıkışma indisi değerine yakın sonuç verdiği görülmektedir. Kıyaslama grafiğine baktığımız zaman sonuçların 1/1 eğrisinin üzerinde yığın oluşturduğu görülmektedir. Bazı veriler için yaklaşık değer veren bağıntıların doğru ve güvenilir olduğu söylenemez. Ayrıca Lav&Ansal' ın önermiş oldukları bağıntı ($c_c = 0,479 \ln W_n - 1,367$), doğal su muhtevası %17.36 dan düşük olan değerler için negatif sonuç verdiği gözlenmiştir.



Şekil 4.9. Azzous, Lav&Ansal W_n verileri ile elde ettikleri sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması

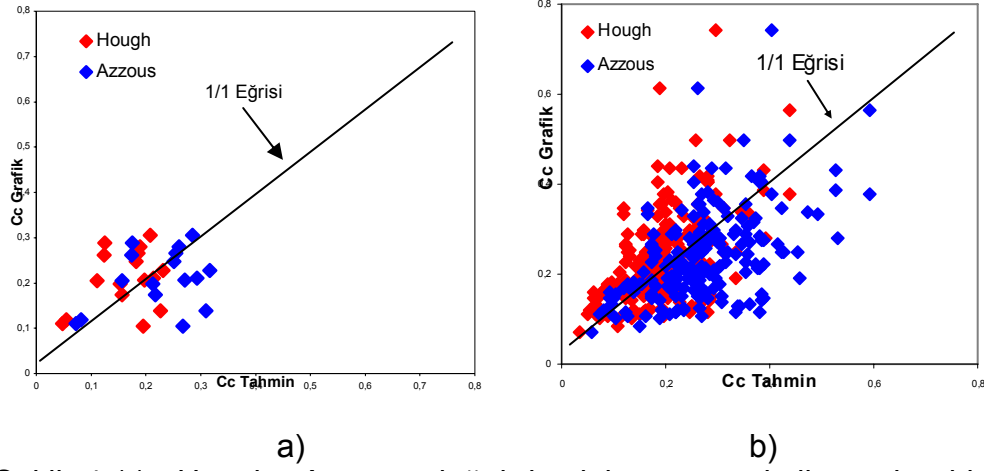
Şekil 4.10 de ise Sarıgül (Şaşmaz)'ün ($c_c = 0,011(W_n\% - 10,7)$) Ankara Kili için Lav&Ansal' ın da ($c_c = 0,012W_n - 0,1$) bütün Türkiye killeri için önermiş olduğu bağıntı bazı veriler için yakın sonuçlar verdiği kıyaslama grafiğinde görülmektedir.



Şekil 4.10. Sarıgül (Şaşmaz), Lav&Ansal'ın W_n verileri ile elde ettikleri sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması

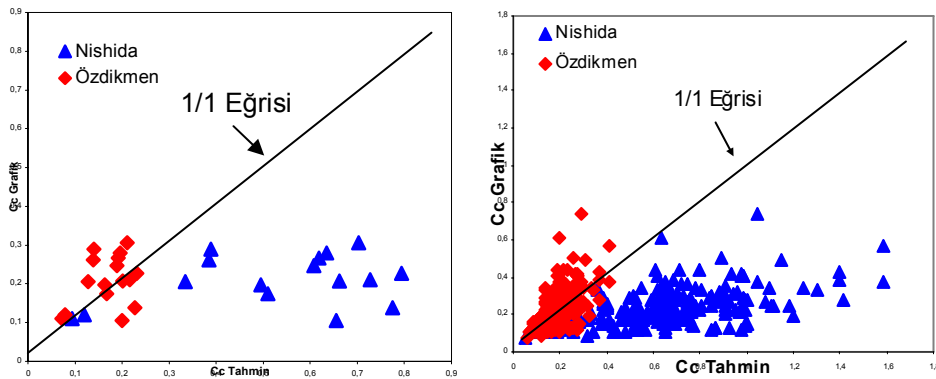
4.3.3 Doğal boşluk oranı değerlerini kullanılarak c_c 'nin belirlenmesi

Bu bölümde tartıştığımız doğal boşluk oranı kullanılarak oluşturulan bağıntılar 3.2.4-C de verilmiştir. Şekil 4.11' de görüldüğü gibi, Azzous ($c_c = 0,40(e_0 - 0,25)$) ve Hough' un ($c_c = 0,30(e_0 - 0,27)$) bağıntıları kullanılarak elde edilen verilere baktığımızda, Azzous' un değerlerinin 1/1 eğrisinin altında ve sağa doru, Hough' un ise 1/1 eğrisinin üzerinde ve yukarı doğru bir yığın oluşturdıkları görülmektedir. Bu durumda Azzous ve Hough' un bağıntılarını kullanarak elde edeceğimiz sıkışma indisinin gerçek değerine yakın bir değer verme olasılığı olduğu söylenebilir.



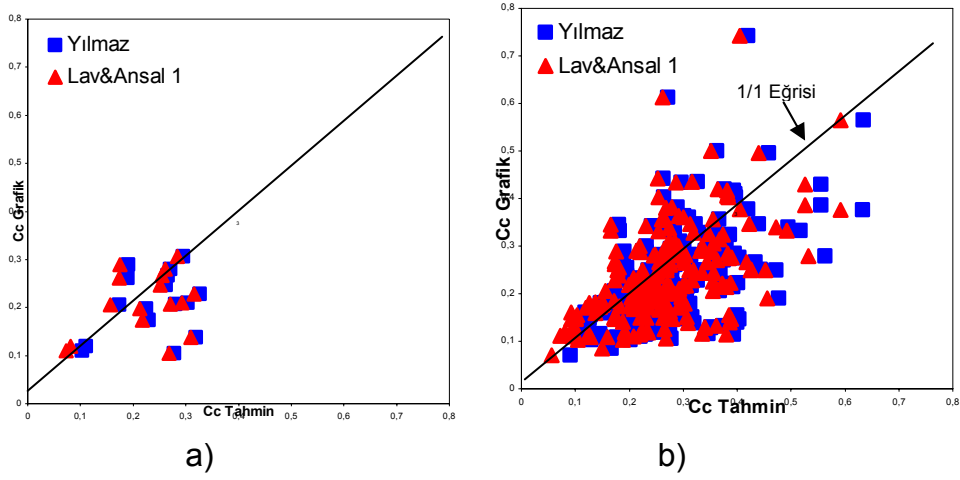
Şekil 4.11. Hough, Azzous doğal boşluk oranını kullanarak elde etmiş oldukları sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması

Şekil 4.12’de Nishida’ nın ($c_c = 1,15(e_0 - 0,35)$) önermiş olduğu bağıntıdan faydalanarak hesaplamış olduğumuz sıkışma indisi verileri 1/1 eğrisinin sağ ve alt tarafına doğru yayılmaktadır. Bu durumda Nishida’ nın doğal boşluk oranını kullanarak önermiş olduğu sıkışma indisi bağıntısı Ankara Kili için doğru ve yaklaşık değer vermemektedir diyebiliriz. Özdikmen’ in ($c_c = 0,261e_0 - 0,040$) önermiş olduğu bağıntı 1/1 eğrisinin üzerinde ve yukarı doğru bir yığın oluşturduğu görülmektedir ve bu bağıntı Ankara Kili için oldukça doğru değerler verdiği söylenebilir.

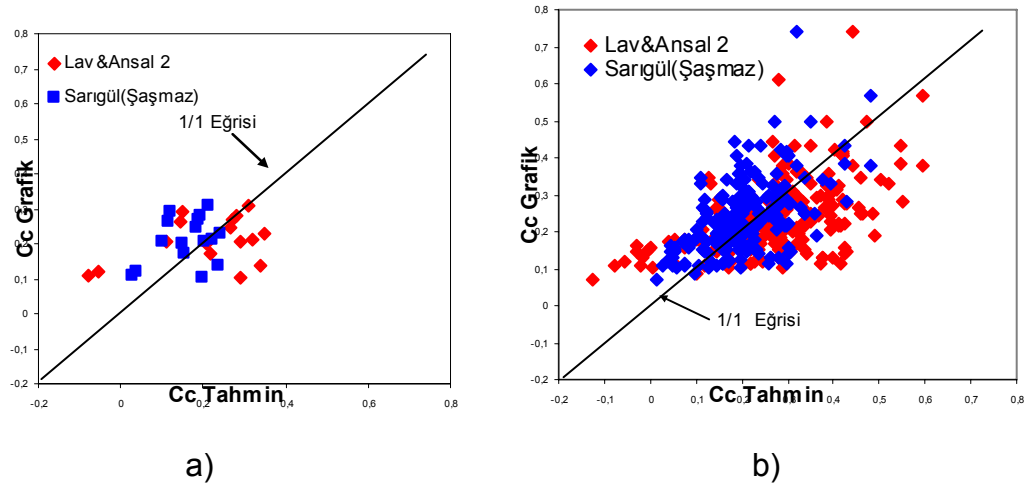


Şekil 4.12 Nishida ve Özdikmen’ in sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması

Şekil 4.13 ve 14'te, Lav&Ansal ($c_c = 0,40e_0 - 0,10$) ve Yılmaz'ın ($c_c = 0,31e_0^{1,306}$) bağıntılarının ve Sarıgül (Şaşmaz)'ün ($c_c = 0,35(e_0 - 0,35)$) bağıntısının Ankara Kili için yaklaşık bir sıkışma indisi değeri verebileceğini kıyaslama grafiğinde görebiliriz.



Şekil 4.13. Yılmaz, Lav&Ansal'ın doğal boşluk oranını kullanarak elde etmiş oldukları sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması



Şekil 4.14. Lav&Ansal,Sarıgül(Şaşmaz)'ün doğal boşluk oranını kullanarak elde etmiş oldukları sıkışma indisi bağıntılarının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması

4.3.4. İstatistiksel Değerlendirme

Grafik yardımıyla yapmış olduğumuz kıyaslamayı birde istatistiksel bir hesaplama yöntemi ile desteklemek amacıyla RMSE (hatanın karesinin mutlak değerinin ortalaması) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde grafikten elde ettiğimiz sıkışma indisinden, araştırmacının vermiş olduğu bağıntıdan elde edilen sıkışma indisi değeri çıkarılmıştır. Farkın karesi alınıp, kareler farkı toplanmıştır ve veri adedine bölünmüştür. RMSE yönteminden elde edilen sonuçlar çizelge 4.2 'de verilmiştir. Çizelgedeki veriler incelendiğinde, RMSE yönteminden elde edilen en küçük değer, grafikten elde edilen sıkışma indisine en yakın değeri veren bağıntıyı göstermektedir.

Bu durumda zemin indeks özelliklerinden likit limiti kullanarak kullanılarak oluşturulan bağıntılar içerisinde Özdikmen' in önermiş olduğu bağıntı, $(c_c = 0,0024W_L + 0,071)$ Ankara Kili için diğer bağıntılara oranla, grafikten elde edilen sıkışma indisine en yakın sonucu vermektedir. Bununla birlikte grafikten elde edilen sıkışma indisine oranla en hatalı sonuç veren bağıntı ise Terzaghi ve Peck'in önermiş olduğu bağıntı olup, $(c_c = 0,009(W_L - 10))$ Ankara Kili için kullanıldığı takdirde gerçek sıkışma indisi değerinden uzak değerler verdiği görülmüştür.

Doğal su muhtevası ile oluşturulan ampirik bağıntılarda ise Sarıgül (Şaşmaz)'ın önermiş olduğu bağıntı, $(c_c = 0,011(W_n\% - 10,7))$ diğer bağıntılara oranla gerçek sıkışma indisine yakın sonuç verdiği çizelge 4.2 de RMSE Yönteminin sonuçlarında görülmektedir. Aynı zamanda Sarıgül (Şaşmaz), Azzous ve Lav&Ansal'ın bağıntılarının RMSE sonuç değerleri birbirine yakın olup, yaklaşık aynı hata oranında sonuç verdikleri söylenebilir.

Özdikmen' in e_0 'ı kullanarak oluşturduğu bağıntı $(c_c = 0,261e_0 - 0,040)$ gerçeğe en yakın değeri vermekte olup, hata oranı en fazla değeri ise Nishida' nın önermiş olduğu $(c_c = 1,15(e_0 - 0,35))$ bağıntı vermektedir.

Bağıntıları kullanıldıkları zemin indeks verilerine göre sınıflandırıp RMSE sonuçları dikkate alınarak; e_0 , W_L ve W_n şeklinde en az hata miktarından en fazla hata miktarı veren bağıntılar şeklinde sıralama yapılabilir.

Çizelge.4.2. Sıkışma indisi bağıntılarının RMSE yöntemi sonuçları

Araştırmacı	W_L ile Ampirik Bağıntı	W_n ile Ampirik Bağıntı	e_0 ile Ampirik Bağıntı	RMSE Sonuçları
Skempton	$c_c = 0,007(W_L - 7)$			0,186494
Terzaghi ve Peck	$c_c = 0,009(W_L - 10)$			0,265824
Özdkimen	$c_c = 0,0024W_L + 0,071$			0,08043
Özdkimen			$c_c = 0,261e_0 - 0,040$	0,077187
Azzous	$c_c = 0,006(W_L - 9)$			0,0132113
Azzous		$c_c = 0,31(W_n - 5)$		0,120878
Azzous			$c_c = 0,4(e_0 - 0,25)$	0,097651
Sarıgül (Şaşmaz)	$c_c = 0,004(W_L \% - 13)$			0,09385
Sarıgül (Şaşmaz)		$c_c = 0,011(W_n \% - 10,7)$		0,1174830
Sarıgül (Şaşmaz)			$c_c = 0,35(e_0 - 0,35)$	0,084493
Lav&Ansal		$c_c = 0,479 \ln W_n - 1,367$		0,142226
Lav&Ansal		$c_c = 0,012W_n - 0,1$		0,141466
Lav&Ansal	$c_c = 0,006(W_L + 1)$			0,175925
Lav&Ansal			$c_c = 0,40e_0 - 0,10$	0,09765
Lav&Ansal			$c_c = 0,485 \ln e_0 + 0,329$	0,118589
Yılmaz			$c_c = 0,31e_0^{1,306}$	0,104977
Nishida			$c_c = 1,15(e_0 - 0,35)$	0,495011
Hough			$c_c = 0,30(e_0 - 0,27)$	0,081339

4.5. Ankara Kili İçin Önerilen Ampirik Bağlıntıların Değerlendirilmesi

Bu çalışmada Ankara'nın değişik bölgelerinden 16 adet örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınmıştır. Bu deney numunelerine 4.1 ve 4.2 de anlatılan örselenmiş ve örselenmemiş numune deneyleri yapılmıştır. Likit limit, plastik limit ve su muhtevası gibi basit ve zaman almayan deneylerden elde edilen veriler ile Ankara Kili için sıkışma indisi bağıntısı oluşturulmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda ampirik bağıntılarla elde edilen sıkışma indisinin Ankara Kili için geçerliliği ve güvenilirliği tartışılmıştır.

Çalışmada kullanılan 15 deney numunesinin W_L , PL, PI, W_n , e_0 deney verileri kullanılarak sıkışma indisi bağıntısı elde edilmeye çalışılmıştır. Çalışmalar neticesinde Ankara Kili için W_L ve PL kullanılarak

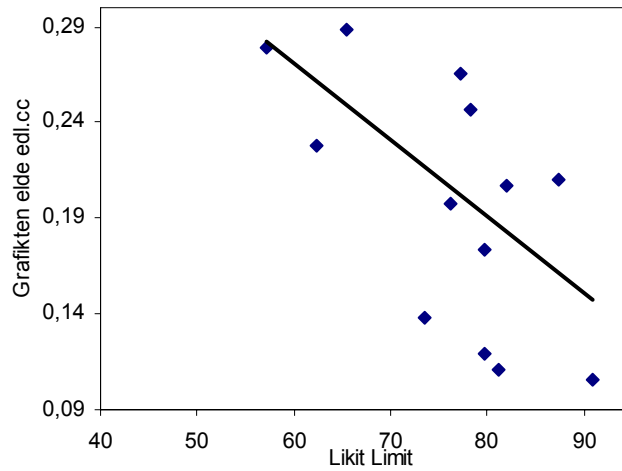
$W_L > 50$ için

$$c_c = -0,004W_L + 0,5097 \text{ bağıntısı}$$

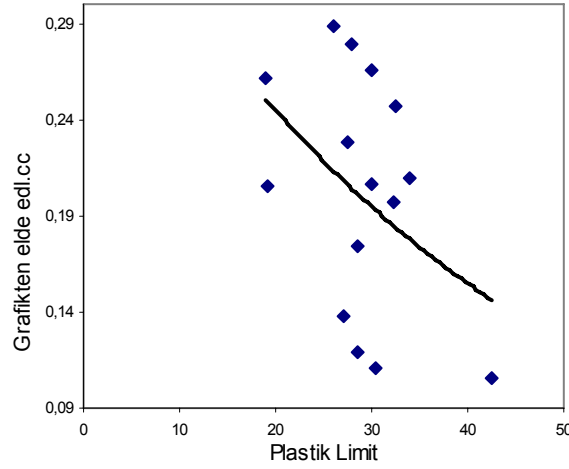
PL kullanılarak

$$c_c = 0,3872e^{-0,0229PL} \quad (e=2.718282)$$

bağıntısı elde edilmiştir. Şekil 4.15 ve şekil 4.16 de W_L ve PL verilerinin regresyon dağılımları görülmektedir.



Şekil 4.15. Likit limit-Sıkışma indisi regresyon dağılımı

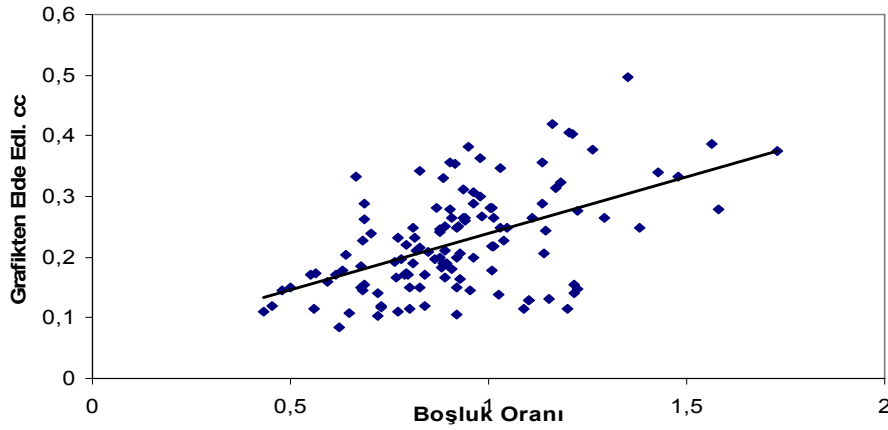


Şekil 4.16. Plastik Limit-Sıkışma indisi regrasyon dağılımı

Çalışmamızda kullandığımız diğer araştırmacıların verilerinden de faydalanarak boşluk oranı (e_0) indisi kullanılarak;

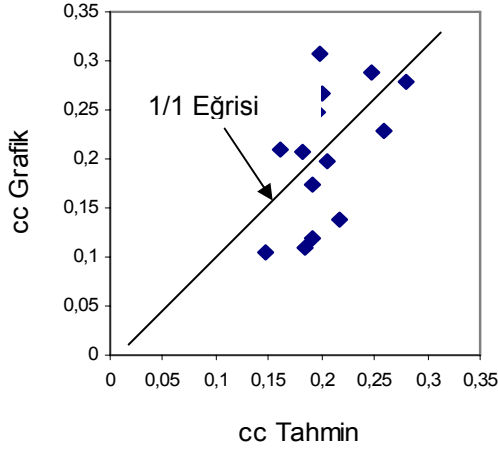
$$c_c = 0,1871e_0 + 0,0524$$

bağıntısı elde edilmiştir. Boşluk oranı-sıkışma indisi regrasyon dağılımı şekil 4.17’de görülmektedir.

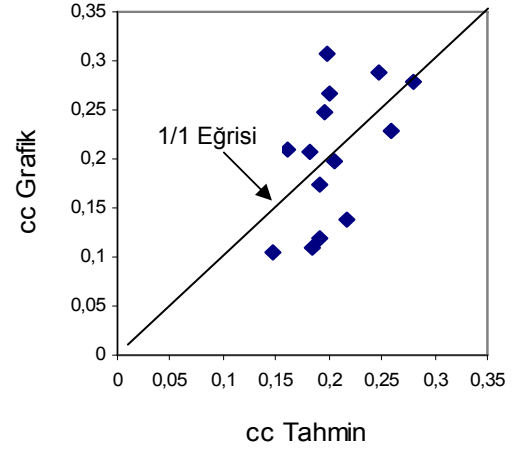


Şekil 4.17. Boşluk oranı -Sıkışma indisi regrasyon dağılımları

Bu bağıntılarla elde ettiğimiz sıkışma indisi değerleri ile grafikten elde ettiğimiz sıkışma indisi değerlerinin kıyaslanması şekil 4.18 ve 4.19 de verilmiştir.

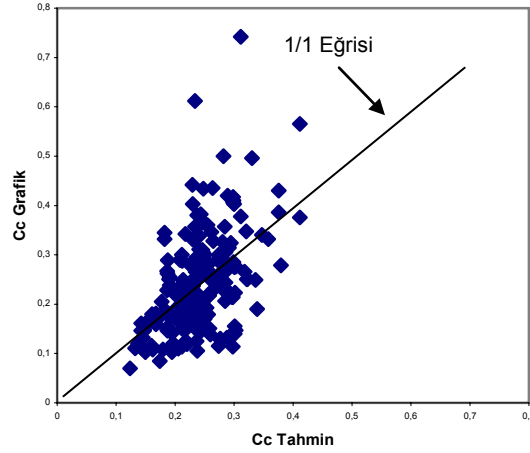


a)



b)

Şekil 4.18. a) W_L kullanılarak elde edilen sıkışma indisi bağıntısının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması
b) PL kullanılarak elde edilen sıkışma indisi bağıntısının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması



Şekil 4.19. e_0 kullanılarak elde edilen sıkışma indisi bağıntısının grafikten elde edilen sıkışma indisi ile kıyaslanması

Şekil 4.18 ve 4.19 da görüldüğü gibi Ankara Kili için tarafımızdan önerilen bağıntılardan hesaplanan sıkışma indisi verileri 1/1 eğrisi üzerinde ve eğri doğrultusunda bir yığılma oluşturmaktadır. Elde ettiğimiz bağıntılardan da hesaplanan c_c ile grafikten elde edilen c_c 'yi kıyaslamak için birde RMSE (hatanın karesinin mutlak değerinin ortalaması) yöntemi kullanılmıştır. Bunun

neticesinde 16 deney numunesinin verisini kullanarak oluşturulan bağıntıların RMSE değerleri ;

$$c_c = -0,004W_L + 0,5097 \text{ için } 0,055375$$

$$c_c = 0,3872e^{-0,0229PL} \text{ için } 0,061022 \text{ (e=2.718282) dir.}$$

4.19 da da görüldüğü 107 deney verisi kullanılarak elde edilen bağıntı ($c_c = 0,215e_0 + 0,0398$) verileri 1/1 eğrisi üzerinde ve eğri doğrultusunda bir yığılma oluşturmaktadır. 0,071226614 RMSE değeri ile sıkışma indisi için 3.2.4'de belirtilen bağıntılar içerisinde Ankara Kili için en yakın ve doğru sonucu verdiği ispatlanmıştır.

Bu çalışmada zemin indeks değerleri kullanılarak elde edilen sıkışma indisi bağıntılarının, grafikten elde edilen sıkışma indisine daha yakın sonuç verdiği çizilen kıyaslama grafiği ve istatistiksel bir yöntem kullanılması (RMSE) neticesinde bu sonuca varılmıştır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışma ile Ankara Kili için aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- 1) Terzaghi&Peck'in önermiş oldukları sıkışma indisi bağıntısı $c_c = 0,009(W_L - 10)$, Ankara Kili için ortalama %22.7488 hata ile sonuç vermektedir.
- 2) Skempton'un $c_c = 0,007(W_L - 7)$ bağıntısı Ankara Kili için ortalama %14,5074 hata ile sonuç vermektedir.
- 3) Azzous'un $c_c = 0,006(W_L - 9)$ bağıntısı ortalama %9,76971, $c_c = 0,31(W_n - 5)$ ortalama %8,64672, $c_c = 0,4(e_0 - 0,25)$ bağıntısı ise %7,40716 hata ile sonuç vermektedir.
- 4) Özdikmen'in önermiş olduğu sıkışma indisi bağıntıları; $c_c = 0,0024W_L + 0,071$ ortalama %6,61987, $c_c = 0,261e_0 - 0,040$ ortalama %6,03884 hata ile sonuç vermektedir.
- 5) Nishida'nın sıkışma indisi bağıntısı, $c_c = 1,15(e_0 - 0,35)$ ortalama %43,47 hata ile sonuç vermektedir.
- 6) Hough'un sıkışma indisi bağıntısı, $c_c = 0,30(e_0 - 0,27)$ ortalama %6,47334 hata ile sonuç vermektedir.
- 7) Lav&Ansal'in önermiş oldukları bağıntılar ortalama

$c_c = 0,479 \ln W_n - 1,367$	%11,008	
$c_c = 0,012W_n - 0,1$	%9,95614	
$c_c = 0,006(W_L + 1)$	%14,52	
$c_c = 0,40e_0 - 0,10$	%7,40716	
$c_c = 0,485 \ln e_0 + 0,329$	%9,22619	hata ile sonuç vermektedir.

8) Yılmaz'ın sıkışma indisi bağıntısı, $c_c = 0,31e_0^{1,306}$ %7,88138 ile hatalı sonuç vermektedir.

9) Sarıgül(Şaşmaz) Ankara Kili için önermiş olduğu sıkışma indisi bağıntıları;

$$c_c = 0,006(W_L - 9) \%7,86537$$

$$c_c = 0,011(W_n \% - 10,7) \%8,39369$$

$$c_c = 0,35(e_0 - 0,35) \%6,76337 \text{ ile hatalı sonuç vermektedir.}$$

10) Bu çalışmada Ankara Kilinin sıkışma indisini zaman almayan ve basit deneylerle belirleyebilmek için aşağıdaki bağıntılar

$$c_c = -0,004W_L + 0,5097$$

$$c_c = 0,3872e^{-0,0229PL} (e=2.718282)$$

$$c_c = 0,215e_0 + 0,0398$$

tarafımızdan önerilmektedir.

Ampirik bağıntılardan elde edilen sıkışma indisi değerleri gerçek sıkışma indisi değerine yaklaşık değerler verse de doğru sonucu elde edebilmek için ödometre deneyinin yapılması önerilir.

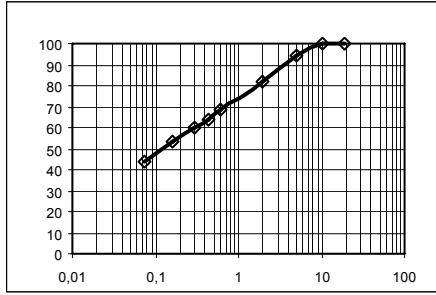
KAYNAKLAR

1. Önalp, A., “Jeolojik geçmişin sıkışabilirliğe etkisi”, Geoteknik Bilgisi I, Çözümlü Problemlerle Zeminler ve Mekaniği, **Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları**, İstanbul, 184-234 (2002).
2. Göğüş, M. H., “Ankara Etimesgut ilçe merkezi güney doğu bölümünün zemin parametrelerinin tespit edilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-3 (2004).
3. Keskin, S.N., Çimen, Ö., Uzundurukan, S., “Killerin sıkışma karakteristiklerinin belirlenmesinde konsolidasyon ve arazi penetrasyon deneyleri”, **10. Ulusal Kil Sempozyumu**, Konya, 357-361 (2001).
4. Lav, M.A., Ansal, A.M., “Regression Analysis of Soil Compressibility”, **Türk J Engin Environ Sci**, 25: 101-109 (2001).
5. Keskin, S.N., “Killerin kıvam limitlerini etkileyen faktörler”, **5. Ulusal Kil Sempozyumu**, Eskişehir, 259-262 (1991).
6. Kenet, L., “Ankara yerleşin alanı normal konsolide killerde sıkışma indisini veren konsolidasyon özelliklerinin istatistiksel değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (1991).
7. Terzaghi, K., “Soil Mechanics in Engineering Practice”, E., Toğrul, F., Kip, **John Wiley and Sons**, New York, 215-226 (1972).
8. Ulusay, R., “Ankara il sınırları içindeki killer ve özellikleri”, **Yer Bilimleri**, 67-72 (1976).
9. Sivrikaya, O., Aytekin, M., Özbayoğlu, F., “Yumuşak killerde yapısal etkilerin c_{∞} ve c_{∞}/c_c yolu ile belirlenmesi”, **Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 7. Ulusal Kongresi**, İstanbul, 53-60 (1998).
10. Eskişar, T., Yılmaz, H. R., ve Aklık P., “Zeminlerin indeks özelliklerinin mühendislik özelliklerine ışık tutması”, **Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Semineri**, Ankara, 18 (1989).
11. Birand, A. A., “Killi zeminlerin şişme potansiyellerinin teorik ve pratik yönlerden incelenmesi”, **Mars Matbaası**, Ankara, 7-11, (1965).
12. Kasapoğlu, K.E., Kiper, O.B., “Ankara Kilinin jeo-mühendislik özellikleri”, **II. Ulusal Kil Sempozyumu**, Ankara, 343-351 (1985).
13. Keskin, S.N., Çimen, Ö., Uzundurukan, S., “Killerde likit limit – plastik limit parametrelerinin ilişkilendirilmesi”, **XI. Ulusal Kil Sempozyumu**, İzmir, 516 (2003).

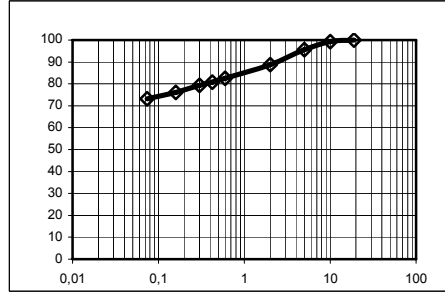
14. Özdikmen, A., "Statistical forecasting of compression index", A Masters Thesis, **Middle East Technical University**, Ankara, (1972).
15. Azzous, A.S., Krizek, R.J., Corotis, R.B., "Regression analysis of soil compressibility", **Soils And Foundations**,. 16 (2):92-94 (1976).
16. Sarıgül(Şaşmaz), Ş:İ., "A study on correlation of soil parameters for Ankara Clay", A Masters Thesis, **Middle East Technical University**, Ankara, 23-42 (1988).
17. Kasapoğlu, K.E., "Ankara kenti zeminlerinin jeoteknik özellikleri ve depremselliği", **Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları**, Ankara, 33-89 (2000).
18. Gökçe, A., "Ankara Kili parametrelerinin yerel değişimi ve şişme potansiyeli yorumu", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-8 (2001).
19. Karagöz, G., "Aşırı konsolide olmuş killerde ön konsolidasyon basıncının ödometre deneyleri ile belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Erzurum, 20 (1999).
20. M.H., Çelik, M., Orhan, Y., Ongun, "Balgat ve Etimesgut bölgesi kilinin zemin indekslerinin ve parametrelerinin değerlendirilmesi", **Politeknik Dergisi**, 8 (1): 87-94 (2005).
21. İnternet: Will G Hopkins, in Auckland, New Zealand Online, <http://www.sportsci.org/resource/stats/rmse.html> (1997).
22. İnternet: In Minnesota State University Online, [http://grb.mnsu.edu/grbts/doc/manual/Error Measurements.html](http://grb.mnsu.edu/grbts/doc/manual/Error%20Measurements.html) (2002).

EKLER

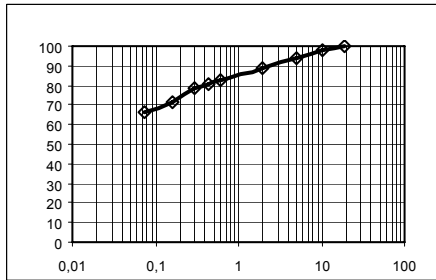
Ek 1. Tane Boyu Dağılım Grafiği



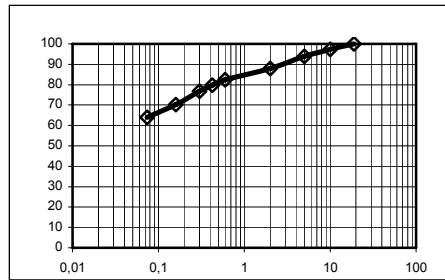
1 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği



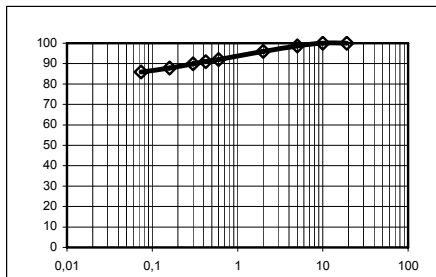
2 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği



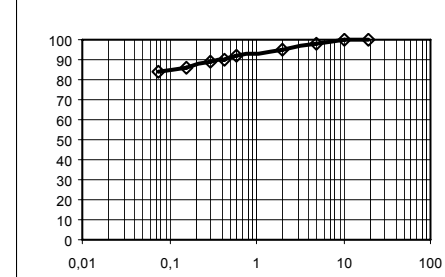
3 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği



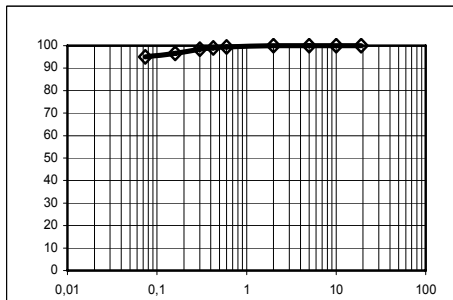
4 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği



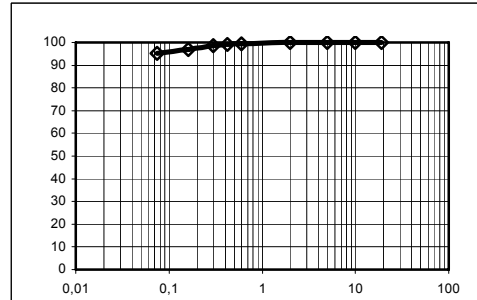
5 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği



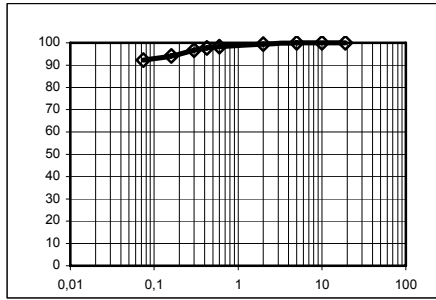
6 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği



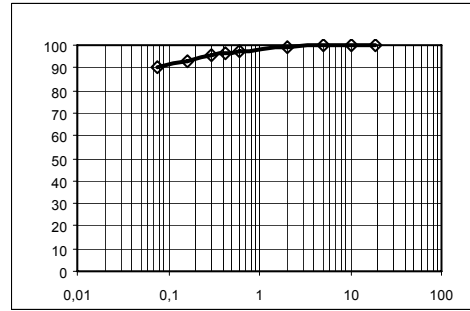
7 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği



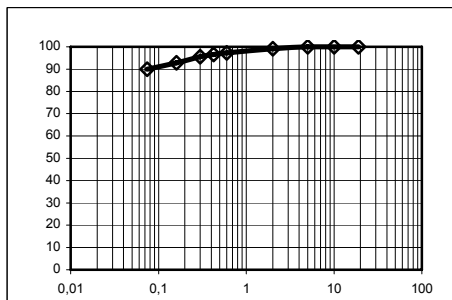
8 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği



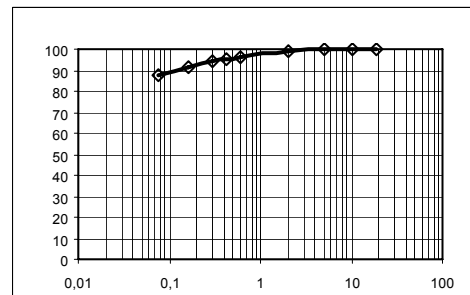
9 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği



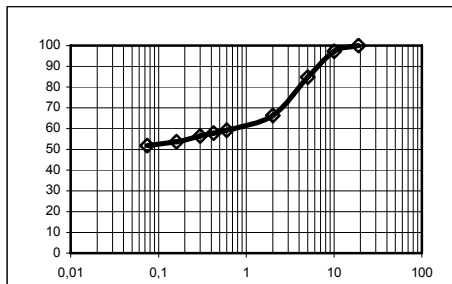
10 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği



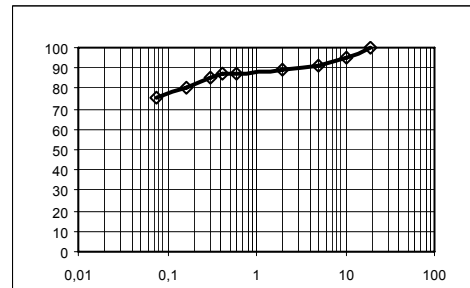
11 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği



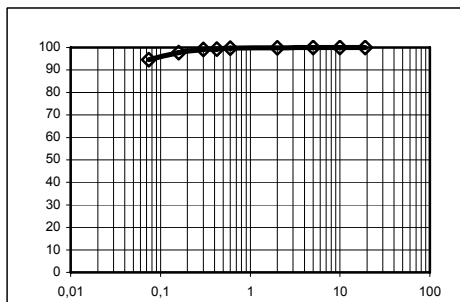
12 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği



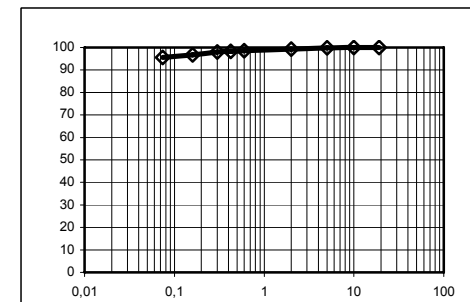
13 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği



14 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği



15 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği



16 nolu örneğin tane boyu dağılım grafiği

Ek 2. Konsolidasyon Hesaplamaları
1 Nolu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. ΣΔH	Birim Deform. e=ΔH/H	Her Adımdaki Örnek Yük. (H-ΔH)cm	Boşluk Yük. (H _v)= H _{son} -H _s	Boşluk Oranı % e _n =(H _v /H _s)*100	Boşluk Oranları Farkı(Δe) (e _n -e _{n+1}), (ΔH/H _s)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
1,50	0,7639	71,00	0,2900	0,2900	2,0567	13,8100	6,3412	84,9025	3,8825	0,7639
3,00	1,5279	73,00	0,2700	0,5600	3,9716	13,5400	6,0712	81,2875	3,6150	0,7639
6,00	3,0558	50,00	0,5000	1,0600	7,5177	13,0400	5,5712	74,5930	6,6945	1,5279
12,00	6,1115	43,50	0,5650	1,6250	11,5248	12,4750	5,0062	67,0282	7,5648	3,0558
24,00	12,2231	43,00	0,5700	2,1950	15,5674	11,9050	4,4362	59,3964	7,6317	6,1115
12,00	6,1115	53,40	-0,1040	2,0910	14,8298	12,0090	4,5402	60,7889	-1,3925	6,1115
6,00	3,0558	68,80	-0,1540	1,9370	13,7376	12,1630	4,6942	62,8508	-2,0619	3,0558
3,00	1,5279	85,00	-0,1620	1,7750	12,5887	12,3250	4,8562	65,0198	-2,1690	1,5279
1,50	0,7639	99,00	-0,1400	1,6350	11,5957	12,4650	4,9962	66,8943	-1,8745	0,7639

2 Nolu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. ΣΔH	Birim Deform. e=ΔH/H	Her Adımdaki Örnek Yük. (H-ΔH)cm	Boşluk Yük. (H _v)= H _{son} -H _s	Boşluk Oranı % e _n =(H _v /H _s)*100	Boşluk Oranları Farkı(Δe) (e _n -e _{n+1}), (ΔH/H _s)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
1,00	0,5093	89	0,11	0,11	0,78014	13,99	6,2789	81,426774	1,4262	0,5093
2,00	1,0186	94	0,06	0,17	1,20567	13,93	6,2189	80,648675	0,7781	0,5093
4,00	2,0372	79,5	0,205	0,375	2,65957	13,725	6,0139	77,99017	2,6585	1,0186
8,00	4,0744	61,5	0,385	0,76	5,39007	13,34	5,6289	72,997367	4,9928	2,0372
16,00	8,1487	48,7	0,513	1,273	9,02836	12,827	5,1159	66,34462	6,6527	4,0744
32,00	16,297	49,8	0,502	1,775	12,5886	12,325	4,6139	59,834524	6,5101	8,1487
16,00	8,1487	60,5	-0,107	1,668	11,8297	12,432	4,7209	61,222134	-1,3876	8,1487
8,00	4,0744	75	-0,145	1,523	10,8014	12,577	4,8659	63,10254	-1,8804	4,0744
4,00	2,0372	89	-0,14	1,383	9,80851	12,717	5,0059	64,918105	-1,8156	2,0372
2,00	1,0186	101,6	-0,126	1,257	8,91489	12,843	5,1319	66,552113	-1,6340	1,0186
1,00	0,5093	113,6	-0,12	1,137	8,06382	12,963	5,2519	68,108311	-1,5562	0,5093

3 Nolu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. $\Sigma \Delta H$	Birim Deform. $e = \Delta H/H$	Her Adımdaki Örnek Yük. ($H - \Delta H$)cm	Boşluk Yük. (H_v) = $H_{son} - H_s$	Boşluk Oranı % $e_n = (H_v/H_s) * 100$	Boşluk Oranları Farkı (Δe) ($e_{n+1} - e_n$), ($\Delta H/H_s$)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
1,00	0,5093	84,7	0,1530	0,1530	1,0851	13,9470	5,3490	62,2121	1,7779	0,5093
2,00	1,0186	88	0,1200	0,2730	1,9362	13,8270	5,2290	60,8165	1,3957	0,5093
4,00	2,0372	74,9	0,2510	0,5240	3,7163	13,5760	4,9780	57,8972	2,9193	1,0186
8,00	4,0744	50	0,5000	1,0240	7,2624	13,0760	4,4780	52,0819	5,8153	2,0372
16,00	8,1487	41	0,5900	1,6140	11,4468	12,4860	3,8880	45,2198	6,8621	4,0744
8,00	4,0744	47,5	-0,0650	1,5490	10,9858	12,5510	3,9530	45,9758	-0,7560	4,0744
4,00	2,0372	55,5	-0,0800	1,4690	10,4184	12,6310	4,0330	46,9063	-0,9304	2,0372
2,00	1,0186	65	-0,0950	1,3740	9,7447	12,7260	4,1280	48,0112	-1,1049	1,0186
1,00	0,5093	72,3	-0,0730	1,3010	9,2270	12,7990	4,2010	48,8602	-0,8490	0,5093

4 Nolu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. ΣΔH	Birim Deform. e=ΔH/H	Her Adımdaki Örnek Yük. (H-ΔH)cm	Boşluk Yük. (H _v)= H _{son} -H _s	Boşluk Oranı % e _n =(H _v /H _s)*100	Boşluk Oranları Farkı(Δe) (e _n -e _{n+1}), (ΔH/Hs)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
1,50	0,7639	66,2	0,3380	0,3380	2,3972	13,7620	5,3914	64,4088	4,0382	0,7639
3,00	1,5279	79,9	0,2010	0,5390	3,8227	13,5610	5,1904	62,0075	2,4013	0,7639
6,00	3,0558	59,5	0,4050	0,9440	6,6950	13,1560	4,7854	57,1691	4,8384	1,5279
12,00	6,1115	44,5	0,5550	1,4990	10,6312	12,6010	4,2304	50,5388	6,6303	3,0558
24,00	12,2231	41,8	0,5820	2,0810	14,7589	12,0190	3,6484	43,5859	6,9529	6,1115
12,00	6,1115	48,9	-0,0710	2,0100	14,2553	12,0900	3,7194	44,4341	-0,8482	6,1115
6,00	3,0558	58	-0,0910	1,9190	13,6099	12,1810	3,8104	45,5212	-1,0871	3,0558
3,00	1,5279	70	-0,1200	1,7990	12,7589	12,3010	3,9304	46,9548	-1,4336	1,5279
1,50	0,7639	79	-0,0900	1,7090	12,1206	12,3910	4,0204	48,0300	-1,0752	0,7639

5 Nolu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. ΣΔH	Birim Deform. e=ΔH/H	Her Adımdaki Örnek Yük. (H-ΔH)cm	Boşluk Yük. (H _v)= H _{son} -H _s	Boşluk Oranı % e _n =(H _v /H _s)*10 0	Boşluk Oranları Farkı(Δe) (e _n -e _{n+1}), (ΔH/H _s)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
0,50	0,2546	89,1	0,109	0,109	0,77304	13,991	6,486	86,422385	1,4523	0,2546
1,00	0,5093	81,9	0,181	0,29	2,05673	13,81	6,305	84,01066	2,4117	0,2546
2,00	1,0186	70,3	0,297	0,587	4,16312	13,513	6,008	80,053298	3,9574	0,5093
4,00	2,0372	60	0,4	0,987	7,0	13,113	5,608	74,723518	5,3298	1,0186
8,00	4,0744	51,8	0,482	1,469	10,4184	12,631	5,126	68,301133	6,4224	2,0372
16,00	8,1487	99	0,528	1,997	14,16312	12,103	4,598	61,265823	7,0353	-4,0744
32,00	16,297	43,2	0,558	2,555	18,12056	11,545	4,04	53,830779	7,4350	-8,1487
16,00	8,1487	56,8	-0,136	2,419	17,15602	11,681	4,176	55,642905	-1,8121	8,1487
8,00	4,0744	71,5	-0,147	2,272	16,11347	11,828	4,323	57,601599	-1,9587	4,0744
4,00	2,0372	87	-0,155	2,117	15,01418	11,983	4,478	59,666889	-2,0653	2,0372
2,00	1,0186	102,3	-0,153	1,964	13,92907	12,136	4,631	61,70553	-2,0386	1,0186
1,00	0,5093	115,8	-0,135	1,72	12,198582	12,38	4,875	64,956696	-3,2512	0,5093
0,50	0,2546	126,5	-0,107	1,541	10,929078	12,559	5,054	67,341772	-2,3851	0,2546

6 Nolu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. ΣΔH	Birim Deform. e=ΔH/H	Her Adımdaki Ömek Yük. (H-ΔH)cm	Boşluk Yük. (H _v)= H _{son} -H _s	Boşluk Oranı % e _n =(H _v /H _s)*100	Boşluk Oranları Farkı(Δe) (e _n -e _{n+1}), (ΔH/H _s)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
1,00	0,5093	95,5	0,045	0,045	0,3191489	14,055	6,1377	77,52264	0,5674	0,5093
1,50	0,7639	93,4	0,066	0,111	0,787234	13,989	6,0717	76,689023	0,8336	0,2546
3,00	1,5279	78	0,22	0,331	2,3475177	13,769	5,8517	73,910298	2,7787	0,7639
6,00	3,0558	64	0,36	0,691	4,9007092	13,409	5,4917	69,363293	4,5470	1,5279
12,00	6,1115	53,1	0,469	1,16	8,2269504	12,94	5,0227	63,439556	5,9237	3,0558
29,00	14,77	88	0,651	1,811	12,843972	12,289	4,3717	55,217056	8,2225	-8,6580
48,00	24,446	48,7	0,393	2,204	15,631206	11,896	3,9787	50,253243	4,9638	-9,6766
24,00	12,223	64,5	-0,158	2,046	14,510638	12,054	4,1367	52,248873	-1,9956	12,2231
12,00	6,1115	85	-0,205	1,841	13,056738	12,259	4,3417	54,838139	-2,5893	6,1115
6,00	3,0558	105,2	-0,202	1,639	11,624113	12,461	4,5437	57,389514	-2,5514	3,0558
3,00	1,5279	124,2	-0,19	1,449	10,276596	12,651	4,7337	59,789322	-2,3998	1,5279
1,50	0,7639	141,9	-0,177	1,272	9,0212766	12,828	4,9107	62,024933	-2,2356	0,7639
1,00	0,5093	151,6	-0,097	1,175	8,3333333	12,925	5,0077	63,250098	-1,2252	0,2546

7 Nolu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. ΣΔH	Birim Deform. e=ΔH/H	Her Adımdaki Örnek Yük. (H-ΔH)cm	Boşluk Yük. (H _v)= H _{son} -H _s	Boşluk Oranı % e _n =(H _v /H _s)*100	Boşluk Oranları Farkı(Δe) (e _n -e _{n+1}), (ΔH/H _s)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
1,00	0,4209	87,50	0,1250	0,1250	0,8865	13,9750	4,1225	41,8422	1,2678	0,4209
2,00	0,8418	80,20	0,0730	0,1980	1,4043	13,9020	4,0495	41,1012	0,7409	0,4209
4,00	1,6836	67,00	0,1320	0,3300	2,3404	13,7700	3,9175	39,7615	1,3398	0,8418
8,00	3,3673	49,80	0,1720	0,5020	3,5603	13,5980	3,7455	38,0157	1,7457	1,6836
16,00	6,7346	23,00	0,2680	0,7700	5,4610	13,3300	3,4775	35,2956	2,7201	3,3673
8,00	3,3673	31,20	-0,0820	0,6880	4,8794	13,4120	3,5595	36,1279	-0,8323	3,3673
4,00	1,6836	42,00	-0,1080	0,5800	4,1135	13,5200	3,6675	37,2241	-1,0962	1,6836
2,00	0,8418	49,00	-0,0700	0,5100	3,6170	13,5900	3,7375	37,9345	-0,7105	0,8418
1,00	0,4209	56,00	-0,0700	0,4400	3,1206	13,6600	3,8075	38,6450	-0,7105	0,4209

8 Nolu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. ΣΔH	Birim Deform. e=ΔH/H	Her Adımdaki Örnek Yük. (H-ΔH)cm	Boşluk Yük. (H _v)= H _{son} -H _s	Boşluk Oranı % e _n =(H _v /H _s)*100	Boşluk Oranları Farkı(Δe) (e _n -e _{n+1}), (ΔH/H _s)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
1,00	0,5093	88,80	0,1120	0,1120	0,7943	13,9880	6,7991	94,5778	1,5692	0,5093
2,00	1,0186	82,00	0,0680	0,1800	1,2766	13,9200	6,7311	93,6318	0,9459	0,5093
4,00	2,0372	75,00	0,0700	0,2500	1,7730	13,8500	6,6611	92,6581	0,9737	1,0186
8,00	4,0744	66,20	0,0880	0,3380	2,3972	13,7620	6,5731	91,4340	1,2241	2,0372
16,00	8,1487	27,00	0,3920	0,7300	5,1773	13,3700	6,1811	85,9812	5,4529	4,0744
8,00	4,0744	36,00	-0,0900	0,6400	4,5390	13,4600	6,2711	87,2331	-1,2519	4,0744
4,00	2,0372	46,80	-0,1080	0,5320	3,7730	13,5680	6,3791	88,7354	-1,5023	2,0372
2,00	1,0186	54,10	-0,0730	0,4590	3,2553	13,6410	6,4521	89,7509	-1,0155	1,0186
1,00	0,5093	61,30	-0,0720	0,3870	2,7447	13,7130	6,5241	90,7524	-1,0015	0,5093

9 Nolu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. ΣΔH	Birim Deform. e=ΔH/H	Her Adımdaki Örnek Yük. (H-ΔH)cm	Boşluk Yük. (H _v)= H _{son} -H _s	Boşluk Oranı % e _n =(H _v /H _s)*100	Boşluk Oranları Farkı(Δe) (e _n -e _{n+1}), (ΔH/H _s)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
1,00	0,2264	88,00	0,1200	0,1200	0,8511	13,9800	6,6356	90,3491	1,6309	0,2264
2,00	0,4527	84,50	0,0350	0,1550	1,0993	13,9450	6,6006	89,8726	0,4766	0,2264
4,00	0,9054	73,50	0,1100	0,2650	1,8794	13,8350	6,4906	88,3748	1,4977	0,4527
8,00	1,8109	59,80	0,1370	0,4020	2,8511	13,6980	6,3536	86,5094	1,8654	0,9054
16,00	3,6217	41,50	0,1830	0,5850	4,1489	13,5150	6,1706	84,0178	2,4917	1,8109
8,00	1,8109	48,00	-0,0650	0,5200	3,6879	13,5800	6,2356	84,9028	-0,8850	1,8109
4,00	0,9054	56,20	-0,0820	0,4380	3,1064	13,6620	6,3176	86,0193	-1,1165	0,9054
2,00	0,4527	62,80	-0,0660	0,3720	2,6383	13,7280	6,3836	86,9179	-0,8986	0,4527
1,00	0,2264	68,20	-0,0540	0,3180	2,2553	13,7820	6,4376	87,6532	-0,7353	0,2264

10 Nolu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. ΣΔH	Birim Deform. e=ΔH/H	Her Adımdaki Örnek Yük. (H-ΔH)cm	Boşluk Yük. (H _v)= H _{son} -H _s	Boşluk Oranı % e _n =(H _v /H _s)*100	Boşluk Oranları Farkı(Δe) (e _n -e _{n+1}), (ΔH/H _s)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
1,00	0,4209	88,00	0,1200	0,1200	0,8511	13,9800	4,2850	44,1980	1,1620	0,4209
2,00	0,8418	79,00	0,0900	0,2100	1,4894	13,8900	4,1950	43,2697	0,9283	0,4209
4,00	1,6836	66,00	0,1300	0,3400	2,4113	13,7600	4,0650	41,9288	1,3409	0,8418
8,00	3,3673	18,50	0,4750	0,8150	5,7801	13,2850	3,5900	37,0294	4,8994	1,6836
16,00	6,7346	81,00	0,3750	1,1900	8,4397	12,9100	3,2150	33,1614	3,8680	3,3673
8,00	3,3673	86,00	-0,0500	1,1400	8,0851	12,9600	3,2650	33,6772	-0,5157	3,3673
4,00	1,6836	93,40	-0,0740	1,0660	7,5603	13,0340	3,3390	34,4404	-0,7633	1,6836
2,00	0,8418	1,00	-0,0760	0,9900	7,0213	13,1100	3,4150	35,2243	-0,7839	0,8418
1,00	0,4209	7,50	-0,0650	0,9250	6,5603	13,1750	3,4800	35,8948	-0,6704	0,4209

11 Nolu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. ΣΔH	Birim Deform. e=ΔH/H	Her Adımdaki Örnek Yük. (H-ΔH)cm	Boşluk Yük. (H _v)= H _{son} -H _s	Boşluk Oranı % e _n =(H _v /H _s)*100	Boşluk Oranları Farkı(Δe) (e _n -e _{n+1}), (ΔH/H _s)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
1,00	0,2264	72,80	0,2720	0,2720	1,9291	13,8280	5,9643	75,8460	3,4580	0,2264
2,00	0,4527	96,00	0,0400	0,3120	2,2128	13,7880	5,9243	75,3373	0,5087	0,2264
4,00	0,9054	84,00	0,1600	0,4720	3,3475	13,6280	5,7643	73,3026	2,0347	0,4527
8,00	1,8108	74,00	0,2600	0,7320	5,1915	13,3680	5,5043	69,9963	3,3063	0,9054
16,00	3,6216	64,80	0,3520	1,0840	7,6879	13,0160	5,1523	65,5200	4,4763	1,8108
8,00	1,8108	69,00	-0,0420	1,0420	7,3901	13,0580	5,1943	66,0541	-0,5341	1,8108
4,00	0,9054	76,00	-0,0700	0,9720	6,8936	13,1280	5,2643	66,9443	-0,8902	0,9054
2,00	0,4527	83,00	-0,0700	0,9020	6,3972	13,1980	5,3343	67,8345	-0,8902	0,4527
1,00	0,2264	89,50	-0,0650	0,8370	5,9362	13,2630	5,3993	68,6611	-0,8266	0,2264

12 Nolu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. ΣΔH	Birim Deform. e=ΔH/H	Her Adımdaki Örnek Yük. (H-ΔH)cm	Boşluk Yük. (H _v)= H _{son} -H _s	Boşluk Oranı % e _n =(H _v /H _s)*100	Boşluk Oranları Farkı(Δe) (e _n -e _{n+1}), (ΔH/H _s)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
1,00	0,2264	92,40	0,0760	0,0760	0,5390	14,0240	7,0570	101,2918	-100,2678	0,2264
2,00	0,4527	98,50	0,0150	0,0910	0,6454	14,0090	7,0420	101,0765	0,2153	0,2264
4,00	0,9054	87,60	0,1240	0,2150	1,5248	13,8850	6,9180	99,2967	1,7798	0,4527
8,00	1,8108	83,00	0,1700	0,3850	2,7305	13,7150	6,7480	96,8566	2,4401	0,9054
16,00	3,6216	72,20	0,2780	0,6630	4,7021	13,4370	6,4700	92,8664	3,9902	1,8108
8,00	1,8108	79,00	-0,0680	0,5950	4,2199	13,5050	6,5380	93,8424	-0,9760	1,8108
4,00	0,9054	87,80	-0,0880	0,5070	3,5957	13,5930	6,6260	95,1055	-1,2631	0,9054
2,00	0,4527	93,60	-0,0580	0,4490	3,1844	13,6510	6,6840	95,9380	-0,8325	0,4527
1,00	0,2264	100,00	-0,0640	0,3850	2,7305	13,7150	6,7480	96,8566	-0,9186	0,2264

13 olu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. ΣΔH	Birim Deform. e=ΔH/H	Her Adımdaki Örnek Yük. (H-ΔH)cm	Boşluk Yük. (H _v)= H _{son} -H _s	Boşluk Oranı % e _n =(H _v /H _s)*100	Boşluk Oranları Farkı(Δe) (e _n -e _{n+1}), (ΔH/H _s)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
1,50	0,3395	71,00	0,2900	0,2900	2,0567	13,8100	5,4560	65,3100	3,4710	0,3395
3,00	0,6791	73,00	0,2700	0,5600	3,9716	13,5400	5,1860	62,0780	3,2320	0,3395
6,00	1,3581	50,00	0,5000	1,0600	7,5177	13,0400	4,6860	56,0929	5,9852	0,6791
12,00	2,7162	43,50	0,5650	1,6250	11,5248	12,4750	4,1210	49,3297	6,7632	1,3581
24,00	5,4324	43,00	0,5700	2,1950	15,5674	11,9050	3,5510	42,5066	6,8231	2,7162
12,00	2,7162	53,40	-0,1040	2,0910	14,8298	12,0090	3,6550	43,7515	-1,2449	2,7162
6,00	1,3581	68,80	-0,1540	1,9370	13,7376	12,1630	3,8090	45,5949	-1,8434	1,3581
3,00	0,6791	85,00	-0,1620	1,7750	12,5887	12,3250	3,9710	47,5341	-1,9392	0,6791
1,50	0,3395	99,00	-0,1400	1,6350	11,5957	12,4650	4,1110	49,2100	-1,6758	0,3395

14 Nolu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. ΣΔH	Birim Deform. e=ΔH/H	Her Adımdaki Örnek Yük. (H-ΔH)cm	Boşluk Yük. (H _v)= H _{son} -H _s	Boşluk Oranı % e _n =(H _v /H _s)*100	Boşluk Oranları Farkı(Δe) (e _n -e _{n+1}), (ΔH/H _s)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
2,00	0,4527	74,10	0,2590	0,2590	1,8369	13,8410	6,9300	100,2749	3,7451	0,4527
4,00	0,9054	92,00	0,0800	0,3390	2,4043	13,7610	6,8500	99,1173	1,1576	0,4527
8,00	1,8109	81,60	0,1840	0,5230	3,7092	13,5770	6,6660	96,4549	2,6624	0,9054
16,00	3,6217	69,50	0,3050	0,8280	5,8723	13,2720	6,3610	92,0417	4,4133	1,8109
32,00	7,2434	53,70	0,4630	1,2910	9,1560	12,8090	5,8980	85,3422	6,6995	3,6217
16,00	3,6217	59,30	-0,0560	1,2350	8,7589	12,8650	5,9540	86,1525	-0,8103	3,6217
8,00	1,8109	67,80	-0,0850	1,1500	8,1560	12,9500	6,0390	87,3824	-1,2299	1,8109
4,00	0,9054	75,10	-0,0730	1,0770	7,6383	13,0230	6,1120	88,4387	-1,0563	0,9054
2,00	0,4527	82,00	-0,0690	1,0080	7,1489	13,0920	6,1810	89,4371	-0,9984	0,4527

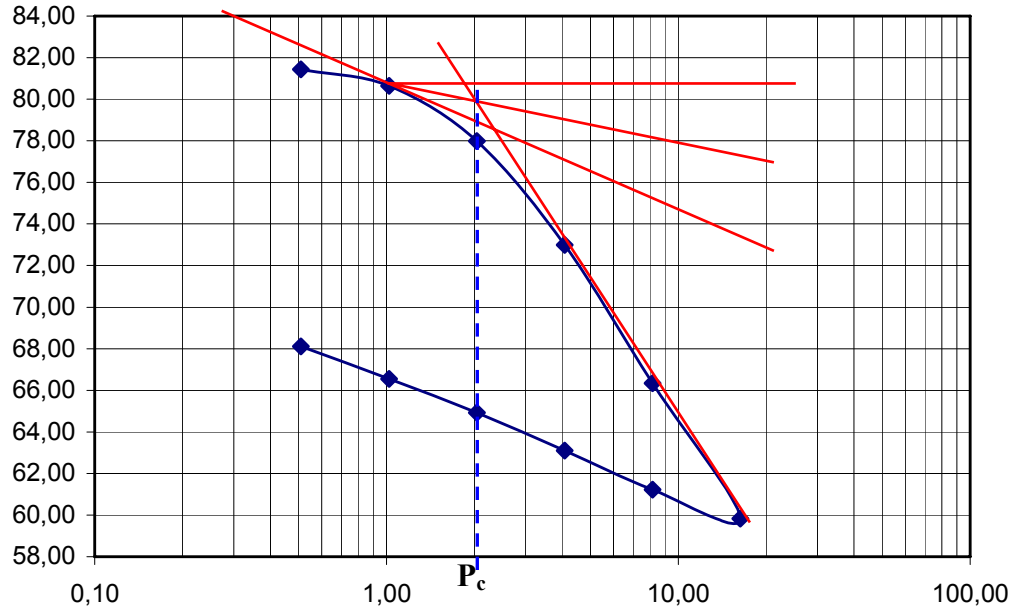
15 Nolu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. ΣΔH	Birim Deform. e=ΔH/H	Her Adımdaki Örnek Yük. (H-ΔH)cm	Boşluk Yük. (H _v)= H _{son} -H _s	Boşluk Oranı % e _n =(H _v /H _s)*100	Boşluk Oranları Farkı(Δe) (e _n -e _{n+1}), (ΔH/H _s)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
2,00	1,0186	96,20	0,0380	0,0380	0,2695	14,0620	6,6492	89,6989	0,5111	1,0186
4,00	2,0372	65,30	0,3470	0,3850	2,7305	13,7150	6,3022	85,0178	4,6811	1,0186
8,00	4,0744	84,00	0,1600	0,5450	3,8652	13,5550	6,1422	82,8594	2,1584	2,0372
16,00	8,1487	61,20	0,3880	0,9330	6,6170	13,1670	5,7542	77,6252	5,2342	4,0744
32,00	16,2974	47,20	0,5280	1,4610	10,3617	12,6390	5,2262	70,5024	7,1228	8,1487
16,00	8,1487	58,80	-0,1160	1,3450	9,5390	12,7550	5,3422	72,0672	-1,5649	8,1487
8,00	4,0744	73,50	-0,1470	1,1980	8,4965	12,9020	5,4892	74,0503	-1,9831	4,0744
4,00	2,0372	87,20	-0,1370	1,0610	7,5248	13,0390	5,6262	75,8984	-1,8482	2,0372
2,00	1,0186	99,50	-0,1230	0,9380	6,6525	13,1620	5,7492	77,5577	-1,6593	1,0186

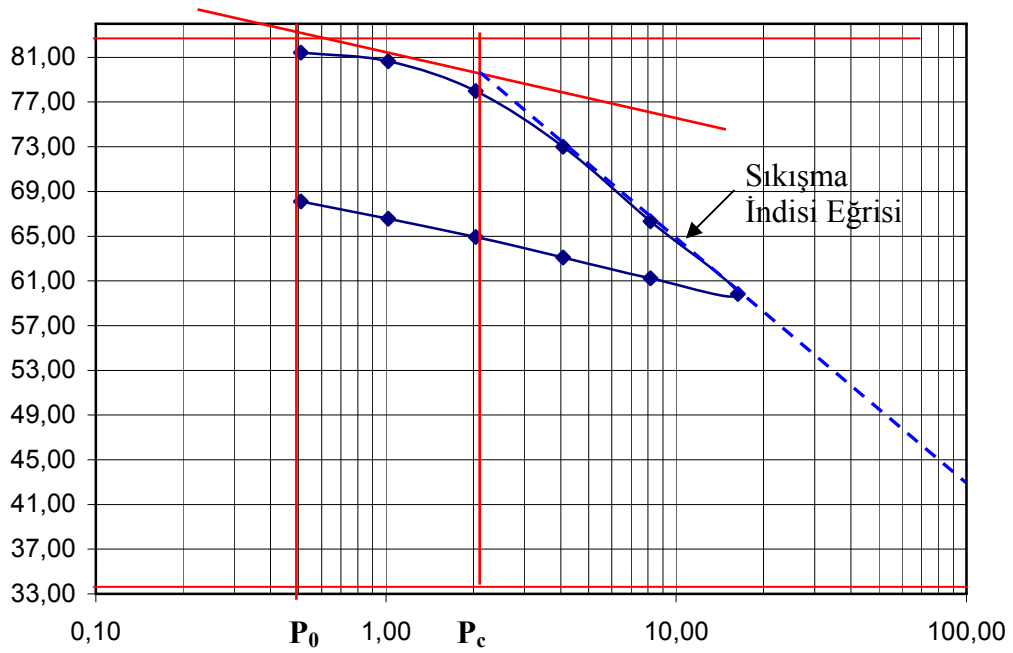
16 Nolu örneğin konsolidasyon hesaplamaları

Yük (kg)	Basınç (kg/cm ²)	Deform. Okuması 10 ⁻² mm	Okuma Farkı (ΔH) mm	Toplam Deform. ΣΔH	Birim Deform. e=ΔH/H	Her Adımdaki Örnek Yük. (H-ΔH)cm	Boşluk Yük. (H _v)= H _{son} -H _s	Boşluk Oranı % e _n =(H _v /H _s)*100	Boşluk Oranları Farkı(Δe) (e _n -e _{n+1}), (ΔH/H _s)	Yük Farkı (ΔP) kg/cm ²
0,50	0,2546	88,20	0,1180	0,1180	0,8369	13,9820	6,6638	91,0579	1,6121	0,2546
3,00	1,5279	89,00	0,1100	0,2280	1,6170	13,8720	6,5538	89,5548	1,5031	1,2732
6,00	3,0558	68,00	0,3200	0,5480	3,8865	13,5520	6,2338	85,1821	4,3727	1,5279
12,00	6,1115	53,00	0,4700	1,0180	7,2199	13,0820	5,7638	78,7598	6,4223	3,0558
24,00	12,2231	55,10	0,4490	1,4670	10,4043	12,6330	5,3148	72,6244	6,1354	6,1115
12,00	6,1115	69,5	-0,1440	1,3230	9,3830	12,7770	5,4588	74,5921	-1,9677	6,1115
6,00	3,0558	91	-0,2150	1,1080	7,8582	12,9920	5,6738	77,5300	-2,9379	3,0558
3,00	1,5279	115	-0,2400	0,8680	6,1560	13,2320	5,9138	80,8095	-3,2795	1,5279
1,50	0,7639	142	-0,2700	0,5980	4,2411	13,5020	6,1838	84,4989	-3,6894	0,7639

2 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması



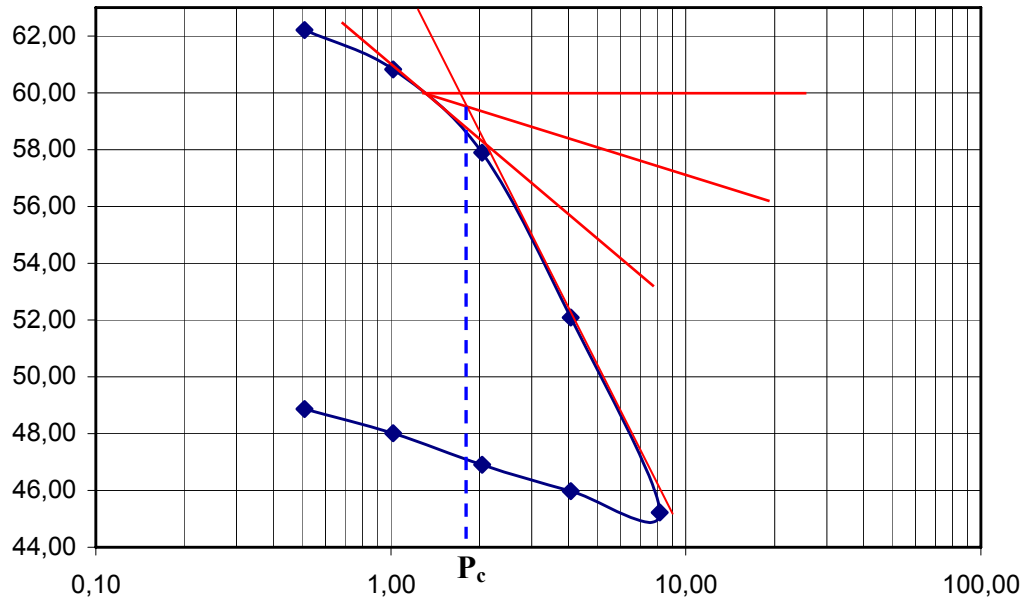
2 nolu örneğin sıkışma indisinin bulunması



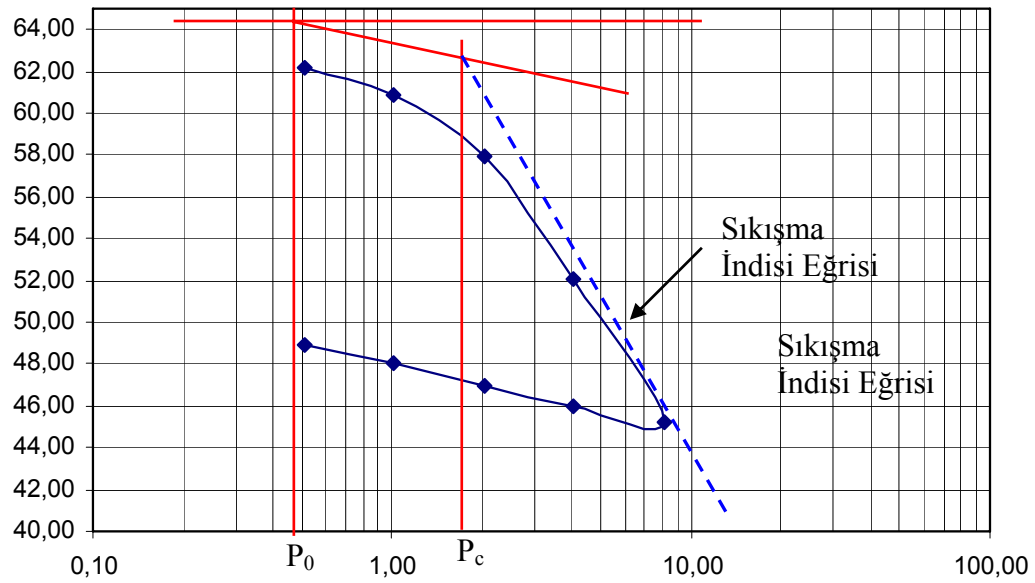
$$P_0 = \gamma_n \times H = \frac{W}{V_t} H = 0,5845 \text{ kg/cm}^2$$

$$c_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = 0,21$$

3 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması

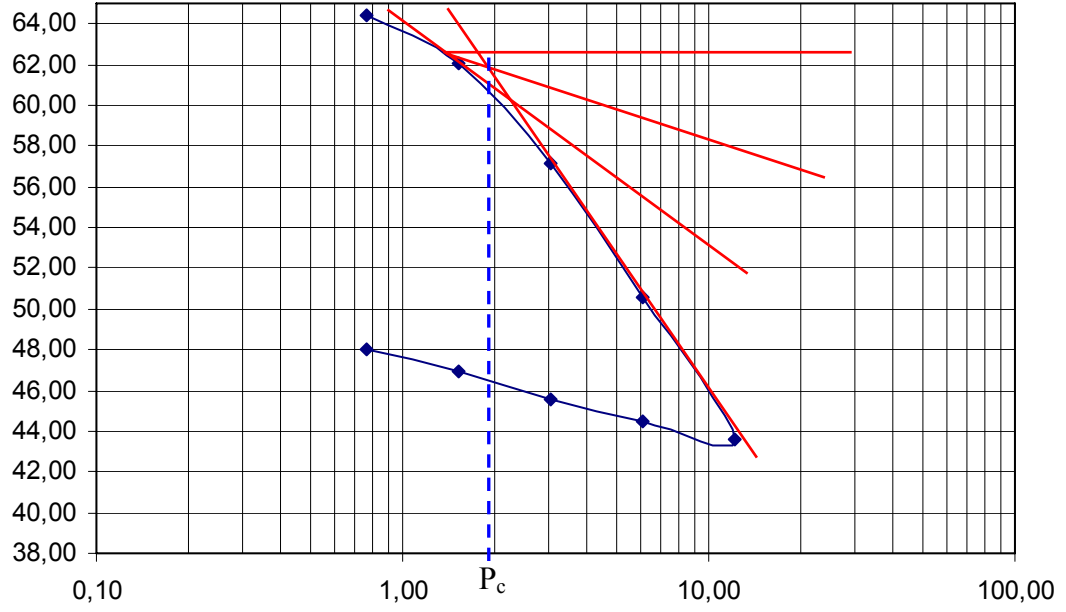


3 nolu örneğin sıkışma indisinin bulunması

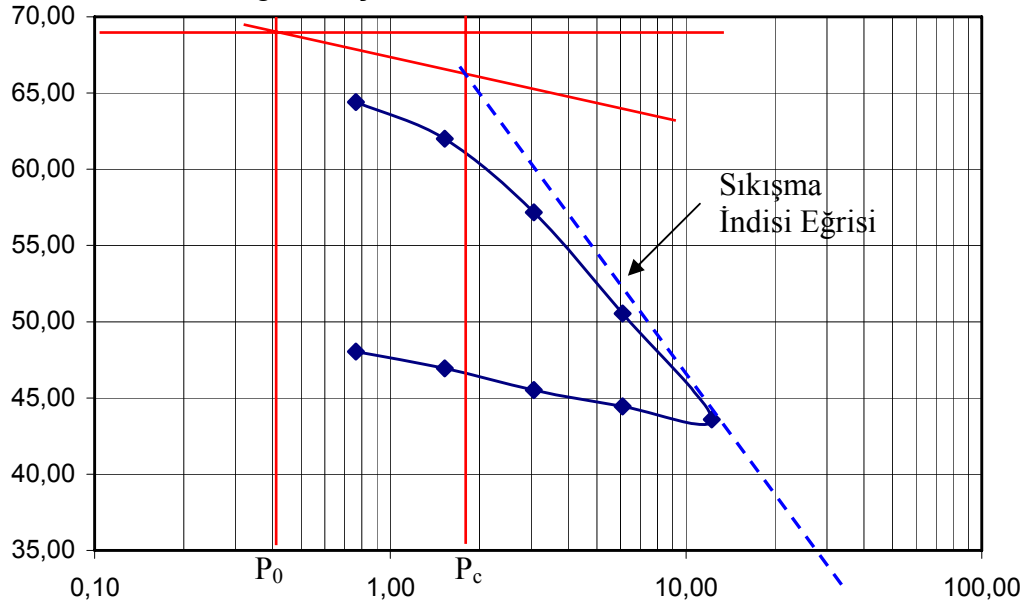


$$P_0 = \gamma_n x H = \frac{W}{V_t} H = 0,4786 \text{ kg/cm}^2, \quad c_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = 0,2501$$

4 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması



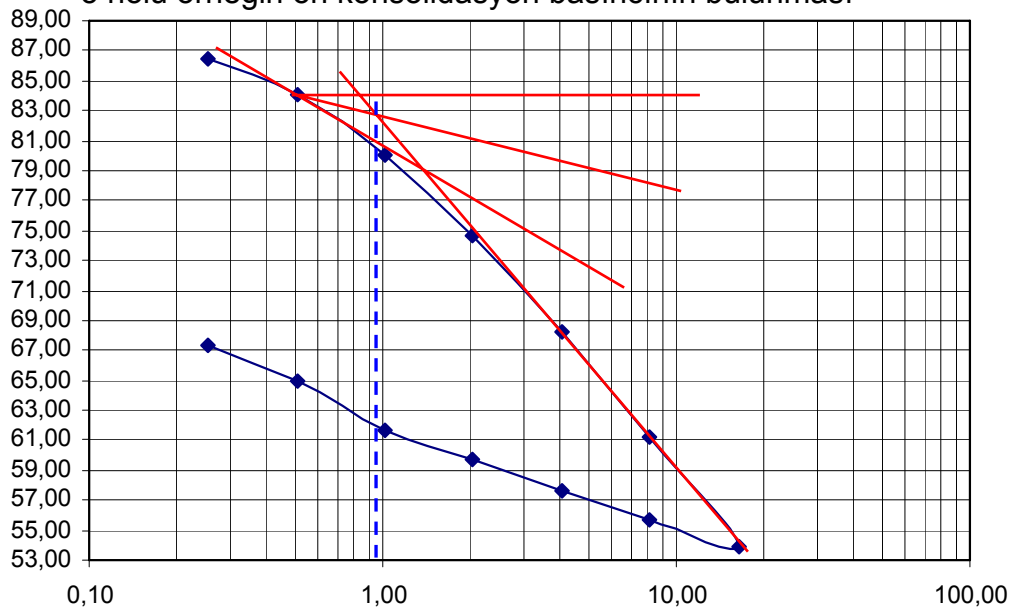
4 nolu örneğin sıkışma indisinin bulunması



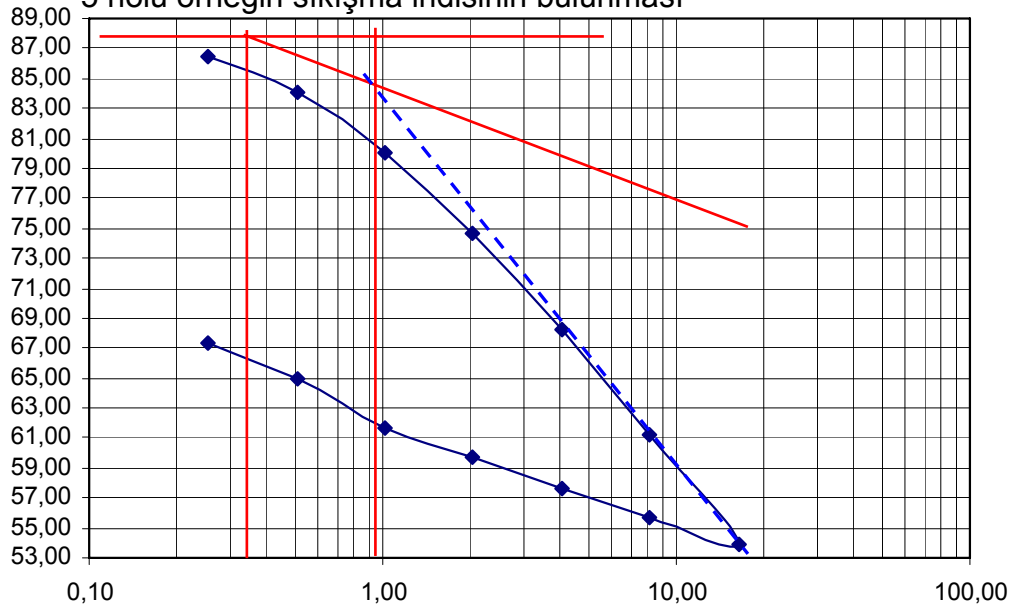
$$P_0 = \gamma_n x H = \frac{W}{V_t} H = 0,41357 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = 0,26181$$

5 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması



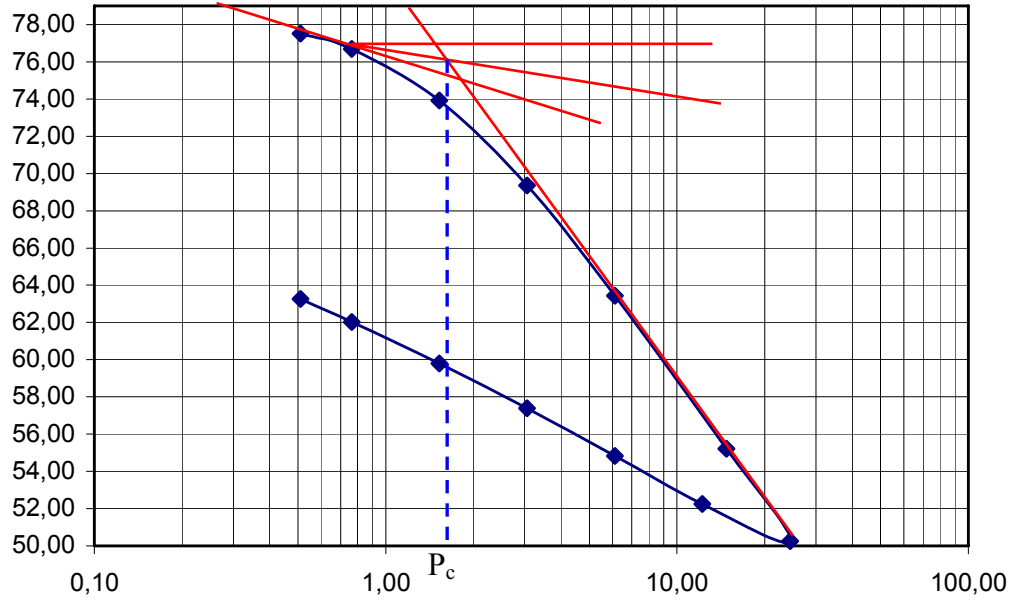
5 nolu örneğin sıkışma indisinin bulunması



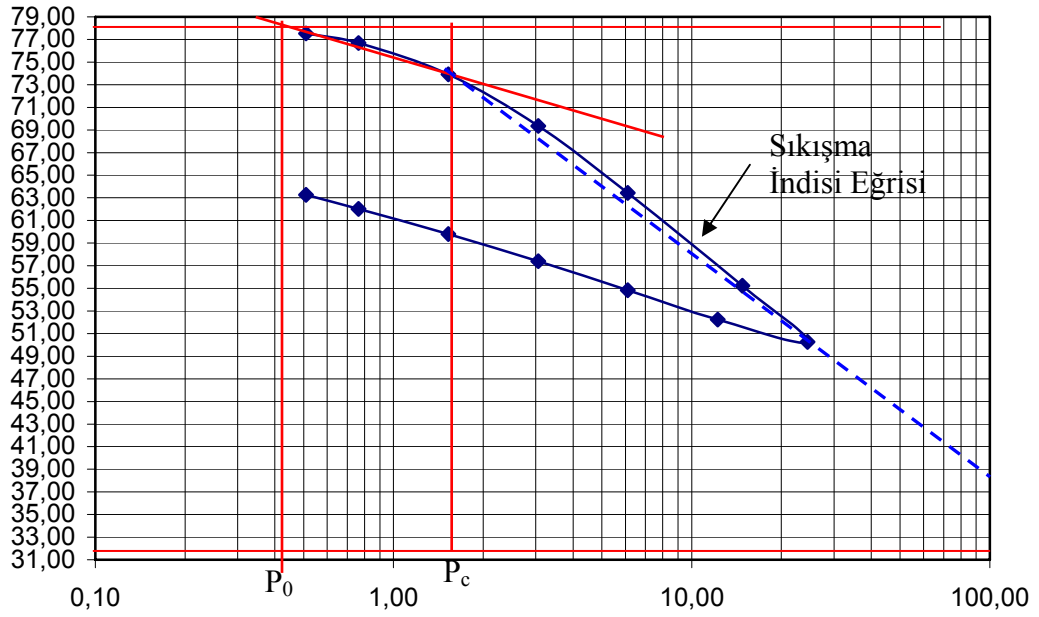
$$P_0 = \gamma_n \times H = \frac{W}{V_t} H = 0,350 \text{ kg/cm}^2$$

$$c_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = 0,2467$$

6 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması



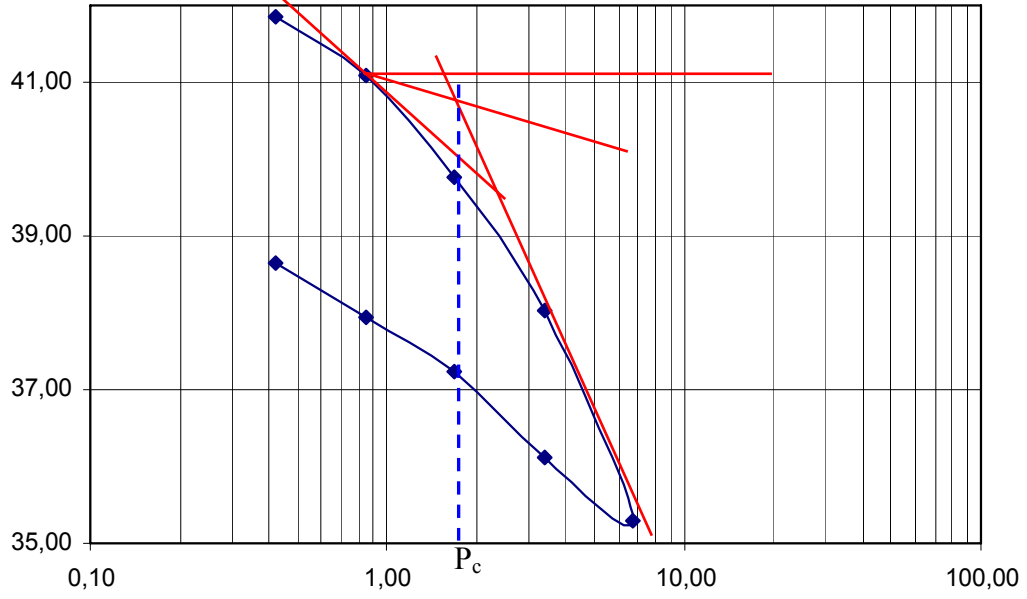
6 nolu örneğin sıkışma indisinin bulunması



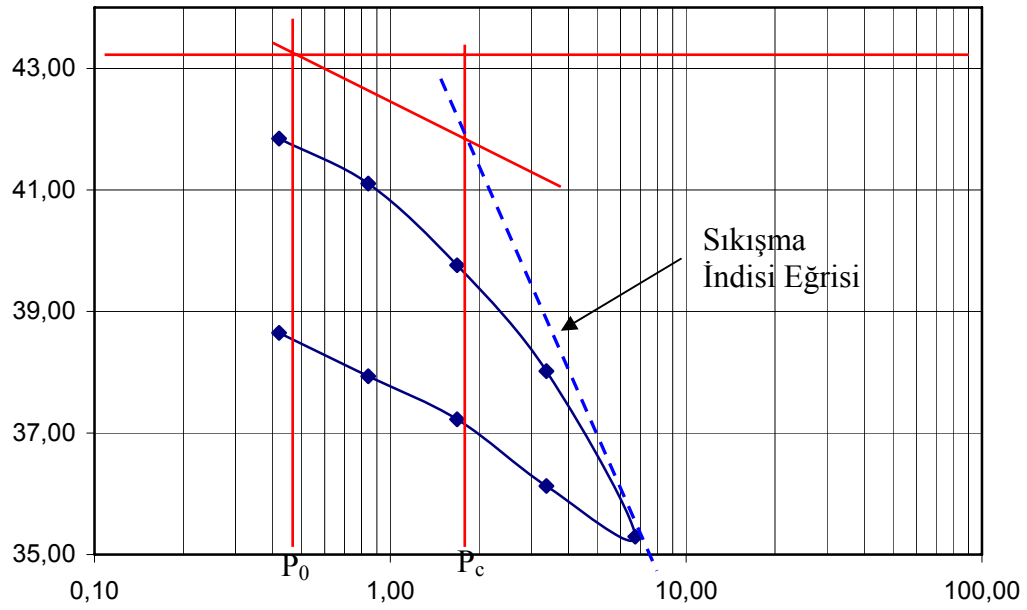
$$P_0 = \gamma_n \times H = \frac{W}{V_t} H = 0,430 \text{ kg/cm}^2$$

$$c_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = 0,1975$$

7 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması



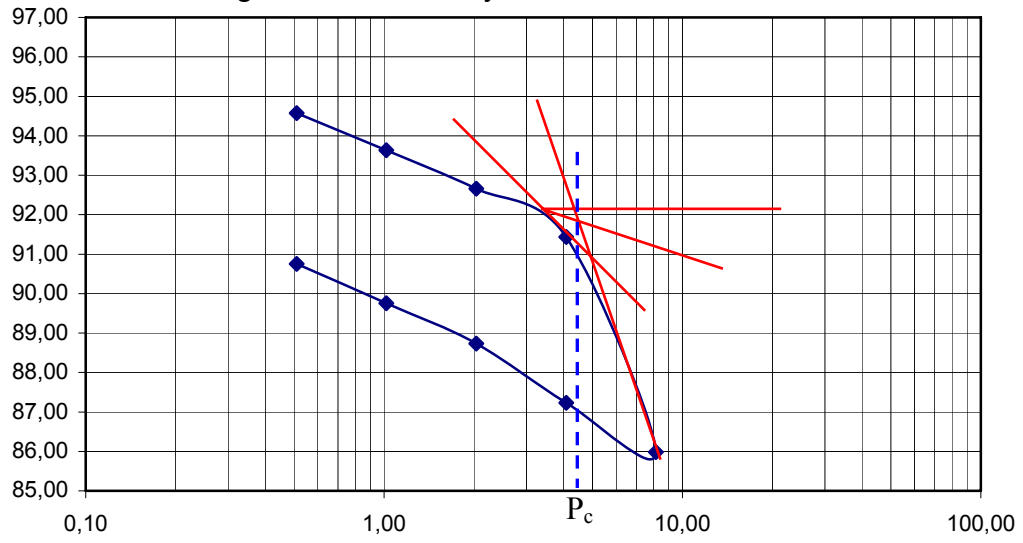
7 nolu örneğin sıkışma indisinin bulunması



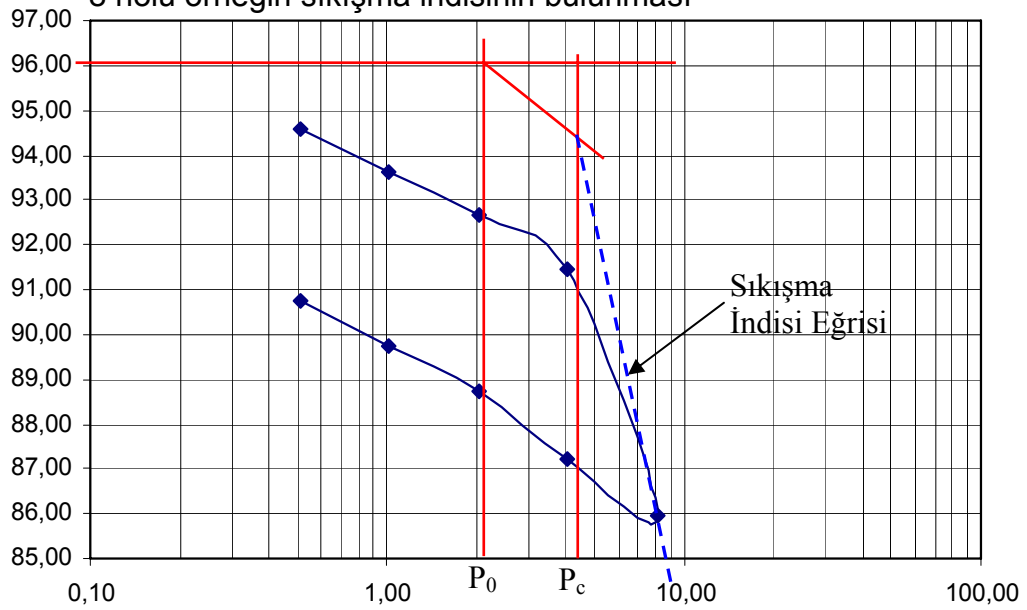
$$P_0 = \gamma_n \times H = \frac{W}{V_t} H = 0,485 \text{ kg/cm}^2$$

$$c_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = 0,110569$$

8 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması



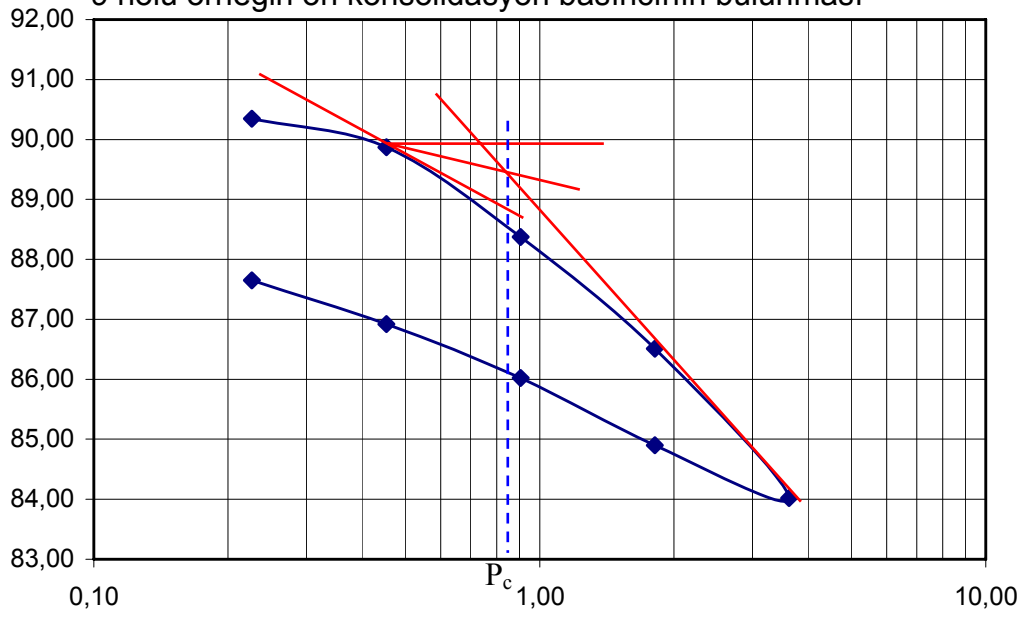
8 nolu örneğin sıkışma indisinin bulunması



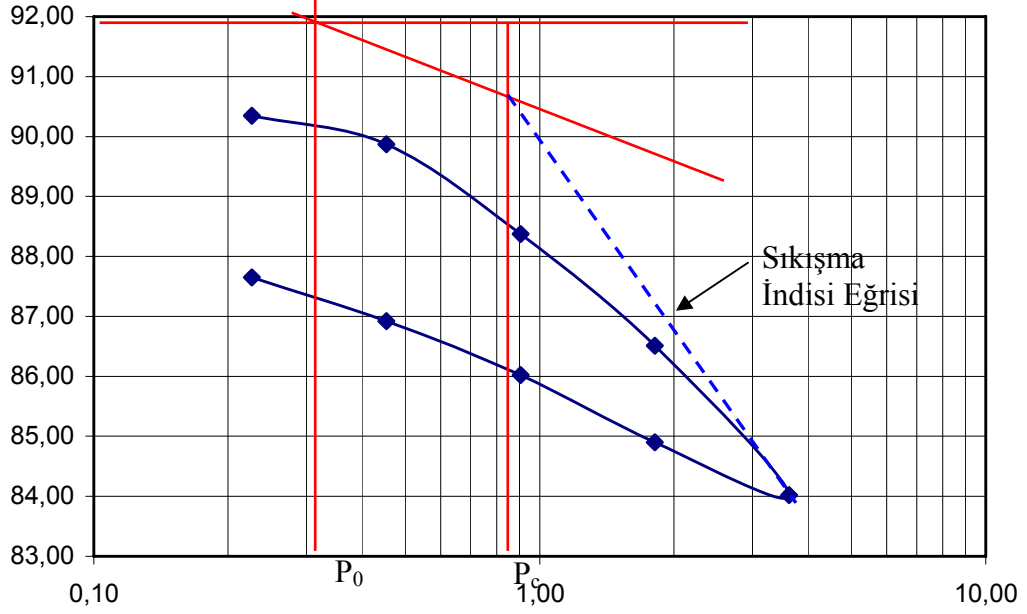
$$P_0 = \gamma_n x H = \frac{W}{V_t} H = 2,15 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = 0,306$$

9 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması



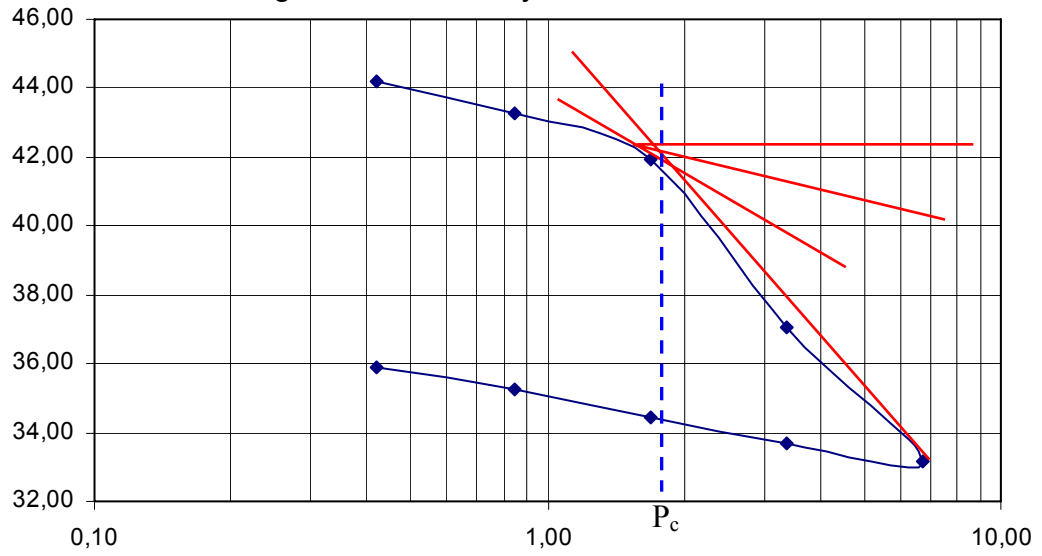
9 nolu örneğin sıkışma indisinin bulunması



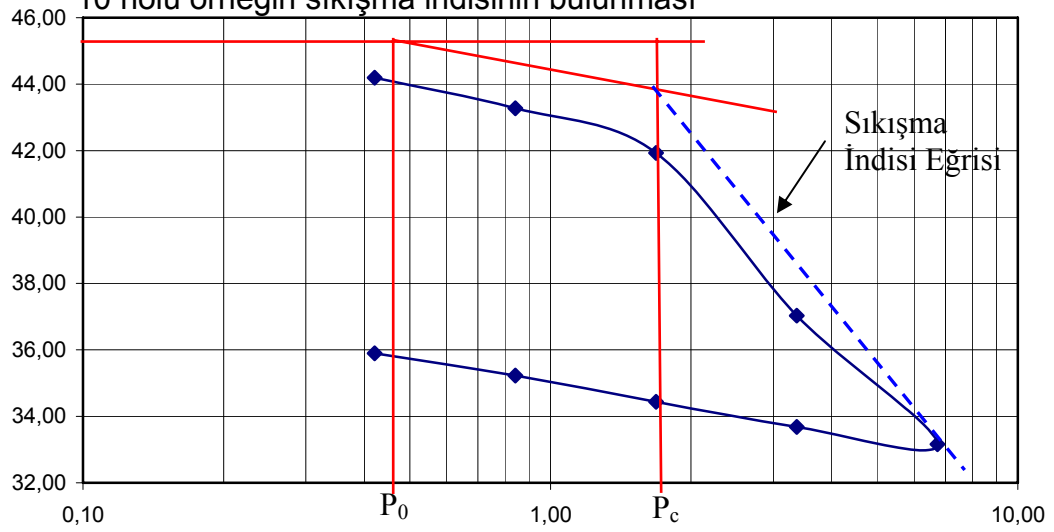
$$P_0 = \gamma_n \times H = \frac{W}{V_t} H = 0,485 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = 0,10521$$

10 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması



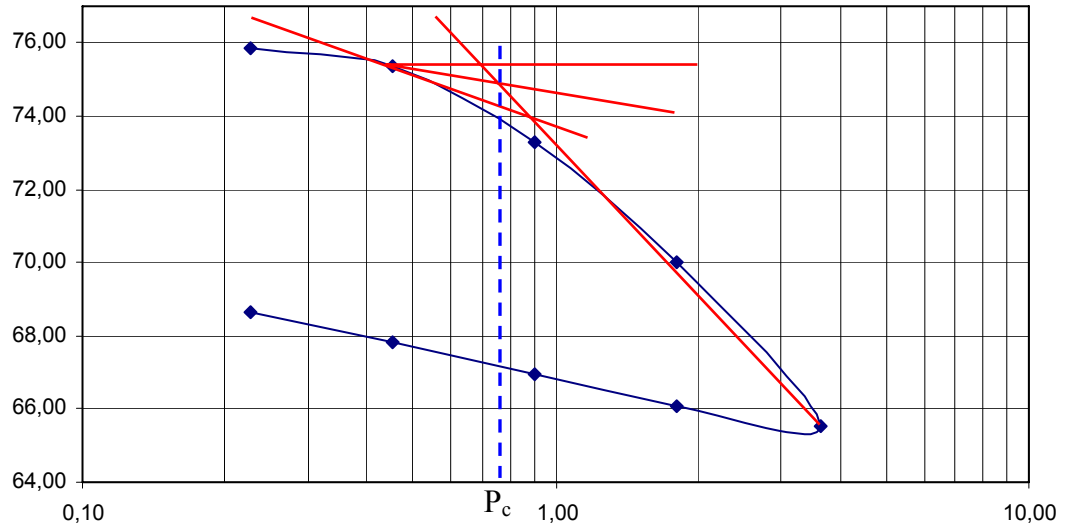
10 nolu örneğin sıkışma indisinin bulunması



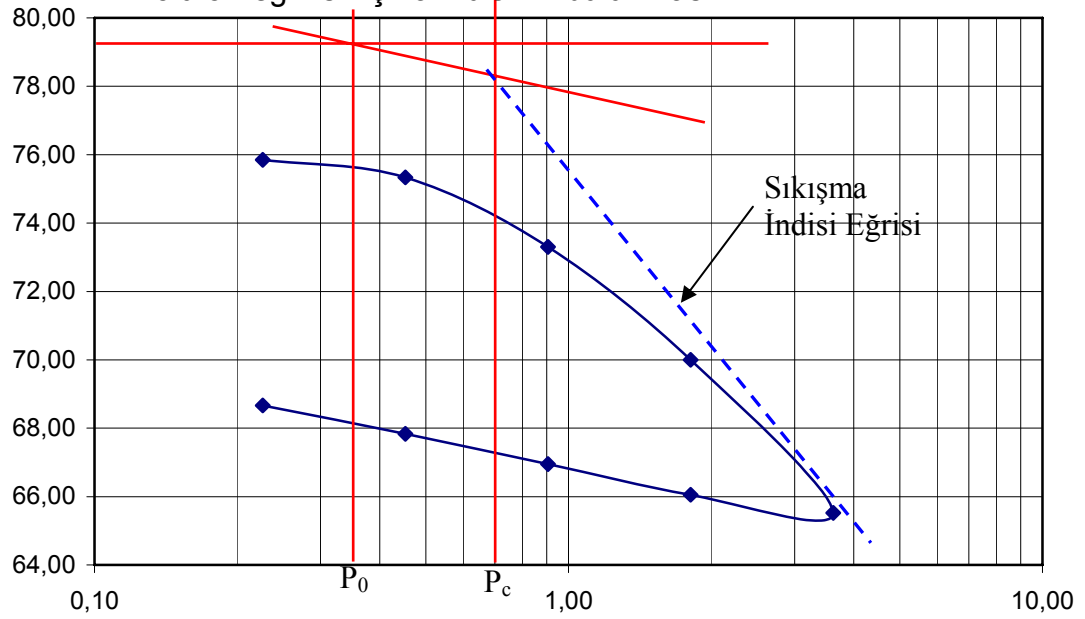
$$P_0 = \gamma_n \times H = \frac{W}{V_t} H = 0,46987 \text{ kg/cm}^2$$

$$c_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = 0,119364$$

11 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması



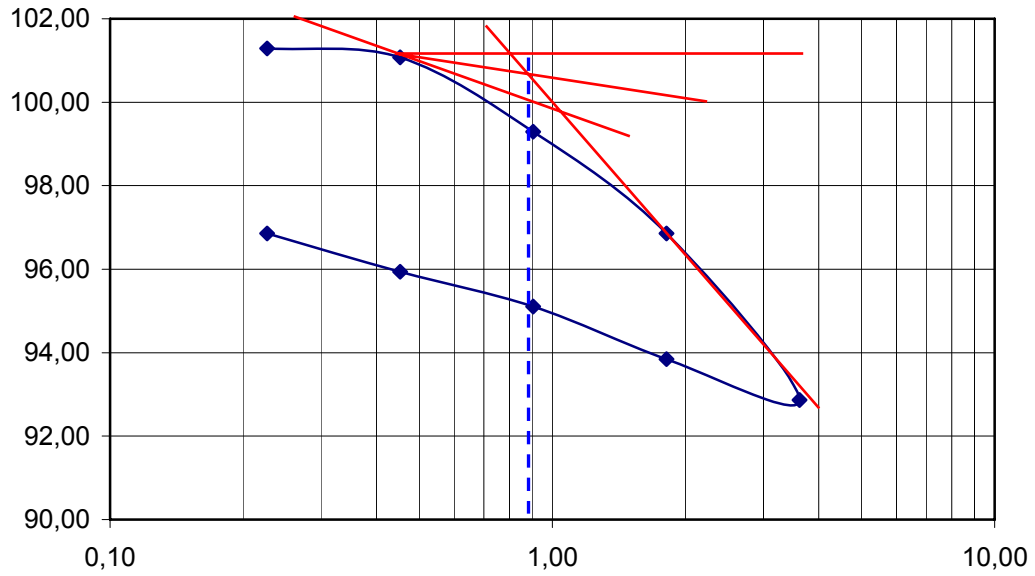
11 nolu örneğin sıkışma indisinin bulunması



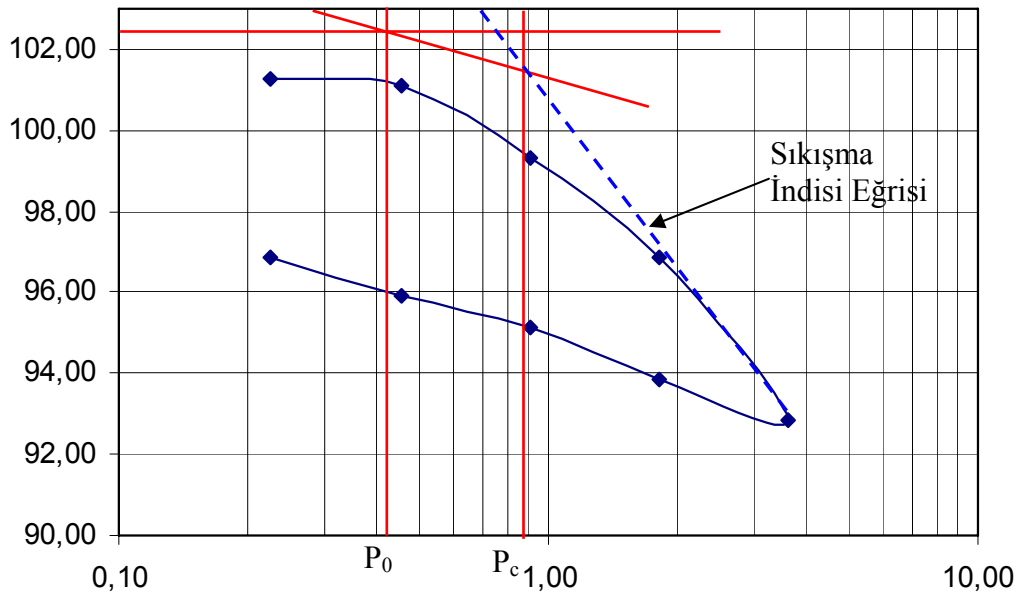
$$P_0 = \gamma_n \times H = \frac{W}{V_t} H = 0,361 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$c_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = 0,174$$

12 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması



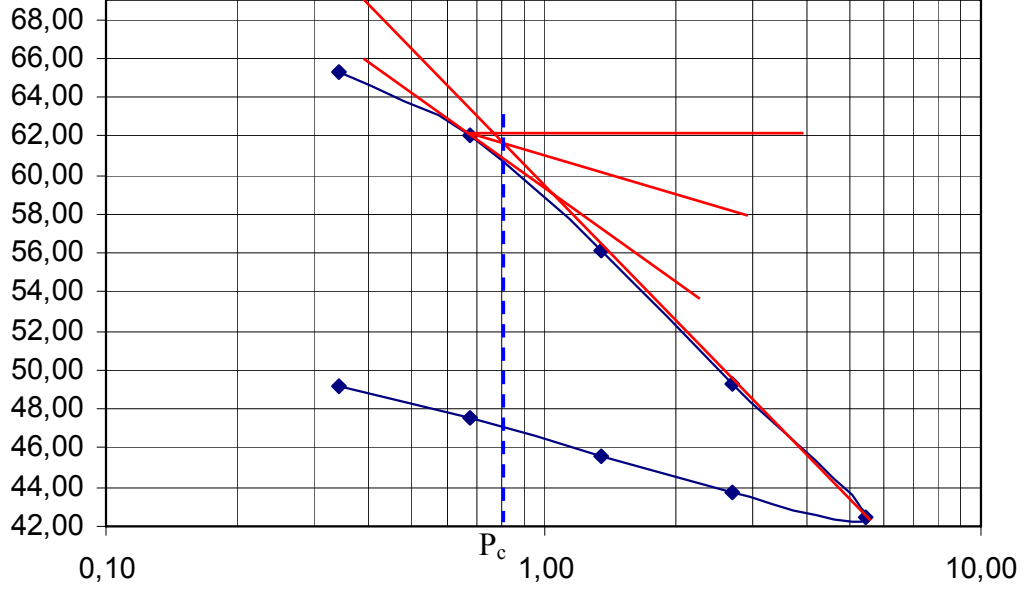
12 nolu örneğin sıkışma indisinin bulunması



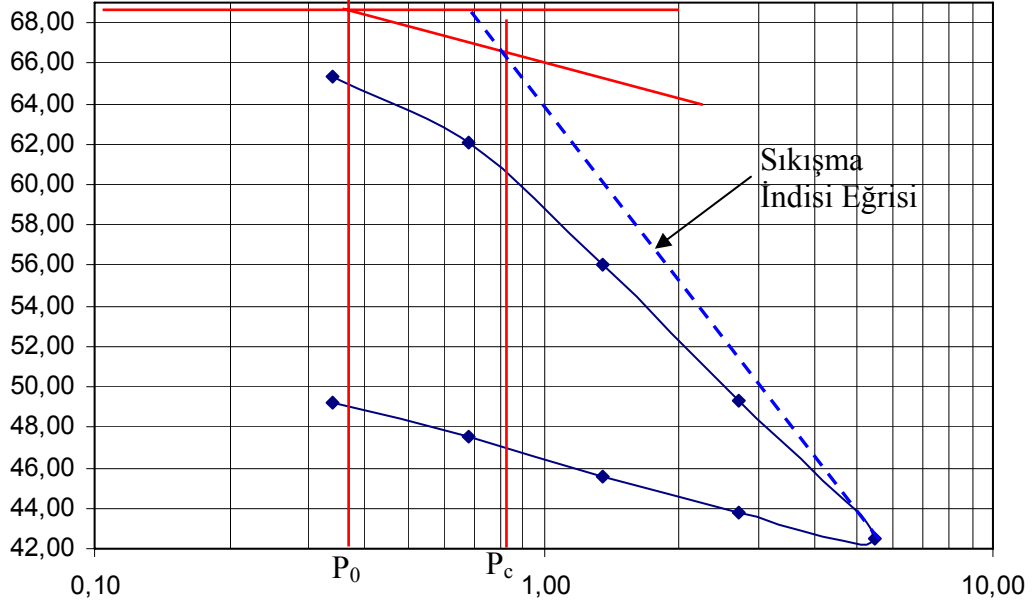
$$P_0 = \gamma_n \times H = \frac{W}{V_t} H = 0,325 \text{ kg/cm}^2$$

$$c_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = 0,13829$$

13 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması



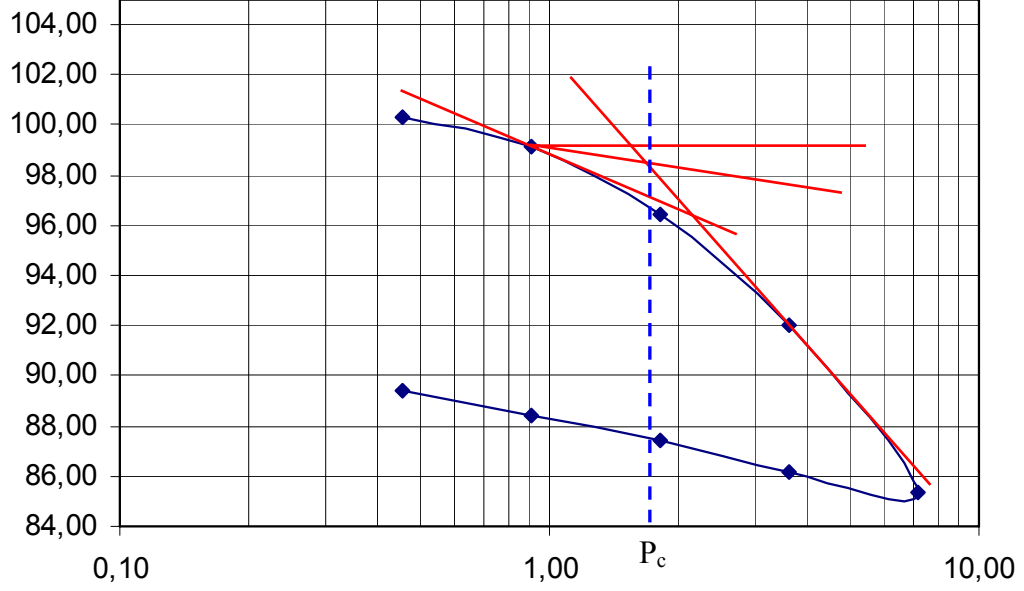
13 nolu örneğin sıkışma indisinin bulunması



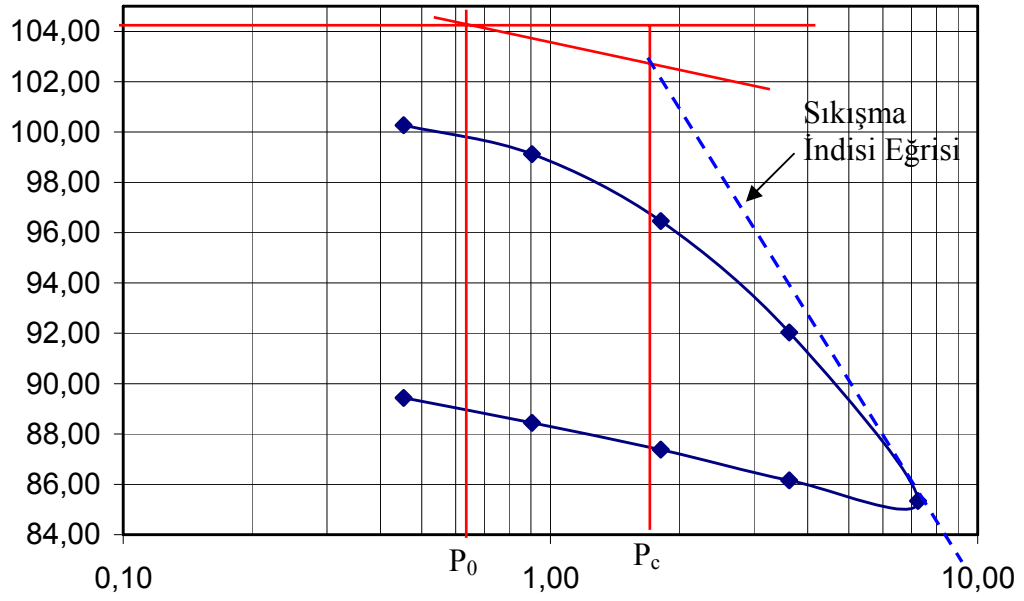
$$P_0 = \gamma_n \times H = \frac{W}{V_t} H = 0,373 \text{ kg/cm}^2$$

$$c_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = 0,28899$$

14 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması



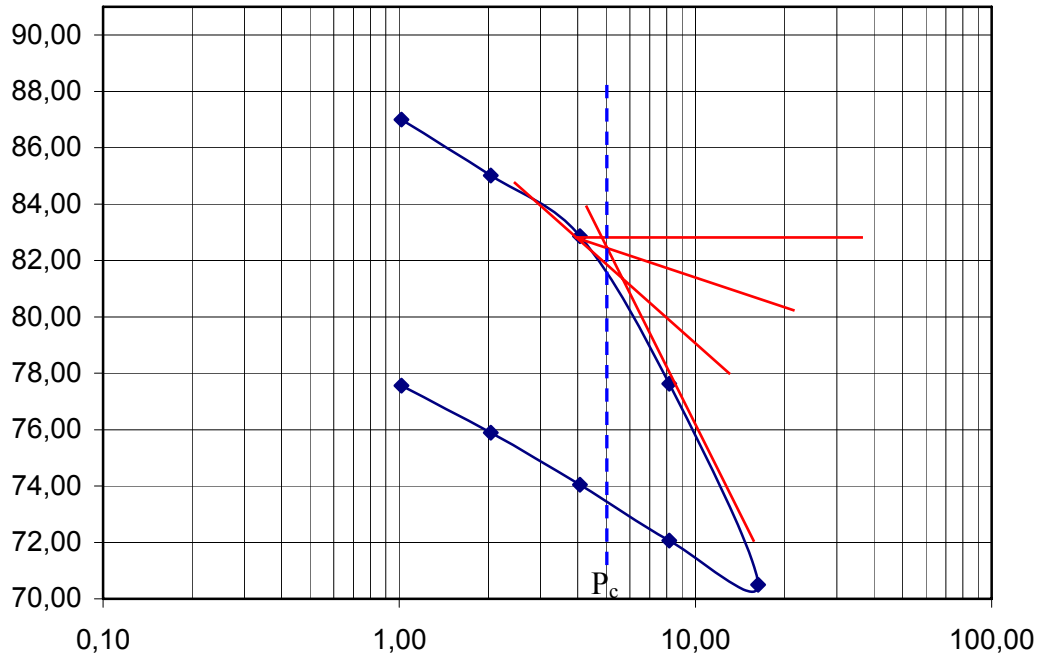
14 nolu örneğin sıkışma indisinin bulunması



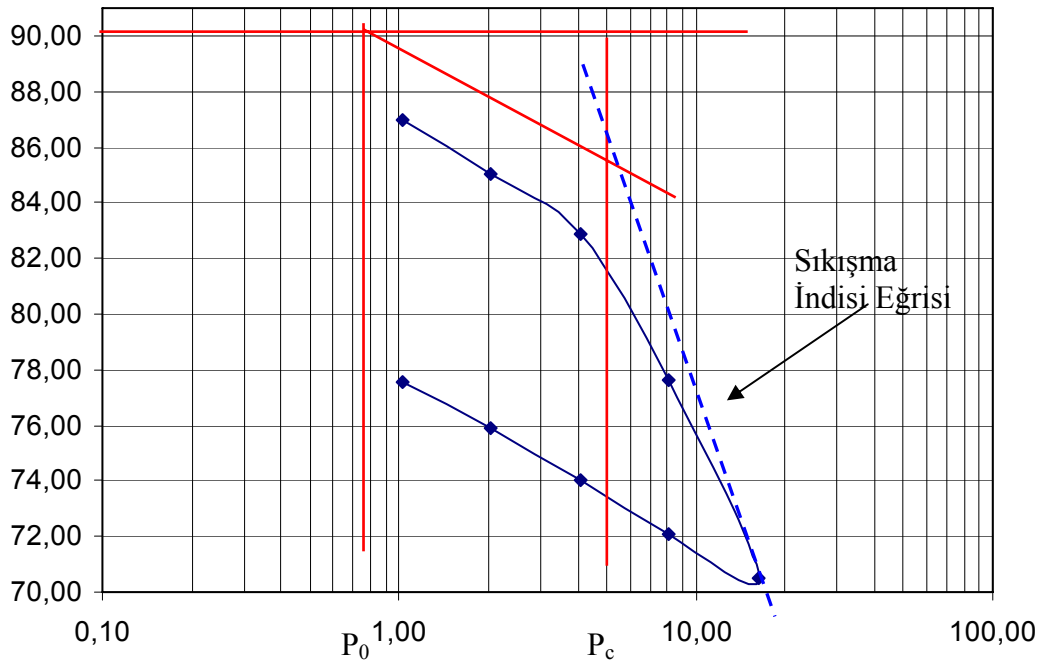
$$P_0 = \gamma_n \times H = \frac{W}{V_t} H = 0,6385 \text{ kg/cm}^2$$

$$c_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = 0,2779$$

15 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması



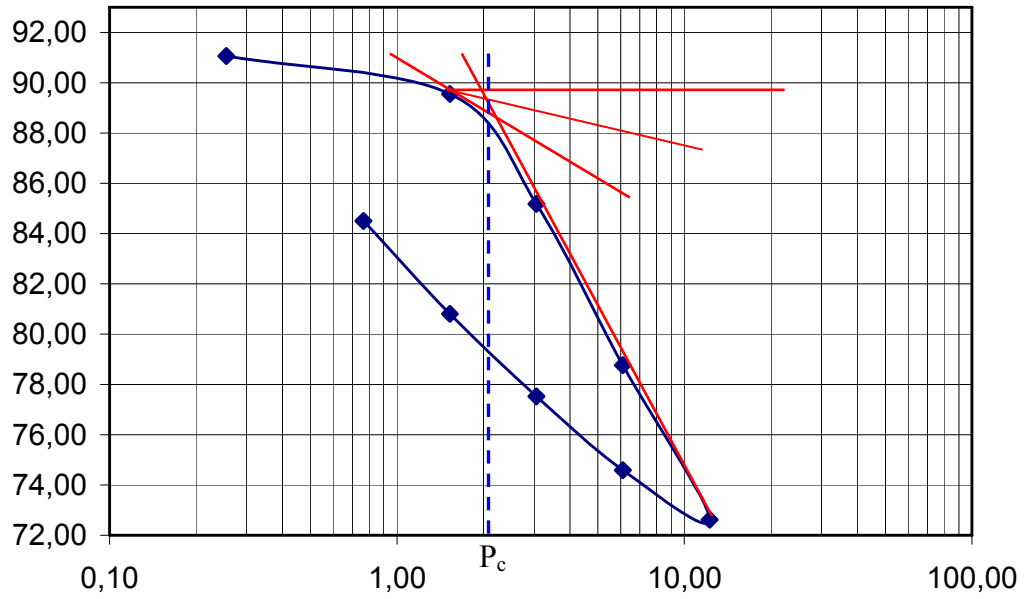
15 nolu örneğin sıkışma indisinin bulunması



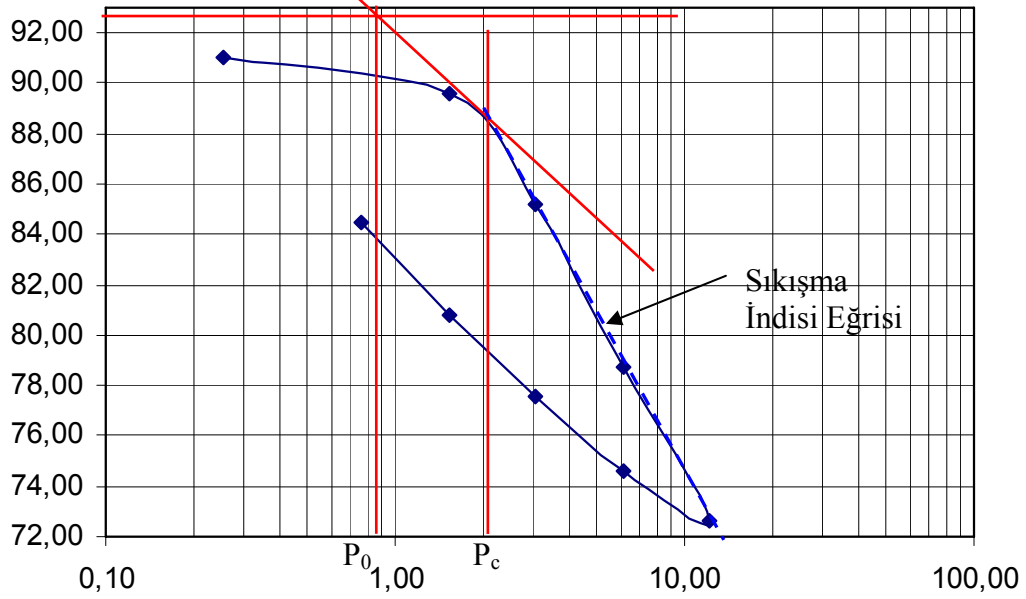
$$P_0 = \gamma_n \times H = \frac{W}{V_t} H = 0,7484 \text{ kg/cm}^2$$

$$c_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = 0,2795$$

16 nolu örneğin ön konsolidasyon basıncının bulunması



16 nolu örneğin sıkışma indisinin bulunması



$$P_0 = \gamma_n \times H = \frac{W}{V_t} H = 0,859 \text{ kg/cm}^2$$

$$c_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = 0,2065$$

ÖZGEÇMİŞ

04.10.1980 yılında Adana da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Adana da tamamladı. 1998 yılında kazanmış olduğu Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitim Bölümünden 2002 yılında mezun oldu.