

8127

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

BAZI TRABZON KİLLERİNİN KONSOLİDASYON ÖZELLİKLERİ
VE
SIĞ TEMEL SİSTEMLERİNİN KONSOLİDASYON OTURMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Ferda ÖZMEN

OCAK - 1990

TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

BAZI TRABZON KİLLERİNİN KONSOLİDASYON ÖZELLİKLERİ
VE
SIĞ TEMEL SİSTEMLERİNİN KONSOLİDASYON OTURMALARI

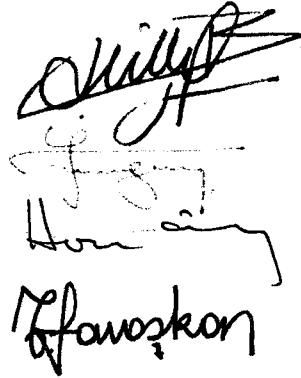
İnş. Müh. Ferda ÖZMEN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"İnşaat Yük.Mühendisi"
Ünvanının Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Ocak 1990
Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 2 Şubat 1990

T. C.
YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
Bakımantasyon Merkezi

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Bayram Ali Uzuner
Jüri Üyesi : Doç.Dr. İlhan Sungur
Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr. Hızır Önsoy
Enstitü Müdürü : Doç.Dr. Temel Savaşkan



OCAK - 1990
TRABZON

ÖNSÖZ

Yapıların en önemli bölümünü temeller oluşturmaktadır. Yapıların uzun süre hizmet vermesi ve ayakta kalabilmesi için temeller projelendirilirken, temel koşullarının sağlanmasına dikkat edilmelidir. Uygulamada, genellikle, temeller taşıma gücü koşuluna göre boyutlandırılmaktadır. Oysa, yapıların hasar görmesi, hatta göçmesinde, temel oturmaları, özellikle farklı oturmalar en başta gelen nedenlerdendir.

Çalışmada, bu amaçla, oturma konusu ele alındı. Trabzon ve çevresi killilerinin konsolidasyon özellikleri, küçük ve büyük çaplı örneklerin kullanılması halinde deney sonuçlarındaki farklılıklar incelendi. Yüzeysel temel sistemlerinde, her bir temelin konsolidasyon oturmalarını hesaplayan bilgisayar programları geliştirildi.

Bu çalışma süresince bana yön veren, gerekli bilgi ve dokümanları temin eden ve deney örneklerinin alınmasında yardımcı olan yönetici Hocam Sayın Doç.Dr. Bayram Ali Uzuner'e teşekkür ederim. Ayrıca deneyler sırasında yardımcı olan K.T.Ü. Zemin Mekaniği Laboratuvarı personeline de teşekkür ederim.

Ocak 1990

Ferda Özmen

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	iii
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
1.1. Temellerin Tanımı, Sınıflandırılması ve Koşulları	1
1.2. Zemin Cinslerine Göre Oturmalar	1
1.3. Oturma Terimleri ve Ölçütleri	4
1.4. Oturma Nedenleri	5
1.5. Oturma Tipleri ve Zararları	6
BÖLÜM 2. BAZI TRABZON KİLLERİNİN KONSOLİDASYON ÖZELLİKLERİ	8
2.1. Konsolidasyon Oturması	8
2.1.1. Konsolidasyon Deneyi	8
2.1.2. Konsolidasyon Olayının Analojisi (Benzetimi)	14
2.1.3. Konsolidasyon (Birincil) Oturmasının Hesaplanması	16
2.1.4. Ön Konsolidasyon Basıncının Belirlenmesi	17
2.1.5. Arazi Konsolidasyon Oturması	19
2.1.6. Terzaghi Bir Boyutlu Konsolidasyon Teorisi	19
2.1.7. Konsolidasyon Katsayısının Belirlenmesi	24
2.1.8. İkincil (Secondary) Konsolidasyon	26
2.1.9. Oturma-Zaman Eğrisinin Düzeltilmesi	28
2.2. Bazı Trabzon Killерinin Konsolidasyon Özellikleri	29
2.2.1. Deneysel Çalışma	29
2.2.2. Konsolidasyon Deney Sonuçları	35
BÖLÜM 3. SIĞ (YÜZEYSEL) TEMEL SİSTEMLERİNİN KONSOLİDASYON OTURMALARI	59
3.1. Zeminde Gerilme Dağılışı	59
3.1.1. Giriş	59

3.1.2. Nokta (Tekil) Yük	60
3.1.3. Çizgisel Yük	60
3.1.4. Üniform Şerit Yük	61
3.1.5. Üniform Yüklü Daire Alan	62
3.1.6. Üniform Yüklü Dikdörtgen Alan	62
3.2. Sığ (Yüzeysel) Temel Sistemleri Altında Meydana Gelen Konsolidasyon Oturmaları Hesabı	64
3.2.1. Üniform Yüklü Tekil Temel Sisteminde Her Bir Tekil Temelin Konsolidasyon Oturmalarının Hesaplanması	65
3.2.2. Üniform Yüklü Bir Şerit Temel Sistemindeki Her Bir Şerit Temelin Konsolidasyon Oturması Hesabı	70
3.2.3. Bir Radye Temelde Her Bir Kolon Altında Meydana Gelen Konsolidasyon Oturması Hesabı	72
3.3. Sayısal Örnekler	74
3.3.1. Bir Tekil Temel Sistemindeki Her Bir Tekil Temelin Konsolidasyon Oturması İçin Sayısal Örnek	74
3.3.2. Bir Şerit Temel Sistemindeki Her Bir Şerit Temelin Konsolidasyon Oturması İçin Sayısal Örnek	76
3.3.3. Bir Radye Temelde Her Bir Kolon Altında Meydana Gelen Konsolidasyon Oturması İçin Sayısal Örnek	77
BÖLÜM 4. SONUÇLAR	80
KAYNAKLAR	83
EKLER	85
ÖZGEÇMİŞ	92

Ö Z E T

Bu çalışmada Trabzon ve çevresi killерinin konsolidasyon özelliklerini araştırmak amacıyla, belli yerlerden (Uzunkum, Köy Hizmetleri, Çamburnu, Havaalanı-Konakkent Söğütlü) küçük (D=50 mm, H=20 mm) ve büyük (D=76.2 mm, H=19 mm) metal halkalar ile alınan kil örnekleri üzerinde konsolidasyon deneyleri yapıldı ve kil örneklerine ait konsolidasyon özellikleri belirlendi. Konsolidasyon deney sonuçlarından, bu killerin aşırı konsolide olduğu ve yükseklikleri aynı, çapları farklı örneklerde, büyük çaplı örneklerin yan sürtünmelerden daha az etkilendikleri bulunmuştur.

Yüzeysel temel sistemlerinde, her bir temelin merkezi altında meydana gelen konsolidasyon oturmaları hesabında, komşu temellerin etkisi düşünülmemektedir. Gerçekte, temeller birbirleriyle etkileşim içindedir ve bu etkileşim sonucu, temeller altındaki gerilmeler artmakta, dolayısıyla da oturmalar artmaktadır. Bu çalışmada, gerilmeler ve konsolidasyon oturmalarının hesabında, bu etkileşim dikkate alındı. Pratikte, tablolar yardımı ile yapılan oturma hesapları uzun zaman almakta ve yaklaşıklık içermektedir. Geliştirilen bilgisayar programları ile, oturma hesapları, daha hızlı ve daha kesin yapılabilir. Çalışmanın bu yönüyle, pratikte çalışan mühendislere yararlı olacağına inanılmaktadır.

Konsolidasyon deneylerinin uzun zaman alması ve tez süresinin sınırlı olması nedeniyle, sınırlı sayıda deney yapılabildi. Trabzon ve çevresi killерinin konsolidasyon özellikleri daha kapsamlı bir şekilde incelenmelidir. Çalışmanın, bu konuda, bir başlangıç olacağına inanılmaktadır.

S U M M A R Y

In this work, the consolidation tests were carried out on the specimens taken from certain locations (Uzunkum, Köy Hizmetleri, Çamburnu, Havalanı-Konakkent, Söğütlü) with small (Diameter, $D=50$ mm, height, $H=20$ mm) and big ($D=76.2$ mm, $H=19$ mm) consolidation rings, in order to investigate, the consolidation characteristics of some Trabzon clays, experimentally. As a result, it is found that the above mentioned clays are over-consolidated and bigger diametered samples among having equal height give better results in the consolidation tests, from the side friction point of view.

In the consolidation settlement calculation of the shallow foundation systems, the interaction of the neighbouring foundations are not taken into account. In fact, the neighbouring foundations influence each other and as a result of this interaction, the stresses under foundations and settlements may increase considerably. In this study, this interaction was taken into account in the calculation of the stresses beneath foundations and consolidation settlements. In practice, settlement calculations are done manually with tables. This is time-taking and approximate. The settlement calculations can be done more quickly and more exactly with the presented computer programs in this thesis. It is believed that this will be useful for practicing engineers.

The limited number of consolidation tests were run due to short of time. Trabzon clays should be investigated more comprehensively and it is believed that this work will be an initial point.

BÖLÜM 1

G İ R İ Ş

1.1. Temellerin Tanımı, Sınıflandırılması ve Koşulları

Genel anlamda yapı zeminle doğrudan ilişkisi olan ve insanlar tarafından yapılan, sabit herhangi bir şey (bina, silo, köprü, baraj, yol, havaalanı, akaryakıt tankı, istinat duvarı vb.) olarak tanımlanabilir. (Golder, 1971). Yapıya etkiyen çeşitli yükler temel veya temeller ile zemine aktarılır. Temeller, sığ temeller (tekil temel, şerit temel, radye temel vb.) ve derin temeller (kazıklı temel, ayak temel, keson temel vb.) olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Bir temel veya temel sisteminin aşağıdaki üç koşulu sağlaması gerekir.

a) Taşıma gücü koşulu : Yüklenmiş temel; zeminde kırılma (göçme) meydana getirmemeli ve de böyle olaylara karşı belli bir güvenliği olmalıdır.

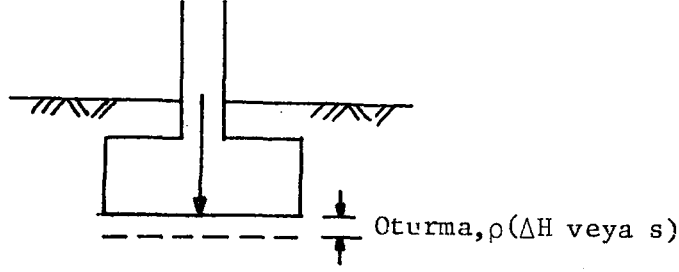
b) Oturma koşulu : Temeller vasıtasıyla yüklenen zemin ortamda meydana gelebilecek oturmalar, yapıya zarar verebilecek büyüklükte olmamalıdır.

c) Ekonomiklik koşulu : Her mühendislik işinde olduğu gibi temel veya temeller ekonomik olmalıdır.

1.2. Zemin Cinslerine Göre Oturmalar

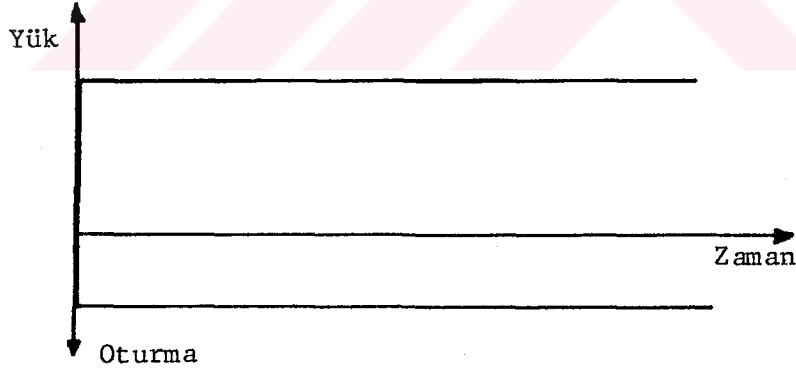
Temeller vasıtasıyla yüklenen zemin ortamda az veya çok bir oturma (çökme, sıkışma, tasman) olur. Oturma yapı temellerinde düşey hareket olarak tanımlanabilir. Bilindiği gibi zemin, çeşitli büyüklükte (birkaç desimetreden birkaç mikrona kadar) ve biçimde (yuvarlak, köşeli, yassı, iğne biçimli vb.) taneler ve taneler arası boşluklardan oluşan doğal bir

malzemedir. Taneler arası boşluklar tamamen hava, tamamen su veya kısmen su ve kısmen hava ile dolu olabilir. Genel anlamda; uygulanan yüklerden veya etkilerden dolayı taneler arası boşlukların azalması ile oluşan kısa veya uzun süreli bir hacim azalması, sıkışma olayıdır.



Şekil 1.1: Oturma

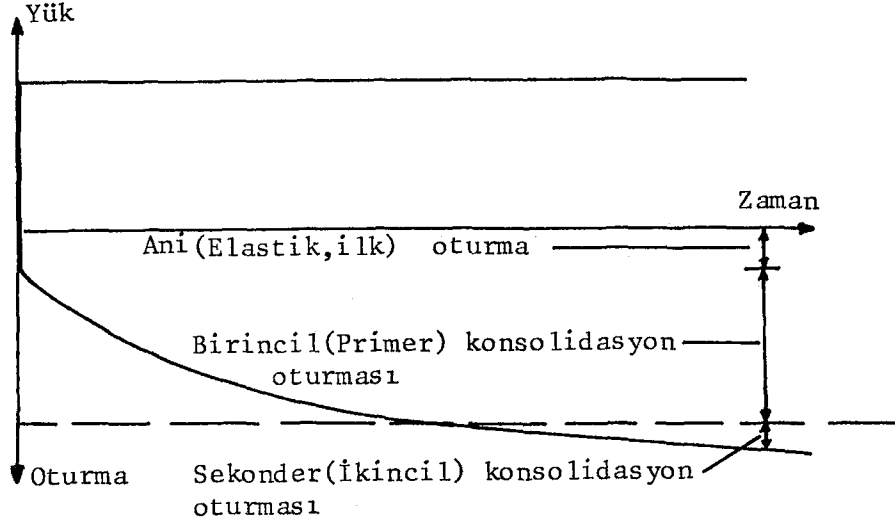
Kohezyonsuz zeminlerde (kum, çakıl gibi taneli zeminler), oturma kısa sürelidir. Yani, yük uygulanır uygulanmaz oturma kısa sürede meydana gelir (Şekil 1.2). Böyle zeminlerde tanelerin yeniden yerleşmesi veya doygun zeminlerde, yüksek geçirimsizlikten dolayı boşluklardaki suyun bir kısmının dışarı akarak boşluk hacminin azalması kısa sürede olur.



Şekil 1.2: Kohezyonsuz zeminlerde oturma-zaman ilişkisi

Kohezyonsuz zeminlerde oturma miktarının hesaplanması, daha ziyade arazi deneylerine (Standart Penetrasyon Deneyi, Hollanda Konisi Deneyi, Presiyometre Deneyi, Plaka Yükleme Deneyi vb.) dayanır.

Kohezyonlu zeminlerde (kil, silt gibi ince taneli zeminler) oturma olayı, düşük geçirimsizlikten dolayı, boşluklardaki suyun bir kısmının dışarı çıkması sonucu uzun zaman alır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: Kohezyonlu zeminlerde oturma-zaman ilişkisi

Kohezyonlu zeminlerde toplam oturma, üç bileşenden oluşur:

1) Ani (ilk, elastik) oturma (ρ_i): Yük uygulanır uygulanmaz, zeminin düşük geçirimsizliğinden dolayı, hacim değişikliği olmaksızın ($\Delta V=0$, poisson oranı $\nu=0.5$) meydana gelen oturmadır.

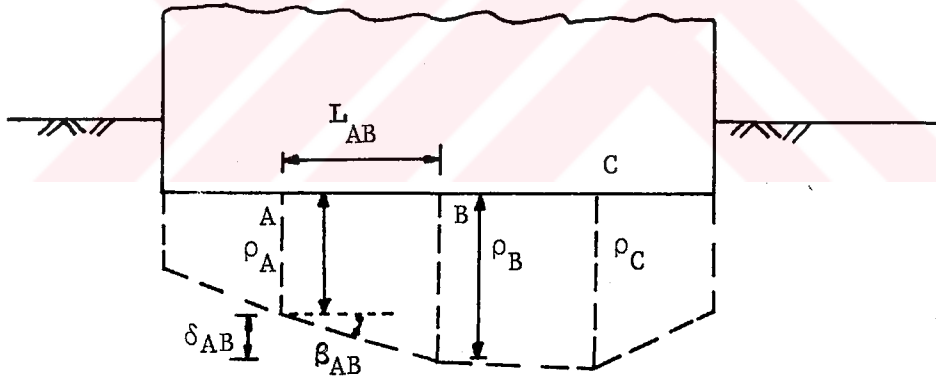
2) Birincil (primer) konsolidasyon veya konsolidasyon oturması (ρ_c): Suyu doymuş kil tabakasına aktarılan ek düşey gerilmelerden dolayı, zeminin boşluk suyu basıncı artar. Boşluk suyunun bir kısmı, zeminin düşük geçirimsizliğinden dolayı uzun sürede tabaka dışına çıkar. İşte sabit bir gerilme altında uzun sürede meydana gelen oturmaya birincil (primer) konsolidasyon oturması denilir. Kohezyonlu zeminlerde, toplam oturmanın büyük bir bölümünü oluşturan oturma bileşeni, birkaç cm'den birkaç m'ye kadar devam edebilir.

3) İkincil (sekonder) konsolidasyon oturması (ρ_s): Birincil konsolidasyon oturması, normal olarak zeminde yaratılan ek boşluk suyu basıncının sona ermesi ile (sönmesiyle, sıfır olmasıyla) durması gerekir. Ancak, araştırmalar, ek boşluk basıncının sıfır olmasından sonra da sabit efektif gerilmeler altında oturmanın çok düşük bir hızla devam ettiğini göstermiştir. Bir tür akma (krip) olayı olan bu tür oturmaya sekonder konsolidasyon oturması denilir.

1.3. Oturma Terimleri ve Ölçütleri

Bir yapı ne kadar doğru hesaplanırsa hesaplanırsa, yapının inşaatı öngörülenlere ne kadar uygun gerçekleştirilirse gerçekleştirilsin; temel oturmaları dikkate alınmazsa, diğer bir deyişle temel oturmaları belli değerleri (izin verilebilir oturma değerleri) aşarsa, yapılarda çatlaklar, ağır hasarlar hatta yıkılmalar meydana gelebilir. Mevcut yapılardaki hasarlar veya göçme nedenlerinin başında oturmalar, özellikle farklı oturmalar gelmektedir (Uzuner,1984;1985). Bu bakımdan temel zemini iyi incelenmeli ve yapının muhtemel oturmalarının dikkate alınması gerekir.

Temel sisteminde herhangi bir noktanın düşey yer değiştirmesi miktarına mutlak oturma (ρ) denilir. Şekil 1.4 de A noktasının mutlak oturması ρ_A , B noktasının mutlak oturması ρ_B gibi.



Şekil 1.4: Oturma terimleri

Birbirine komşu iki noktanın mutlak oturmaları arasındaki farka, oturma farkı veya farklı oturma denilir. Şekil 1.4 de A ve B noktaları arasındaki farklı oturma δ_{AB} aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\delta_{AB} = \rho_B - \rho_A \quad (1.1)$$

İki nokta arasındaki farklı oturmanın, aradaki uzaklığa oranı ise açısal distorsiyon (β) olarak tanımlanabilir. Şekil 1.4'de A ve B noktası arasındaki açısal distorsiyon aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\beta_{AB} = \frac{\delta_{AB}}{L_{AB}} = \frac{\rho_B - \rho_A}{L_{AB}} \quad (1.2)$$

Oturma yapan hasarlı ve hasarsız yapılar üzerinde yapılan gözlemler sonucu, çeşitli yazarlar tarafından, değişik yapılar ve koşullar için aşılmaması istenen izin verilebilir oturma değerleri veya ölçütleri önerilmiştir (Skempton ve Mac Donald, 1956; Polshin ve Tokar, 1957; Bjerrum, 1963; Grant ve diğ., 1974; Terzaghi ve Peck, 1967 vb.). Skempton ve Mac Donald, genel olarak $\beta=1/300$ ün aşılmamasını önermişlerdir. Bunlar, ayrıca, izin verilebilir farklı oturmaları, kile oturan temellerde 40 mm, kuma oturan temellerde 25 mm olarak önermişlerdir. Genel izin verilebilir mutlak oturmaları, kilde, tekil temeller için 65 mm, radye temeller için 65-100 mm; kumda tekil temeller için 40 mm, radye temeller için 40-65 mm olarak önermişlerdir.

1.4. Oturma Nedenleri

Oturma olayına çeşitli nedenler yol açar. Bunlar genel olarak aşağıdaki gibi belirtilebilir (Ostorberg, 1973; Simons ve Menzies, 1975):

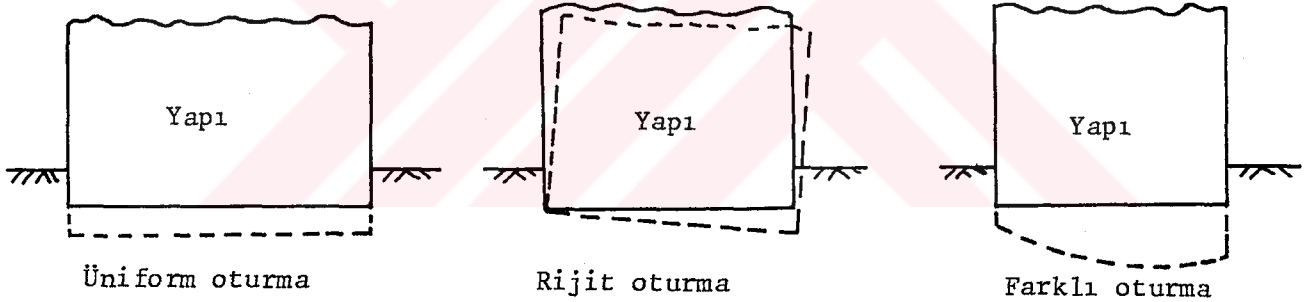
- Zeminin yüklenmesi
- Yeraltı su düzeyinin indirilmesi
- Taneli zeminlerde meydana gelen titreşimler (Depremler, kazık çakma işlemleri vb.)
- Bitişik kazılar nedeni ile mevcut temel veya temellerin altındaki zemin durumunun bozulması
- Yeraltındaki boşluk, mağara, tünel, galeri vb. çökmesi
- Yeraltı su akımlarının yol açtığı erozyon
- Yer kaymaları

- Temel elemanlarının tahrip olması (sulfatlı suların betonu etkilemesi, çelik kazıkların paslanması, ahşap kazıkların çürümesi veya kemirilmesi gibi)

- Don olayı
- Mevsimlik ıslanma ve kuruma olayları
- Zeminin ısınması
- Killi zeminlerde çabuk büyüyen ağaçlar
- Zeminde meydana gelen kimyasal olaylar
- vb.

1.5. Oturma Tipleri ve Zararları

Bir yapının oturması; üniform oturma, rijit dönme ve farklı oturma olmak üzere 3 temel biçimde veya bunların karması biçiminde olabilir (Şekil 1.5).



Şekil 1.5: Yapılarda üç tip oturma şematik olarak gösterilmesi

Üniform oturmada, planda yapının her noktası eşit miktarda oturur. Üniform oturma yapıya doğrudan zarar vermezse de, aşağıdaki sorunları doğurur:

- Yapıya giren-çıkan yeraltı borularının hasar görmesi
- Yapı çevresindeki drenaj sisteminin zarar görmesi
- Yapıya, aşağıya doğru bir eğimli rampayla girilmesi
- Oturmaların tamamlandığı eski yapı ile yeni yapı arasında seviye sorunlarının ortaya çıkması vb.

Yapıya asıl zarar veren farklı oturmalar olup, aşağıdaki nedenlerden meydana gelebilirler:

- Üniform kalınlıktaki bir tabakada, planda ve düşey doğrultuda sıkışma özelliklerinin değişmesi
- Aynı zemin tabakasında, tabaka kalınlığının değişmesi
- Oturmaların meydana geldiği zemin derinliği içinde, yerel sert veya yumuşak bölgelerin (zonların) varlığı
- Gerilmelerin birbiri üzerine binmesi
- Temel büyüklüklerinin, derinliklerinin ve taban basınçlarının farklı olması vb.



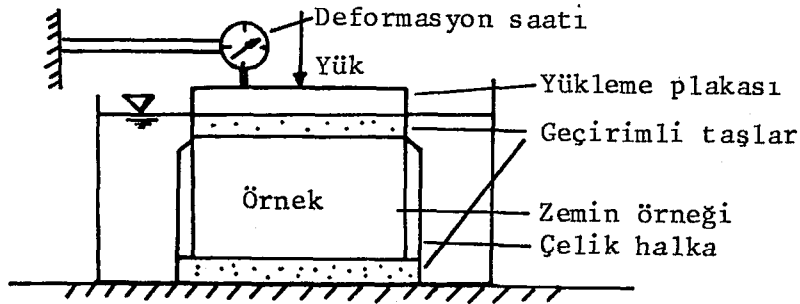
BÖLÜM 2

BAZI TRABZON KİLLERİNİN KONSOLİDASYON ÖZELLİKLERİ

2.1. Konsolidasyon Oturması

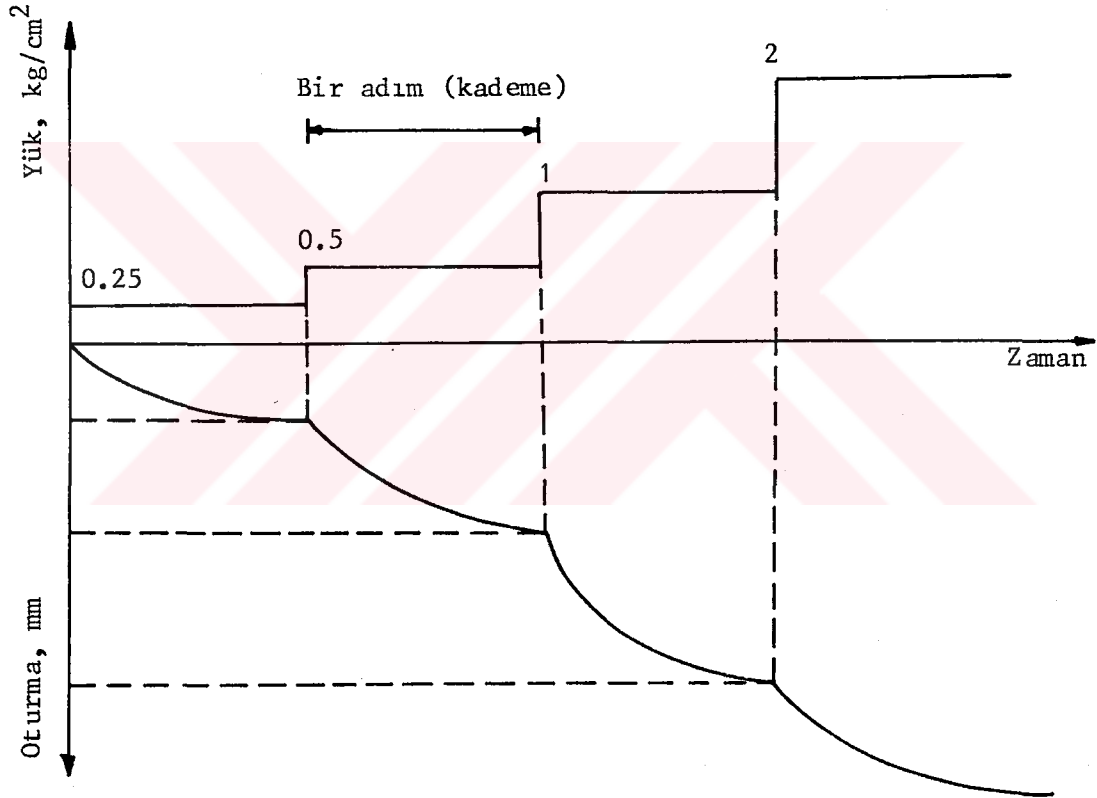
2.1.1. Konsolidasyon Deneyi

Suya doygun kohezyonlu bir zemin tabakasının konsolidasyon oturmasını tahmin etmek için, tabakadan örselenmemiş zemin örneği alınır. Ucu keskin çelik bir halka içindeki zemin örneği konsolidasyon aletine (odometre) yerleştirilir (Şekil 2.1). Konsolidasyon aleti bir yük kolu ve çelik halka içerisindeki örneğin yerleştirildiği bir hücreden oluşur. Çelik halka zemin örneğinin yanal deformasyonunu önler. Sıkışma (oturma), sadece düşey doğrultuda olur. Buna bir boyutlu konsolidasyon denilir. Çelik halka içerisinde yanal deformasyonu sınırlanmış örselenmemiş zemin örneğinin alt ve üst yüzeylerine suyun giriş çıkışını sağlamak amacı ile geçirimli (poroz) taşlar yerleştirilir.



Şekil 2.1: Konsolidasyon (Odometre) deneyi

Basınç altında örneğin oturması yükleme başlığı üzerine yerleştirilen deformasyon saati ile ölçülür. Yükleme adım adım yapılır (Şekil 2.2). Uygulanan adım değerleri 0.25, 0.50, 1, 2, 4, 8, 16, 32, vb. kg/cm^2 olarak seçilir. Her adımda, adımın başlangıcından itibaren belli süreler sonunda (0, 0.25, 0.50, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100 dak ve 2, 4, 8 ve 24 saat) oturma değerleri, deformasyon saati gözlenerek kaydedilir. Her adımda oturmalar sona erene kadar (24 saat gibi) beklenir. Yükleme bittikten sonra boşaltma yapılır ve benzer işlemler uygulanır.

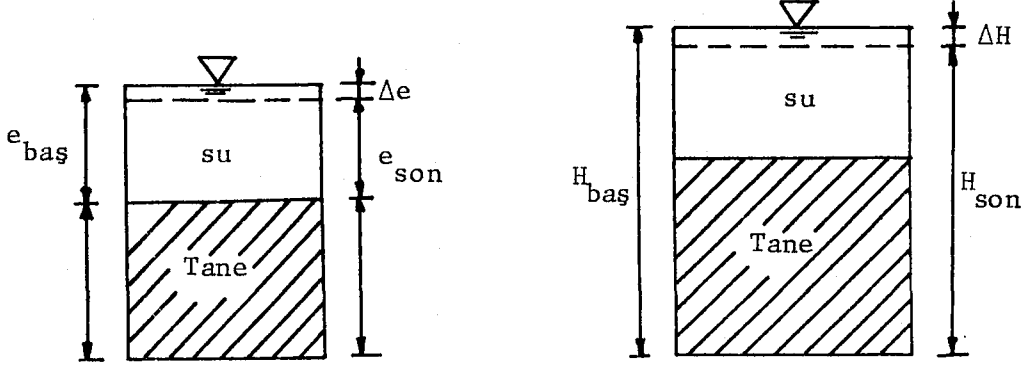


Şekil 2.2: Yükleme adımları

Uygulanan basınç altında belli bir zaman sonra son oturmayaya ve denge boşluk oranına ulaşılır. Denge durumunda uygulanan basınç, örneğin efektif gerilmesine eşit olur. Basınç arttırılırsa yeni denge boşluk oranlarına ulaşılır.

Her adımın sonu için, zemin örneğinin boşluk oranı, deformasyon saati okumasından ve deney sonunda örneğin su muhtevası ya da kuru ağırlığından hesaplanabilir. Şekil 2.3 deki

bileşenler diyagramından yararlanarak deney sonu boşluk oranı, aşağıdaki yöntemlerden biri kullanılarak bulunabilir.



Şekil 2.3: Bileşenler diyagramı

a) Zemin örneğindeki tane yüksekliği, aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$H_s = \frac{W_k}{\gamma_s \cdot A} \quad (2.1)$$

W_k : Zemin örneğinin kuru ağırlığı

γ_s : Zemin örneğinin tane birim hacim ağırlığı

A : Zemin örneğinin dairesel alanı

Bir adımın sonunda, boşluk oranı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$e_{son} = \frac{H_{son} - H_s}{H_s} \quad (2.2)$$

H_{son} , zemin örneğinin adım sonundaki yüksekliği olup,

$H_{son} = H_{baş} - \Delta H$ ile hesaplanır. Bu yöntemde hesaplamalar baştan sona doğru yapılır. Hesaplamalar, tablo üzerinde kolayca yapılabilir.

b) Konsolidasyon deneyi sonunda, zemin örneğinin boşluk oranı ($s_r = \%100$ kabul edilerek),

$$e_{son} = W_{son} \cdot \gamma_s \quad (2.3)$$

dir. W_{son} , deney sonunda zemin örneğinin belirlenen su muhtevasıdır.

Herhangi iki durum arasında, boşluk oranı ve boşluk oranı farkı ile yükseklik ve yükseklik farkı arasında, aşağıdaki genel ilişki yazılabilir.

$$\frac{\Delta e}{1+e} = \frac{\Delta H}{H} \quad (2.4)$$

Bağıntı (2.4), başlangıç değerleri cinsinden,

$$\frac{\Delta e}{1+e_{\text{baş}}} = \frac{\Delta H}{H_{\text{baş}}} \quad (2.4 \text{ a})$$

ve son değerler cinsinden,

$$\frac{\Delta e}{1+e_{\text{son}}} = \frac{\Delta H}{H_{\text{son}}} \quad (2.4 \text{ b})$$

biçimlerini alır.

Konsolidasyon deney başı ile deney sonu arasında, deney başı değerleri cinsinden boşluk oranı farkını yazalım:

$$\Delta e = \frac{1+e_{\text{baş}}}{H_{\text{baş}}} \Delta H \quad (2.5)$$

$e_{\text{baş}} = e_{\text{son}} + \Delta e$ olduğuna göre, bağıntı (2.5) aşağıdaki şekli alır:

$$\Delta e = \frac{1+e_{\text{son}}+\Delta e}{H_{\text{baş}}} \Delta H \quad (2.6)$$

Bağıntı (2.6) dan Δe hesaplanır, sonra $e_{\text{baş}} = e_{\text{son}} + \Delta e$ den $e_{\text{baş}}$ bulunur. Konsolidasyon deney başlangıcı ile, herhangi bir adım sonu arasında

$$\Delta e = \frac{1+e_{\text{baş}}}{H_{\text{baş}}} \Delta H$$

yazılarak Δe elde edilir. Burada, $(1+e_{\text{baş}})/H_{\text{baş}}$ değeri sabittir. ΔH ise, konsolidasyon deney başı ile herhangi bir adım

sonu arasındaki sıkışma miktarıdır. Herhangi bir adım sonundaki boşluk oranı,

$$e = e_{\text{baş}} - \Delta e$$

olarak hesaplanır. Hesaplar, baştan sona doğru yapılır.

Benzer biçimde, herhangi bir adım sonu ile konsolidasyon deney sonu arasında

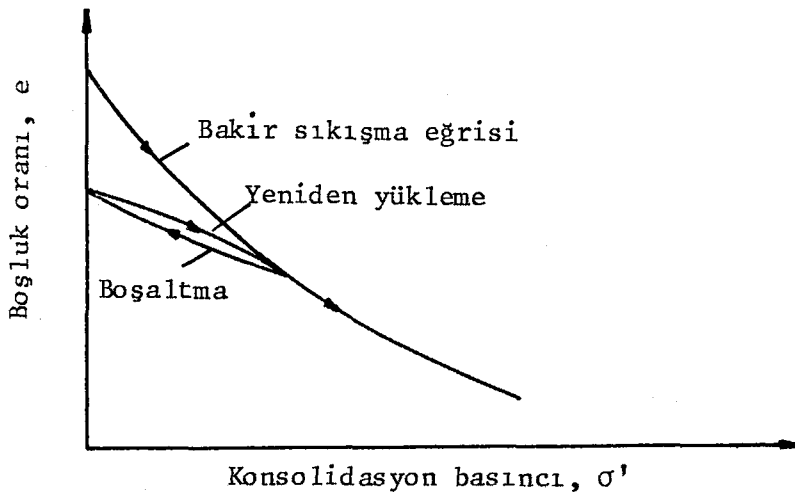
$$\Delta e = \frac{1+e_{\text{son}}}{H_{\text{son}}} \Delta H$$

yazılarak, Δe elde edilebilir. Burada da $(1+e_{\text{son}})/H_{\text{son}}$ değeri sabittir. ΔH ise herhangi bir adım sonu ile, konsolidasyon deney sonu arasındaki sıkışma miktarıdır. Herhangi bir adım sonundaki boşluk oranı,

$$e = e_{\text{son}} + \Delta e$$

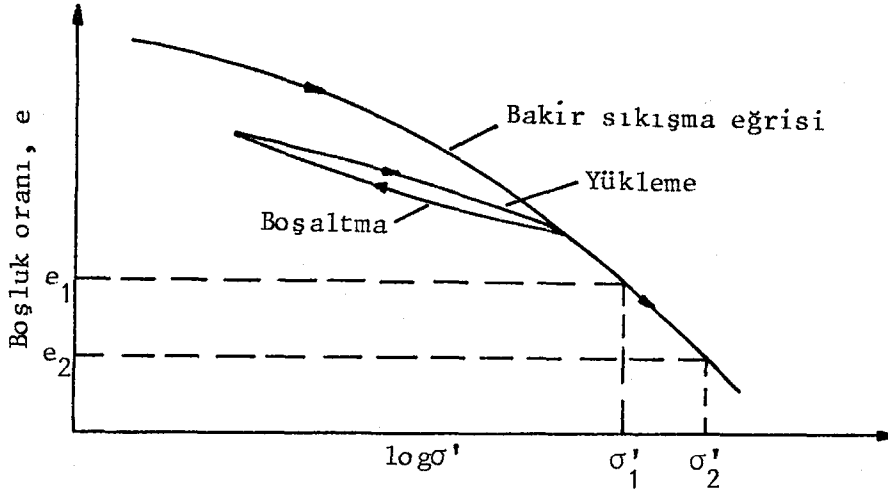
olarak hesaplanır. Hesaplar, sondan başa doğru yapılır.

Konsolidasyon deneyinde, boşluk oranı-gerilme ($e-\sigma'$) ilişkisi Şekil 2.4 deki gibidir.



Şekil 2.4: Konsolidasyon deneyinde $e-\sigma'$ ilişkisi

Aynı ilişki, $e-\log\sigma'$ olarak Şekil 2.5 deki gibi olur.



Şekil 2.5: Konsolidasyon deneyinde $e-\log\sigma'$ ilişkisi

Sıkışma indisi, C_c , Şekil 2.5 de bakir sıkışma eğrisinin eğimi olarak aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log\sigma'_2 - \log\sigma'_1} = \frac{\Delta e}{\log\frac{\sigma'_2}{\sigma'_1}} = \frac{\Delta e}{\log\frac{\sigma'_1 + \Delta\sigma}{\sigma'_1}} \quad (2.7)$$

Kabarma veya şişme indisi, C_s de, benzer biçimde boşaltma eğrisinin eğimi olarak tanımlanır. Laboratuvar sıkışma indisi ile, likit limit arasında aşağıdaki bağıntı verilmiştir (Skempton, 1944).

$$C_c = 0.007 (w_L - 10) \quad (2.8)$$

Bağıntı (2.8) de, likit limit değeri tam sayı olarak yerine konmalıdır. Araziye ait sıkışma indisinin, laboratuvar sıkışma indisinden bir miktar daha büyük olduğu bulunmuştur. Araziye ait sıkışma indisi için aşağıdaki bağıntı verilmiştir:

$$C_c = 0.009 (w_L - 10) \quad (2.9)$$

Sıkışma sayısı a_v , aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta \sigma'} = \frac{e_1 - e_2}{\sigma_2' - \sigma_1'} \quad (2.10)$$

Hacimsal sıkışma sayısı, m_v ; birim hacimdeki azalmanın birim gerilme artışına oranı olarak tanımlanır:

$$m_v = \frac{\Delta v/v}{\Delta \sigma'} \quad (2.11)$$

Bir boyutlu konsolidasyonda,

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta H}{H} = \frac{\Delta e}{1+e} \quad (2.12)$$

olduğundan, bağıntı (2.11) aşağıdaki gibi yazılabilir.

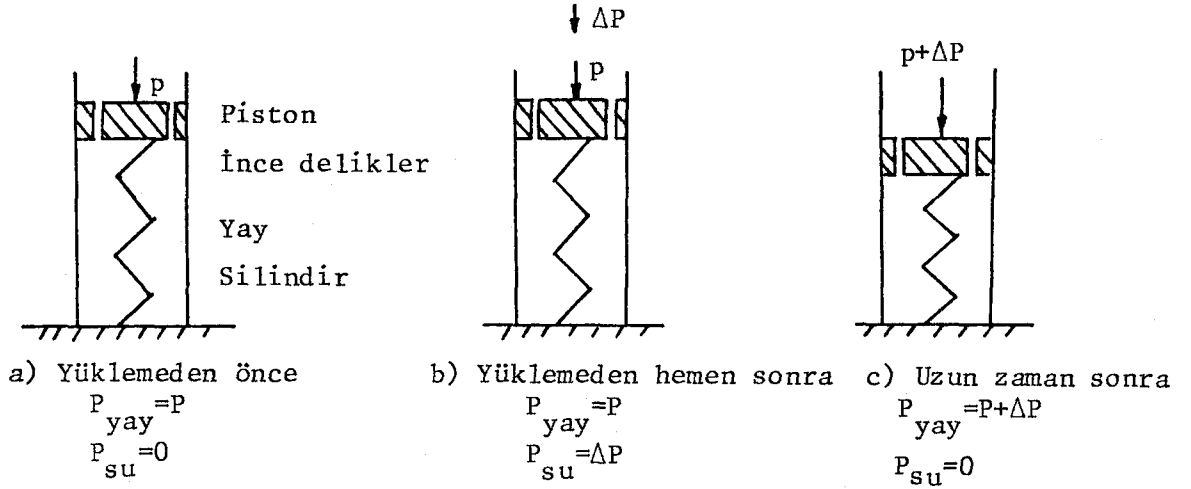
$$m_v = \frac{\Delta H/H}{\Delta \sigma'} = \frac{\Delta e/(1+e)}{\Delta \sigma'} = \frac{a_v}{1+e} \quad (2.13)$$

Hacimsal sıkışma katsayısı, m_v nin birimi cm^2/kg , m^2/t gibidir. m_v , a_v değerleri her adım için ayrı ayrı hesaplanır.

2.1.2. Konsolidasyon Olayının Analojisi (Benzetimi)

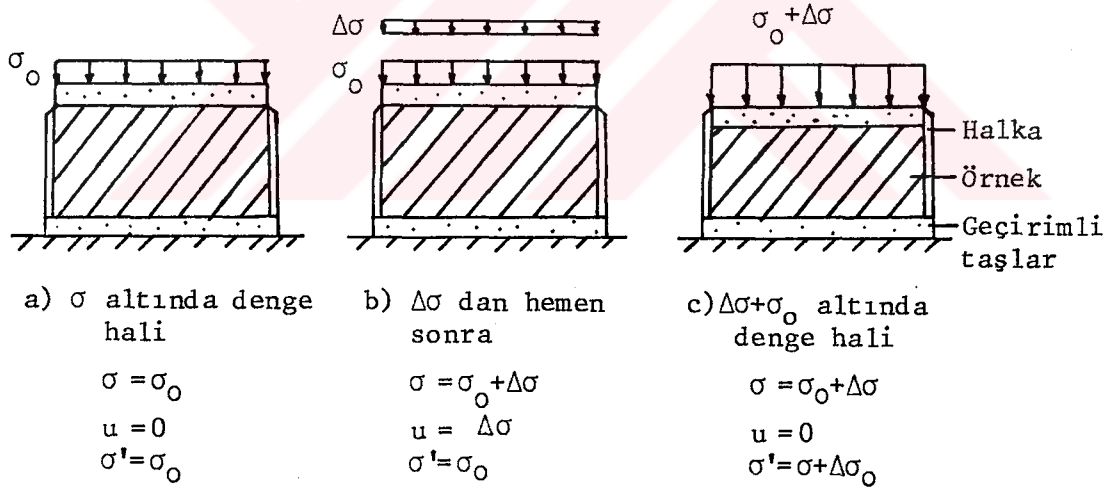
Konsolidasyon olayı en iyi, içi su dolu bir silindir, üzerinde çok ince delikler olan ve bir yay üzerine oturan piston düzenine benzetilerek açıklanabilir (Şekil 2.6).

Sabit bir P yükü altında uzun süre kalmış sistemde (Şekil 2.6 a durumu); P yükü yay tarafından taşınmakta olup, silindirdeki su, herhangi bir yük taşımamaktadır. Piston üzerindeki yük ΔP kadar artırıldıktan hemen sonra (Şekil 2.6 b durumu), suyun pratik olarak sıkışmaz olmasından dolayı, ΔP ek yükü su tarafından taşınır. Yaya ek yük gelmez. Zamanla basınç altındaki suyun bir kısmı, ince deliklerden yavaşça dışarı akarak çıkar ve bir süre sonra (Şekil 2.6 c durumu), su herhangi bir yük taşımaz. $P+\Delta P$ yükü, tamamen yay tarafından taşınır.



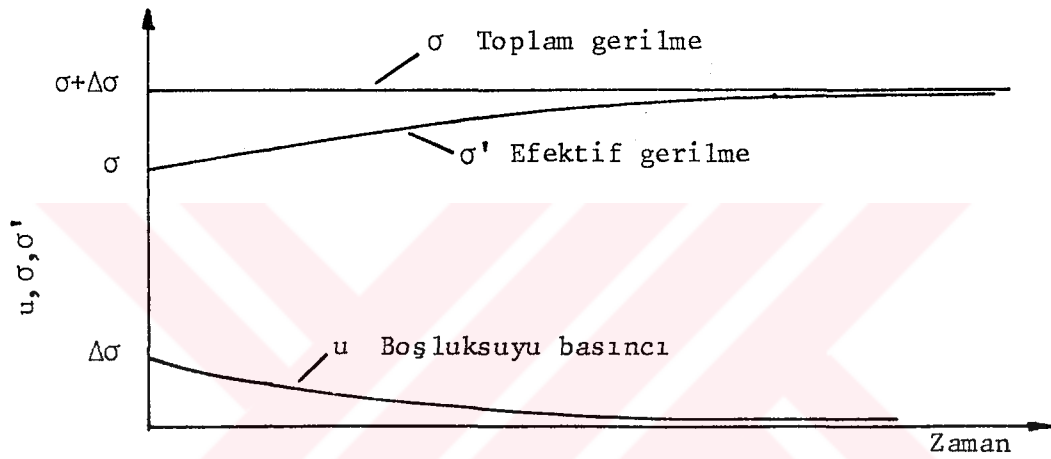
Şekil 2.6: Konsolidasyon olayının analogisi

Suya doymun bir tabakanın konsolidasyonunda veya konsolidasyon deneyindeki zemin örneğinde de benzer olaylar olur (Şekil 2.7).

Şekil 2.7: Konsolidasyon deneyinde σ , u ve σ' nin durumları

Bu benzetimde; pistondaki su, zemindeki boşluk suyuna; yay, zemin tane iskeletine; pistondaki ince delikler, zeminin geçirimsizliğine; pistonun düşey hareketi, zeminin düşey oturmasına karşılık gelir. Şekil 2.7 de konsolidasyon deneyinde, herhangi bir basınç gerilmesi altında dengede olan (oturmasını tamamlamış) bir durumda (a durumu), gerilme $\Delta\sigma$ kadar artırıldıktan

hemen sonra (b durumu), ek gerilme artışı boşluk suyu tarafından taşınır ve boşluk suyu basıncı bir miktar artar. Zamanla basınç altındaki su, yavaşça dışarı akar ve uzun zaman sonra boşluk suyu ek basıncı sıfır olur (c durumu). Bu durumda boşluk suyu basıncı sıfır olup, $\sigma + \Delta\sigma$ gerilmeleri zemin tane iskeleti tarafından taşınır ve zemin örneği ΔH kadar konsolidasyon oturmasına uğrar. Burada, toplam gerilme (σ), boşluk suyu basıncı (u) ve efektif gerilme (σ') nun zamanla değişimi Şekil 2.8 deki gibidir.



Şekil 2.8: σ , u ve σ' nun konsolidasyon deneyinde zamanla ilişkisi

Arazide de gerilmeler benzer biçimde değişir. Ancak boşluk suyu basıncı, gerilme artışından hemen önce ve uzun zaman sonra sıfır olmayıp, sabit bir u değerine eşit olur.

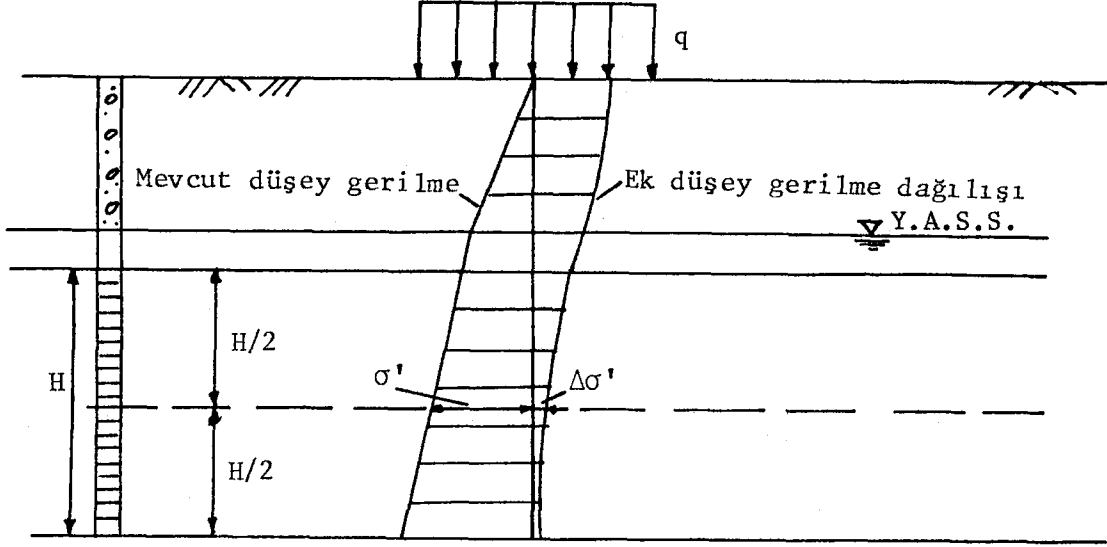
2.1.3. Konsolidasyon (birincil) Oturmasının Hesaplanması

Arazide, H kalınlığındaki suya doymun bir tabakanın son (nihai) konsolidasyon oturması, ρ_c (ΔH , S_c , vb.) iki şekilde hesaplanabilir (Şekil 2.9).

a) Hacimsal sıkışma katsayısı ile:

Bağıntı (2.13) den oturma çekilirse,

$$\rho_c = m_v \cdot H \cdot \Delta\sigma' \quad (2.14)$$



Şekil 2.9: Konsolidasyon oturması

elde edilir. ρ_c : tabakanın toplam son (nihai) konsolidasyon oturması, $\Delta\sigma'$: yüklemeye dolay, tabaka ortasındaki efektif gerilme artışı, m_v : konsolidasyon deneyinden arazideki gerilme artış durumuna karşılık gelen hacimsel sıkışma katsayısı, H : tabakanın kalınlığı.

b) Sıkışma indisi ile:

Bağıntı (2.7) ve (2.12) den oturma çekilirse,

$$\rho_c = \frac{H}{1+e_0} C_c \log_{10} \frac{\sigma_2'}{\sigma_1'} \quad (2.15)$$

elde edilir. Burada, e_0 : Tabakanın yüklenmeden önceki durumuna ait boşluk oranı, σ_1' : tabaka ortasında yüklemeye önceki efektif gerilme, σ_2' : yüklemeye sonra, tabaka ortasındaki efektif gerilme, C_c : sıkışma indisi.

2.1.4. Ön Konsolidasyon Basıncının Belirlenmesi

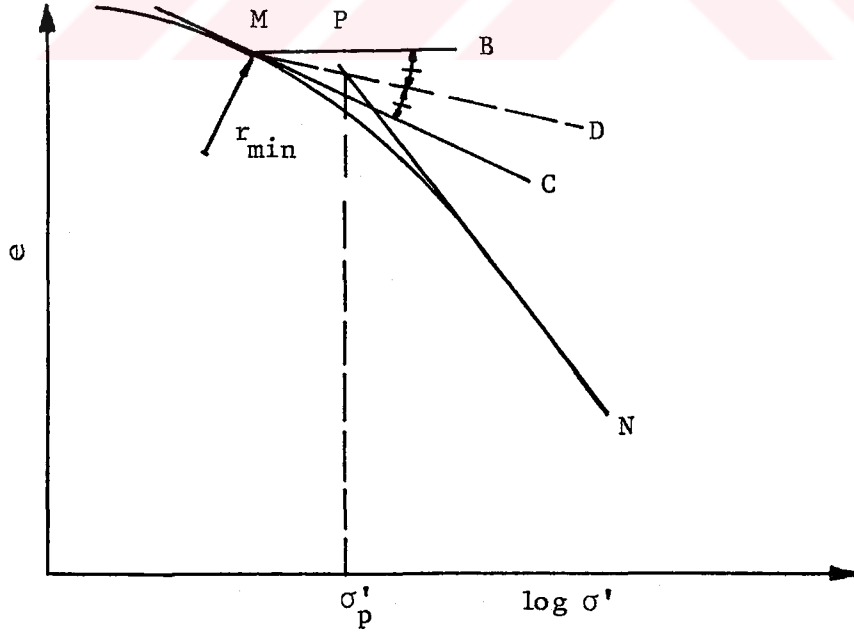
Killer konsolidasyon geçmişine göre, başlıca 3 kısma ayrılırlar.

1) Normal konsolide olmuş killler : Geçmişte, halihazırdaki (şimdiki) yükünden daha büyük yüklere maruz kalmamış olup, halihazırdaki yükler altında, konsolidasyonlarını tamamlamışlardır.

2) Aşırı konsolide olmuş killler: Geçmişte, halihazırdaki yükünden daha büyük yüklere maruz kalmış killerdir. Bir tabaka jeolojik geçmişte, buz devrinde, buz ağırlığının etkisinde kalmış olabilir veya aşınma, kazı vb. nedenlerle tabaka üzerindeki yükler kalkmış olabilir.

3) Konsolidasyonu devam eden (konsolidasyon altındaki) killler: Şimdiki yükü altında konsolidasyonu tamamlanmamış, konsolidasyonu devam eden killerdir.

Aşırı konsolide olmuş bir kilin, geçmişte maruz kaldığı, konsolidasyon basıncı (ön konsolidasyon basıncı)'nı belirlemek için Casagrande (1936) aşağıdaki amprik yöntemi önermiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Ön konsolidasyon basıncının belirlenmesi

e-log σ' eğrisinde maksimum eğriliğin (minimum yarıçap) olduğu nokta M belirlenir. M noktasından yatay (MB) ve teğet (MC) çizilir. Eğrinin doğrusal kısmı (NP) uzatılarak, CMB açısının açıortayı ile kesiştirilir. Bulunan p noktasına ait basınç (σ'_p), ön konsolidasyon basıncıdır. Aşırı konsolide olmuş kiler için, aşırı konsolidasyon oranı (OCR), aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$OCR = \frac{\sigma'_p \text{ (geçmiş)}}{\sigma' \text{ (şimdiki)}} \quad (2.16)$$

Aşırı konsolide olmuş kiler, normal konsolide olmuş killere göre daha az oturma yaparlar. Çünkü e-log σ' eksen takımında, aşırı konsolide olmuş kile ait kısım daha yatık olup, C_c sıkışma indisi daha küçüktür.

2.1.5. Arazi Konsolidasyon Oturması

Skempton ve Bjerrum (1957), konsolidasyon (odometre) deneyinde, yanıl deformasyonun sıfır olduğunu, bu koşulun ancak sıkışan tabaka kalınlığına göre, çok büyük bir alanın yüklenmesi veya sınırlı bir alan altındaki ince bir kil tabakası olması durumlarında sağlanabileceğini öne sürdüler. Sonuç olarak, konsolidasyon deneyinden bulunan konsolidasyon oturmasının, arazi-deki oturmadan daha farklı olabileceğini belirttiler:

$$\sigma_c(\text{arazi}) = \mu \cdot \rho_c \text{ (odometre)} \quad (2.17)$$

μ : kilin konsolidasyon geçmişine bağlı olarak verilen bir katsayı olup, konsolide olmuş killerde 0.6-1.0 arasında, aşırı konsolide olmuş killerde 0.4-0.7 arasında değişmektedir.

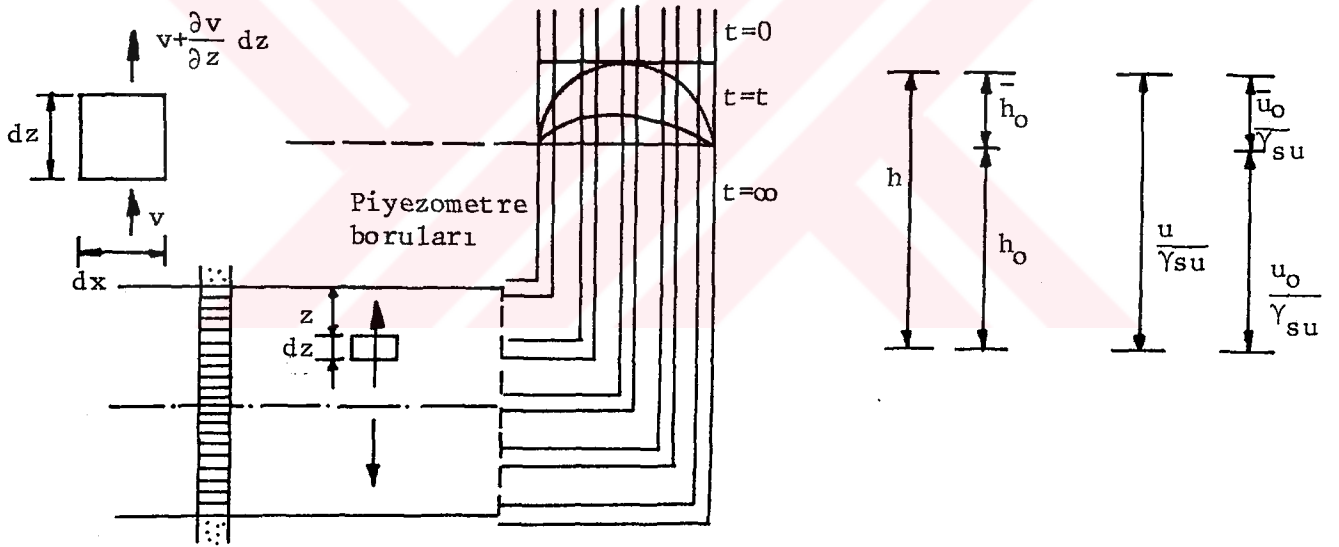
2.1.6. Terzaghi Bir Boyutlu Konsolidasyon Teorisi

Bir boyutlu konsolidasyon teorisi, Terzaghi (1923) tarafından geliştirilmiştir. Bu teorinin geliştirilmesinde,

aşağıdaki basitleştirmeler, kabuller yapılmıştır:

- 1) Zemin homogen ve tam doygundur.
- 2) Zemin taneleri ve boşluklardaki su, sıkışmazdır.
- 3) Darcy yasası geçerlidir.
- 4) Konsolidasyon süresince, geçirimsizlik katsayısı, k , sabittir
- 5) Sıkışma, sadece düşey doğrultuda olur.
- 6) Tabaka sınırları geçirimli olup, su akışına ve çıkışına engel olmazlar.
- 7) Tabakanın toplam yüksekliğinin değişimi (sıkışma miktarı) önemsiz olup, ihmal edilebilir.

Şekil 2.11 de, iki geçirimli tabaka arasında, suya doygun, H kalınlığında bir kil tabakası görülüyor.



Şekil 2.11: Terzaghi bir boyutlu konsolidasyon teorisi

z derinliğinde, dz kalınlığındaki bir eleman düşünelim. Elemanın diğer boyutları dx , dy olsun. Elemana suyun giriş hızı v_z , çıkış hızı $v_z + \left(\frac{\partial v_z}{\partial z}\right)dz$ olsun. Elemana giren su miktarı,

$$q_1 = v \cdot A = v_z dx dy \quad (2.18)$$

olur. Elemandan çıkan su miktarı,

$$q_2 = (v_z + \frac{\partial v_z}{\partial z} \cdot dz) dx dy \quad (2.19)$$

olur. Buradan, birim zamanda zemin elemanından çıkan Δq su miktarı,

$$\Delta q = q_2 - q_1 = \frac{\partial v_z}{\partial z} dz dx dy \quad (2.20)$$

olur. Elemanın hacmi, $V_0 = dx dy dz$ ise elemanın hacim değişmesi, ΔV ,

$$\Delta V = m_v V_0 \Delta \sigma'$$

olur. Bu azalmanın zamanla değişimi,

$$\frac{\partial (\Delta V)}{\partial t} = -m_v dx dy dz \frac{\partial (\Delta \sigma')}{\partial t} \quad (2.21)$$

olur. Süreklilik denklemi gereği, bağıntı (2.20) ve (2.21) birbirine eşit olmalıdır.

$$\frac{\partial v_z}{\partial z} = -m_v \frac{\partial (\Delta \sigma')}{\partial t} \quad (2.22)$$

elde edilir. Darcy yasasına göre $v = k.i$, $i = dh/dz$, $\bar{u} = h \gamma_{su}$ olur. Buradan, $h = \bar{u} / \gamma_{su}$ ve hidrolik eğim

$$i = \frac{1}{\gamma_{su}} \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} \quad (2.23)$$

olur. Darcy Yasası,

$$v = k.i = \frac{k}{\gamma_{su}} \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} \quad (2.24)$$

elde edilir. Bağıntı (2.24) den,

$$\frac{\partial v_z}{\partial z} = \frac{k}{\gamma_{su}} \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial z^2} \quad (2.25)$$

elde edilir. Efektif gerilmedeki artış, ek boşluk suyu basıncındaki azalmaya eşit olduğundan $(\Delta(\Delta\sigma')) = -\Delta\bar{u}$,

$$\frac{\partial(\Delta\sigma')}{\partial t} = -\frac{\partial\bar{u}}{\partial t} \quad (2.26)$$

olur. Bağintı (2.22) aşağıdaki biçimi alır.

$$\frac{\partial v_z}{\partial z} = m_v \frac{\partial\bar{u}}{\partial t} \quad (2.27)$$

Bağintı (2.25) ve (2.27) eşitlenirse,

$$\frac{\partial\bar{u}}{\partial t} = \frac{k}{m_v \gamma_{su}} \frac{\partial^2\bar{u}}{\partial z^2} \quad (2.28)$$

elde edilir. Buradan,

$$\frac{\partial\bar{u}}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2\bar{u}}{\partial z^2} \quad (2.29)$$

yazılır. C_v konsolidasyon katsayısı olup,

$$C_v = \frac{k}{m_v \gamma_{su}} = \frac{k(1+e_0)}{a_v \gamma_{su}} \quad (2.30)$$

şeklinde ifade edilir. Konsolidasyon katsayısı, cm^2/sn , vb. birimlere sahiptir.

Bağintı (2.28) ve (2.29) bir boyutlu konsolidasyon olayının temel diferansiyel denklemi olup, ek boşluksuyu basıncının zamanla değişmesini, ek boşluk suyunun dışarı atılma hızına bağlar.

Temel diferansiyel denklem, Fourier serileri ile çözülür (Sing ve Punmia, 1970). Çözümde aşağıdaki sınır koşulları sağlanır.

$$\begin{aligned} t = 0 \quad \text{için} \quad z = z \quad \text{de} \quad \bar{u} = \bar{u}_0 = \Delta\sigma = \text{sabit} \\ t = \infty \quad \text{için} \quad z = z \quad \text{de} \quad \bar{u} = 0 \\ t = t \quad \text{için} \quad z = 0 \quad \text{da} \quad \bar{u} = 0 \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad z = H \quad \text{da} \quad \bar{u} = 0 \end{aligned}$$

Çözüm, $U(\%)$, konsolidasyon yüzdesi ve T_v , zaman faktörü arasında, değişik drenaj yüzey koşullarına ve konsolidasyon basıncının tabaka kalınlığı boyunca dağılışı biçimine bağlı olarak ifade edilir.

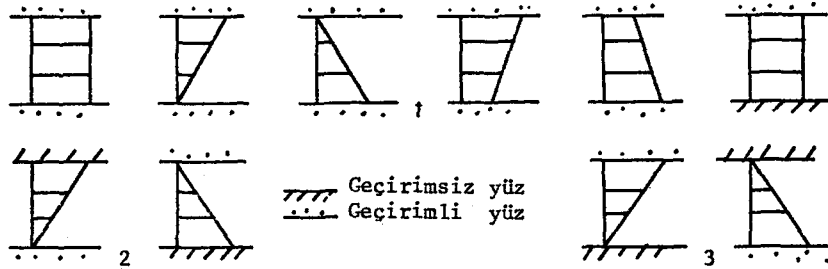
$$U(\%) = f(T_v) \quad (3.31)$$

zaman faktörü T_v , boyutsuz olup aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$T_v = \frac{C_v t}{d^2} \quad (2.32)$$

Burada, C_v : konsolidasyon katsayısı (cm^2/sn), t : başlangıçtan itibaren geçen süre (sn), d : drenaj yolu uzunluğu (cm); tabakanın her iki yüzünde drenaja açık ise $d=H/2$, tabakanın sadece bir yüzü drenaja açık ise $d=H$ olarak alınır. Çeşitli drenaj koşulları ve konsolidasyon basınç dağılışı biçimleri için $U-T_v$ ilişkisi Tablo 2.1 de verilmektedir.

Arazideki tabakada, drenaj koşulları ve konsolidasyon basıncının tabaka kalınlığı boyunca yaklaşık dağılışı biçimine uygun olarak, ilgili $U-T_v$ ilişkisi kullanılır.



Şekil 2.12: Drenaj koşulları ve konsolidasyon basıncı dağılışı

Tablo 2.1: $U-T_v$ ilişkisi

U (%)	Zaman Faktörleri T_v		
	1	2	3
10	0.008	0.047	0.003
20	0.031	0.100	0.009
30	0.071	0.158	0.024
40	0.126	0.221	0.048
50	0.197	0.294	0.092
60	0.287	0.383	0.160
70	0.403	0.500	0.271
80	0.567	0.865	0.440
90	0.848	0.940	0.720

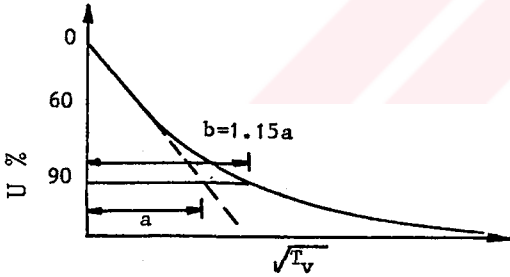
2.1.7. Konsolidasyon Katsayısının Belirlenmesi

Konsolidasyon katsayısı, C_v ; $U-T_v$ arasındaki teorik ilişkinin, laboratuvar konsolidasyon deneyinde, konsolidasyon oturması-zaman ilişkisine olan benzerliğinden yararlanarak belirlenebilir. C_v 'nin belirlenmesinde kullanılan başlıca iki yöntem aşağıda açıklanmaktadır.

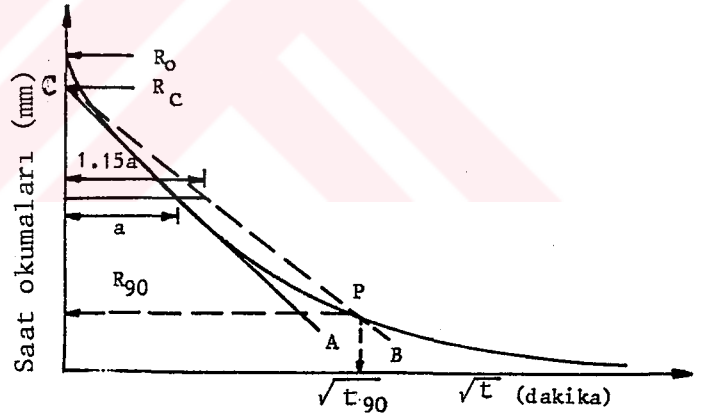
a) Karekök zaman yöntemi

Şekil 2.13 de teorik $\sqrt{T_v}-U$ ilişkisi görülmektedir.

Teorik $\sqrt{T_v}-U$ ilişkisinde, ilişki $U=\%60$ a kadar doğrusal olup; $U=\%90$ da, eğrisel $\sqrt{T_v}$, doğrusal kısmın 1.15 katıdır (Taylor,1948). Bu özellikten yararlanarak; konsolidasyon deneyinde herhangi bir adım için, düşeyde deformasyon saati okumaları, yatayda \sqrt{t} (dakika) işaretlenir (Şekil 2.14).



Şekil 2.13: Teorik $\sqrt{T_v}-U$ ilişkisi



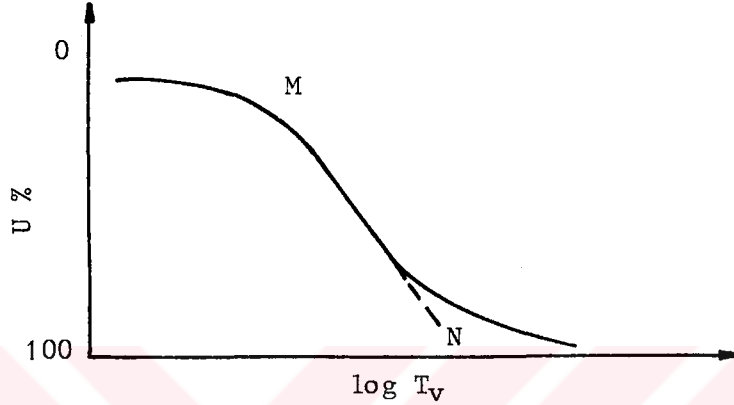
Şekil 2.14: Karekök zaman yöntemi

Çizilen ilişkinin doğrusal kısmı uzatılarak, deneysel başlangıç (R_0) düzeltilir (R_c). Doğrusal kısım (CA), yatayla 1.15 katı kadar büyütülerek, CB doğrusu çizilir. CB nin eğriyi kestiği nokta (P) ya karşılık gelen deformasyon saati okuması, O adım için, nihai konsolidasyon oturmasının %90 ını ve $\sqrt{t_{90}}$ ise bu oturmaya karşılık gelen zamanı gösterir. Bağlantı (2.32) den C_v hesaplanır.

$$C_v = \frac{0.848 d^2}{t_{90}} \quad (2.33)$$

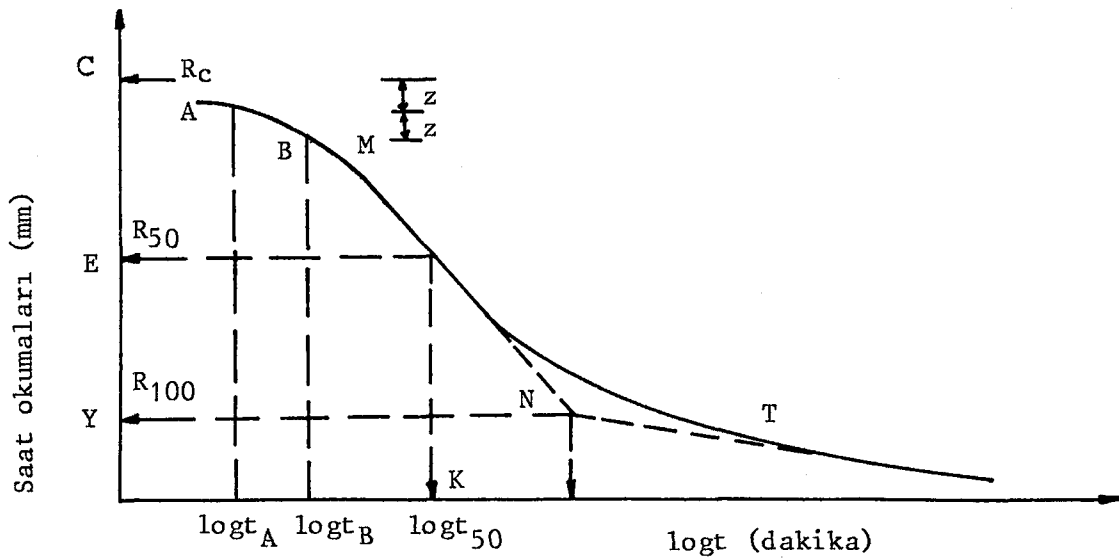
b) Logaritma zaman yöntemi

Şekil 2.15 de, teorik U - $\log T_v$ ilişkisi görülmektedir (Casagrande, 1939).



Şekil 2.15: Teorik U - $\log T_v$ ilişkisi

Bu teorik ilişkide, eğrinin son doğrusal bölümünün (MN), yatay asimtot doğrusunu kestiği noktanın (N), $U=100$ konsolidasyon oturmasına karşılık geldiği kabul edilir. Bu özellikten yararlanarak, konsolidasyon deneyinde, herhangi bir adım için, yatayda $\log t$ (dakika), düşeyde deformasyon saati okumaları işaretlenerek oturma- $\log t$ ilişkisi çizilir (Şekil 2.16).



Şekil 2.16: Logaritma zaman yöntemi

Laboratuvar eğrisinin düzeltilmiş başlangıç noktasını belirlemek için, eğrinin başlangıç eğrisel kısmının parabol olduğu kabul edilir. Başlangıç kısmında, zaman oranları ($t_A/t_B = 1/4$) olan iki nokta (A,B) seçilir. İki nokta arasındaki düşey uzaklık (z) kadar A noktasından düşey uzaklıkta bir yatay doğru çizilir. Bu yatay doğrunun, düşey eksenini kestiği C noktası, O adım için düzeltilmiş başlangıç okumasını verir. Eğrinin MN ve NT teğetlerinin kesiştiği N noktası karşılık gelen deformasyon saat okuması $U=100$ konsolidasyon oturmasını verir. $U=50$ konsolidasyon oturmasına (E noktası) karşılık gelen zaman (K noktası) $\log t_{50}$ dir.

Bağıntı 2.32 den C_v hesaplanır:

$$C_v = \frac{0.196 d^2}{t_{50}} \quad (2.34)$$

Konsolidasyon deney sonuçlarından c_v , m_v , vb. değerleri biliniirse, k geçirimsizlik katsayısı, bağıntı (2.30) ile belirlenebilir.

$$k = C_v m_v \gamma_{su} \quad \text{veya} \quad k = \frac{C_v a_v \gamma_{su}}{1+e_0} \quad (2.35)$$

2.1.8. İkincil (Secondary) Konsolidasyon

Terzaghi Bir Boyutlu Konsolidasyon Teorisinde, ek boşluk suyu basıncının sıfır olmasıyla (sönmesiyle), konsolidasyon oturmasının sona ermesi gerekir. Deneysel çalışmalar ek boşluk suyu basıncının sıfır olmasından sonra da, bazı durumlarda, oturmanın çok yavaş bir hızla olsa devam ettiğini göstermiştir. Bu olaya ikincil (secondary) konsolidasyon denilir. İkincil konsolidasyon oturmasının; zemin tane iskeletinin plastik deformasyonu ile kil tanelerini saran yüksek viskoziteli adsorbe suyun bir kısmının yavaşça dışarı çıkmasından kaynaklandığı sanılmaktadır. Genellikle ihmal edilebilecek kadar küçük olan ikincil konsolidasyon oturması (Şekil 1.3) bazı çok yüksek plastik killerde önemli olabilir.

İkincil konsolidasyon oturması, zamanın logaritması ile doğrusal olarak değişir (Şekil 2.16). İkincil konsolidasyon katsayısı, C_α , konsolidasyon deneyinde, birim sıkışma-logaritma zaman ($\Delta H/H - \log t$) ilişkisinde, son doğrusal kısmın (Şekil 2.16, NT) eğimi olarak tanımlanır:

$$C_\alpha = \frac{\Delta H/H}{\Delta \log t} \quad (2.36)$$

$\log t$ olarak, $\log t$ ekseninde bir zaman periyodu alınır. Bazen de, α , ikincil konsolidasyon katsayısı, boşluk oranı $\log t$ ($e - \log t$) ilişkisinde, son doğrusal kısmın eğimi olarak tanımlanır.

$$\alpha = - \frac{\Delta e}{\Delta \log t} \quad (2.37)$$

Arazide bir tabakaya ait ikincil konsolidasyon oturması, ρ_s tahmin edilirken, bağıntı (2.36) ve (2.37) kullanılabilir:

$$\rho_s = C_\alpha H \log \frac{t_2}{t_1} \quad (2.38)$$

veya

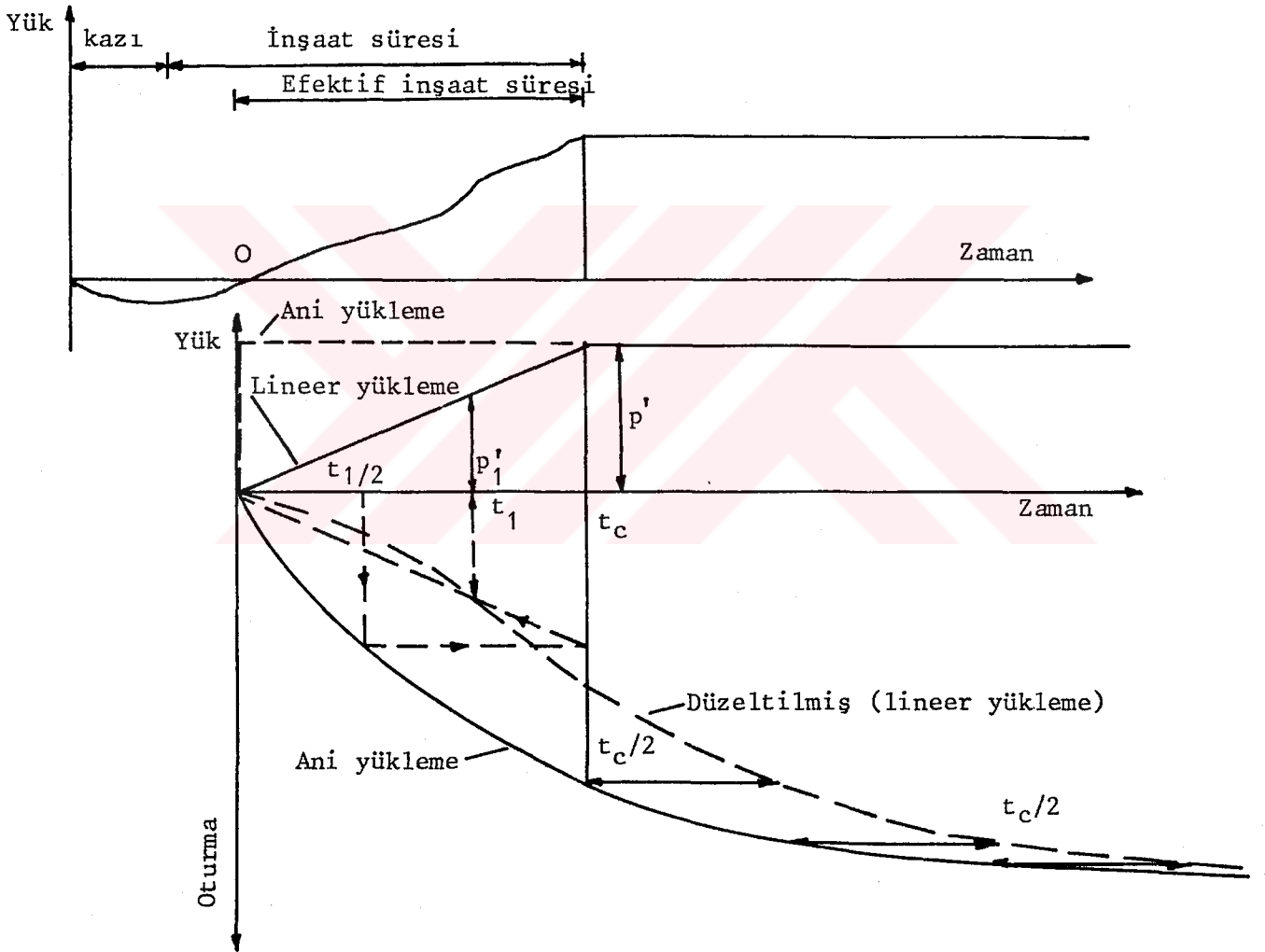
$$\rho_s = \alpha \frac{H}{1+e_0} \log \frac{t_2}{t_1} \quad (2.39)$$

H: Tabaka kalınlığı, t_1 : konsolidasyonun (birincil) başlangıcından itibaren, birincil konsolidasyonun sonuna kadar geçen süre ($U=100$ veya 90 karşılık gelen süre), t_2 : gene konsolidasyonun başlangıcından itibaren, ikincil konsolidasyonun hesaplanmasının istenildiği ana kadar geçen süre, e_0 : tabakanın ikincil konsolidasyon başlangıç boşluk oranı,

C_α veya α birçok etmene bağlı olarak değişmektedir (örnek kalınlığı, yük artış oranı, kil cinsi vb.).

2.1.9. Oturma-Zaman Eğrisinin Düzeltilmesi

Pratikte yapı yüklerinin zemine aktarılması ani olmayıp belli bir süre içinde, gittikçe artarak tamamlanır. Başlangıçta, kazıdan dolayı bir yük boşaltması ve buna bağlı olarak da, zeminde bir miktar şişme olur (Şekil 2.17). Kazı nedeniyle meydana getirilen yük boşaltması karşılanana kadar, kazı öncesine göre oturma olmaz.



Şekil 2.17: Düzeltilmiş ve düzeltilmemiş oturma-zaman eğrileri

Net oturma O noktasından sonra başlar. Terzaghi, ani yükleme göre bulunan oturma-yük eğrisini, doğrusal yükleme göre düzeltilmesi için bir amprik yöntem önerdi. Zemine

gelen net p' yükü; yapı yükünden, kazı ağırlığının çıkarılması ile bulunur. Düzgün olmayan yük-zaman ilişkisinin, zamanla doğrusal olduğu kabul edilir. Herhangi bir andaki t_1 düzeltilmiş oturma-zaman değeri (ρt_{1d}) bulmak için $t_1/2$ anına karşılık gelen düzeltilmiş oturma değeri ($\rho t_{1/2}$), yüklerle orantılı olarak azaltılır.

$$\rho t_{1d} = \frac{p_1'}{p'} \rho t_{1/2} \quad (2.40)$$

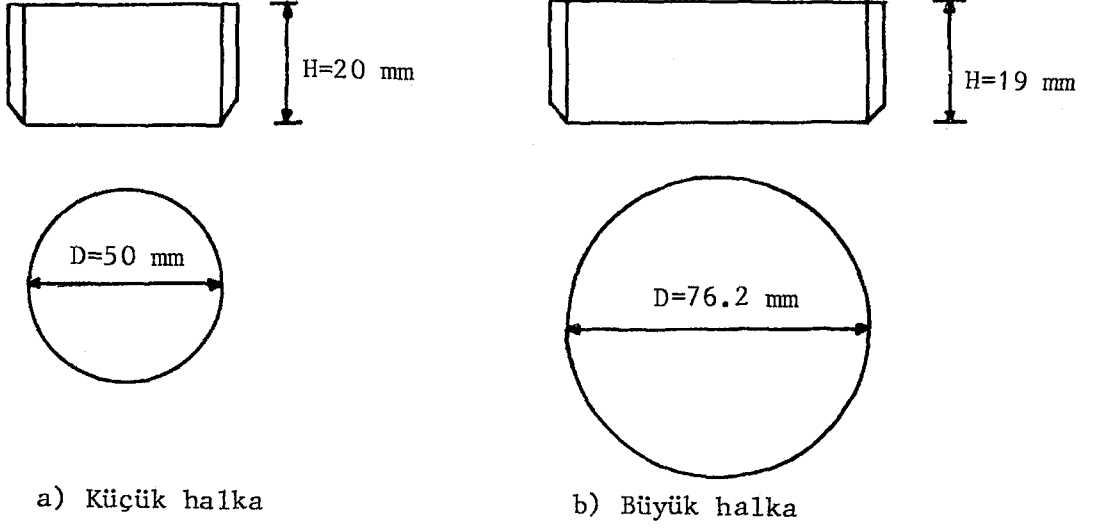
p_1' : t_1 anında karşılık gelen yük. Düzeltme işlemi, hesapla yapılabileceği gibi, grafik olarak da yapılabilir (Şekil 2.17). Düzeltilmiş eğrinin, efektif inşaat süresinden sonraki kısmı, düzeltilmiş eğrinin $t_{c/2}$ kadar yatay yönde kaydırılmasıyla elde edilir.

2.2. Bazı Trabzon Killerinin Konsolidasyon Özellikleri

2.2.1. DeneySEL Çalışma

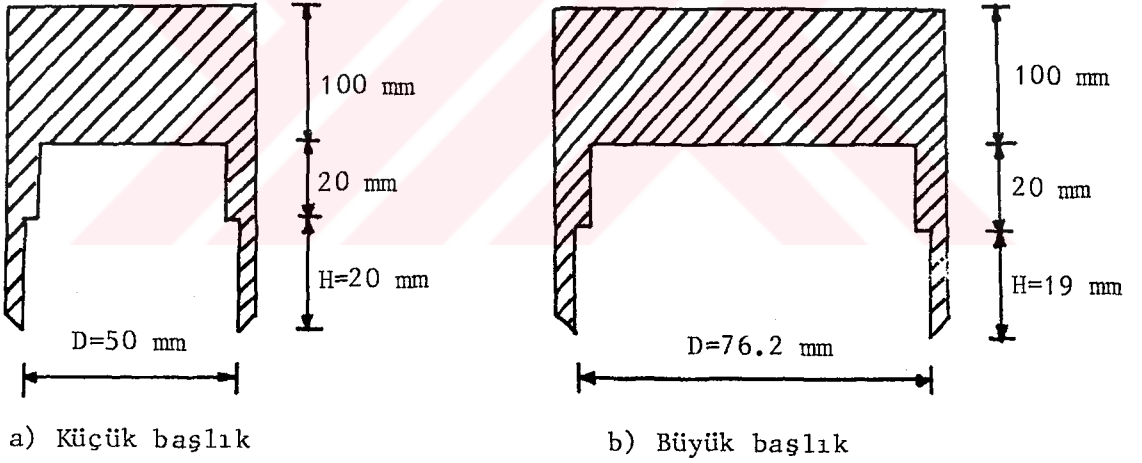
Trabzon ve çevresi killerinin konsolidasyon özelliklerini araştırmak amacıyla, belli yerlerden (Uzunkum, Köy Hizmetleri, Çamburnu, Havaalanı, Söğütlü) kil örnekleri alınarak, laboratuvarında konsolidasyon deneyleri yapıldı ve bu kil örneklerine ait konsolidasyon özellikleri belirlendi. Konsolidasyon deneyinin uzun zaman alması ve tez süresinin sınırlı olması nedeniyle, sınırlı sayıda deney yapılabildi. Her bir yöreden biri büyük ($D=76.2$ mm, $H=19$ mm) ve diğeri küçük ($D=50$ mm, $H=20$ mm) olmak üzere iki ayrı kil örneği alındı. Şekil 2.18 de örselenmemiş kil örneklerinin alındığı metal halkalar görülmektedir.

Örselenmemiş zemin örneği alırken, metal halkaların zemine çakılarak veya itilerek sokulması sırasında kolaylık sağlamak, halkanın tüm yüksekliğinin dolmasını temin etmek ve çakma



Şekil 2.18: Kıl örneklerinin alındığı metal halkalar

işlemi sırasında metal halka içerisindeki örneğin sıkışmasını önlemek amacıyla ile Şekil 2.19 da gösterilen ahşap başlıklar yapıldı.



Şekil 2.19: Ahşap başlıklar

Kohezyonlu zeminlerden örselenmemiş zemin örneği alabilmek için, örnek alınacak noktada zemin yüzeyi düzlenir. Şekil 2.18 de gösterilen metal halkalar zemin yüzeyine oturtulur. Üzerlerine ahşap başlıklar yerleştirilir. Bir çekiçle ahşap başlıklar üzerine merkezi bir şekilde vurularak veya

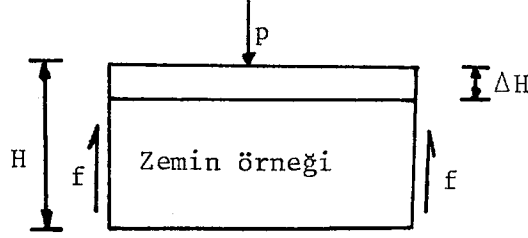
elle itilerek metal halkalar zemine sokulur. İçi zeminle dolan metal halkalar etrafı kazılarak çıkartılır. Zemin örneğinin metal halkaya girişi sırasında oluşabilecek sürtünmeleri azaltmak amacıyla, önceden metal halkaların iç yüzeyleri temizlenerek yağlanır. Örselenmemiş zemin örnekleri doğal durumları bozulmadan, özenle laboratuvara getirilir, alt ve üst yüzeyleri düzeltilir. Metal halka içerisindeki örselenmemiş zemin örnekleri konsolidasyon aletine dikkatli bir şekilde yerleştirilir. Kil örnekler, yüklemeye başlamadan önce, bir süre (birkaç gün) su içerisinde bekletilerek, suya doygun hale getirilir. Bu süre sonunda konsolidasyon deneyi kısım 2.1 de anlatıldığı gibi yapılır.

Burada, konsolidasyon deneyinin her ne kadar örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde yapıldığından bahsedilmekte ise de gerek zeminden örnek alma işlemi sırasında, gerekse örneği deneye hazırlamada, bir miktar örselenme meydana gelmektedir.

Deneye hazırlık ve deney sırasındaki bazı olumsuzluklar aşağıdaki gibi açıklanabilir:

1) Örnek yüzeyinin düzlenmesi : Metal halka içerisindeki örselenmemiş zemin örneklerinin alt ve üst yüzeylerinin bir bıçak yardımı ile düzlenmesi sırasında, örnek yüzeylerinde ince bir zemin tabakası bozulmaktadır. Van Zelst (1948), konsolidasyon deney örneğinin alt ve üst yüzeylerinin düzlenmesi sırasında oluşan bozuk tabaka kalınlığının, örnek kalınlığından bağımsız olduğunu ve zemin örneğinin her bir yüzeyinde belirli bir kil için 2-3 mm kadar bir kalınlığın bozulmuş olduğunu gösterdi. Bozulan tabakanın örnek kalınlığından bağımsız olduğu gözönünde bulundurulursa, ince örneklerde bozulmanın etkisi daha fazla olmaktadır. Bu çalışmada, aynı kalınlıktaki iki örselenmemiş kil örneklerinin alt ve üst yüzeylerinde meydana gelen bozuk tabaka kalınlığının aynı olduğu düşünülürse, iki halka üzerinde yapılan konsolidasyon deneyinde, deney sonuçlarının karşılaştırılmasında etkili olan bozuk tabaka kalınlığının deneye etkisini ihmal edebiliriz.

2) Yan (iç yüzey) sürtünmesi : Konsolidasyon deneyinde, uygulanan basıncın etkisi ile örneğin sıkışması sırasında, örnek ile metal halka yüzeyi arasında sürtünme kuvveti oluşur (Şekil 2.20).



Şekil 2.20: Yan (iç yüzey) sürtünmesi

Zemin örneğinin hareketi aşağıya doğru olup, sürtünme kuvveti yukarıya doğrudur. Sürtünme kuvveti uygulanan basıncın etkisini bir miktar azaltır. Sürtünme, metal halkanın iç yüzeyinin durumuna ve zemin cinsine bağlıdır.

Aynı çaplı, farklı kalınlıklı aynı cins iki zemin örneğinde halka ile örnek arasında oluşan sürtünme kuvvetinin, yanal yüzey alanı daha fazla olduğundan kalın halkada daha büyük olacağı açıktır.

Taylor (1942), belli bir kil üzerinde yaptığı deneylerde sürtünme kuvvetinin, yoğrulmuş killer için, uygulanan yükün %12-22 si ve örselenmemiş killer için %10-15 i olduğunu göstermiştir. Sürtünme kuvveti, görelî olarak etkisinin küçük ve elde edilmesinin zor olması nedeni ile deneysel hesaplarda ihmal edilir.

Zeminin diğer özelliklerini (γ_s , w , w_L , w_p , vb.) belirlemek için alınan örselenmiş zemin örnekleri üzerinde aşağıdaki deneyler yapıldı.

Su muhtevasının (w) belirlenmesi : Su muhtevası belirlenecek olan zeminden bir miktar (50-100 gr) alınır. Bu zemin örneği darası alınmış, ısıya dayanıklı cam bir kaba konur ve 0.01 gr duyarlıklı bir terazide tartılır ($w_{yaş}$). Bu kap etüve

konarak 105-110°C de 24 saat bekletilir. Kurutulan zemin örneği etüvden alınarak desikatör içerisinde soğumaya bırakılır. Kuru örnek tartılarak kuru ağırlığı (W_{kuru}) belirlenir. Bu deney ortalama en az üç örnek üzerinde yapılır.

Zeminin su muhtevası kuru zemin ağırlığının yüzdesi olarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

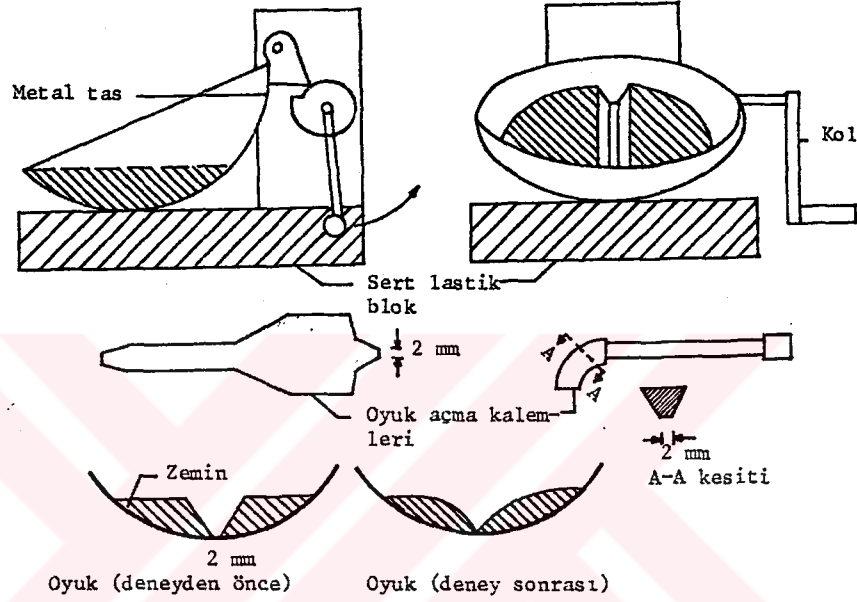
$$w = \frac{W_{su}}{W_{kuru}} = \frac{W_{yaş} - W_{kuru}}{W_{kuru}} \quad (2.41)$$

Tane birim hacim ağırlığının (γ_s) belirlenmesi : Kohezyonlu zeminlerin (kil, silt gibi ince taneli) tane birim hacim ağırlığını (γ_s) belirlemek için Piknometre şişesi denilen ısıya dayanıklı cam kaplar kullanılır. Tane birim hacim ağırlığı belirlenecek kuru zeminden (40 nolu elekten geçen) bir miktar (10 gr kadar) alınır. Alınan kuru zemin darası alınmış piknometre şişesi içerisine konularak 0.001 gr duyarlıklı terazide tartılır. Geri kalan iç hacim bir miktar su ile doldurulur. Zemin örneği hava kabarcıklarından kurtuluncaya kadar şişeye vakum uygulanır. Piknometre şişesi havası alınmış damıtık su eklenerek doldurulur ve su banyosu içerisine bırakılır. Banyonun belli sıcaklığına ulaşıncaya kadar bekletilir. Piknometre şişesi etrafı kurulularak 0.001 gr duyarlıklı terazide tartılır. Piknometre şişesi içerisindeki boşaltılarak temizlenir ve havası alınmış damıtık su ile doldurulur. Su banyosunda, banyonun belli sıcaklığına erişinceye kadar bekletilir. Şişe etrafı kurulularak 0.001 gr duyarlıklı terazide tartılır. Bu işlemler en az iki defa yapılarak zeminin tane birim hacim ağırlığı belirlenir.

$$\gamma_s = \frac{W_s}{W_s - (W_2 - W_1)} \quad (2.42)$$

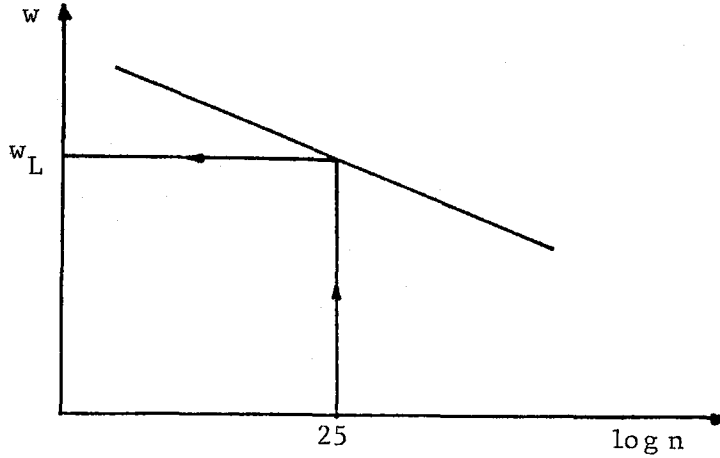
Burada; γ_s zeminin tane birim hacim ağırlığı, W_s : zeminin kuru ağırlığı, W_2 : piknometre şişesi+zemin+su ağırlığı, W_1 :piknometre şişesi+su ağırlığı'dır.

Likit Limitin (w_L) belirlenmesi : Likit limiti belirlenecek kohezyonlu zeminden (40 nolu elekten geçen, kuru zeminden) birkaç yüz gram alınarak, bir kaba konur. Üzerine su serpilerek iyice karıştırılır ve yoğrulur. Deney aleti elle veya elektrikle çevrilmeye 1 cm yükseklikten sert bir lastik blok üzerine düşen yarım küre biçimli metal bir tasta oluşur (Şekil 2.21).



Şekil 2.21: Likit limit deney aleti

Hazırlanan hamur kıvamındaki zemin bir bıçakla küresel kaba yerleştirilerek üzeri düzlenir ve oyuk açma kalemi ile iki kısma ayrılır. Kol yaklaşık 1 dev/sn hızla döndürülür. Döndürme işlemi sürerken ikiye ayrılan zemin örneğinin birleşmesi (kavuşması) gözlenir. Kavuşmanın yaklaşık 1 cm olması anında döndürme işlemine son verilir ve kavuşmanın meydana geldiği vuruş sayısı belirlenir. Kaptaki zeminden bir miktar alınarak su muhtevası belirlenir. Aynı deney değişik su muhtevalarında birkaç kez tekrarlanır. Her bir vuruş sayısı (n)'na karşılık gelen su muhtevaları (w) Şekil 2.22'deki eksen takımında işaretlenir ve bu noktalardan uygun bir doğru geçirilerek 25 vuruşa karşılık gelen su muhtevası değeri belirlenir. İşte bu değer o zemine ait likit limit (w_L) değerini verir.



Şekil 2.22: Likit limit eğrisi

Plastik limitin (w_p) belirlenmesi : Plastik limiti belirlemek için kohezyonlu zeminden (40 nolu elekten geçen kuru zeminden) birkaç yüz gram alınarak bir kaba konur. Üzerine su serpilerek iyice karıştırılır ve yoğrulur. Bu şekilde hazırlanan zeminden bir miktar alınır. Kalın bir cam plaka üzerinde el altında yuvarlanarak çubuklar yapılmaya çalışılır. Böyle bir işlemde zemin için öyle bir su muhtevası vardır ki bu su muhtevasında zemin çubuklarının çapı 3 mm olduğu zaman çubuk yüzeylerinde çatlaklar oluşur. Bu su muhtevası değeri zeminin plastik limitini verir. Bundan daha küçük su muhtevalarında ise zemin çubuğu çapı 3 mm den daha az olduğunda çatlamlar meydana gelir.

2.2.2. Konsolidasyon Deney Sonuçları

Konsolidasyon deney örneklerinin alındığı yerler aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Örselenmiş zemin örneklerine ait γ_s , w , w_L , w_p değerleri kısım 2.2.1 de anlatıldığı gibi yapılarak elde edilmiştir. Sonuçlar aşağıda tablo halinde verilmektedir.

Tablo 2.2. Deney örnekleri toplu tablosu

Deney No		Zemin örneğinin alındığı yer
1	I	Uzunkum
	II	"
2	I	Köy Hizmetleri
	II	"
3	I	Çamburnu
	II	"
4	I	Havalanı
	II	"
5	I	Söğütlü
	II	"

Not: I, büyük halka (D=76.2 mm) ile alınan örselenmemiş zemin örneği
 II, küçük halka (D=50 mm) ile alınan örselenmemiş zemin örneği
 temsil etmektedir.

Tablo 2.3. Diğer bazı özellikler tablosu

Deney No	1	2	3	4	5
Tane birim hacim ağırl. γ_s (gr/cm ³)	2.77	2.70	2.67	2.62	2.68
Su muhtevası w %	49.7	37.3	28.2	39.7	26.5
Likit limit w_L %	96.0	71.5	34.0	58.0	54.0
Plastik limit w_p %	47.0	33.6	16.2	27.0	24.6

a) Deneylere ait tablolar:

Konsolidasyon deneylerine ait e , a_v , m_v , C_v değerleri ve ilgili ayrıntılar Tablo 2.5-2.14 de görülmektedir.

Konsolidasyon deneyleri aynı anda küçük ve büyük halkalar üzerinde yürütülmüştür. Deneylerde, örselenmemiş zemin örneklerine 0.25, 0.50, 1, 2, 4, 8, 16, 8, 4, 2, 1, 0.50, 0.25 kg/cm² lik basınç adımları (kademeleri) uygulanmıştır.

Konsolidasyon deneyleri, gerilme kontrollu olup, büyük ve küçük halkalara aynı basınçlar uygulanmıştır. Aynı cins zemin-den alınan büyük ve küçük çaplı örneklerde zemin ile örnek arasındaki sürtünme katsayısı aynı olup, sürtünmeden dolayı meydana gelen basınç kaybı büyük halkada daha azdır. Dolayısıyla büyük halka içerisindeki örnek gerçekte daha büyük basıncın etkisinde kalmaktadır.

Küçük ve büyük çaplı örneklerde, kalınlıkların birbirine çok yakın olduğu, ancak küçük örneklerde oturmanın (sıkışmanın) daha az olduğu görülmektedir. Bu fark, yüksek olasılıkla, kısım 2.2.1 de anlatıldığı gibi yan sürtünmelerin etkisiyle meydana gelmektedir. Bundan, konsolidasyon deneylerinde mümkün mertebe büyük çaplı örneklerin kullanılması gerektiği ortaya çıkar.

b) Deneylere ait $e-\sigma'$ ve $e-\log \sigma'$ grafikleri

Şekil 2.26-2.35 de, $e-\sigma'$ ve $e-\log \sigma'$ grafikleri verilmektedir.

$e-\log \sigma'$ grafiklerinden anlaşılacağı üzere (Bkz. kısım 2.1.4); deney örneklerinin alındığı killerin (kil tabakalarının) aşırı konsolide olmuş oldukları anlaşılmaktadır. Bu olay, muhtemelen, erozyon (şiddetli yağmur suları), temel kazısı, eğik yamaçlarda ziraat vb. nedenlerden ileri gelmiştir.

c) Deneylere ait $m_v-\sigma'$ grafikleri

Şekil 2.36-2.40 de, $m_v-\sigma'$ grafikleri verilmektedir.

$m_v-\sigma'$ grafikleri, genel karakter olarak, literatürde (Terzaghi, 1943; Whitlow, 1983) daha önceki deneysel çalışmalarda bulunan $m_v-\sigma'$ grafiklerine benzemektedir. Basınç arttıkça hacimsel sıkışma katsayısının azaldığı görülmektedir.

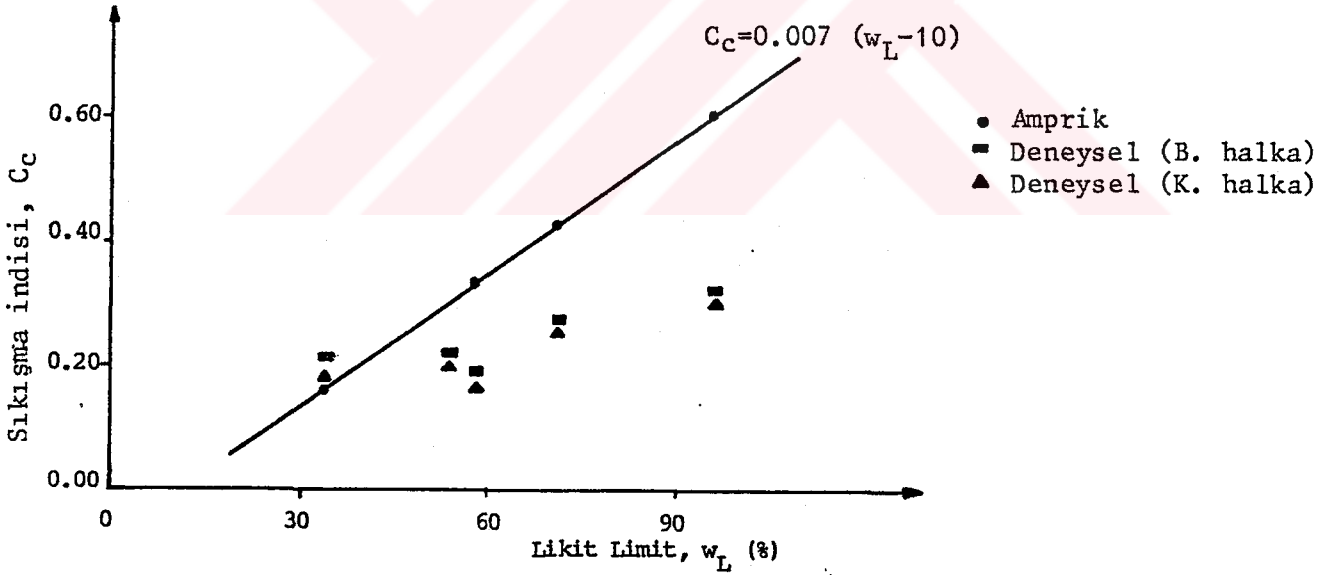
d) Amirik C_c-w_L (yoğrulmuş killer) ilişkisinin, deneysel C_c-w_L (örselenmemiş killer) ilişkisi ile karşılaştırılması.

Şekil 2.23 de amirik C_c-w_L ilişkisi ve deneysel C_c-w_L ilişkisi görülmektedir.

Şekilde görüldüğü gibi yoğrulmuş killerin sıkışma indisi C_c değeri, örselenmemiş killerin C_c değerinden daha büyüktür. Eğer bu sonuç genelleştirilebilirse, yoğrulmanın (örselenmenin) konsolidasyon oturmasını artırdığı söylenebilir. Bu kısmın daha kapsamlı deneylerle araştırılması gerekir.

Tablo 2.4: C_c - w_L ilişkisi

DENEY NO	1-I	1-II	2-I	2-II	3-I	3-II	4-I	4-II	5-I	5-II
LİKİT LİMİT, w_L %	96	96	71.5	71.5	34	34	58	58	54	54
KONSOLIDASYON KATSAYISI $C_c=0.007 (w_L-10)$	0.602	0.602	0.431	0.431	0.168	0.168	0.336	0.336	0.308	0.308
KONSOLIDASYON KATSAYISI C_c	0.322	0.309	0.279	0.259	0.213	0.179	0.193	0.166	0.222	0.202



Şekil 2.23: C_c - w_L ilişkisi

e) C_v konsolidasyon katsayısının belirlenmesi

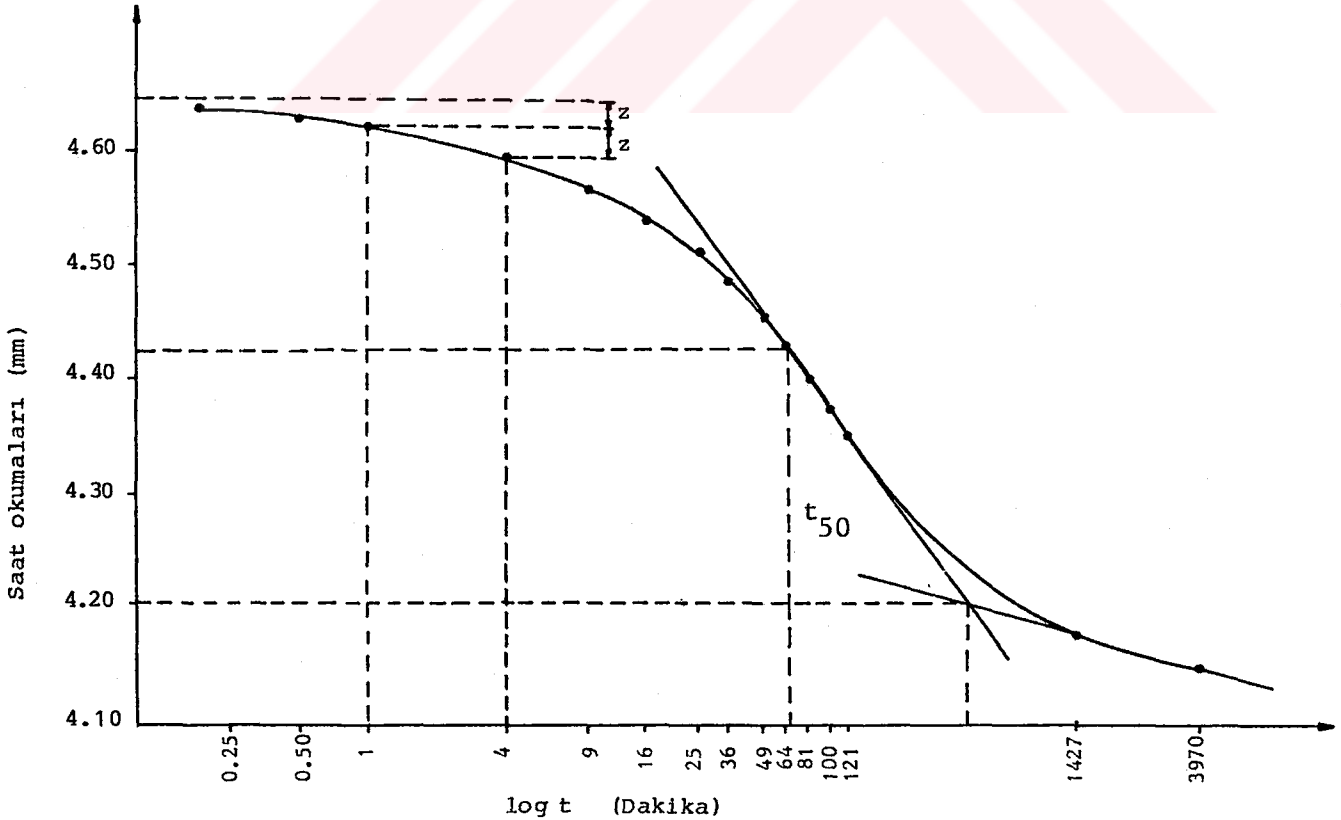
Deney No 1/I 'e ait 1-2 kg/cm² lik basınç kademesi için sıkışma-zaman bilgileri aşağıda tablo halinde verilmektedir.

Zaman (dak)	0	0.25	0.50	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100	121	144	169	1427	3970
Saat okuma (mm)	4.698	4.640	4.632	4.622	4.594	4.566	4.538	4.513	4.486	4.456	4.430	4.402	4.376	4.352	4.330	4.312	4.168	4.152

-Logaritma zaman yöntemi

$$t_{50} = 64.18 \text{ dak}$$

$$C_v = \frac{0.196 d^2}{t_{50}} = \frac{0.196 \times 8.848^2}{64.18 \times 6000} = 3.98 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sn}$$

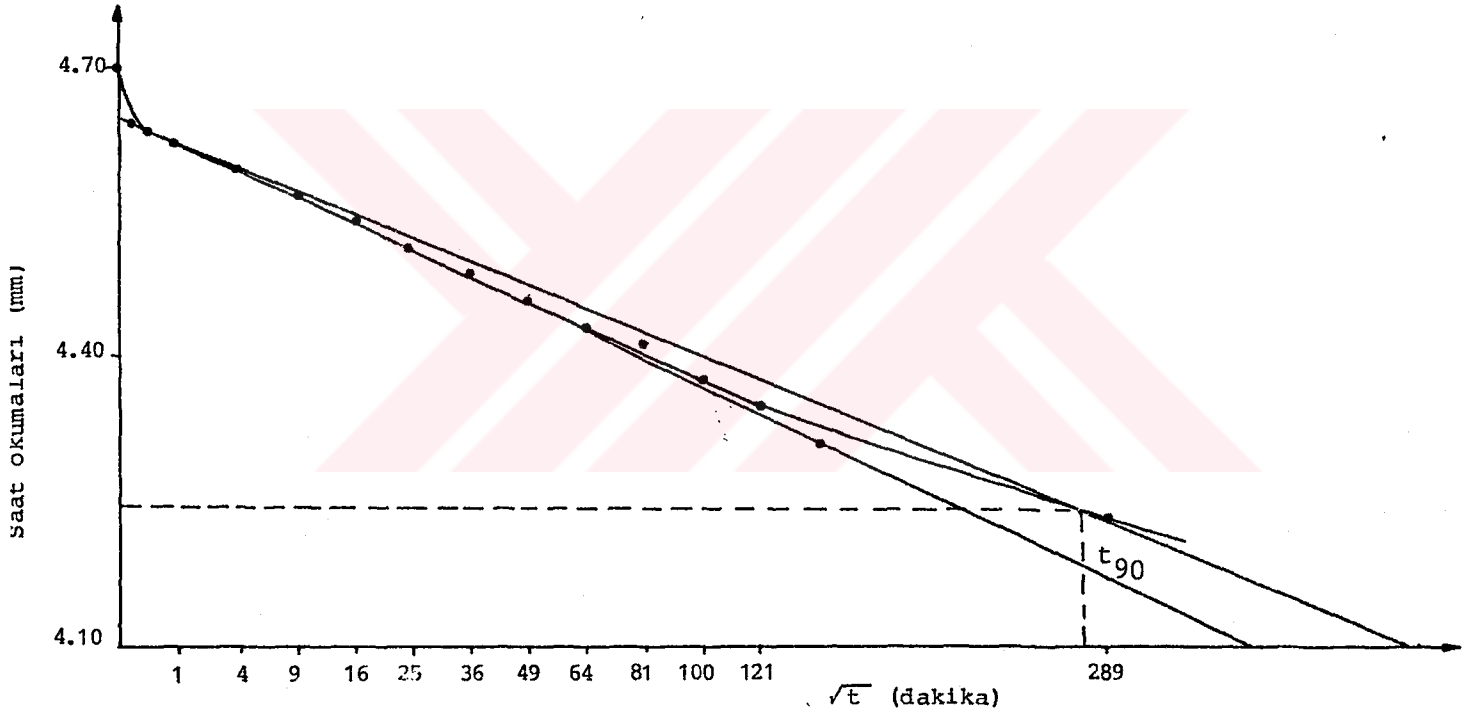


Şekil 2.24: Logaritma zaman yöntemi

- Karekök zaman yöntemi

$$t_{90} = 275.56 \text{ dak}$$

$$C_V = \frac{0.848 d^2}{t_{90}} = \frac{0.848 \times 8.848^2}{275.56 \times 6000} = 4.02 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sn}$$



Şekil 2.25: Karekök zaman yöntemi

Tablo 2.5 : Deneý No 1-I'e ait e, m_v, a_v, C_v deęerleri

Tane birim hacim ağrılığı: γ_s 2.77 gr/cm ³		Su muhtevası w %		Doygunluk derecesi S _r %							
		40.6		100.0							
σ (kg/cm ²)	OTURMA (mm)	ΔH (mm)	$\Delta e=0.12626 \Delta H$	e	e _{ort}	a _v (cm ² /kg)	m _v (cm ² /kg)	t ₅₀ (dak)	t ₉₀ (dak)	C _v (cm ² /sn)	
										0.196 d ² /t ₅₀	0.848 d ² /t ₉₀
0	5.730			1.399							
0.25	5.342	0.388	0.049	1.350	1.370	0.236	0.100	-	21.16	-	5.91x10 ⁻⁴
0.50	5.018	0.712	0.090	1.309	1.325	0.124	0.053	-	64	-	1.88x10 ⁻⁴
1	4.696	1.034	0.131	1.268	1.289	0.082	0.082	49	121	5.48x10 ⁻⁵	9.59x10 ⁻⁵
2	4.152	1.578	0.199	1.200	1.234	0.068	0.030	64.18	275.56	3.98x10 ⁻⁵	4.02x10 ⁻⁵
4	3.380	2.350	0.297	1.102	1.151	0.049	0.023	67.81	316.84	3.50x10 ⁻⁵	3.24x10 ⁻⁵
8	2.608	3.122	0.394	1.005	1.054	0.024	0.012	45.25	156.25	4.77x10 ⁻⁵	5.90x10 ⁻⁵
16	1.756	3.974	0.502	0.897							
8	2.006	3.724	0.470	0.929							
4	2.344	3.386	0.428	0.971							
2	2.802	2.928	0.370	1.029							
1	1.220	2.510	0.317	1.082							
0.50	3.334	2.396	0.303	1.096							
0.25	3.562	2.168	0.274	1.125							

Tablo 2.6: Deneysel No 1-II'ye ait e , m_v , a_v , C_v degerleri

Tane birim hacim ağırlığı: γ_s 2.77 gr/cm ³		Su muhtevası w % 40.5		Doygunluk derecesi S_r % 100.0							
σ (kg/cm ²)	OTURMA (mm)	ΔH (mm)	$\Delta e=0.12626 \Delta H$	e	e_{ort}	a_v (cm ² /kg)	m_v (cm ² /kg)	t_{50} (dak)	t_{90} (dak)	C_v (cm ² /sn)	
										0.196 d ² /t ₅₀	0.848 d ² /t ₉₀
0	7,00			1.380							
0.25	6.686	0.314	0.037	1.343	1.362	0.148	0.063	12.70	30.25	2.53x10 ⁻⁴	4.60x10 ⁻⁴
0.50	6.466	0.534	0.064	1.316	1.330	0.108	0.046	25	90.25	1.25x10 ⁻⁴	1.50x10 ⁻⁴
1	6.112	0.888	0.106	1.274	1.295	0.084	0.036	48.70	144	6.24x10 ⁻⁵	9.13x10 ⁻⁵
2	5.574	1.426	0.170	1.210	1.242	0.064	0.029	63	282.24	4.60x10 ⁻⁵	4.45x10 ⁻⁵
4	4.874	2.126	0.253	1.127	1.169	0.042	0.019	73.94	300	3.67x10 ⁻⁵	3.91x10 ⁻⁵
8	4.090	2.910	0.346	1.034	1.081	0.023	0.011	61.30	237.16	4.07x10 ⁻⁵	4.55x10 ⁻⁵
16	3.238	3.762	0.448	0.932	0.983	0.013	0.006	56.23	182.25	4.03x10 ⁻⁵	5.38x10 ⁻⁵
8	3.444	3.556	0.423	0.957							
4	3.374	3.226	0.384	0.996							
2	4.086	2.914	0.347	1.033							
1	4.406	2.594	0.309	1.071							
0.50	4.614	2.386	0.284	1.096							
0.25	4.834	2.166	0.258	1.122							

Tablo 2.7: D deney No 2-I'e ait e , m_v , a_v , C_v degerleri

Tane birim hacim ağırlığı: γ_s 2.70 gr/cm ³											
Su muhtevası w %		32.0									
Doygunluk derecesi S_r %		100.0									
σ (kg/cm ²)	OTURMA (mm)	ΔH (mm)	$\Delta e=0.12626 \Delta H$	e	e_{ort}	a_v (cm ² /kg)	m_v (cm ² /kg)	t_{50} (dak)	t_{90} (dak)	C_v (cm ² /sn)	
										0.196 d ² /t ₅₀	0.848 d ² /t ₉₀
0	6.800			1.114							
0.25	6.542	0.258	0.029	1.085	1.099	0.116	0.055	42.71	290	6.81x10 ⁻⁵	4.31x10 ⁻⁵
0.50	6.000	0.800	0.089	1.025	1.055	0.240	0.117	-	240.25	-	5.02x10 ⁻⁵
1	5.688	1.112	0.124	0.990	1.008	0.070	0.035	68.79	205	3.87x10 ⁻⁵	5.61x10 ⁻⁵
2	5.166	1.634	0.182	0.932	0.961	0.058	0.030	63.09	179.54	4.02x10 ⁻⁵	6.11x10 ⁻⁵
4	4.552	2.248	0.250	0.864	0.898	0.034	0.018	52.29	219.04	4.55x10 ⁻⁵	4.69x10 ⁻⁵
8	3.796	3.004	0.334	0.780	0.822	0.021	0.012	45.97	249.64	4.76x10 ⁻⁵	4.51x10 ⁻⁵
16	3.075	3.725	0.414	0.700	0.740	0.010	0.006	37.58	182.25	5.32x10 ⁻⁵	4.74x10 ⁻⁵
8	3.284	3.516	0.392	0.722							
4	3.576	3.224	0.359	0.755							
2	3.886	2.914	0.324	0.790							
1	4.138	2.662	0.296	0.818							
0.50	4.428	2.372	0.264	0.850							
0.25	4.628	2.172	0.242	0.872							

Tablo 2.8: Deneý No 2-II'ye ait e , m_v , a_v , C_v deęerleri

Tane birim hacim ağırlığı: γ_s 2.70 gr/cm ³		Su muhtevası w % 32.3		Doygunluk derecesi S_r % 100.0							
σ (kg/cm ²)	OTURMA (mm)	ΔH (mm)	$\Delta e=0.12626 \Delta H$	e	e_{ort}	a_v (cm ² /kg)	m_v (cm ² /kg)	t_{50} (dak)	t_{90} (dak)	C_v (cm ² /sn)	
										0.196 d ² /t ₅₀	0.848 d ² /t ₉₀
0	7.00			1.068							
0.25	6.894	0.106	0.011	1.057	1.063	0.044	0.021	81	400	4.01x10 ⁻⁴	3.51x10 ⁻⁵
0.50	6.466	0.534	0.055	1.013	1.035	0.176	0.086	-	-	-	-
1	6.258	0.745	0.077	0.991	1.002	0.044	0.022	94.40	361	3.24x10 ⁻⁵	3.67x10 ⁻⁵
2	5.696	1.304	0.135	0.933	0.962	0.058	0.029	79.43	216.09	3.70x10 ⁻⁵	5.88x10 ⁻⁵
4	5.056	1.944	0.201	0.867	0.900	0.033	0.017	64	256	4.31x10 ⁻⁵	4.66x10 ⁻⁵
8	4.298	2.702	0.279	0.279	0.828	0.020	0.011	53.81	249.64	4.74x10 ⁻⁵	4.42x10 ⁻⁵
16	3.556	3.444	0.356	0.712	0.751	0.010	0.006	49	228	4.78x10 ⁻⁵	4.44x10 ⁻⁵
8	3.742	3.258	0.337	0.731							
4	3.988	3.012	0.311	0.757							
2	4.338	2.662	0.275	0.793							
1	4.592	2.408	0.249	0.819							
0.50	4.874	2.126	0.220	0.843							
0.25	5.028	1.972	0.204	0.864							

Tablo 2.9 : Deneý No 3-I'e ait e , m_v , a_v , C_v deęerleri

Tane birim hacim ağırlığı: γ_s 2.67gr/cm ³		Su muhtevası w % 25.0		Doygunluk derecesi S_r % 100.0							
σ (kg/cm ²)	OTURMA (mm)	ΔH (mm)	$\Delta e=0.12626 \Delta H$	e	e_{ort}	a_v (cm ² /kg)	m_v (cm ² /kg)	t_{50} (dak)	t_{90} (dak)	C_v (cm ² /sn)	
										0.196 d ² /t ₅₀	0.848 d ² /t ₉₀
0	6.604			0.898							
0.25	6.412	0.192	0.019	0.879	0.889	0.076	0.040	2.66	9.64	1.10x10 ⁻³	1.31x10 ⁻³
0.50	6.192	0.412	0.041	0.857	0.869	0.088	0.047	2.00	6.76	1.43x10 ⁻³	1.83x10 ⁻³
1	5.960	0.644	0.064	0.834	0.846	0.046	0.025	2.59	7.29	1.08x10 ⁻³	1.65x10 ⁻³
2	5.692	0.912	0.091	0.807	0.821	0.027	0.015	1.68	9	1.61x10 ⁻³	1.30x10 ⁻³
4	5.288	1.316	0.131	0.767	0.787	0.020	0.011	1.94	8.12	1.35x10 ⁻³	1.39x10 ⁻³
8	4.750	1.854	0.185	0.713	0.740	0.014	0.008	1.63	6.25	1.52x10 ⁻³	1.71x10 ⁻³
16	4.110	2.494	0.249	0.649	0.681	0.008	0.005	1.19	4.84	1.94x10 ⁻³	2.07x10 ⁻³
8	4.164	2.440	0.244	0.654							
4	4.228	2.376	0.237	0.661							
2	4.229	2.310	0.231	0.667							
1	4.342	2.262	0.226	0.672							
0.50	4.400	2.204	0.220	0.678							
0.25	4.460	2.144	0.214	0.684							

Tablo 2. 10:Deney No 3-II'ye ait e , a_v , m_v , t_{50} , t_{90} , C_v değerleri

Tane birim hacim ağırlılığı: $\gamma_s = 2.67 \text{ gr/cm}^3$											
Su muhtevası $w \%$ 25.6											
Doygunluk derecesi $S_r \%$ 100.0											
σ (kg/cm^2)	OTURMA (mm)	ΔH (mm)	$\Delta e = 0.12626 \Delta H$	e	e_{ort}	a_v (cm^2/kg)	m_v (cm^2/kg)	t_{50} (dak)	t_{90} (dak)	C_v (cm^2/sn)	
										$0.196 d^2/t_{50}$	$0.848 d^2/t_{90}$
0	6.600			0.842							
		0.064	0.006		0.839	0.024	0.013	1.78	11.56	1.83×10^{-3}	1.22×10^{-3}
0.25	6.536			0.836							
		0.198	0.018		0.830	0.084	0.026	2.39	9	1.35×10^{-3}	1.55×10^{-3}
0.50	6.402			0.824							
		0.442	0.041		0.813	0.046	0.025	2.67	9.61	1.19×10^{-3}	1.42×10^{-3}
1	6.158			0.801							
		0.734	0.068		0.788	0.027	0.015	2.25	10.24	1.37×10^{-3}	1.30×10^{-3}
2	5.866			0.774							
		1.094	0.101		0.758	0.017	0.010	2.37	9.61	1.41×10^{-3}	1.34×10^{-3}
4	5.504			0.741							
		1.551	0.148		0.720	0.011	0.006	1.78	7.29	1.60×10^{-3}	1.69×10^{-3}
8	5.049			0.699							
		2.144	0.197		0.672	0.007	0.004	1.33	5.76	2.02×10^{-3}	2.02×10^{-3}
16	4.456			0.645							
		2.102	0.194								
8	4.498			0.648							
		2.052	0.189								
4	4.548			0.653							
		2.000	0.184								
2	4.600			0.658							
		1.962	0.181								
1	4.638			0.661							
		1.926	0.177								
0.50	4.674			0.665							
		1.890	0.174								
0.25	4.710			0.668							

Tablo 2.11: Deneysel No 4-I'e ait e , m_v , a_v , C_v değerleri

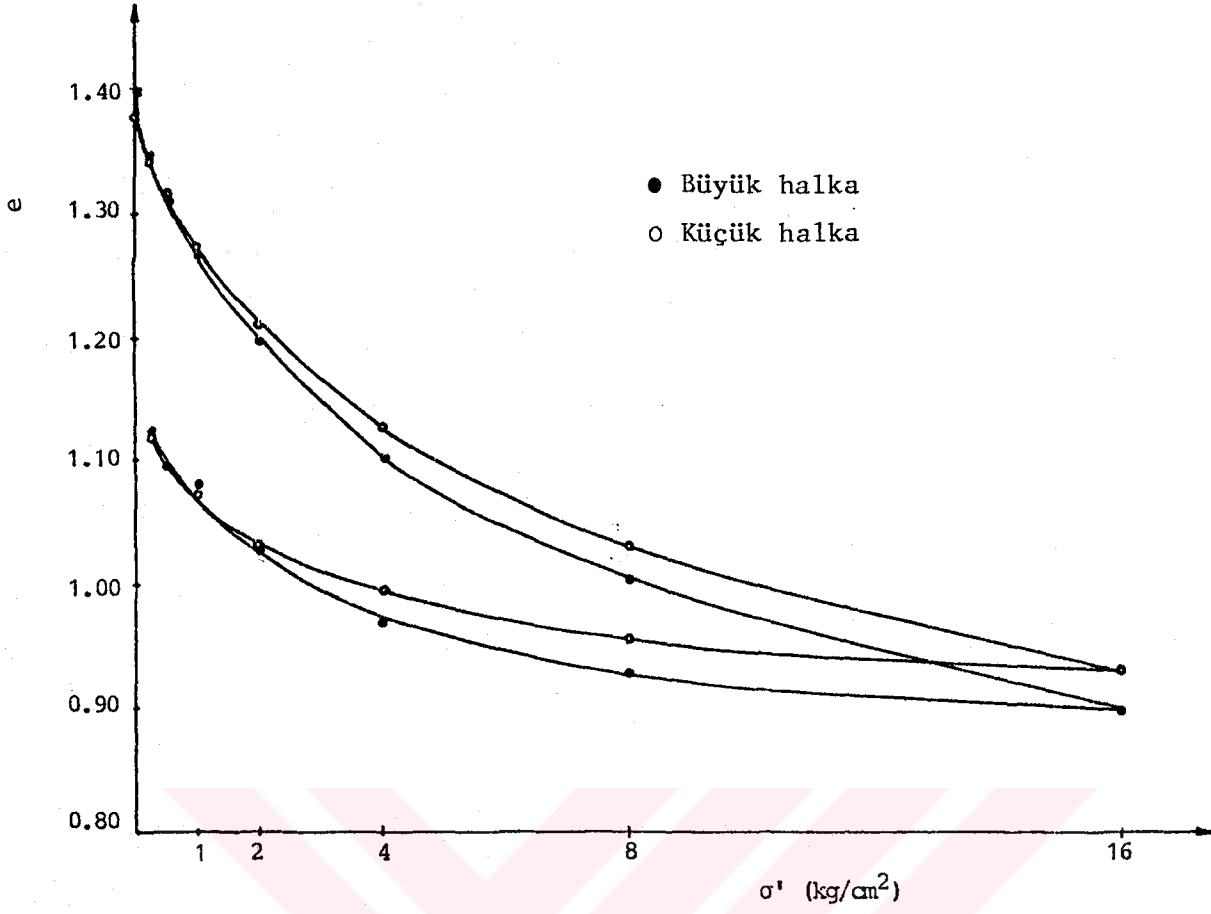
Tane birim hacim ağırlığı: $\gamma_s 2.62 \text{ gr/cm}^3$		Su muhtevası $w \%$ 34.2		Doygunluk derecesi $S_r \%$ 100.0							
σ (kg/cm^2)	OTURMA (mm)	ΔH (mm)	$\Delta e = 0.12626 \Delta H$	e	e_{ort}	a_v (cm^2/kg)	m_v (cm^2/kg)	t_{50} (dak)	t_{90} (dak)	C_v (cm^2/sn)	
										0.196 d^2/t_{50}	0.848 d^2/t_{90}
0	6.604	0.578	0.063	1.076	1.045	0.252	0.123				
0.25	6.026	0.630	0.069	1.013	1.010	0.024	0.012	7.55	9.00	3.66×10^{-4}	1.33×10^{-3}
0.50	5.974	0.752	0.082	1.007	1.001	0.026	0.013	5.66	8.41	4.84×10^{-4}	1.41×10^{-3}
1	5.852	1.040	0.114	0.994	0.978	0.032	0.016		9.00		1.29×10^{-3}
2	5.564	1.198	0.131	0.962	0.954	0.009	0.005	3.35	8.41	7.79×10^{-4}	1.34×10^{-3}
4	5.406	1.610	0.176	0.945	0.923	0.011	0.006	2.01	5.76	1.25×10^{-3}	1.90×10^{-3}
8	4.994	2.258	0.247	0.900	0.865	0.009	0.005	2.51	6.28	9.47×10^{-4}	1.64×10^{-3}
16	4.346	2.164	0.236	0.829							
8	4.440	2.064	0.225	0.840							
4	4.540	1.952	0.213	0.851							
2	4.652	1.834	0.200	0.863							
1	4.770			0.876							
0.50											
0.25	4.954	1.650	0.180	0.896							

Tablo 2.12: Deneş No 4-II'ye ait e, m_v, a_v, C_v değerleri

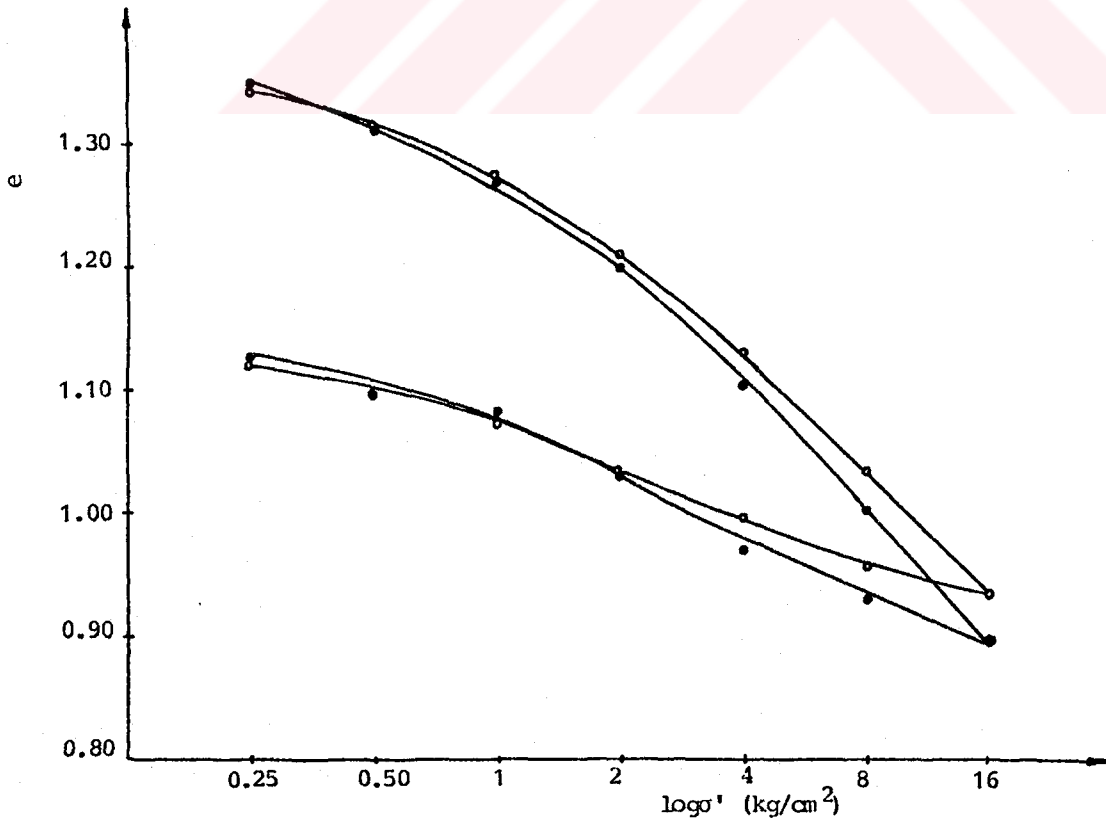
Tane birim hacim ağırlığı: $\gamma_s = 2.62 \text{ gr/cm}^3$		Su muhtevası w %		Doğunluk derecesi Sr %							
		32.8		100.0							
σ (kg/cm ²)	OTURMA (mm)	ΔH (mm)	$\Delta e = 0.12626 \Delta H$	e	e _{ort}	a _v (cm ² /kg)	m _v (cm ² /kg)	t ₅₀ (dak)	t ₉₀ (dak)	C _v (cm ² /sn)	
										0.196 d ² /t ₅₀	0.848 d ² /t ₉₀
0	6.600	1.048	0.107	1.043	0.990	0.428	0.22	-	-	-	-
0.25	5.552	1.060	0.108	0.936	0.936	0.004	0.002	19.39	36	1.51x10 ⁻⁴	3.52x10 ⁻⁴
0.50	5.540	1.130	0.115	0.935	0.932	0.014	0.007	15.10	25	1.93x10 ⁻⁴	5.05x10 ⁻⁴
1	5.470	1.452	0.148	0.928	0.912	0.033	0.017	-	17.64	-	7.00x10 ⁻⁴
2	5.148	1.544	0.158	0.895	0.890	0.005	0.003	4.47	10.24	6.25x10 ⁻⁴	1.18x10 ⁻³
4	5.056	1.802	0.184	0.885	0.872	0.007	0.004	2.30	6.76	1.19x10 ⁻³	1.76x10 ⁻³
8	4.798	2.288	0.234	0.859	0.834	0.006	0.003	2.24	8.41	1.25x10 ⁻³	1.45x10 ⁻³
16	4.312	2.220	0.227	0.809							
8	4.380	2.138	0.218	0.816							
4	4.462	2.040	0.208	0.825							
2	4.560	1.946	0.199	0.835							
1	4.654			0.844							
0.50											
0.25	4.793	1.802	0.184	0.859							

Tablo 2.13: Deneysel No 5-I'e ait e , m_v , a_v , C_v degerleri

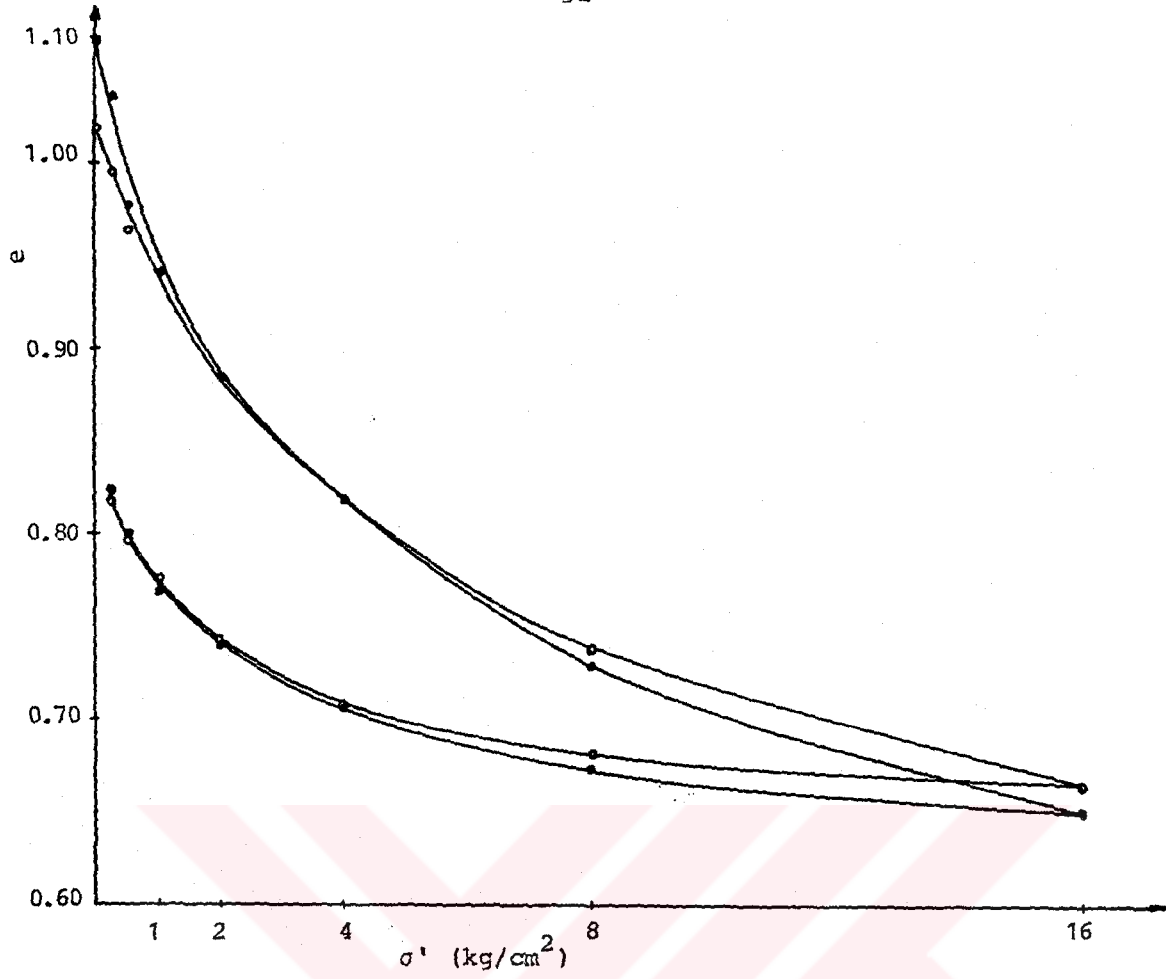
Tane birim hacim ağırlığı: $\gamma_s = 2.68 \text{ gr/cm}^3$		Su muhtevası $w \%$ 25.6		Doğunluk derecesi $S_r \%$ 100.0							
σ (kg/cm^2)	OTURMA (mm)	ΔH (mm)	$\Delta e = 0.12626 \Delta H$	e	e_{ort}	a_v (cm^2/kg)	m_v (cm^2/kg)	t_{50} (dak)	t_{90} (dak)	C_v (cm^2/sn)	
										$0.196 d^2/t_{50}$	$0.848 d^2/t_{90}$
0	6.868	0.118	0.011	0.848	0.843	0.044	0.025	7.08	13.69	4.14×10^{-4}	9.26×10^{-4}
0.25	6.759	0.312	0.030	0.837	0.828	0.076	0.042	12.56	20.25	2.30×10^{-4}	6.16×10^{-4}
0.50	6.556	0.560	0.054	0.818	0.806	0.048	0.027	14.96	25.0	1.88×10^{-4}	4.87×10^{-4}
1	6.308	0.888	0.086	0.794	0.778	0.032	0.018	16.0	30.25	1.70×10^{-4}	3.90×10^{-4}
2	5.980	1.578	0.153	0.762	0.729	0.034	0.020	-	17.64	-	6.23×10^{-4}
4	5.290	2.114	0.206	0.695	0.669	0.013	0.008	32.55	64.0	7.38×10^{-5}	1.62×10^{-4}
8	4.754	2.802	0.273	0.642	0.609	0.008	0.005	39.81	81.0	5.61×10^{-5}	1.19×10^{-4}
16	4.066	2.658	0.259	0.575							
8	4.210	2.450	0.238	0.589							
4	4.418	2.192	0.213	0.610							
2	4.676	1.976	0.192	0.635							
1	4.892	1.828	0.178	0.656							
0.50	5.040	1.638	0.159	0.670							
0.25	5.230			0.689							



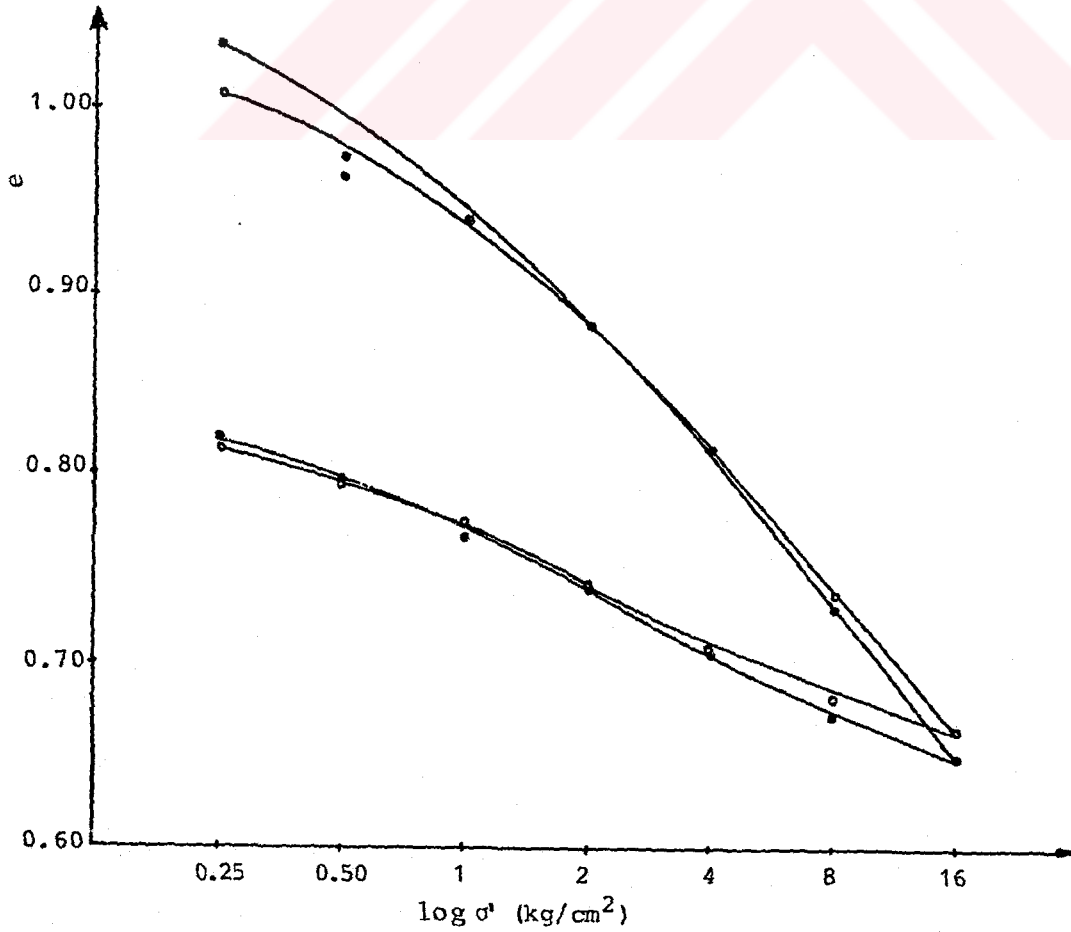
Şekil 2.26: Deney No. 1-I/II ye ait $e-\sigma'$ eğrisi



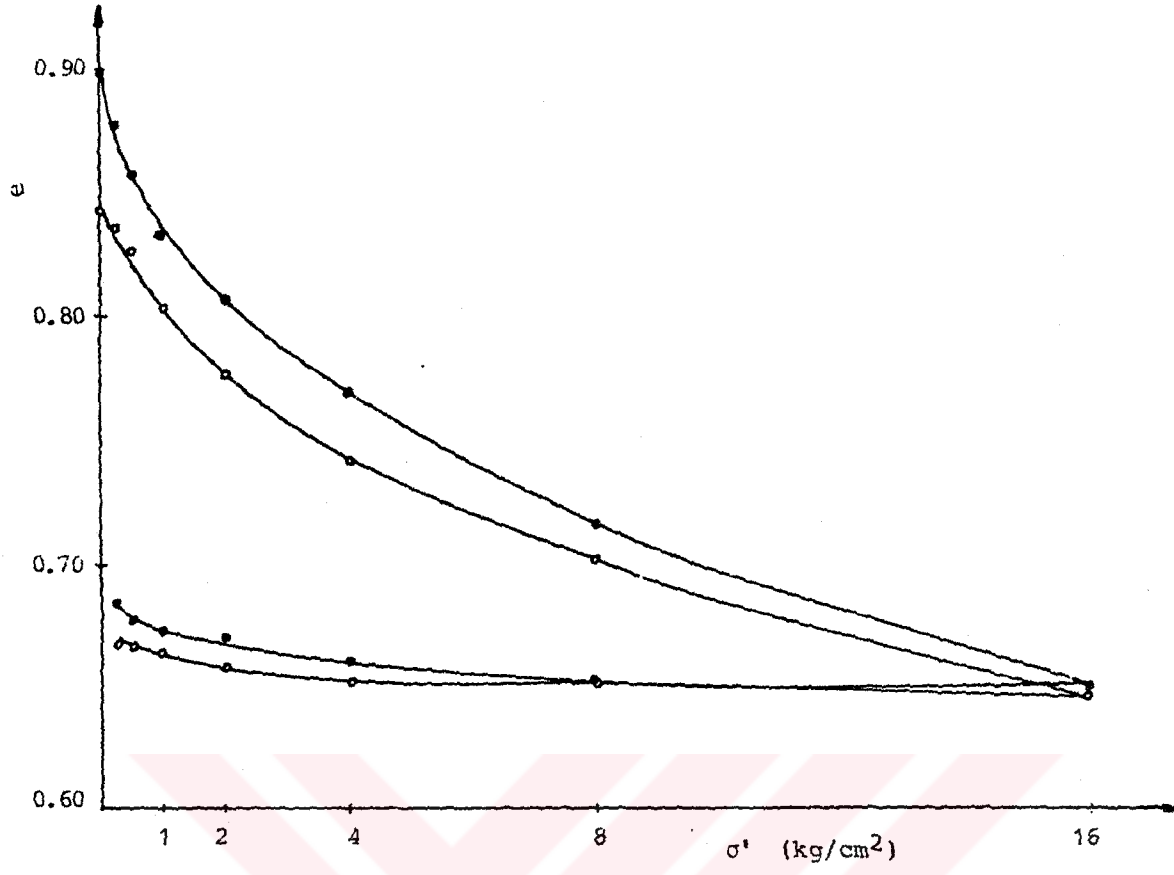
Şekil 2.27: Deney No. 1-I/II ye ait $e-\log \sigma'$ eğrisi



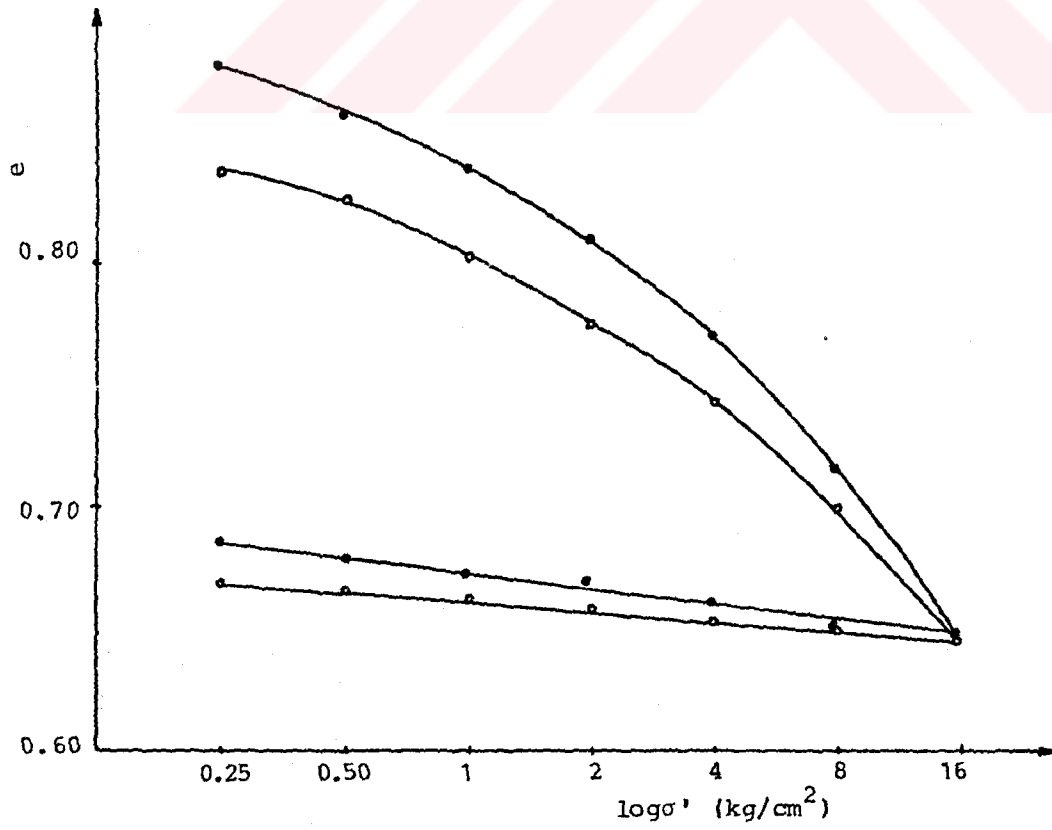
Şekil 2.28: Deney No. 2-I/II ye ait $e-\sigma'$ eğrisi



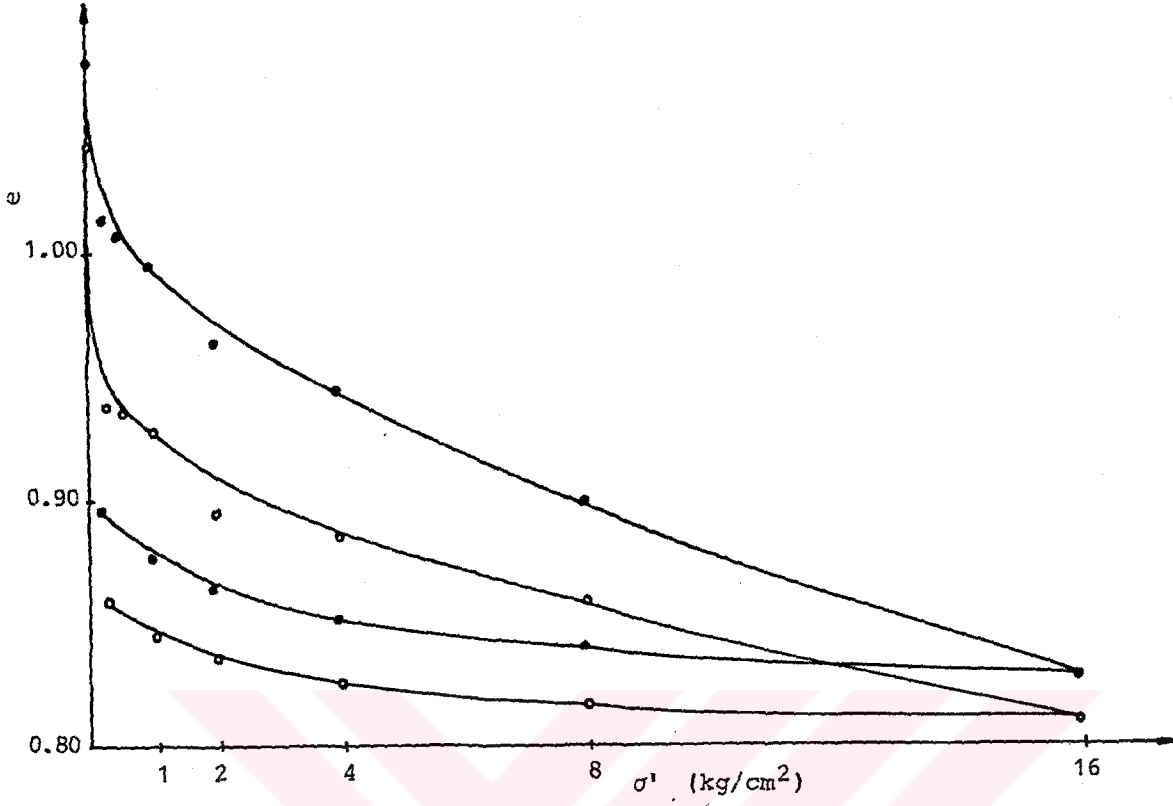
Şekil 2.29: Deney No. 2-I/II ye ait $e-\log \sigma'$ eğrisi



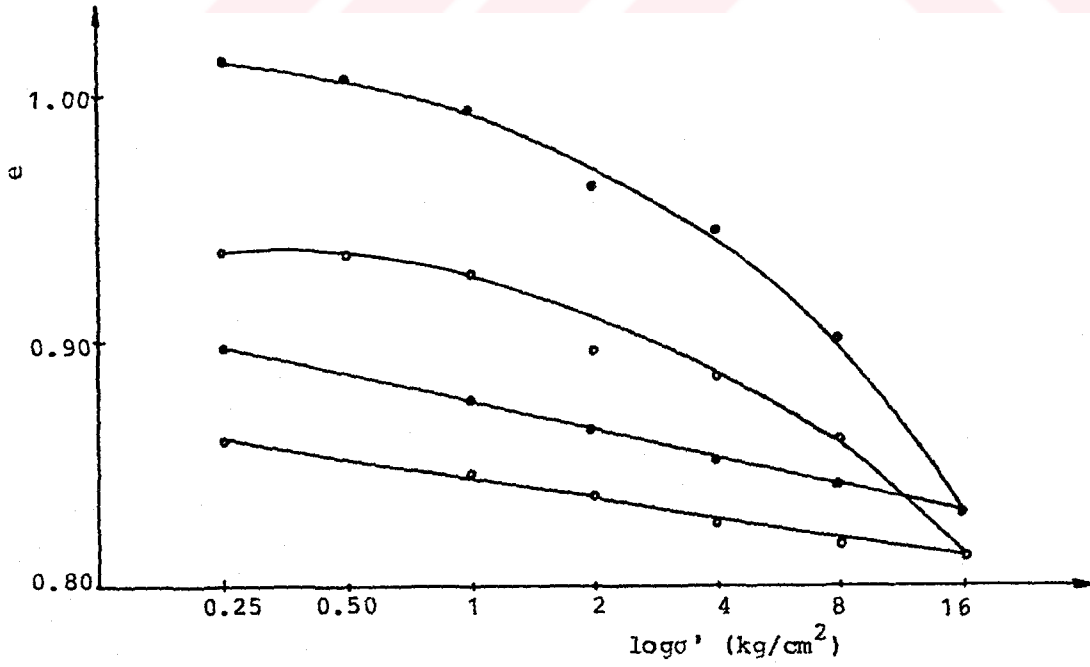
Şekil 2.30: Deney No. 3-I/II ye ait $e-\sigma'$ eğrisi



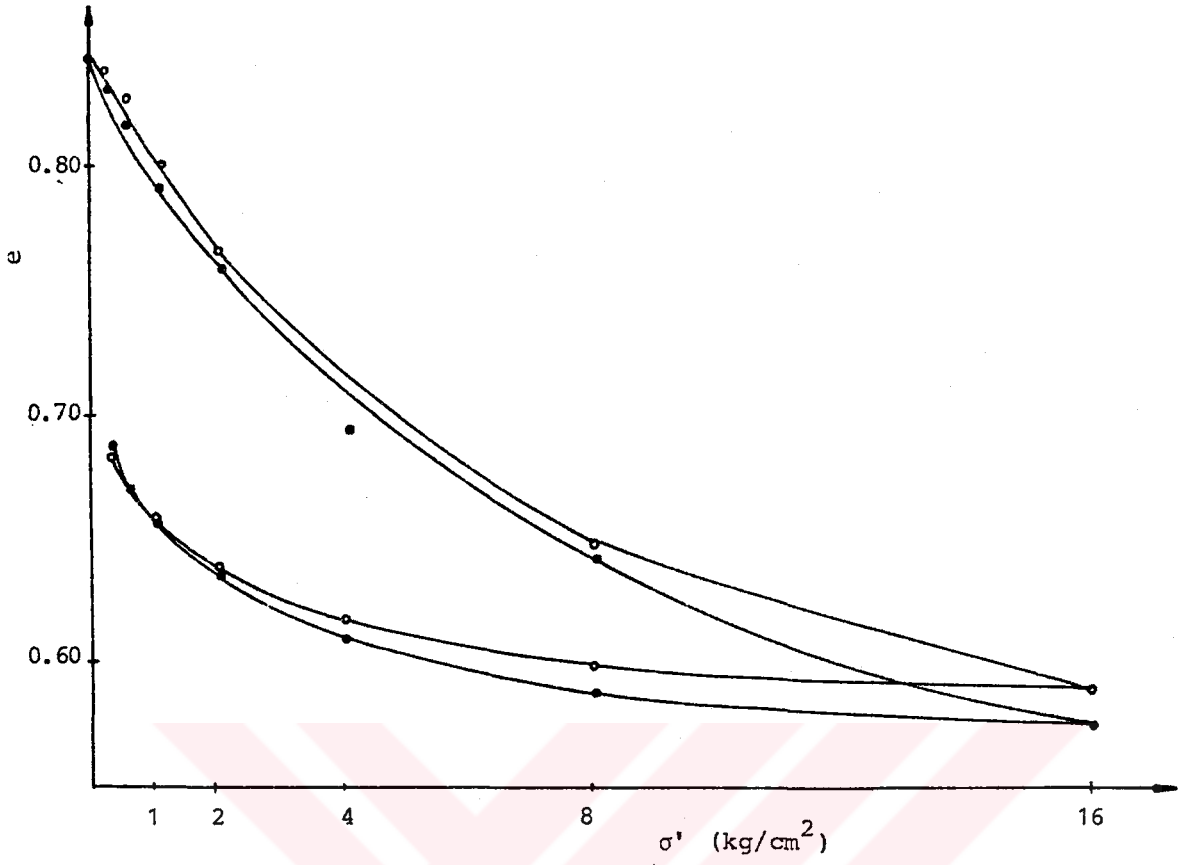
Şekil 2.31: Deney No. 3-I/II ye ait $e-\log \sigma'$ eğrisi



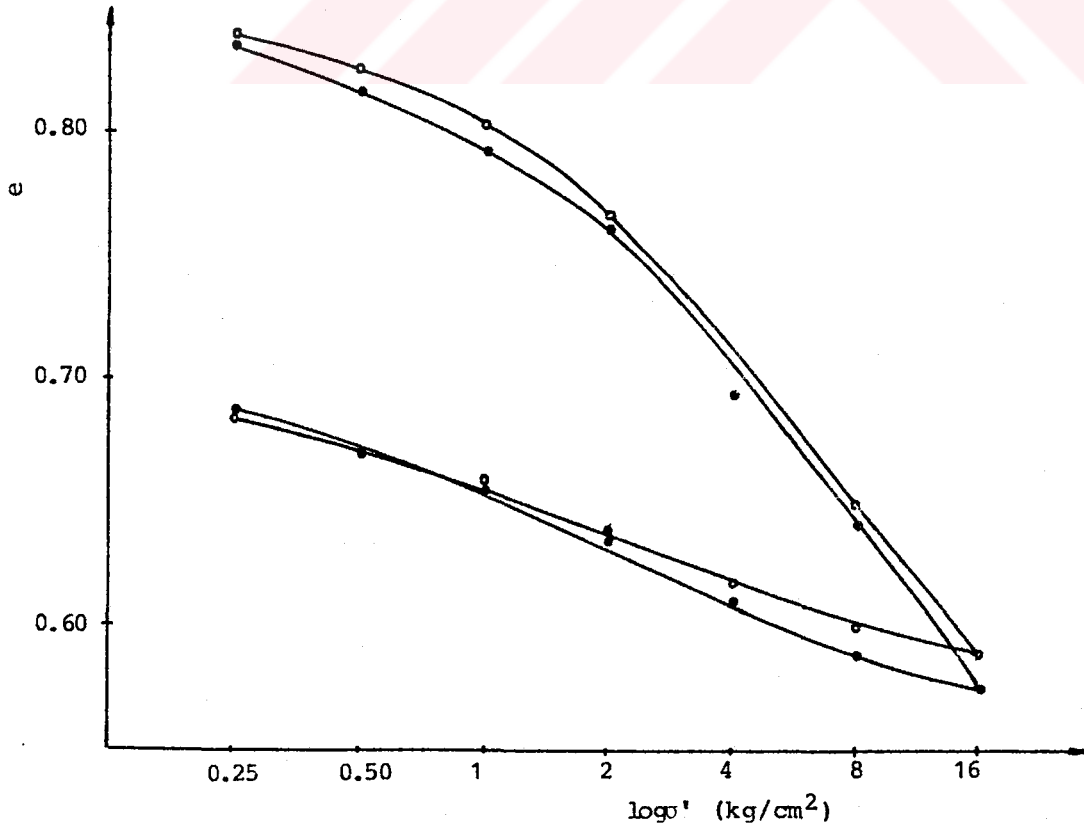
Şekil 2.32: Deney No. 4-I/II ye ait $e-\sigma'$ eğrisi



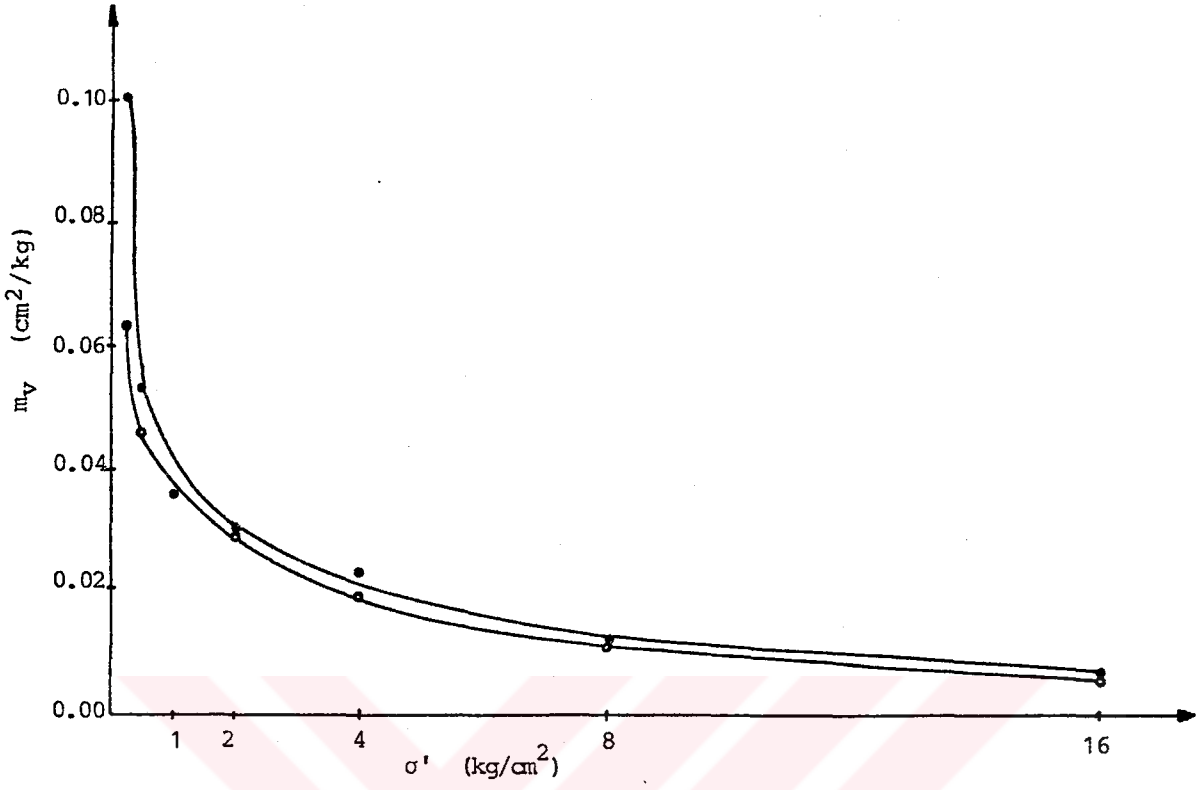
Şekil 2.33: Deney No. 4-I/II ye ait $e-\log \sigma'$ eğrisi



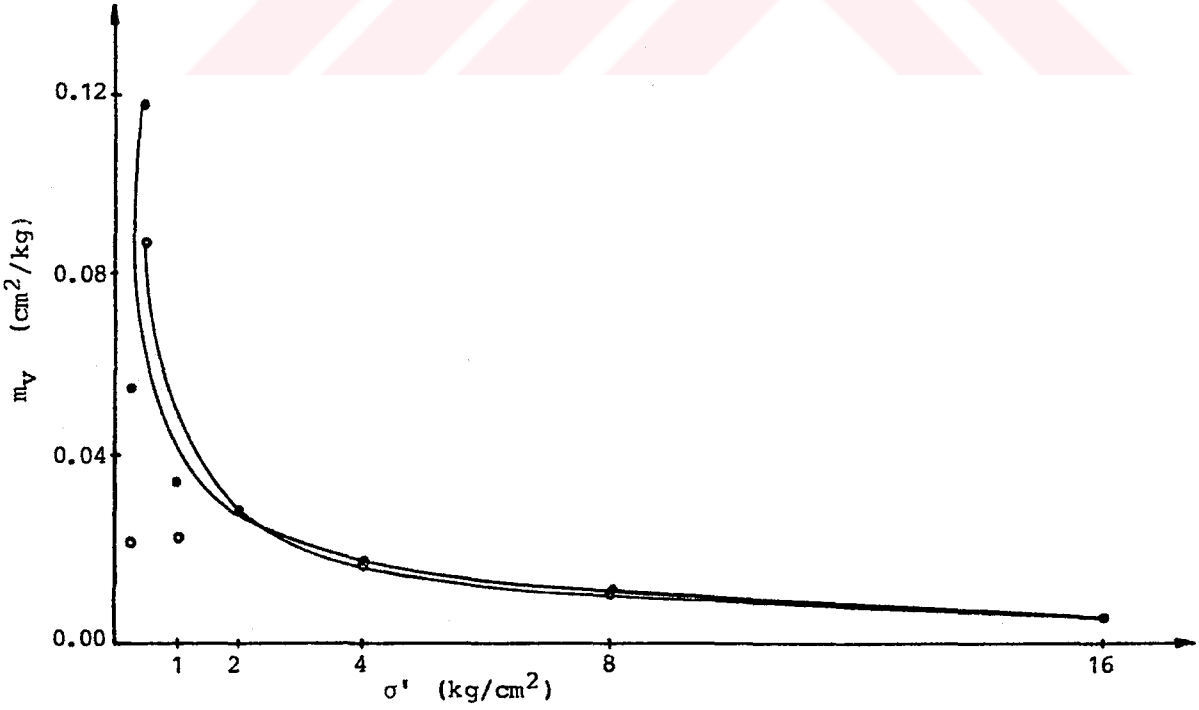
Şekil 2.34: Deney No. 5-I/II ye ait $e-\sigma'$ eğrisi



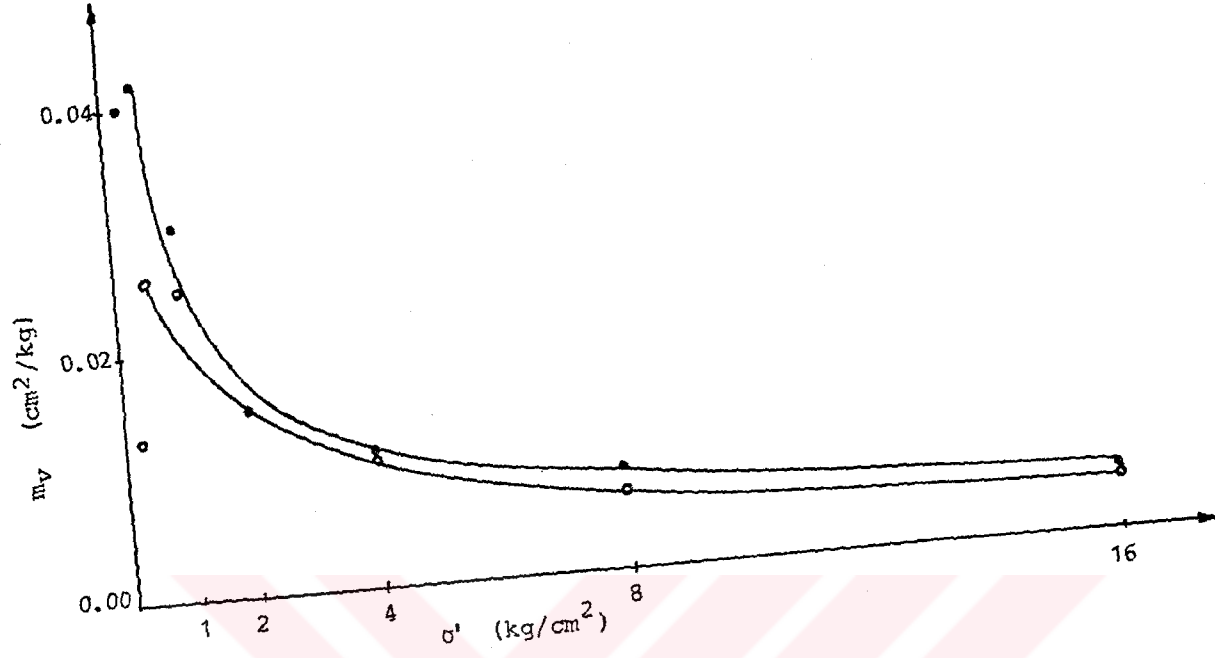
Şekil 2.35: Deney No. 5-I/II ye ait $e-\log \sigma'$ eğrisi



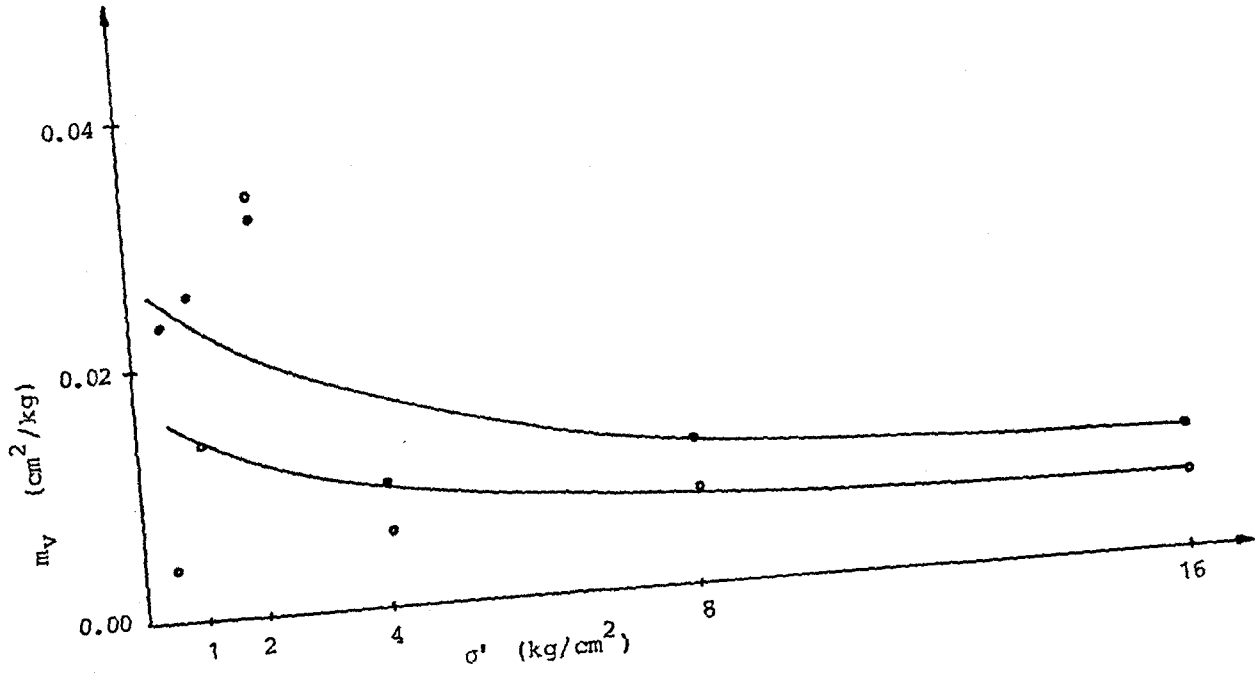
Şekil 2.36: Deney No. 1-I/II ye ait m_v - σ' eğrisi



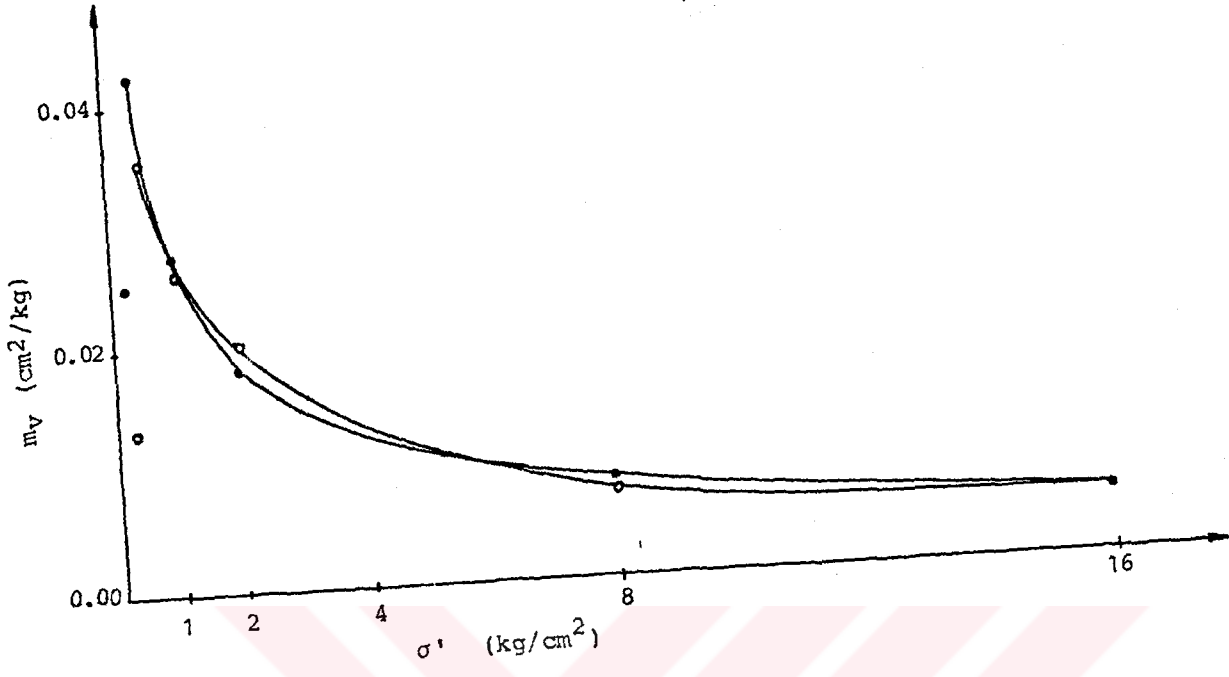
Şekil 2.37: Deney No. 2-I/II ye ait m_v - σ' eğrisi



Şekil 2.38: Deney No. 3-I/II ye ait m_v - σ' eğrisi



Şekil 2.39: Deney No. 4-I/II ye ait m_v - σ' eğrisi



Şekil 2.40:Deney No. 5-I/II ye ait m_v - σ' eğrisi

BÖLÜM 3

SIĞ (YÜZEYSEL) TEMEL SİSTEMLERİNİN KONSOLIDASYON OTURMALARI

3.1. Zeminde Gerilme Dağılışı

3.1.1. Giriş

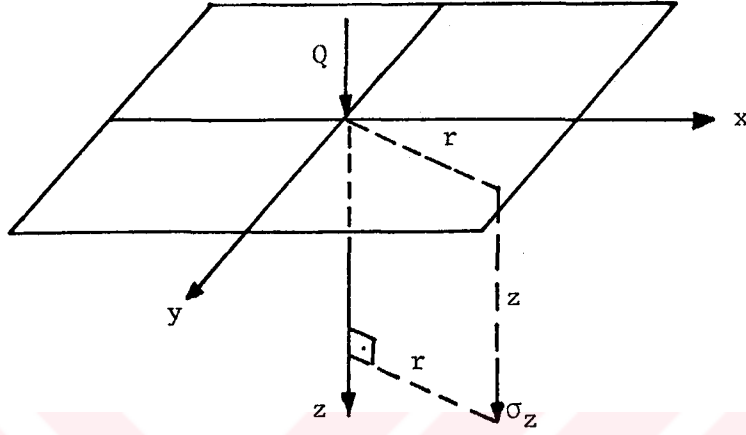
Birçok problemde (deformasyon problemlerinde), kırılma (göçme)'dan önceki safhalarda, yüzey ve yüzeye yakın yüklerden, zemin ortamında oluşan gerilmelerin, yerdeğiştirmelerin (deformasyonların) bilinmesi gerekir.

Zeminin karmaşık olmasından dolayı, zemin için gerçekçi gerilme-deformasyon analizleri yapmak oldukça zordur. Bu nedenle yaklaşık olmasına rağmen genellikle Elastisite Teorisi kullanılır. Elastisite teorisi kullanılırken zemin için şu basitleştirici kabuller yapılır: 1) Zemin elastik olup, gerilme-deformasyon ilişkisi doğrusal (linear) dir. Başka bir deyişle Hook yasası geçerlidir. 2) Zemin ortam homogendir. Diğer bir deyişle elastik sabitler, Elastisite modülü E ve poisson oranı ν her noktada aynıdır. 3) Zemin ortam izotropiktir. Yani, özellikleri bir noktada, her doğrultuda aynıdır. 4) Zemin ortam yarım sonsuzdur. Yani, bir düzlemin altında her yönde sonsuz uzunlukta uzanır. Gerçekte bu kabullerin hiçbiri gerçekçi değildir. Ancak, Elastisite teorisi, bu basitleştirici kabullerle, pratikte kullanılabilir sonuçlar vermektedir.

Çeşitli yüzey yüklerinden dolayı, zemin ortamda, meydana gelen düşey doğrultudaki gerilme artışlarının bulunmasında çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

3.1.2. Nokta (Tekil) Yük

Boussinesq (1885), lineer, elastik, homogen, izotrop yarım sonsuz ortamda, bir yüzey tekil yükünden oluşan gerilme problemi çözdü (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Nokta yük

Boussinesq, Q yüzey tekil yükünden dolayı, z derinliğinde r uzaklıktaki bir noktada oluşan ek düşey gerilmeler için şu bağıntıyı verdi.

$$\sigma_z = \frac{3}{2\pi} \left[\frac{1}{1+(r/z)^2} \right]^{5/2} \frac{Q}{z^2} = K_B \frac{Q}{z^2} \quad (3.1)$$

K_B : Boussinesq etki faktörü olup tablolandırılmıştır.

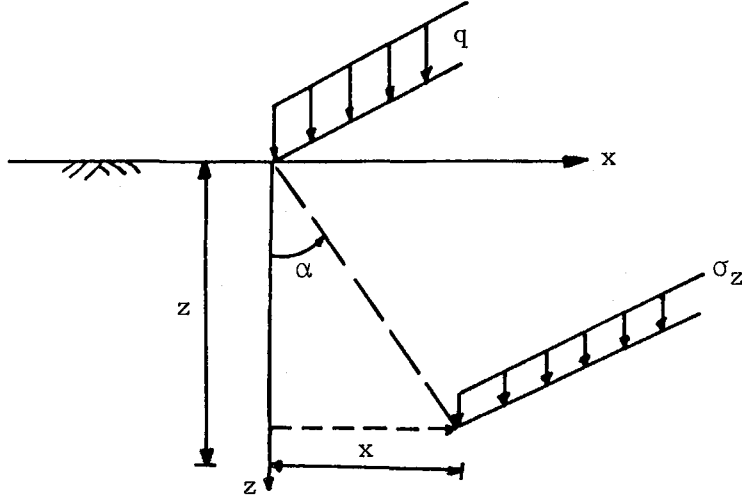
3.1.3. Çizgisel Yük

Şekil 3.2 de bir çizgisel yükten oluşan düşey gerilme görülmektedir.

Bir çizgisel q yükünden dolayı, z derinliğinde, r uzaklıkta oluşan düşey gerilme değeri,

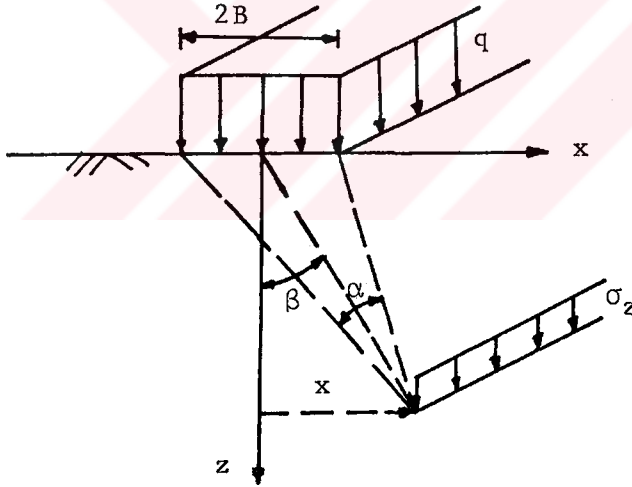
$$\sigma_z = \frac{2Qz^3}{\pi(x^2+z^2)^2} \quad (3.2)$$

ile hesaplanır.



Şekil 3.2: Çizgisel yük

3.1.4. Üniform Şerit Yük



Şekil 3.3: Üniform şerit yük

Üniform bir şerit yükten oluşan düşey gerilme,

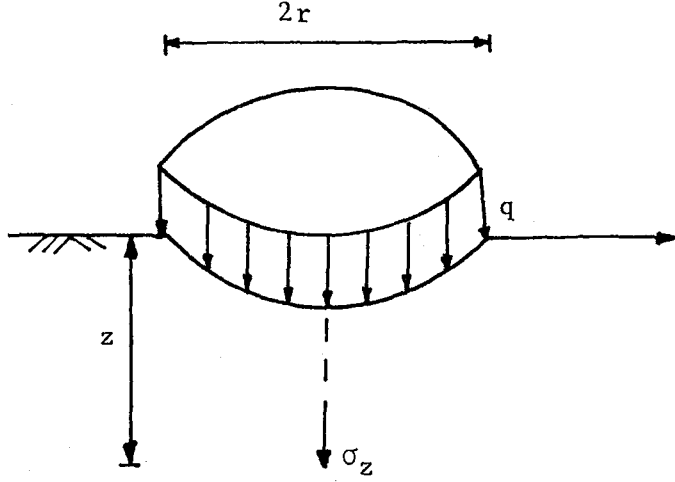
$$\sigma_z = \frac{q}{\pi} (\alpha + \sin \alpha \cos 2\beta) \quad (3.3)$$

ya da

$$\sigma_z = \frac{q}{\pi} \left[\tan^{-1} \frac{z}{x-B} - \tan^{-1} \frac{z}{x+B} - \frac{2Bz(x^2 - z^2 - B^2)}{(x^2 + z^2 - B^2)^2 + 4B^2 z^2} \right] \quad (3.4)$$

denklemlerinden biri ile hesaplanabilir.

3.1.5. Üniform Yüklü Daire Alan



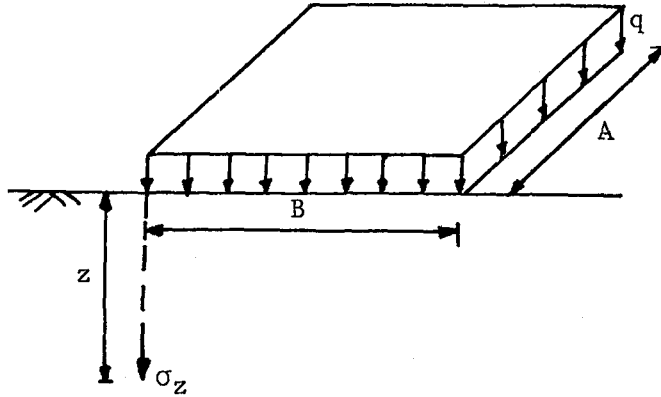
Şekil 3.4: Üniform yüklü daire alan

Böyle bir alanın ortası altında, z derinliğindeki bir noktada düşey gerilme artışı

$$\sigma_z = \left[1 - \left\{ \frac{1}{1 + (r/z)^2} \right\}^{3/2} \right] q \quad (3.5)$$

ile hesaplanır.

3.1.6. Üniform Yüklü Dikdörtgen Alan



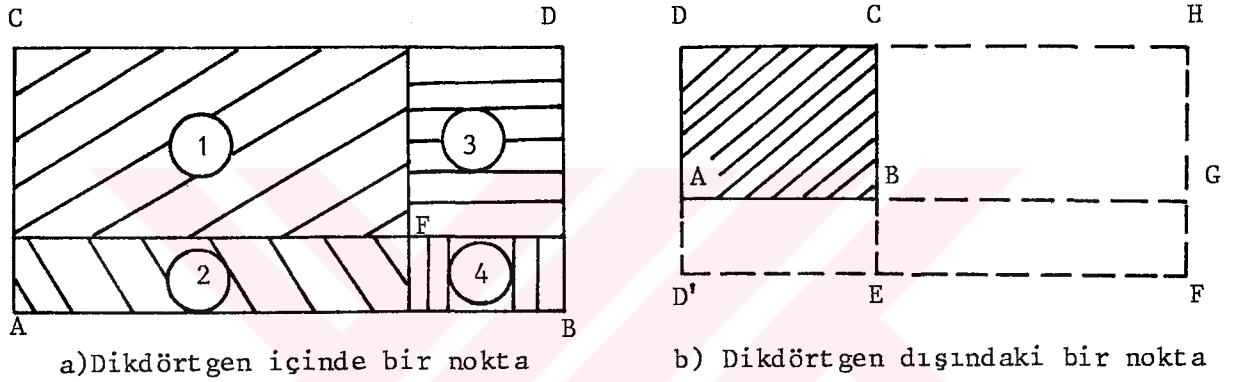
Şekil 3.5: Üniform yüklü dikdörtgen alan

Üniform yayılı yüklerle yüklü, dikdörtgen bir alanın, bir köşesi altında, z derinliğindeki bir noktada düşey gerilme,

$$\sigma_z = \frac{q}{4\pi} \left[\frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2+m^2n^2+1} \frac{m^2+n^2+2}{m^2+n^2+1} + \text{arc tg} \frac{2mn\sqrt{m^2+n^2+1}}{m^2+n^2-m^2n^2+1} \right] = K \cdot q \quad (3.6)$$

ile hesaplanır. K, etki faktörü olup, m ve n değerlerine göre tablolastırılmıştır (Newmark, 1935).

Üniform yükü taşıyan bir alanın içinde veya dışındaki bir nokta altında oluşan gerilme, süperpozisyon kuralı uygulanarak bağıntı (3.6) ile hesaplanabilir.



Şekil 3.6: Dikdörtgen alan içinde veya dışındaki noktalar

Dikdörtgen alan içindeki bir F noktası (Şekil 3.6 a) altında gerilme artışını hesaplamak için alan, F noktasından geçen doğrultuda 1, 2, 3, 4 alanlarına bölünür. Her bir alandan dolayı F noktasında oluşan gerilmeler toplanır.

$$\sigma_z = (K_1 + K_2 + K_3 + K_4) q \quad (3.7)$$

Dikdörtgen alan dışındaki bir F noktası (Şekil 3.6 b) altındaki gerilmeyi hesaplamak için, F noktasından geçen doğrularla alanlar oluşturulur. F noktası altındaki gerilme süperpozisyon kuralı ile aşağıdaki gibi hesaplanır.

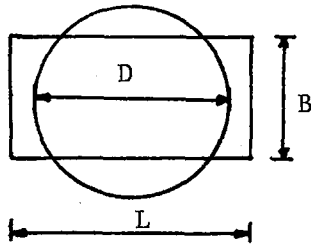
$$\sigma_z = q (K_{D'FHD} - K_{DFGA} - K_{EFHC} + K_{EFGB}) \quad (3.8)$$

3.2. Sığ (Yüzeysel) Temel Sistemleri Altında Meydana Gelen Konsolidasyon Oturmaları Hesabı

Kısım 1.3 de anlatıldığı gibi, yapılarda meydana gelen çatlaklar, ağır hasarlar, hatta yıkılmaların başında, temel oturmalarının, izin verilebilir oturma değerlerini aşması gelir. Geçmiş çalışmaların incelenmesinden, hesaplarda, sadece temel sistemindeki her bir temelin merkezi altındaki oturmaların dikkate alındığı, bu temellere komşu temellerin etkisinin düşünülmediği anlaşılmaktadır.

Oysa, komşu temellerden dolayı, bir temelin merkezi altında gerilme artışı olmakta, dolayısıyla oturma miktarıda artmaktadır. Komşu temellerin etkisi; dikkate alınmadıkları durumdaki hesap edilebilir oturmaları, izin verilebilir oturmaları aşan duruma dönüştürülebilir.

Komşu temellerin etkisi Design Manual (1971) de yaklaşık olarak dikkate alınmaktadır. Buna göre, dikdörtgen veya kare taban alanlı tekil temeller, alanlar aynı olacak şekilde eşdeğer dairesel temellere dönüştürülmektedir. Burada bir yaklaşıklık yapıldığı açıktır.



$$A_1 = A_2$$

$$B \cdot L = \pi D^2 / 4$$

$$D = \sqrt{4BL / \pi}$$

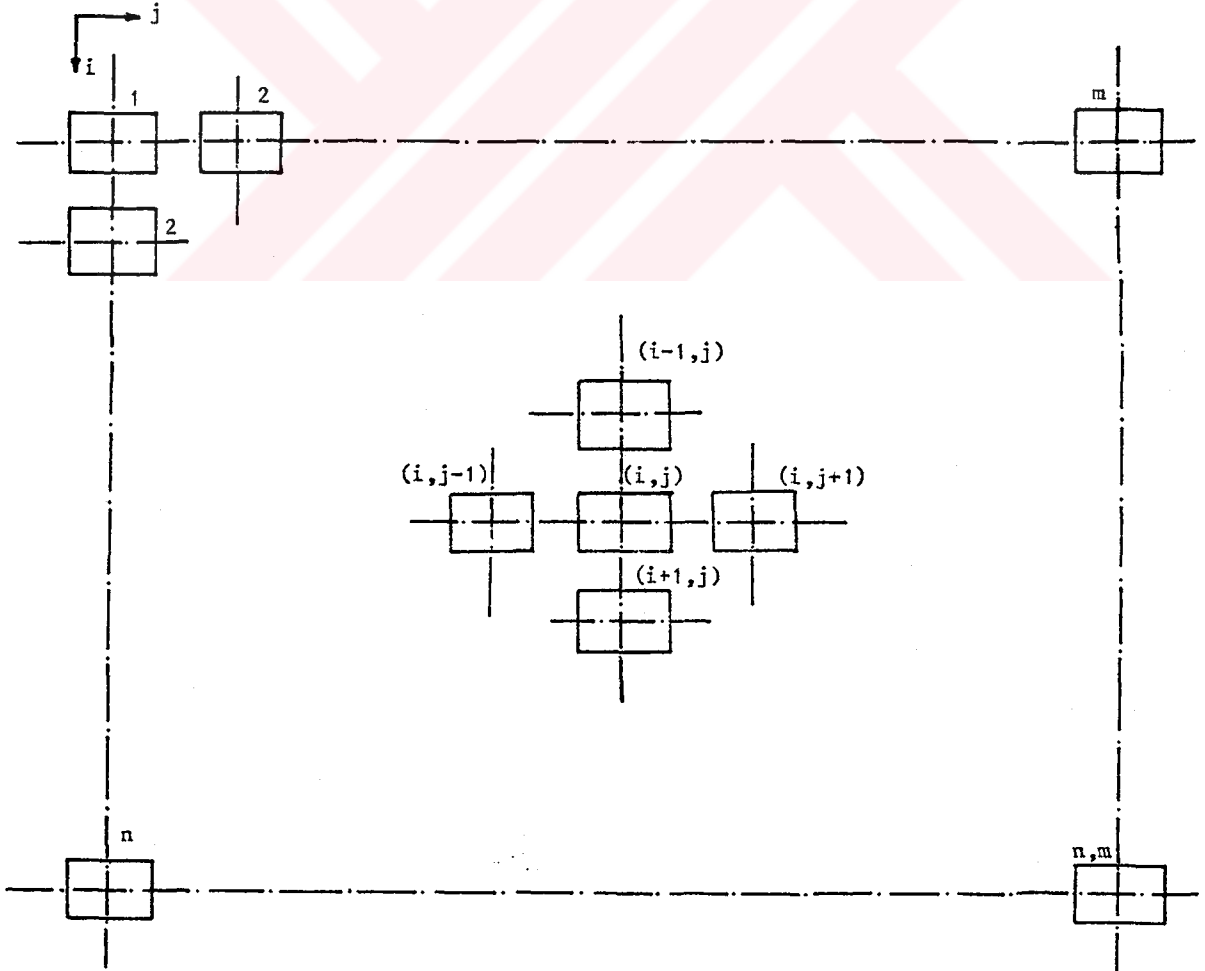
Şekil 3.7: Dikdörtgene eşdeğer daire

Sonra, dikdörtgen veya kare taban alanlı komşu temellerin etkisi, dairesel alanların etkisi olarak dikkate alınmaktadır. Ancak, üniform dairesel yükün kendi merkezi altında olmayan bir noktada meydana gelen gerilme artışını veren kapalı bir ifade (bağıntı) elde edilemediğinden, bu işlem tablolar veya

grafikler yardımı ile yapılabilmektedir. Tablo ve grafiklerin kullanılmasında, yavaşlık ve yaklaşıklık söz konusudur.

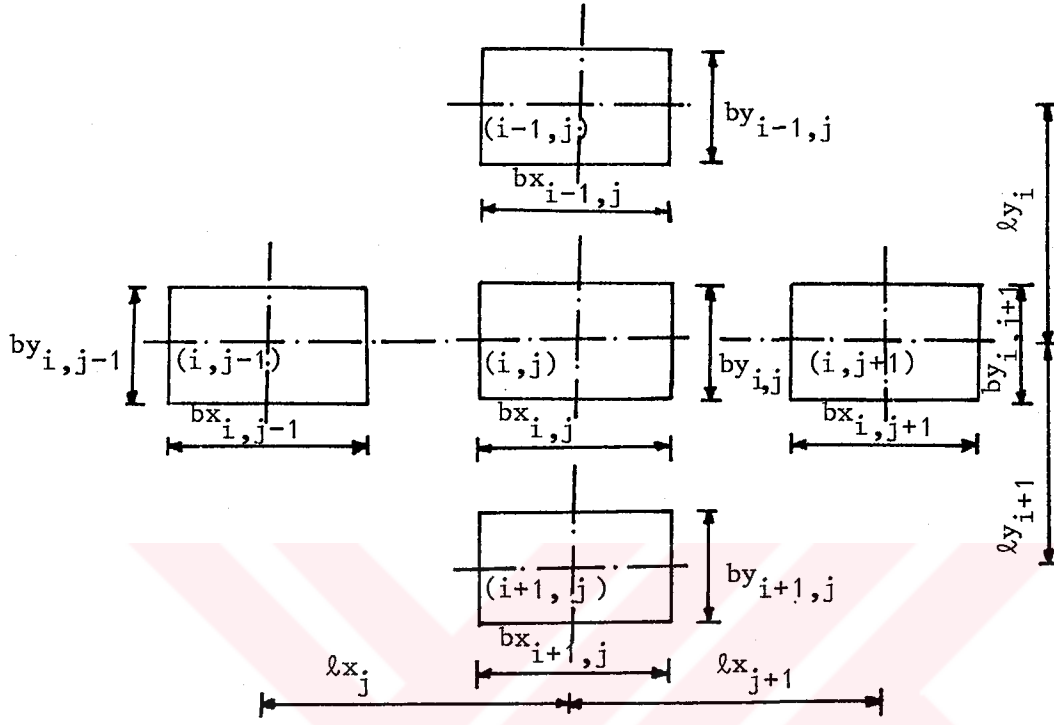
Bu çalışmada, komşu temellerin etkisi, herhangi bir şekil yaklaşıklığı yapmadan, dikdörtgen alanlar kullanarak, dikkate alınmıştır. Bu etkileşimi elle yapmak, uzun zaman alacağından, bu amaçla genel bir bilgisayar programı geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Bu yaklaşımın; komşu temellerin etkisini hiç dikkate almayan veya Design Manual'de olduğu gibi yaklaşık olarak dikkate alan yaklaşımlara göre, önemli bir ilerleme getirdiği açıktır.

3.2.1. Uniform Yüklü Tekil Temel Sisteminde Her Bir Tekil Temelin Konsolidasyon Oturmalarının Hesaplanması



Şekil 3.8: Genel bir tekil temel sistemi

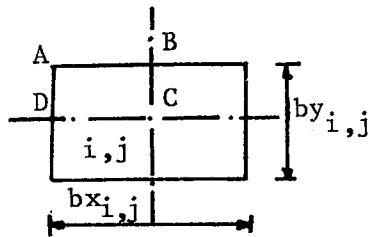
Bir tekil temel sistemindeki herhangi bir i, j temelini ve buna dik doğrultudaki komşu temelleri ele alalım.



Şekil 3.9: Herhangi bir temel ve komşu temelleri

Bir tekil temel sistemindeki herhangi bir (i, j) temelini merkezi altında oluşan toplam gerilme artışının hesaplanabilmesi için gerekli m ve n sabitlerinin bulunmasında aşağıda gösterilen dikdörtgen alanlar oluşturulur.

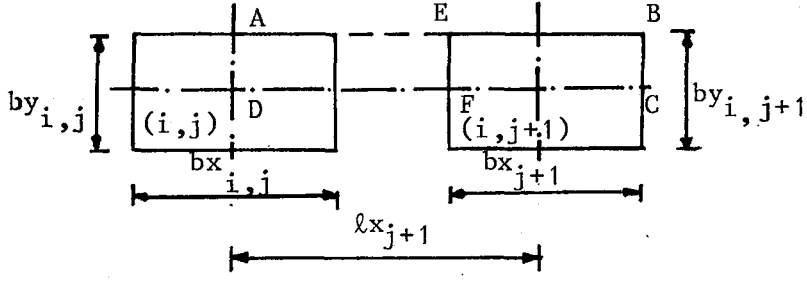
A) (i, j) temelinde, kendinden dolayı:



$$m_{i,j} = \frac{bx_{i,j}/2}{z}$$

$$n_{i,j} = \frac{by_{i,j}/2}{z}$$

Şekil 3.10: (i, j) temel boyutları

B) (i, j+1) temelinden dolayı

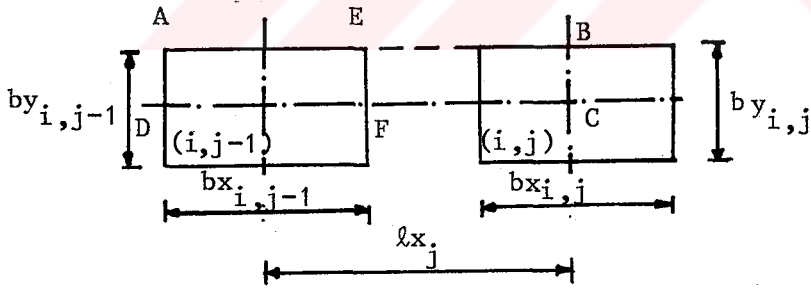
Şekil 3.11: (i, j+1) temel boyutları

ABCD dikdörtgen alan için: $m_{i,j} = \frac{l_{x_{j+1}} + (b_{x_{i,j+1}}/2)}{z}$

$$n_{i,j} = \frac{b_{y_{i,j+1}}/2}{z}$$

AEFD dikdörtgen alanı için: $m_{i,j} = \frac{l_{x_{j+1}} - (b_{x_{i,j+1}}/2)}{z}$

$$n_{i,j} = \frac{b_{y_{i,j+1}}/2}{z}$$

C) (i, j-1) temelinden dolayı

Şekil 3.12: (i, j-1) temel boyutları

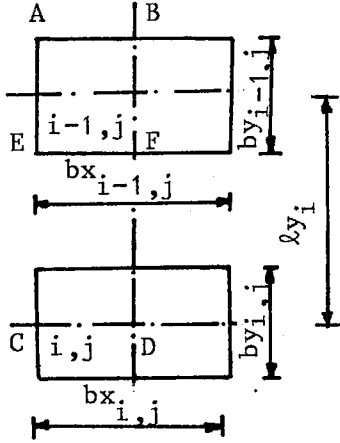
ABCD dikdörtgen alanı için: $m_{i,j} = \frac{l_{x_j} + (b_{x_{i,j-1}}/2)}{z}$

$$n_{i,j} = \frac{b_{y_{i,j-1}}/2}{z}$$

EBCF dikdörtgen alanı için: $m_{i,j} = \frac{l_{x_j} - (b_{x_{i,j-1}}/2)}{z}$

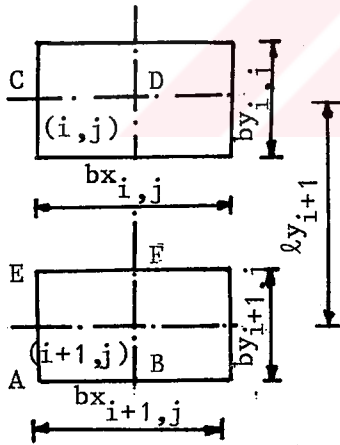
$$n_{i,j} = \frac{b_{y_{i,j-1}}/2}{z}$$

D) (i-1,j) temelinden dolayı:



Şekil 3.13: (i-1,j) temel boyutları

E) (i+1,j) temelinden dolayı:



Şekil 3.14: (i+1,j) temel boyutları

ABCD dikdörtgen alanı için:

$$m_{i,j} = \frac{\ell y_i + (by_{i-1,j}/2)}{z}$$

$$n_{i,j} = \frac{bx_{i-1,j}/2}{z}$$

EFCD dikdörtgen alanı için:

$$m_{i,j} = \frac{\ell y_i - (by_{i-1,j}/2)}{z}$$

$$n_{i,j} = \frac{bx_{i-1,j}/2}{z}$$

ABCD dikdörtgen alanı için:

$$m_{i,j} = \frac{\ell y_{i+1} + (by_{i+1,j}/2)}{z}$$

$$n_{i,j} = \frac{bx_{i+1,j}/2}{z}$$

EFCD dikdörtgen alanı için:

$$m_{i,j} = \frac{\ell y_{i+1} - (by_{i+1,j}/2)}{z}$$

$$n_{i,j} = \frac{bx_{i+1,j}/2}{z}$$

Bulunan m ve n sabitleri bağıntı (3.6) da yerine konursa (i,j) temelini merkezi altında, belli bir z derinliğinde, kendinden ve komşu temellerden dolayı meydana gelen düşey gerilme artışları ayrı ayrı bulunur. Süperpozisyon kuralı uygulanarak (i,j) temelini merkezi altındaki toplam düşey gerilme elde edilir.

Aynı düşünce her bir temele ayrı ayrı uygulanırsa, bir tekil temel sistemindeki her bir temelin merkezi altında meydana gelen düzey gerilme artışları bulunur.

Bir tekil temel sistemindeki her bir temelin merkezi altında meydana gelen konsolidasyon oturmalarının bulunması için gerekli olan tüm bilgileri oku (Temel boyutları, tekil yükler, kolon açıklıkları, hacimsel sıkışma katsayısı, tabaka kalınlığı).

Bir tekil temel sistemindeki her bir temelin merkezi altında meydana gelen gerilme artışlarının bulunması için gerekli olan tüm m ve n sabitlerine ait, oluşturulan dikdörtgen alan boyutlarını hesapla.

Bir tekil temel sistemindeki her bir temelin (i,j) merkezi altında kendinden dolayı oluşan gerilme artışını hesapla.

Bir tekil temel sistemindeki her bir temelin merkezi altında, sağındaki $(i,j-1)$ komşu temellerden dolayı meydana gelen gerilme artışı hesapla

Bir tekil temel sistemindeki her bir temelin merkezi altında, solundaki $(i,j+1)$ komşu temellerden dolayı meydana gelen gerilme artışını hesapla.

Bir tekil temel sistemindeki her bir temelin merkezi altında, yukarıdaki $(i-1,j)$ komşu temellerden dolayı meydana gelen gerilme artışını hesapla.

Bir tekil temel sistemindeki her bir temelin merkezi altında, aşağıdaki $(i+1,j)$ komşu temellerden dolayı meydana gelen gerilme artışını hesapla.

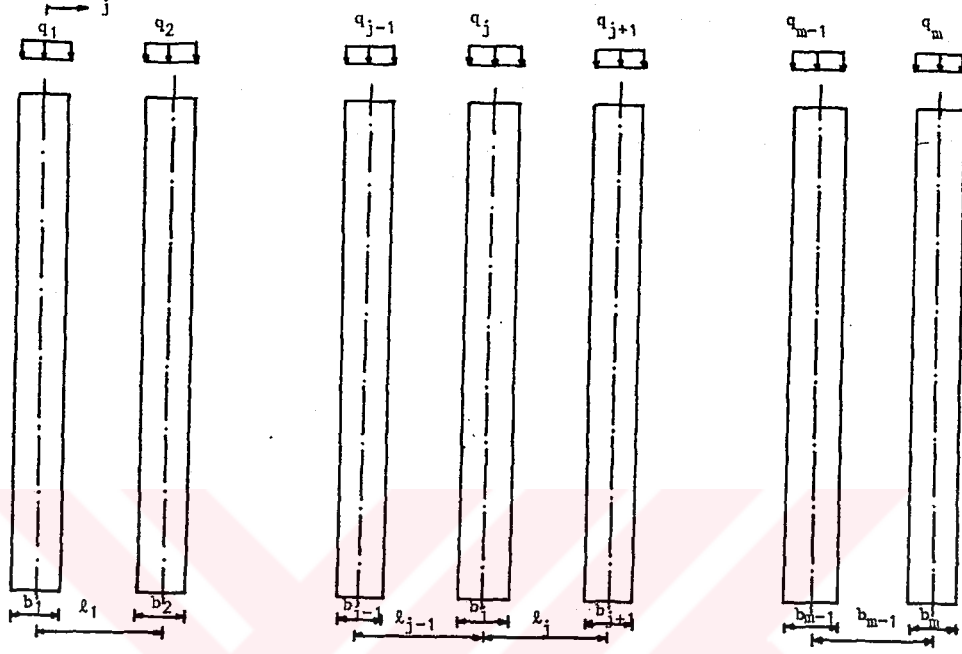
Bir tekil temel sistemindeki her bir temelin merkezi altında, kendinden ve dik doğrultuda komşu temellerden dolayı meydana gelen gerilme artışlarını topla.

Bir tekil temel sistemindeki her bir temelin merkezi altında meydana gelen konsolidasyon oturmasını hesapla.

Bir tekil temel sistemindeki her bir temelin merkezi altında meydana gelen konsolidasyon oturmalarını yaz.

Şekil 3.15: Tekil temel sistemine ait konsolidasyon oturması hesabının akış mantığı.

3.2.2. Uniform Yüklü Bir Şerit Temel Sistemindeki Her Bir Şerit Temelin Konsolidasyon Oturması Hesabı



Şekil 3.16: Genel bir şerit temel sistemi

Bir şerit temel sistemindeki her bir temelin eksenini altında, kendinden ve komşu temellerden dolayı meydana gelen gerilme artışları, bağıntı (3.3) ve (3.4) kullanılarak hesaplanır. Her bir şerit temelin eksenini altında, kendinden ve komşu temellerden dolayı oluşan gerilme artışları ve konsolidasyon oturmaları Şekil 3.17 de gösterilen akış mantığı kullanılarak hesaplanmıştır.

Şerit temel sistemindeki her bir temelin merkezi altında meydana gelen konsolidasyon oturmalarının bulunması için gerekli tüm bilgileri oku (temel boyutları, üniform yük, kolon açıklıkları, hacimsal sıkışma katsayısı, tabaka kalınlığı).

Şerit temel sistemindeki her bir temelin (j) merkezi altında meydana gelen gerilme artışını hesapla.

Şerit temel sistemindeki her bir temelin merkezi altında solundaki (j-1) temelinden meydana gelen gerilme artışını hesapla.

Şerit temel sistemindeki her bir temelin merkezi altında sağındaki (j+1) temelinden dolayı meydana gelen gerilme artışını hesapla.

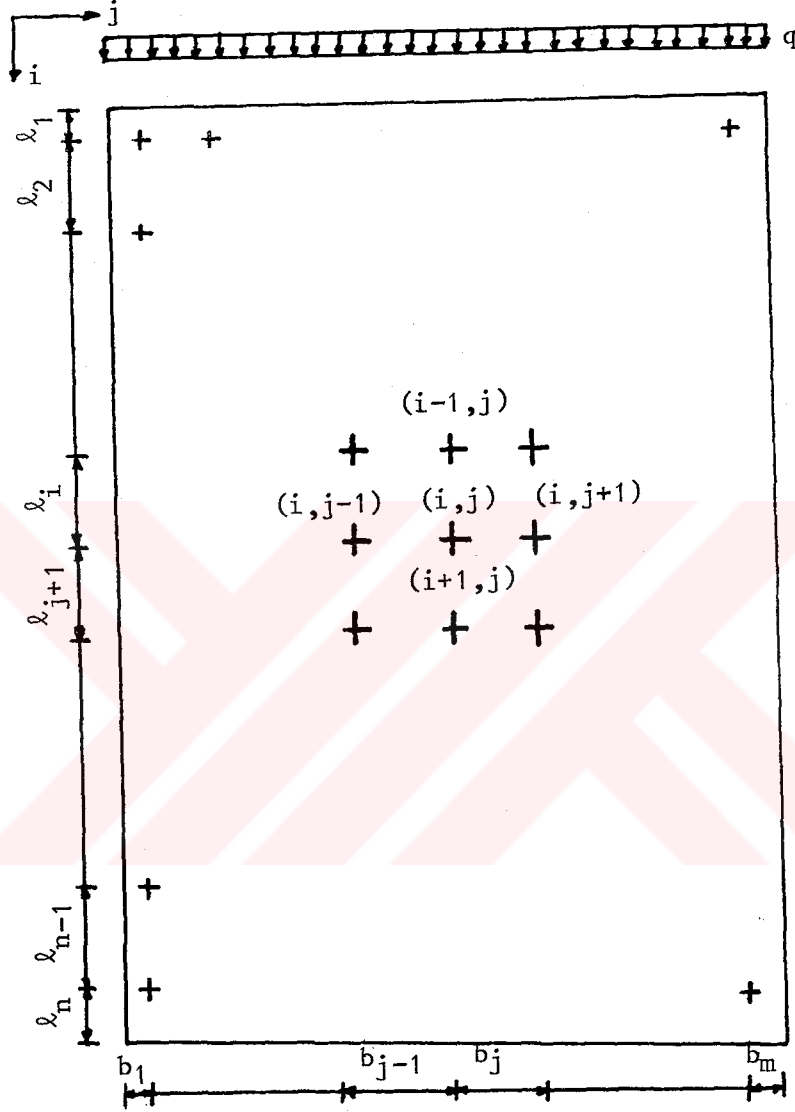
Şerit temel sistemindeki her bir temelin merkezi altında, kendinden ve komşu temellerinden dolayı meydana gelen gerilme artışlarını topla.

Şerit temel sisteminde her bir temelin merkezi altındaki konsolidasyon oturmasını hesapla.

Şerit temel sisteminde her bir temelin merkezi altındaki konsolidasyon oturmalarını yaz.

Şekil 3.17: Şerit temel sistemine ait konsolidasyon oturması hesabının akış mantığı.

3.2.3. Bir Radye Temelde Her Bir Kolon Altında Meydana Gelen Konsolidasyon Oturması Hesabı



Şekil 3.18: Genel bir radye temel sistemi

Radye temel sistemindeki herhangi bir kolonu (i,j) ele alalım. Üniform yayıllı yüklerle yüklü bir dikdörtgen alan içinde herhangi bir nokta (i,j) altında meydana gelen gelen gerilme artışı, süperpozisyon kuralı uygulanarak bağıntı (3.6) ile hesaplanabilir.

Bir radye temelde her bir kolon altında meydana gelen konsolidasyon oturmalarının bulunması için gerekli tüm bilgileri oku (üniform yük, kolon açıklıkları, hacimsal sıkışma katsayısı, tabaka kalınlığı).

Bir radye temelde her bir kolon altında meydana gelen gerilme artışlarının bulunması için gerekli m, n sabitlerine ait oluşturulan dikdörtgen alan boyutlarını hesapla.

Bir radye temelde oluşturulan dikdörtgen alanlardan dolayı meydana gelen gerilme artışlarını hesapla.

Bir radye temelde her bir kolon altında meydana gelen gerilme artışı için, oluşturulan dikdörtgen alanlardan dolayı meydana gelen gerilme artışlarını topla.

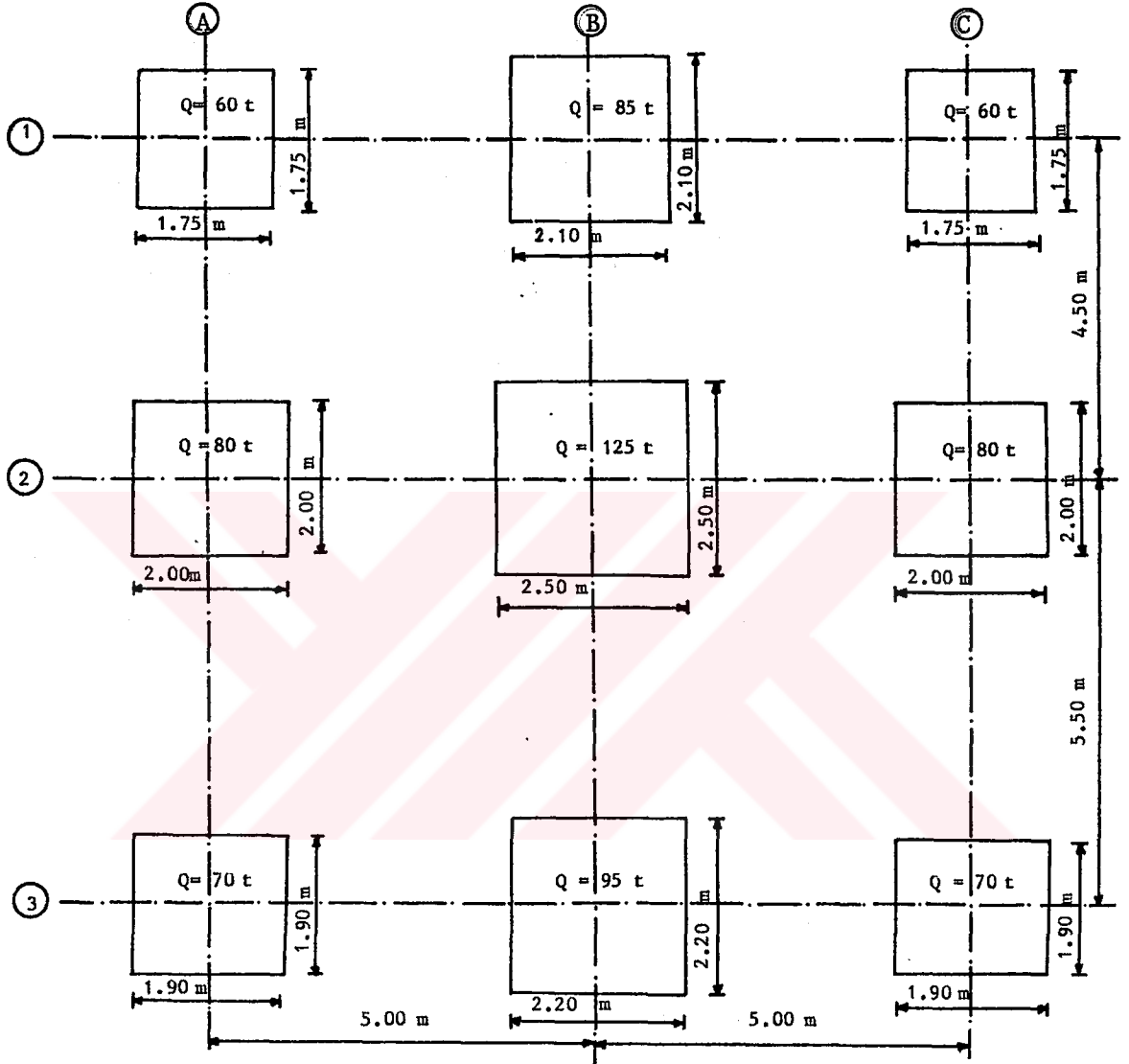
Bir radye temelde her bir kolon altında meydana gelen konsolidasyon oturmasını hesapla.

Bir radye temelde her bir kolon altında meydana gelen konsolidasyon oturmasını yaz.

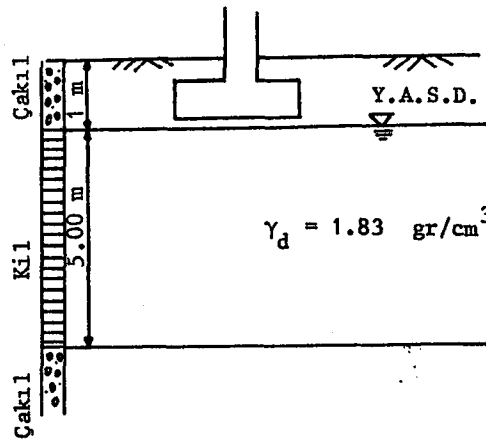
Şekil 3.19: Radye temele ait konsolidasyon oturması akış mantığı.

3.3. Sayısal Örnekler

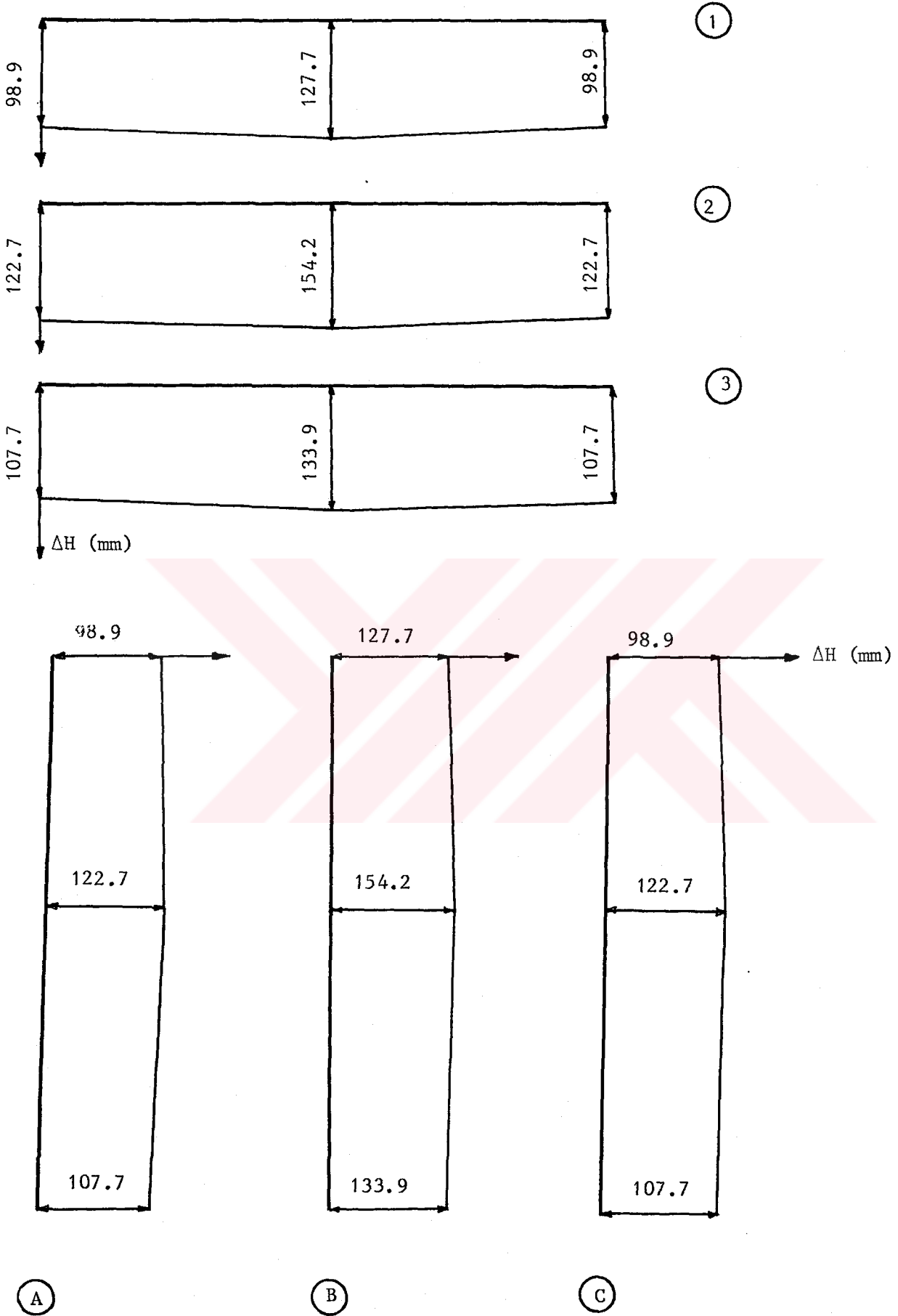
3.3.1. Bir Tekil Temel Sistemindeki Her Bir Tekil Temelin Konsolidasyon Oturması İçin Sayısal Örnek



Şekil 3.20: Oturmaları hesaplanan tekil temel sistemine ait veriler

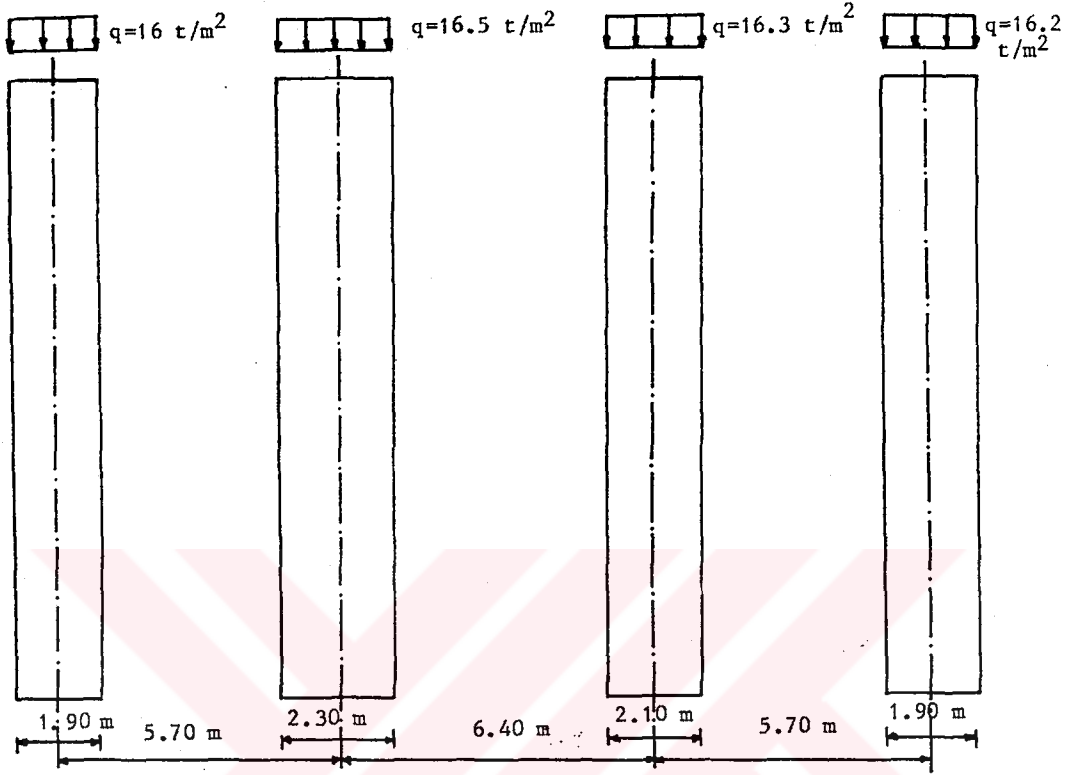


Şekil 3.21: Temel zemini kesiti

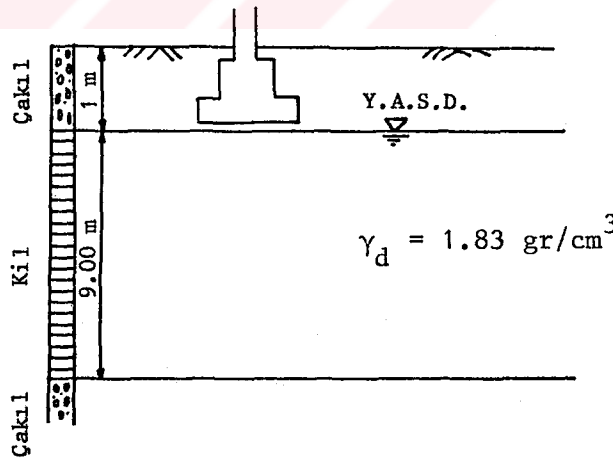


Şekil 3.22: Şekil 3.20 de gösterilen tekil temel sisteminde her bir temel altında meydana gelen oturmaların şematik gösterimi

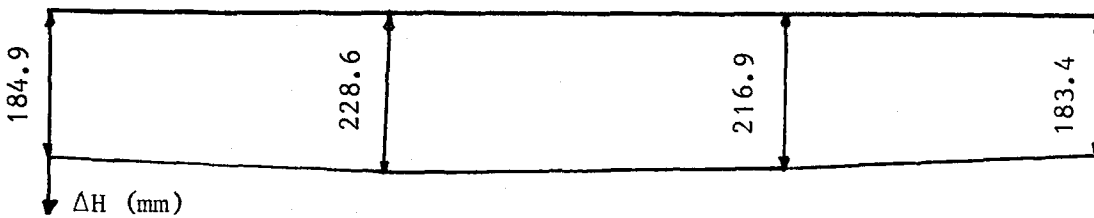
3.3.2. Bir Şerit Temel Sistemindeki Her Bir Şerit Temelin Konsolidasyon Oturması İçin Sayısal Örnek



Şekil 3.23: Oturmaları hesaplanan şerit temel sistemine ait veriler

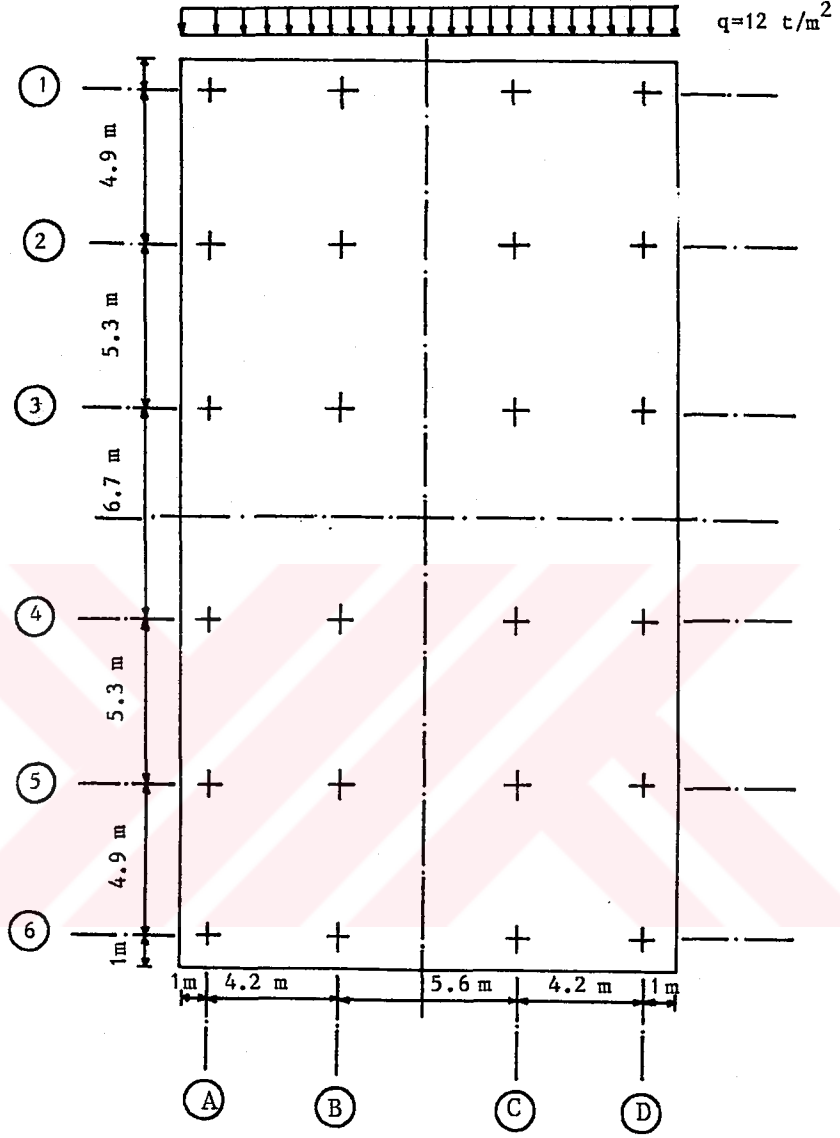


Şekil 3.24: Temel zemini kesiti

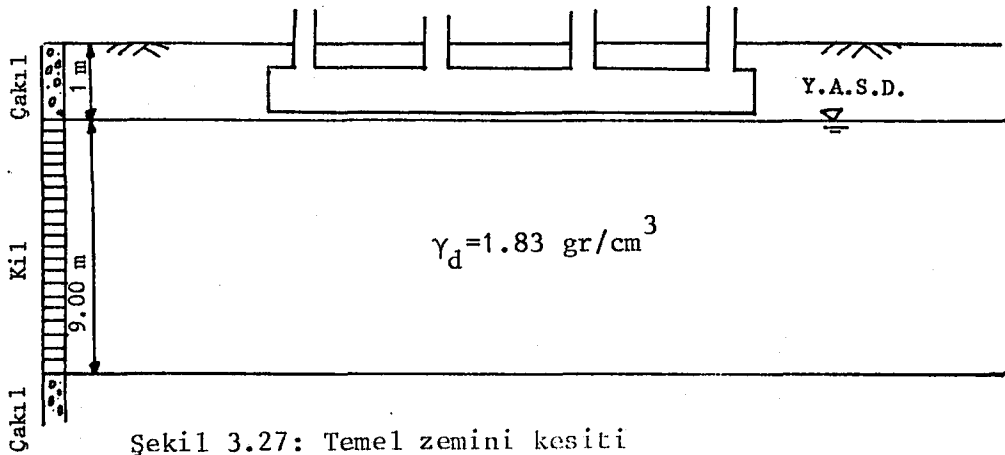


Şekil 3.25. Şekil 3.23 de gösterilen şerit temel sisteminde her bir temelin altında meydana gelen oturmaların şematik gösterimi

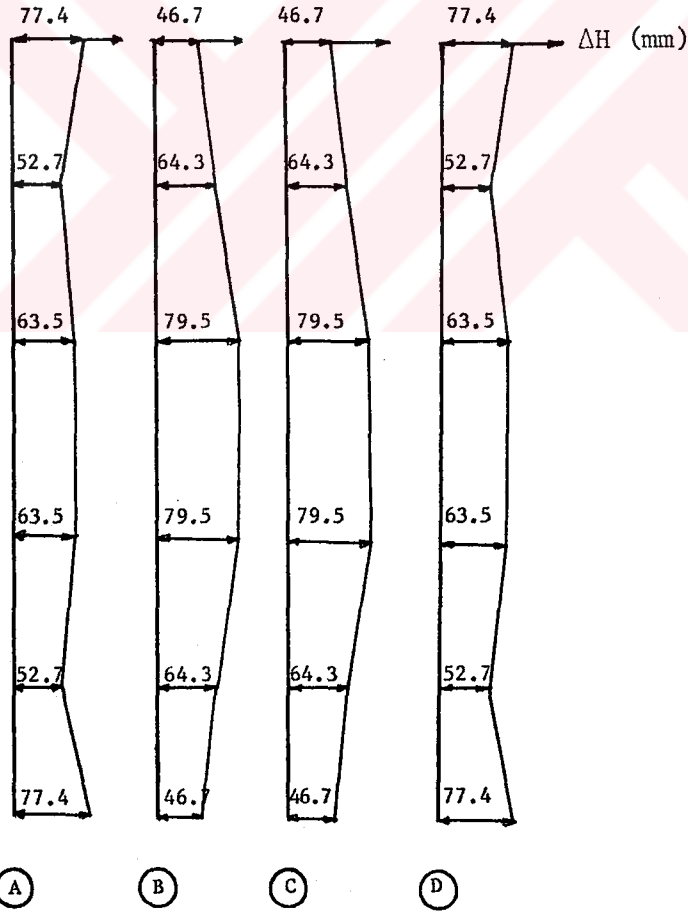
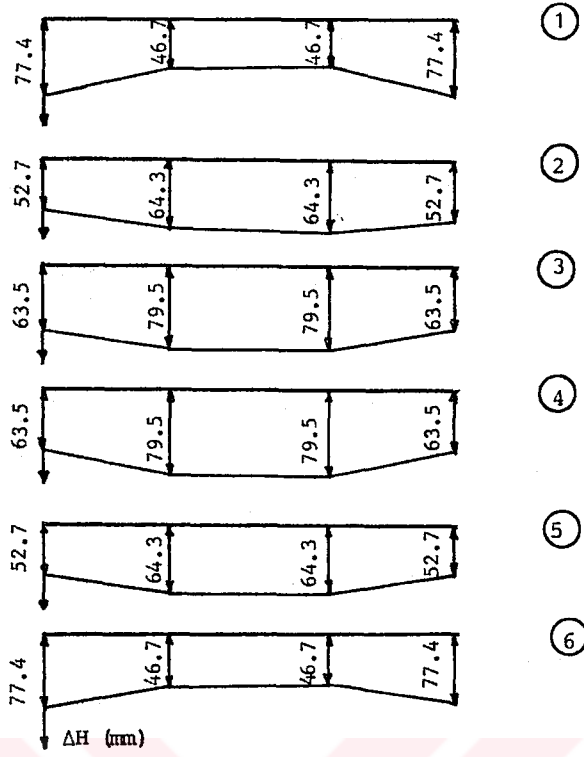
3.3.3. Bir Radye Temelde Her Bir Kolon Altında Meydana Gelen Konsolidasyon Oturması için Sayısal Örnek



Şekil 3.26: Oturmaları hesaplanan radye temel sistemine ait veriler



Şekil 3.27: Temel zemini kesiti



Şekil 3.28: Şekil 3.26 da gösterilen radye temel sisteminde her bir kolonun altında meydana gelen oturma'nın şematik gösterimi

Bu kısımda, tipik bir tekil temel, şerit temel ve radye temel sistemine ait konsolidasyon oturmaları hesaplandı ve oturma değerleri şematik olarak gösterildi. Şekil 3.20, 3.23 ve 3.26 da sayısal bilgileri verilen temel sistemlerinin konsolidasyon oturmaları, Şekil 3.15, 3.17 ve 3.19 da gösterilen akış mantığına göre geliştirilen ve ekte verilen bilgisayar programları kullanılarak hesaplandı. Hesaplarda, temel zemini tek tabaka olarak düşünüldü ve deney örneğinin Şekil 3.21, 3.24 ve 3.27 de gösterilen kil tabakasından alındığı kabul edilerek, Deney No 1-II'ye ait hacimsal sıkışma katsayıları kullanıldı.



BÖLÜM 4

S O N U Ç L A R

Bu çalışmada, Trabzon ve çevresi killерinin konsolidasyon özelliklerini araştırmak amacıyla, konsolidasyon deneyleri yapıldı, ayrıca yüzeysel (sığ) temel sistemlerinin (tekil, şerit, radye) konsolidasyon oturmaları için bilgisayar programları geliştirildi. Konsolidasyon deney sonuçlarını ve geliştirilen bilgisayar programlarının getirdiği kolaylıkları ve üstünlükleri aşağıdaki gibi açıklayabiliriz.

1. Konsolidasyon deneylerine ait $e-\sigma'$ ve $e-\log\sigma'$ ilişkisi:

Trabzon ve çevresinden alınan bazı kil örneklerine ait efektif gerilme (σ') ve denge boşluk oranı (e) arasındaki ilişkiler Şekil 2.26-2.35 de gösterilmektedir. Eğrilerin biçimi deney örneklerinin alındığı kil tabakalarının gerilme geçmişi yani jeolojik geçmişi ile yakından ilgilidir. Normal konsolide olmuş killerde $e-\log\sigma'$ ilişkisi lineer veya lineere yakındır. Aşırı konsolide olmuş killerde ise $e-\log\sigma'$ ilişkisi lineer olmayıp eğriseldir. Konsolidasyon özelliklerini araştırmak amacıyla belli yerlerden alınan kil örneklerine ait $e-\log\sigma'$ eğrilerine bakıldığında, bu killerin aşırı konsolide olduğu, yani geçmişte, şimdikinden daha fazla gerilme altında kaldığı görülmektedir.

Bu konu, daha çok sayıda deney yapılarak, daha kapsamlı bir şekilde incelenmelidir.

2. Büyük ve Küçük metal halkalar üzerinde yapılan konsolidasyon deney sonuçları arasındaki farklılık:

Büyük ($D=76.2$ mm, $H=19$ mm) ve küçük ($D=50$ mm, $H=20$ mm) metal halkalar ile alınan aynı cins zemin örnekleri üzerinde yapılan konsolidasyon deney sonuçlarında, buna bağlı olarakta konsolidasyon özelliklerinde farklılıklar görüldü. Bu farklılıkların nedeni, kısım 2.2.1 de açıklandığı gibi, sürtünmeden dolayı büyük halkada meydana gelen basınç kaybının daha az

olması, dolayısıyla büyük halkanın daha fazla basınç altında kalmasıdır. Deney sonuçları karşılaştırıldığında büyük halka ile alınan kil örneklerine ait konsolidasyon özellikleri (C_c , m_v , ...), küçük halka ile alınan kil örneklerine ait konsolidasyon özelliklerinden daha büyük çıkmaktadır. Yani büyük halka içerisindeki örnek daha fazla oturma yapmaktadır. Buradan, aynı kalınlıkta, farklı çaplardaki metal halkalar ile alınan aynı cins kil örnekleri üzerinde yapılan konsolidasyon deneylerinde, büyük çaplı örneklerin kullanılması halinde, oturma analizinde (hesabında), daha büyük oturma değerlerinin elde edileceği ve hesaplanan oturma değerlerinin daha doğru olacağı anlaşılmaktadır.

Konsolidasyon deney sonuçlarını, halka boyutları yanında etkileyen başka etkenlerde vardır. Bunlar örselenmemiş zemin örneğinin alınması sırasında meydana gelen bozuk tabaka kalınlığı, sıcaklık gibi etkenlerdir. Bu etkenlerin konsolidasyon deney sonuçları üzerindeki etkileri daha fazla sayıda deney yapılarak kapsamlı bir şekilde incelenebilir.

3. Amirik C_c-w_L (yoğrulmuş killer) ilişkisinin, deneysel C_c-w_L (örselenmemiş killer) ilişkisi ile karşılaştırılması:

Şekil 2.23 de amirik ve deneysel C_c-w_L ilişkisi görülmektedir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, aynı likit limit değeri için, örselenmemiş kil örneklerine ait C_c sıkışma indisi değerinin, yoğrulmuş killerin C_c sıkışma indisi değerinden daha küçük olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç, yoğrulmanın (örselenmenin), konsolidasyon oturmasını artırdığını gösterir. Bu kısmın daha kapsamlı deneylerle araştırılması gerekir.

4. Sığ (yüzeysel) temel sistemlerinde meydana gelen konsolidasyon oturması:

Bir temel sisteminde, her bir temelin merkezi altında meydana gelen konsolidasyon oturmalarının hesabında, sadece temelin kendisinden dolayı meydana gelen gerilme artışı düşünülmektedir. Oysa, her bir temelin merkezi altında, komşu temellerden

dolayı da gerilme artışı meydana gelmektedir. Komşu temellerden dolayı meydana gelen gerilme artışını da düşünürsek, her bir temel için merkezi altında daha büyük bir oturma meydana gelir. Komşu temellerin etkisi, düşünülmedikleri durumda hesaplanan oturma değerlerini, izin verilebilir oturma değerlerini aşan duruma dönüştürebilir.

Tablolar yardımı ile elle yapılan oturma hesapları uzun zaman almaktadır. Bu amaçla, komşu temellerin etkisinde düşünülerek, oturma hesaplarının daha hızlı bir şekilde yapılabilmesi için bilgisayar programları geliştirildi. Çalışmanın, bu yönüyle pratikte çalışan mühendisler için yararlı olacağı umulmaktadır.



KAYNAKLAR

- Anonym, (1971), Design Manual, Soil Mechanics Foundations and Earth Structures, NAVFAC DM-7, Department of the Navy, U.S.A.
- Bjerrum, L. (1963), Discussion on Section G, European Conf. on SMFE, Wiesbaden, Vol. 2, p.135-137.
- Boussinesq J. (1885) Application des potentiels a l'etude de l'equilibre et du mouvement des solides elastiques, Gauthier-Villars, Paris.
- Casagrande, A. (1936), The Determination of the Pre-Consolidation Load and its Practical Significance, Proc. Ist. Int. Conf. on SM, Cambridge, pp.60-64.
- Golder, H.Q. (1971), The allowable settlement of structures, Proc. 4th Panamerican Conf. On SMFE, Puerto Rico, Vol.1, p. 171-187.
- Grant, R., Christian, J.T. and Vanmarcke, E.H. (1974), Differential Settlements of Buildings, Journal of Geotechnical Engng. Division, ASCE, Vol.100, GT9, p.973-991.
- Newmark, M. (1935). Simplified computation of vertical pressures elastic foundations, circular no. 24, Engng. Expt. Station, Univ. of Illinois.
- Osterberg, J.O. (1973), Settlements of Structures Due to External Causes, Seminar on Settlement of Structures, ASCE, s. 1-17.
- Polshin, D.E. and Toker, R.H. (1957), Maximum Allowable non-uniform settlement of Structures, Proc. 4th Int. Conf. on SMFE, Vol.3, pp. 402-405.
- Sing, A. and Punmia, B.C. (1970), Soil Mechanics and Foundations, Mehta Printers, Delhi, INDIA.
- Simons, N.E. and Menzies, B.K. (1975), A Short Course in Foundation Engineering, IPC Science and Tech Press.
- Skempton, A.W. and Mac Donald, D.H. (1956), Allowable Settlement of Buildings, Proc. Institute of Civil Engineers, Part 3, Vol. 5, pp.727-768.
- Skempton, A.W. and Bjerrum, L. (1957), A contribution to the Settlement Analysis of Foundations on Clay; Geotechnique, Vol.7, No.4.
- Taylor, D.W. (1942), Research on the Consolidation of Clays, Department of Civil and Sanitary Engineering, Massachusetts Institute Technology, Serial No. 82.
- Taylor, D.W. (1948), Fundamentals of Soil Mechanics, Willey, New York.
- Terzaghi, K. (1923), Die Berechnung der Durchlaessegke-litsziffer des Tones aus den Verlauf der hydrodynamischen spannung ser scheinungen, Vienna.
- Terzaghi, K. (1943), Theoretical Soil Mechanics, Willey, New York.

- Terzaghi, K. and Peck, B.C. (1967) Soil Mechanics in Engineering Practice, Willey, New York.
- Uzuner, B.A. (1984), Yapılarda Zemin İncelemesinin (Etüdünün) Önemi, Türkiye'de İnşaat Mühendisliği Alanındaki Gelişmeler Kongresi 84, İstanbul, s.71-74.
- Uzuner, B.A. (1985), Yapılarda Oturma, III. Mühendislik Haftası, İsparta, s. 11-23.
- Van Zelst, T.W. (1948), An Investigation of the Factors Affecting Laboratory Consolidation of Clay, Proceedings Second International Conference on Soil Mechanics, Vol. VII. paper No. II c 4, p.52.
- Whitlow, R. (1983), Basic Soil Mechanics, Constructuon press, London.



BIR TEKIL TEMEL SISTEMİNDE HER BİR TEMELİN KONSOLIDASYON OTURMALARI

```

PARAMETER (N=3,M=3)
REAL BX(N,M),BY(N,M),Q(N,M),LX(M),LY(N),R1(N,M),R2(N,M)
REAL L1(N,M),L2(N,M),A1(N,M),A2(N,M),U1(N,M),U2(N,M),X(N,M)
REAL Y(N,M),P(N,M),DSIGK(N,M),DSIGR1(N,M),DSIGR2(N,M)
REAL DSIGL1(N,M),DSIGL2(N,M),DSIGA1(N,M),DSIGA2(N,M),DH(N,M)
REAL DSIGU1(N,M),DSIGU2(N,M),DSIGX(N,M),DSIG(N,M),MV(N,M)
OPEN(1,FILE='TT.VER')
OPEN(2,FILE='TT.CIK',STATUS='NEW')
READ(1,3) ((BX(I,J),J=1,M),I=1,N)
READ(1,3) ((BY(I,J),J=1,M),I=1,N)
READ(1,3) ((Q(I,J),J=1,M),I=1,N)
READ(1,9) ((MV(I,J),J=1,M),I=1,N)
READ(1,8) (LX(J),J=1,M-1)
READ(1,8) (LY(I),I=1,N-1)
READ(1,*) Z,H
3 FORMAT(3F8.3)
8 FORMAT(2F8.3)
9 FORMAT(3F8.5)
DO 4 I=1,N
DO 4 J=1,M
P(I,J)=Q(I,J)/(BX(I,J)*BY(I,J))
4 CONTINUE
DO 5 I=1,N
DO 5 J=1,M
X(I,J)=BX(I,J)/2
Y(I,J)=BY(I,J)/2
IF(J.EQ.1)THEN
R1(I,J)=0
R2(I,J)=0
L1(I,J)=LX(J)+BX(I,J)/2
L2(I,J)=LX(J)-BX(I,J)/2
ELSEIF(J.EQ.M)THEN
L=J-1
R1(I,J)=LX(L)+BX(I,J)/2
R2(I,J)=LX(L)-BX(I,J)/2
L1(I,J)=0
L2(I,J)=0
ELSE
K=J-1
R1(I,J)=LX(K)+BX(I,J)/2
R2(I,J)=LX(K)-BX(I,J)/2
L1(I,J)=LX(J)+BX(I,J)/2
L2(I,J)=LX(J)-BX(I,J)/2
ENDIF
5 CONTINUE
CALL SIGMA(X,Y,P,DSIGK,Z,N,M)
CALL SIGMA(Y,R1,P,DSIGR1,Z,N,M)
CALL SIGMA(Y,R2,P,DSIGR2,Z,N,M)
CALL SIGMA(Y,L1,P,DSIGL1,Z,N,M)
CALL SIGMA(Y,L2,P,DSIGL2,Z,N,M)

```

```

DO 10 I=1,N
DO 10 J=1,M
IF (I.EQ.1) THEN
A1(I,J)=0
A2(I,J)=0
U1(I,J)=LY(I)+BY(I,J)/2
U2(I,J)=LY(I)-BY(I,J)/2
ELSEIF (I.EQ.N) THEN
L=I-1
A1(I,J)=LY(L)+BY(I,J)/2
A2(I,J)=LY(L)-BY(I,J)/2
U1(I,J)=0
U2(I,J)=0
ELSE
K=I-1
A1(I,J)=LY(K)+BY(I,J)/2
A2(I,J)=LY(K)-BY(I,J)/2
U1(I,J)=LY(I)+BY(I,J)/2
U2(I,J)=LY(I)-BY(I,J)/2
ENDIF
10 CONTINUE
CALL SIGMA(X,A1,P,DSIGA1,Z,N,M)
CALL SIGMA(X,A2,P,DSIGA2,Z,N,M)
CALL SIGMA(X,U1,P,DSIGU1,Z,N,M)
CALL SIGMA(X,U2,P,DSIGU2,Z,N,M)
DO 15 I=1,N
DO 15 J=1,M
IF (J.EQ.1) THEN
K=J+1
DSIGX(I,J)=4*DSIGK(I,J)+2*(DSIGR1(I,K)-DSIGR2(I,K))
ELSEIF (J.EQ.M) THEN
L=J-1
DSIGX(I,J)=4*DSIGK(I,J)+2*(DSIGL1(I,L)-DSIGL2(I,L))
ELSE
K=J+1
L=J-1
DSIGX(I,J)=4*DSIGK(I,J)+2*(DSIGR1(I,K)-DSIGR2(I,K)+
*DSIGL1(I,L)-DSIGL2(I,L))
ENDIF
15 CONTINUE
DO 16 I=1,N
DO 16 J=1,M
IF (I.EQ.1) THEN
K=I+1
DSIG(I,J)=DSIGX(I,J)+2*(DSIGA1(K,J)-DSIGA2(K,J))
ELSEIF (I.EQ.N) THEN
L=I-1
DSIG(I,J)=DSIGX(I,J)+2*(DSIGU1(L,J)-DSIGU2(L,J))
ELSE
K=I+1
L=I-1
DSIG(I,J)=DSIGX(I,J)+2*(DSIGA1(K,J)-DSIGA2(K,J)+DSIGU1(L,J)-
*DSIGU2(L,J))
ENDIF

```

```

16 CONTINUE
  CALL SET(DSIG,MV,H,DH,N,M)
  WRITE(2,*)'.....DSIG.....'
  WRITE(2,3)((DSIG(I,J),J=1,M),I=1,N)
  WRITE(2,*)'.....DH.....'
  WRITE(2,6)((DH(I,J),J=1,M),I=1,N)
6 FORMAT(3F6.4)
  STOP
  END

  SUBROUTINE SIGMA(B,H,P,SIG,Z,N,M)
  REAL B(3,3),H(3,3),SIG(3,3),N1(3,3),M1(3,3)
  REAL P(3,3),S(3,3),R(3,3),ACI(3,3)
  DO 20 I=1,N
  DO 20 J=1,M
  IF(H(I,J).EQ.0)THEN
  SIG(I,J)=0
  ELSE
  M1(I,J)=B(I,J)/Z
  N1(I,J)=H(I,J)/Z
  S(I,J)=M1(I,J)*N1(I,J)
  R(I,J)=M1(I,J)**2+N1(I,J)**2+1
  ACI(I,J)=ATAN(2*S(I,J)*R(I,J)**0.5/(R(I,J)-S(I,J)**2))
  SIG(I,J)=P(I,J)*(2*S(I,J)*R(I,J)**0.5*(R(I,J)+1)/((R(I,J)+
  *S(I,J)**2)*R(I,J))+ACI(I,J))/(4*3.14)
  ENDIF
20 CONTINUE
  RETURN
  END

  SUBROUTINE SET(DSIG,MV,H,DH,N,M)
  REAL DSIG(3,3),MV(3,3),DH(3,3)
  DO 25 I=1,N
  DO 25 J=1,M
  DH(I,J)=MV(I,J)*H*DSIG(I,J)
25 CONTINUE
  RETURN
  END

```

BIR SERIT TEMEL SISTEMINDE HER BIR TEMELIN KONSOLIDASYON OTURMALARI

```

PARAMETER (M=4)
REAL Q(M),BX(M),LX(M),A(M),XR(M),XL(M),DSIGK(M),DSIGL(M)
REAL DSIGR(M),SIG(M),DETA(M),MV(M),DH(M)
OPEN(1,FILE='ST.VER')
OPEN(2,FILE='ST.CIK',STATUS='NEW')
READ(1,3) (Q(J),J=1,M)
READ(1,3) (BX(J),J=1,M)
READ(1,4) (LX(J),J=1,M-1)
READ(1,5) (MV(J),J=1,M)
READ(1,*)Z,H
3 FORMAT(4F5.2)
4 FORMAT(3F5.2)
5 FORMAT(4F8.5)
DO 20 J=1,M
  A(J)=BX(J)/2
  DETA(J)=2*ATAN(A(J)/Z)
  IF(J.EQ.1)THEN
    XL(J)=LX(J)
    XR(J)=0
  ELSEIF(J.EQ.N)THEN
    K=J-1
    XR(J)=LX(K)
    XL(J)=0
  ELSE
    L=J-1
    XR(J)=LX(L)
    XL(J)=LX(J)
  ENDIF
20 CONTINUE
  CALL SIGMA1(DETA,Q,DSIGK,M)
  CALL SIGMA2(XR,A,Q,Z,DSIGR,M)
  CALL SIGMA2(XL,A,Q,Z,DSIGL,M)
  DO 30 J=1,M
    IF(J.EQ.1)THEN
      K=J+1
      SIG(J)=DSIGK(J)+DSIGR(K)
    ELSEIF(J.EQ.M)THEN
      L=J-1
      SIG(J)=DSIGK(J)+DSIGL(L)
    ELSE
      K=J+1
      L=J-1
      SIG(J)=DSIGK(J)+DSIGL(L)+DSIGR(K)
    ENDIF
30 CONTINUE
  CALL SET(SIG,MV,H,DH,N,M)
  WRITE(2,*)'.....SIG.....'
  WRITE(2,3) (SIG(J),J=1,M)
  WRITE(2,*)'.....DH.....'
  WRITE(2,6) (DH(J),J=1,M)
6 FORMAT(4F6.4)
STOP
END

```

```

SUBROUTINE SIGMA2(X,A,Q,Z,SIG,M)
REAL X(4),A(4),Q(4),SIG(4)
DO 40 J=1,M
IF(X(J).EQ.0) THEN
SIG(J)=0
ELSE
SIG(J)=Q(J)*(ATAN(Z/(X(J)-A(J)))-ATAN(Z/(X(J)+A(J)))-
*2*A(J)*Z*(X(J)**2-Z**2-A(J)**2)/((X(J)**2+Z**2-A(J)**2)**2+
*4*A(J)**2*Z**2))/3.14
ENDIF
40 CONTINUE
RETURN
END

SUBROUTINE SIGMA1(DETA,Q,SIG,M)
REAL DETA(4),Q(4),SIG(4)
DO 50 J=1,M
SIG(J)=Q(J)*(DETA(J)+SIN(DETA(J)))/3.14
50 CONTINUE
RETURN
END

SUBROUTINE SET(SIG,MV,H,DH,N,M)
REAL SIG(4),MV(4),DH(4)
DO 60 J=1,M
DH(J)=MV(J)*H*SIG(J)
60 CONTINUE
RETURN
END

```


BIR RADYE TEMEL SISTEMINDE HER BIR KOLONUN KONSOLIDASYON OTURMALARI

```

PARAMETER (N=6,M=4)
REAL B(7),L(5),SIGRA(N,M),SIGRU(N,M),SIGLU(N,M),B1(N),L1(M)
REAL SIGLA(N,M),SIG(N,M),BU(N),BA(N),LL(M),LR(M),MV(N,M),DH(N,M)
OPEN(3,FILE='RT.VER')
OPEN(4,FILE='RT.CIK',STATUS='NEW')
READ(3,*)Q,Y,X,Z,H
READ(3,8) (L(J),J=1,M+1)
READ(3,9) (B(I),I=1,N+1)
READ(3,7) ((MV(I,J),J=1,M),I=1,N)
8 FORMAT(5F5.2)
9 FORMAT(7F5.2)
7 FORMAT(4F8.5)
DO 5 I=1,N
  IF(I.EQ.1)THEN
    B1(I)=B(I)
  ELSE
    K=I-1
    B1(I)=B1(K)+B(I)
  ENDIF
5 CONTINUE
DO 10 I=1,N
  IF(I.EQ.1)THEN
    BU(I)=B(I)
    BA(I)=Y-BU(I)
  ELSEIF(I.EQ.N)THEN
    K=I+1
    BA(I)=B(K)
    BU(I)=Y-BA(I)
  ELSE
    BU(I)=B1(I)
    BA(I)=Y-BU(I)
  ENDIF
10 CONTINUE
DO 15 J=1,M
  IF(J.EQ.1)THEN
    L1(J)=L(J)
  ELSE
    K=J-1
    L1(J)=L1(K)+L(J)
  ENDIF
15 CONTINUE
DO 20 J=1,M
  IF(J.EQ.1)THEN
    LL(J)=L(J)
    LR(J)=X-LL(J)
  ELSEIF(J.EQ.M)THEN
    K=J+1
    LR(J)=L(K)
    LL(J)=X-LR(J)
  ELSE
    LL(J)=L1(J)
    LR(J)=X-LL(J)
  ENDIF
20 CONTINUE

```

```

CALL SIGMA(LL,BU,Q,SIGLU,Z,N,M)
CALL SIGMA(LL,BA,Q,SIGLA,Z,N,M)
CALL SIGMA(LR,BU,Q,SIGRU,Z,N,M)
CALL SIGMA(LR,BA,Q,SIGRA,Z,N,M)
DO 30 I=1,N
DO 30 J=1,M
SIG(I,J)=SIGLU(I,J)+SIGRU(I,J)+SIGLA(I,J)+SIGRA(I,J)
30 CONTINUE
CALL SET(SIG,MV,H,DH,N,M)
WRITE(4,*) '.....S(I,J)....'
WRITE(4,12) ((SIG(I,J),J=1,M),I=1,N)
WRITE(4,*) '.....DH.....'
WRITE(4,12) ((DH(I,J),J=1,M),I=1,N)
12 FORMAT(4F6.4)
STOP
END

SUBROUTINE SIGMA(L,B,Q,SIG,Z,N,M)
REAL L(4),B(6),SIG(6,4),N1(6,4),M1(6,4),S(6,4),R(6,4),ACI(6,4)
DO 40 I=1,N
DO 40 J=1,M
M1(I,J)=L(J)/Z
N1(I,J)=B(I)/Z
S(I,J)=M1(I,J)*N1(I,J)
R(I,J)=M1(I,J)**2+N1(I,J)**2+1
ACI(I,J)=ATAN(2*S(I,J)*R(I,J)**0.5/(R(I,J)-S(I,J)**2))
SIG(I,J)=Q*(2*S(I,J)*R(I,J)**0.5*(R(I,J)+1)/((R(I,J)+
*S(I,J)**2)*R(I,J))+ACI(I,J))/(4*3.14)
40 CONTINUE
RETURN
END

SUBROUTINE SET(SIG,MV,H,DH,N,M)
REAL SIG(6,4),MV(6,4),DH(6,4)
DO 50 I=1,N
DO 50 J=1,M
DH(I,J)=MV(I,J)*H*SIG(I,J)
50 CONTINUE
RETURN
END

```

ÖZGEÇMİŞ

1964 yılında Akçaabat'ta doğdu. İlk ve Orta öğrenimini Trabzon'da tamamladıktan sonra, 1982 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başladı. 1986 yılında İnşaat Mühendisi ünvanı ile mezun oldu ve aynı yıl yüksek lisans öğrenimine başladı. 1988 yılından beri K.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Anabilim Dalında araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.

T. C.
YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
Beklentasyon Merkezi