

INS 405

Temel Mühendisliği

Temellerin Oturması; Oturmanın Tanımı, Mekanizması

Prof. Dr. İnan KESKİN

inankeskin@karabuk.edu.tr, inankeskin@gmail.com

www.inankeskin.com

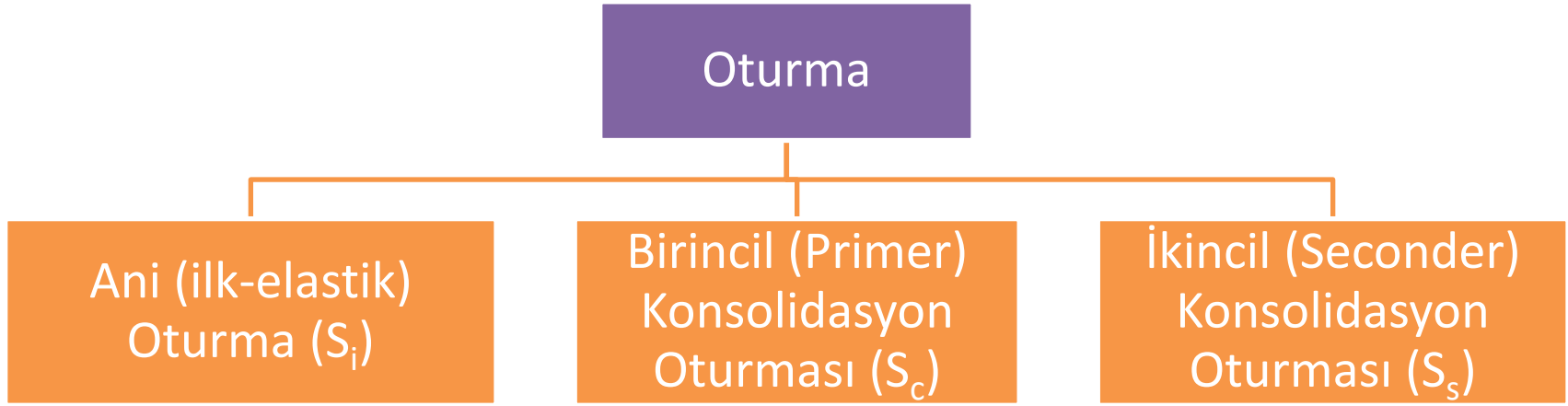
TEMELLER

Hafta	Konular
1	Ders Amacı-İçeriği, Zemin İnceleme Yöntemleri
2	Arazi Deneyleri
3	Yüzeysel Temeller; Kare/Dikdörtgen Temeller, Daire ve Halka Temeller, Birleşik Temel, Sürekli Temel, Şerit Temel
4	Yüzeysel Temellerde Taşıma Gücü; Taşıma Gücü Teorileri
5	Yüzeysel Temellerde Taşıma Gücü; Arazi Deneyleri ile Taşıma Gücü Hesaplamaları
6	Eksantrik Yüklü Temeller
7	Derin Temeller; Kazıklar
8	Kazıkların Taşıma Gücü; Problem Çözümü
9	Derin Temeller; Ayak ve Keson Temeller
10	Temellerin Oturması; Oturmanın Tanımı, Mekanizması
11	Temellerin Oturması; Problem Çözümleri
12	Temel Zemini İyileştirmeleri
13	Temel Çukuru Güvenliği; Destekli Kazıların Tasarımı
14	Ankarajlar

TEMELLERİN OTURMASI; OTURMANIN TANIMI, MEKANİZMASI



OTURMANIN TANIMI, MEKANİZMASI



Ani (ilk-elastik) Oturma (S_i); Yükün uygulanması ile birlikte, zeminin düşük geçirimsizliğinden dolayı hacimsel azalma olmaksızın oluşan elastik oturmalar.

Birincil (Primer) Konsolidasyon Oturması (S_c); suya doygun kohezyonlu zemin tabakalarına aktarılan ek düşey gerilmeler, zeminde boşluk suyu basıncını artırır. Düşük geçirimsizliğinden dolayı boşluk suyu basıncının bir kısmı uzun sürede sönümlenir. Bunun gibi sabit bir gerilmede uzun sürede meydana gelen oturmaya denir. Birkaç mm den metrelere varan değerlere ulaşabilir.

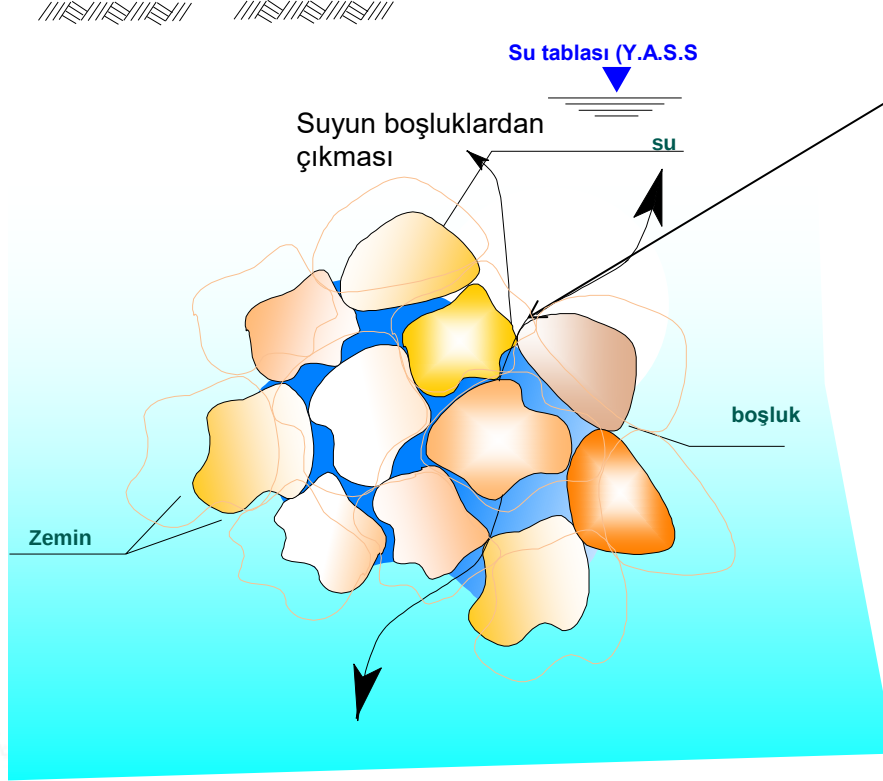
İkincil (Secondar) Konsolidasyon Oturması (S_s); ilave yükten dolayı oluşan boşluk suyu basıncının sönmesinden sonrada meydana gelen oturmalar.



OTURMANIN TANIMI, MEKANİZMASI



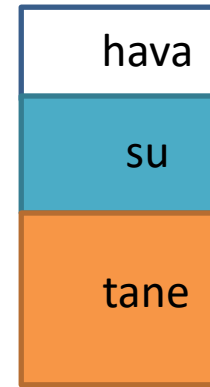
Hacim değişimi, gözenek su basıncındaki azalmadan kaynaklanmaktadır.



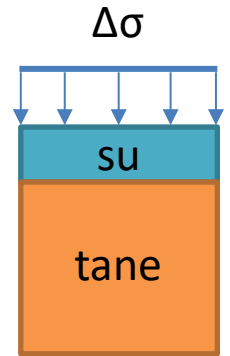
Hacim değişikliği, zemin tanelerinin yeniden düzenlenmesinden kaynaklanmaktadır

Boşluklardaki su, kil katmanının konsolidasyonu nedeniyle zemin matrisinden dışarı akmaya başlar. Sonuç olarak, aşırı gözenek su basıncı (D_u) düşecek ve zemin matrisinin boşluk oranı (e) de azalacaktır.

Oturma öncesi



Oturma sonrası



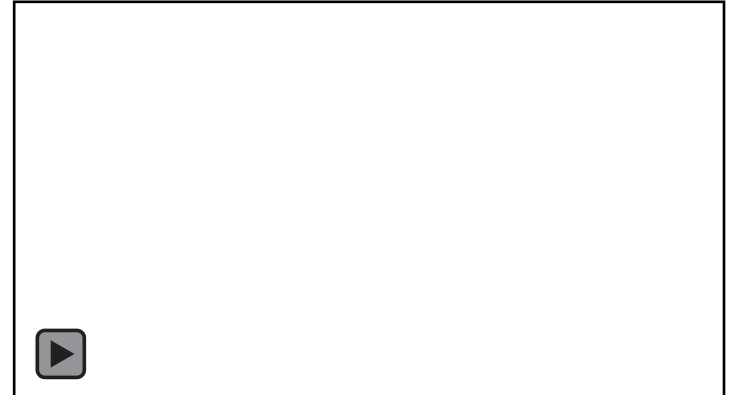
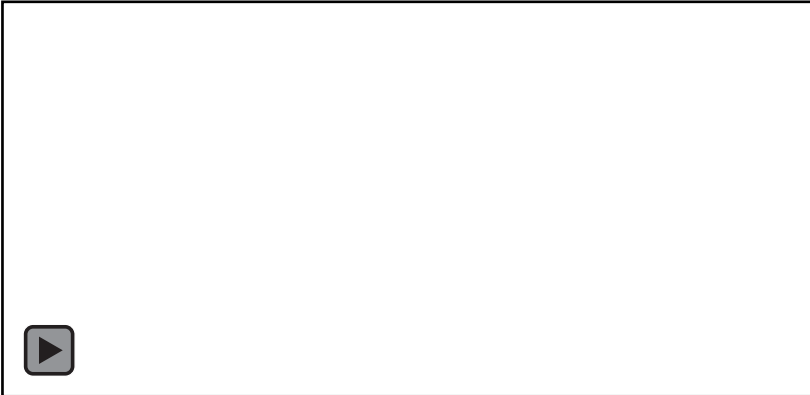
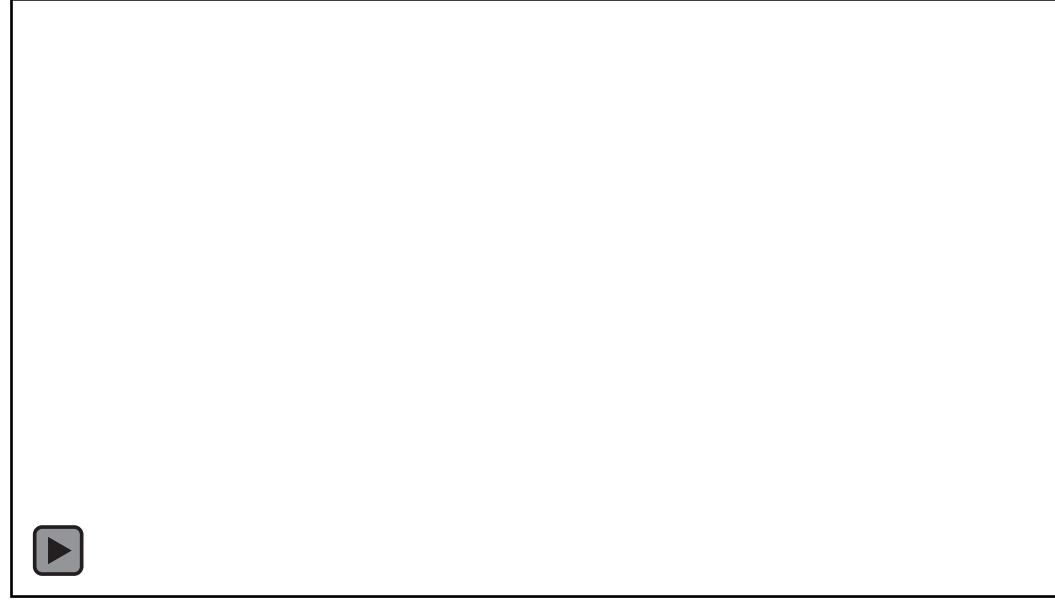
$$e_2 < e_1$$

$$n_2 < n_1$$

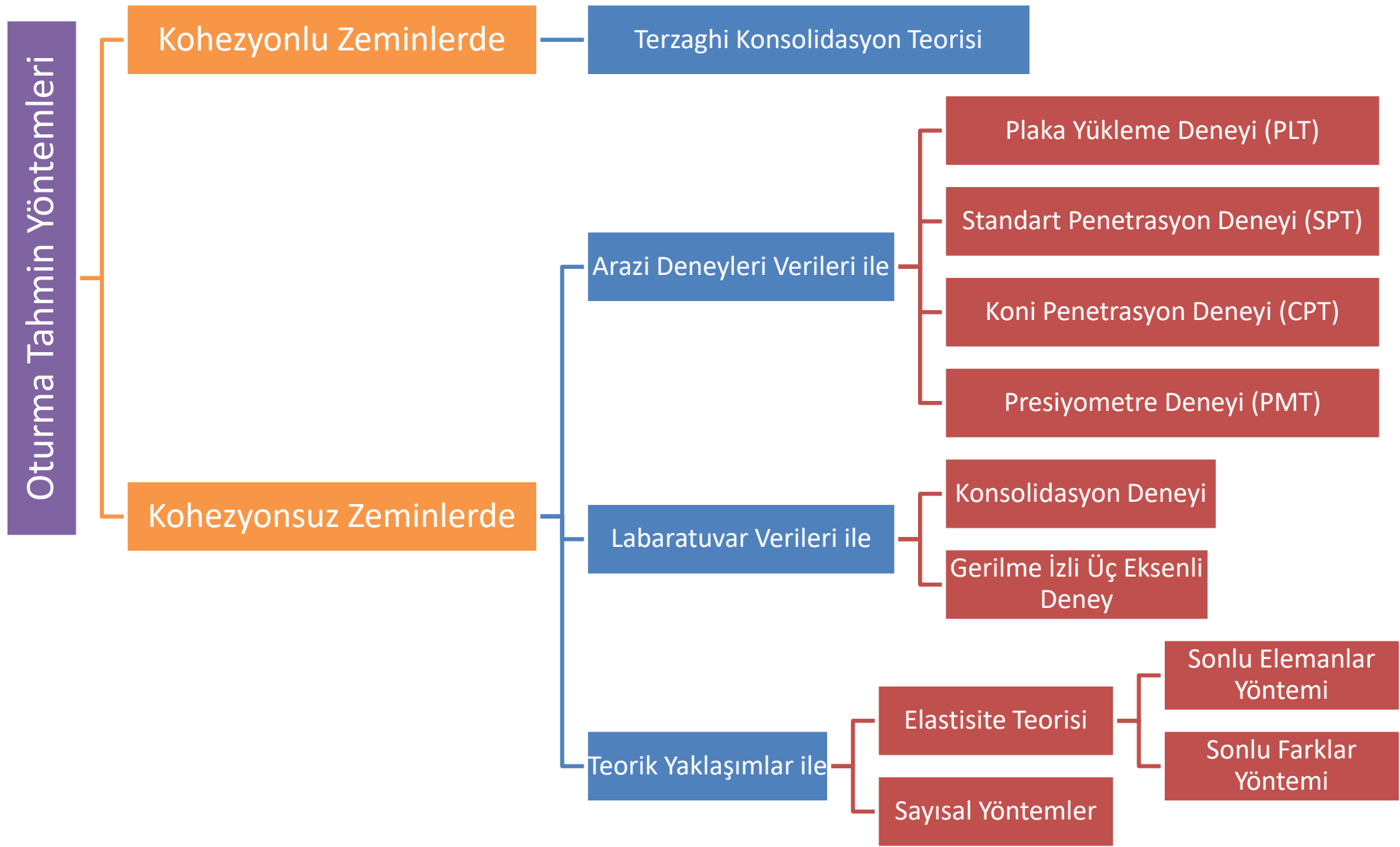
$$D_{r2} < D_{r1}$$

OTURMANIN NEDENLERİ

- ☐ Zemin yüklemesi
- ☐ Yeraltı suyu düzeyinin düşmesi
- ☐ Taneli zeminlerde meydana gelen titreşimler (deprem, kazık işi vb.)
- ☐ Zemin özelliklerinde bitişik kazılar nedeniyle meydana gelecek değişiklikler
- ☐ Yeraltındaki boşluk , mağara tünel, galeri vb. yapıların çökmesi
- ☐ Yeraltındaki su akımlarının meydana getirdiği olumsuzluklar
- ☐ Kütle hareketleri
- ☐ Temel elemanlarının çeşitli nedenlerle tahrip olması (sülfatlı suların betonda meydana getirdiği etki, çelik kazıklarda korezyon; çeşitli organizmaların etkisi, ahşap kazıklarda çürüme)
- ☐ Don kabarması, şişme
- ☐ Zeminde köklü bitkilerden dolayı meydana gelen çeşitli olaylar



OTURMANIN HESAPLANMASI

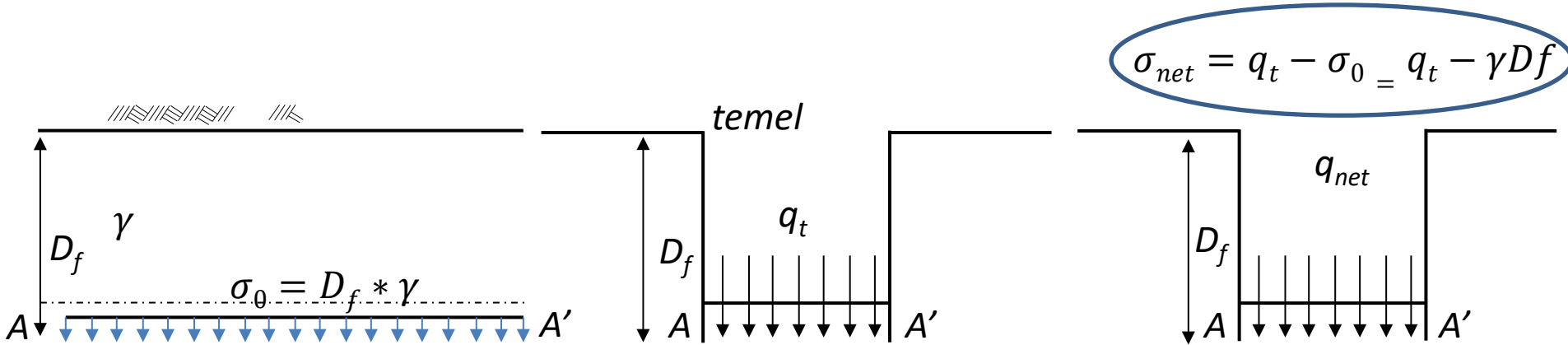


OTURMANIN HESAPLANMASI

Suya Doygun Kohezyonlu Zeminlerde Oturmanın Hesaplanması

Oturmanın hesaplanmasında net gerilme artışı kullanılır.

Net gerilme artışı; belirli düzeydeki gerilmedeki var olan gerilmeye göre meydana gelen gerilme değişikliğidir.



AA' düzeyinde hmevcut durumda zeminin ağırlığından oluşan düşey basınç

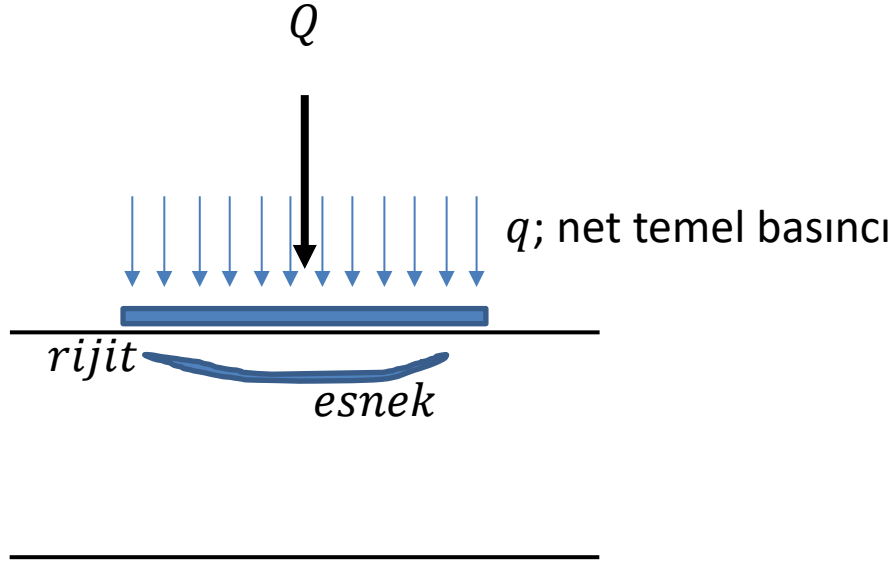
Temel vb'den oluşan taban basıncı

Net basınç

OTURMANIN HESAPLANMASI

Ani Oturmanın Hesaplanması

Elastisite teorisine göre aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.



$$\Delta H = q_{net} * B * \frac{1 - \nu^2}{E} I_0$$

Timoshenko and Goodier, 1951

ΔH = Ani oturma

q_{net} = Net temel taban basıncı

B = Temel genişliği yada çapı

ν = Poisson oranı (doygun killerde 0,5 alınabilir. 0,3-0,5 arasında)

E = Zemin elastisite modülü

I_0 = Esnek ve rijit temel katsayısı

OTURMANIN HESAPLANMASI

Ani Oturmanın Hesaplanması

$$\Delta H = q_{net} * B * \frac{1 - \nu^2}{E} I_0$$

Biçim	m ₁ (L/B)	Etki Faktörü (I ₀)			
		Esnek temel			Rijit Temel
		Merkez	Köşe	Ortalama	
Daire	-	1.0	0.64	0.85	0.79
Dikdörtgen	1.0	1.122	0.561	0.946	0.82
	1.5	1.358	0.679	1.148	1.06
	2.0	1.532	0.766	1.300	1.20
	3.0	1.783	0.892	1.527	1.42
	4.0	1.964	0.982	1.694	1.58
	5.0	2.105	1.052	1.826	1.70
	10.0	2.540	1.270	2.246	2.10
	20.0	2.990	1.490	2.620	2.46
	50.0	3.570	1.800	3.150	3.00
	100.0	4.010	2.005	3.693	3.47

Zemin türü	Poisson Oranı (μ)
Gevşek Kum	0.20-0.40
Orta Kum	0.25-0.40
Sıkı Kum	0.30-0.45
Siltli Kum	0.20-0.40
Yumuşak Kil	0.15-0.25
Orta Kil	0.20-0.50

Temel etki faktörü Duncan et.all, 1976

Zemin Türü	Elastisite Modülü		
	psi	kN/m ²	Kgf/cm ²
Yumuşak Kil	250-500	1725-3450	17-35
Sert Kil	850-2000	5865-13800	59-138
Gevşek Kum	1500-4000	10350-27600	104-276
Sıkı Kum	5000-10000	34500-69000	345-690

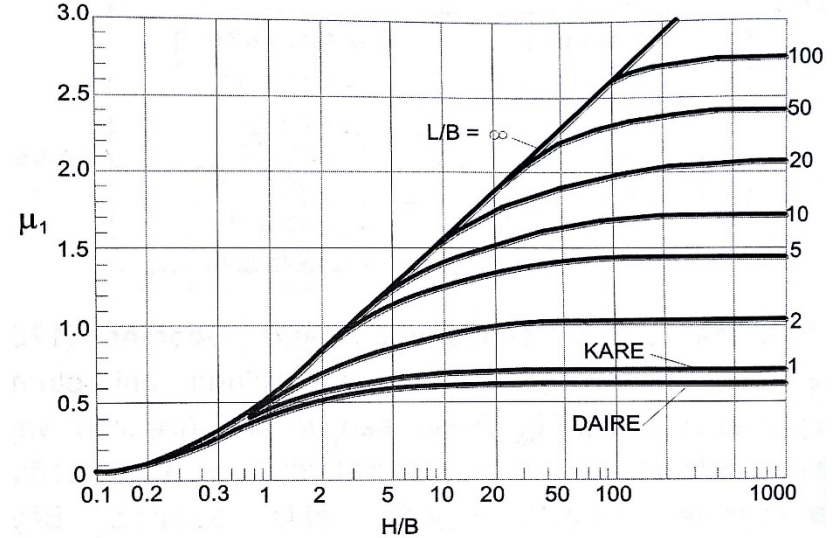
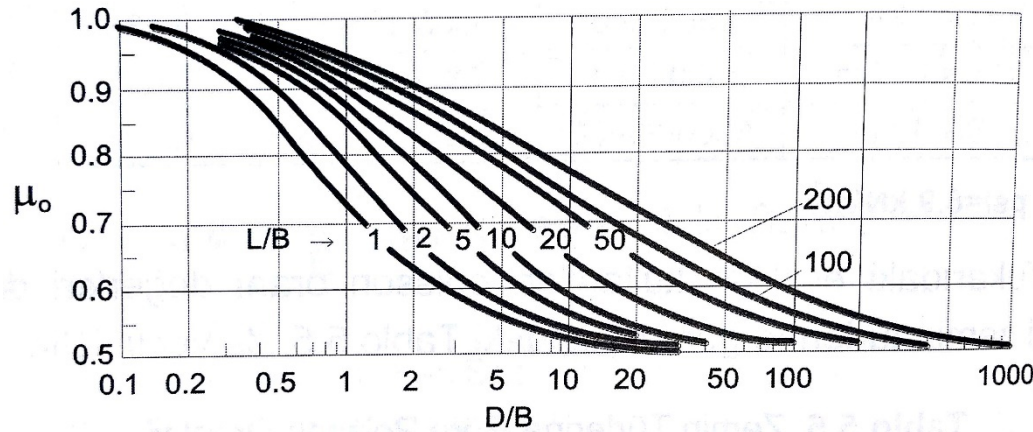
OTURMANIN HESAPLANMASI

Ani Oturmanın Hesaplanması

Timoshenko and Goodier, 1951 bağıntısı ile sonsuz kalınlıktaki tabakaların ani oturma hesaplamaları yapılabilir.

Sert tabaka üzerinde veya arasında kalan kalınlığı az killi ortamlarda **Timoshenko ve Goodier 1951** bağıntısı kullanıldığında elde edilen değerler yanıltıcı olmaktadır. Bu durumda böyle ortamlar için çözümler, **İnce tabaka kalınlığının 2B den az olma şartına göre Janbu vd. 1956** çözümü kullanılır.

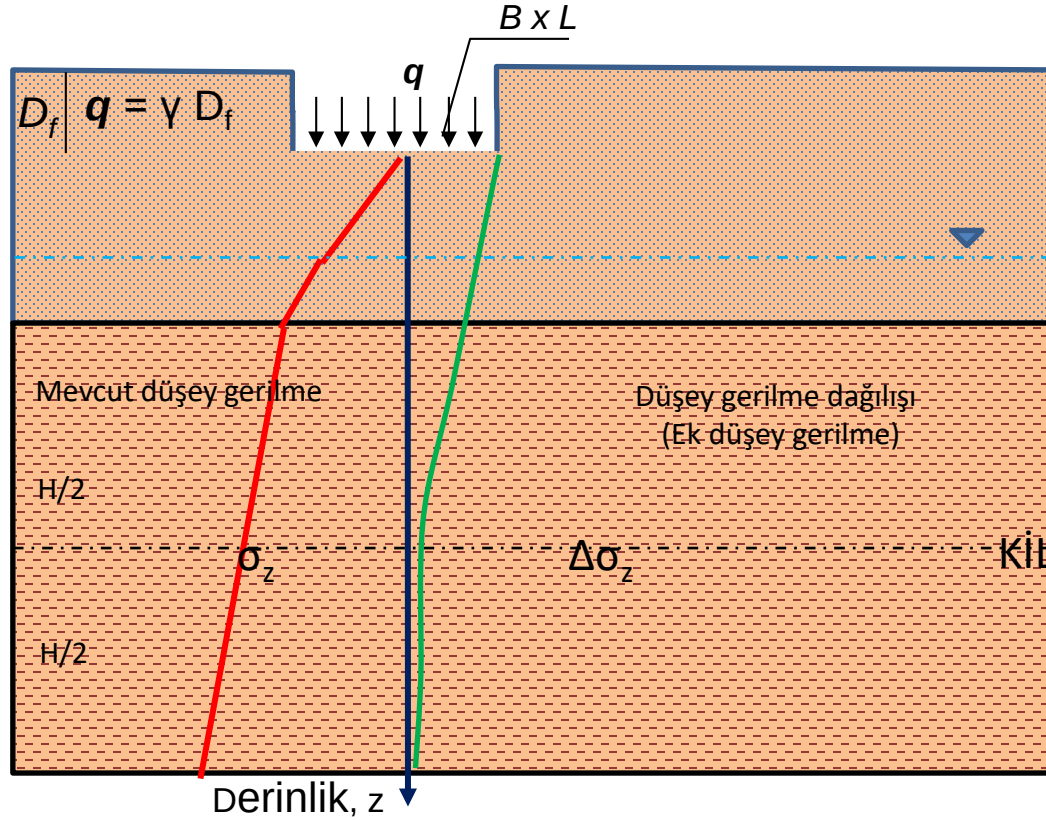
$$\Delta H = q_{net} * B * \frac{1 - \nu^2}{E} * \mu_0 * \mu_1$$



OTURMANIN HESAPLANMASI

Konsolidasyon (birincil) Oturmanın Hesaplanması

Konsolidasyon oturmanın en önemli kaynağı olup konsolidasyon bir yük uygulaması ile başlamaktadır. Uygulanan bu yük altta bulunan zemindeki düşey gerilmede ($\Delta\sigma_z$) artışa sebep olur.



Hacimsel sıkışma katsayısı ile

$$\Delta H_{\infty} = m_v H \Delta \sigma'$$

Sıkışma indisi ile

$$\Delta H = \frac{H}{1 + e_0} C_c * \log * \frac{\sigma'_1 + \Delta \sigma'}{\sigma'_1}$$

C_c = sıkışma indisi

e_0 = yüklemeden önceki boşluk oranı

σ'_1 = tabaka ortasında yüklemeden önce

$\Delta \sigma'$ = gerilme artışı

$C_c = 0.009$ (LL-10) normal killler

$C_c = 0,0115 W_n$ organik zeminler, turba

$C_c = 0,007$ (LL-10) örselenmiş killler

$C_c = 0,75 (e_0 - 0,5)$ az plastik zeminler

$C_c = 0,156 e_0 + 0,0107$ tüm killler

$C_c = 0,2343 * LL * G_s$

OTURMANIN HESAPLANMASI

İkincil Konsolidasyon Oturmanın Hesaplanması

Ek boşluksuyu basıncının sıfır olmasıyla konsolidasyon oturmasının sonaermesi beklenir. Deneyisel çalışmalar boşluksuyu basıncındaki artışın sönmesinden sonrada bası durumlarda oturmanın çok yavaşta olsa devam ettiği göstermektedir.

Bu olayın zemin iskeletinin plastik deformasyonu ve kil tanelerini saran yüksek viskoziteli absorb suyun bir kısmının yavaşça dışarı çıkmasından kaynaklanır.

$$\Delta Hs = c_{\alpha} H \log \frac{t_2}{t_1}$$

H= tabaka kalınlığı

t_1 = konsolidasyon oturmasının başlangıcından itibaren birincil konsolidasyonun sonuna kadar geçen süre

U=% 100 veya %90 a karşılık gelen süre

t_2 = konsolidasyon oturmasının başlangıcından itibaren ikincil konsolidasyonun hesaplanmasının istenildiği zamana kadar geçen süre

e_0 = tabakanın ikincil konsolidasyon başlangıç anındaki boşluk oranı

c_{α} = ikincil konsolidasyon katsayısı, deneyden elde edilir.

$c_{\alpha}=0,00018*W_n$ Navfac 1988

OTURMANIN HESAPLANMASI

Kohezyonsuz zeminlerde toplam oturma tahminleri

Granüler zeminlerde, yeraltı suyu düzeyinin yüksek olduğu gevşek zeminler üzerinde yer alan sığ ve dar temeller dışında **genelde taşıma gücü sorunu olmayıp** temel tasarımını belirleyen asıl etken oturmalaradır. Bu tür zeminlerde geçirgenlik çok fazla olduğu için oturmanın çok büyük bir bölümü hemen gerçekleşir ve zamanla krip nedeniyle çok küçük ek oturma beklenir.



OTURMANIN HESAPLANMASI

Kohezyonsuz zeminlerde toplam oturma tahminleri

SPT deneyine dayalı yöntemler

$$\Delta H_t = 25 \frac{q_{net}}{q_a}$$

q_{net} ; net temel basıncı
 ΔH ; temelin oturması
 q_a 25 mm karşılık gelen SPT ile hesaplanmış izin verilebilir taşıma gücü

CPT deneyine dayalı yöntemler

$$\Delta H_t = \frac{H}{C} \ln \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'}{\sigma'_0}$$

$\Delta \sigma'_0$; hesaplanacak tabaka ortasında düşey efektif gerilme
 $\Delta \sigma'$; temel net gerilmesi nedeniyle göz önüne alınan H tabakası ortasındaki gerilme artışı
H; temel altında oturmaya uğrayan tabaka kalınlığı
C; sabit sayı; $1.5 * q_{cort} / \sigma'_0$
 q_{cort} ; koni uç direnci

Presiyometre deneyine dayalı yöntemler

$$\Delta H_t = \frac{q_n}{9E_{port}} \left[2B_0 \left(\lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^\alpha + \alpha \lambda_c B \right]$$

E_{port} ; temel zemininde ortalana presiyometre
 q_n ; net taban basıncı
 B_0 ; bir referans genişlik
 α =zemin cinsine bağlı jeolojik faktör

OTURMA HASARLARI

Limit Oturma Değerleri

Skempton ve Mcdonald 1956 limit oturma değerleri için; **Kumlu zeminlerde 32 mm, killi zeminlerde 45 mm** toplam değerlerinin uygun olacağını belirtmiştir.

Farklı oturmalar içinse;

Tekil Temel (kumlu zeminlerde)	51 mm
Tekil Temel (killi zeminlerde)	76 mm
Radye Temel (kumlu zeminlerde)	51-76 mm
Radye Temel (killi zeminlerde)	76-127 mm

Uygun olacağını belirtmiştir.

Temel tasarımı için izin verilebilir toplam oturmalar (Cotudo)

Yapı Çeşidi	İzin Verilebilir Toplam Oturma (δ_a) (mm)
Konut, Ofis Binaları	12-50 (Yaygın değer 25)
Ağır sanayi Binaları	25-75
Köprüler vb.	50

Farklı oturma; iki temel arasındaki toplam oturmadaki veya münferit bir temel üzerindeki komşu iki nokta arasındaki fark olarak tanımlanır.