

INS 405

Temel Mühendisliği

Yüzeysel Temelerde Taşıma Gücü; Taşıma Gücü Teorileri

Prof. Dr. İnan KESKİN

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

www.inankeskin.com

TEMELLER

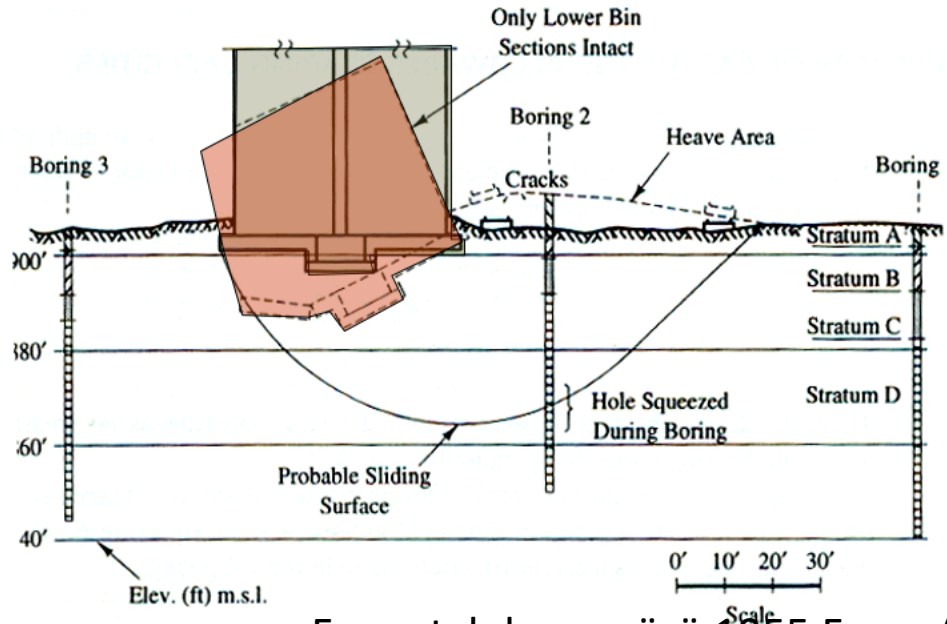
Hafta	Konular
1	Ders Amacı-İçeriği, Zemin İnceleme Yöntemleri
2	Arazi Deneyleri
3	Yüzeysel Temeller; Kare/Dikdörtgen Temeller, Daire ve Halka Temeller, Birleşik Temel, Sürekli Temel, Şerit Temel
4	Yüzeysel Temellerde Taşıma Gücü; Taşıma Gücü Teorileri
5	Yüzeysel Temellerde Taşıma Gücü; Arazi Deneyleri 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

ZEMİNLERİN (TEMELLERİN) TAŞIMA GÜCÜ

Bir temeli destekleyen zemin kütlesi üzerinde aşırı baskıya neden olmadan uygulanabilecek basınç **zemin taşıma gücü** olarak tanımlanmaktadır. Her temel birbirinden bağımsız olarak aşağıdaki iki şartı sağlamalıdır.

- Temelde oluşacak **oturma** değerleri; Bu değer yapı cinsine göre verilen sınırlar dahilinde kalmalı veya genel bir ifade ile yapıya zarar vermeyecek ölçüde olmalıdır.
- Temel altındaki **zeminin kayma yenilmesine karşı** uygun bir yapıda bulunmasıdır. Yani, taşıma gücü şartını sağlanması gerekmektedir.

Bu iki şartı sağlayan basınç veya yük sığ temellerde **Zemin (Temel) Emniyet Gerilmesi** derin temellerde **Emniyetli Yük** olarak adlandırılmaktadır.



Fargo tahıl asansörü 1955 Fargo (K. Dakota);Coduto 2001

ZEMİNLERİN (TEMELLERİN) TAŞIMA GÜCÜ

Temel zemini yenilmesinin tipik örneği

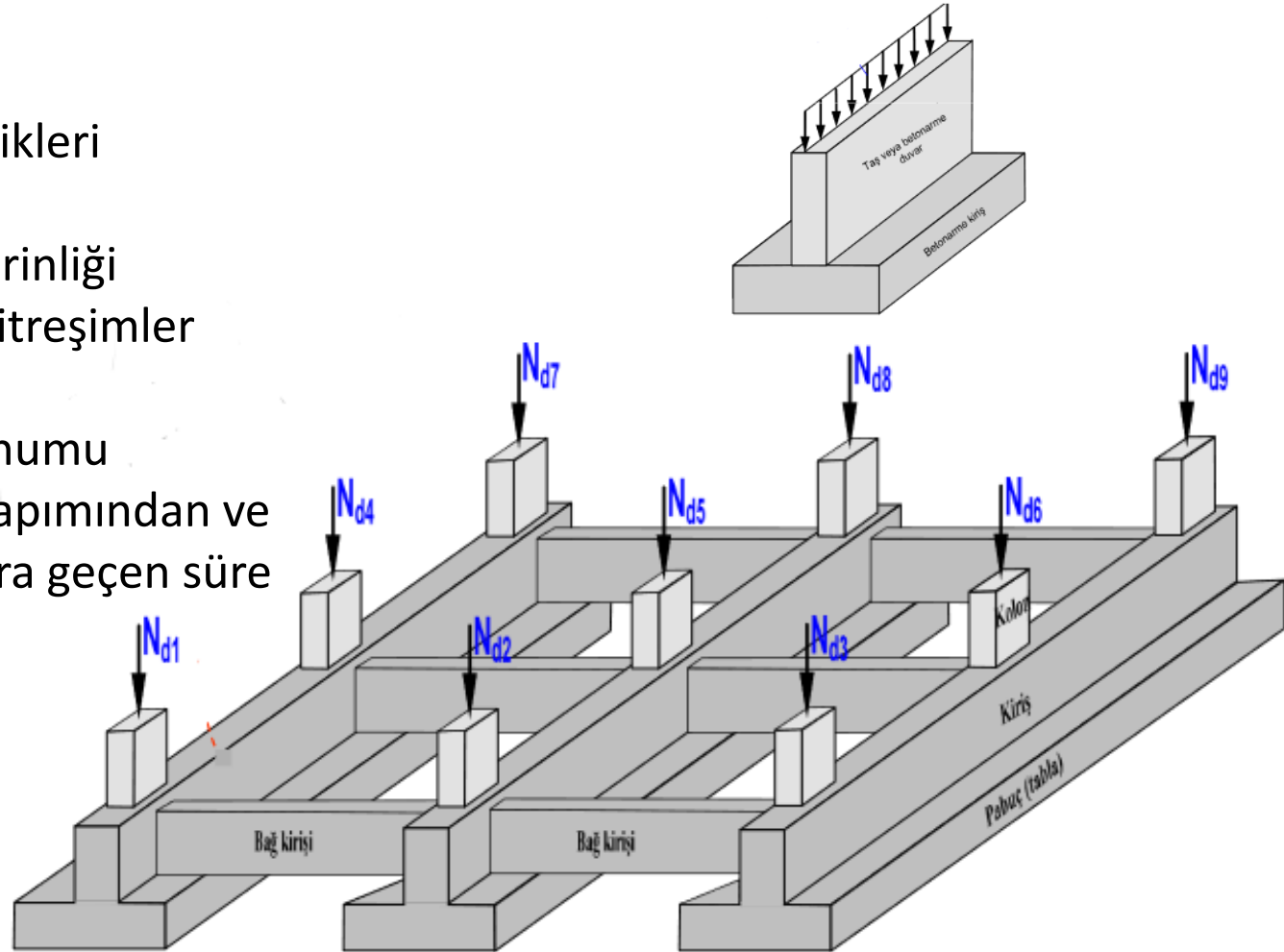


Transcona Grain Elevator Canada (Oct. 18, 1913)

ZEMİNLERİN (TEMELLERİN) TAŞIMA GÜCÜ

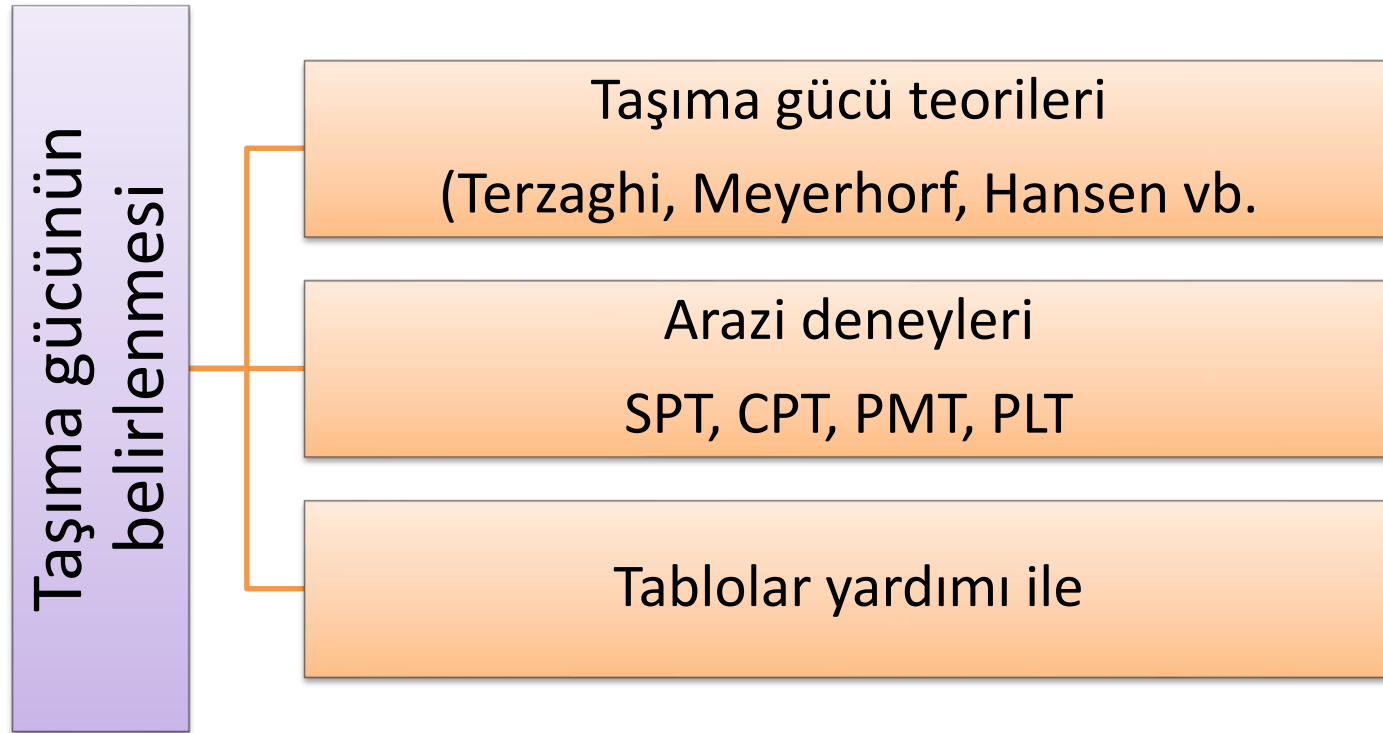
Temel boyutlandırma ***zemin emniyet gerilmesi*** kavramına göre yapılmaktadır. ***Bu deyim sanki her zeminin kendisine özgü bir taşıma gücü değeri olduğu izlenimini verse de bu anlam aslında yanlış bir algıdır.*** Çünkü yüzeysel temelin son taşıma gücü aşağıdaki parametrelere bağlıdır.

- Zeminin türü ve özellikleri
- Temelin boyutları
- Temelin gömülme derinliği
- Etkiyen moment ve titreşimler
- Temelin şekli
- YASS temeğe göre konumu
- YASS varsa temelin yapımından ve yüklenmesinden sonra geçen süre
- Tabanın pürüzlülüğü



YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

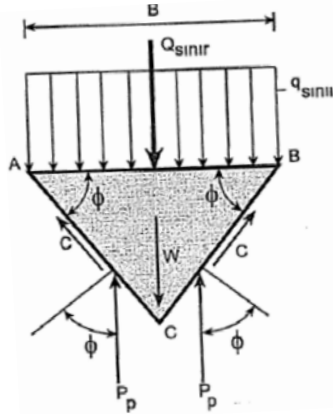
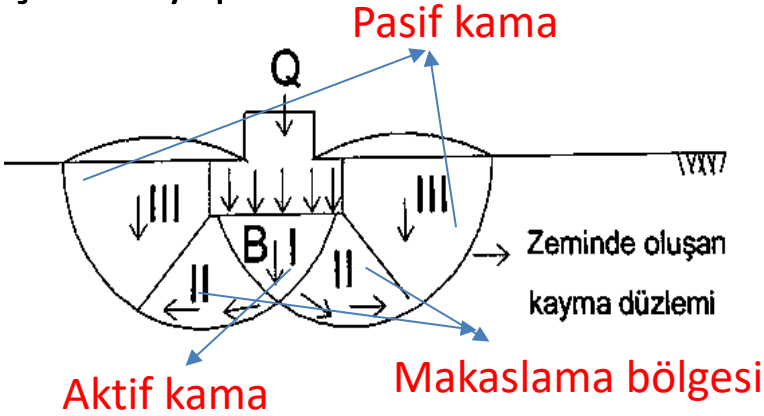
Taşıma gücü; üst yapının aktardığı yüklerin, temel zemininde yarattığı en yüksek gerilmeyi, bir kayma göçmesi meydana gelmeksizin taşıyabilmesi için temel zemininin sahip olması gereken direnç miktarıdır.



Taşıma gücü aşılmaksızın yapılan bir yüklemde zeminin oturacağı ve bu oturmanın yapının izin verebileceği oturma miktarını aşabileceği göz önünde tutulmalı bu durum oturma hesapları ile denetlenmelidir.

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

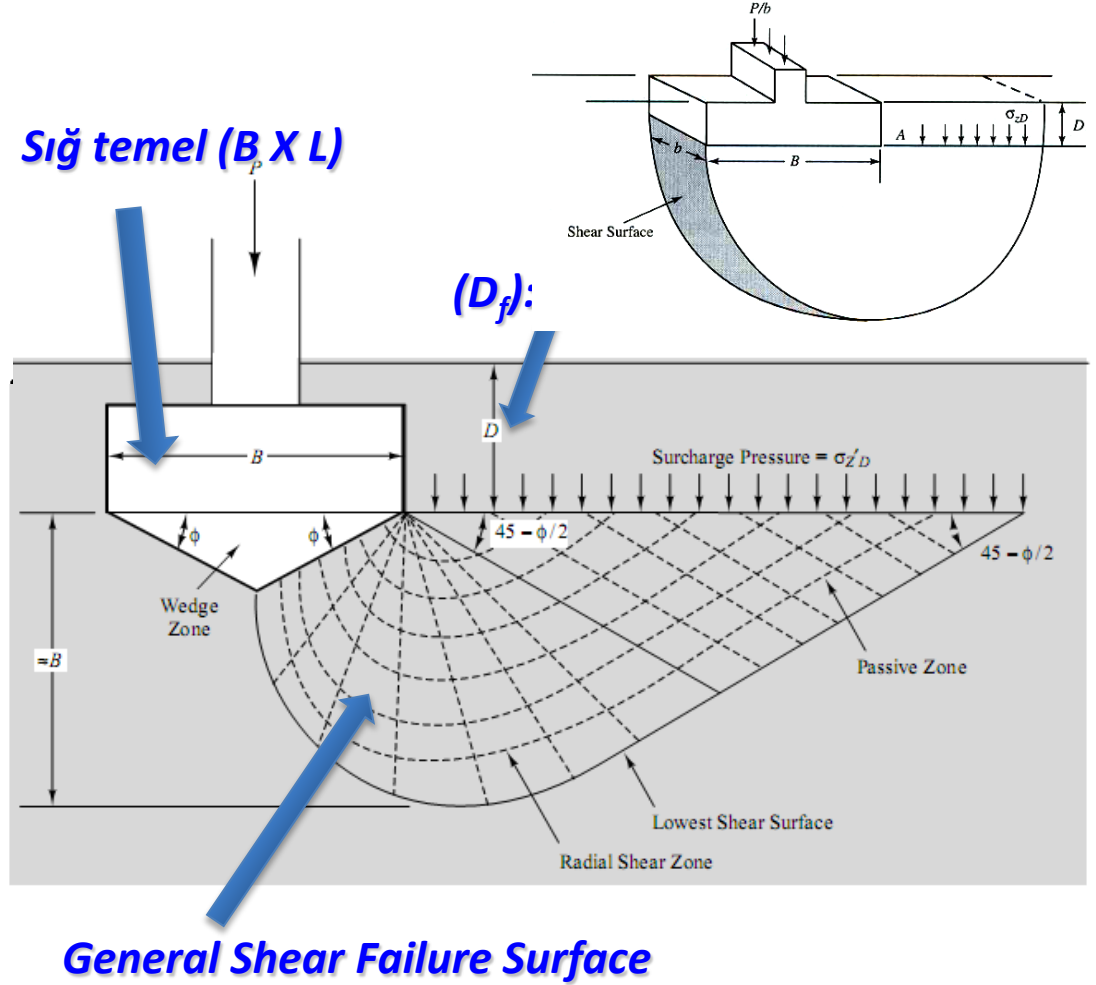
Yüzeysel temeller altında göçme mekanizmasının Şekil'de görüldüğü gibi gelişeceği düşünülür ve kaydıran kuvvetlerle karşı koyan kuvvetler dengelenerek limit durum için çözüm yapılır.



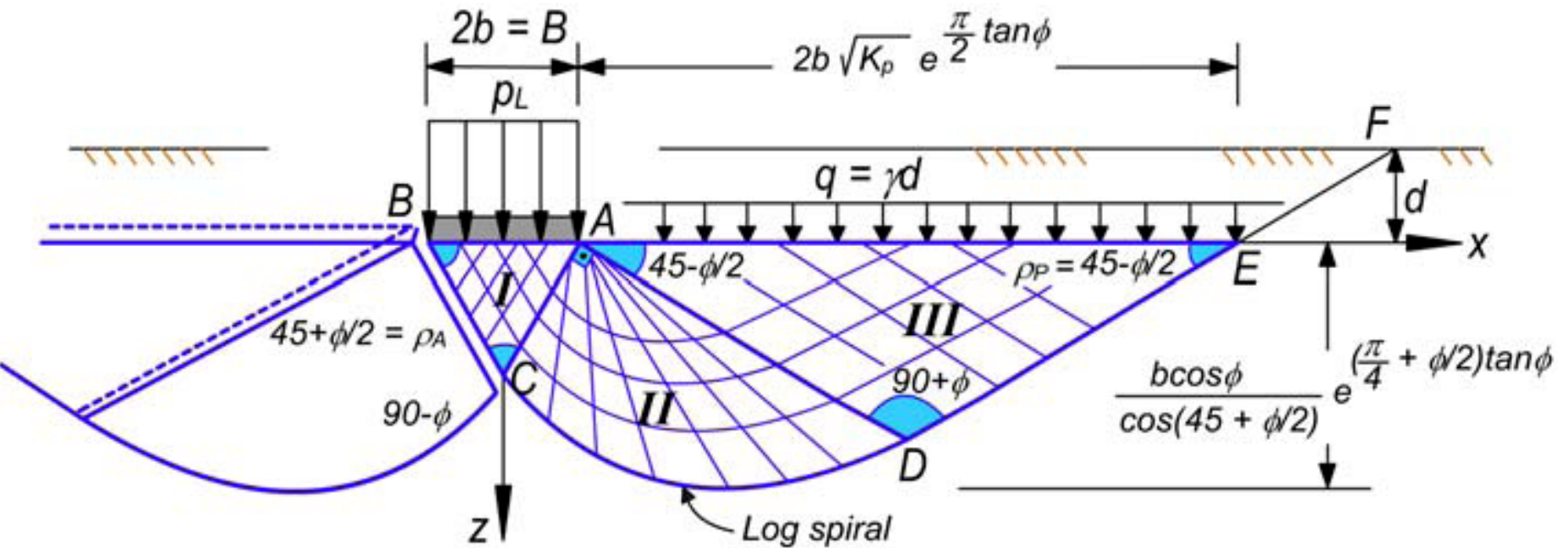
ABC kaması için düşey denge denklemi yazılır ve düzenlenirse aşağıdaki bağıntı elde edilir;

$$q_u = cN_c + (\gamma D_f) N_q + \gamma B' N_\gamma$$

Sığ temel ($B \times L$)



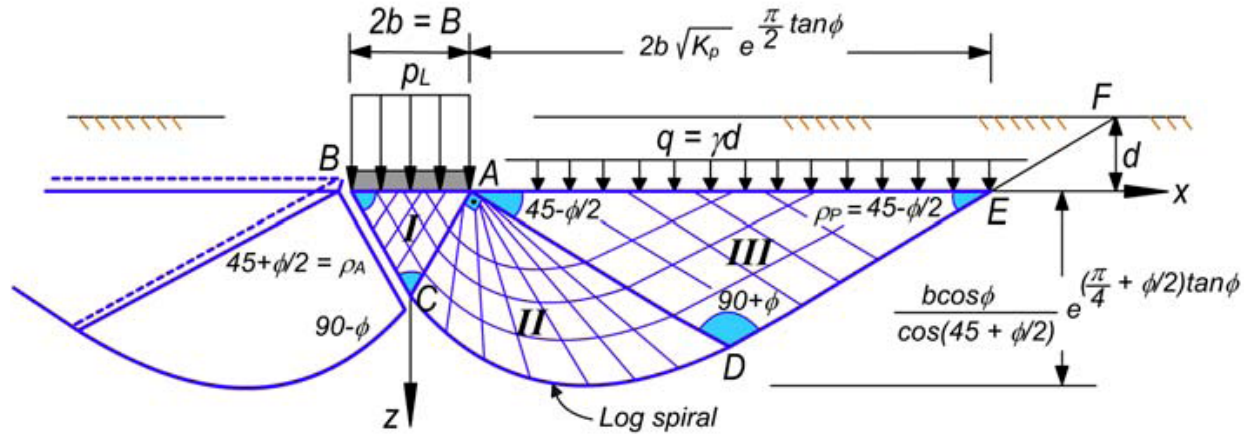
YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI



Terzaghi teorisini geliştirirken, zeminin taşıma gücü limit değerine ulaştığı andaki davranışını Şekil’de gösterildiği gibi kabul etmiştir. **Buna göre, hemen temelin altında kalan I. bölge, temel ile birlikte düşey yönde hareket eden kama bölümüdür. II. bölge ise, ırsal kayma bölümünü temsil eden logaritmik spiral bir eğridir. III. Bölge ise, zeminin düzlemsel yüzeyler boyunca hareket ettiği doğrusal kayma bölümünü temsil etmektedir.**

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Terzaghi (1943) taşıma Gücü Kuramı



Terzaghi, taşıma kapasitesi hesaplarında çeşitli kabuller yapmıştır. Bunlar, aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Coduto, 2001).

1. Temel derinliği D olmak üzere, temel genişliği B 'den daha küçük olmalıdır (Yüzeysel temel şartı $D \leq B$).
2. Temel tabanı, temel ve zemin arasında kayma oluşmayacak şekilde pürüzlü olmalıdır.
3. Zemin, homojen yarı sonsuz uniform bir kütledir.
4. Taşıma gücü limit değerlerine ulaşıldığında, zeminde genel kesme kırılması oluşur.
5. Zeminde konsolidasyon oturması oluşmaz.
6. Temel zemine göre çok rijittir.
7. Temele etkiyen yükler, basınç şeklinde olup, eksantrisite mevcut değildir.

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Sınır-Emin taşıma gücü

Bir temelin üstündeki yükü taşıyabilmesi zeminin limit taşıma direncinin aşılmamasını gerektirir bu değere ***zeminin sınır taşıma gücü*** denir.

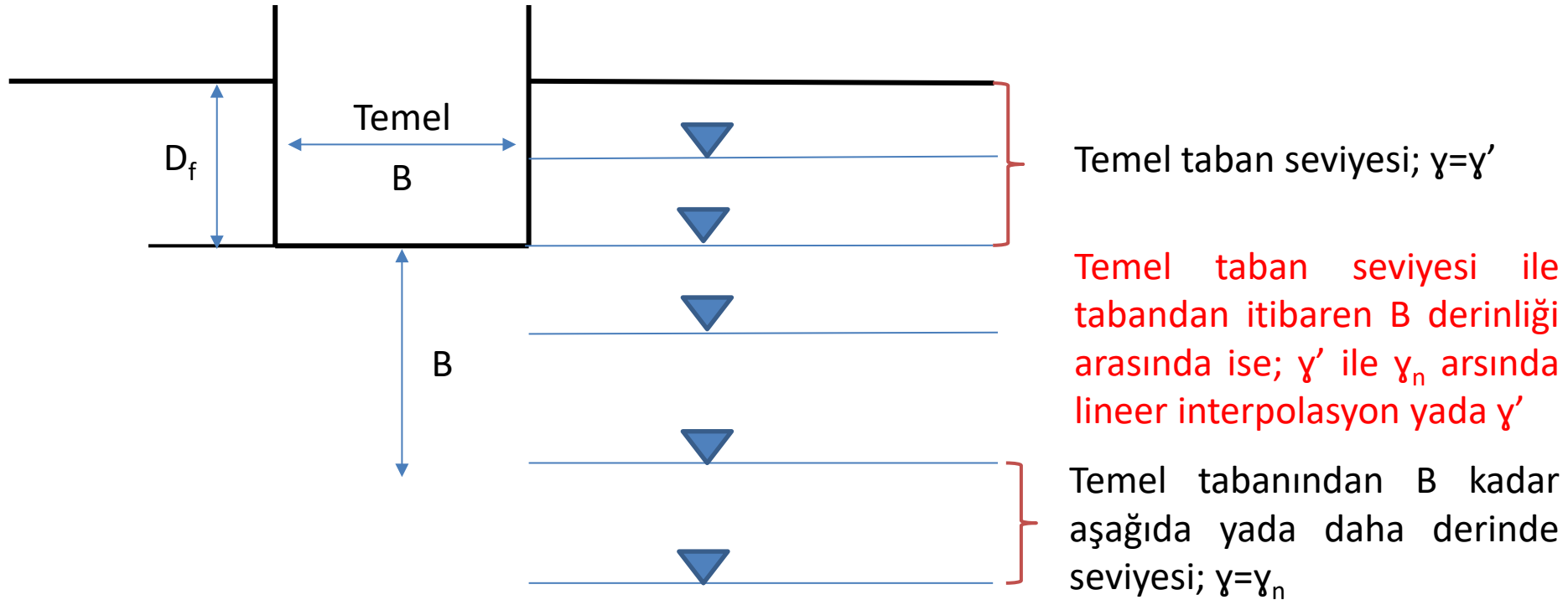
Mühendislik tasarımında temelin, üstündeki yükü belli bir güvenlik sınırı içinde taşıması ön görüldüğünden ***izin verilebilir taşıma gücü*** hesaplanmaktadır.

$$q_a = q_u / F$$

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Taşıma gücüne YASS'nin etkisi

YASS mevcut olması durumunda YASS düzeyine bağlı olarak zeminin b.h.a değeri değişecektir.

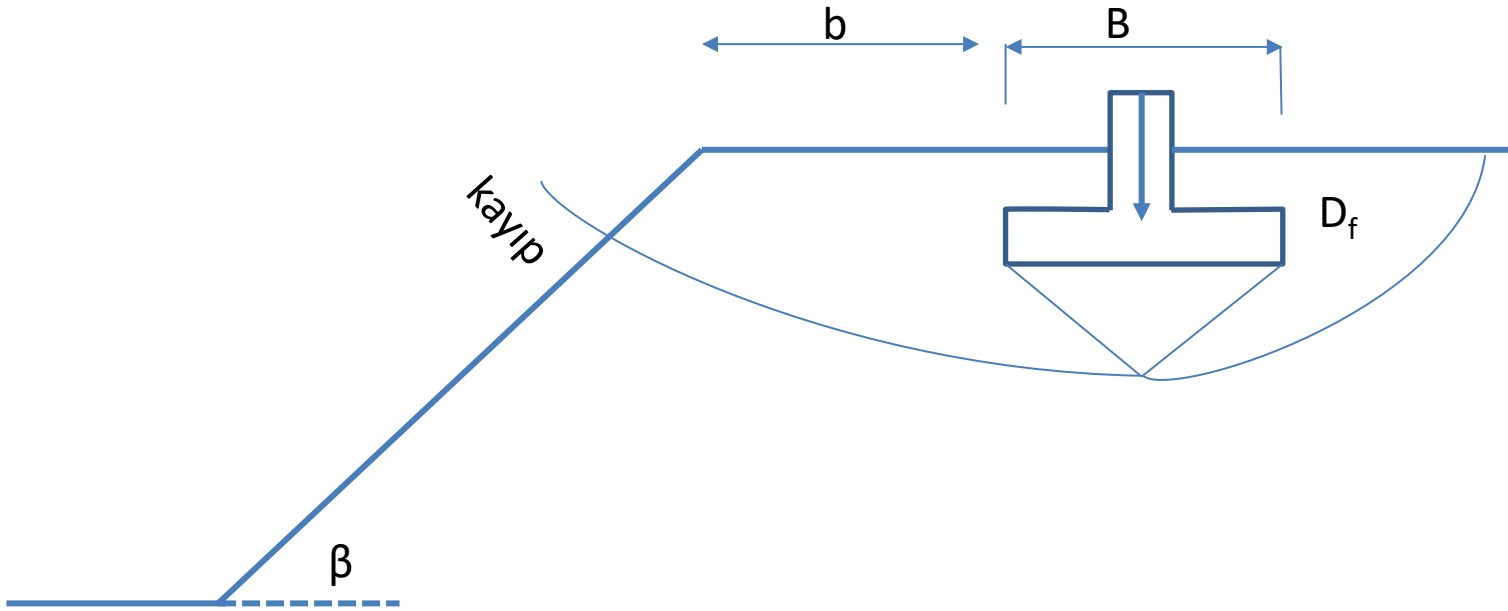


$$\gamma' = \text{batık birim hacim ağırlık} = \gamma' = \gamma_d - \gamma_{su}$$

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Şeve oturan temeller

Böyle temeller için daha küçük taşıma gücü katsayıları kullanılır.



$b < (3-4)B$ ise şev tarafındaki kırılma yüzeyi şevsiz duruma göre daha kısa olduğu için *temellerin sınır veya güvenli yükünde azalma* olur.

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Depremlerin taşıma gücüne etkisi

Depremler zemine dinamik yükler aktarır.

Depremler sırasında zeminlerin statik mukavemetinin azalması nedeni ile taşıma gücü kayıpları oluşmaktadır. Zeminlerin mukavemetinin azalması deprem sırasında zeminde oluşan boşluk suyu basınçları ve deformasyonlar nedeni ile meydana gelmektedir.

Henüz zeminlerin dinamik taşıma gücü konusunda uygulanabilir bir taşıma gücü formülü ortaya konulmamıştır. Depremlerin zeminde yol açtığı en önemli olay sıvılaşma ve oturma problemleridir. (Sıvılaşma ile ilgili olarak ilerleyen haftalarda uygulama yapılacaktır.)



YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

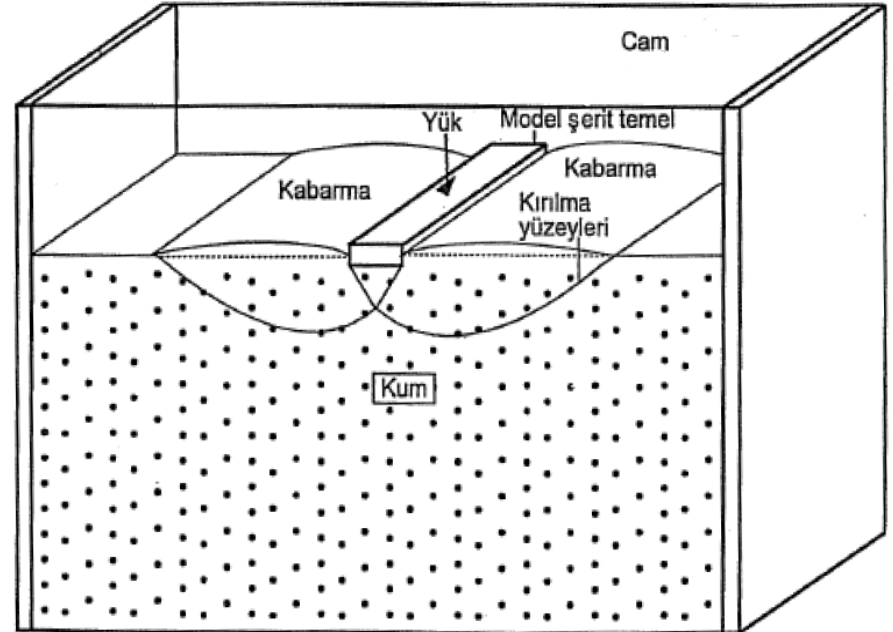
Taşıma Gücünün Aşılması

Bir temellin taşıma gücü, zeminde göçme olmaksızın (kayma dayanımı aşılmaksızın) zemine aktarabileceği en fazla gerilme olarak tanımlanabilir.

Yüzeysel temeller uygulanan yapısal yükleri yüzeye en yakın zemine aktarırlar. Bu sırada zemin ortamında hem **basma gerilmesi** hem de **kayma gerilmesi** oluşmaktadır. Bu değerler zemin ortamının tepkisini aşarsa taşıma gücü yenilmesi meydana gelir.

Temel zeminin sıklığı yada sertliğine bağlı olarak başlıca üç tür taşıma gücü yenilmesinden söz edilebilir.

- ☐ **Genel kayma (Kesme) Yenilmesi**
- ☐ **Yerel-Bölgesel Kayma (Kesme) Yenilmesi**
- ☐ **Zımbalama Kayma (Kesme) Yenilmesi**



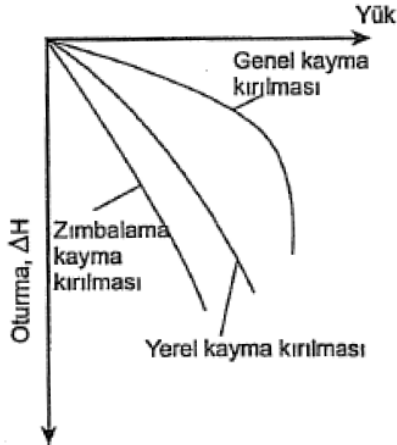
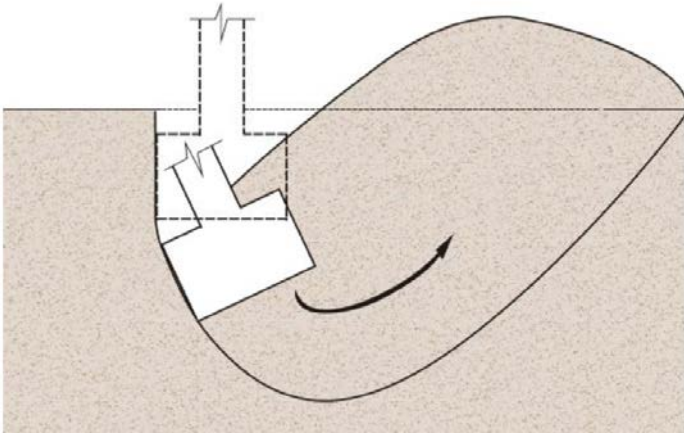
YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Taşıma Gücünün Aşılması/Genel Kayma Göçmesi

En yaygın yenilme şeklidir. Belirgin bir pik taşıma gücüne ulaşılmaktadır. Kırılma yüzeyleri belirgin olup, aniden oluşur. Yenilme zemin yüzeyine kadar uzanır yanda kabarma görülür, oturma yük eğrisinde kırılma belirgindir.

Nispeten sıkışmaz zeminlerde ve sıkı veya sert zeminlerde meydana gelir.

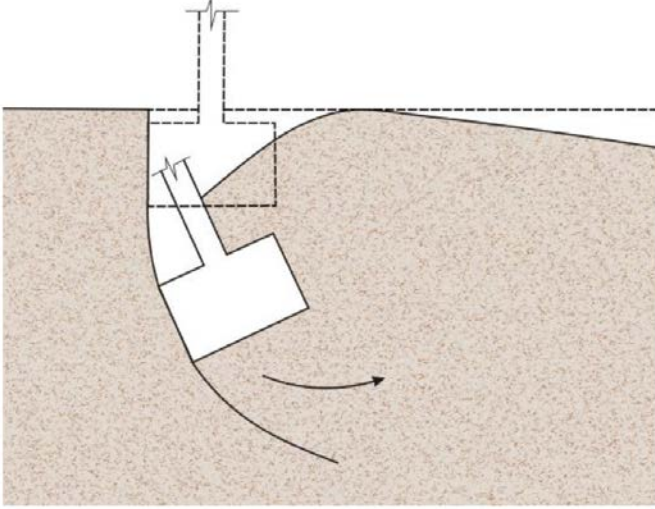
$\phi > 35$ yada $D_r > 0.70$



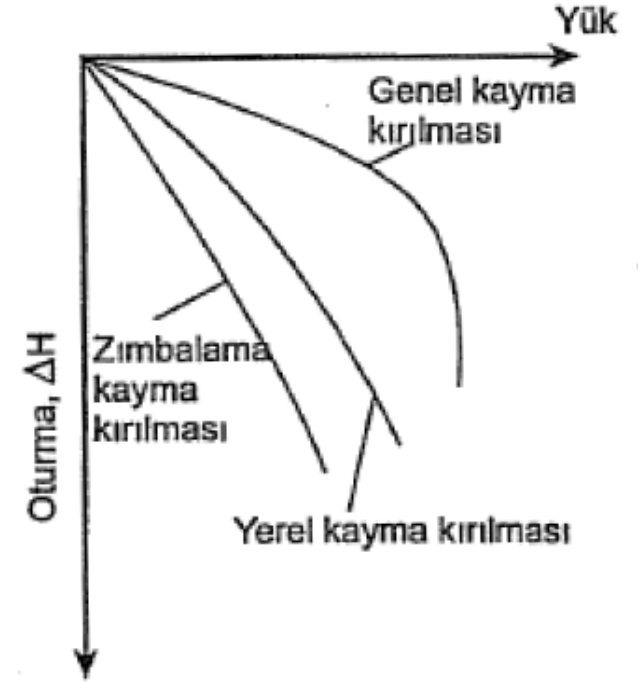
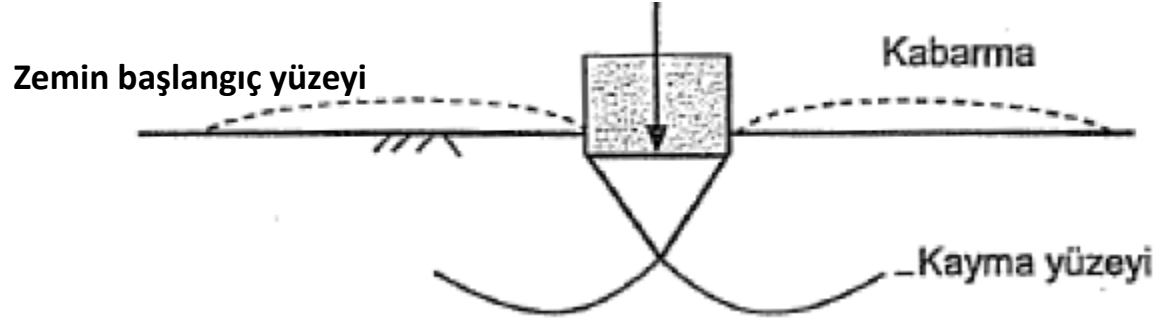
Temelin her iki tarafında görülmesine rağmen, genellikle temelin tek tarafında temel dönmeleri şeklinde görülür.

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Taşıma Gücünün Aşılması/Yerel Kayma Göçmesi



- ☐ Kırılma yüzeyleri belirgin değildir.
- ☐ Oturma yük eğrisinde kırılma belirgin olmayıp, yanlarda kabarma görülür.
- ☐ Nadiren karşılaşılr.
- ☐ Binalardaki hasar çoğunlukla taşıma gücü göçmesinden değil oturmaların etkisinden kaynaklanır.
- ☐ Temel daha derine batmaya devam eder.

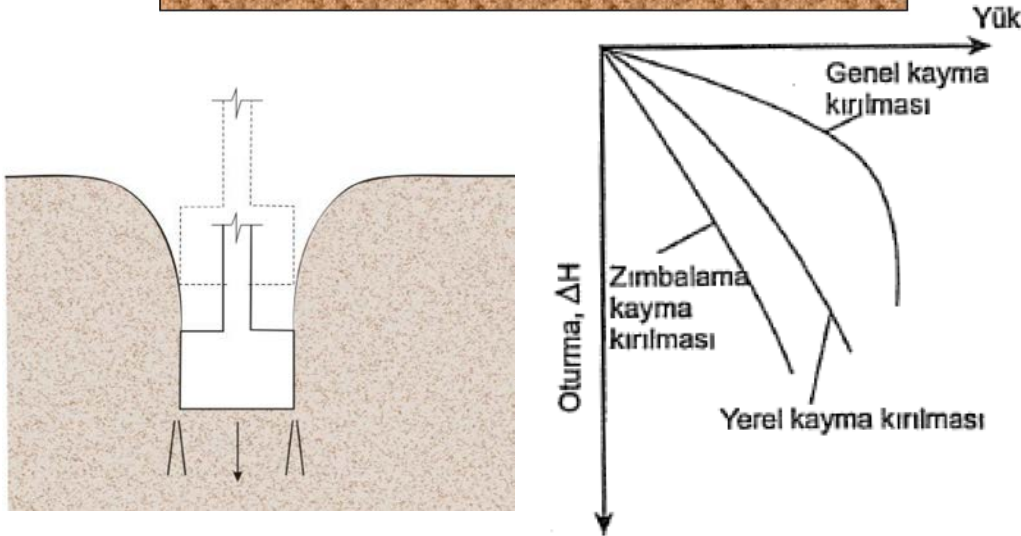
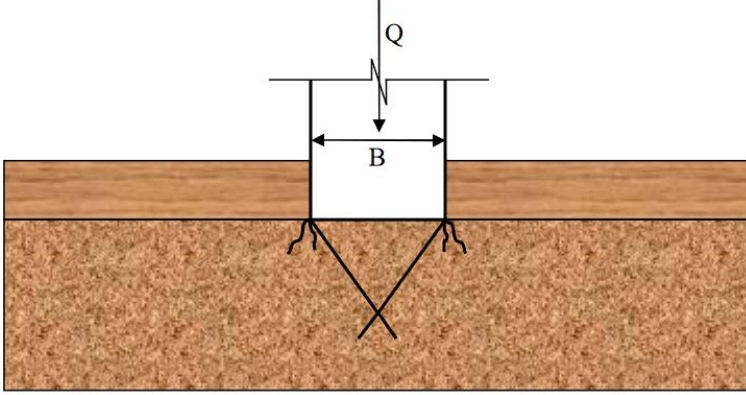


Yerel kayma kırılması yumuşak veya gevşek zeminlerde meydana gelir. $\phi < 20^\circ$ yada $D_r < 0.20$

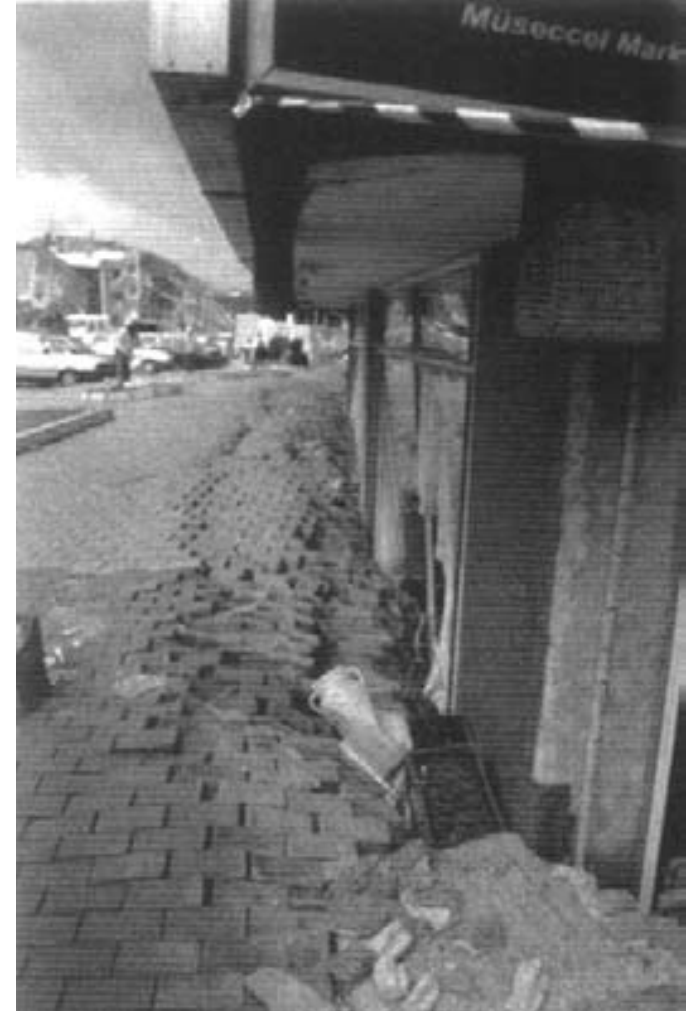
YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Taşıma Gücünün Aşılması/Zımbalama Göçmesi

Bu göçme tipinde kayma yüzeyi zemin yüzeyine ulaşamaz. Temel yanlarda *kabarma ve kırılma yüzeyleri oluşturmadan* göreceli olarak *büyük oturmaya uğrar*. Oturma yük eğrisinde yerel kayma kırılmasına benzer kırılma noktası belirgin değildir.



Zayıf zeminlerde ($D_f < 30$, $\phi = 30^\circ$) drenajlı koşullarda ve sıkı kumlar üzerinde yüksek yükler altında görülebilmektedir.



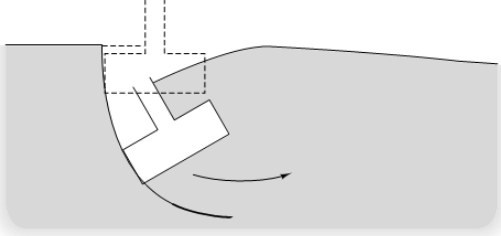
YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Taşıma Gücünün Aşılması

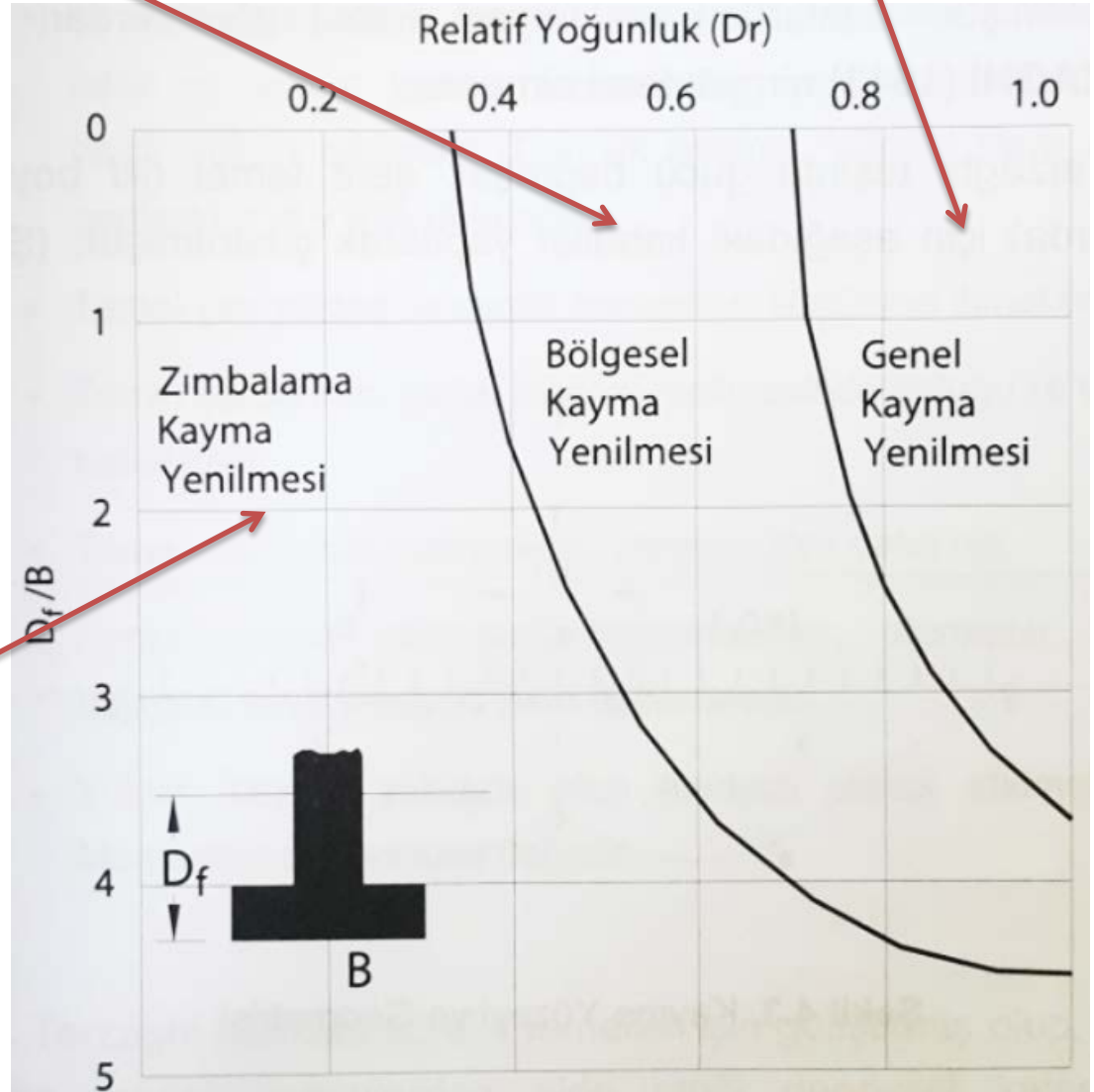
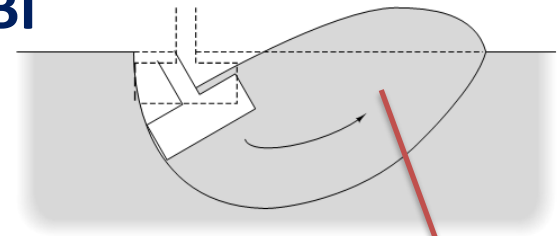
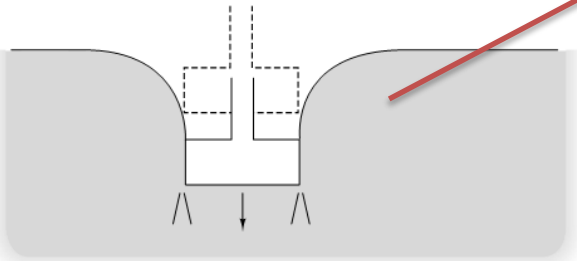


YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Taşıma Gücünün Aşılması



Temellerdeki yenilmeye üç yenilme türünden hangisinin etkili olduğu konusuna yandaki grafikte yaklaşımda bulunula bilinir.



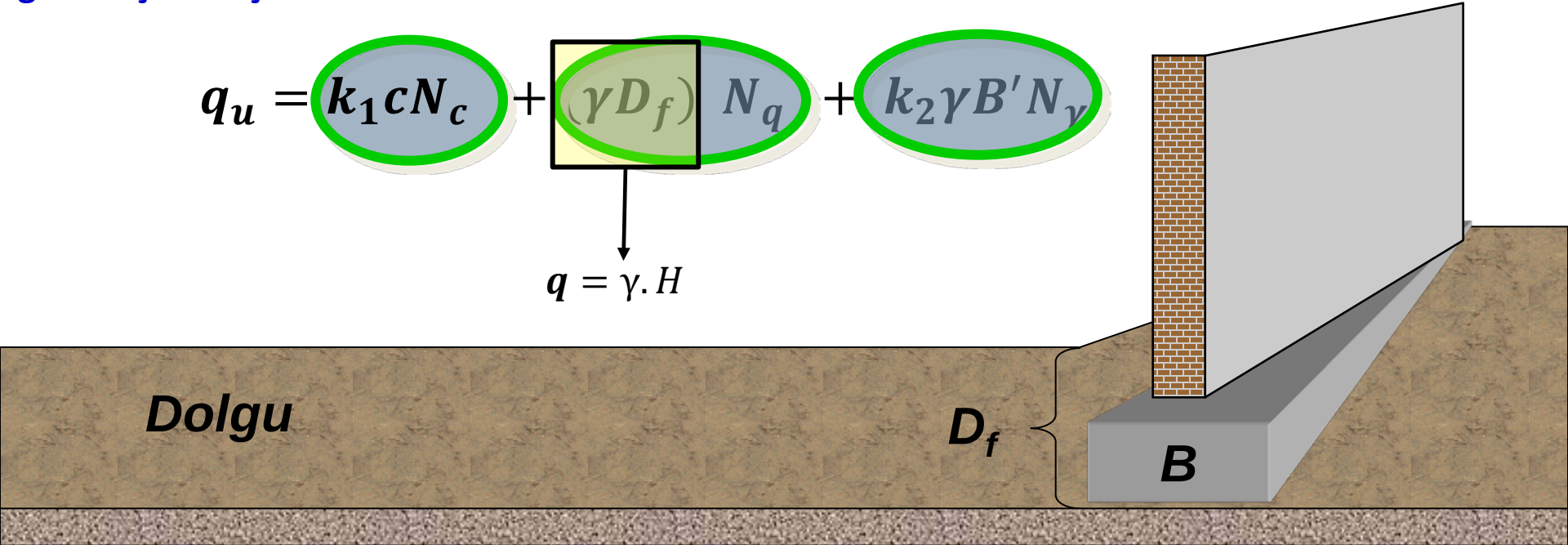
YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Terzaghi (1943) Taşıma Gücü Kuramı

Bazı şekil katsayıları ile Terzaghi taşıma gücü formülü üç boyutlu durumlar için aşağıdaki gibi genelleştirilmiştir.

$$q_u = k_1 c N_c + (\gamma D_f) N_q + k_2 \gamma B' N_\gamma$$

$q = \gamma \cdot H$



Taşıma gücü formülünde yer alan üç terimin anlamı şu şekildedir:

$c \cdot N_c$: Temel zeminindeki kohezyonun taşıma gücüne katkısı. Eğer $c = 0$ olursa, bu terim yok olur.

$\gamma \cdot D_f \cdot N_q$: Temel tabanı üzerinde yer alan ve temeli çevreleyen sürşarj yükünün taşıma gücüne katkısı. Bu terimde yer alan γ değeri zemin taban seviyesi üzerinde yer alan zeminin birim hacim ağırlığıdır.

$\gamma \cdot B \cdot N_\gamma$: Temel zemininin içsel sürtünmesinin taşıma gücüne katkısı. Bu terimde yer alan N_γ içsel sürtünme açısının fonksiyonudur. γ değeri temel tabanı altındaki zeminin birim hacim ağırlığıdır.

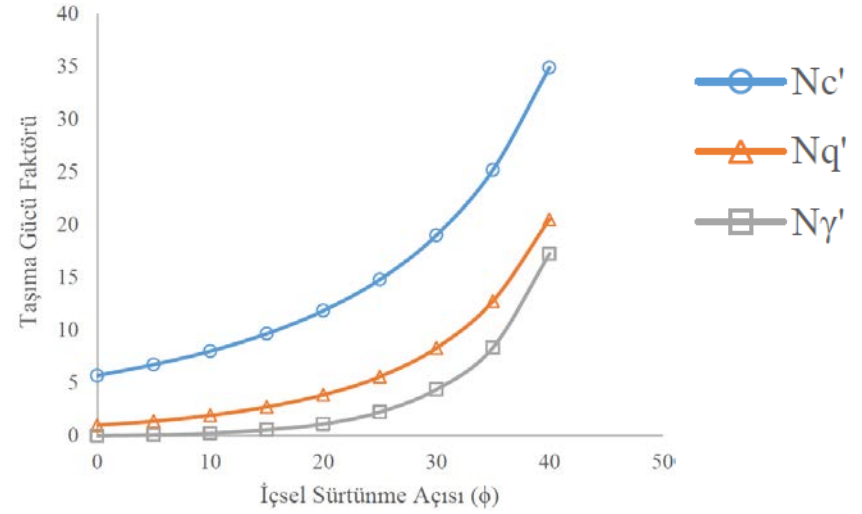
YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Terzaghi (1943) taşıma Gücü Kuramı

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5,70	1,00	0,00	26	27,09	14,21	9,84
1	6,00	1,10	0,01	27	29,24	15,90	11,60
2	6,30	1,22	0,04	28	31,61	17,81	13,70
3	6,62	1,35	0,06	29	34,24	19,98	16,18
4	6,97	1,49	0,10	30	37,16	22,46	19,13
5	7,34	1,64	0,14	31	40,41	25,28	22,65
6	7,73	1,81	0,20	32	44,04	28,52	26,87
7	8,15	2,00	0,27	33	48,09	32,23	31,94
8	8,60	2,21	0,35	34	52,64	36,50	38,04
9	9,09	2,44	0,44	35	57,75	41,44	45,41
10	9,61	2,69	0,56	36	63,53	47,16	54,36
11	10,16	2,98	0,69	37	70,01	53,80	65,27
12	10,76	3,29	0,85	38	77,50	61,55	78,61
13	11,41	3,63	1,04	39	85,97	70,61	95,03
14	12,11	4,02	1,26	40	95,66	81,27	115,31
15	12,86	4,45	1,52	41	106,81	93,85	140,51
16	13,68	4,92	1,82	42	119,67	108,75	171,99
17	14,60	5,45	2,18	43	134,58	126,50	211,56
18	15,12	6,04	2,59	44	151,95	147,74	261,60
19	16,56	6,70	3,07	45	172,28	173,28	325,34
20	17,69	7,44	3,64	46	196,22	204,19	407,11
21	18,92	8,26	4,31	47	224,55	241,80	512,84
22	20,27	9,19	5,09	48	258,28	287,85	650,67
23	21,75	10,23	6,00	49	298,71	344,63	831,99
24	23,36	11,40	7,08	50	347,50	415,14	1072,80
25	25,13	12,72	8,34				

Temel Şekli	k_1	k_2
Şerit	1	0.5
Kare	1.3	0.4
Daire	1.3	0.3
Diktörtgen	$1 + 0.2 \frac{B}{L}$	$1 + 0.1 \frac{B}{L}$

Terzaghi modifiye taşıma gücü faktörleri



$$N_c = (N_q - 1) \frac{1}{\tan \phi}$$

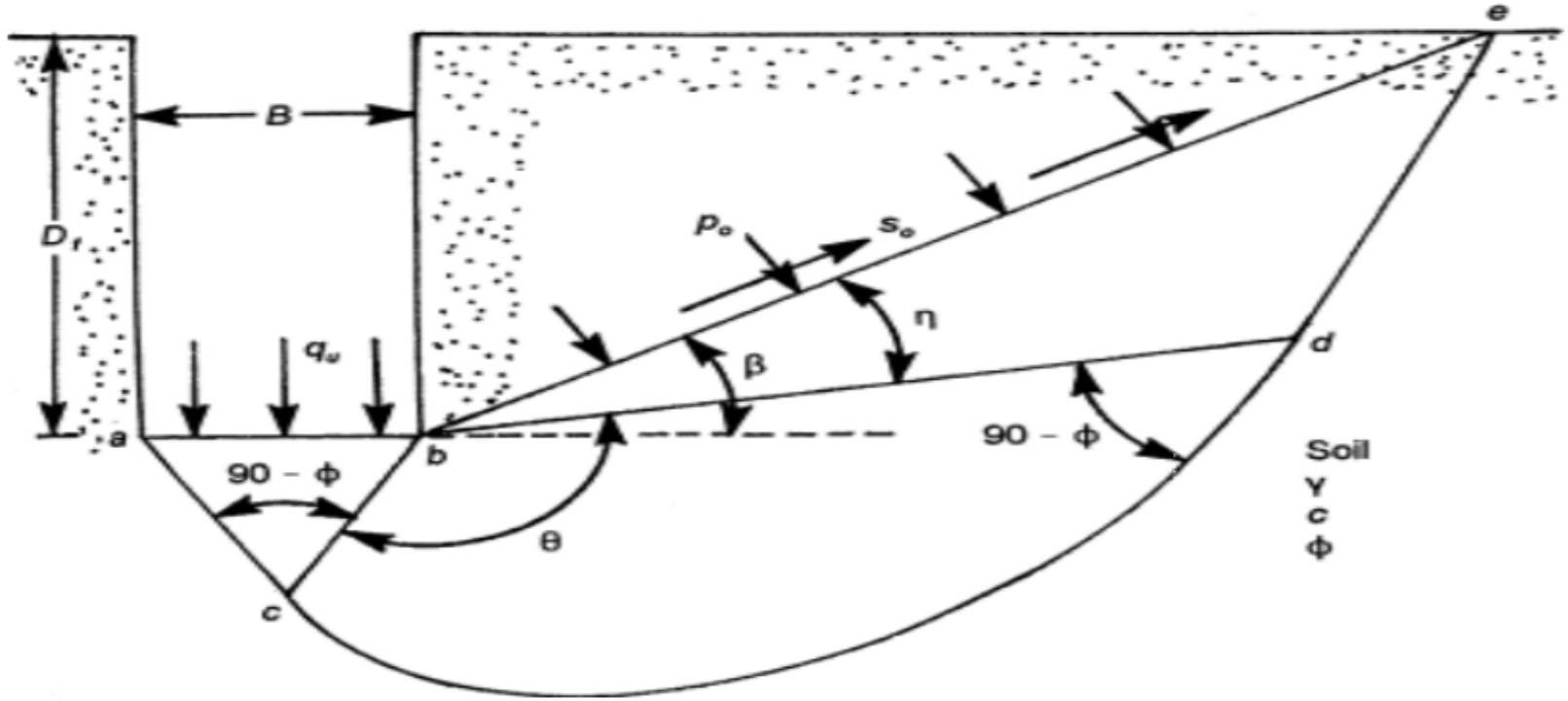
$$N_q = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} * \frac{\phi}{2}\right) \tan \phi}}{2 \cos^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)}$$

$$N_\gamma = \frac{2(N_q + 1) \tan \phi}{1 + 0.4 \sin(4\phi)}$$

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Meyerhof 1951, 1963 Taşıma Gücü Kuramı

Meyerhof (1951, 1963), Terzaghi'nin hesaplamalarına benzer bir yaklaşımla, temellerin şekil ve derinlik faktörlerini de dikkate alarak bir taşıma gücü formülü geliştirmiştir



Meyerhof zemini **abc; elastik zon, bcd; radyal kayma zonu, bde; karışım kayma zonu**, olmak üzere üç ana bölgeye ayırmıştır. Taşıma gücü faktörlerini de buna bağlı olarak tekrar hesaplamıştır.

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Meyerhof 1951, 1963 Taşıma Gücü Kuramı

Terzaghi yöntemine göre batık temellerde daha iyi sonuç verir. Temelin üzerinde kalan zemin, sadece yük oluşturmaz aynı zamanda dayanım da oluşturur. Daha gerçekçi ancak daha karmaşıktır.

$$\text{Düşey Yük; } q_u = cN_c s_c d_c + (\gamma D_f) N_q s_q d_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma$$

$$\text{Eğimli Yük; } q_u = cN_c s_c d_c i_c + (\gamma D_f) N_q s_q d_q i_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

Burada;

c = Zeminin Kohezyon Dayanımı (kPa)

$\gamma D_f = q'$ = Temel seviyesinde örtü yükü-şürşarj etkisi (Efektif Gerilme (kPa))

B' = Temel Genişliği (Eksantrik ve eğimli yük durumunda Efektif Boyut) (m)

γ = Temel tabanı altındaki zeminin Birim Hacim Ağırlığı (kN/m³)

N_c ; N_q ; N_γ = Taşıma Gücü Katsayıları (Faktörleri) alttaki eşitliklerle hesaplanabilir veya Tablo'dan (Zeminin İçsel Sürtünme Açısı, ϕ ye bağlı olarak) alınabilir.

Bağıntıda ki diğer Boyutsuz Düzeltme Faktörleri-Katsayıları;

s = Şekil faktörlerini,

d = Derinlik faktörlerini,

i = Yüken düşeyden farklı etkimesini, yük eğim faktörünü,

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad N_c = (N_q - 1) \frac{1}{\tan \phi} \quad N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \phi)$$

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Meyerhof 1951, 1963 Taşıma Gücü Kuramı

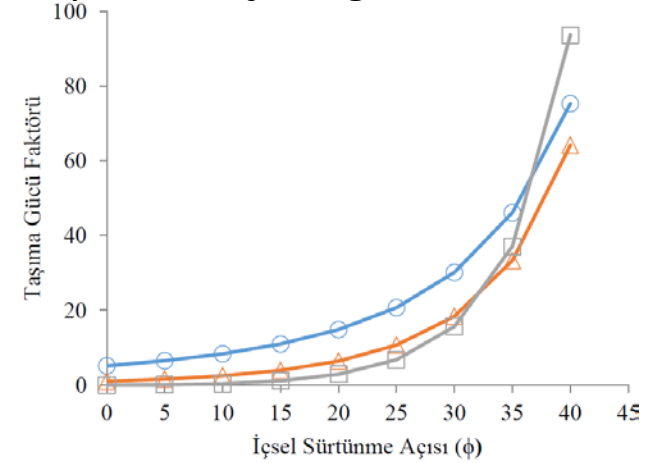
$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \frac{1}{\tan \phi}$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5,14	1,00	0,00	17	12.34	4.77	3.53	34	42.16	29.44	41.06
1	5.38	1,09	0,07	18	13.10	5.26	4.04	35	46.12	33.30	48.03
2	5.63	1,20	0,15	19	13.93	5.80	4.68	36	50.59	37.75	56.31
3	5.90	1,31	0,24	20	14.83	6.40	5.39	37	55.63	42.92	66.19
4	6,19	1,43	0,34	21	15.82	7.07	6.20	38	61.35	48.93	78.03
5	6,49	1,57	0,45	22	16.88	7.82	7.13	39	67.87	55.96	92.25
6	6.81	1.72	0.57	23	18.05	8.66	8.20	40	75.31	64.20	109.41
7	7.16	1.88	0.71	24	19.32	9.60	9.44	41	83.86	73.90	130.22
8	7.53	2.06	0.86	25	20.72	10.66	10.88	42	93.71	85.38	155.55
9	7.92	2.25	1.03	26	22.25	11.85	12.54	43	105.11	99.02	186.54
10	8.35	2.47	1.22	27	23.94	13.20	14.47	44	118.37	115.31	224.64
11	8.80	2.71	1.44	28	25.80	14.72	16.72	45	133.88	134.88	271.76
12	9.28	2.97	1.69	29	27.86	16.44	19.34	46	152.10	158.51	330.35
13	9.81	3.26	1.97	30	30.14	18.40	22.40	47	173.64	187.21	403.67
14	10.37	3.59	2.29	31	32.67	20.63	25.99	48	199.26	222.31	496.01
15	10.98	3.91	2.65	32	35.49	23.18	30.22	49	229.93	265.51	613.16
16	11.63	4.34	3.06	33	38.64	26.09	35.19	50	266.89	319.07	762.89

Meyerhof taşıma gücü faktörleri



N_c'

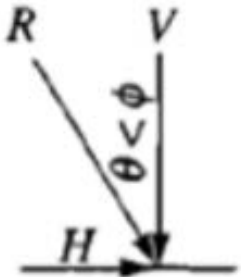
N_q'

N_γ'

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Meyerhof 1951, 1963 Taşıma Gücü Kuramı

Faktörler	Formüller
Şekil :	$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B}{L}$ <i>tüm ϕ'ler için</i>
	$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B}{L}$ $\phi > 10^\circ$
	$s_q = s_\gamma = 1$ $\phi = 0$
Derinlik :	$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}$ <i>tüm ϕ'ler için</i>
	$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}$ $\phi > 10$
	$d_q = d_\gamma = 1$ $\phi = 0$
Eğim :	$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$ <i>tüm ϕ'ler için</i>
	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2$ $\phi > 0$
	$i_\gamma = 0$ $\theta > 0$ $\phi = 0$



Burada, L, temelin uzun kenar boyutunu, D, temel taban derinliğini temsil etmektedir.

K_p , pasif toprak basıncı katsayısı,

$$K_p = \tan^2 (45 + \Phi/2)$$

Ayrıca, θ açısı, bileşke yük R'nin düşeyle yaptığı açıdır. Bu açı değeri, 0 olduğunda Meyerhof formülünde kullanılan tüm yük eğim faktörleri 1 değerini almaktadır (Bowles, 1996)

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Brinch Hansen 1961, 1970 Taşıma Gücü Kuramı

Brinch Hansen'in formülü Meyerhof'un devamı niteliğindedir. Formüle temel tabanı ve zeminin eğimi faktörlerini eklemiştir.

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + (\gamma D_f) N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Burada;

c = Zeminin Kohezyon Dayanımı (kPa)

$\gamma D_f = q'$ = Temel seviyesinde örtü yükü-şürşarj etkisi (Efektif Gerilme (kPa))

B' = Temel Genişliği (Eksantrik ve eğimli yük durumunda Efektif Boyut) (m)

γ = Temel tabanı altındaki zeminin Birim Hacim Ağırlığı (kN/m³)

N_c ; N_q ; N_γ = Taşıma Gücü Katsayıları (Faktörleri) alttaki eşitliklerle hesaplanabilir veya Tablo'dan (Zeminin İçsel Sürtünme Açısı, ϕ ye bağlı olarak) alınabilir.

Bağıntıda ki diğer Boyutsuz Düzeltme Faktörleri-Katsayıları;

s = Şekil faktörlerini,

d = Derinlik faktörlerini,

i = Yükün düşeyden farklı etkimesini, yük eğim faktörünü,

b = Temel tabanının yatay olmadığı durum faktörünü,

g = Zeminin eğimli olma durumunu dikkate alan faktör.

$$N_q = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) e^{\pi \tan \phi} \quad N_c = (N_q - 1) \frac{1}{\tan \phi}$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi$$

Meyerhof'dan farklı

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Brinch Hansen'ın (1961) Taşıma Gücü Kuramı

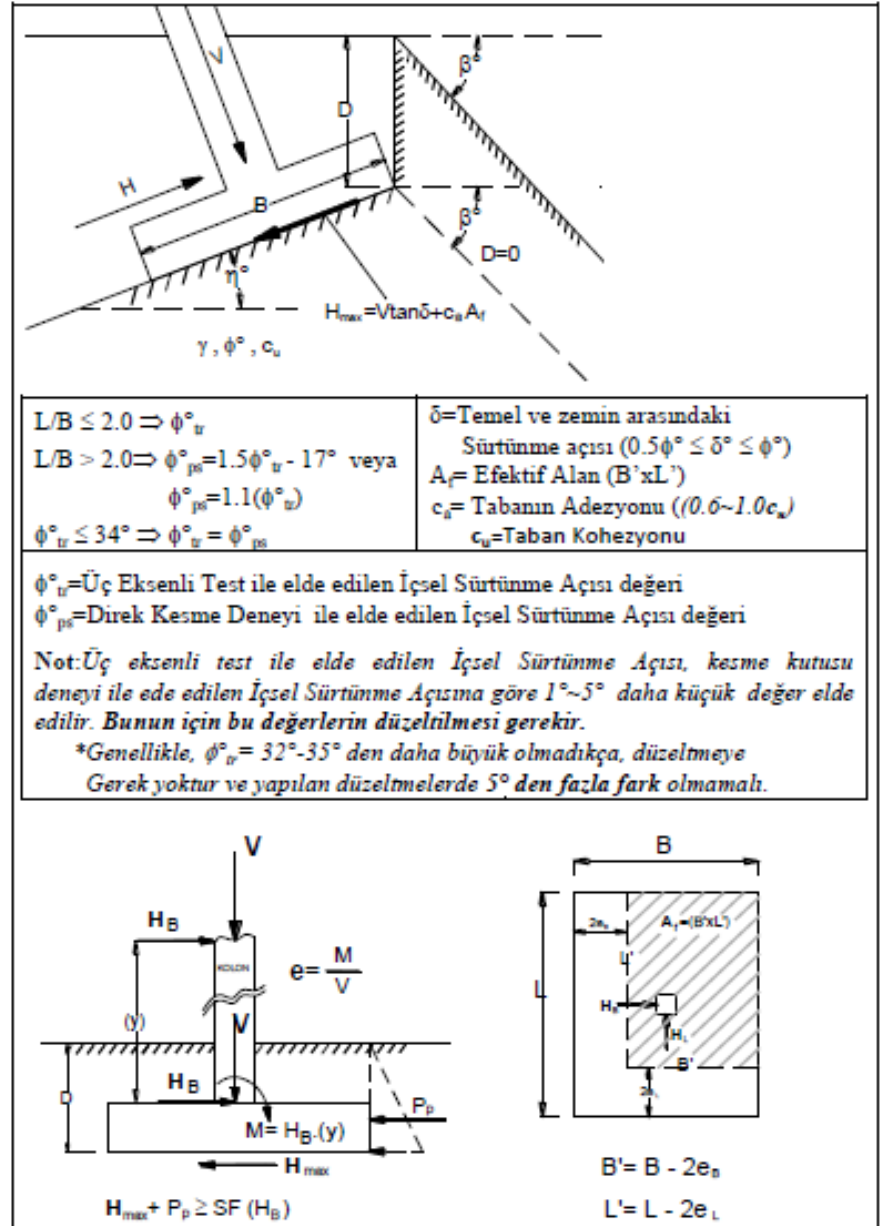
Faktör	İlişki	Kaynak
Bıçım veya Şekil (s)	$s'_c = 0.2 \left(\frac{B'}{L'} \right) \Rightarrow \phi^\circ = 0$ ve $s_c = 1 + \left(\frac{B' N_q}{L' N_c} \right) \Rightarrow \phi^\circ > 0$ $s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \sin \phi^\circ \Rightarrow (\phi^\circ \geq 0)$ $s_\gamma = 1 - 0.4 \left(\frac{B'}{L'} \right) \geq 0.6$ *Sürekli Temellerde, (s) faktörleri 1' e eşittir.	De Beer(1970) Vesic (1973) Hansen(1970)
Derinlik (d)	$d'_c = 0.4(D/B) \Rightarrow \phi^\circ = 0$ için $(D/B \leq \text{veya} >)$ Şart (a) ; $D_f/B \leq 1$ $d_c = 1 + 0.4 \left(\frac{D}{B} \right)$ $d_q = 1 + 2 \tan \phi^\circ (1 - \sin \phi^\circ)^2 \left(\frac{D}{B} \right)$ $d_\gamma = 1$ Şart (b) ; $D_f/B > 1$ $*d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \left(\frac{D}{B} \right)$ $*d_q = 1 + 2 \tan \phi^\circ (1 - \sin \phi^\circ)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D}{B} \right)$ $*d_\gamma = 1$	Hansen(1970) Meyerhof(1963) Vesic (1973)
(*) İlişkilerdeki, $\tan^{-1} \left(\frac{D}{B} \right)$ değeri RADYAN türünden alınacaktır. (B' ve L') = Efektif Genişlik ve Uzunluk		

Faktör	İlişki	Kaynak
Yük Eğimi (i)	$i'_c = 0.5 - \sqrt{1 - \frac{H_i}{A_f C_a}} \Rightarrow (\phi^\circ = 0 \text{ şartlarında})$ $i_c = i_q - \left(\frac{1 - i_q}{N_q - 1} \right) \quad (\phi^\circ > 0 \text{ durumlarında})$ $i_q = \left[1 - \frac{0.5 H_i}{V + A_f C_a \cot \phi^\circ} \right]^{\alpha_1}$ $2 \leq \alpha_1 \leq 5$ $i_r = \left[1 - \frac{(0.7 - \frac{\eta^\circ}{450}) H_i}{V + A_f C_a \cot \phi^\circ} \right]^{\alpha_2}$ $2 \leq \alpha_2 \leq 5$ Burada; H_i = Temele uygulanan Kesme veya Yatay Kuvvet (H_B veya H_L =Kısa veya Uzun Kenar doğrultusundaki Yatay Kuvvet. $H_L > 0$ ise, Her ikisi de kullanılır. V = Normal/Düşey Kuvvet C_a =Taban Adezyonu (0.6~1.0 c_u) c_u =Taban Kohezyonu ϕ° = İçsel sürtünme açısı A_f = Efektif Alan ($B' \times L'$) B' =Efektif Temel genişliği L' =Efektif Temel Uzunluğu η° =Temel taban eğimi	Hansen (1970)
Zemin Eğimi (g)	$g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi^\circ = 0 \text{ şartlarında})$ $g_c = 1.0 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi^\circ > 0 \text{ durumlarında})$ $g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta^\circ)^5$	Hansen (1970)
Taban Eğimi (b)	$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi^\circ = 0 \text{ şartlarında})$ $b_c = 1.0 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi^\circ > 0 \text{ durumlarında})$ $b_q = \exp(-2.7 \eta \tan \phi^\circ)$ $b_\gamma = \exp(-2.7 \eta \tan \phi^\circ) \quad (\eta = \text{Radyan alınacak})$	Hansen (1970)

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Brinch Hansen'ın (1961) Taşıma Gücü Kuramı

Bir önceki slaytta verilen eşitlikler ve denklemler, şekillerden faydalanılarak değerlendirilmektedir.

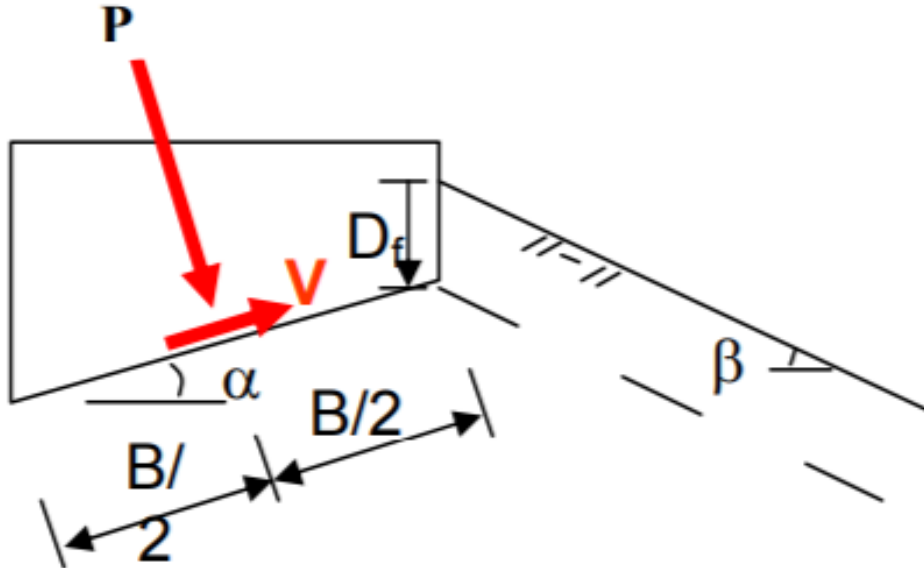


YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Vesic'in (1973,1975) Taşıma Gücü Kuramı

Vesic kendisinden önce yapılan çalışmaları özetlemiştir. Formülü Brinch Hansen'in formülüne benzemektedir. Vesic (1973, 1975) taşıma gücü hesaplama yöntemi, Hansen (1961) tarafından geliştirilen yöntemle benzemektedir. İki yöntem arasındaki farklılıklardan biri, **N_γ** taşıma gücü faktörüdür. Vesic, **b_i** temel sapma faktörleri, **g_i** zemin eğim faktörleri ve **i_i** yük eğim faktörlerinin hesaplanmalarında da farklı yaklaşımlar geliştirmiştir.

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + (\gamma D_f) N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$



$$N_q = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \frac{1}{\tan \phi}$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi$$

↓
Meyerhorf'dan farklı

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Vesic'in (1973) Taşıma Gücü Kuramı

Şekil Faktörleri

$$s_c = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$$
$$s_q = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \phi'$$
$$s_\gamma = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L} \right)$$

Derinlik Faktörleri

$$k = \tan^{-1} \left(\frac{D}{B} \right)$$
$$d_c = 1 + 0.4k$$
$$d_q = 1 + 2k \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2$$
$$d_\gamma = 1$$

Eğim Faktörleri

$$i_c = 1 - \frac{mV}{L'B'cN_c} \geq 0$$
$$i_\gamma = \left[1 - \frac{V}{P + \frac{L'B'c}{\tan \phi}} \right]^{m+1} \geq 0$$
$$i_q = \left[1 - \frac{V}{P + \frac{L'B'c}{\tan \phi}} \right]^m \geq 0$$

Taban Eğim Faktörleri

$$b_q = b_\gamma = (1 - \alpha \tan \phi)^2$$
$$b_c = 1 - \frac{2\alpha}{\pi + 2}$$

Zemin Eğim Faktörleri

$$g_c = 1 - \frac{2\beta}{\pi + 2}$$
$$g_q = g_\gamma = (1 - \tan \beta)^2$$

Yükün eğimi B yönünde olduğu zaman

$$m = \frac{2 + B/L}{1 + B/L} = m_B$$

Yükün eğimi L yönünde olduğu zaman

$$m = \frac{2 + L/B}{1 + L/B} = m_L$$

Yükün eğimi diğer yönlerde olduğu zaman

$$m = m_L \cos^2 \theta_n + m_B \sin^2 \theta_n$$

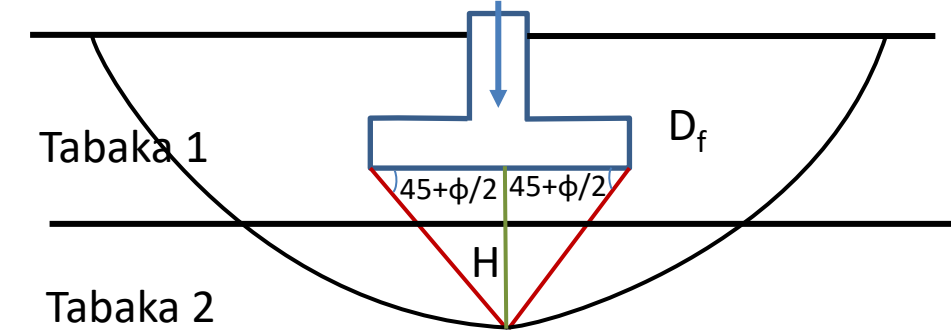
YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Terzaghi Taşıma Gücü Faktörleri

Tabakalı zeminlerde taşıma gücü

Bu konuda literatürde mevcut olan çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır.

Tabakalı zeminlerde birim hacim ağırlık, kayma mukavemeti açısı ve kohezyon gibi zemin parametreleri derinlik boyunca değişmektedir. Yüzeydeki kayma göçmeleri birden fazla tabakada görülebilir.



Yeni düzlemin tabaka 1'in altından geçip geçmediğini belirlemek için H derinliğini bilmek gerekir. H derinliği aktif bölgede oluşan üçgen kullanılarak aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmaktadır.

$$H = \frac{\tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) * B}{2}$$

*Yüzeyde gevşek veya yumuşak çok kalın bir zemin, altında sıkı veya sert zemin şeklinde bir zemin profili mevcutsa; **Göçme düzlemi tamamen üstteki zayıf zemin içinde kalacaktır;** Bu nedenle sınır taşıma gücü değeri bu tabakaya göre belirlenmelidir.

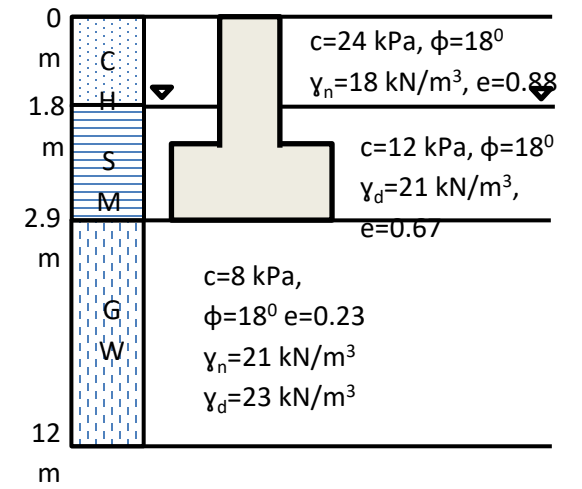
*Eğer üstte bulunan zayıf zemin tabakanın kalınlığı temel genişliği (B)'nden küçükse; **üst tabakada zımbalama meydana gelecektir.** Bununla birlikte alt tabakadaki zeminde de kayma göçmesi görülecektir.

*Yüzeydeki tabaka kalınlığı oldukça büyükse; **göçme mekanizması sadece üst tabakada kayma göçmesi şeklinde olacaktır.**

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Tabakalı zeminlerde taşıma gücü

Görüş_1



*Temel tabanı ve tabandan aşağı bir B derinliği arasındaki bölgede her bir tabakanın göreceli kalınlıklarına bağlı olarak **c, ϕ ve γ 'nın ağırlıklı ortalama değerleri** bulunur ve bu değerlere göre taşıma gücü değeri hesaplanır.*

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Tabakalı zeminlerde taşıma gücü

Eğer temel zeminini oluşturan tabakaların mukavemeti bir birinden çok farklı değilse (üst tabakada zımbalama beklenmiyorsa) tabakalı zeminlerin taşıma gücü Bowles 1996 tarafından önerilen yöntem ile belirlenir.

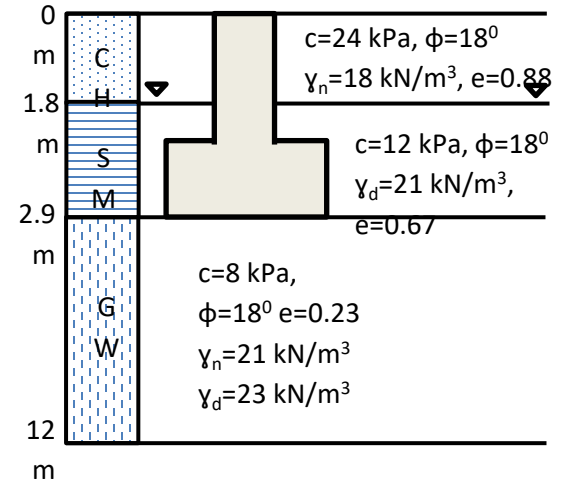
Bu yöntemin kullanılması için $H >$ tabaka 1 kalınlığı şartının sağlanması gerekmektedir.

Tabakalar için ortalama kohezyon ve içsel sürtünme açısı aşağıdaki gibi hesaplanarak homojen bir zemin varmış gibi çözüm yapılır.

$$H = \frac{\tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) * B}{2}$$

$$\phi_{ortalama} = \frac{d_1 * \phi_1 + (H - d_1) * \phi_2}{H}$$

$$c_{ortalama} = \frac{d_1 * c_1 + (H - d_1) * c_2}{H}$$



d_1 = 1. tabakanın kalınlığı

ϕ_1 = 1. tabakanın içsel sürtünme açısı

ϕ_2 = 2. tabakanın içsel sürtünme açısı

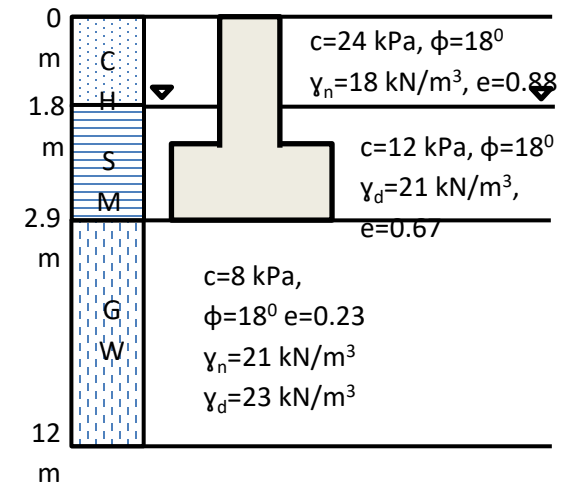
c_1 = 1. tabakanın kohezyonu

c_2 = 2. tabakanın kohezyonu

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Tabakalı zeminlerde taşıma gücü

Görüş_2

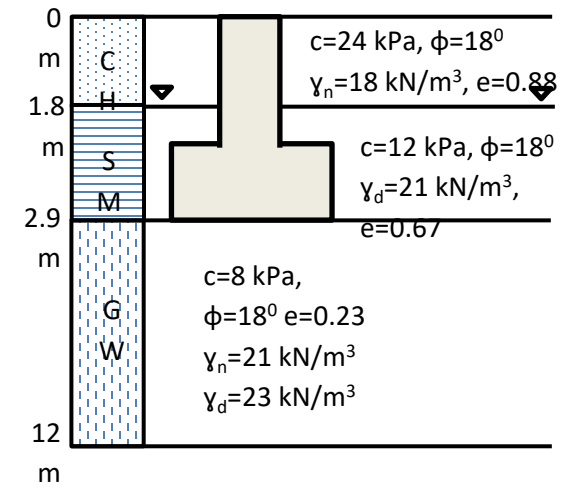


Temel tabanı ve tabandan aşağı bir B derinliği arasındaki bölgede **en düşük** değerdeki c , ϕ ve γ değerlerini kullanarak taşıma gücü değerlendirilir. Bu bölge taşıma gücü yenilmelerinin meydana geldiği bölgedir ve bu nedenle zemin parametrelerinin kullanılması gereken tek bölgedir. **Kaymanın bir kısmı daha sağlam tabakalarda meydana geldiği için bu yöntem güvenli tarafta kalmaktadır.**

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Tabakalı zeminlerde taşıma gücü

Görüş_3



Temel altında bir seri göçme yüzeyi göz önüne alınır ve *şev stabilitesi* analizlerinde kullanılan yöntemlere benzer yöntemler kullanılarak her bir yüzey üzerindeki gerilmeler değerlendirilir. En düşük q_u değerine sahip yüzey kritik göçme yüzeyi olarak kabul edilir.

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ

Bölüm: 16.7. Temellerin Tasarımı İçin Genel Kurallar

Bu yönetmelikte, yüzeysel ve derin temellerin geoteknik tasarımı için taşıma gücü ilkesi esas alınmıştır. *Temel zeminin, olası göçme mekanizmalarına karşı gelen tasarım taşıma gücü'nün yeterliliği aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.*

$$E_t \leq R_t$$

Burada;

E_t statik ve depremi içeren yükleme durumlarına ilişkin tasarım etkileri'ni,

R_t ise ilgili göçme mekanizmasına karşı gelen tasarım dayanımı'nı ifade etmektedir

Temel zemininde oluşan etkiler; E_t , düşey yük etkileri ile birlikte depremde bina taşıyıcı sisteminden temele aktarılan kuvvetler esas alınarak hesaplanmaktadır.

Tasarıma esas eksenel kuvvet ve eğilme momenti, temel tabanında düşey doğrultudaki temel taşıma gücü ile karşılanmaktadır. Tasarıma esas yatay kesme kuvveti, zemin ile temel tabanı arasında sürtünme direnci ile birlikte temel yan yüzeyinde oluşan pasif toprak basıncının en çok %30 u dikkate alınarak karşılanmaktadır.

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ

Bölüm: 16.7. Temellerin Tasarımı İçin Genel Kurallar

Tasarım dayanımları; R_t , *statik ve deprem yükü içeren durumlara ilişkin karakteristik* *dayanım* R_k ' *nın dayanım katsayısı* γ_R ' *ye bölünmesi ile belirlenmektedir.*

$$R_t = \frac{R_k}{\gamma_R}$$

Dayanım katsayısının γ_R , TBDY-2018 Deprem Yönetmeliğinde öngörülen değerleri temel türüne ve hesaplanan dayanıma göre aşağıdaki tablodan elde edilmektedir.

<i>Dayanım Türü</i>	<i>Dayanım Katsayısı Simgesi</i>	<i>Dayanım Katsayısı Değeri</i>
Temel Taşıma Gücü	γ_{Rv}	1.4
Sürtünme Direnci	γ_{Rh}	1.4
Pasif Direnç	γ_{RP}	1.4

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ

Bölüm: 16.7. Temellerin Tasarımı İçin Genel Kurallar

Statik ve deprem etkisini içeren yükleme durumlarının her birinde aşağıdaki eşitsizlik sağlanacaktır:

$$q_0 \leq q_t$$

Burada

q_0 temel seviyesinde etkiyen düşey yük, kesme ve moment etkilerinin oluşturduğu temel taban basıncıdır.

q_t ise tasarım dayanımı R_t ' nin temel taşıma gücüne ilişkin karşılığıdır ve aşağıdaki denklem ile tanımlanır.

$$q_t = \frac{q_k}{\gamma_{Rv}}$$

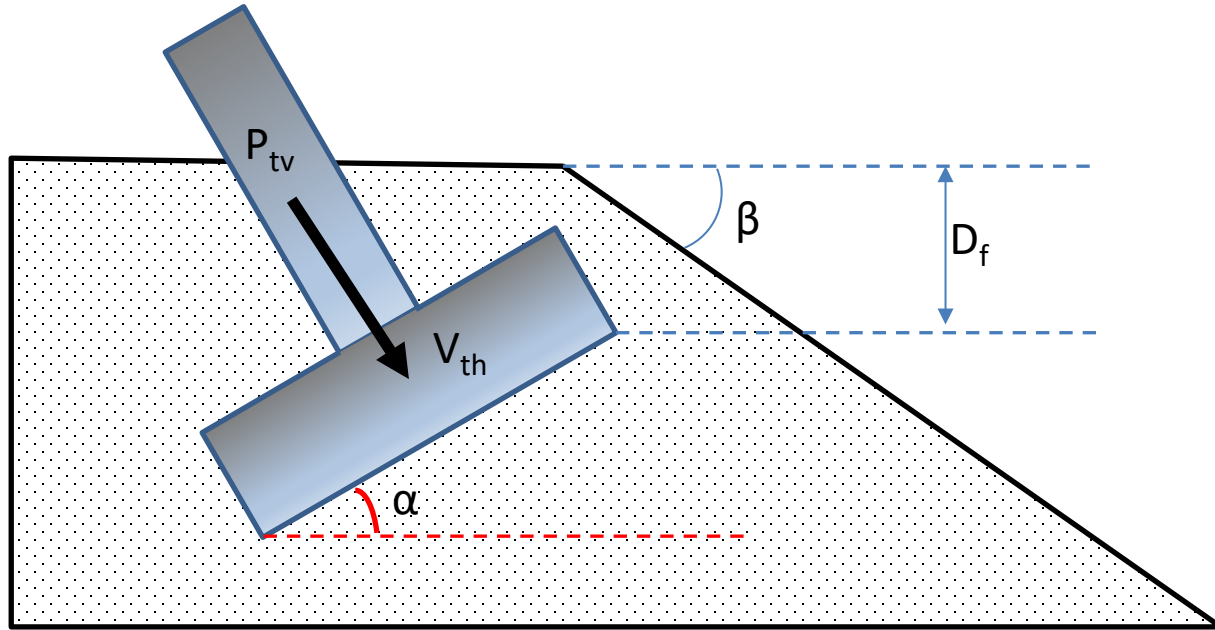
Temel taşıma gücünün karakteristik dayanımı q_k nın belirlenmesinde bir çok farklı yöntem olduğu (Tezahi, Meyerhorf, Hansen, Vesic) ders kapsamında ifade edildi. TBDY-2018 de Hansen yöntemindeki formül kullanılmaktadır.

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ

Bölüm: 16.7. Temellerin Tasarımı İçin Genel Kurallar

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + (\gamma D_f) N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$



YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ

Bölüm: 16.7. Temellerin Tasarımı İçin Genel Kurallar

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + (\gamma D_f) N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Burada;

A_c = Temel altında basınç gerilmelerinin oluşturduğu toplan alan

c = Zeminin Efektif Kohezyonu

D_f = Temel derinliği

B' =Temel Genişliği (Eksantrik ve eğimli yük durumunda Efektif Boyut)

L = Temel uzunluğu

γ = Temel tabanı altındaki zeminin Birim Hacim Ağırlığı (kN/m^3)

P_{tv} =temel tabanında etkiyen düşey basınç kuvveti (kN)

V_{th} =temel tabanında etkiyen tasarım yatay kuvveti (kN)

α = temel tabanı eğim açısı

β =Temel zemini eğim açısı

N_c ; N_q ; N_γ =Taşıma Gücü Katsayıları (Faktörleri) alttaki eşitliklerle hesaplanabilir veya Tablo'dan (Zeminin İçsel Sürtünme Açısı, ϕ ye bağlı olarak) alınabilir.

Bağıntıda ki diğer Boyutsuz Düzeltme Faktörleri-Katsayıları;

s = Şekil faktörlerini,

d = Derinlik faktörlerini,

i = Yüken düşeyden farklı etkimesini, yük eğim faktörünü,

b = Temel tabanının yatay olmadığı durum faktörünü,

g = Zeminin eğimli olma durumunu dikkate alan faktör.

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ

Bölüm: 16.7. Temellerin Tasarımı İçin Genel Kurallar

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + (\gamma D_f) N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2(45 + \frac{\phi'}{2}) \quad N_c = (N_q - 1) \frac{1}{\tan \phi} \quad N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi'$$

Temel şekil katsayıları; (s_c , s_q , s_γ) sürekli temellerde B/L çok küçüleceğinden bu durumda şekil faktörleri 1 alınabilir.

$$S_c = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \left(\frac{N_q}{N_c}\right) \quad S_q = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi' \quad S_\gamma = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L}\right)$$

Derinlik katsayıları; (d_c , d_q , d_γ)

Sığ temellerde $\frac{D_f}{B} < 1$ için $k = \frac{D_f}{B}$ alınabilir.

Daha derin temellerde $\frac{D_f}{B} > 1$ ise $k = \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B}\right)$ olmak üzere

$$d_c = 1 + 0.4k \quad d_q = 1 + 2k \cdot \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \quad d_\gamma = 1$$

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ

Bölüm: 16.7. Temellerin Tasarımı İçin Genel Kurallar

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + (\gamma D_f) N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Yükleme Eğikliği Katsayıları; (i_c , i_q , i_γ) yükün temele dik etkimesi durumunda yük eğim faktörleri 1 olarak alınabilir.

B yönünde Eğimli Yükler için

$$m = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}$$

L yönünde Eğimli Yükler için

$$m = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

$$i_c = 1 - \frac{m \cdot V_{th}}{A \cdot c' \cdot N_c} \geq 0$$

$$i_q = \left[1 - \frac{V_{th}}{P_{th} + \frac{A_c \cdot c'}{\tan \phi'}} \right]^m \geq 0$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{V_{th}}{P_{th} + \frac{A_c \cdot c'}{\tan \phi'}} \right]^{m+1} \geq 0$$

YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜ HESABI

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ

Bölüm: 16.7. Temellerin Tasarımı İçin Genel Kurallar

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + (\gamma D_f) N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Temel Zemini Eğimi Katsayıları; (g_c , g_q , g_γ) Şev kenarına yakın inşa edilen temellerde taşıma gücü daha düşük olmaktadır. Düz zeminde bu faktörler 1 olarak alınabilir.

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147^\circ}$$

$$g_q = [1 - \tan\beta]^2$$

$$g_\gamma = [1 - \tan\beta]^2$$

Temel Taban Eğimi Katsayıları; (b_c , b_q , b_γ) genelde temel tabanları yataydır ve bu durumda taban eğim faktörleri 1 olarak alınabilir.

$$b_c = 1 - \frac{\alpha}{147^\circ}$$

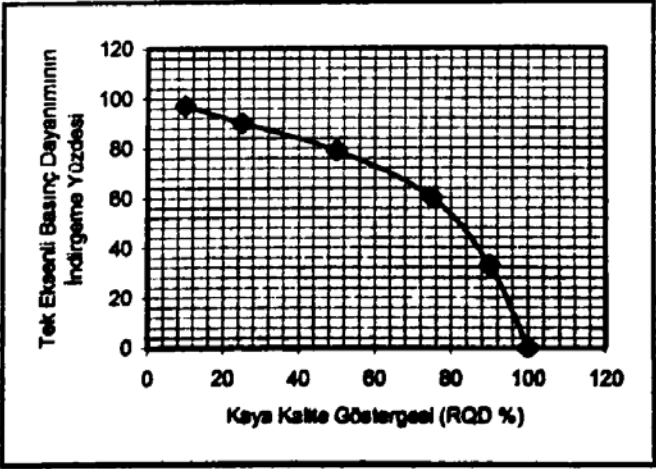
$$b_q = \left[1 - \frac{\alpha \cdot \tan\phi'}{57^\circ} \right]^2$$

$$b_\gamma = \left[1 - \frac{\alpha \cdot \tan\phi'}{57^\circ} \right]^2$$

KAYALARDA TAŞIMA GÜCÜ (RQD Ve T.E.B Dayanı Mını Esas Alan Yön.)

Süreksizlik içeren kayacın taşıma gücü RQD ile belirlenebilir. RQD değeri %90 üzerinde ise kayanın T.E.B değeri izin verilebilir taşıma gücü olarak alınabilir. Çizelge yada tablodan T.E.B dayanımının yüzde kaç oranında indirgeneceği bulur. Bu değer kayacın T.E.B değerinden çıkarılır. Elde edilen değer kayanın taşıma gücünü verir (Peck vd. 1974).

Tek Eksenli Basınç Dayanımının indirgeme yüzdesi	RQD (Kaya Kalite Göstergesi) %
0	100
33	90
60	75
79	50
90	25
97	10

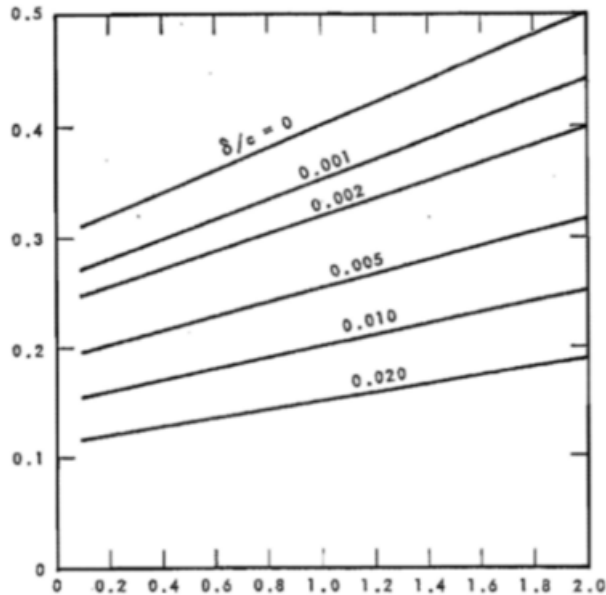


KAYALARDA TAŞIMA GÜCÜ (RQD Ve T.E.B Dayanı Mını Esas Alan Yön.)

Sağlam kaya kütlesi için temelden aktarılan yük eksenel ise aşağıda verilen eşitlik ile kaya kütlesinin emniyetli taşıma gücü hesaplanabilir.

$$q_{emin} = K * q_u$$

Süreksizlik Açıklığı		K
Tanım	Aralık (m)	
Orta Derecede Açık	0.3-1	0.10
Geniş	1-3	0.25
Çok Geniş	>3	0.40



$$K = \frac{3 + \frac{c}{B}}{10 \sqrt{1 + 300 \frac{\partial}{c}}}$$

c : süreksizlik aralığı, ∂ : süreksizlik açıklığı

B : temel genişliği

$0.05 < \frac{c}{B} < 2.0, 0 < \frac{\partial}{c} < 0.02$ için geçerlidir.

Konuya İlişkin Problem Çözümleri Sınıfta yapılacaktır