

5. YÜZEYSEL TEMELLER - IV

DOÇ. DR. ERDAL UNCULOĞLU
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
2021

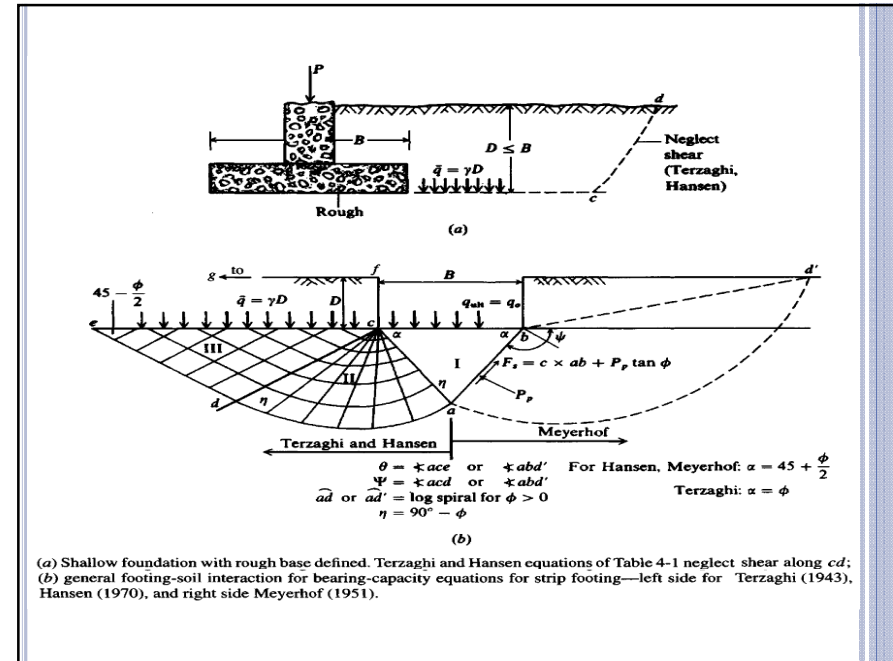


GENEL TAŞIMA GÜCÜ EŞİTLİĞİ

Taşıma Gücü Eşitlikleri

Terzaghi, taşıma gücü eşitliğini genel kayma göçmesi etkisi altındaki şerit bir temel için geliştirmiştir. Eşitlik şekil katsayıları ile modifiye edilerek kare, daire ve dikdörtgen gibi diğer temel geometrileri için de taşıma gücü hesaplanabilmektedir. Terzaghi' nin önermiş olduğu taşıma gücü eşitliği kendisinden sonraki araştırmacıların hemen hemen tamamı tarafından kabul görmüştür. Bununla birlikte; araştırmacılar, Terzaghi taşıma gücü teorisi ile ilgili iki temel değişiklik önermişlerdir.

- ✓Terzaghi tarafından önerilen göçme mekanizmasının geliştirilmesi,
- ✓Terzaghi taşıma gücü teorisinin farklı durumları (eğik yükleme, taban eğimi, temel geometrisi (dikdörtgen) vs.) içerecek şekilde genişletilmesi

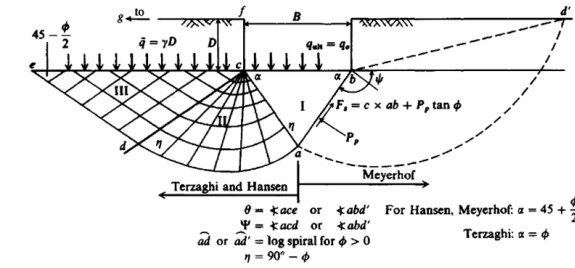


Meyerhof Taşıma Gücü Yöntemi

Meyerhof (1948), Terzaghi yönteminin muhafazakar olduğunu ve bu yöntemde kabul edilen göçme mekanizması ile gözlenen zemin hareketlerinin uyum içerisinde olmadığını belirtmiştir. Meyerhof, Terzaghi' nin önerdiği yaklaşım üzerinde çalışmalar yaparak teoriyi genişletmiştir.

Meyerhof' un teorisine göre;

- ✓ Plastik denge bölgeleri, temel derinliğinin artmasına bağlı olarak büyür ve derin temel durumunda bir maksimuma ulaşır.
- ✓ Temel derinliğinin sabit olduğu durumda plastik bölgelerin büyüklüğü temel taban pürüzlülüğüne bağlı olarak değişir.
- ✓ Plastik bölge sınırları temelin geometrik şekline bağlı olarak değişmektedir.



Meyerhof, abd' bölgesi ile ad' yayı arasında sınırlanmış bölge ile yaptığı denemeler sonucu taşıma gücü katsayılarını elde etmiştir. Tanımlanan bu göçme bölgesi, temel derinliği boyunca kayma direncini de göz önüne almaktadır. Şekilde bd' eşdeğer serbest yüzey olarak adlandırılmaktadır. Eşdeğer serbest yüzeyin yatayla yaptığı açı (β) temel derinliğinin artması ile artacaktır.

$\beta = 0$	ise	zemin yüzeyine oturan temel
$0 < \beta < 90^\circ$	ise	yüzeyssel temel (ve derin temel)
$\beta = 90^\circ$	ise	derin temel

$D_f \approx B$ derinliğine kadar Meyerhof taşıma gücü yöntemi ile tahmin edilen q_u değerleri Terzaghi' nin önerdiği yöntem ile elde edilenlerden çok farklı olmamasına rağmen D_f / B oranının artması ile q_u değerleri de farklılaşmaya başlamaktadır. Terzaghi yönteminde $D_f \leq B$ dir. D_f / B oranı büyük temelleri dikkate almaz.

$$q_u = c.N_c.s_c.d_c.i_c + q.N_q.s_q.d_q.i_q + 0.5\gamma.B.N_\gamma.s_\gamma.d_\gamma.i_\gamma$$

Shape
factor

Depth
factor

inclination
factor

Empirical correction
factors

Meyerhof, uygulanan bileşke yük, düşeyle θ açısı yaptığında taşıma gücünü azaltmak için eğim faktörleri önermiştir.

Meyerhof, Terzaghi' nin önerdiğine benzer bir taşıma gücü eşitliği önermiştir. Ancak; N_c , N_q ve N_γ taşıma gücü katsayıları içsel sürtünme açısı ve temel taban pürüzlülüğüne bağlı olduğu kadar temel derinliği ve temelin geometrik şekline de bağlıdır. N_c ve N_q taşıma gücü katsayıları, zemini ağırlıksız kabul ederek Prandtl (1920) ve Reissener (1924) yaklaşımlarına göre hesaplanmıştır.

Shape, depth, and inclination factors for the Meyerhof bearing-capacity equations

Factors	Value	For
Shape:	$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B}{L}$	Any ϕ
	$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B}{L}$	$\phi > 10^\circ$
	$s_q = s_\gamma = 1$	$\phi = 0$
Depth:	$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}$	Any ϕ
	$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}$	$\phi > 10^\circ$
	$d_q = d_\gamma = 1$	$\phi = 0$
Inclination:	$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2$	Any ϕ
	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2$	$\phi > 0$
	$i_\gamma = 0$ for $\theta > 0$	$\phi = 0$

Where $K_p = \tan^2(45 + \phi/2)$ as in Fig. 4-2

θ = angle of resultant R measured from vertical without a sign; if $\theta = 0$ all $i_i = 1.0$.

B, L, D = previously defined

Brinch-Hansen Taşıma Gücü Yöntemi

Hansen (1970); taşıma gücünün tahmin edilmesine yönelik genel bir taşıma gücü eşitliği ile N taşıma gücü katsayılarının hesaplanması için eşitlikler önermiştir. Hansen, Terzaghi taşıma gücü formülünden yola çıkmıştır. N_c ve N_q taşıma gücü katsayıları, Prandtl (1920) tarafından önerilen formülasyonlar kullanılarak elde edilmiştir.

Hansen' in taşıma gücü yaklaşımına getirdiği yenilikler aşağıda sıralanmıştır.

- ✓ Yükleme, eksantrik veya eğik ya da hem eksantrik hem eğik olabilir.
- ✓ Temel daima sınırlı bir L uzunluğuna sahiptir ve temelin şekli dikdörtgen olmayabilir.
- ✓ Temel tabanı ya da zemin yüzeyi eğimli olabilir.

Hansen' in taşıma gücü eşitliklerine katkısı **taban eğim faktörleri** ve **zemin eğim faktörlerini** göz önüne alması ile olmuştur.

Temellerin büyük çoğunluğunun tabanı yatay olarak inşa edilir. Ancak; uygulanan yükün düşeyden büyük bir açı ile eğik uygulanması durumunda uygulanan yükün temel tabanına dik olarak etkimesi için temel tabanına da aynı açıda eğim vermek iyi olabilir. Bununla birlikte; bu tip temelleri inşa etmek zor olacaktır.

Bir şevin tepesine yakın bir şekilde yerleştirilen temellerin taşıma gücü düz zemin üzerine yerleştirilenlerden daha düşüktür.

Yükün eğik olarak etkimesi, sadece düşey yüke maruz bir temel göz önüne alındığında, azalmış bir taşıma gücünü ifade eder. Uygulanan yük eğik olmasına rağmen genel taşıma gücü eşitliğinden hesaplanan nihai taşıma gücü bu eğik yükün düşey bileşeni içindir.

Hansen Taşıma Gücü Eşitliği

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

Genel Taşıma Gücü Eşitliği olarak da bilinen bu taşıma gücü formülündeki faktörler aşağıda tanımlanmıştır. Söz konusu faktörlerin sahip olduğu alt indisler (c, q ve γ) faktörün hangi taşıma gücü bileşenine (c, kohezyon; q, sürşarj ve γ , zeminin ağırlığı) ait olduğunu gösterir.

s; şekil katsayısı,

$$L/B \leq 2 \text{ ise } \phi_{tr}$$

d; derinlik katsayısı,

$$L/B > 2 \text{ ise } \phi_{ps} = 1.5\phi_{tr} - 17^\circ$$

i; yük eğim katsayısı,

$$\phi_{tr} \leq 34^\circ \text{ ise } \phi_{tr} = \phi_{ps}$$

g; zemin yüzeyi eğim katsayısı,

b; temel taban eğimi katsayısı

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

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi \quad \text{Hansen (1970)}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi \quad \text{Vesic (1973)}$$

Shape and depth factors for use in either the Hansen (1970) or Vesic (1973, 1975b) bearing-capacity equations of Table 4-1. Use s'_c, d'_c when $\phi = 0$ only for Hansen equations. Subscripts H, V for Hansen, Vesic, respectively.

Shape factors	Depth factors
$s'_{c(H)} = 0.2 \frac{B'}{L'} \quad (\phi = 0^\circ)$	$d'_c = 0.4k \quad (\phi = 0^\circ)$
$s_{c(H)} = 1.0 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$	$d_c = 1.0 + 0.4k$
$s_{c(V)} = 1.0 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B}{L}$	$k = D/B \text{ for } D/B \leq 1$
$s_c = 1.0 \text{ for strip}$	$k = \tan^{-1}(D/B) \text{ for } D/B > 1$
	$k \text{ in radians}$
$s_{q(H)} = 1.0 + \frac{B'}{L'} \sin \phi$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k$
$s_{q(V)} = 1.0 + \frac{B}{L} \tan \phi$	$k \text{ defined above}$
$s_{\gamma(H)} = 1.0 - 0.4 \frac{B'}{L'} \geq 0.6$	$d_{\gamma} = 1.00 \quad \text{for all } \phi$
$s_{\gamma(V)} = 1.0 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6$	

Notes:

- Note use of "effective" base dimensions B', L' by Hansen but not by Vesic.
- The values above are consistent with either a vertical load or a vertical load accompanied by a horizontal load H_B .
- With a vertical load and a load H_L (and either $H_B = 0$ or $H_B > 0$) you may have to compute two sets of shape s_i and d_i as s_{iB}, s_{iL} and d_{iB}, d_{iL} . For i, L subscripts of Eq. (4-2), presented in Sec. 4-6, use ratio L'/B' or D/L' .

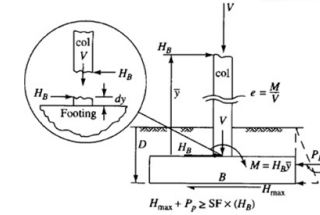
- Parantez içinde yer alan H ve V alt indisleri sırası ile Hansen ve Vesic eşitliklerini temsil eder.
- s'_c ve d'_c katsayıları Hansen taşıma gücü eşitliği için $\phi = 0$ durumunda kullanılır.
- Efektif temel boyutları B' ve L' , Hansen taşıma gücü eşitliği için kullanılır.
- Tabloda verilen eşitlikler; ya sadece düşey yük etkimesi ya da düşey yük ile beraber bir H_B yatay yükünün birlikte etkimesi durumunda uygundur.
- Düşey yük ile beraber bir H_L yatay yükü etkijorsa (ve $H_B = 0$ ya da $H_B > 0$ ise) bu durumda şekil ve derinlik katsayıları hem B hem de L boyutu için ayrı ayrı hesaplanmalıdır.
- Herhangi bir D/B oranı için taşıma gücü hesaplanabilir. Derinlikteki artış ile birlikte qN_q teriminin değerinde oluşacak önemli derecedeki artış için sınırlama getirilmiştir.

Table of inclination, ground, and base factors for the Hansen (1970) equations. See Table 4-5c for equivalent Vesic equations.

Inclination factors	Ground factors (base on slope)
$i'_c = 0.5 - \sqrt{1 - \frac{H_L}{A_f C_a}}$	$g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	$g_c = 1.0 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$i_q = \left[1 - \frac{0.5 H_L}{V + A_f C_a \cot \phi} \right]^{p_1}$ $2 \leq \alpha_1 \leq 5$	$g_q = g_{\gamma} = (1 - 0.5 \tan \beta)^\beta$
$i_{\gamma} = \left[1 - \frac{0.7 H_L}{V + A_f C_a \cot \phi} \right]^{p_2}$	Base factors (tilted base)
$i_{\gamma} = \left[1 - \frac{(0.7 - \eta^2/450^\circ) H_L}{V + A_f C_a \cot \phi} \right]^{p_2}$ $2 \leq \alpha_2 \leq 5$	$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi = 0)$
	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ} \quad (\phi > 0)$
	$b_{\gamma} = \exp(-2.7 \eta \tan \phi)$
	$b_{\gamma} = \exp(-2.7 \eta \tan \phi)$
	$\eta \text{ in radians}$

Notes:

- Use H_L as either H_B or H_L , or both if $H_L > 0$.
- Hansen (1970) did not give an i_c for $\phi > 0$. The value above is from Hansen (1961) and also used by Vesic.
- Variable c_a = base adhesion, on the order of 0.6 to 1.0 $\times$ base cohesion.
- Refer to sketch for identification of angles η and β , footing depth D , location of H_L (parallel and at top of base slab; usually also produces eccentricity). Especially note V = force normal to base and is not the resultant R from combining V and H_L .

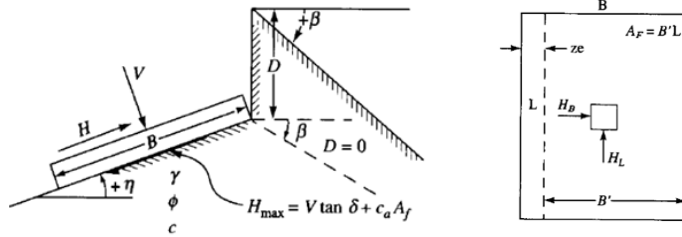


- H_B ya da H_L veya $H_L > 0$ için her ikisi için de H_L eşitliği kullanılır.
- $i_q = 2-3$ ve $i_{\gamma} = 3-4$ alınması önerilir.
- Bir yatay yük bileşeni olduğunda veya eğik yükleme durumunda temelin hem kaymaya hem de taşıma gücüne karşı stabil olduğunun gösterilmesi gerekir.
- Kaymaya karşı stabilite için bir güvenlik katsayısı dahilinde aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$H_B \text{ ya da } L = \frac{V \tan \delta + C_a B' L'}{SF} + \frac{P_p}{SF}$$

- Kaymaya karşı pasif direnç için tüm D_f derinliği boyunca ya da sadece temel kalınlığı boyunca oluşacak pasif direnç göz önüne alınabilir.

$$C_a = (0.6 \text{ ila } 1.0) \quad 0.5\phi \leq \delta \leq \phi \quad A_f = B' \times L'$$



Temellerin büyük bir çoğunluğunun tabanı yatay olarak inşa edilir. Ancak, uygulanan yükün düşeyden büyük bir açı ile eğimli olması durumunda, uygulanan yükün tabana dik olarak etkimesi için temel tabanına açı verilebilir.

Bir şevin tepesine yerleştirilen temellerin taşıma gücü, düz zemindekine kıyasla daha düşük olacaktır.

Eşitlikler sadece η ve β 'nin pozitif değerleri için kullanılır. Bununla birlikte; $\beta < \phi$ ve $\eta + \beta < 90^\circ$ olmalıdır.

Bearing-capacity equations by the several authors indicated

Terzaghi (1943). See Table 4-2 for typical values and for K_{py} values.

$$q_{ult} = cN_c s_c + \bar{q}N_q + 0.5\gamma B N_\gamma s_\gamma$$

$$N_q = \frac{a^2}{a \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \phi/2) \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

For: strip round square
 $s_c = 1.0 \quad 1.3 \quad 1.3$
 $s_\gamma = 1.0 \quad 0.6 \quad 0.8$

Meyerhof (1963).* See Table 4-3 for shape, depth, and inclination factors.

$$\text{Vertical load: } q_{ult} = cN_c s_c d_c + \bar{q}N_q s_q d_q + 0.5\gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma$$

$$\text{Inclined load: } q_{ult} = cN_c d_c i_c + \bar{q}N_q d_q i_q + 0.5\gamma B' N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

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

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

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

Hansen (1970).* See Table 4-5 for shape, depth, and other factors.

$$\text{General: } q_{ult} = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + \bar{q}N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5\gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$\text{when } \phi = 0$$

$$\text{use } q_{ult} = 5.14s_u(1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + \bar{q}$$

$$N_q = \text{same as Meyerhof above}$$

$$N_c = \text{same as Meyerhof above}$$

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

Vesic (1973, 1975).* See Table 4-5 for shape, depth, and other factors.

Use Hansen's equations above.

$$N_q = \text{same as Meyerhof above}$$

$$N_c = \text{same as Meyerhof above}$$

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

Terzaghi, I no. lu göçme bölgesinde $\alpha = \phi$ olarak kullanmasına rağmen diğer teorilerin çoğunluğu (Meyerhof, Hansen ve Vesic) $\alpha = 45 + \phi/2$ ' yi kullanmışlardır. Terzaghi, taşıma gücü teorisini geliştirirken, I no. lu kama bölgesine etkiyen düşey kuvvetlerin dengesinden yola çıkmıştır. Teorilerin kullandıkları taşıma gücü katsayılarının, N_q değerleri arasındaki farklılık göçme yüzeylerinin tanımlandığı şekilde görülen ad logaritmik spiral yay ve cde pasif Rankine bölgesi kabullerinden doğmaktadır. Bu durum P_p ' nin hesaplanması konusunda farklılıklar oluşturmakta ve sonuç olarak da farklı N_q değerlerinin elde edilmesine neden olmaktadır.

N_c ve N_q taşıma gücü katsayıları zemini ağırlıksız ($\gamma = 0$) kabul ederek doğru bir şekilde tanımlanabilmektedir. Araştırmacıların N_c ve N_q için önerdikleri yaklaşımlar benzer olmasına karşılık N_γ ' nin doğru değeri konusunda anlaşmazlıklar söz konusudur. N_γ katsayısının değerlendirilmesi zeminin kendi ağırlığının da göz önüne alınmasını ($\gamma > 0$) gerektirir.

N_γ diğer taşıma gücü katsayılarına göre literatürde önerilmiş farklı yaklaşımlar göz önüne alındığında en geniş değer aralığına ($\phi = 40^\circ$ için $38 \leq N_\gamma \leq 192$) sahip taşıma gücü katsayısıdır.

Bearing-capacity factors for the Meyerhof, Hansen, and Vesic bearing-capacity equations

Note that N_c and N_q are the same for all three methods; subscripts identify author for N_γ

ϕ	N_c	N_q	$N_{\gamma(H)}$	$N_{\gamma(M)}$	$N_{\gamma(V)}$	N_q/N_c	$2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2$
0	5.14*	1.0	0.0	0.0	0.0	0.195	0.000
5	6.49	1.6	0.1	0.1	0.4	0.242	0.146
10	8.34	2.5	0.4	0.4	1.2	0.296	0.241
15	10.97	3.9	1.2	1.1	2.6	0.359	0.294
20	14.83	6.4	2.9	2.9	5.4	0.431	0.315
25	20.71	10.7	6.8	6.8	10.9	0.514	0.311
26	22.25	11.8	7.9	8.0	12.5	0.533	0.308
28	25.79	14.7	10.9	11.2	16.7	0.570	0.299
30	30.13	18.4	15.1	15.7	22.4	0.610	0.289
32	35.47	23.2	20.8	22.0	30.2	0.653	0.276
34	42.14	29.4	28.7	31.1	41.0	0.698	0.262
36	50.55	37.7	40.0	44.4	56.2	0.746	0.247
38	61.31	48.9	56.1	64.0	77.9	0.797	0.231
40	75.25	64.1	79.4	93.6	109.3	0.852	0.214
45	133.73	134.7	200.5	262.3	271.3	1.007	0.172
50	266.50	318.5	567.4	871.7	761.3	1.195	0.131

* = $\pi + 2$ as limit when $\phi \rightarrow 0^\circ$.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)

16.7. TEMELLERİN TASARIMI İÇİN GENEL KURALLAR

- Bu yönetmelikte, yüzeysel ve derin temellerin geoteknik tasarımı için *taşıma gücü ilkesi* esas alınmıştır.
- 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.

$$E_t \leq R_t$$

- Tasarıma esas eksenel kuvvet ve eğilme momenti, temel tabanında düşey doğrultudaki *temel taşıma gücü* ile karşılanacaktır.
- Tasarıma esas yatay kesme kuvveti, zemin ile temel tabanı arası *sürtünme direnci* ile birlikte temel yan yüzünde oluşan *pasif toprak basıncı*'nın en çok $\%30$ 'u dikkate alınarak karşılanacaktır.
- Statik ve depremi içeren yükleme durumlarına ilişkin *tasarım dayanımı* R_t , *karakteristik dayanım* R_k 'nın *dayanım katsayısı* γ_R 'ye bölünmesi ile bulunacaktır.

$$R_t = R_k / \gamma_R$$

Tablo 16.2. Yüzeysel Temeller İçin Dayanım Katsayıları

Dayanımın Türü	Dayanım Katsayısı Simgesi	Dayanım Katsayısı Değeri
Temel Taşıma Gücü	γ_{Rv}	1.4
Sürtünme Direnci	γ_{Rb}	1.1
Pasif Direnç	γ_{Rp}	1.4

- 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.

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

- Karakteristik taşıma gücü dayanımı olan q_k , aşağıda verilmiş olan genel taşıma gücü eşitliği kullanılarak hesaplanır.

$$q_k = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

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

- Boyutsuz *temel şekli katsayıları*, *derinlik katsayıları*, *yükleme eğikliği katsayıları*, *temel zemini eğimi katsayıları* ve *temel taban eğimi katsayıları* literatüre dayanan ve genel kabul görmüş bağıntılar kullanılarak hesaplanacaktır.
- Yatayda kayma* ile ilgili olarak statik ve depremi içeren yükleme durumlarının her birinde $V_{th} \leq R_{th} + 0.3 R_{pt}$ eşitsizliği sağlanacaktır.
- V_{th} temel tabanında etkiyen *tasarım yatay kuvveti*'ni, R_{th} *tasarım sürtünme direnci*'ni, R_{pt} ise *tasarım pasif direnci*'ni göstermektedir.

- *Tasarım sürtünme direnci* R_{th} drenajlı durumda $R_{th} = \frac{P_{tv} \tan \delta}{\gamma_{RH}}$ ile hesaplanabilir. Burada, P_{tv} temel tabanına etkiyen tasarım düşey basınç kuvvetini, δ ise temel tabanı ile zemin arasındaki sürtünme açısını göstermektedir.

Tablo 16.3. Yüzeysel Temeller ile Zemin Arasındaki Sürtünme Katsayısı

Sürtünme Ara Yüzeyi	$\tan \delta$
Yerinde Dökme Beton – Sıkıştırılmış Temel Taban Zeminini	0.6
Önüretimli Beton – Sıkıştırılmış Temel Taban Zeminini	0.4
Yerinde Dökme Beton – Beton	0.5
Beton – Taban Kayası	0.5

- *Tasarım sürtünme direnci* R_{th} kohezyonlu zeminlerde (drenajsız durumda) $R_{th} = \frac{A_c c_u}{\gamma_{RH}}$ ile hesaplanabilir. A_c , temel altında basınç gerilmelerinin oluştuğu toplam alanı ifade etmektedir.
- *Tasarım pasif direnci* R_{pt} , *karakteristik pasif direnç* R_{pk} 'nın *dayanım katsayısı*'na bölünmesi ile $R_{pt} = \frac{R_{pk}}{\gamma_{RP}}$ hesaplanacaktır.
- Yeraltı su seviyesi altındaki temellerde, depremde tasarım sürtünme direnci *zeminin drenajsız kayma dayanımı* esas alınarak hesaplanacaktır.

Karakteristik pasif direnç R_{pk} 'nın hesap yöntemi belirtilmemiştir. Bu direnç, *statik yükler altındaki zemin direnci olarak kabul edilip*, Rankine formülü yardımı ile hesaplanmıştır.

Tasarım yatay kuvveti, statik ve deprem yüklerinin birlikte ele alınması ile hesaplanır. Yapısal analizden gelen toplam yatay yüke ilave olarak bodrum perde duvarları üzerinde etkiyen zemin basınçları ile statik-eşdeğer dinamik su basınçlarının da hesaplanması gerekmektedir.

Tablo 16.6. Bodrum Perdelerine Etkiyen Statik Zemin Basınçları

Bodrum Perdesinin Dışındaki Zeminin Cinsi	Basıncın Etkilediği Yükseklik	Zemin Basıncı (p)
Kohezyonsuz zemin	Tüm yükseklik boyunca	$0.2(\gamma^* H_b + q)$
Yumuşak – orta katı kohezyonlu zemin	Üst %20 boyunca	$0.2(\gamma^* H_b + q)$
	Alt %80 boyunca	$0.3(\gamma^* H_b + q)$
Katı – sert kohezyonlu zemin	Tüm yükseklik boyunca	$0.3(\gamma^* H_b + q)$

Not: Bodrum perdesi arkasında su olmaması durumunda, $\gamma^* = \gamma$ alınacaktır. Bodrum perdesinin kısmen su altında olması durumunda, su seviyesinin üzerinde $\gamma^* = \gamma$ ve su seviyesinin altında $\gamma^* = (\gamma_s - \gamma_m)$ alınacak, ayrıca su üst seviyesinden itibaren aşağıya doğru zemin basıncına statik su basıncı ($p_m = \gamma_m z$) eklenecektir. Statik su basıncı dışında tüm zemin basınçları düzgün yayılı olarak etki ettirilecektir.

Statik durumda düzgün yayılı olarak uygulanacak zemin basınçları (p) Tablo 16.6' da tanımlanmıştır.

H_b ; bodrum perdesinin toplam yüksekliği,

γ ; zemin doğal birim hacim ağırlığı ve γ_d ; suya doymun birim hacim ağırlık,

q ; sürüşarj basıncı (zeminin üzerinde sonradan yer alabilecek muhtemel yükler göz önüne alınmalıdır.)

z ; su yüzeyinden aşağı doğru ölçülen derinlik.

Doygun kil zeminler için Skempton (1951) şerit bir temelin taşıma gücü için aşağıdaki eşitliği önermiştir.

$$q_u = cN_c + \gamma D_f$$

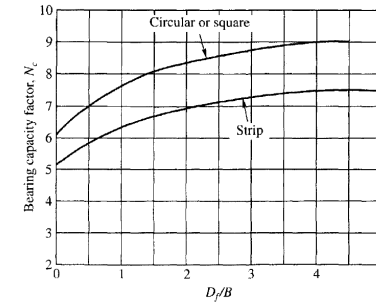
N_c taşıma gücü katsayısının değerlerini şerit, kare ve dairesel temeller için D_f / B 'nin bir fonksiyonu olarak tanımlamıştır. Şerit ve kare temeller için N_c katsayısının alt ve üst sınır değerleri aşağıdaki gibidir.

Type of foundation	Ratio D_f/B	Value of N_c
Strip	0	5.14
	≥ 4	7.5
Square	0	6.2
	≥ 4	9.0

Dikdörtgen bir temel için de aşağıdaki eşitliği önermiştir.

$$N_{c,rectangular} = \left(0.84 + 0.16 \frac{B}{L}\right) N_{c,square}$$

$$q_f = c_u N_c + \gamma D$$



Skempton's bearing capacity factor N_c for clay soils

Suya doymuş kil zemin ($\phi=0$) durumunda; temel alanı $B \times L$ olan dikdörtgen temellerde ($B < L$) Skempton net taşıma gücü değerinin hesaplanması için aşağıdaki eşitlikleri önermiştir.

$$q_{net} = 5 \left(1 + 0.2 \frac{D_f}{B}\right) \left(1 + 0.2 \frac{B}{L}\right) c_u \quad \frac{D_f}{B} < 2.5 \text{ için}$$

$$q_{net} = 7.5 \left(1 + 0.2 \frac{B}{L}\right) c_u \quad \frac{D_f}{B} > 2.5 \text{ için}$$

Taşıma Gücü Yöntemlerinin Karşılaştırılması

- Bir temelin nihai taşıma gücünü bir tahminden öte elde edebilecek bir yöntem (kesin sonuç veren kapalı çözüm) henüz mevcut değildir.
- Literatürde popüler olarak kullanılan yöntemler model temeller üzerinde gerçekleştirilmiş çalışmalar dışında deneysel olarak doğrulanmamıştır.
- Özellikle kum zeminlerde yapılan model deneylerin, tam ölçekli deneyler ile karşılaştırıldıklarında ölçek etkisinin varlığından dolayı güvenilir sonuçlar üretmedikleri görülmüştür.
- Tam ölçekli deneyler ile kıyasladığımızda model deneyler, istatistik olarak az miktarda bir zemin danesine ait tepkiler üretmektedir.
- Model ve prototip temellerdeki etki derinlikleri de önemli derecede farklılıklar gösterir.
- Terzaghi yönteminin diğer yöntemlere göre basit ve kolay anlaşılır olması popülaritesini artırmaktadır.
- En az iki yöntem kullanılarak elde edilen q_u değerlerinin karşılaştırılması iyi bir yaklaşımdır.

Use	Best for
Terzaghi	Very cohesive soils where $D/B \leq 1$ or for a quick estimate of q_{ult} to compare with other methods. <i>Do not use</i> for footings with moments and/or horizontal forces or for tilted bases and/or sloping ground.
Hansen, Meyerhof, Vesic	Any situation that applies, depending on user preference or familiarity with a particular method.
Hansen, Vesic	When base is tilted; when footing is on a slope or when $D/B > 1$.

Comparison of computed theoretical bearing capacities and Milović's and Muh's experimental values*

Bearing-capacity method	Test						
	1	2	3	4	5	6	7
$D = 0.0$ m	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3
$B = 0.5$ m	0.5	0.5	1.0	0.71	0.71	0.71	0.71
$L = 2.0$ m	2.0	2.0	1.0	0.71	0.71	0.71	0.71
$\gamma = 15.69$ kN/m ³	16.38	17.06	17.06	17.65	17.65	17.06	17.06
$\phi = 37^\circ (38.5^\circ)$	35.5(36.25)	38.5(40.75)	38.5	22	25	20	20
$c = 6.37$ kPa	3.92	7.8	7.8	12.75	14.7	9.8	9.8
Milović (tests)	$q_{ult}, \text{ kg/cm}^2 = 4.1$						
Muhs (tests)	$q_{ult} = 10.8 \text{ kg/cm}^2$	12.2	24.2	33.0			
Terzaghi	$q_{ult} = 9.4^*$	9.2	22.9	19.7	4.3*	6.5*	2.5
Meyerhof	8.2*	10.3	26.4	28.4	4.8	7.6	2.3
Hansen	7.2	9.8	23.7*	23.4	5.0	8.0	2.2*
Vesic	8.1	10.4*	25.1	24.7	5.1	8.2	2.3
Balla	14.0	15.3	35.8	33.0*	6.0	9.2	2.6

*After Milovic (1965) but all methods recomputed by author and Vesic added.

Notes:

1. ϕ = triaxial value () = value adjusted as $\phi_{ps} = 1.5\phi_u - 17$ (Eq. 2-57).

2. Values to nearest 0.1.

3. γ, c converted from given units to above values.

4. All values computed using computer program B-31 with subroutines for each method. Values all use ϕ_{ps} for $L/B > 1$.

5. * = best → Terzaghi = 4; Hansen = 2; Vesic and Balla = 1 each.

- Hesaplanan q_u değerleri ölçülen değerler ile karşılaştırıldıklarında hiçbir yöntemin bir diğerine en iyi tahmin anlamında bir üstünlük kuramadığı görülmüştür.
- $L/B > 1.0$ olduğunda ϕ_u yerine ϕ_{ps} 'in kullanımı hesaplanan q_u değerlerini iyileştirmiştir.
- Daire ya da kare temelin altındaki zemin kamasında gerilme durumu üç eksenli duruma, düzlem deformasyon durumundan daha yakındır. Bu yüzden; **sadece, $L/B > 2.0$ olduğunda ϕ_u nin ϕ_{ps} olarak düzenlenmesi tavsiye edilir.**

Doygun Kil Zeminlerde Taşıma Gücü Göçmelerinin Değerlendirilmesi (Bishop and Bjerrum, 1960)

Locality	Clay Properties					Computed Factor of Safety F
	Moisture content w	Liquid limit w_L	Plastic limit w_p	Plasticity index I_p	Liquidity index I_L	
Loading test, Marmorera	10	35	15	20	-0.25	0.92
Kensal Green						1.02
Silo, Transcona	50	110	30	80	0.25	1.09
Kippen	50	70	28	42	0.52	0.95
Screw pile, Lock Ryan						1.05
Screw pile, Newport						1.07
Oil tank, Fredrikstad	45	55	25	30	0.67	1.08
Oil tank A, Shellhaven	70	87	25	62	0.73	1.03
Oil tank B, Shellhaven						1.05
Silo, US	40		20	35	1.37	0.98
Loading test, Moss	9		16	8	1.39	1.10
Loading test, Hagalund	68	55	19	18	1.44	0.93
Loading test, Torp	27	24				0.96
Loading test, Rygge	45	37				0.95

Mühendisler; meydana gelmiş vaka analizlerini değerlendirerek (Transcona Tahıl Ambarı Örneği) ya da birebir boyutlardaki temeller üzerinde yükleme deneyleri yaparak taşıma gücü teorilerinin doğruluklarını değerlendirebilirler.

Bishop ve Bjerrum (1960); doymuş kil zemindeki taşıma gücü göçmelerine ait vaka analizleri ile yükleme deneylerine ait toplam on dört çalışmanın sonuçlarını Tablo 1' de derlemişlerdir.

Her bir durum için gerçek taşıma gücü değeri göz önüne alınarak hesaplanmış olan taşıma gücü değeri ile karşılaştırma yapılmış ve iki değer arasındaki farkın gerçek değerın '10' u mertebelerinde olduğu görülmüştür.

Elde edilen sonuç, taşıma gücü teorilerinin doymuş kil zemin şartlarında son derece başarılı sonuçlar ürettiğini ortaya koymaktadır.

Söz konusu %10 değerindeki hatanın da drenajsız kayma mukavemeti s_u ' nun değerinin belirlenmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Pratikte; s_u ' nun değerindeki belirsizlik %10' dan daha fazladır.

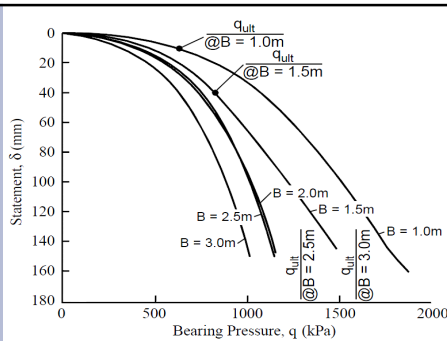


Figure 6.18 Results of static load tests on full-sized spread footings (Adapted from Briaud and Gibbens, 1994).

Eğrilerden de görülmektedir ki; daha büyük boyuttaki temellerin tasarımı taşıma gücü değerinden ziyade oturmaya göre yapılmalıdır.

Küçük boyutlu temelerde ise tasarımdaki kriter hesaplanan taşıma gücü değeri olmalıdır.

Çünkü; her iki durum için de muhafazakar şartlar belirtildiği şekildedir.

Briaud ve Gibben (1994); siltli ince kum zemin üzerinde yer alan beş adet tekil temel üzerinde statik yükleme deneyleri yapmışlardır.

Bu temeller için hesaplanan taşıma gücü değerleri de 800 kPa ile 1400 kPa aralığında değerler almaktadır.

Küçük boyutlu temellerin, hesaplanan taşıma gücü değerlerinin iki katı değerindeki yük değerlerinde ve 150 mm' lik bir oturma değerinde dahi göçme durumuna yaklaştıklarını hissettiren bir davranışları yoktur.

Daha büyük boyuttaki temellerin hesaplanan nihai taşıma gücü değerlerine yakın bir göçme yükü değerine ulaşabilecekleri söylenebilir ancak bu değere ulaşabilmeleri için de 150 mm' lik deplasmandan daha büyük deplasman yapması gerektiği de açıktır.

Kumlar üzerinde, özellikle B ($B > 1.50$ m için) arttıkça yenilmeye ulaşmak zordur. Çok büyük oturmalar gereklidir.

Her kil hem de kum zeminler ile ilgili olarak elde edilen sonuçlar taşıma gücü teorilerinin yüzeysel temellerin tasarımında oldukça güvenli ve uygun olduğunu ortaya koymaktadır.

Taşıma gücü teorilerinde kullanılan zemin mukavemet parametreleri ve birim hacim ağırlık değerlerinin doğru ve güvenilir olarak elde edildikleri kabul edildiğinde hesaplanan nihai taşıma gücü değeri (q_u)ya doğru sonuçtur ya da muhafazakar bir değerdir.

Bu sonuçtan hareketle; tasarımlarda kullanılan güvenlik katsayılarının da analizlerdeki belirsizlikleri kapsayacak yeterli büyüklükte oldukları söylenebilir.

SORULAR?????

