



YÜZEYSEL TEMEL İÇİN TAŞIMA GÜCÜ VE KAYMA HESABI TBDY (2018)

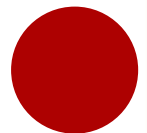
DOÇ. DR. ERDAL UNCUOĞLU
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
2020



- Deprem yüklerinin hesabı zemin emniyet gerilmesi ya da diğer bir ifade ile emniyetli zemin taşıma gücü değerinden bağımsız olup yapı kütlesi, spektral ivme değerleri ve yerel zemin grubu ile ilişkili olarak hesaplanmaktadır. Zemin-yapı etkileşimli bir model kullanılması durumunda deprem yükü hesabına esas verilere ilave olarak yatak katsayısı değeri de gerekli olabilir.
- Temel basınç dağılımı hesaplarında G+Q yüklemesi kullanılır. Bununla birlikte; artırılmış yükleme olan 1.4G+1.6Q temel taban basınç dağılımları için kullanılmaz. Zeminde oluşan gerilmelere G+Q yüklemesine göre bakılır ancak, temel kirişi, radye kesitleri vb. tasarımlar için de 1.4G+1.6Q yükleme kombinasyonu kullanılır. Eğer G+Q yüklemesi sonucu oluşan taban basıncı değerleri zemin taşıma gücünün altında ise depremli durum kontrollerine geçebilirsiniz. Aksi durumda depremli durum kontrolü yapmanın da bir anlamı olmaz.

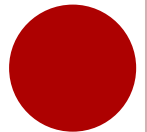
2007 deprem yönetmeliği

- Zemin Emniyet Gerilmeleri ve Kazıkların Emniyetli Taşıma Yükleri 6.3.2.1 - Temel zemini olarak Tablo 6.1'de (A), (B) ve (C) gruplarına giren zeminlerde, statik yüklere göre tanımlanan zemin emniyet gerilmesi ve kazıklı temellerde kazığın yatay ve eksenel yükler için emniyetli taşıma yükü, deprem durumunda en fazla %50 arttırılabilir. 6.3.2.2 - Temel zemini olarak Tablo 6.1'de (D) grubuna giren zeminlerde, deprem durumunda zemin emniyet gerilmesi ve kazıkların emniyetli taşıma yükü arttırılamaz.
- G + Q yüklemesi durumunda $q_{\text{zemin}} \leq q_{\text{zemin emniyet}}$
G + Q + E yüklemesi durumunda $q_{\text{zemin}} \leq 1.50 q_{\text{zemin emniyet}}$



Alüvyon zeminler üzerinde oturmaların sınırlandırılması ve deprem sırasında temel davranışının düzgün olması amacı ile, kazıklar gerekli görülmez ise, radye temel genel bir çözüm olarak önerilmektedir.

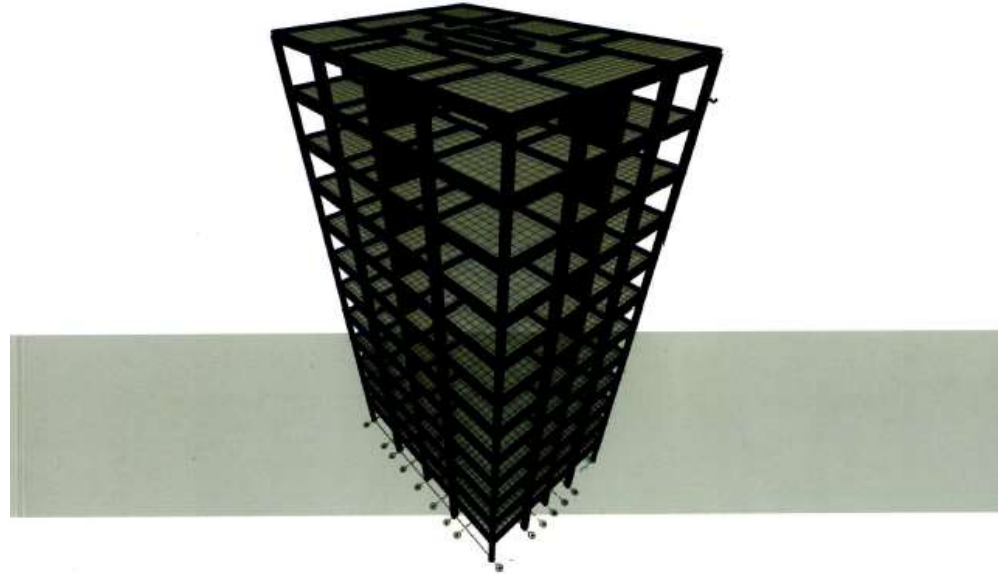
Temelin yük aktardığı kohezyonsuz granüler (kum veya çakıl) zeminlerde sıvılaşma veya aşırı boşluk suyu basıncı artışı sorunu görülmemesi durumunda, zeminin efektif kayma direnci açısı (ϕ') radye temeller için nispeten yüksek taşıma gücü sağlayabilmektedir. Diğer taraftan, kohezyonlu ince daneli zeminlerde mevcut drenajsız kayma dayanımı (c_u) radye temelin taşıma gücü ve kayma dayanımını kritik hale getirmektedir. Bu nedenle, orta katı kil birimler üzerinde imalatı yapılacak radye temel için taşıma gücü ve kayma hesabı bu örnekle açıklanmıştır.



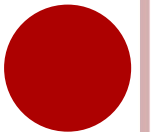
T.C. İÇİŞLERİ BAKANLIĞI
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

AFAD

**TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ
ÖRNEKLER KİTABI**

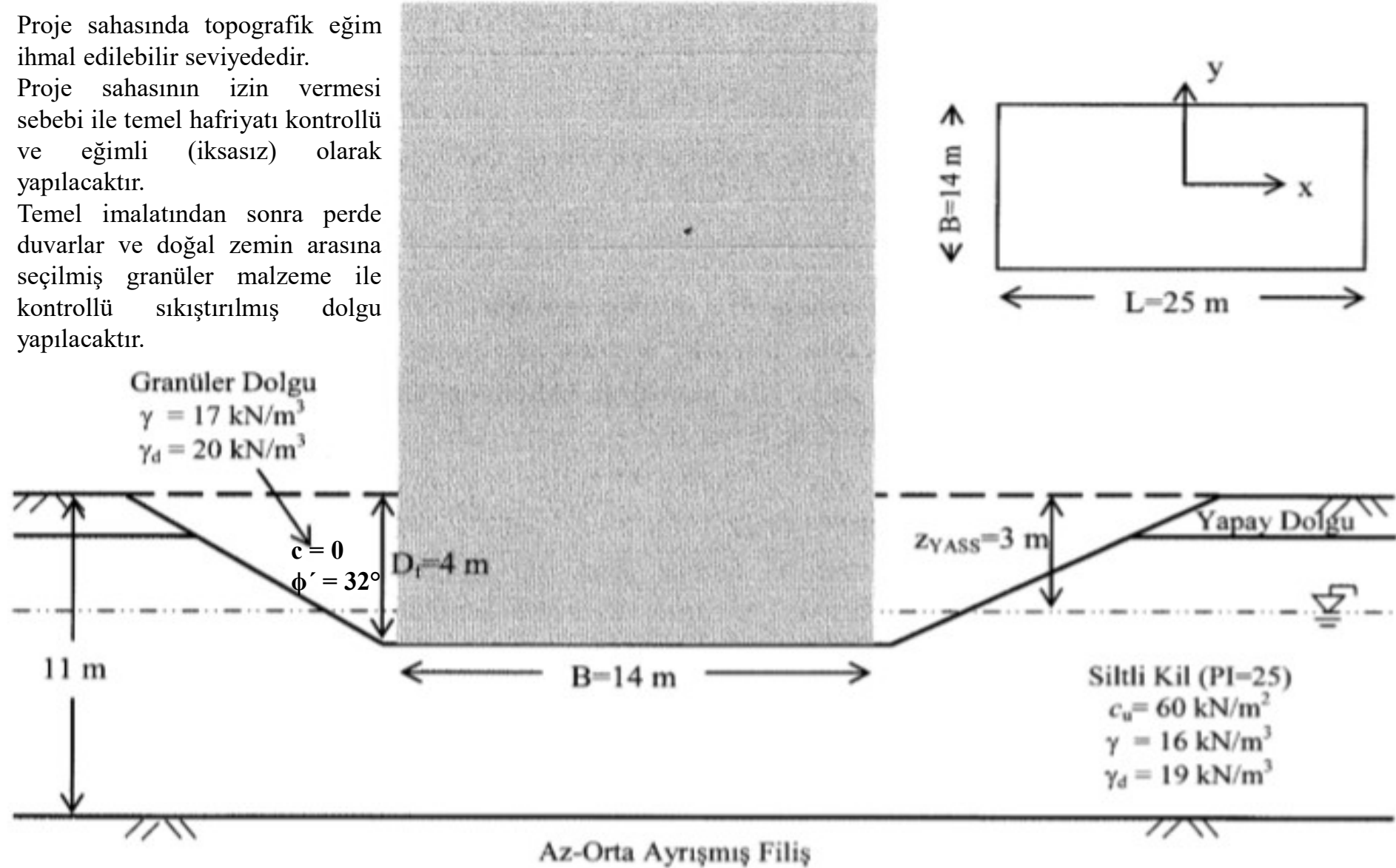


2018, ANKARA



Probleme Ait Veriler

- Proje sahasında topografik eğim ihmal edilebilir seviyededir.
- Proje sahasının izin vermesi sebebi ile temel hafriyatı kontrollü ve eğimli (ihsasız) olarak yapılacaktır.
- Temel imalatından sonra perde duvarlar ve doğal zemin arasına seçilmiş granüler malzeme ile kontrollü sıkıştırılmış dolgu yapılacaktır.



Radye temele etki eden yapısal tasarım yüklerinin toplamı belirlenerek temel taşıma gücü ve kayma hesaplarında kullanılacak en kritik statik ve deprem yükü bileşenleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

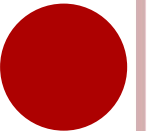
Söz konusu inşaat sahası için tasarım spektral ivme katsayısı $S_{DS} = 0.75$ olarak belirlenmiştir.

Yük bileşenleri**	$F_X(kN)$	$F_Y(kN)$	$F_Z(kN)$	M_X ($kN \cdot m/m$)	M_Y ($kN \cdot m/m$)
1	1139	4283	45306	86256	124531
2	1151	4292	36626	80184	104456

F_X ve F_Y yatay kuvvetleri, F_Z düşey yükü, M_X ve M_Y yatay akslar çevresindeki momentleri göstermektedir.

** $1 = G + Q + 0.2S + E_d^{(x)} + 0.3 E_d^{(y)}$

$2 = 0.9 G + E_d^{(x)} + 0.3 E_d^{(y)}$



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 **Denk.(16.4)**'te verilen genel ifade ile sağlanacaktır:

$$E_t \leq R_t \quad (16.4)$$

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.

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.

$$R_t = R_k / \gamma_R$$

Dayanım katsayısı'nın değerleri temel türüne ve hesaplanan dayanım bileşenine göre **16.8.2 (Tablo 16.2)** ve **16.9.3 (Tablo 16.4)**'te verilmiştir.

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_{Rh}	1.1
Pasif Direnç	γ_{Rp}	1.4

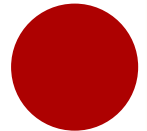
16.8.1.1 – Yüzeysel temellerin taşıma gücü ve yatayda kaymaya karşı gelen tasarım dayanımları hesaplanarak, statik ve depremi içeren yükleme durumlarındaki tasarım etkilerini karşıladığı gösterilecektir.

16.8.3.1 – Statik ve deprem etkisini içeren yükleme durumlarının her birinde **Denk.(16.6)**'daki eşitsizlik sağlanacaktır:

$$q_o \leq q_t \quad (16.6)$$

Burada q_o 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 **Denk.(16.7)** ile tanımlanır:

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



16.8.4. Yüzeysel Temellerin Yatayda Kayması

Burada, P_{tv} temel tabanına etkiyen tasarım düşey basınç kuvvetini, δ ise temel tabanı ile zemin arasındaki sürtünme açısını göstermektedir.

16.8.4.3 – Sürtünme katsayısı $\tan \delta$, saha deneyleri ile aksi belirlenmedikçe, Tablo 16.3'te verilen değerlerden daha büyük alınmayacaktır.

Tablo 16.3. Yüzeysel Temeller ile Zemin Arasındaki Sürtünme Katsayısı

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

Bu örnekte de olduğu gibi hem x hemde y doğrultusunda yatay kuvvet etkisi bulunuyor ise taşıma gücü formülündeki yük eğim katsayısı hesaplanırken F_x ve F_y kuvvetlerinin vektörel bileşeni kullanılır. Bu durumda;

$$B' = B - 2e_x = B - 2M_x/F_z$$

ve

$$L' = L - 2e_y = L - 2M_y/F_z$$

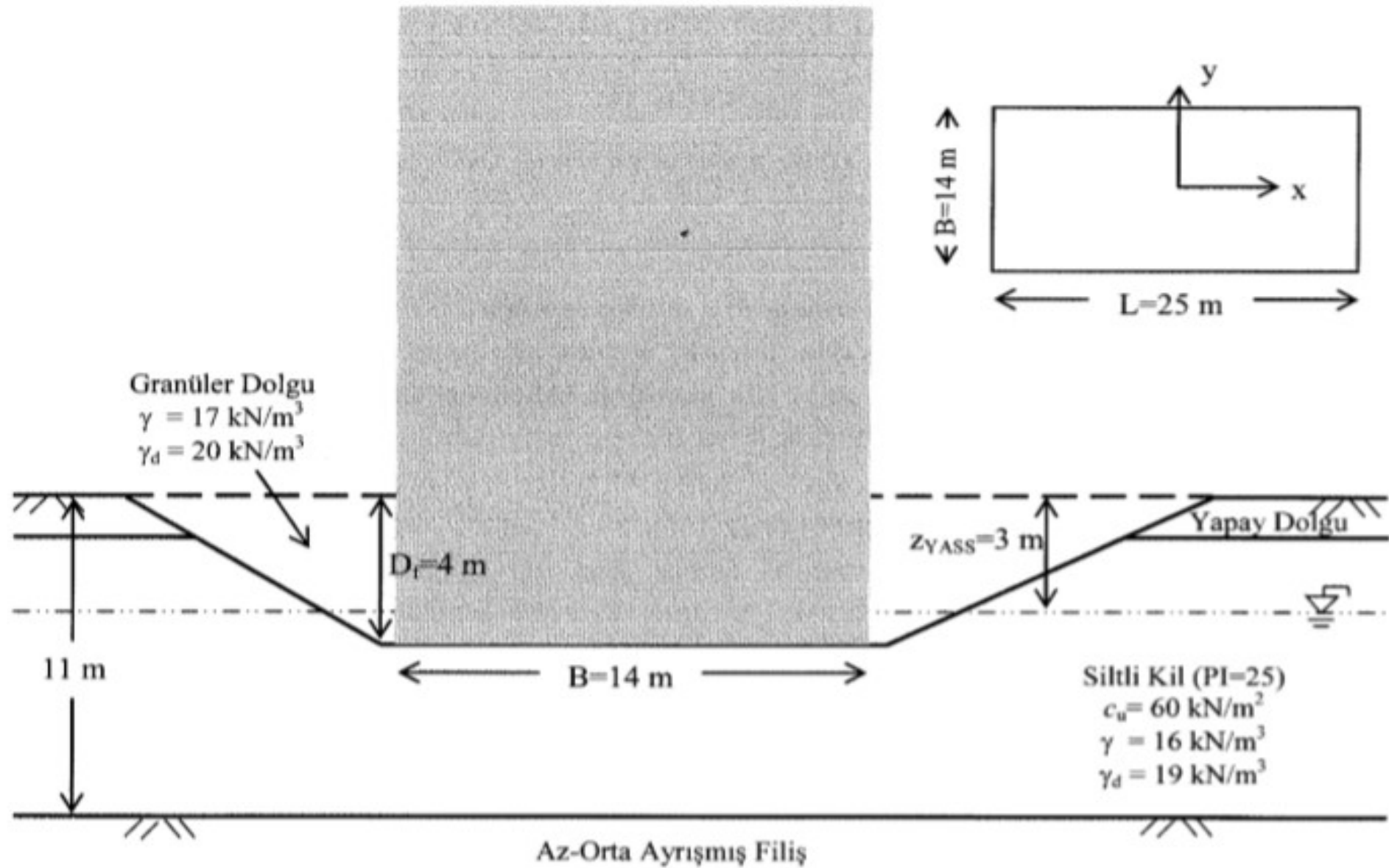
$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

ve

$$\theta = \tan^{-1}(F/V)$$

olur.

Eksantrik yükleme durumunda, temel taban basıncı, düşey yükün etkin (efektif) temel alanına bölünerek elde edilir.



16.8.3.2 – Temel taşıma gücünün karakteristik dayanımı q_k Denk.(16.8) ile hesaplanacaktır.

$$q_k = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma \quad (16.8a)$$

Denk.(16.8a)'da yer alan taşıma gücü katsayıları **Denk.(16.8b)**'de tanımlanmıştır:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2(45 + \phi'/2) \quad ; \quad N_c = (N_q - 1) \cot \phi' \quad ; \quad N_\gamma = 2 (N_q - 1) \tan \phi' \quad (16.8b)$$

Denk.(16.8a)'da boyutsuz düzeltme katsayıları olarak yer alan temel şekli katsayıları s_c, s_q, s_γ ; derinlik katsayıları d_c, d_q, d_γ ; yükleme eğikliği katsayıları i_c, i_q, i_γ ; temel zemini eğimi katsayıları g_c, g_q, g_γ ve temel taban eğimi katsayıları b_c, b_q, b_γ literatüre dayanan ve genel kabul görmüş bağıntılar kullanılarak hesaplanacaktır.

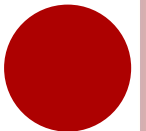
TBDY 16.8.3.2'ye göre **TBDY Denklem 16.8** ile temel taşıma gücünün *karakteristik dayanımı* q_k hesaplanmalıdır. **TBDY 16.3.2**'e göre, kohezyonlu zeminlerde toplam gerilme analizleri için drenajsız kayma mukavemeti kullanılacaktır. Bu sebeple, toplam gerilme analizi için **TBDY Denklem 16.8** $c=c_u$ ve $\phi'=0$ kabulü ile hesap için sadeleştirilebilir. $\phi'=0$ için taşıma gücü katsayıları **TBDY Denklem 16.8b** ile hesaplanır:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \cdot \tan^2(45^\circ + \phi'/2) = 1$$

$$N_\gamma = 2 (N_q - 1) \tan \phi' = 0$$

$$N_c = 2 (N_q - 1) \tan \phi' = \pi + 2 = 5.14 \quad (\phi' \rightarrow 0 \text{ için limit değeri})$$

$$q \cong D_f \cdot \gamma = 4.00 \cdot 16 = 64.00 \text{ kN/m}^2$$



Dışmerkezli düşey yükün tesirinin ($M_X > 0$, $M_Y > 0$) hesaplara yansıtılabilmesi için, dışmerkezliğin sebep olduğu etkin temel genişliği (B') ve temel uzunluğundaki (L') azalma hesaplanmalıdır. Meyerhof (1953) yaklaşımına göre,

$$B' = B - 2e_X = B - 2 M_X / F_Z = 14.0 - 86256 / 45306 = 12.10 \text{ m}$$

$$L' = L - 2e_Y = L - 2 M_Y / F_Z = 25.0 - 124531 / 45306 = 22.25 \text{ m}$$

$$s_c = 1 + (B/L) \cdot (N_q / N_c) = 1.105 \quad (B = B', L = L')$$

$$s_q = 1 + (B/L) \cdot \tan\phi = 1.000 \quad (\phi = \phi' = 0)$$

$$d_c = 1 + 0.4 (D_f / B) = 1.127 \quad (D_f = 4.00 \text{ m, temel derinliği})$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan\phi \cdot (1 - \sin\phi)^2 \cdot (D_f / B) = 1.000$$

$$i_c = i_q = (1 - \beta/90^\circ)^2 = 1.00$$

Yukarıda, β yükleme eğikliğidir yatay yükün düşeye oranından hesaplanır. Hesapta, F_X ve F_Y 'nin vektörel bileşeni kullanılarak,

$$\beta = \text{atan}(\sqrt{F_X^2 + F_Y^2} / F_Z) = \text{atan}(\sqrt{1139^2 + 4283^2} / 45306) = 5.59^\circ$$

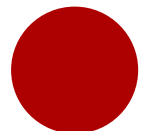
sonucunda

$$i_c = i_q = (1 - \beta/90^\circ)^2 = 0.880$$



Table 3.4 Shape, Depth and Inclination Factors (DeBeer (1970); Hansen (1970); Meyerhof (1963); Meyerhof and Hanna (1981))

Factor	Relationship	Reference
Shape	$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right)\left(\frac{N_q}{N_c}\right)$ $F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right)\tan \phi'$ $F_{\gamma s} = 1 - 0.4\left(\frac{B}{L}\right)$	DeBeer (1970)
Depth	$\frac{D_f}{B} \leq 1$ For $\phi = 0$: $F_{cd} = 1 + 0.4\left(\frac{D_f}{B}\right)$ $F_{qd} = 1$ $F_{\gamma d} = 1$ For $\phi' > 0$: $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \left(\frac{D_f}{B}\right)$ $F_{\gamma d} = 1$ $\frac{D_f}{B} > 1$ For $\phi = 0$: $F_{cd} = 1 + 0.4 \underbrace{\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)}_{\text{radians}}$ $F_{qd} = 1$ $F_{\gamma d} = 1$ For $\phi' > 0$: $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi'}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi' (1 - \sin \phi')^2 \underbrace{\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)}_{\text{radians}}$ $F_{\gamma d} = 1$	Hansen (1970)
Inclination	$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^2}{90^\circ}\right)^2$ $F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'}\right)$ β = inclination of the load on the foundation with respect to the vertical	Meyerhof (1963); Hanna and Meyerhof (1981)



Hesaplanmıştır. Temel zeminlerinin yaklaşık olarak yatay yönde tabakalanması ve sahada topoğrafik eğim bulunmaması nedeniyle

$$g_c = g_q = 1$$

ve temel tabanının yatay olması nedeniyle

$$b_c = b_q = 1$$

bulunur. Yukarıdaki boyutsuz *düzeltilme katsayılarının* denklem (1) ile kullanılması durumunda

$$q_k = 394 \text{ kN/m}^2$$

$$q_t = q_k / \gamma_{Rv} = 394/1.4 = 281 \text{ kN/m}^2$$

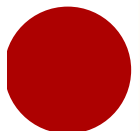
Temel taban basıncı, düşey yükün etkin temel alanına (A_c :basınç gerilmelerinin oluşturduğu toplam alana, bkz. Das, 1999) bölünerek bulunur:

$$A_c = B' \cdot L' = 12.10 \cdot 22.25 = 269 \text{ m}^2$$

$$q_o = F_Z / A_c = 45306 / 269 = 169 \text{ kN/m}^2$$

Bu sonuçlar, **TBDY Denklem 16.6**'da verilen eşitsizlik ile mukayese edildiğinde, temelin taşıma gücünün yeterli olduğu sonucuna varılır:

$$q_o \leq q_t \quad \checkmark$$



16C.3 KAYMA DAYANIMI

Hesaplarda en yüksek yük eğikliğinin (F_X / F_Z veya F_Y / F_Z) olduğu ikinci yük bileşeni (Tablo 16.C1) dikkate alınmıştır. Bu bileşene ayrıca *yatay zemin itkisi* (**TBDY Denklem 4.12**) eklenmelidir. **TBDY 16.8.4.4**'e göre kohezyonlu zeminlerde *tasarım sürtünme direnci*

$$R_{TH} = A_c \cdot c_u / \gamma_{Rh} = 269 \cdot 60 / 1.1 = 14672 \text{ kN}$$

olarak hesaplanmıştır. Karakteristik pasif direnç R_{pk} 'nın hesap yöntemi belirtilmemiştir. Bu direncin, statik yükler altında zemin direnci olduğu kabul edilerek, basit hesabı için Rankine formülü kullanılabilir. Granüler dolgu olarak serilecek zeminin özellikleri göz önüne alınarak, hesapları için $\phi' = 32^\circ$ kN/m^2 değeri seçilirse, pasif direnç katsayısı

Tasarım yatay kuvveti, statik ve deprem yüklerinin birlikte ele alınması ile hesaplanır. Yapısal analizden gelen toplam yatay yük dikkate alınırken, her iki yönün ayrı ayrı ele alınması yeterlidir. Burada hesaplar en yüksek yük eğikliği yönünde (F_Y / F_Z) gösterilmiştir. **TBDY 16.8.4.1** bu değerlendirmenin statik ve deprem yüklerini içeren her yükleme durumunda incelenmesini talep etmektedir.

TBDY Denklem 4.12 ile tanımlanan yük bileşeni için dikkate alınarak *tasarım yatay kuvveti*

$$V_{th} = F_Y + H = 4292 + 3403 = 7695 \text{ kN}$$

Son olarak, temelin yatayda kayma tetkiki için **TBDY Denklem 16.9** eşitsizliği değerlendirilir ise

$$V_{th} \leq R_{th} + 0.3R_{pt}$$

