

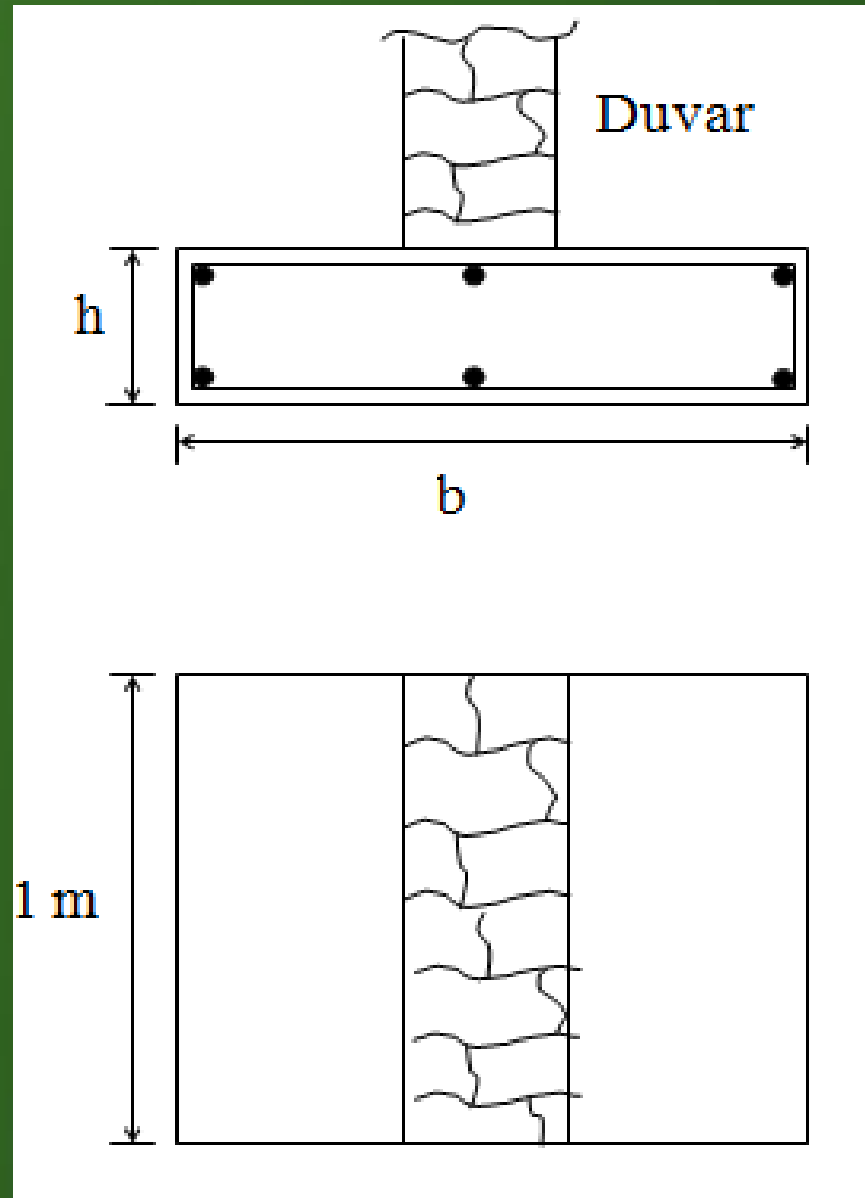
BETONARME TEMELLER

Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR

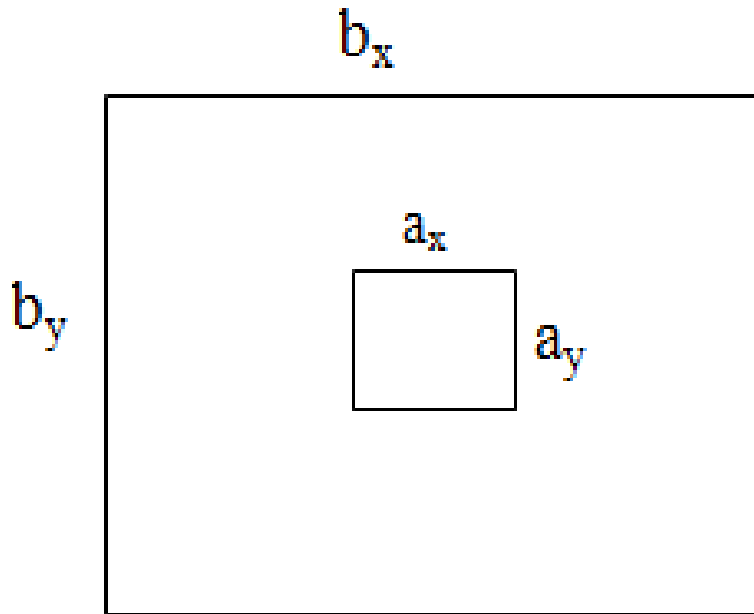
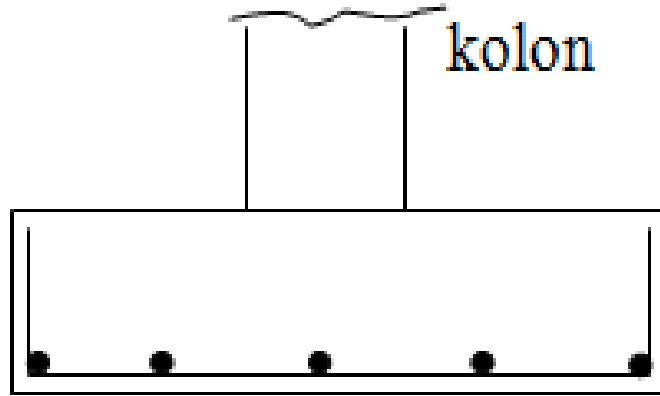
BETONARME TEMELLER

Bir yapıya etkiyen tüm yüklerin güvenle zemine aktarılması gerekmektedir. Duvar, perde ve kolon gibi elemanlardan gelen yükleri zemine aktarmak amacıyla oluşturulan elemanlara **temel** adı verilir.

Temel oluşturulurken, zeminin taşıma gücü ölçü alınarak güvenli bir zemin gerilmesinin aşılmamasına özen gösterilir. Temellerin tasarımında zeminin taşıma gücü tek kriter değildir. Temeller yapıya zararlı olabilecek oturmalara neden olmayacak şekilde düzenlenmeli ve boyutlandırılmalıdır. Zeminin taşıma gücü genelde üst yapıyı oluşturan malzemeninkinden daha düşük olduğundan, temelin zeminle temas eden yüzeyi, yapının kolon, perde ve duvar gibi taşıyıcı elemanlarına oranla daha büyük olmalıdır.



“ Duvar altı temelleri ” taşıyıcı duvar yükünü zemine güvenli bir biçimde aktarmak amacıyla oluşturulan beton elemanlardır. Bunlar genelde donatısız beton gibi hesaplanır, ancak oluşabilecek çökme ve oturmalar dikkate alınarak bir miktar etriye ve boyuna donatı bulundurulur.

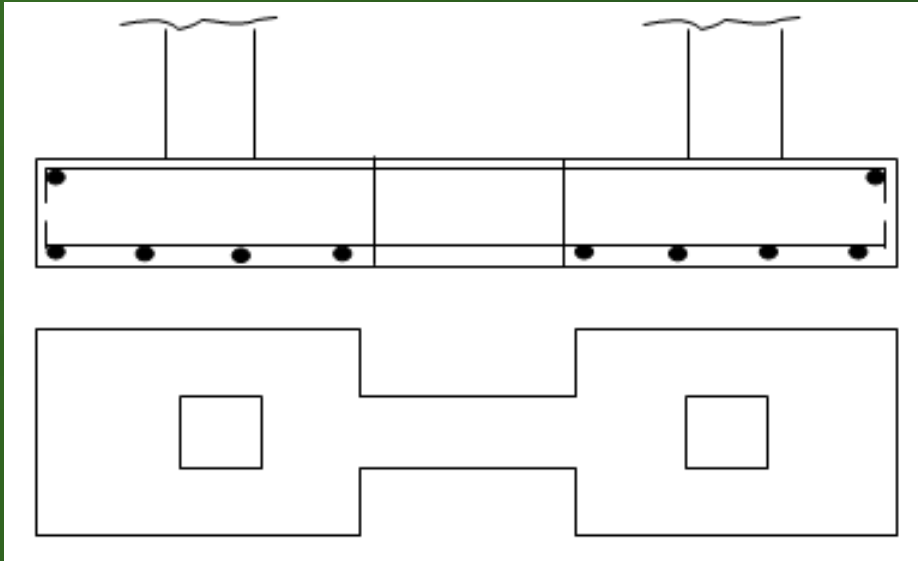


Düşey taşıyıcı elemanları kolon olan yapılarda, yüklerin görece olarak hafif ve/veya kolon aralıklarının büyük olduğu ve zeminin çok zayıf olmadığı durumlarda tekli temeller oluşturulur.

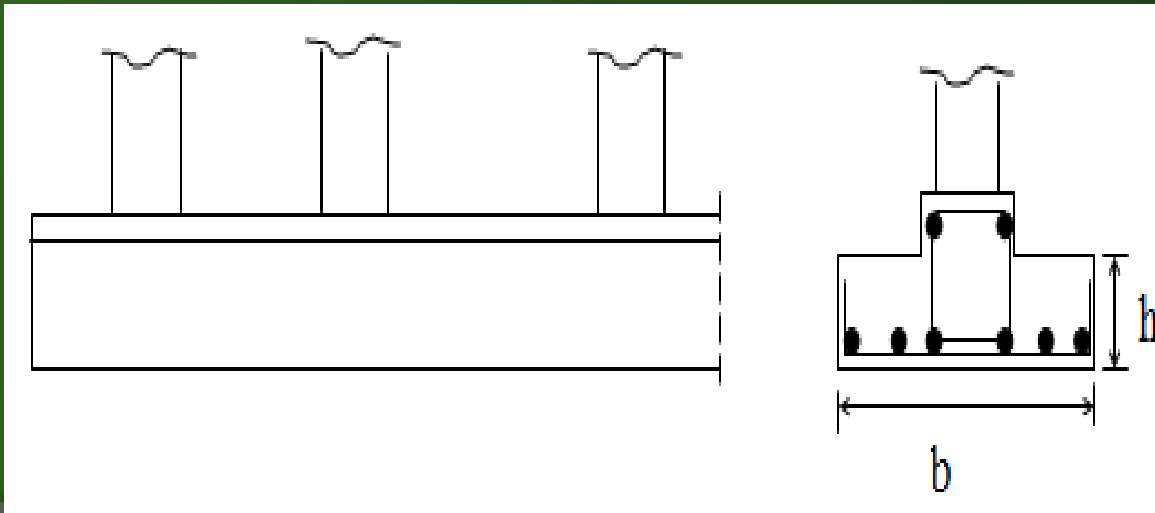
Deprem bölgelerinde tekli temeller her iki doğrultuda bağ kirişleri ile birbirine bağlanmalıdır.

Kolon yüklerinin büyük olduğu ve/veya zeminin zayıf

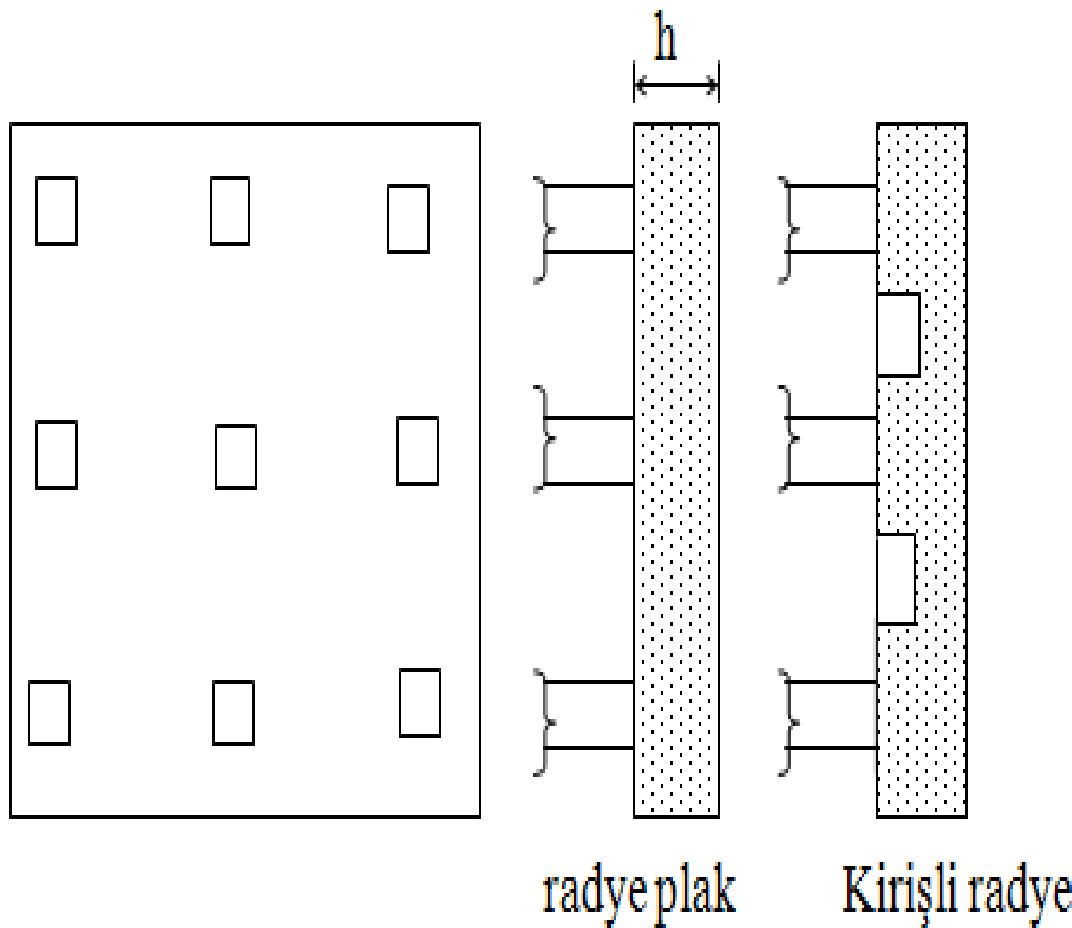
olduğu ve/veya iki kolonun yakın olduğu durumda;



Yüklerin büyük, kolonların birbirine yakın olduğu durumlarda kolon temelleri birleştirilerek sürekli temel oluşturulur.



Sürekli temel zeminin çok heterojen olduğu ve farklı oturma olasılığı yüksek olduğu durumlarda iyi bir çözümdür.



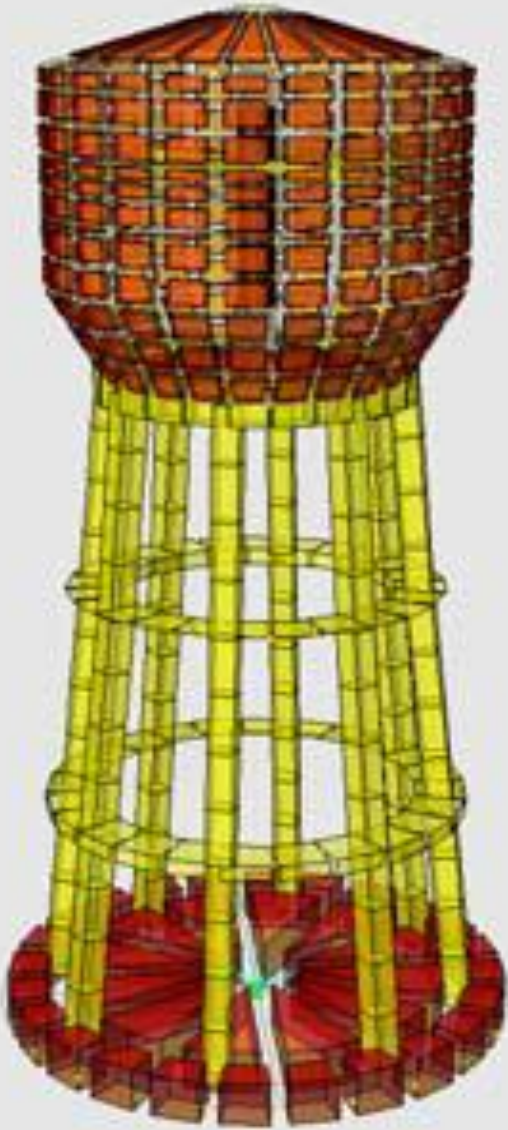
Zeminin çok zayıf olduğu veya yapıdan gelen yüklerin büyük olduğu ve zeminin çok değişim gösterdiği durumlarda, daha geniş bir alan elde etmek için ve farklı oturmaları önlemek için radye oluşturulur.

Radye kalın bir plaktan veya iki doğrultuda uzanan kirişlerden oluşur.

ZEMİNLE İLGİLİ VARSAYIMLAR

* Temel hesabı yapılırken zeminin idealleştirilerek modellenmesi gerekir. Bu tür modellemenin en kapsamlı ve karmaşığı yapı ve zemini birlikte ele alan, yapı-zemin etkileşim modelidir.

* Diğer bir yöntem, zeminin elastik yaylarla temsil edilmesi, çözümün elastik zemine oturan kiriş ve plak teorisi ile çözümüleme yöntemidir. Bu yöntemde yay sabiti olarak zeminin yatak katsayısı kullanılacağından, önce bu katsayının hesaplanması gerekir. Bu katsayı deneysel verilere dayandırılmalıdır. Bu yaklaşım sürekli kolon temelleri ve radyeler için uygulanmaktadır.



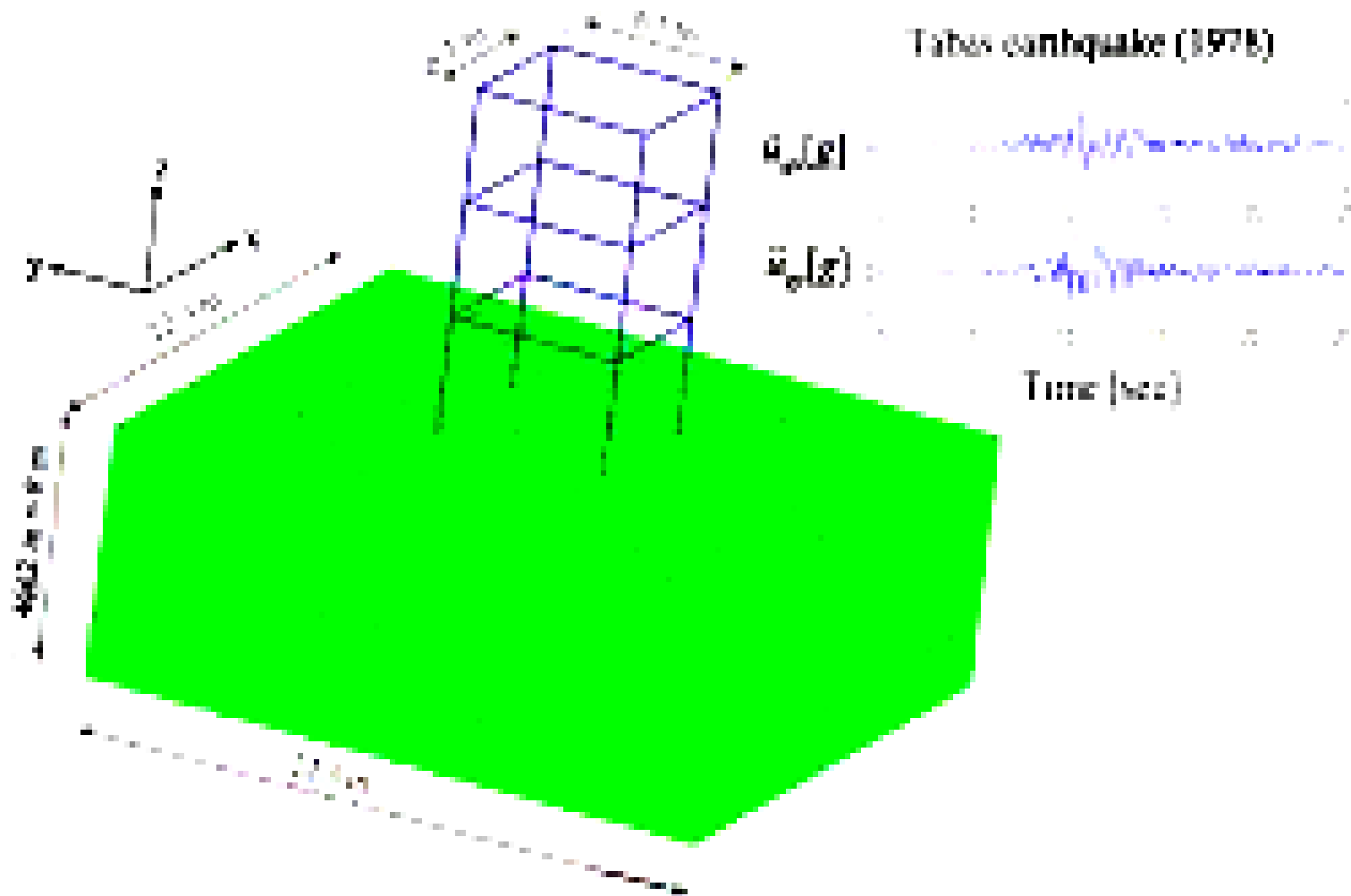
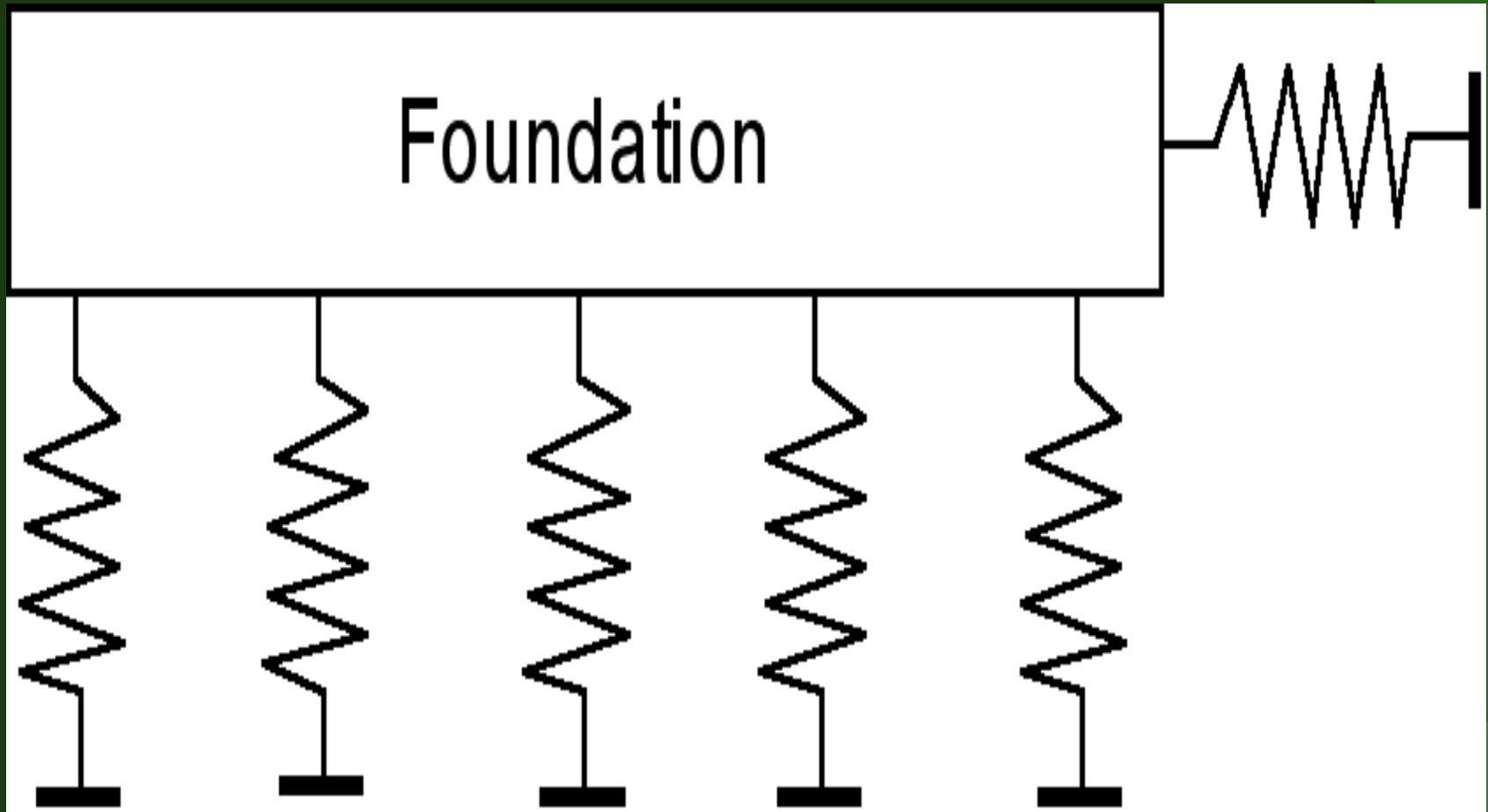
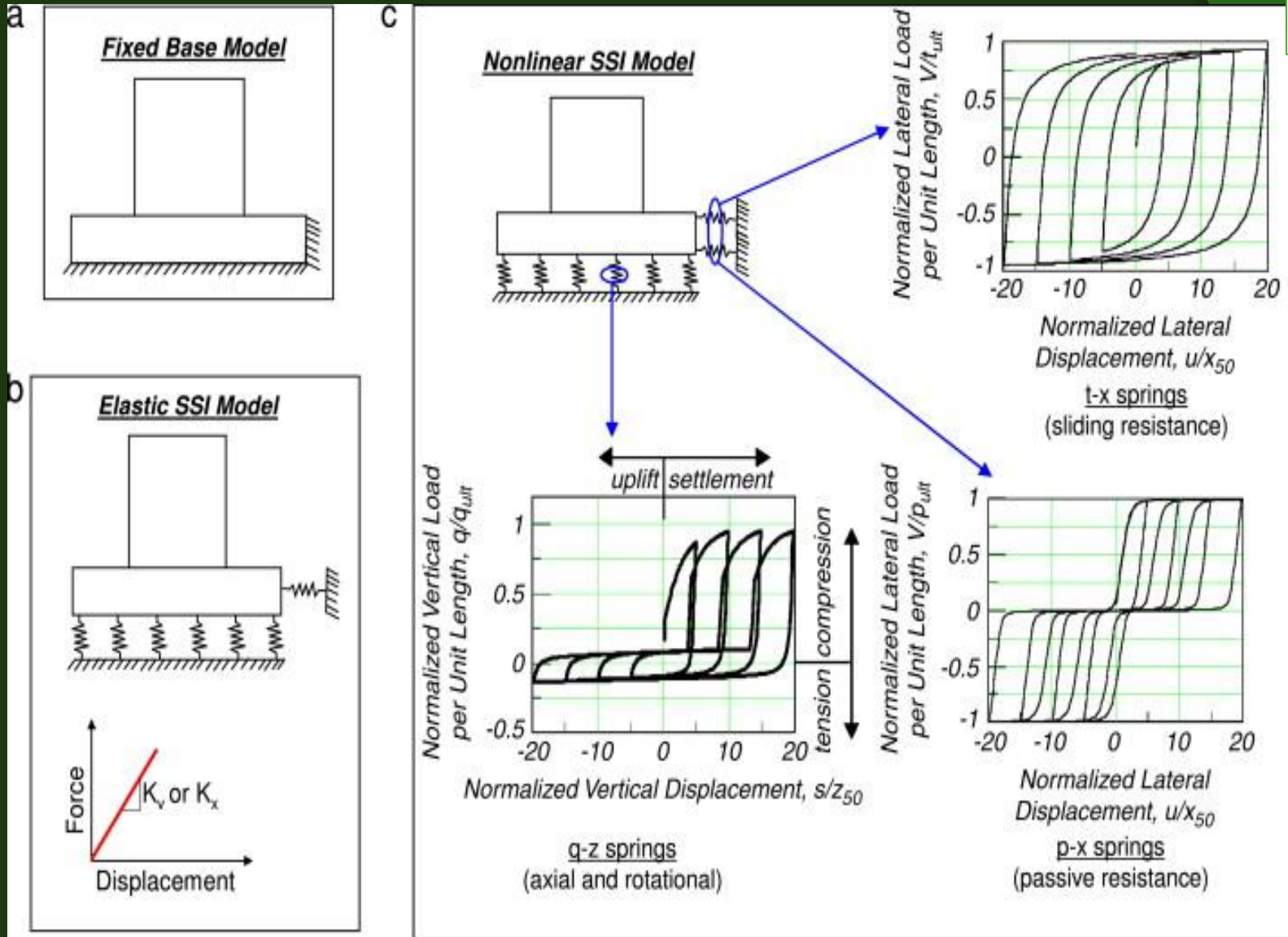


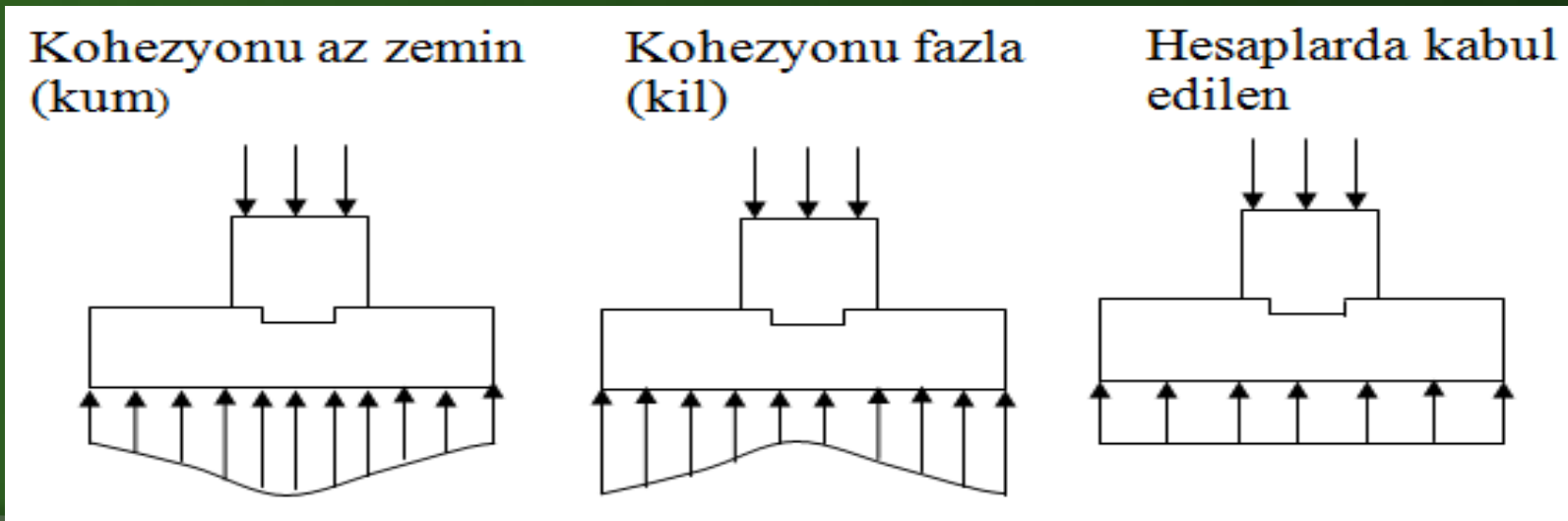
Figure 1 - 3D Soil foundation-structure interaction system benchmark model for sensitivity analysis.





* Temel hesabında oldukça yaygın olarak kullanılan yöntem, temel altındaki zemin gerilme dağılımı ile ilgili bir varsayım yapmaktır. Bu varsayım oldukça basittir. Genelde gerilme dağılımının düzgün yayılı olduğu, eksantrik yükleme altında ise doğrusal değiştiği kabul edilir. Bu kabul tam doğru değildir.

Tekli kolon temelinin altındaki zemin yaylar ile temsil edildiğinde, oluşacak gerilme dağılımı genelde düzgün yayılı değildir.



Hesapta Kullanılacak Zemin Gerilmesi:

Zemin emniyet gerilmesi yapılan deney ve etütler sonucu bulunan dayanımın belirli bir güvenlik katsayısına bölünmesi ile elde edilmektedir (3-4 mertebesinde). Emniyet gerilmeleri yönteminde yapıya etkiyen yükler aynen alınırken taşıma gücü yönteminde yükler yük katsayıları ile çarpılmaktadır. Yani kolon ve perdeler gelen ve temele aktarılan yükler yük katsayıları ile çarpılmış olduğundan, zemin emniyet gerilmesinin de belli bir katsayı ile çarpılarak “ zemin dayanımı ” ile hesaplara katılması gerekir.

En basit yaklaşım, bu katsayının 1.4 ve 1.6 nın ortalaması olan 1.5 olarak yapılandır.

Katsayı ile çarpılarak elde edilen zemin dayanımı hesaplarda esas alınmalıdır. Ancak temel ağırlığı da yapıdan gelen yükün oluşturduğu zemin gerilmelerini arttıracaktır. Bu durumda bu ek gerilmeler dikkate alınarak zemin dayanımı azaltılmalıdır. Ancak temelin ağırlığı nedeni ile oluşan bu ek gerilmelerin, birim beton ve zemin ağırlıkları arasındaki fark kadar olacağı unutulmamalıdır. Bu fark yaklaşık **1.2 t/m³** kabul edilirse ve yük katsayısı **1.5** alınırsa;

Zemin dayanımı **1.2*1.5*temel kalınlığı** kadar azaltılması gerekir. Bu dayanım net zemin dayanımı olarak adlandırılacak f_{zu} ve bulunan gerçek zemin gerilmesi bu değer ile karşılaştırılacaktır.

$$f_{zn} = f_{zu} - 18 h \quad f_{zu} = \sigma_{zem} * 1.5$$

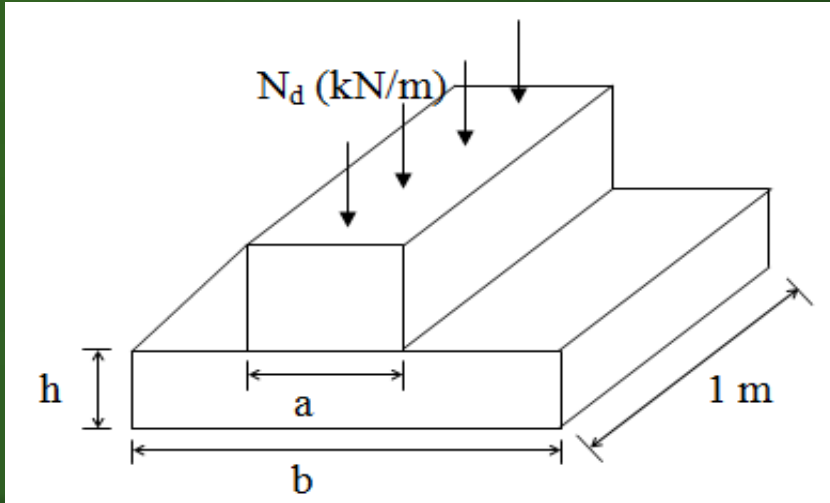
Kolon veya perdelerden gelen yük etkilerinin (yük katsayıları ile çarpılmış) oluşturacağı en büyük zemin gerilmesi σ_z ile gösterilirse;

$$\sigma_z \leq f_{zn}$$

DUVAR ALTI TEMELLERİ

Duvar altı temelleri genelde

yığma kâgir yapılarda taşıyıcı duvar altlarında kullanılır. Boyutlandırma yapılırken, temel altında oluşan ve düzgün yayılı olduğu varsayılan zemin gerilmesinin “ net zemin dayanımını “ aşmaması gerekir.



Genelde duvar eksenine

dik yönde donatı bulundurulmadığından, zemin gerilmeleri altında birer konsol gibi çalışan temel çıkıntılarında oluşacak çekme gerilmelerinin, betonun eğilme çekme dayanımını aşmaması gerekir (f_{ctf}). Bu tür temellerde eğilme yönünde etriye bulunmadığından, kesme kuvvetinin de eğik çatlama dayanımının altında kalmasına dikkat edilir.

Duvar temelleri duvar boyunca devam ettiğinden ve uygulanan yük genelde uzunluk boyunca sabit olduğundan, hesaplar 1 m. lik boy esas alınarak yapılır.

Hesap Adımları:

1) N_d hesaplanır.

2) Yaklaşık olarak temel genişliği hesaplanır. (Kalınlık henüz bilinmediğinden zemin dayanımı olarak f_{zu} kullanılır).

$$b \geq \frac{N_d}{f_{zu} (1.0)} \geq a + 10 \text{ cm}$$

Burada f_{zu} kullanıldığından temel genişliğinin hesaplanandan biraz büyük seçilmesi gerekir.

3) Seçilen (b) ye göre zemin gerilmesi hesaplanır.

$$\sigma_z = \frac{N_d}{b (1.0)}$$

4) Bir temel kalınlığı seçilir. (TS 500'e göre kalınlık 20 cm'den

Deprem Yönetmeliğine göre 30 cm den az olamaz).

5) Net zemin dayanımı f_{zn} hesaplanır.

$$f_{zn} = f_{zu} - 18 h$$

$$\sigma_z \leq f_{zu}$$

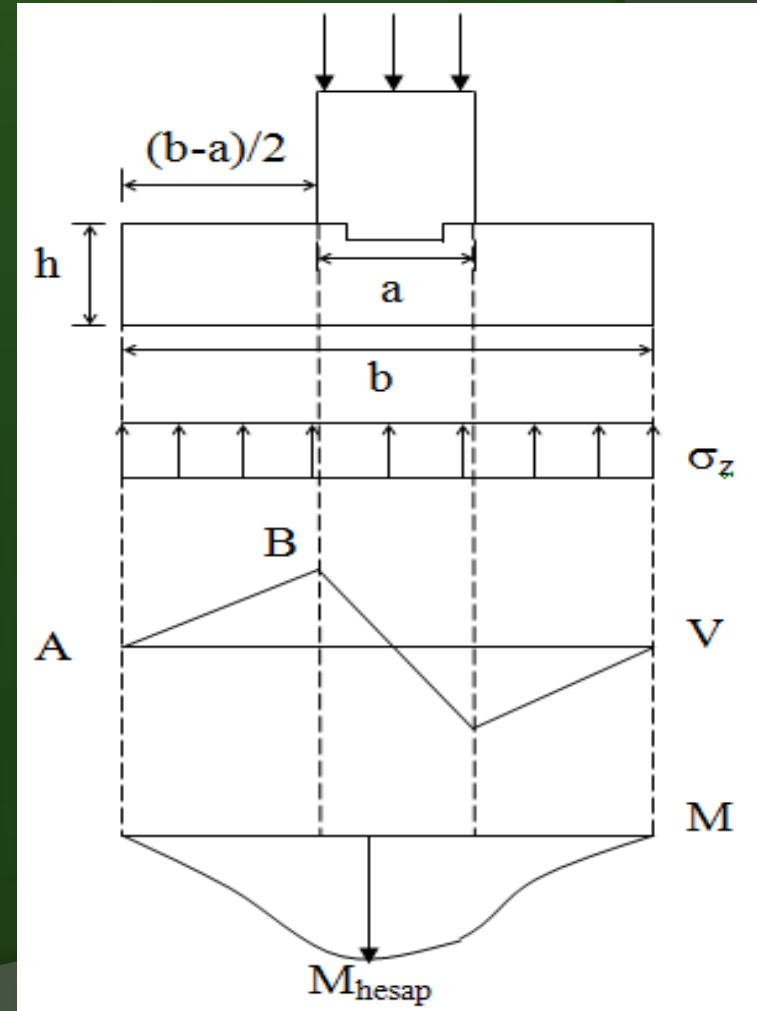
6) Duvar yanlarında taşan parçaların

konsol gibi çalıştığı varsayımı ile hesap kesme kuvveti V_d hesaplanır.

Kritik kesme kuvvetinin konsol

yüzünde olduğu varsayılır.

$$V_d = \sigma_z \frac{b - a}{2}$$



7) Betonun eğik çekme dayanımı hesaplanır ve (6) da hesaplanan hesap kesme kuvveti ile karşılaştırılır.

$$V_{cr}=0.65 f_{ctd} (1000) d , \quad d \cong 0.8 h$$

Eğer $V_d < V_{cr}$ ise temel kalınlığı arttırılmalıdır.

$$M_d = \sigma_z \left[\left(\frac{b-a}{2} \right) + \frac{a}{4} \right]^2 \frac{1}{2} = \frac{1}{32} (2b-a)^2 \sigma_z \text{ hesap momenti.}$$

Çatlama momenti:

$$M_{cr} = f_{ctf} \frac{I}{y} = 2 f_{ctd} \frac{I}{y}$$

$$\frac{I}{y} = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} (1000) h^2$$

$$M_{cr} = 333.3 f_{ctd} h^2 \quad (\text{mm})$$

8) TS 500 e göre kritik moment duvar kalınlığının 1/4 ünde alınır. Kritik momentin duvar yüzünde alınmaması nedeni, duvar ve temelin ayrı malzemedan oluşu ve aradaki bağlantının monolitik olmamasıdır.

Sağlanması gereken koşul:

$M_d \leq M_{cr}$ Bu koşul sağlanmazsa temel altına duvar eksenine

dik yönde donatı yerleştirilmelidir. Ancak duvar temelleri için bu uygun çözüm değildir.

Duvaraltı Temellere İlişkin Kurallar

Tablo 12.4 (T.D.Y) Zemine Göre

	(A), (B)	(C)	(D)
Min. Temel Genişliği (cm)	50	60	70
Duvar Kalınlığına ek (iki yandan)	2*15	2*20	2*25
Pabuç Genişliği (cm)	30	40	40
Min. Temel Yüksekliği	30	40	40
Altta ve Üstte Min. Temel Boy. Donatısı	3 ϕ 12	3 ϕ 14	4 ϕ 14
Temelde Min. Etriye	ϕ 8/30	ϕ 8/30	ϕ 8/30
Min. Basamak Yatay Aralığı (cm)	100	150	-
Min. Basamak Bindirme Uzunluğu (cm)	30	40	-
Max. Basamak Yüksekliği (cm)	30	30	-

Örnek:



Taşıyıcı duvarları (duvar kalınlığı=50 cm), temele aktarılan yük 135 kN/m, zemin emniyet gerilmesi 130 kN/m². Temelde C16 betonu ve S220 çeliği kullanılacaktır. Yapı deprem bölgesinde olup zemin grubu (B) dir. Temel boyutları ve donatısını bulunuz.

Çözüm:

$$a) N_d = 135 \text{ kN/m} \quad f_{zu} = 1.5 * 130 = 195 \text{ kN/m}^2$$

$$b) b \cong \frac{N_d}{f_{zu} * 1} = \frac{135}{195} = 0.69 \text{ m}$$

Min. Temel genişliği deprem yönetmeliği (B) grubu zeminlerde 50 cm

b=80 cm seçildi. (duvar kalınlığı 50)

$$c) \sigma_z = \frac{N_d}{b(1)} = \frac{135}{0.8 * 1} = 170 \text{ kN/m}^2$$

d) TDY göre (h) en az 30 cm olmalıdır.

$$e) f_{zn} = f_{zu} - 18 h = 195 - 18 * 0.3 = 189.6 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_z < f_{zn}$$

$$f) V_d = \sigma_z \left(\frac{b-a}{2} \right) = 170 \left(\frac{0.8-0.5}{2} \right)$$

$$V_d = 25.5 \text{ kN/m}$$

$$g) V_{cr} = 0.65 f_{ctd} 1000 * 0.8 h \quad f_{ctd} = 0.9 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{cr} = 0.65 (0.9 * 10^{-3}) * 1000 * 0.8 * 300$$

$$V_{cr} = 140.4 \text{ kN/m}$$

$$V_d = 25.5 \text{ kN/m} < 140.4 \text{ kN/m}$$

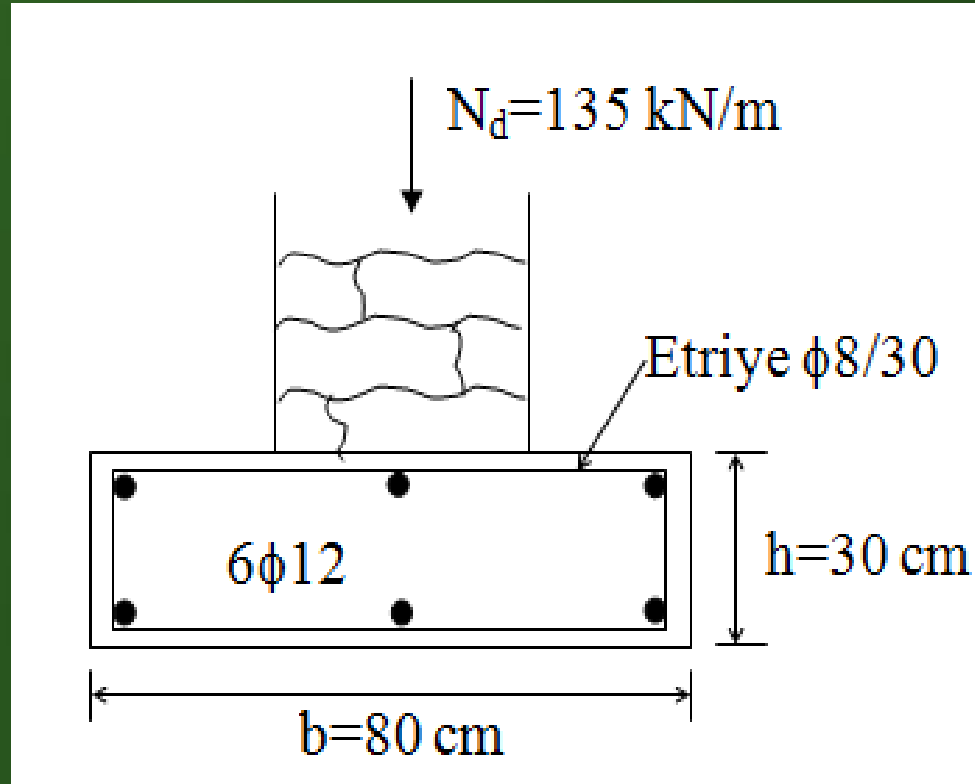
$$h) M_d = \sigma_z \left[\left(\frac{b-a}{2} \right) + \frac{a}{4} \right]^2 0.5 = 170 \left[\frac{0.8-0.5}{2} + \frac{0.5}{4} \right]^2 0.5$$

$$M_d = 6.4 \text{ kNm/m}$$

$$M_{cr} = 333.3 * 0.9 * 300^2 * 10^{-6} = 27 \text{ kNm/m}$$

$$M_{cr} > M_d$$

Bu durumda seçilen temel boyutları uygundur. Bina 2. derece deprem bölgesinde olduğundan (B) grubu zeminler için ön görülen min. donatı yerleştirilecektir. Paspayı=5 cm



Eksenel Yük Taşıyan Tekli Kolon Temelleri

Momentin küçük olduğu durumlarda moment ihmal edilerek tekli temeller salt eksenel yüke göre boyutlandırılıp detaylandırılabilir.

Temel altında oluşan yamuk gerilme dağılımının max. değeri ile $N_d/b_x b_y$ ile hesaplanan ortalama gerilme arasındaki fark %15 den az ise, moment ihmal edilebilir.

Hesapta İzlenecek Yol:

- Temel boyutları (b_x ve b_y) hesaplanır ($b_x b_y = N_d / f_{zu}$). Bulunan değerler sınır değerler olduğundan biraz büyütülür ve $\sigma_z = N_d / b_x b_y$ hesaplanır.
- Temel kalınlığı hakkında bir varsayım yapılır.
- Zımbalama kontrolü ile boyutlar kontrol edilir.

Zımbalama daha önce anlatıldığı şekilde yapılır;

$$b_1 = a_x + d \quad b_2 = a_y + d$$

$$U_p = 2(b_1 + b_2) \quad A_p = b_1 b_2$$

$$V_{pd} = N_d - A_p \sigma_z$$

$$V_{pr} = \gamma f_{ctd} U_p d \quad (M_d/N_d \leq e_{min} \text{ ise } \gamma = 1.0 \text{ alınır}).$$

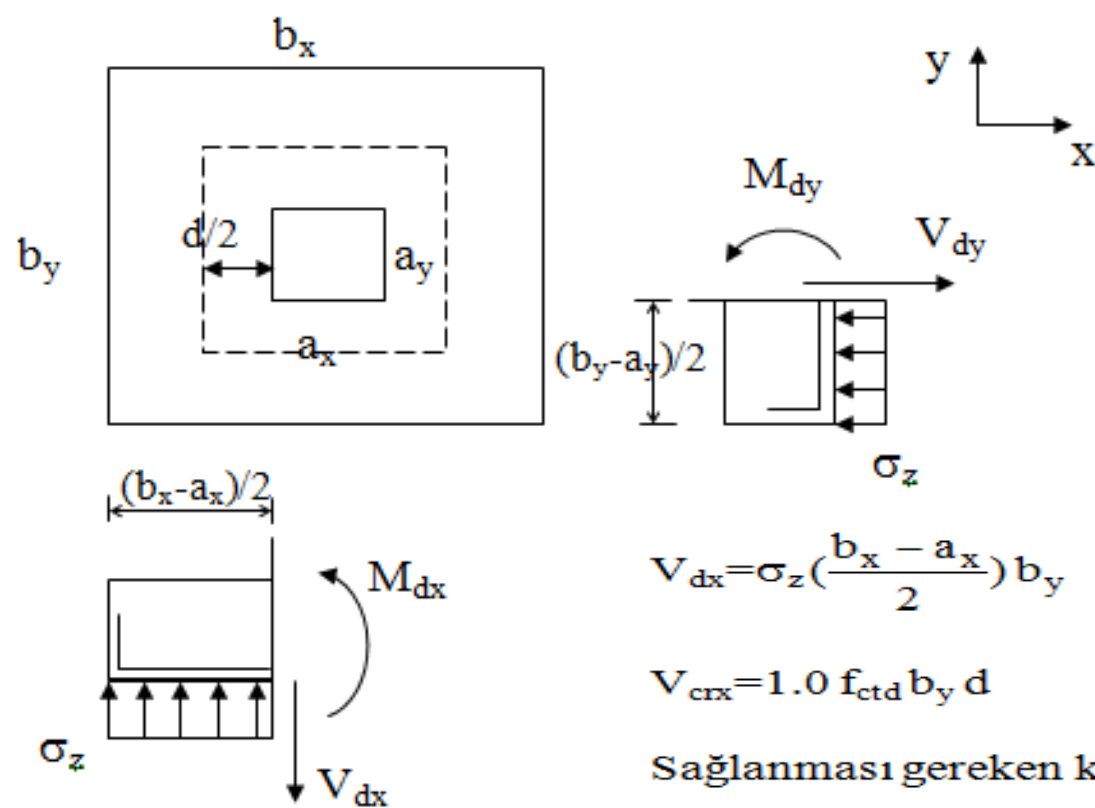
Eğer $V_{pd} \leq V_{pr}$ ise kalınlık yeterlidir. Bu koşul sağlanmıyorsa, (b) ye gidilip temel kalınlığının arttırılması gerekir.

- Net zemin dayanımı hesaplayarak $\sigma_z \leq f_{zn}$ koşulunun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.

$$f_{zn} = f_{zu} - 18h$$

- V_d kesme kuvveti hesaplanır ve V_{cr} ye göre kontrol edilir.

Moment ve kesme kuvvetinde kritik kesit, kolon yüzünde alınacak ve zımbalama çevresi $d/2$ mesafede olacaktır.



$$V_{dx} = \sigma_z \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right) b_y$$

$$V_{dy} = \sigma_z \left(\frac{b_y - a_y}{2} \right) b_x$$

$$V_{crx} = 1.0 f_{ctd} b_y d$$

$$V_{cry} = 1.0 f_{ctd} b_x d$$

Sağlanması gereken koşul:

$$V_{dx} \leq V_{crx}$$

$$V_{dy} \leq V_{cry}$$

f) Her iki doğrultuda kritik kesitlerde momentler hesaplanır.

$$M_{dx} = \frac{\sigma_z}{2} \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right)^2 b_y$$

$$M_{dy} = \frac{\sigma_z}{2} \left(\frac{b_y - a_y}{2} \right)^2 b_x$$

$$K_x = \frac{b_y d^2}{M_{dx}}$$

$$K_y = \frac{b_x d^2}{M_{dy}}$$

Sağlanması gereken koşul;

$$K_x \geq K_1$$

$$K_y \geq K_1$$

Donatı hesabı yapılır;

$$A_{sx} = \frac{M_{dx}}{f_{yd} (0.86) d}$$

$$A_{sy} = \frac{M_{dy}}{f_{yd} (0.86) d}$$

$$A_{sx}/b_y d \geq 0.002, \quad A_{sy}/b_x d \geq 0.002 \text{ olmalıdır.}$$

Örnek:

Malzeme: BS16, BÇ-I, zemin emniyet gerilmesi=350 kN/m²,

Kolon kesit boyutları, 70*70, kolon yükleri $N_d=4500$ kN, $M_{dx}=315$ kNm,

$$M_{dy}=0$$

($M_{dx}=0.1hN_d=315$ kNm minimum olarak verilmekte)

İstenen: Tekli kolon temelinin boyutları ve donatısı.

Çözüm:

$$f_{zu}=1.5*\sigma_{zem}=525 \text{ kN/m}^2$$

Kolon kare kesitli olduğundan temel de kare yapılacaktır.

$$b_x b_y = N_d / f_{zu} = 4500 / 525 = 8.57 \text{ m}^2$$

$$b_x = b_y = 3 \text{ m. seçilir.}$$

$$b_x b_y = 9 > 8.57 \text{ m}^2$$

Temel, planda bileşik eğilme altındaki bir kolon kesiti gibi düşünülürse, maksimum zemin gerilmesi tıpkı kolondaki gibi eksenel yük ve momentin fonksiyonu olarak yazılabilir.

$$\sigma_{zmax} = \frac{N_d}{A} + \frac{M_{dx}(x)}{I_x} = \frac{N_d}{b_x b_y} + \frac{M_{dx} \frac{b_x}{2}}{\frac{1}{12} b_y b_x^3}$$
$$\sigma_{zmax} = \frac{4500}{9} + \frac{315 * 1.5}{\frac{1}{12} 3 * 3^3} = 570 > 525 \text{ kN/m}^2$$

Temel boyutları yeterli değildir. Boyutlar 3.25*3.25 alınarak en büyük zemin gerilmesi yeniden hesaplanır.

$$\sigma_{zmax} = \frac{4500}{3.25 * 3.25} + \frac{315 * 1.625}{\frac{1}{12} 3.25 * 3.25^3} = 480 < 525 \text{ kN/m}^2$$

Ortalama Gerilme, σ_{zo} :

$$\sigma_{zo} = N_d / b_x b_y = 4500 / (3.25)^2 = 425 \text{ kN/m}^2$$

$$(\sigma_{max} - \sigma_{zo}) / \sigma_{zo} = 0.13 \text{ veya } \%13$$

%13 < %15 olduğundan moment ihmal edilebilir. Zemin gerilme dağılımı düzgün yayılı alınacaktır. $\sigma_z = 425 \text{ kN/m}^2$

- Temel kalınlığı 50 cm seçilir (d=45 cm)
- Zımbalama Kontrolü:

$$b_1=b_2=a+d=70+45=115 \text{ cm}$$

$$U_p=2(b_1+b_2)=460 \text{ cm}$$

$$A_p=b_1b_2=1.3 \text{ m}^2$$

$$V_{pd}=N_d-A_p \sigma_z=4500-1.3*425=3950 \text{ kN}$$

$$V_{pr}=1.0 f_{ctd} U_p d=1.0*0.9*10^{-3}*4600*450=1863 \text{ kN}$$

$1863 < 3950$, $V_{pr} < V_{pd}$ kalınlık yeterli değildir.

$\underline{h}=90 \text{ cm}$ ($d=85 \text{ cm}$) olsun,

$$b_1=b_2=70+85=155 \text{ cm}$$

$$U_p=620 \text{ cm}$$

$$A_p=1.55*1.55=2.4 \text{ m}^2$$

$$V_{pd}=N_d-A_p \sigma_z=4500-2.4*425=3480 \text{ kN}$$

$$V_{pr}=1.0*0.9*10^{-3}*6200*850=4743 \text{ kN}$$

$3480 < 4743$ ($V_{pd} < V_{pr}$) boyutlar yeterlidir $h=90 \text{ cm}$ alınır.

d) Net zemin dayanımı

$$f_{zn} = f_{zu} - 18h = 525 - 18 \cdot 0.9 = 509 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{zmax} < f_{zn}$$

e) Kesme kuvveti

$$V_{dx} = V_{dy} = V_d \text{ (Temel ve kolon kare)}$$

$$V_d = \sigma_z b(b-a)/2 = 425 \cdot 3.25 \cdot (3.25 - 0.7)/2 = 1760 \text{ kN}$$

$$V_{cr} = 1.0 f_{ctd} b d = 1.0 \cdot 0.9 \cdot 10^{-3} \cdot 3250 \cdot 850 = 2486 \text{ kN}$$

$$V_d < V_{cr} \text{ uygun}$$

f) $b_x = b_y = b$

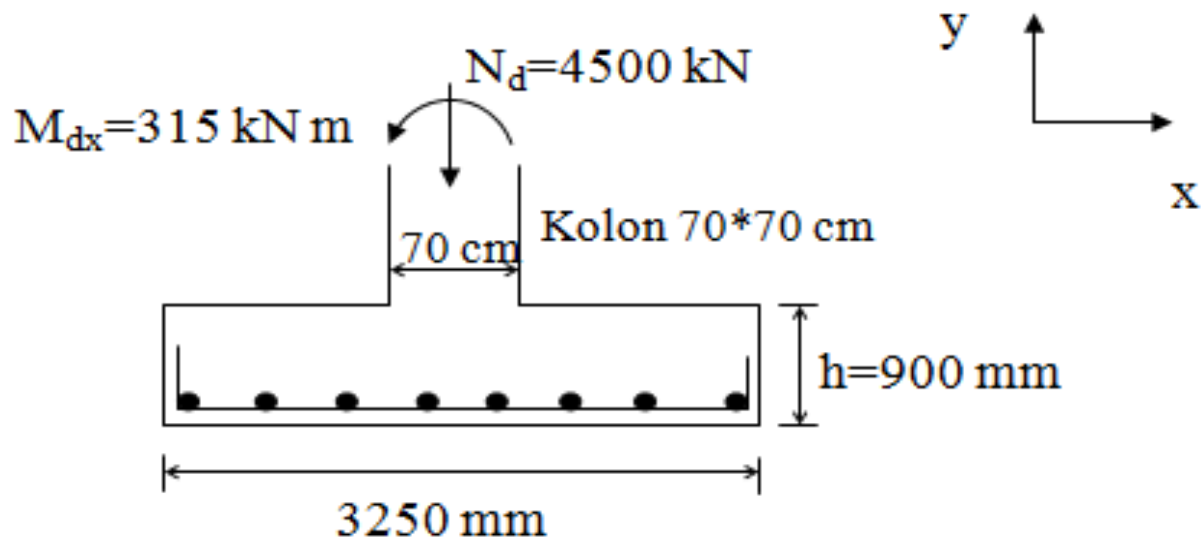
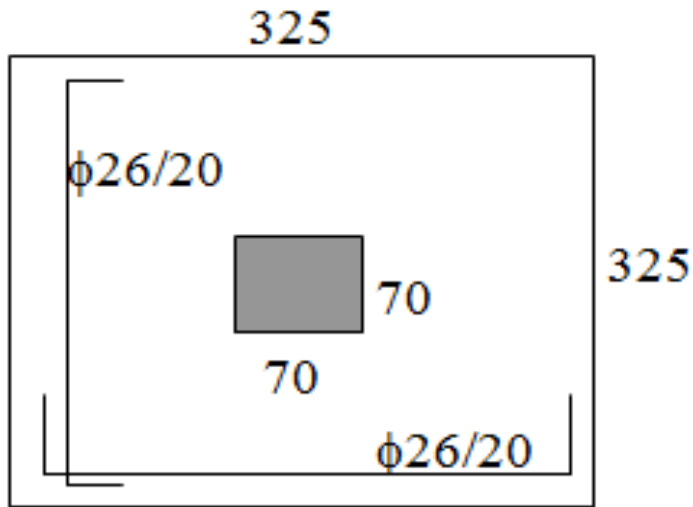
$$M_{dx} = M_{dy} = \frac{\sigma_z}{2} \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right)^2 b_y = \frac{425}{2} \left(\frac{3.25 - 0.7}{2} \right)^2 3.25 = 1122 \text{ kN m}$$

$$K_x = K_y = bd^2/M_{dx} = 3250 \cdot 850^2 / 1122 \cdot 10^3 = 2092 > K_1 \text{ tek donatılı}$$

$$A_{sx} = A_{sy} = M_d / f_{yd} (0.86) d = 1122 \cdot 10^6 / (191 \cdot 0.86 \cdot 850) = 8036 \text{ mm}^2$$

$$\min A_{sx} = \min A_{sy} = 0.002 \cdot 3250 \cdot 850 = 5525 \text{ mm}^2$$

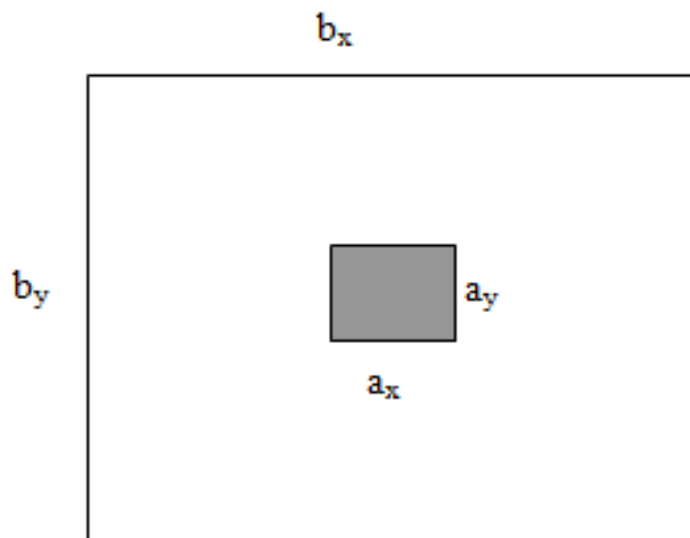
Seçilen donatı: 16- ϕ 26/20 cm (her bir doğrultuda)



Eksenel Yüke Ek Olarak Momentle Zorlanan Temeller

Momentin ihmal edilemeyecek kadar büyük olduğu durumlarda ($\sigma_{zmax} > 1.15\sigma_{zo}$) temel altındaki zemin gerilmesinin doğrusal değiştiği varsayılır (yamuk veya üçgen dağılım). Bu durumda temel kare dahi olsa iki doğrultudaki moment ve kesme kuvveti değerleri farklı olacaktır. Moment ve kesme kuvvetinde kritik kesit kolon yüzünde alınacak ve zımbalama çevresi $d/2$ mesafede olacaktır.

x ve y yönünde oluşan dışmerkezliğin ($e = M_d / N_d$) temelin o yöndeki boyutunun $1/6$ sından küçük olduğu durumlarda zemin gerilme dağılımı yamuk, büyük olduğu durumlarda ise üçgen olacaktır. Üçgen dağılım durumunda temelin bir bölümünde zemin gerilmesi oluşmayacağından, genelde dışmerkezliğin o yöndeki boyutun $1/6$ sından küçük tutulmasına özen gösterilir.



$$\sigma_{zmax} \text{ ve } \sigma_{zmin} = \frac{N_d}{b_x b_y} \mp \frac{N_d(e_x)}{\frac{1}{12} b_y b_x^3} \frac{b_x}{2}$$

Trapez gerilme dağılımı:

$$\sigma_{zmin} = \frac{N_d}{b_x b_y} - \frac{N_d(e_x)}{\frac{1}{12} b_y b_x^3} \frac{b_x}{2} \geq 0$$

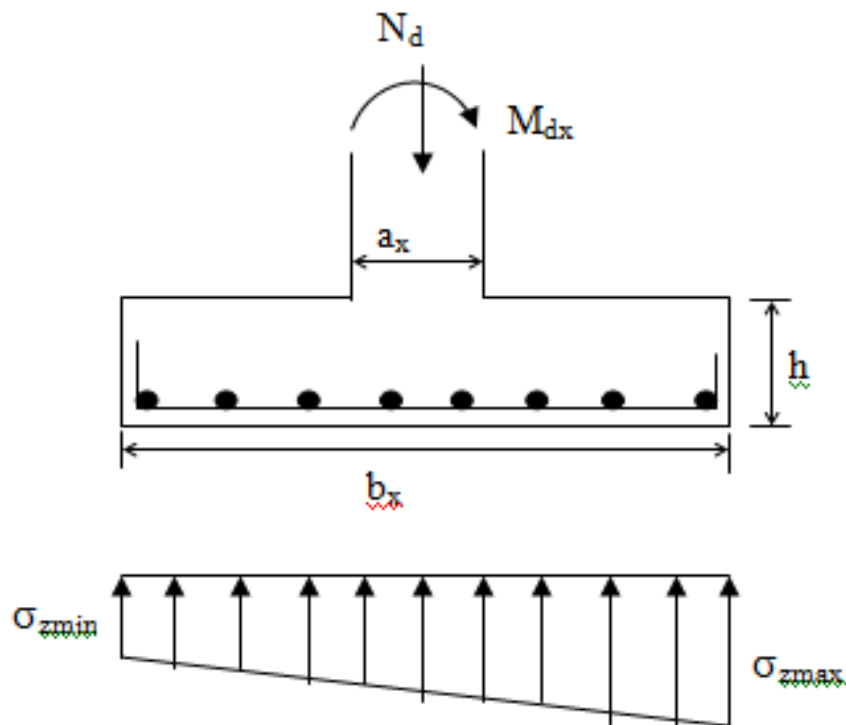
$$\frac{N_d}{b_x b_y} \geq \frac{N_d(e_x)}{\frac{1}{12} b_y b_x^3} \frac{b_x}{2}$$

$$1 \geq \frac{6(e_x)}{b_x}$$

Bu durumda zeminde çekme gerilmesi oluşmamasını

sağlayacak dışmerkezlilik;

$$e_x \leq \frac{b_x}{6} \text{ olmalıdır.}$$



Hesapta İzlenecek Yol:

a) Temel boyutları (b_x, b_y) yaklaşık olarak hesaplanır.

$$b_x b_y > N_d / f_{zu}$$

b) Dışmerkezlik ve kritik dışmerkezlik hesaplanır.

$$e_x = M_{dx} / N_d \quad \text{ve} \quad e_{krit} = b_x / 6 \quad (\text{eğilme } x \text{ yönünde kabul edilmiştir})$$

$e_x < e_{krit}$ ise uygundur.

c) Temelin altında oluşacak en büyük ve en küçük zemin gerilmeleri hesaplanır.

$$\sigma_{zmax} \text{ ve } \sigma_{zmin} = \frac{N_d}{b_x b_y} \mp \frac{M_{dx} (b_x / 2)}{\frac{1}{12} b_y b_x^3} = \frac{N_d}{b_x b_y} \left(1 \mp \frac{6e_x}{b_x} \right)$$

Ortalama zemin gerilmesi hesaplanır.

$$\sigma_{zo} = \frac{\sigma_{z \max} + \sigma_{z \min}}{2}$$

Kolon yüzündeki zemin gerilmesi hesaplanır.

$$\sigma_{zf} = \sigma_{z \max} - \left[\frac{\sigma_{z \max} - \sigma_{z \min}}{b_x} \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right) \right]$$

d) Kalınlık için bir varsayım yapılır ve net zemin dayanımı hesaplanır.

$$f_{zn} = f_{zu} - 18h$$

Eğer $\sigma_{z \max} \leq f_{zn}$ ise uygun, sağlanmıyorsa b_x değiştirilir.

e) Zımbalama kontrolü yapılır.

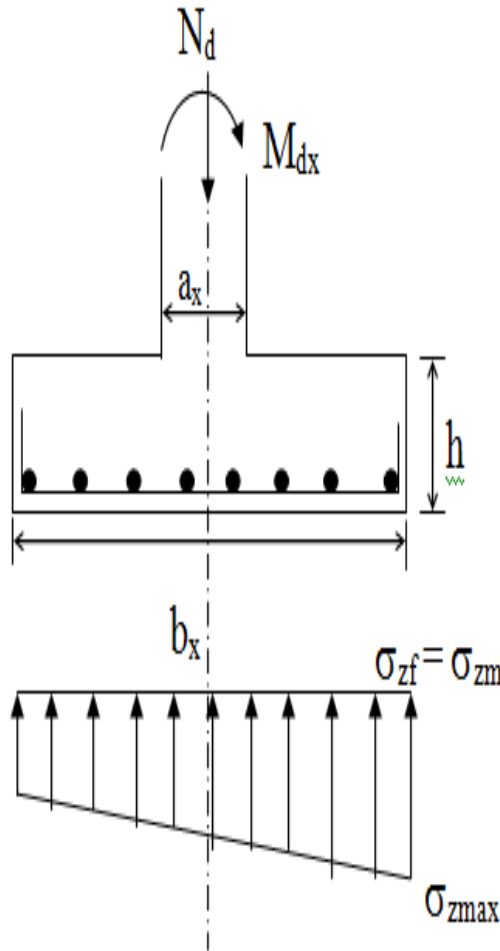
$$V_{pd} = N_d - A_p \sigma_{zo}$$

$$\gamma = \frac{1.0}{1.0 + 1.5 \frac{e_x + e_y}{\sqrt{b_1 b_2}}} (0.4)$$

$$V_{pr} = \gamma f_{ctd} U_p d$$

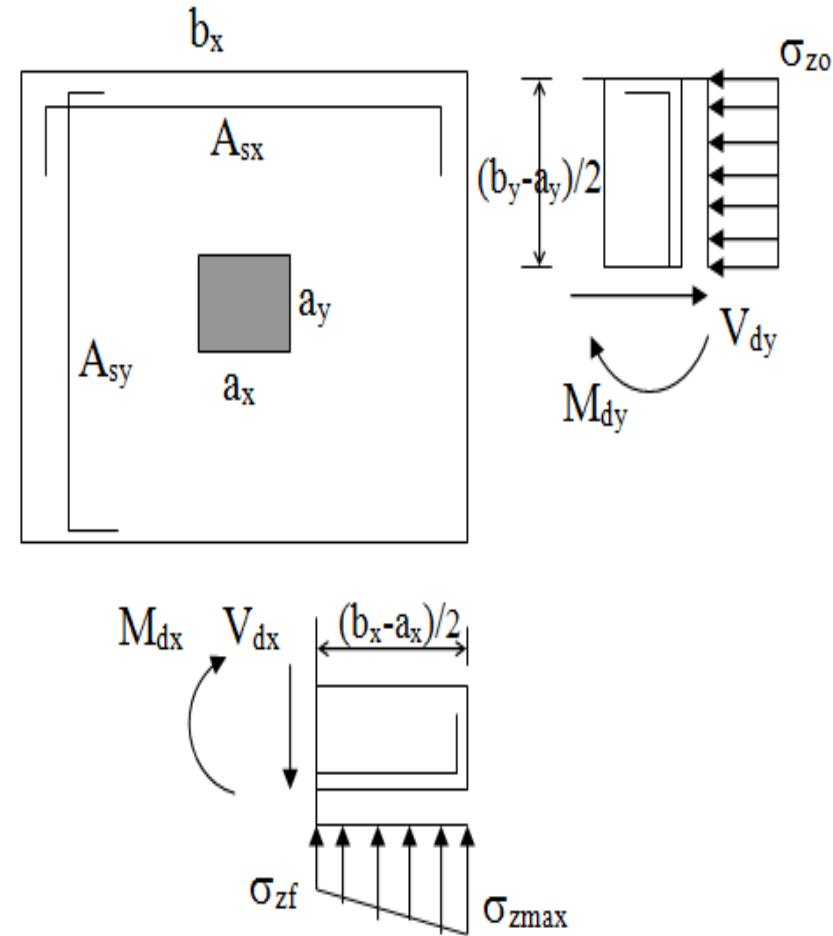
f) Kesme kontrolü yapılır

Kesme kuvveti hesaplanırken kolon yüzündeki değer alınır.



$$\sigma_{zo} = \frac{\sigma_{zmax} + \sigma_{zmin}}{2}$$

$$\sigma_{zf} = \sigma_{zmax} - \left[\frac{\sigma_{zmax} - \sigma_{zmin}}{b_x} \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right) \right]$$



Kesme kuvveti x yönünde,

$$V_{dx} = \left(\frac{\sigma_{z \max} + \sigma_{zf}}{2} \right) \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right) b_y$$

$$V_{crx} = 1.0 f_{ctd} b_y d$$

$$V_{cry} = 1.0 f_{ctd} b_x d$$

Eğer $V_{dx} \leq V_{crx}$ ise uygun, bu koşul sağlanmıyorsa h değiştirilir.

Diğer yönde kesme kuvveti için ortalama gerilme kullanılır.

$$V_{dy} = \sigma_{zo} \left(\frac{b_y - a_y}{2} \right) b_x$$

Eğer $V_{dy} \leq V_{cry}$ ise uygun, değilse temel kalınlığı arttırılır.

g) x yönünde konsola etkiyen zemin gerilmesi yamuk biçiminde olduğundan moment hesabında bu yamuk bir üçgen ve bir dikdörtgene ayrılarak moment hesabı yapılabilir.

$$M_{dx1} = \sigma_{zf} \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right)^2 b_y \frac{1}{2}$$

$$M_{dx2} = (\sigma_{zmax} - \sigma_{zf}) \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right) b_y \frac{1}{2} \frac{2}{3} \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right)$$

$$M_{dx} = M_{dx1} + M_{dx2}$$

$$M_{dx} = \frac{(b_x - a_x)^2}{24} b_y (2\sigma_{zmax} + \sigma_{zf})$$

$$K = \frac{b_y d^2}{M_{dx}} \quad \text{Eğer } K \geq K_1 \text{ ise uygundur.}$$

$$A_{sx} = \frac{M_{dx}}{f_{yd} (0.86) d}$$

y yönünde

$$M_{dy} = \sigma_{zo} \left(\frac{b_y - a_y}{2} \right)^2 \frac{1}{2} b_x$$

$$A_{sy} = \frac{M_{dy}}{f_{yd} (0.86) d}$$

h) Donatı seçilir ve yerleştirilir.

Örnek:



Malzeme: C20, S220, zemin emniyet gerilmesi 150 kN/m^2 , kolon kesiti 55×55 , kolona etki eden yükler $N_d = 1500 \text{ kN}$, $M_{dx} = 370 \text{ kN m}$ ve $M_{dy} = 0$

İstenen: Tekli kolon temelinin boyutları ve donatı hesabı

Çözüm:

$$a) f_{zu} = 1.5 \sigma_{zem} = 1.5 \times 150 = 225 \text{ kN/m}^2$$

Temel boyutları:

$$b_x b_y = N_d / f_{zu} = 1500 / 225 = 6.7 \text{ m}^2$$

$$b_x = b_y = 3 \text{ m seçilir.}$$

$$b) e_x = M_{dx} / N_d = 370 / 1500 = 0.25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

$$e_{krit} = b_x / 6 = 300 / 6 = 50 \text{ cm}$$

$e_x < e_{krit}$ gerilme dağılımı yamuktur.

c) Max. ve min. gerilme dağılımı;

$$\sigma_z = \frac{1500}{3 \times 3} \left(1 \mp \frac{6 \times 0.25}{3.0} \right)$$

$$\sigma_{zmax} = 250 \text{ kN/m}^2 \quad \sigma_{zmin} = 83.3 \text{ kN/m}^2$$

$\sigma_{zmax} > f_{zu}$ olduğundan temel boyutları büyütülmelidir.

$b_x = b_y = 3.25 \text{ m}$ alınır.

$$\sigma_z = \frac{1500}{3.25 \times 3.25} \left(1 \mp \frac{6 \times 0.25}{3.25} \right)$$

$$\sigma_{zmax} = 207 \text{ kN/m}^2 \quad \sigma_{zmin} = 76.5 \text{ kN/m}^2$$

Momentsiz olsaydı $\sigma_{zo} = N_d / b_x b_y = 142 \text{ kN/m}^2$

$$(\sigma_{zmax} - \sigma_{zo}) / \sigma_{zo} = (207 - 142) / 142 = 0.46 \text{ } \%46 > \%15 \text{ olduğundan}$$

moment dikkate alınmalıdır.

$$\sigma_{zo} = (207 + 76.5) / 2 = 142 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{zf} = 207 - \left(\frac{207 - 76.5}{3.25} \left(\frac{3.25 - 0.55}{2} \right) \right) = 153 \text{ kN/m}^2$$

d) Temel kalınlığı 50 cm kabul edilir ($d=45$)

$$f_{zn} = f_{zu} - 18h = 225 - 18 \times 0.5 = 216 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{zmax} < f_{zn} \text{ uygun}$$

e) Zımbalama kontrolü

$$b_1 = b_2 = a + d = 55 + 45 = 100 \text{ cm}$$

$$U_p = 2(b_1 + b_2) = 400 \text{ cm}$$

$$A_p = b_1 b_2 = 1.0 \text{ m}^2$$

$$\gamma = \frac{1.0}{1.0 + 1.5 \frac{0.4 * 25}{100}} = 0.87$$

$$V_{pd} = N_d - A_p \sigma_{zo} = 1500 - 1.0 * 142 = 1358 \text{ kN}$$

$$V_{pr} = \gamma f_{ctd} U_p d = 0.87 * 1 * 10^{-3} * 4000 * 450 = 1566 \text{ kN}$$

$V_{pr} > V_{pd}$ uygundur.

g) Kesme kontrolü

$$V_{dx} = \frac{207 + 153}{2} \left(\frac{3.25 - 0.55}{2} \right) 3.25 = 790 \text{ kN}$$

$$V_{cr} = 1.0 * 1.0 * 10^{-3} * 3250 * 450 = 1462 \text{ kN}$$

$$V_{dx} < V_{cr}$$

$$V_{dy} = 142 \left(\frac{3.25 - 0.55}{2} \right) 3.25 = 623 \text{ kN}$$

$$V_{cr} = 1.0 * 1.0 * 10^{-3} * 3250 * 450 = 1462 \text{ kN}$$

$$V_{dy} < V_{cr}$$

h) Eğilme kontrolü ve donatı hesabı

x yönü

$$M_{dx} = \frac{(3.25 - 0.55)^2}{24} 3.25 (2 * 207 + 153) = 560 \text{ kN m}$$

$$K = b_y d^2 / M_{dx} = 3250 * 450^2 / 560 * 10^3 = 1175 > K_1$$

$$A_{sx} = 560 * 10^6 / (191 * 0.86 * 450) = 7576 \text{ mm}^2 = 75.76 \text{ cm}^2$$

y yönü

$$M_{dy} = 142 \left(\frac{3.25 - 0.55}{2} \right)^2 \frac{1}{2} 3.25 = 420 \text{ kNm}$$

$$A_{sy} = 420 * 10^6 / (191 * 0.86 * 450) = 5682 \text{ mm}^2 = 56.8 \text{ cm}^2$$

i) Donatı seçimi

$$A_{sx} = 75.76 \text{ cm}^2 \quad 20 - \phi 22 / 16.5 < 25 \text{ cm} \quad (\text{Altta})$$

$$A_{sy} = 56.8 \text{ cm}^2 \quad 19 - \phi 20 / 17.5 < 25 \text{ cm} \quad (\text{Üstte})$$