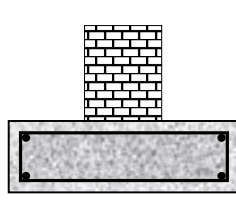


BETONARME TEMELLER

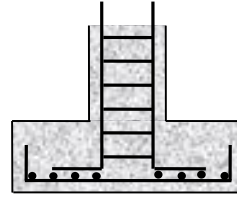
Temeller, bir yapıya etkiyen yükleri güvenle zemine aktaran elemanlardır. Yapının yükleri zemine aktarılırken, taşıyıcı sistemde ek etkiler meydana getirecek çökmelerin ve dönmelerin meydana gelmemesi gerekmektedir. Bununla birlikte, temel oluşturulurken, zemin taşıma gücü ölçü alınarak güvenli bir zemin gerilmesinin aşılmasına özen gösterilir. Temellerin oturduğu zemin son derece karmaşık ve değişkenlik gösteren, homojen ve izotrop olmayan, davranışı zamana bağlı olan bir malzemedir. Bu nedenle herhangi bir yapı temeli için, önce arazide ve laboratuarda gerekli incelemeler yapılarak, temel sistemi seçilmeli ve projelendirmeye daha sonra geçmelidir. Bu bölümde temel tipleri hakkında kısa bilgiler verilerek, yaygın olarak kullanılan yüzeysel temeller üzerinde durulacaktır.

Temel Tipleri

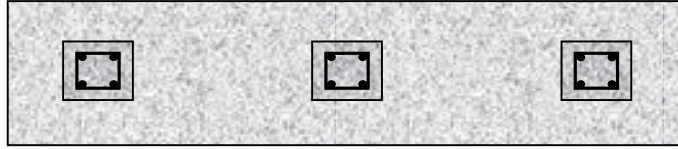
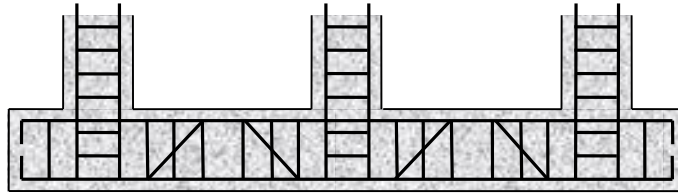
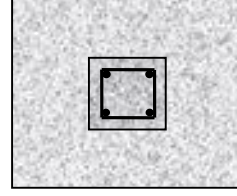
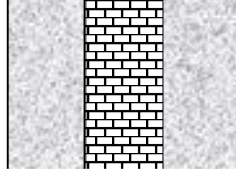
Herhangi bir yapının temelleri, üzerine gelen yükleri güvenle zemine aktaracak şekilde, zeminin özelliklerine bağlı olarak, çeşitli biçimlerde oluşturulabilir. Temeller, derin temel ve yüzeysel temel olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilmektedir. Derin temeller, kazık ve kazık gruplarının oluşturduğu temel sistemleridir. Bu konu ile ilgili detaylı bilgi, “Zemin Mekaniği” ve “Temeller” kitabında bulunmaktadır. Burada bu tür temel sistemlerine değinilmeyecek, yalnızca, yaygın olarak kullanılan yüzeysel temeller hakkında özet bilgiler verilecektir. Yüzeysel temeller, duvar/perde altı temelleri, tekil temeller, bir ya da iki doğrultuda sürekli temeller ve radye temeller olarak inşa edilebilmektedirler(Şekil 1).



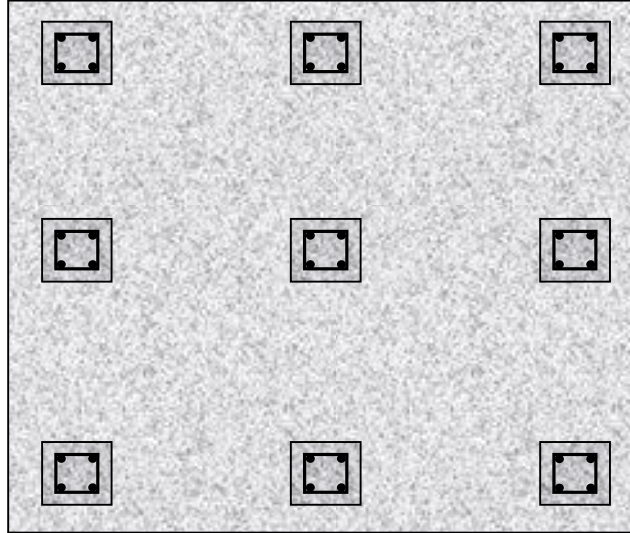
Duvar altı temeli



Tekil (münferit) temel



Sürekli (mütemadi) temel



Radye temel

Şekil 1. Yüzeysel Temel Tipleri

- **Duvar altı temelleri**, taşıyıcı duvar yükünü zemine güvenli bir biçimde aktaran elemanlardır. Bunlar genelde donatısız beton gibi hesaplanıp projelendirilmekte, ancak oluşabilecek çökme ve oturmalar dikkate alınarak kesitte bir miktar boyuna donatı ve etriye bulundurulmaktadır.
- **Tekil temeller**, üzerine gelen yüklerin göreceli olarak az ve/ya da kolon aralıklarının fazla olduğu ve zemin taşıma gücünün zayıf olmadığı durumlarda çerçeve tipi yapılarda yapılabilmektedir. Bu tür temellerin iki yönde bağ kirişleri ile birbirine bağlanması zorunludur.
- **Bir ya da iki doğrultuda sürekli temeller**, kolon yüklerinin büyük, zemin taşıma gücünün zayıf olduğu ya da iki kolonun birbirine çok yakın olduğu durumlarda temelin komşu arsaya uzanmasını önlemek amacıyla yapılabilmektedir.
- **Radye temeller**, zemin taşıma gücünün çok zayıf ve değişkenlik gösterdiği, yüklerin büyük olduğu durumlarda ve temelde farklı oturmaları önlemek amacıyla yapılabilmektedir. Radye, kalın bir plaktan veya iki doğrultuda uzanan kirişli plaktan oluşabilmektedir.

Temelerde taşıma gücü koşulunun sağlanması

- 1) Zemin sınır taşıma gücü ($q_{sınır}$) belirlenir: (Terzaghi bağıntısıyla)
- 2) Zemin emniyet gerilmesi belirlenir: $\sigma_{zem} = q_{em} = \frac{q_{sınır}}{G.S.}$ (G.S. ≈ 3)
- 3) Temel tabanında hesaplanan max gerilmenin (σ_z ya da σ_{zmax}) zemin emniyetini aşıp aşmadığına bakılır:

$$\sigma_{zmax} \leq q_{em}$$

Ancak, temele aktarılan yükler yük katsayılarıyla çarpılmış olduğundan, zemin emniyet gerilmesinin de ortalama 1.5 ile çarpılması gerekir:

$$f_{zu} = 1.5 q_{em}$$

Kolon yüklerinin haricinde, temelin kendi ağırlığından dolayı oluşacak ek gerilmeyi de dikkate almak için zemin dayanımı azaltılır. Temel kalınlığı H (m) alınarak azaltılmış net dayanım, zemin dayanımından beton ve zemin birim ağırlıkları arasındaki ortalama fark (12 kN/m^3) x yük katsayısı (1.5) x temel kalınlığı (H) çarpımının çıkarılmasıyla elde edilir :

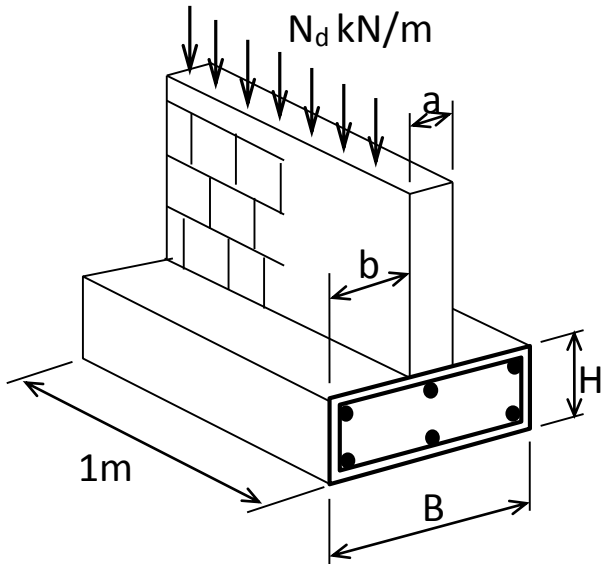
$$f_{zn} = f_{zu} - 18 H$$

Böylece gerilme denetimi aşağıdaki hale gelir:

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

Duvar Altı Temelleri

Bu temeller genelde taşıyıcı yığma duvarların altında kullanılır. Donatı gerektirmeyecek şekilde boyutlandırılırlar ancak, kesitte belli bir miktar etriye ve boyuna donatı bulundurulur. Tüm özellikler duvar boyunca sabit olduğundan, hesaplarda 1 m'lik boy dikkate alınır.



	ZEMİN GRUBU		
	A, B	C	D
B, mm	500	600	700
H	300	400	400
b	150	200	250
Boyuna donatı	6 ϕ 12	6 ϕ 14	8 ϕ 14
Etriye	ϕ 8/300		

Hesap Adımları:

- 1- Duvardan gelen yük hesaplanır (N_d).
- 2- Temel genişliği (B) yaklaşık olarak hesaplanır. (Burada temel kalınlığı henüz bilinmediğinden zemin dayanımı olarak f_{zu} kullanılabilir.)

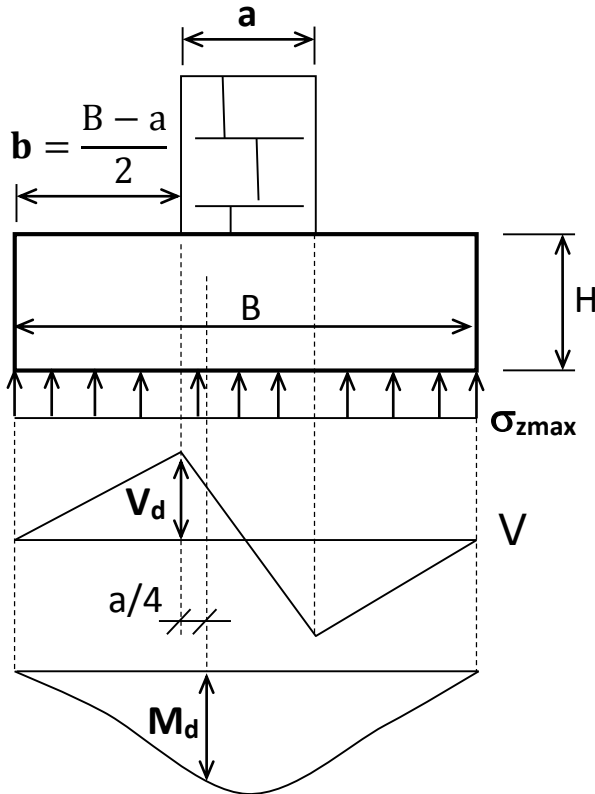
$$B \geq \frac{N_d}{f_{zu} \cdot 1.0} \geq a + 10cm$$

- 3- Seçilen B'ye göre zemin gerilmesi hesaplanır: $\sigma_{zmax} = \frac{N_d}{B \cdot 1.0 m}$

- 4- Yönetmeliğe uygun bir temel kalınlığı (H) seçilir ve bu kalınlığına göre net zemin dayanımı ($f_{zn} = f_{zu} - 18 H$) hesaplanarak;

$\sigma_{zmax} \leq f_{zn}$ denetimi yapılır. Denetim sağlanmışsa, temel genişliği ve kalınlığı yeterlidir.

- 5- Duvar yanlarından taşan temel parçalarının konsol gibi çalıştığı ve kritik kesme kuvvetinin konsol yüzünde oluşturduğu varsayımı ile hesap kesme kuvveti (V_d) hesaplanır.



$$V_d = \frac{B - a}{2} \sigma_{zmax}$$

6- Betonun eğik çekme dayanımı hesaplanır ve yukarıda hesaplanan hesap kesme kuvveti ile karşılaştırılır.

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} * 100 * d \quad (d \approx 0.85 H \text{ alınabilir.})$$

$V_d \leq V_{cr}$ olmalıdır. Aksi halde temel kalınlığı artırılır.

7- Hesap momenti belirlenir ve betonun çatlama momentini aşmadığı kanıtlanmalıdır.

$$M_d = \frac{P_d l^2}{2} = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{B-a}{2} \right) + \frac{a}{4} \right]^2 \sigma_{zmax} = \frac{1}{32} (2B-a)^2 \sigma_{zmax}$$

ve kesitin çatlama momenti, $\frac{I}{y} = \frac{b h^2}{6}$ alınarak;

$$M_{cr} = 2 f_{ctd} \frac{I}{y} = 2 f_{ctd} \frac{100 H^2}{6} = 33.3 f_{ctd} H^2$$

bağıntılarıyla hesaplanmaktadır. Sağlaması gereken koşul;

$$M_d \leq M_{cr} \quad \text{dir.}$$

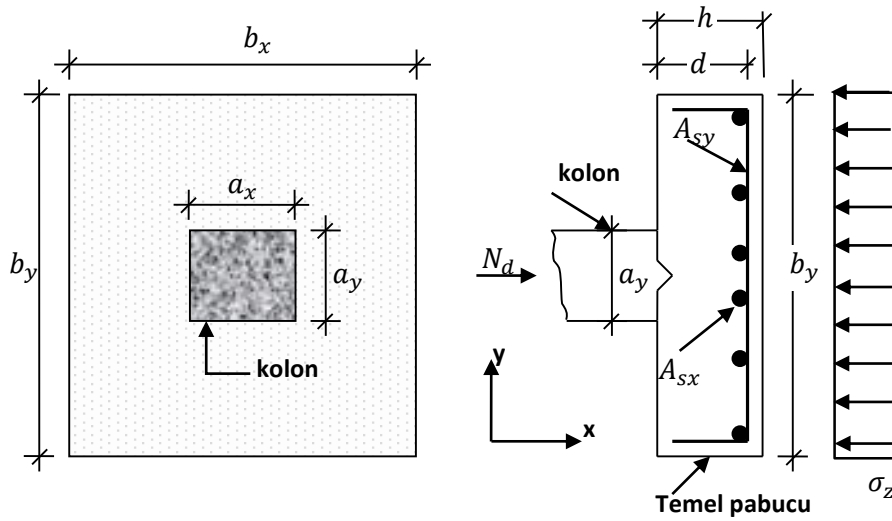
Bu koşul sağlanmıyorsa, temel kalınlığını artırmak en uygun çözümdür.

TEKİL TEMELLER

Tekil temellerin altındaki zemin gerilmesinin;

- Momentin olmadığı veya ihmal edilebilecek kadar küçük olduğu durumlarda, **düzgün yayılı** olduğu,
- Eksenel yükün yanı sıra büyük momentlerin bulunduğu durumlarda ise **doğrusal olarak değiştiği** kabul edilmektedir.

Tekil temeller iki doğrultuda eğilen bir plak gibi çalışmakla beraber, kesit hesabı yapılırken, kolon dışına taşan iki doğrultudaki temel uzunluklarının ayrı ayrı birer konsol gibi çalıştığı kabul edilir.



Tekil temelin hesabı yapılırken aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır:

- Tekil temelin planda en küçük boyutu 0.7m'den ve alanı 1 m² 'den, kalınlığı ise 250mm'den ve konsol açıklığının ¼ ünden az olamaz.
- Tekil temelde her iki doğrultuda, hesaplara bulunan donatılar temel tabanında bir ızgara oluşturacak biçimde yerleştirilir.
- Temeldeki çekme donatısı oranı her bir doğrultuda, hesapta göz önüne alınan kesite göre 0.002 den az ve donatı aralığı 250 mm den fazla olmamalıdır.
- Çerçeve sistemlerinde kullanılan tekil temeller, her iki doğrultuda bağ kirişleri ile birbirine bağlanmalıdır. Bağ kirişleri ile ilgili minimum koşullar Deprem Yönetmeliğinde (Madde 6.3.4) verilmektedir.

A) NORMAL KUVVET ETKİSİNDE

Tekil temelin projelendirilmesinde, temel altına moment nedeni ile oluşan yamuk gerilme dağılımındaki maksimum zemin gerilmesi ile $N_d/b_x b_y$ ile hesaplanan ortalama gerilme arasındaki fark %15 den az ise, moment ihmal edilerek, temel hesabı **yalnızca eksenel yüke göre** yapılmaktadır.

İşlem sırası aşağıdaki gibidir:

1. Yaklaşık olarak temel boyutları (b_x ve b_y) belirlenir.

Bunun için $b_x b_y = N_d / f_{zu}$ bağıntısından yararlanabilir. Bu boyutlara göre σ_z hesaplanır: $\sigma_z = N_d / b_x b_y$

2. Temel kalınlığı (h) için bir varsayım yapılır.

3. Zemin Taşıma Gücü Kontrolü yapılır: Temel altında oluşan en büyük zemin gerilmesi (σ_z) net zemin dayanımı değerini (f_{zn}) aşmamalıdır. (Temel boyutları olan b_x ve b_y bu kriterleri sağlamalıdır.)

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

4. Zımbalama Kontrolü yapılır:

Zımbalama hesap yükü ve zımbalama dayanımı hesaplanır ve varsayılan h değerinin yeterli olup olmadığı kontrol edilir. Burada zımbalama çevresi;

$$b_1 = a_x + d, \quad b_2 = a_y + d \quad \text{ve} \quad u_p = 2(b_1 + b_2), \quad A_p = b_1 b_2$$

olur. Buradan

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

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

bağıntılarıyla hesaplanır. Temel kalınlığı aşağıdaki koşul sağlanacak şekilde seçilmelidir.

$$V_{pr} \geq V_{pd}$$

Temellerde özel zımbalama donatısı genelde kullanılmaz. Bu nedenle de V_{pr} yalnızca betona bağlı zımbalama dayanımıdır. **Dolayısıyla da temel kalınlığı, dayanımını etkileyen en önemli boyut olmaktadır.**

$$V_{pr} = \gamma(u_p)d(f_{ctd})$$

Dikdörtgen kesitli kolonlarda,

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

Dairesel kesitli kolonlarda ise,

$$\gamma = \frac{1.0}{1.0 + \frac{2e}{h+d} (0.4)}$$

bu bağıntılarda;

b_1 ve b_2 : kolon yüzüne $d/2$ uzaklıkta oluşan zımbalama çevresinin boyutlarını, e : dışmerkezliği, u_p : zımbalama çevresinin uzunluğu ve h : dairesel kolonun çapını göstermektedir.

V_{pd} hesaplanırken, zımbalama çevresi içinde kalan zemin gerilmeleri toplamı, kolon hesap yükünden çıkartılmalıdır.

$$\left(\frac{M_d}{N_d} \leq e_{min} \right) \quad \text{ise} \quad \gamma = 1.0 \text{ alınır.}$$

Bu hesaplar sonunda $V_{pd} \leq V_{pr}$ **ise seçilen kalınlık yeterlidir.** Aksi halde temel kalınlığı artırılarak hesap tekrarlanır.

5. Kesme Kontrolü yapılır:

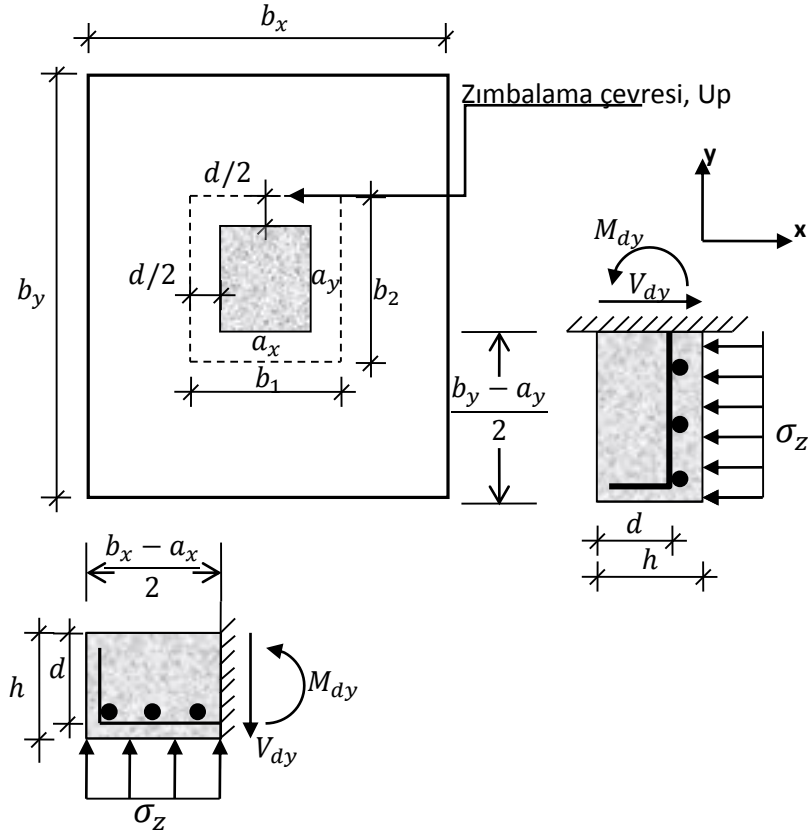
Temel konsollarında eğilme nedeni ile oluşan hesap kesme kuvveti eğik çekme dayanımını aşmamalıdır ($V_d \leq V_{cr}$). Temel iki doğrultuda eğilmeye çalıştığından V_{cr} hesabında kullanılan 0.65 katsayısı yerine 1.0 alınması daha uygun olmaktadır. Aşağıda verilen serbest cisim diyagramından V_d hesaplanıp V_{cr} ile karşılaştırılır.

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

$$V_{crx} = 1.0f_{ctd}b_yd \quad V_{cry} = 1.0f_{ctd}b_xd$$

olduğundan, sağlaması gereken koşul;

$$V_{dx} \leq V_{crx} \quad , \quad V_{dy} \leq V_{cry}$$



6. Eğilme Momenti Kontrolü yapılarak Donatı Hesaplanır:

Her iki doğrultuda kritik kesitlerdeki momentler ve donatı hesaplanır.

İki doğrultuda konsol gibi çalıştığı varsayılan temelde eğilme güvenliği sağlanmalıdır. Bunu sağlamak için her iki doğrultuda da hesaplanan k_{mx} ve k_{my} değerleri donatı oranı 0.002' ye karşılık gelen k_m değerinden büyük ya da eşit olmalıdır.

$$m_{dx} = \frac{\sigma_z}{2} \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right)^2 b_y \quad m_{dy} = \frac{\sigma_z}{2} \left(\frac{b_y - a_y}{2} \right)^2 b_x$$

$$k_{mx} = \frac{m_{dx}}{b_y d^2} \quad ve \quad k_{my} = \frac{m_{dy}}{b_x d^2}$$

sağlanması gereken koşul;

$k_{mx} \geq k_m$ ve $k_{my} \geq k_m$ olmalıdır. Bu koşul sağlanınca, donatı hesaplanır.

$$A_{sx} = \frac{m_{dx}}{f_{yd}(0.86)d} \quad A_{sy} = \frac{m_{dy}}{f_{yd}(0.86)d}$$

Bu tür temel sistemlerinde her iki doğrultuda da donatı aralıkları eşit alınabilir. Donatı hesaplarında kullanılan faydalı yükseklik her iki doğrultuda ortalama bir değer olarak eşit alınabilir.

B) NORMAL KUVVET + MOMENT ETKİSİNDE

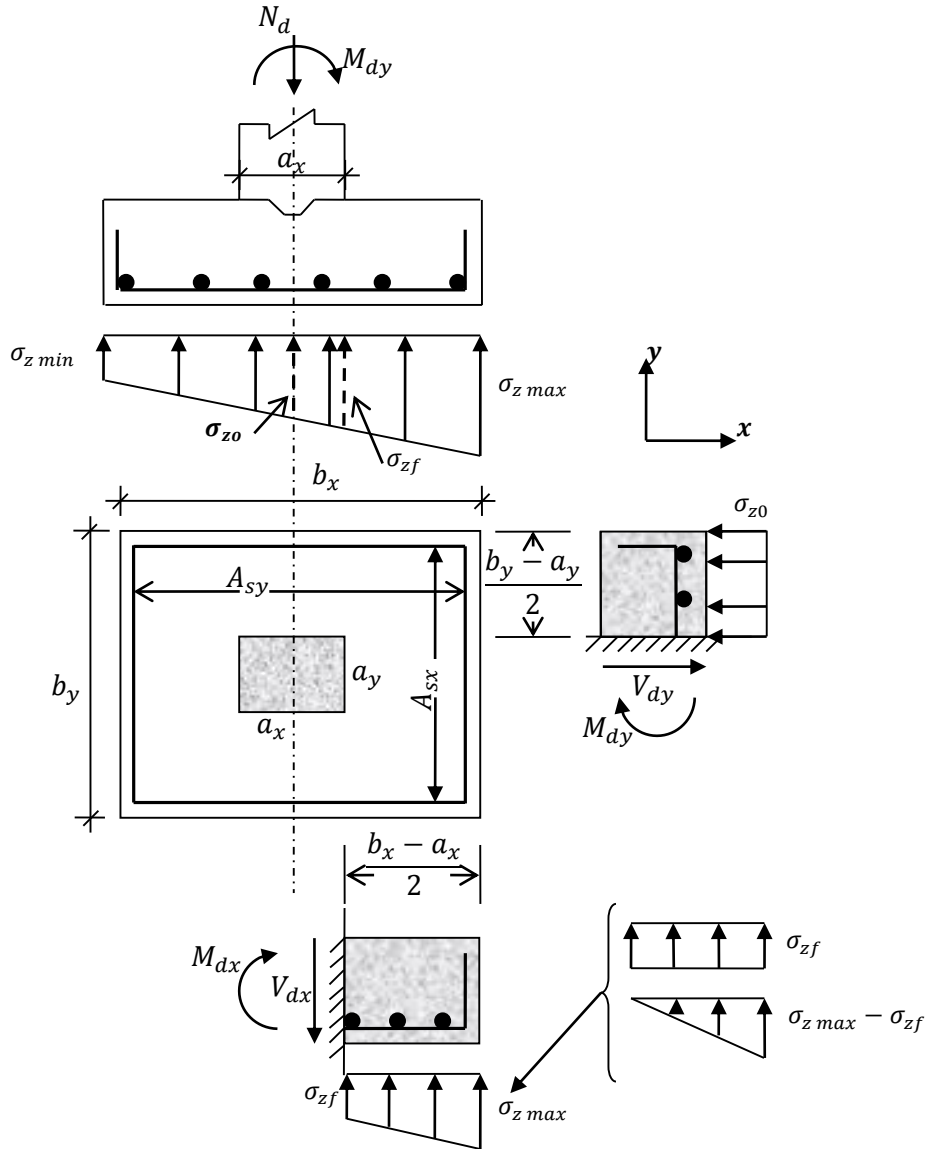
Tekil temel projelendirilmesinde, **momentin ihmal edilemeyecek kadar büyük olduğu durumlarda** temel altındaki zemin gerilmesinin eşit yayılı olmadığı varsayılır. Bu durumda temel boyutları kare bile olsa iki doğrultudaki moment ve kesme kuvvetleri değişik olacaktır. Moment ve kesme için kritik kesit kolon yüzünde alınacak, zımbalama çevresi ise $d/2$ uzaklığında oluşacaktır. Bu tür temel hesabının yukarıda verilenden tek farkı, zeminde düzgün olmayan gerilme dağılımıdır. X ve Y yönünde oluşan dışmerkezliliğin, temelin o yöndeki boyutunun $1/6$ 'sından küçük olduğu durumlarda zemin gerilme dağılımı yamuk, büyük olduğu durumlarda ise üçgen olmaktadır. Üçgen dağılım durumunda temelin bir bölümünde zemin gerilmesi oluşamayacağından, genelde dışmerkezliliğin o yöndeki boyutunun $1/6$ 'sından küçük tutulmasına özen gösterilmelidir. Bu tür temellerin hesabında izlenecek yol aşağıda verilmektedir:

- Yaklaşık olarak temel boyutları (b_x ve b_y) belirlenir. Bunun için $b_x b_y > N_d / f_{zu}$ olarak dikkate alınır.
- Dışmerkezlilik ve kritik dışmerkezlilik hesaplanır.
- $e_x = M_{dx} / N_d$ ve $e_{kr} = b_x / 6$ (burada eğilmenin x yönünde olduğu kabul edilmiştir.) $e_x < e_{kr}$ olmalıdır.
- Temelin altında oluşan max. ve min. zemin gerilmeleri hesaplanır.

$$\sigma_{z \max, \min} = \frac{N_d}{A} \pm \frac{M_{dx}}{I_x} \left(\frac{b_x}{2} \right) = \frac{N_d}{b_x b_y} \pm \frac{M_{dx}}{\frac{1}{12} b_y b_x^3} \left(\frac{b_x}{2} \right) = \frac{N_d}{b_x b_y} \left(1 \pm \frac{6e_x}{b_x} \right)$$

Buradan da ortalama zemin gerilmesi; $\sigma_{zo} = \frac{\sigma_{zmax} + \sigma_{zmin}}{2}$

Kolon yüzündeki zemin gerilmesi ise; $\sigma_{zf} = \sigma_{zmax} - \left[\frac{\sigma_{zmax} + \sigma_{zmin}}{b_x} \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right) \right]$



- Kalınlık için bir varsayım yapılarak **net zemin dayanımı hesaplanır.**

$f_{zn} = f_{zu} - 18h$ Eğer $\sigma_{zmax} \leq f_{zn}$ ise, tamam. Aksi halde b_x değiştirilerek işlem tekrarlanır.

- **Zımbalama denetimi yapılır:**

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

$$V_{pr} = \gamma(f_{ctd})u_p(d) \quad \text{ve} \quad u_p = 2(b_1 + b_2) \quad \text{olarak hesaplanır.}$$

$V_{pd} \leq V_{pr}$ ise seçilen kalınlık yeterlidir. Aksi halde temel kalınlığı artırılarak hesap tekrarlanır.

- **Kesme denetimi yapılır:**

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

$$V_{crx} = 1.0 f_{ctd} b_y d \quad \text{ve} \quad V_{cry} = 1.0 f_{ctd} b_x d$$

burada da eğer $V_{dx} \leq V_{cr}$ ise tamam, aksi halde h 'yı değiştirmek gerekir.

Y yönünde ise ortalama zemin gerilmesi kullanılabilir.

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

Burada da $V_{dy} \leq V_{cry}$ ise tamam. Aksi halde temel kalınlığı artırılmalıdır.

- **Donatı hesaplanır:**

X yönünde konsola etkiyen zemin gerilmesi yamuk biçimindedir. Bu da şekilden görüldüğü gibi düzgün yayılı ve üçgen olmak üzere iki bileşkeye ayrılabilir. Konsol momenti bu iki bileşke için ayrı ayrı bulunup toplanabilir.

$$m_{dx1} = \sigma_{zo} \frac{1}{2} \left(\frac{b_y - a_a}{2} \right)^2 b_y$$

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

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

$$m_{dx} = \frac{(b_x - a_x)^2}{24} b_y [2\sigma_{z \max} + \sigma_{zf}]$$

Buradan,

$$k_{mx} = \frac{m_{dx}}{b_y d^2} \text{ dir.} \quad \text{Eğer} \quad k_{mx} \geq k_m \quad \text{ise tamamdır.}$$

$$\text{Donatı; } A_{sx} = \frac{m_{dx}}{f_{yd}(0.86)d}$$

Y yönünde ise;

$$m_{dy} = \sigma_{zo} \left(\frac{b_y - a_y}{2} \right)^2 \frac{1}{2} b_x \quad \text{olur.} \quad \text{Donatı; } A_{sy} = \frac{m_{dy}}{f_{yd}(0.86)d}$$

bağıntısıyla hesaplanarak, yönetmeliğe uygun şekilde yerleştirilir.

Örnek : Tekil Temel Hesabı

Malzeme : C20- S420, Zemin emniyet gerilmesi : $q_{em}=360 \text{ kN/m}^2$

Kolon boyutları: 70x70cm, Kolon yükleri : $N_d = 4500 \text{ kN}$,

$$e_{min} = 15 \text{ mm} + 0.03h = 15 \text{ mm} + 0.03 \times 700 = 36 \text{ mm} :$$

$$M_{dx} = e_{min} N_d = 0.036 \times 4500 = 162 \text{ kNm}$$

a) Temel boyutlarının seçimi ve Zemin gerilmesi denetimi:

$$f_{zu} = 1.5 \sigma_{zem} = 1.5 \times 360 = 540 \text{ kN/m}^2$$

$$b_x b_y = \frac{N_d}{f_{zu}} = \frac{4500}{540} = 8.33 \text{ m}^2 \quad : \quad b_x = b_y = \mathbf{3m} \text{ seçildi}$$

$$b_x b_y = 9 \text{ m}^2 > 8.33 \text{ m}^2$$

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

$$\sigma_{zmax} = \frac{N_d}{A} + \frac{M_{dx}}{I_x} \left(\frac{b_x}{2} \right) = \frac{N_d}{b_x b_y} + \frac{M_{dx}}{\frac{1}{12} b_y b_x^3} \frac{b_x}{2}$$

$$(\sigma_{zmax} \leq f_{zu}) ?$$

$$\sigma_{zmax} = \frac{4500}{9} + \frac{162}{\frac{1}{12} 3 \times 3^3} \times \frac{3.00}{2} = 608 \text{ kN/m}^2 > 540 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Boyutlar yeterli}$$

değil!

$b_x = b_y = 3.25 \text{ m}$ için;

$$\sigma_{zmax} = \frac{4500}{3.25^2} + \frac{162(1.625)}{\frac{1}{12} 3 \times 3.25^3} = 518 \text{ kN/m}^2 < 540 \text{ kN/m}^2 \quad \text{tamam.}$$

$$\text{Ortalama gerilme ; } \sigma_{zo} = \frac{N_d}{b_x b_y} = \frac{4500}{3.25 \times 3.25} = \mathbf{426 \text{ kN/m}^2}$$

b) Temel kalınlığı seçimi: $h=85$ cm seçildi ($d=80$ cm).

c) Zımbalama denetimi:

$$b_1=b_2=70+80=150 \text{ cm}$$

Zımbalama çevr.: $u_p = 4 \cdot 150 = 6.0 \text{ m}$, zımbalama alanı ise $A_p = 1.5 \cdot 1.5 = 2.25 \text{ m}^2$

$$V_{pd} = N_d - A_p \cdot \sigma_z = 4500 - 2.25 \cdot 426 = 3541.5 \text{ kN}$$

$$V_{pr} = \gamma(u_p) d f_{ctd} = 1 \cdot 6000 \cdot 800 \cdot 1 = 4800 \text{ kN}$$

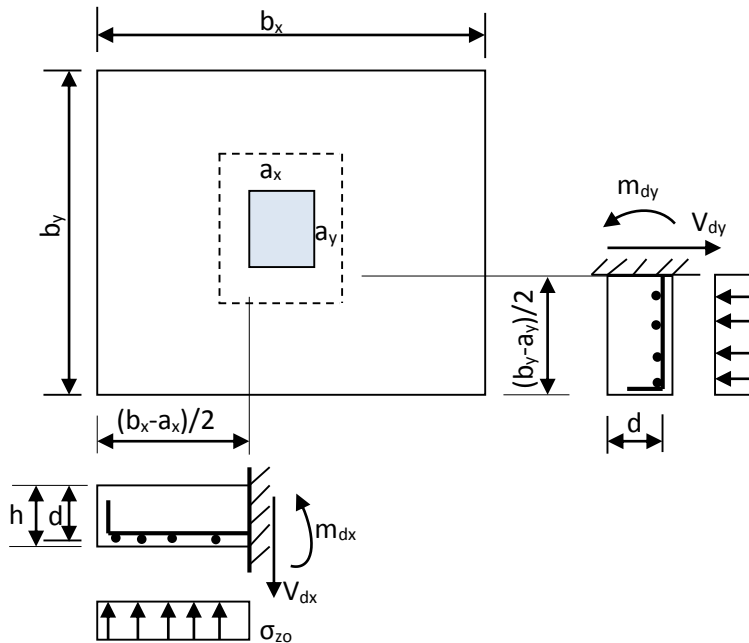
$V_{pd} = 3541.5 \text{ kN} < V_{pr} = 4800 \text{ kN}$ olduğundan zımbalama emniyeti sağlanmıştır.

d) Net zemin dayanımı denetimi:

$$f_{zn} = f_{zu} - 18h = 540 - 18 \cdot 0.85 = 524.7 \text{ kN/m}^2$$

$\sigma_{zmax} = 518 \text{ kN/m}^2 < f_{zu} = 524.7 \text{ kN/m}^2$ seçilen temel boyutları yeterlidir.

e) Kolon yüzünde kesme kuvveti :



$$V_{dx} = V_{dy} = V_d$$

$$V_d = \sigma_{zo} b (b-a)/2 = 426 \cdot (3.25) \cdot (3.25-0.7)/2 = 1765.2 \text{ kN}$$

$$V_{cr} = 1.0 \cdot f_{ctd} \cdot b_y \cdot d = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 3250 \cdot 800 = 2600 \text{ kN}$$

$V_d = 1765.2 < V_{cr} = 2600$ kN temel boyutları uygundur.

f) Donatı hesabı

$$b_x = b_y = b$$

$$m_{dx} = m_{dy} = m_d = \frac{\sigma_{zo}}{2} \left(\frac{b_x - a_x}{2} \right)^2 b_y = \frac{426}{2} \left(\frac{3.25 - 0.7}{2} \right)^2 3.25 = 1125.34 \text{ kNm}$$

$$A_{sx} = A_{sy} = \frac{m_d}{f_{yd} 0.86 d} = \frac{1125.34 * 10^6}{365 * 0.86 * 800} = 4481 \text{ mm}^2$$

$$\min A_{sx} = \min A_{sy} = 0.002 * 3250 * 750 = 4875 \text{ mm}^2$$

Seçilen donatı: 13Ø22 (4942 mm²) Donatı aralığı: $(325-5-5)/12 = 26$ cm

