

Perdeli Sistemler: Statik ve Betonarme Kesit Hesapları

Kat sayısı arttıkça yatay yer değiştirmelerin de buna bağlı olarak artması, yüksek yapılarda gerekli yatay rijitliği sağlayacak eleman kullanımını gerektirir. Bu bağlamda perdeler, çerçeve sistemlerin yatay yüklere karşı rijitliklerini gerekli değerlere çekebilmek açısından, yapı tasarımında oldukça sık kullanılan eleman olma özelliğini taşımaktadırlar.

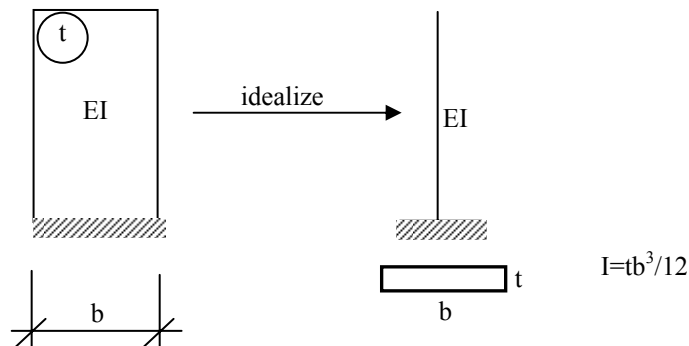
Çok katlı yapı tasarımının temel elemanlarından olan perdeler, gerek mimari gerekse statik açıdan tercih edilmektedir. Bilindiği gibi depreme dayanıklı yapı tasarımında taşıyıcı sistemin göçmeyecek şekilde ayakta kalması temel koşuldur. Bu da, sistemde önemli ölçüde enerji yutulması gerekliliğini beraber getirir. Betonarme perde ve çelik çerçevelerden oluşan sistemler, uygun biçimde tasarlandıklarında, diğer sistemlere oranla çok daha fazla enerji yutabilirler; bir başka deyimle yeterince sünek davranabilirler. Son zamanlarda yapılan teorik ve deneysel çalışmalar, bunun için **kuvvetli kolon-zayıf kiriş** prensibinin sağlanmasının çoğunlukla yeterli olduğunu göstermektedir.

Konsol Perdeler

Yüksek bir yapıda bulunan bir perde eğer düşeyde herhangi bir boşluk içermiyorsa (boşluk

oranı: $\sqrt{\frac{F_{\text{boş}}}{F}} \leq 0.40$) konsol kiriş davranışı gösterdiği kabul edilebilir. Konsol perdeler katlar

hizasında döşemelere bağlandıkları için yanal burkulma problemine maruz kalmayacaklardır. Bu durumda elemanların sadece eğilme ve kesme güvenliği sağlanacak şekilde boyutlandırılmaları yeterli olacaktır. Boyutlandırmada esas alınacak kuvvetlerin hesabında, sistemin eksenlerden idealize edilerek bir konsol kiriş gibi gözönüne alınması yeterlidir (Şekil1).



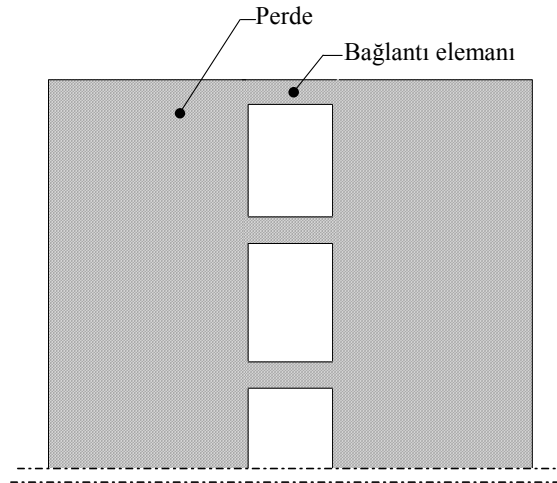
Şekil 1: Konsol Perdeler

Boşluklu Perdeler

Perdeli sistemlerde, kapı, pencere boşlukları bırakılması nedeniyle perde elemanlarda düşeyde bir süreksizlik meydana gelecektir. Perdeli sistemlerin özel bir hali olarak düşünülebilecek bu tür sistemlere boşluklu perdeler denilmektedir.

Bu durumda boşluklu perdeleri; iki perde duvarın, bağ elemanı diye adlandırılabilen kısa kirişlerle birbirlerine bağlandığı perde sistemler olarak tanımlamak mümkündür (Şekil 2). Bu bağ elemanları; kimi kez döşeme plağının bu kısmı, kimi kez çubuk davranışında kirişler, kimi kez de çubuk davranışına uymayan perde parçalarıdır (levha).

Genelde söz konusu bağ elemanlarının boyutları, gerek mimari zorunluluklar gerekse çözüm kolaylığı açısından tüm katlarda sabit olacak şekilde düzenlenir. Ancak bu durumda boşluklu perdelerin bağ elemanları bazı bölgelerde (perdeye saplandığı kesimler) yetersiz kalabilir. Yeterli olup olmayacağına karar vermek bakımından, bağ elemanlarının plastik davranışlarının da bilinmesi gerekir.

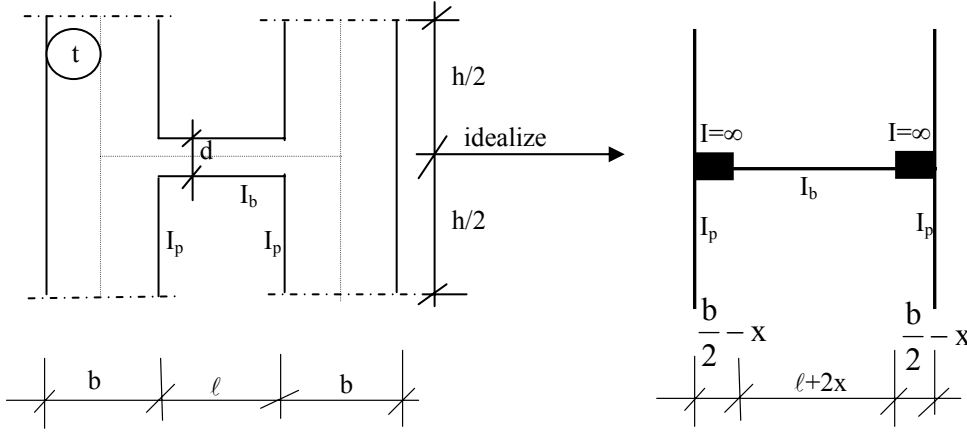


Şekil 2: Boşluklu Perde

Statik hesaplarda kolaylık olması açısından eşdeğer çerçeve yöntemi önerilmektedir. Boşluklu perdelerin eşdeğer çerçeve olarak hesabı için ise literatürde kabul görmüş iki yaklaşım önerilebilir:

I.Yaklaşım (S.Pala ve G.Özmen,1995)

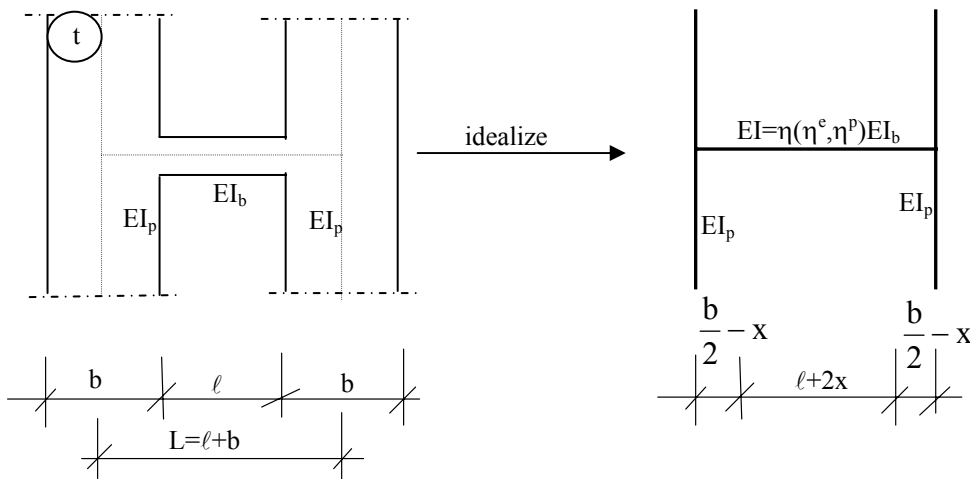
Yaklaşımında, perde içerisinde kalan bağ elemanlarının belirli bir kısmı sonsuz rijit alınması ile elde edilen bir statik sistem önerilmiştir.



$$\frac{x}{d} = (2.3 - 0.22\gamma)e^{-0.78\alpha}; \quad \alpha = \frac{b}{h}, \quad \gamma = \frac{h}{d}$$

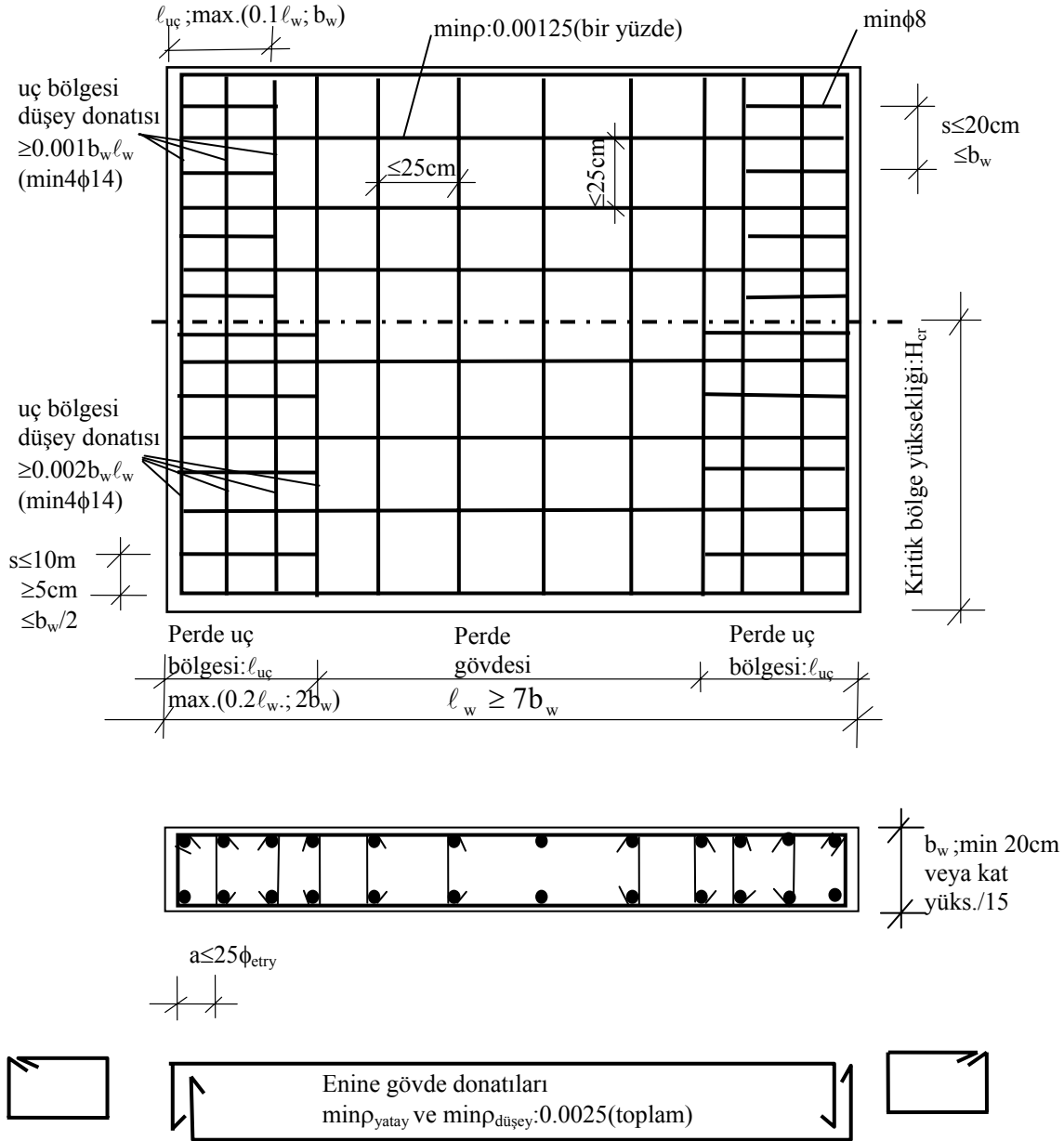
II.Yaklaşım (Z.Polat,1996 ve B.Doran)

Yaklaşımında, bağ elemanının eşdeğer rijitliği tüm geometrik ve mekanik parametrelerin bir fonksiyonu olarak, elastik çözümler için $\eta^e = \eta^e(d,b,h,\ell,L,t,E,G,\mu)$, elastik ötesi çözümler için ise $\eta^p = \eta^p(d,b,h,\ell,L,t,E,G,\mu, \sigma_c, f_c)$ şeklinde istatistik yaklaşımla tesbit edilecek çarpan olmak üzere, L açıklıklı, kesiti L boyunca sabit fiktif çubuğun rijitliğinin (η) katı olarak tanımlanmıştır:



$$\eta^e = 1.9 \left(\frac{h}{\ell} \right)^{0.03} \left(\frac{b}{\ell} \right)^{1.70} \left(\frac{d}{\ell} \right)^{-0.60}; \quad \eta^p = 1.5 \left(\frac{h}{\ell} \right)^{0.03} \left(\frac{b}{\ell} \right)^{1.70} \left(\frac{d}{\ell} \right)^{-0.51} \left(\frac{\sigma_c}{f_c} \right)^{-0.35}$$

Betonarme Kesit Hesapları



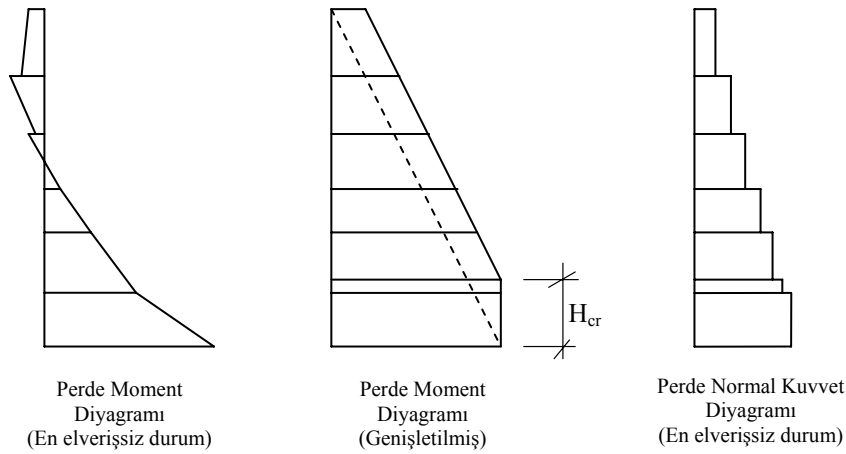
Şekil 3: Donatı Düzeni

BA perdeler uzun kenarın kalınlığa oranı en az 7 olan düşey taşıyıcı elemanlardır. Bu tür elemanlarda eğilme etkisinde uç bölgelerde meydana gelecek zorlanmaları dikkate alabilmek için uç bölgeleri oluşturulur ve bu bölgeler kolon kesitine benzer şekilde boyutlandırılır. Perdenin geriye kalan kısmı ise gövde bölgesidir ve bu kesimde de minimum koşullara bağlı kalınarak yatay ve düşey donatı ağı öngörülür (Şekil 3). Konsol perdelerin en zorlanan kesimi temele mesnetlendiği

kesim olacağından temel üst kotundan itibaren toplam perde yüksekliğinin belirli bölgesi, perde kritik bölgesi ($2\ell_w \geq H_{cr} \geq \max\{\ell_w; H_w/6\}$) olarak belirlenir ve bu bölgede donatı koşulları ağırlaştırılır. Eğer $H_w/\ell_w > 2$ ise kritik perde yüksekliğince perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/12 sinden az olmamalıdır. Eğer perde alanı büyükse; V_t : taban kesme kuvveti, $\sum A_g$:deprem kuvveti doğrultusundaki toplam perde alanı, $\sum A_p$: binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamı olmak üzere,

$$V_t / \sum A_g \leq 0.5f_{ctd} \quad \sum A_g / \sum A_p \geq 0.002$$

koşullarının beraberce sağlanması durumunda boyuna ve enine toplam gövde donatısı oranı 0.0015 değerine indirilebilir. Ancak enine donatı aralığı 30cm yi geçmemelidir.



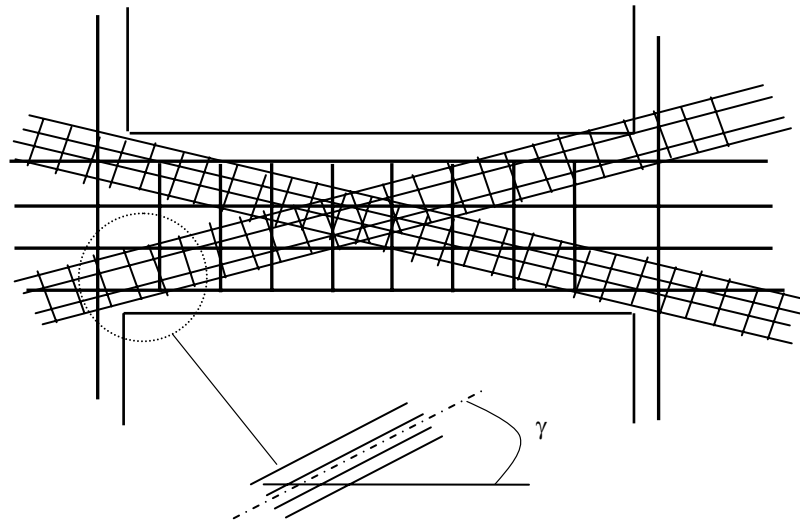
Şekil 4: Perde kesit tesirleri

Betonarme kesit hesabında, en elverişsiz duruma ait perde eğilme momenti diyagramı genişletilecektir; kritik perde yüksekliği boyunca eğilme donatısı sabit olarak devam ettirilecek, kritik perde yüksekliğinin sona erdiği kesitin üstünde ise perde tabanında ve tepesinde hesaplanan momentleri birleştiren doğruya paralel olan moment diyagramı perde kesit hesaplarında esas alınacaktır (Şekil 4). Perdelerin uç bölgelerde meydana gelecek zorlanmaları dikkate alabilmek amacıyla oluşturulan uç bölgeler kolon gibi donatılacaktır. Gövde kesitinde ise uç bölgesinde bulunan donatının 1/6 sının düşey doğrultuda (her iki yüzde) bulundurulabilir. Taban kesiti ve kritik bölge üst ucunda $n=N/bhf_{cd}$ (boyutsuz normal kuvvet) ve $m=M/bh^2f_{cd}$ (boyutsuz moment) değerleri yardımıyla mekanik donatı yüzdesi uygun tablolar yardımıyla belirlenir ve en büyük değer esas alınarak ilgili kat için her iki yüzde (toplam) donatı miktarı bulunur. Bulunan uç donatısının 1/6 sı gövde de düşey doğrultuda düzenlenecektir. Ayrıca gerekli sünekliği sağlamak amacıyla yeterli miktarda enine donatı bulundurulacaktır (min $\rho = 0.00125$ -bir yüzde). Diğer kat seviyelerinde de

benzer hesap tarzı izlenecektir. Ayrıca kesme kuvveti kapasitesi nedeniyle tasarım kesme kuvveti için bir üst sınır konulmuştur:

$$V_d \leq 0.65f_{ctd}A_g + f_{yd}A_{sh} \text{ ve } V_d \leq 0.22f_{cd}A_g$$

Boşluklu perdelerde, dayanımı doğrudan etkileyen bağ elemanları ile perde elemanların beraber çalışmaları amaçlanır. Bağ elemanları için, ℓ (serbest açıklık) $\geq 3d$ ve $V_d \leq 1.5f_{ctd}b_w d$ koşulları sağlanıyorsa bu elemanlar kiriş gibi donatılabileceklerdir. Aksi halde kesme ve eğilme etkilerini karşılayabilmek için $A_{sd} = V_d / (2f_{yd} \sin \gamma)$ kesit alanına sahip en az dört çapraz donatı yerleştirilmelidir. Ayrıca bu donatılar, aralığı 10cm den az olmayan etriyelerle sarılacaktır. Bu donatı demetlerine ilave yatay ve düşey donatılar kullanılmalıdır (Şekil 5).



Şekil 5: Bağ Elemanı Donatı Düzeni

Radye Temeller

Kirişli ve kirişsiz tipte inşa edilebilen radye temeller, genellikle yapı ağırlığının büyük ya da zeminin taşıma gücünün düşük olduğu durumlarda tercih edilir. Aşağıda verilen kriterin sağlanması durumunda bu tip temel sisteminin seçilmesi önerilir:

$$A_T = \frac{\sum N}{\sigma_{net}}; \sigma_{net} = \sigma_{z,em} - \sigma_g; \sigma_g = \frac{\sum N_T}{A_T} \xrightarrow{\text{Kriter}} A_T > 0.70 \times \text{Yapı alanı}$$

Temel boyutları belirlenirken yapılması önerilen gerilme kontrolleri(G+Q±E durumu) ise,

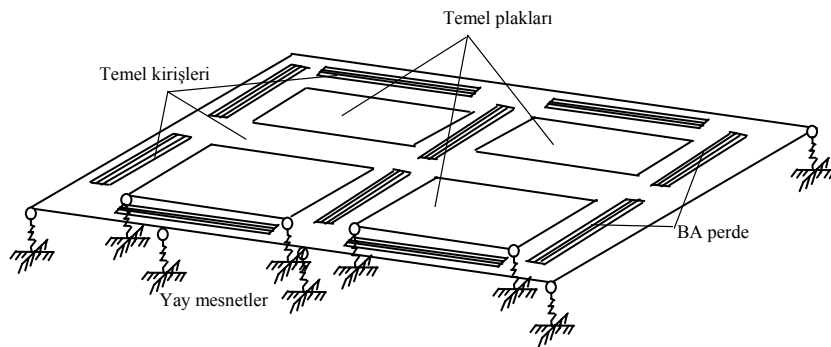
$$\sigma_{1,2} = \frac{\sum N_{G+Q \pm E_X}}{A_T} \pm \frac{\sum M_{o,X}}{W_X}; \sigma_1 < 1.5\sigma_{net}, \sigma_2 > 0$$

$$\sigma_{3,4} = \frac{\sum N_{G+Q \pm E_Y}}{A_T} \pm \frac{\sum M_{o,Y}}{W_Y}; \sigma_3 < 1.5\sigma_{net}, \sigma_4 > 0$$

Şeklinde. Burada $M_{o,X}$, $M_{o,Y}$, X ve Y doğrultularında kolon ve perde düşey yüklerinin temel ağırlık merkezine göre momentlerini, W_X , W_Y ise bu doğrultulardaki mukavemet momentlerini, N_T ise temel ağırlığını ($h_T \times A_T \times 25$) [kN] göstermektedir.

Kirişli Radye Temel

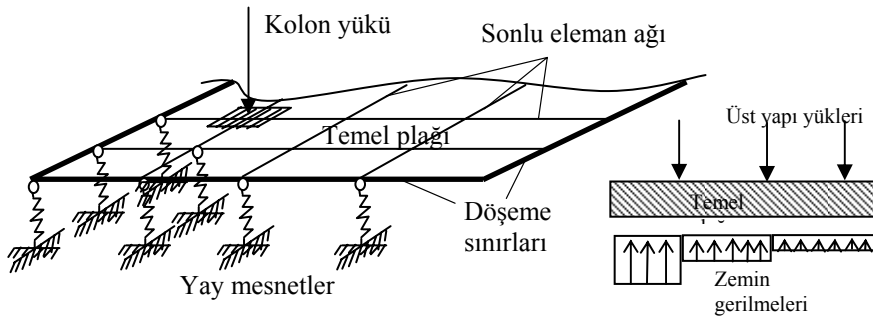
Bu tip temellerde, kolon ve perdeler kirişlerin üzerine oturtulur ve kirişler arasında teşkil edilen döşeme elemanlarla birbirine bağlanır (Şekil 6). Sistemin statik açıdan, elastik zemine oturan sürekli kiriş şeklinde çözümü önerilmektedir. Zeminin elastik özelliği birbirine sonsuz yakın yay mesnetlerle ifade edilir. Kesit tesirlerinin hesabından sonra elde edilen momentlere göre, kiriş ve döşeme elemanları için betonarme kesit hesabı bilinen herhangi bir yöntemle yapılabilir. Ancak kirişlere mesnetlenen döşemelerin aşağıdan yukarıya doğru yüklenmiş ters plak gibi çalışacağı unutulmamalıdır.



Şekil 6: Kirişli Radye Temel

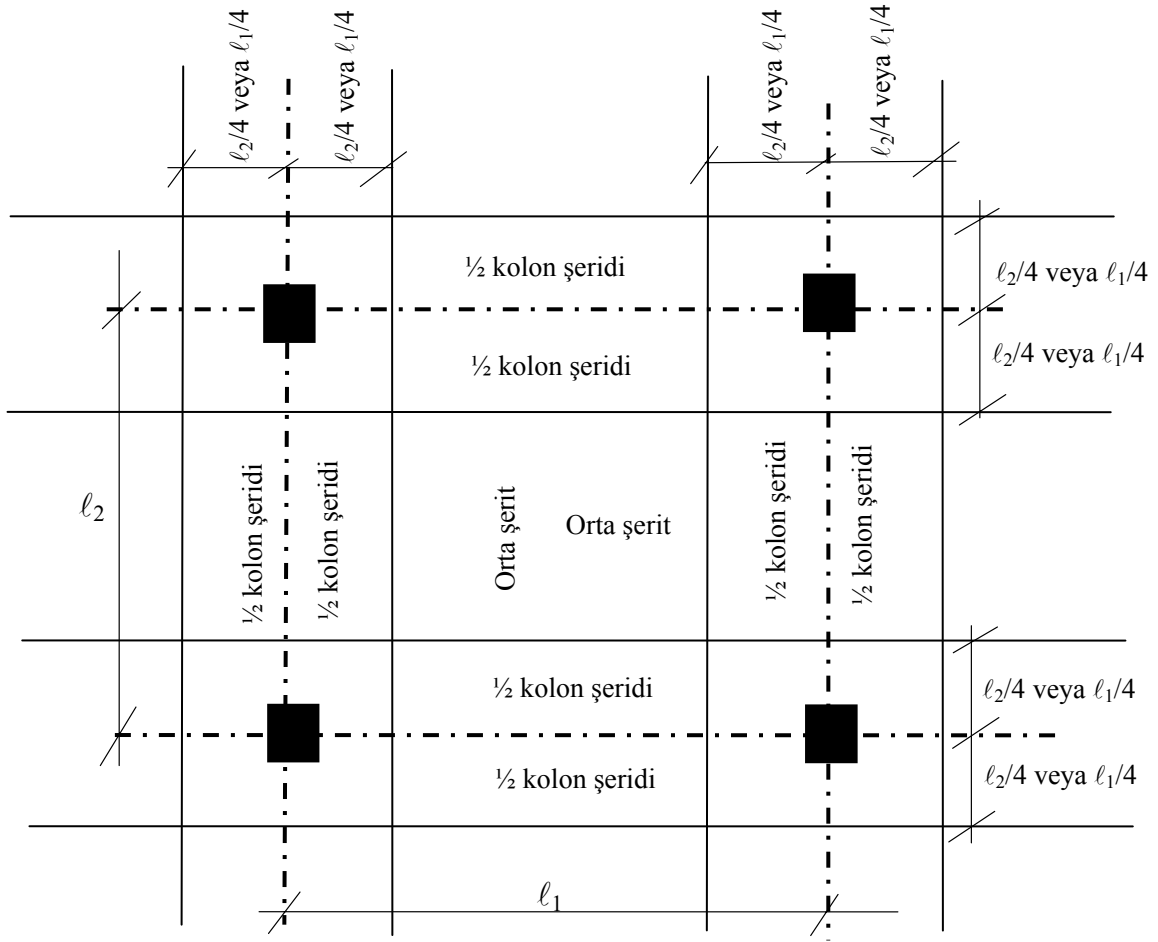
Kirişsiz Radye Temel

Yapı ağırlığı büyük ya da zeminin taşıma gücü düşükse bütün yapının altına tek bir plak temel yapılması uygun olur. Genelde temel altındaki zemin gerilmelerini küçültebilmek için temel, planda yapı oturma alanının bir miktar dışına taşırılır. Ayrıca imalat sırasında kolon ve perdeler doğrudan kirişler olmaksızın plağa oturtulur (Şekil 7). Bu yüzden zımbalama güvenliğinin sağlanması gereklidir. Sistemin statik açıdan hesabı için, zeminin elastikliği dikkate alınarak birbirine sonsuz yakın yaylara mesnetlenmiş plak çözümü önerilebilir.



Şekil 7: Kirişsiz Radye Temel

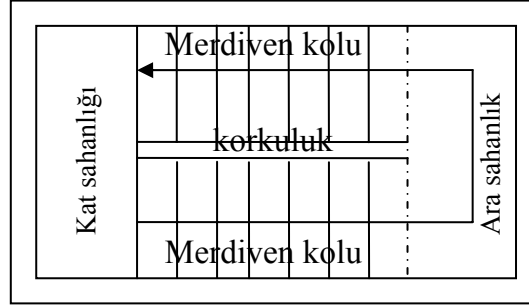
Temel plağı her iki doğrultuda kolon ve orta şeritlere ayrılır. En elverişsiz durum için yatay ve düşey yükler altında gerçekleştirilen çözüm sonrası genişlikleri bilinen bu şeritlere gelen eğilme momentleri bilinmektedir (Şekil 8). Bu kuvvetler altında sistemin betonarme kesit hesabı yapılırken, temel sistemi, plağa etkimesi muhtemel yükler dikkate alındığında (zemin gerilmeleri, ağırlık yükleri, kolon ve perde yükleri gibi) ters dönmüş kirişsiz döşeme olarak düşünülebilir ve hesaplar bu düşünce tarzına göre yapılabilir. Ancak mesnet kesiti olan kolonların civarında zımbalama etkisi için ilave tedbirler alınmalıdır. Plak çözümü yapılacağından hesaplanan eğilme momentleri 1 m genişliğe gelen momentlerdir, mesnet ve açıklık kesitlerindeki bu momentler dikkate alınarak 1 m genişliğinde, temel plağı yüksekliğinde bir dikdörtgen kesitin betonarme kesit hesabı yapılır.



Şekil 8

Merdivenler Statik-Betonarme Hesap Yöntemi ve Konstrüktif Esaslar

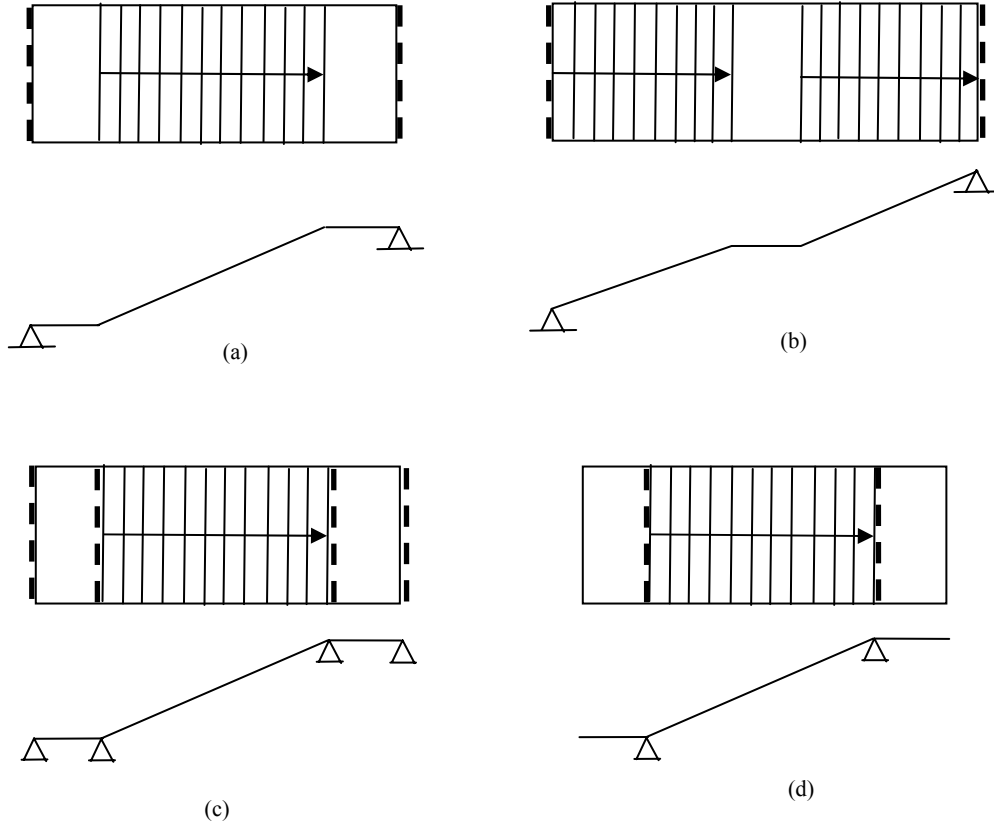
Merdivenler, katlar arası bağlantıları sağlayan ve özellikle hareketli yük iletimini gerçekleştiren yapı elemanlarıdır. Üç ana bölümden oluşmaktadır; basamakların bulunduğu eğimli merdiven kolu, yatay merdiven sahanlığı ve merdiven korkuluğu (Şekil 9).



Şekil 9: Sahanlıklı, düz kollu kıvrımlı merdiven sistemi

Merdivenler genellikle kullanım yerlerine, kullanılan malzeme türlerine, geometrilere ve taşıyıcı sistemlerine göre sınıflandırılırlar; iç merdivenler-dış merdivenler, taş merdivenler-betonarme merdivenler, sahanlıklı-sahanlıksız-düz kollu-dönel kollu merdivenler, taşıyıcı basamaklı-kıvrımlı sistem-çevresel mesnetli helisel merdivenler gibi. Burada sadece sahanlıklı, düz kollu kıvrımlı betonarme merdivenlerden bahsedilecektir.

Yönetmelikler, merdivenin kullanılabilirlik koşulu olarak bir koldaki basamak sayısını sınırlı tutmaktadır. Bu yüzden yüksekliği belirli bir değeri aşan merdivenlerde merdiven kolları sahanlık adı verilen plak taşıyıcılara mesnetlendirilir. Merdiven kol veya kollarının eğimli sahanlık plaklarının ise yatay olduğu dikkate alınırsa birleşim yerinde bir kıvrım olacağı aşikardır. Akla ilk gelen çözüm kıvrım kenarı boyunca bir sahanlık kirişi düzenlemektir. Bu durumda statik sistem basitleştirilerek sürekli plak şeklinde ele alınabilir. Ancak sahanlık kirişi, merdiven plağı altında sarkarak görünümü bozduğu için istenmez. Plakların mesnetlenme şekli bu tip merdivenlerin taşıyıcı sistemlerinin belirlenebilmesi açısından oldukça önemlidir. Şekil 10 (a) ve (b)'de merdivenler, iki ucundan duvar veya taşıyıcı bir elemana mesnetlendirilmiştir. Merdiven kolu ve sahanlık yan yüzleri tamamen boştaadır. Hali ile bu elemanlar tümüyle boyuna doğrultuda çalışırlar. Şekil 10 (c) ve (d)'de ise merdivenler, iki ucundan duvara veya taşıyıcı elemanlara, kıvrım bölgelerinde ise bir sahanlık kirişine mesnetlidirler. Bu durumda yine merdiven kolları ve sahanlık plakları sadece düşey doğrultuda çalışan bir sürekli kiriş şeklinde ele alınabilir.



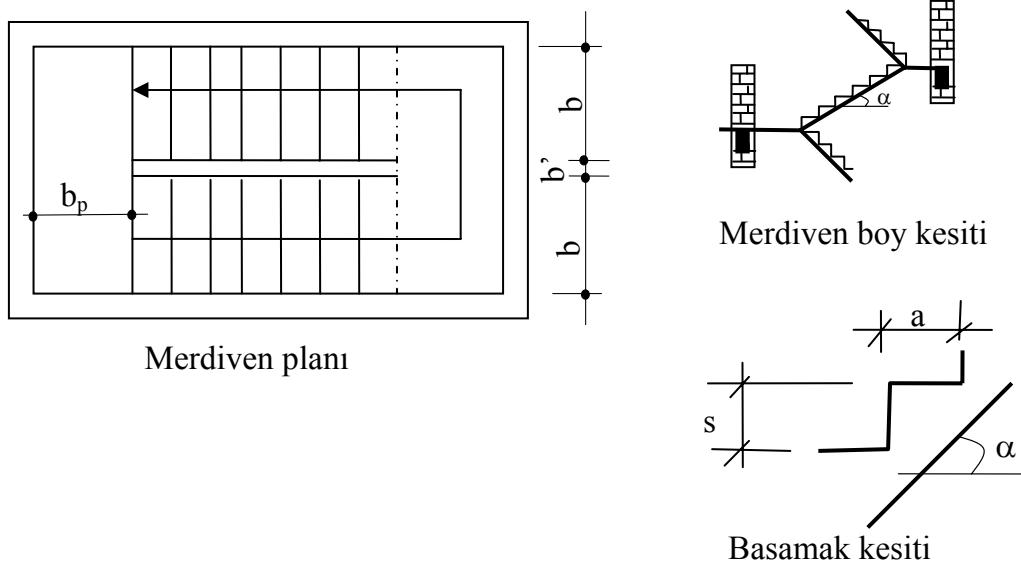
Şekil 10: Kıvrımlı plak merdiven taşıyıcı sistemleri

Geometrik Esaslar

Daha önce de belirtildiği üzere merdivenlerin taşıyıcı sistemleri mesnetlenme durumuna göre belirlenir. Taşıyıcı sistem, konsol davranışı gösteren taşıyıcı basamaklı veya eğimli bir plak şeklinde oluşturulabilir. Uygulamada, merdiven kolu sadece bir kenardan kat sahanlık plağına ve diğer kenardan da ara sahanlık plağına mesnetlenen plak taşıyıcı sisteme sahip merdivenlere sık rastlanır. Ayrıca kat sahanlığı yerine bu kenarda bulunan bir kenar kirişe mesnetli şekilde düzenlenen taşıyıcı sistemler de mevcuttur. Her farklı taşıyıcı sistem için yük düzenlemelerinin de farklı olması gerektiği unutulmamalıdır. Mimari açıdan merdiven taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları ile ilgili bazı sınırlamalar bulunmaktadır. Merdiven boyutlarının (Şekil 11); merdiven genişliği (b), basamak genişliği (a), basamak yüksekliği (s), sahanlık genişliği (b_p), merdiven kovası genişliği (b') ve merdiven eğimi, mimari fonksiyonları yerine getirebilmesi için belirli sınırlar içerisinde seçilmesi gerekir (Tablo 1).

Tablo 1: Mimari boyutlar için sınırlamalar

Yapı türü	b (m)	s (mm)	a (mm)
Konut	1.2	180	270
Kamu binası	1.5	170	290
Hastane	2	160	300

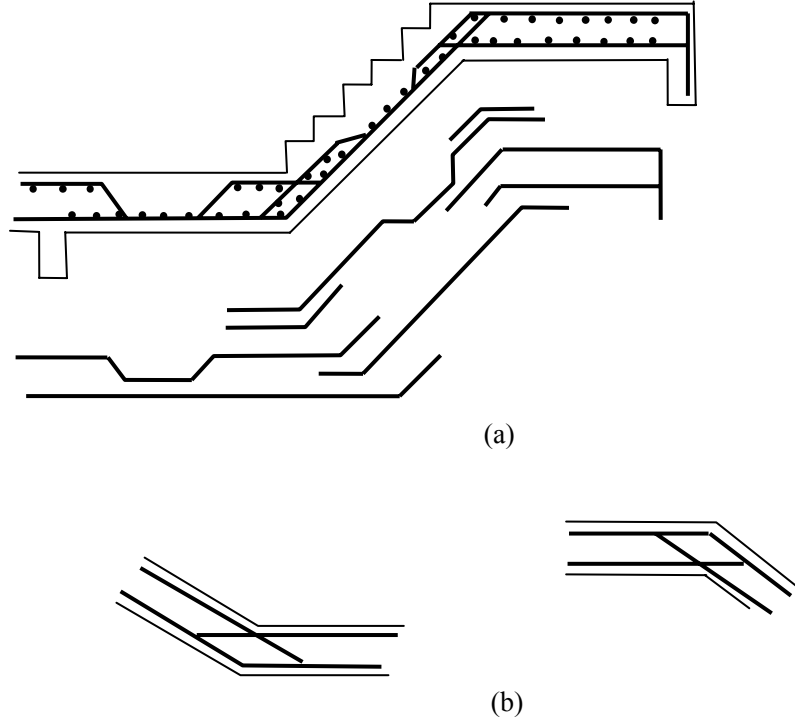


Şekil 11: Geometrik büyüklükler

Ayrıca eğim ve basamak boyutlarının, $\tan \alpha = s/a < 2/3$ ve $2s+a=620$ mm-640 mm şartlarını sağlaması gerekir. Merdiven sahanlık genişliğinin merdiven genişliği kadar olması yeterli sayılır. İki merdiven kolu arasındaki boşluğun (merdiven kovası) yaklaşık olarak 200-250 mm olması önerilir. Çıkış sırasında merdiven kolunda ve kolun sahanlığa birleştiği yerde 2-2.2 m arasında bir baş yüksekliğinin sağlanması istenir.

Kat sahanlığı ile merdiven kolunun birleştiği yerde kiriş bulunan bir merdiven sistemi için donatı detayı Şekil 12a'da gösterilmiştir. Kat sahanlığında ve merdiven kolunda çalışma doğrultusundaki bazı donatılar pliye ve bazıları düz donatı olarak düzenlenmiştir. Ara sahanlık plağında merdiven kolundan da yük gelebileceği düşünülerek alt ve üstte iki doğrultuda donatı yerleştirilmiştir. Şekil 12b' de ise kiriş olmaması durumu için donatı düzeni verilmiştir. Özellikle iç taraftaki donatı plak kalınlığı içinde devam ettikten sonra karşı yüzde kıvrılmıştır. Bunun nedeni, iç yüzde çekme

kuvveti alan donatının beton örtüsünü delerek çatlamaya yol açabilecek olmasıdır. Merdiven sisteminde donatı yerleşiminde, sistem elemanlarının yük aktarma durumu dikkate alınarak, tek veya çift doğrultuda çalışan döşemeler için verilen kurallara uyulması önerilir.



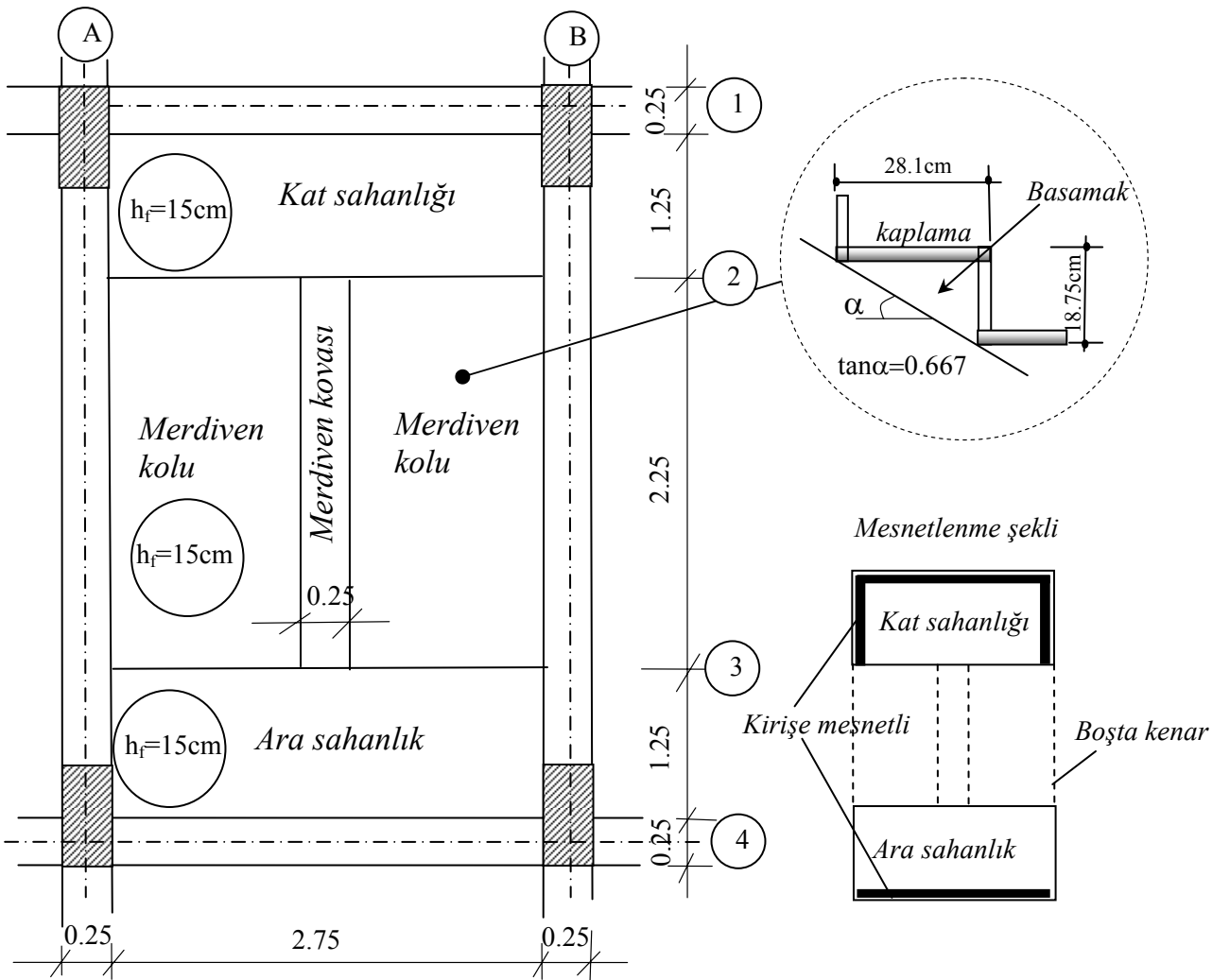
Şekil 12: Donatı düzenleri

Yük Analizi

Merdiven taşıyıcı sistemlerinin, çeşitli dış yükleri güvenle karşılayacak şekilde boyutlandırılması en önemli koşuldur. Bu bağlamda, boyutlandırılmada dikkate alınması gerekli olan yükler sabit ve hareketli yükler olarak sınıflandırılabilir. Deprem, sıcaklık, rötre gibi diğer dış etkilerin neden olacağı kesit zorları daha düşük olduğundan genelde hesaplarda dikkate alınmaz. Sabit yükler olarak, basamak ağırlığı, taşıyıcı plağın kendi ağırlığı, kaplama ve sıva ağırlığı sayılabilir. Hareketli yükler ise TS 498 den alınabilir. Tüm yükler yatay düzlemin birim alanına gelen yükler olarak düşünülmelidir.

Örnek

Şekil 13'de görülen iki düz kollu merdivende, kat sahanlığı üç kenarı sürekli, ara sahanlık ise bir kenarından sürekli (burulma rijitliği kuvvetli olmayan bir kirişe oturmaktadır) olarak mesnetlendirilmiştir. Bu durumda kat sahanlığı çift doğrultuda, ara sahanlık ve kol plakları ise bir doğrultuda yük aktaracaktır. Hesaplarda kat sahanlığının, kendi ağırlığı dışında merdiven kollarından aktarılan çizgisel yük ile yüklü olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca kat sahanlığı ile merdiven kolu arasındaki kesitin sadece normal kuvvet ve kesme kuvveti ilettiği, eğilme momenti taşımadığı kabul edilmiştir. Ancak donatı yerleşimi sırasında bu kesitte oluşması muhtemel eğilme momenti etkisi dikkate alınmalıdır.



Şekil 13: İki kollu kıvrımlı merdiven örneği

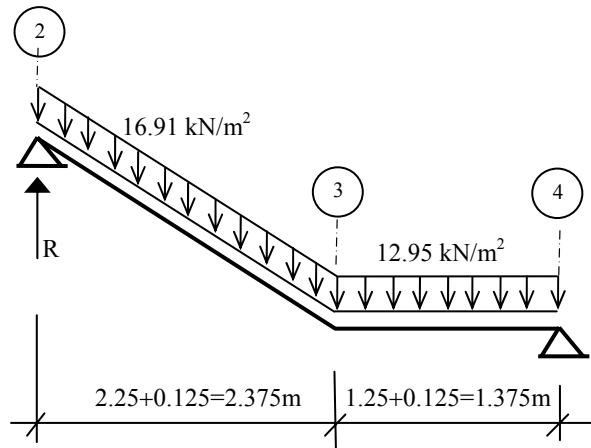
Yük analizi

Sahanlık plağı:

<i>Kendi ağırlığı</i>	0.15×25	$= 3.75$	kN/m^2
<i>Kaplama</i>	0.05×22	$= 1.1$	kN/m^2
<i>Sıva</i>		$= 0.40$	kN/m^2
Sabit yük	Σg	$= 5.25$	kN/m^2
Hareketli yük	q	$= 3.5$	kN/m^2

Merdiven plağı:

<i>Kendi ağırlığı</i>	$0.15 \times 25 / 0.83$	$= 4.52$	kN/m^2
<i>Basamak ağırlığı</i>	$0.1875 \times 22 / 2$	$= 2.06$	kN/m^2
<i>Sıva-kaplama</i>		$= 1.50$	kN/m^2
Sabit yük	Σg	$= 8.08$	kN/m^2
Hareketli yük	q	$= 3.5$	kN/m^2



Merdiven Plağı Statik ve Betonarme Hesapları

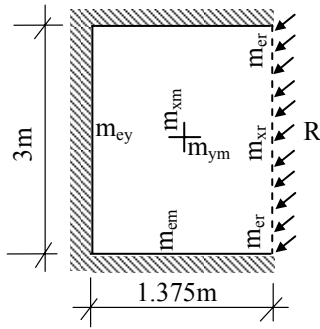
$$P_{d,kol} = 1.4 \times 8.08 + 1.6 \times 3.5 = 16.91 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{d,sah.} = 1.4 \times 5.25 + 1.6 \times 3.5 = 12.95 \text{ kN/m}^2$$

$$R_g = 14.44 \text{ kN/m}; R_q = 3.75 \times 3.5 / 2 = 6.6 \text{ kN/m}; R = 1.4R_g + 1.6R_q = 30.78 \text{ kN/m}$$

$$M_{açıklık} = 30.78^2 / (2 \times 16.91) = 28 \text{ kNm/m}; A_s \cong 1180 \text{ mm}^2/\text{m}; \phi 16 / 175 (1150 \text{ mm}^2/\text{m})$$

$$\text{Dağıtma donatısı: } 1180/5 = 236 \text{ mm}^2/\text{m}; \phi 8 / 200 (335 \text{ mm}^2/\text{m})$$

Sahanlık Plağı Statik ve Betonarme Hesapları

$$\ell_y / \ell_x = 1.375 / 3 = 0.458$$

$$\text{Düzgün yayılı yük etkisi: } P_{d,sah.} = 12.95 \text{ kN/m}^2$$

$$K = p \ell_x \ell_y = 12.95 \times 3 \times 1.375 = 53.4 \text{ kN}$$

$$\text{Çizgisel yük etkisi: } R = 30.78 \text{ kN/m}$$

$$K = R \ell_x = 30.78 \times 2.5 = 77 \text{ kN (hesapta gerçek merdiven kolları genişliği olarak 2.5m alınmıştır)}$$

Uygun tablolar kullanılarak, gerekli kesitlerdeki eğilme momentleri her iki yük durumu için bulunabilir.

Moment	m_{xr}	m_{xm}	m_{ym}	m_{er}	m_{em}	m_{ey}
Düzgün yayılı yük etkisi	22.3	45.4	-	-6.6	-15.79	-9.26
Çizgisel yük etkisi	7.4	-	-	3.6	-	-

$$M_i = K / m_i$$

$$M_{xr} = 53.4 / 22.3 + 77 / 7.4 = 12.8 \text{ kNm/m}$$

$$M_{xm} = 53.4 / 45.4 = 1.18 \text{ kNm/m}$$

$$M_{er} = -53.4 / 6.6 - 77 / 3.6 = -29.48 \text{ kNm/m}$$

$$M_{em} = -53.4 / 15.79 = -3.38 \text{ kNm/m}$$

$$M_{ey} = -53.4 / 9.26 \text{ kNm/m}$$

M_{xr} ve M_{er} uzun kenar doğrultusunda donatı hesabına esas olacak eğilme momentlerini, M_{ey} ise kısa kenar doğrultusunda esas alınacak eğilme momentidir. Hesaplarda pas payı 1.5 cm alınmıştır.

$$M_{xr}=12.8 \text{ kNm/m} \rightarrow A_s=519 \text{ mm}^2/\text{m} \rightarrow \phi 10/150 (524 \text{ mm}^2/\text{m})$$

$$M_{er}=-29.48 \text{ kNm/m} \rightarrow A_{s,ger}=1245 \text{ mm}^2/\text{m},$$

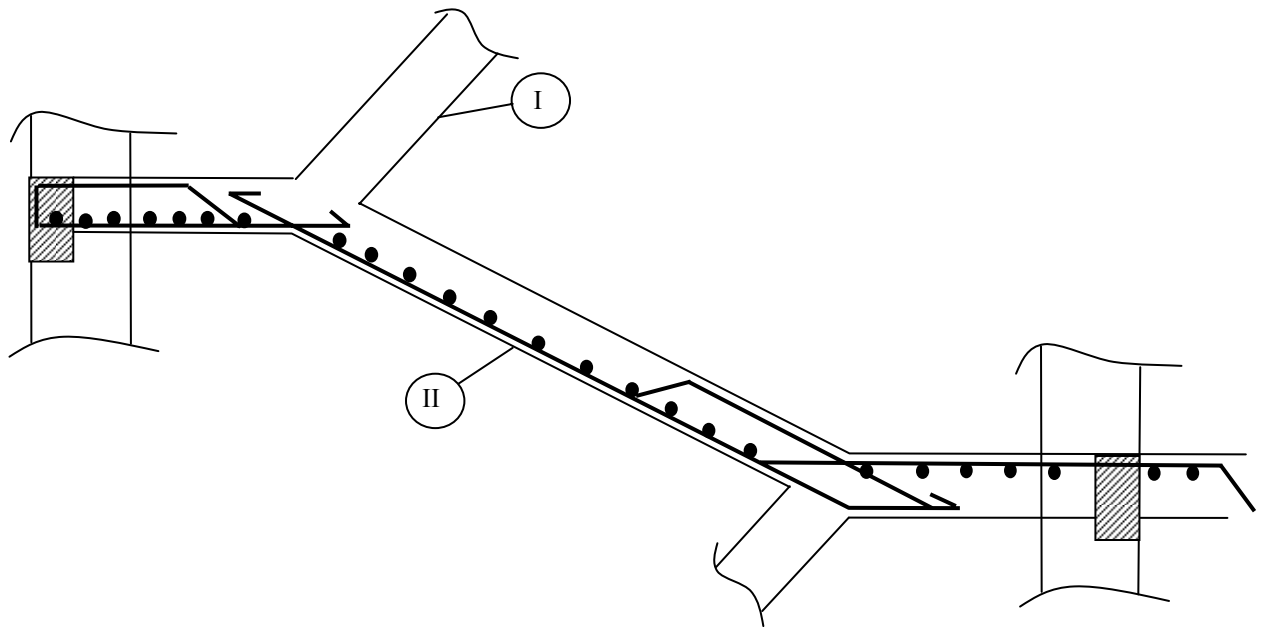
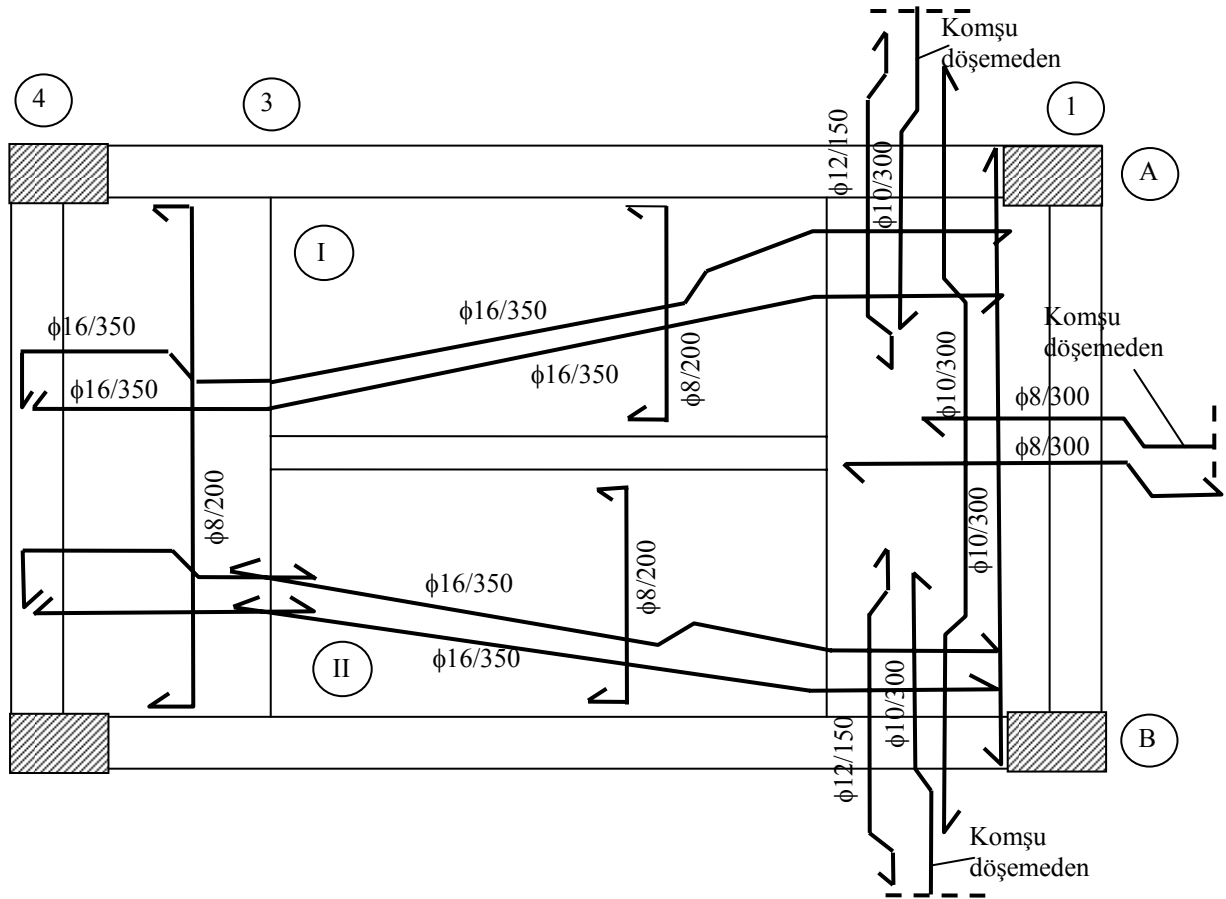
$$A_{s,mev} = \phi 10/300(\text{açıklıktan}) + \phi 10/300 (\text{komşu döşemeden})=524 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,ek}=721 \text{ mm}^2/\text{m} \rightarrow \phi 12/150 (754 \text{ mm}^2/\text{m})$$

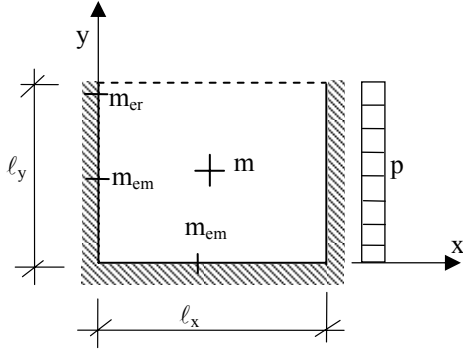
$$M_{ey}=-5.77 \text{ kNm/m} \rightarrow A_{s,ger}=230 \text{ mm}^2/\text{m},$$

$$A_{s,mev} = \phi 8/300 (\text{komşu döşemeden})=168 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,ek} = \phi 8/300$$

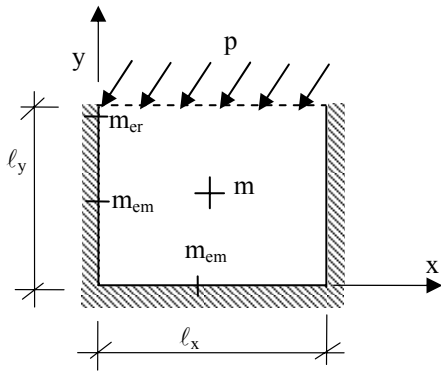


Tablolar



$$\text{Momentler: } M_i = K / m_i; \quad K = p l_x l_y$$

l_y/l_x	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
m_{xr}	77.8	46.4	26.7	21.3	19.8	19.7	20.9	22.4	24.3	26.4	28.5	31	33.4	35.8
m_{xm}	225	126	63.6	45.6	38.6	35.6	34.2	34	34.3	34.9	35.8	37	38.2	39.8
m_{vmax}	415	205	108	83.4	80	83.5	90.9	99.5	109	119	130	140	150	160
$-m_{xer}$	8.6	7.57	6.77	6.86	7.42	8.24	9.27	10.4	11.6	12.8	14.1	15.3	16.6	17.8
$-m_{xem}$	27.2	23	18.1	15.8	14.6	14.3	14.3	14.5	15	15.6	16.2	17	17.9	18.8
$-m_{vem}$	9.64	9.03	9.02	9.86	11.1	12.6	14.2	15.9	17.6	19.3	21.1	22.9	24.5	26.3



$$\text{Momentler: } M_i = K / m_i; \quad K = p l_x$$

l_y/l_x	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
m_{xr}	31.2	18.8	10.8	8.45	7.62	7.35	7.21	7.19	7.18	7.19	7.20	7.21	7.23	7.25
m_{xm}	93.6	53.2	28.5	22.4	21.4	22.5	26.1	31.2	38.6	48.3	63	83.4	111	150
$-m_{vm}$	21.8	12.2	14.3	16.7	19	21	23.6	26.8	30.7	36	42.6	51	62.1	76.5
$-m_{xer}$	3.96	3.17	2.47	2.22	2.14	2.12	2.14	2.16	2.19	2.21	2.24	2.27	2.31	2.34
$-m_{xem}$	13	13	11.6	11.8	13	15.3	19.2	25	33.5	46.3	66.3	98	155	250
$-m_{vem}$	5.03	4.95	5.72	7.76	11.2	18.7	32.9	64.1	130	270	-	-	-	-

Kaynaklar

1. Celep Z., Kumbasar, N., “Betonarme Yapılar”, Beta Dağıtım, İstanbul, 1998.
2. Köseođlu, S., “Merdivenler”, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 1992.
3. Çetmeli, E., “Çubuk Sistemler Plaklar ve Kabukların hesabı için Tablolar”, Pimaş