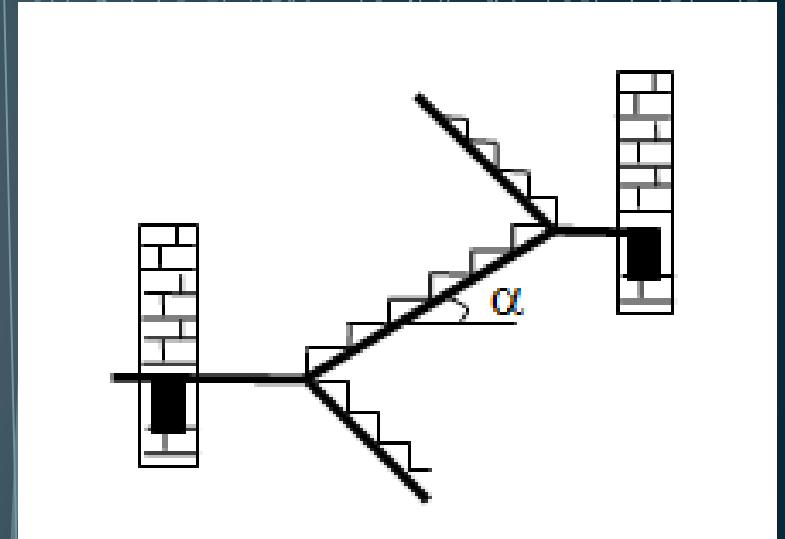


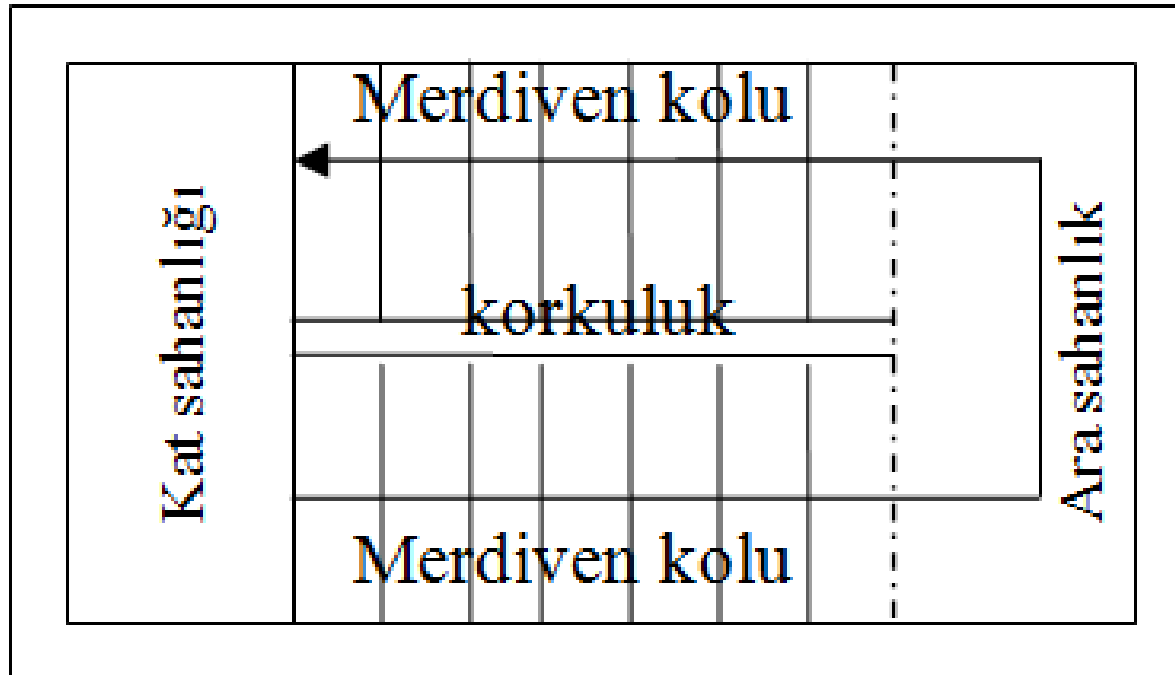
Merdiven Statik/Betonarme Hesabı



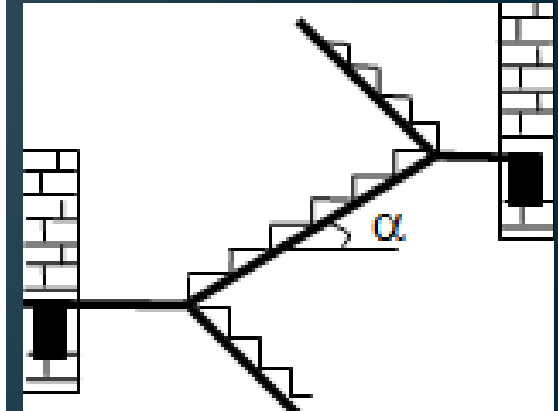
Prof. Dr. Bilge Doran

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.

«Karşılıklı Düz Kollu Kıvrımlı Sistem» Betonarme Merdivenler



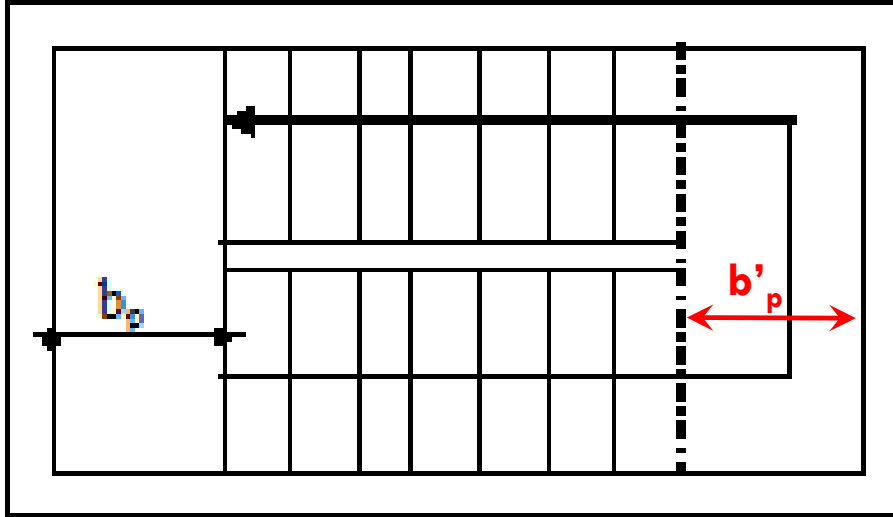
PLAN



KESİT

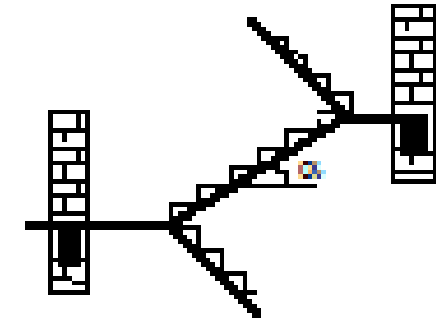
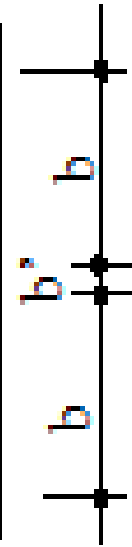
Ön Boyutlandırma: Geometrik Esaslar

(TS 3612)

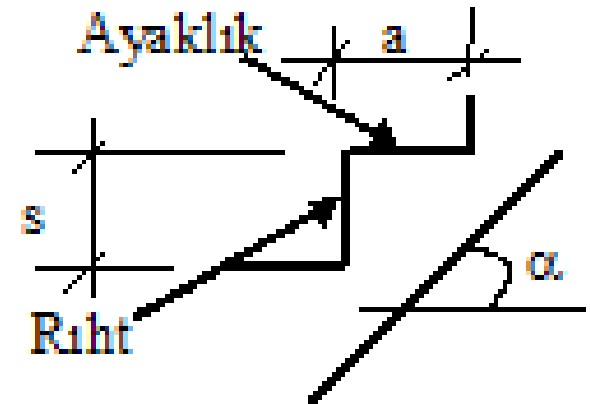


Merdiven planı

Yapı türü	b (m)	b' (m)	s (mm)	a (mm)
Konut	1.2	0.20	180	270
Kamu binası	1.5	0.25	170	290
Hastane	2	0.50	160	300



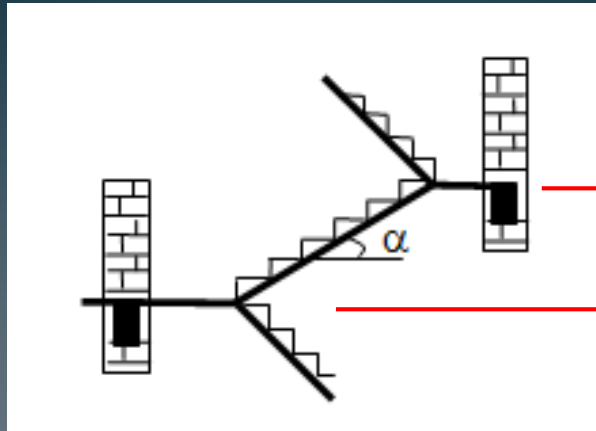
Merdiven boy kesiti



Basamak kesiti

$$\tan \alpha = s / a \leq 4 / 5 \text{ (En fazla 3 katlı yapıda)}$$

$$\tan \alpha = s / a \leq 2 / 3 \text{ (Diğer)}$$



$$h_L: h_{Kat}/2$$

«s» seçilir ve buna bağlı basamak sayısı belirlenir

$$n = h_L / s$$

Basamak sayısı en yakın tam sayıya yuvarlanır ve bununla gerçek basamak yüksekliği hesaplanır: $s = h_L / n$

Ancak gerçek basamak yüksekliğinin uygunluk denklemini sağladığı gösterilmelidir

$$2s + a = 620 \text{ mm} - 640 \text{ mm}$$

Yatık

(Normal)
 $\alpha = 30^\circ$

Dik

ÖRNEK:

$s=0.18$ m olsun; $n=1.5/0.18=8,33$ ise 8 adet

basamak alınabilir. Bu durumda gerçek

basamak yüksekliği,

$s=1.5/8=0.1875>0.18$ m olduğu için

basamak adedi artırılır: 9 basamak için

basamak yüksekliği,

$$s=1.5/9=0.167 \text{ m}$$

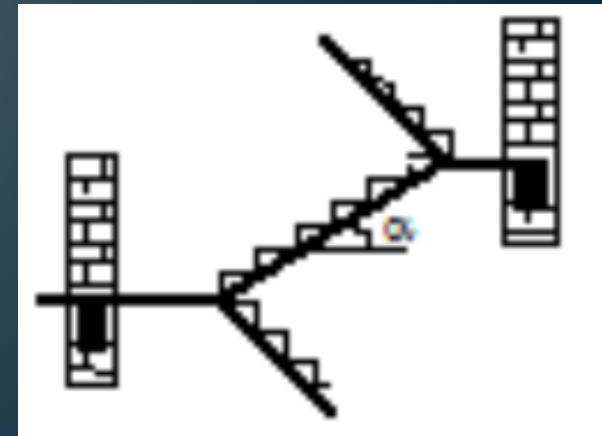
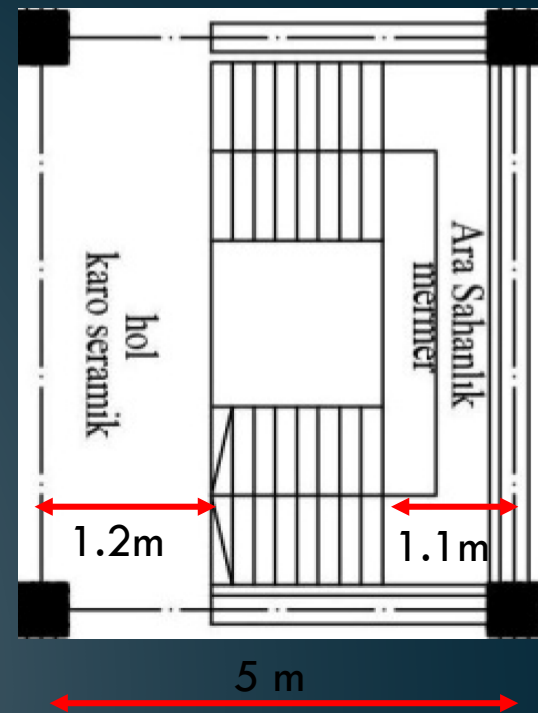
$$\tan\alpha=s/a=0.167/0.3=0.56$$

Uygunluk denklemi: $2 \times 167 + 300 = 634$ mm

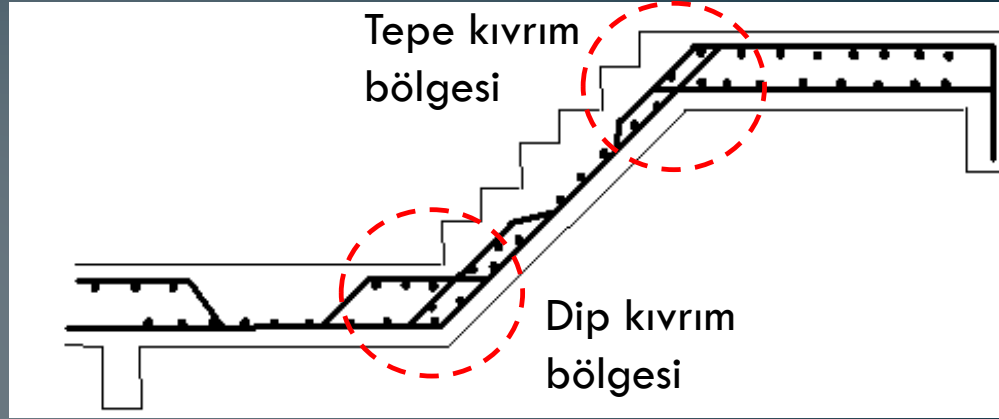
(normal eğimli merdiven)

Diğer taraftan merdiven eğimi:

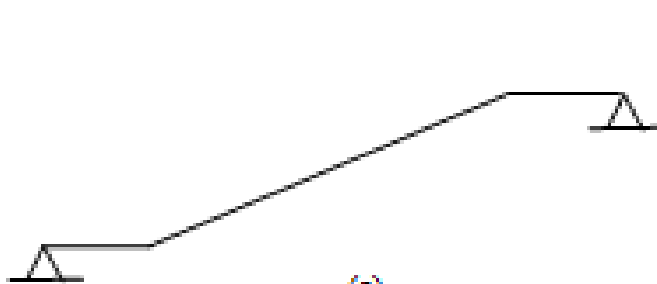
$$\tan\alpha=1.5/(5-1.2-1.1)=0.56$$



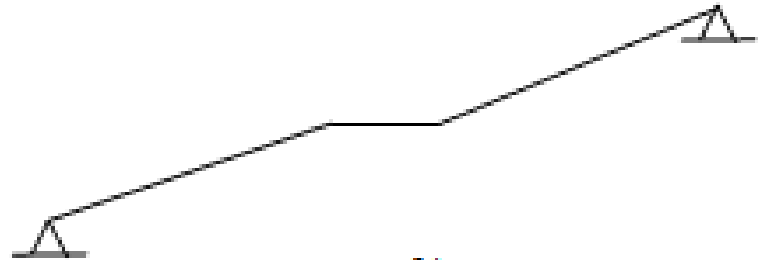
Yönetmelikler, merdivenin kullanışlılık koşulu olarak bir koldaki basamak sayısını sınırlı tutmaktadır. Bu yüzden yüksekliği belirli bir değeri aşan merdivenlerde merdiven kolları sahanlık adı verilen plak taşıyıcılara mesnetlendirilir. Merdiven kol veya kollarının eğimli sahanlık plaklarının ise yatay olduğu dikkate alınırsa birleşim yerinde bir kıvrım olacağı aşikardır.



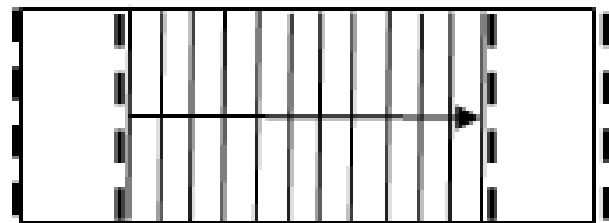
Akla ilk gelen çözüm kıvrım kenarı boyunca bir sahanlık kirişi düzenlemektir. Bu durumda statik sistem basitleştirilerek sürekli plak şeklinde ele alınabilir. Ancak sahanlık kirişi, merdiven plağı altında sarkarak görünümü bozduğu için istenmez. Plakların mesnetlenme şekli bu tip merdivenlerin taşıyıcı sistemlerinin belirlenebilmesi açısından oldukça önemlidir. Bir sonraki slaytta da merdivenler, iki ucundan duvar veya taşıyıcı bir elemana mesnetlendirilmiştir (Şekil a-b). Merdiven kolu ve sahanlık yan yüzleri tamamen boştaadır. Hali ile bu elemanlar tümüyle boyuna doğrultuda çalışırlar. Şekil c’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.



(a)



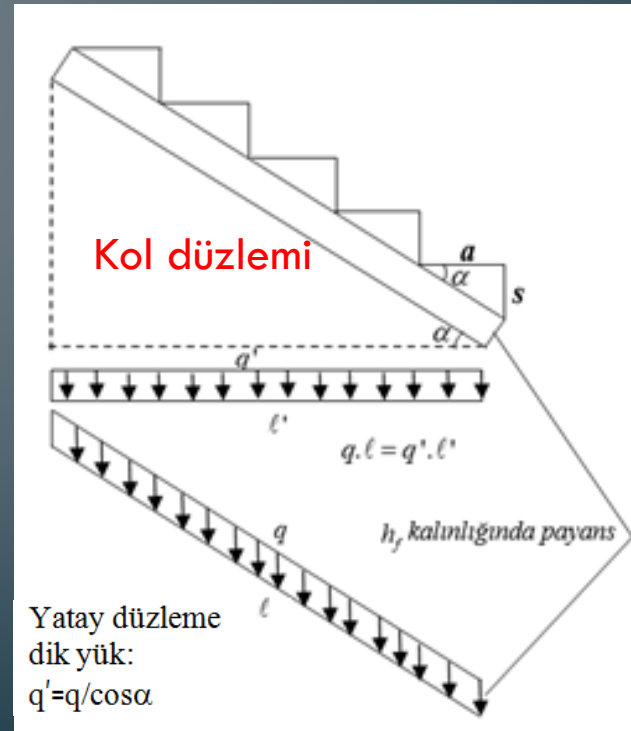
(b)



(c)

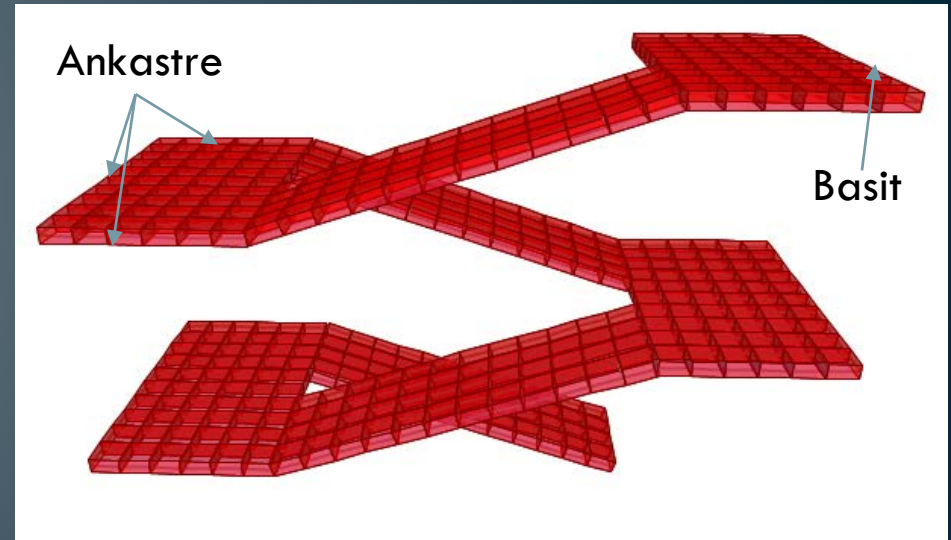
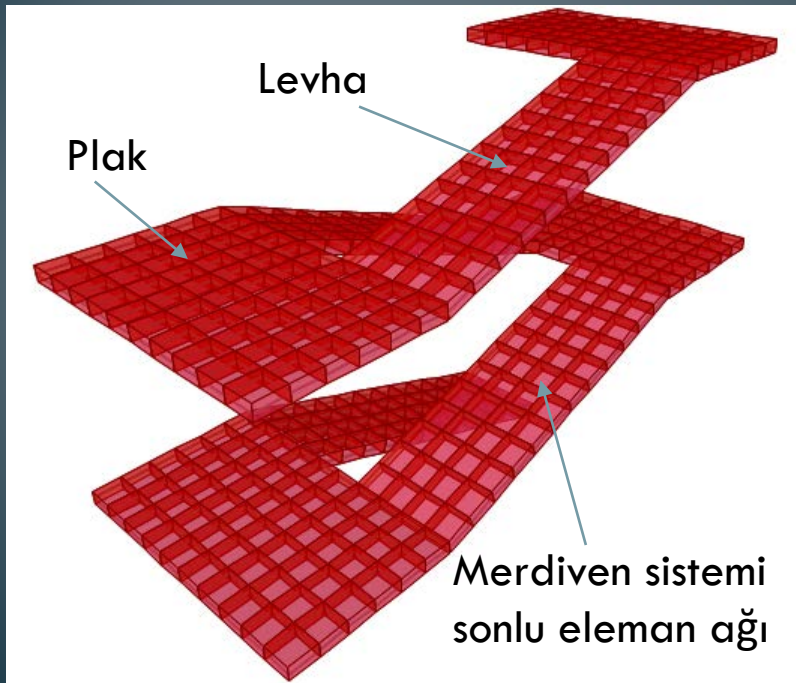
Yük Analizi

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.



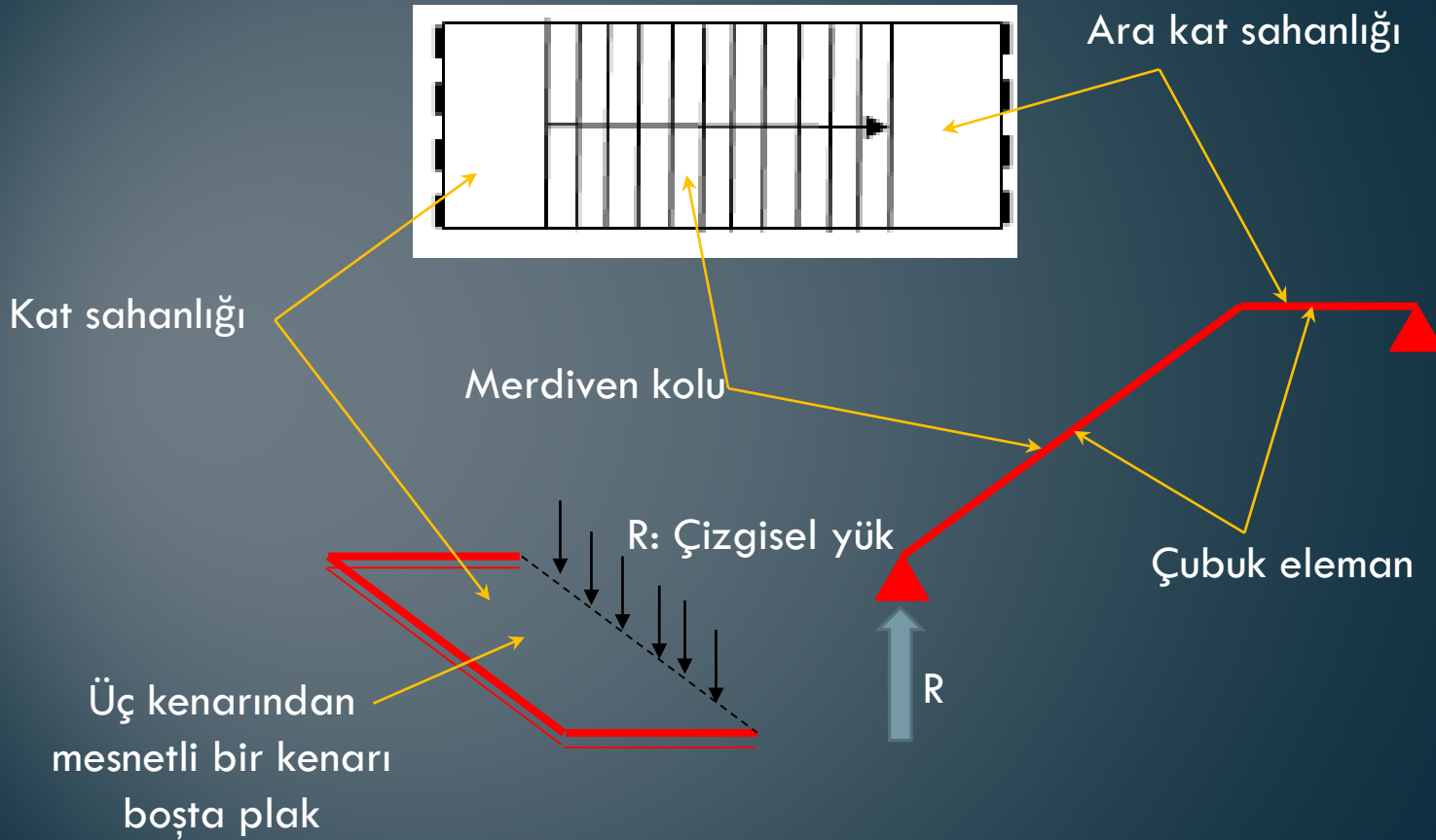
Kesit Kuvvetleri ve Kesit Momentlerin Hesabı

Kesin Çözüm: Sonlu Elemanlar Yöntemi

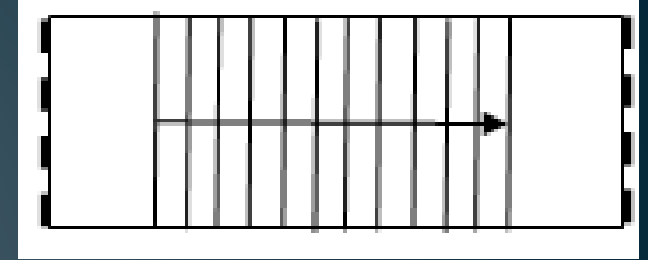
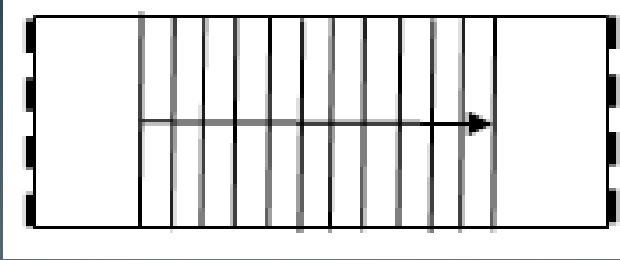


Yaklaşık Çözümler

a. Plak-çubuk yaklaşımı



b. Çubuk yaklaşımı



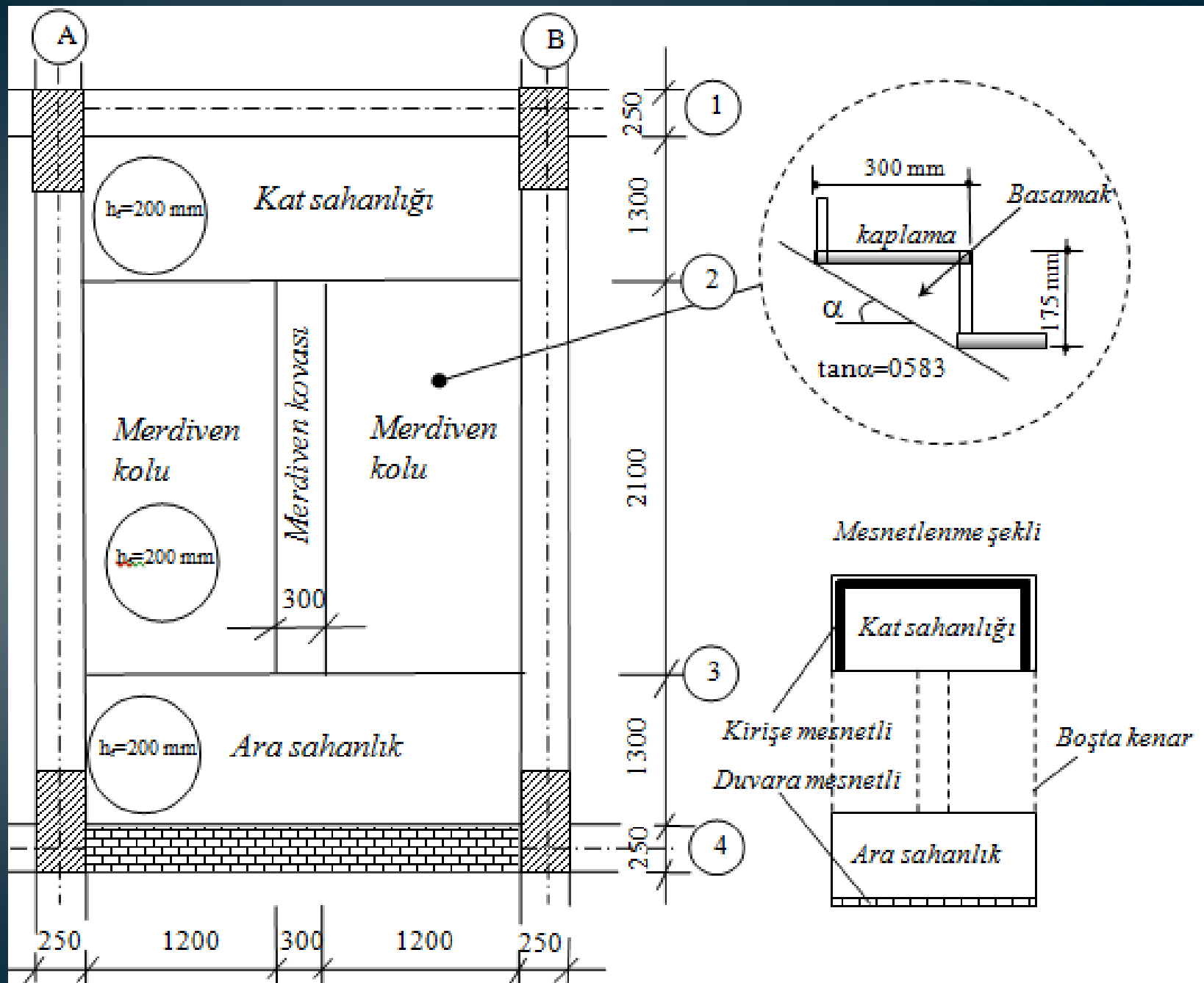
Kırık kiriş



Basit kiriş

Örnek

Şekilde görülen iki düz kollu merdivende, kat sahanlığı kat kirişine, ara kat sahanlığı ise duvara oturmaktadır. Kenarlar ise merdiven kol plağı boyunca boştaadır; basamaklar taşıyıcı değildir. Kol plağı ile sahanlık kalınlığı 200 mm dir. Statik çözümlemede basit kiriş yaklaşımı kullanılacaktır; merdiven kol plağı ve sahanlıklar basit kiriş gibi boyutlandırılacaktır.



Yük analizi

Hesaplarda, sıva, beton ve betonarme birim hacim ağırlıkları sırası ile 19 kN/m^3 , 23 kN/m^3 ve 25 kN/m^3 alınacaktır. Kaplama malzemesi olarak 30 mm kalınlığında karo mozaik ve 20 mm kalınlığında sıva ile beraber kullanılacaktır. Karo mozaikin birim hacim ağırlığı 22 kN/m^3 olarak verilmiştir. Hareketli yük 3.5 kN/m^2 dir. Statik çözümleme basit kiriş yaklaşımı ile yapılacağından tasarım yüklerinin ya yatay düzleme ya da merdiven kol plağı düzlemine dik olarak belirlenmesi gereklidir. Burada yükler yatay düzleme dik olarak alınmıştır.

Sahanlık plağı:

Kendi ağırlığı	25×0.20	$= 5$	kN/m^2
Kaplama	22×0.026	$= 0.572$	kN/m^2
Sıva	19×0.017	$= 0.323$	kN/m^2
Sabit yük	Σg	$= 5.90$	kN/m^2
Hareketli yük	q	$= 3.5$	kN/m^2

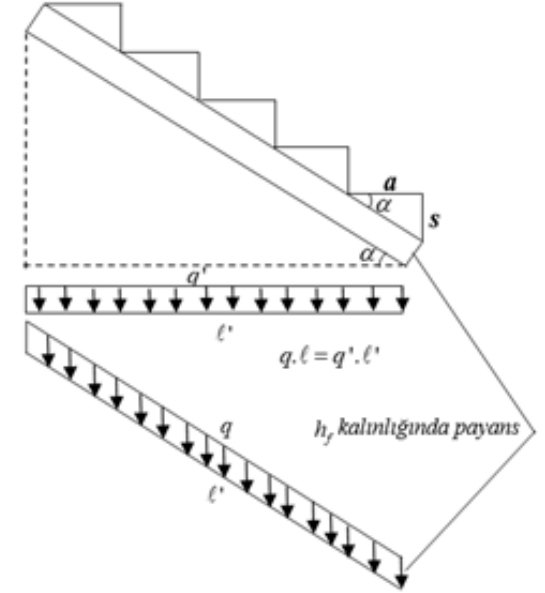
$$P_{d, \text{sah.}} = 1.4 \times 5.90 + 1.6 \times 3.5 = 13.86 \text{ kN/m}^2$$

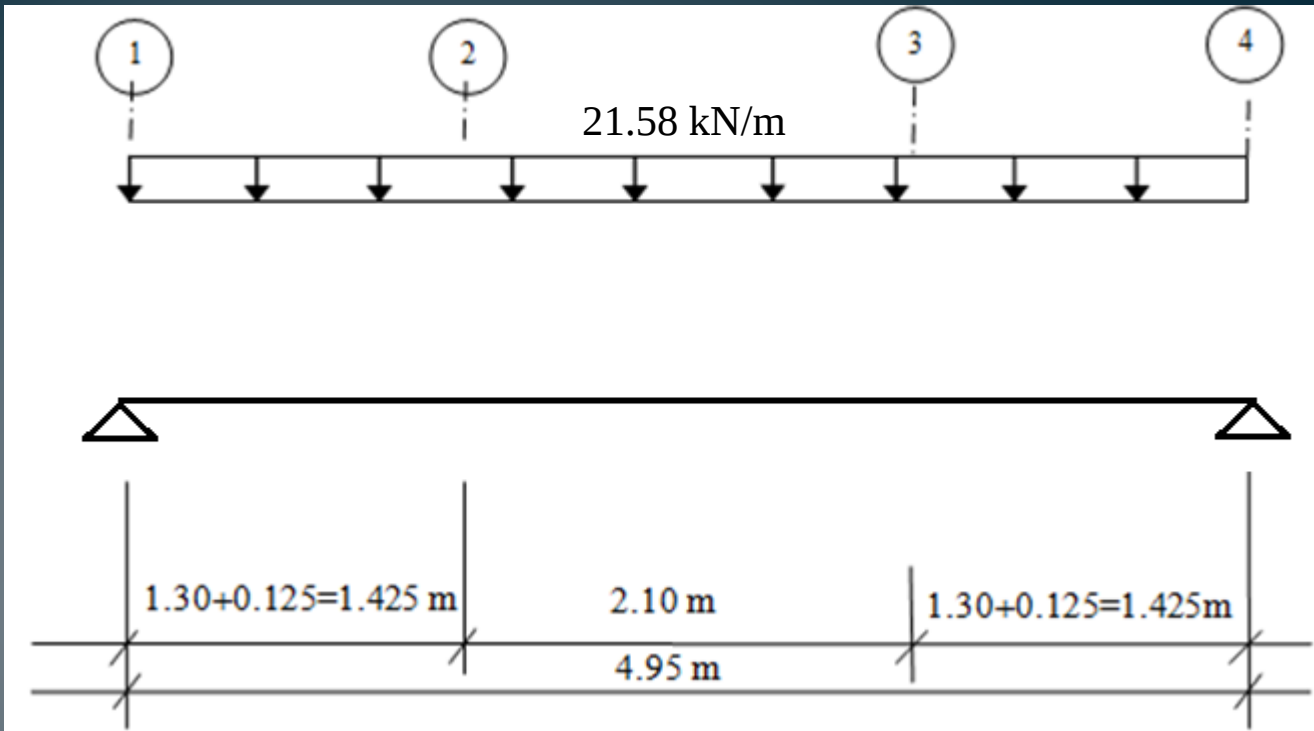
Merdiven kol plağı:

Kendi ağırlığı	$0.20 \times 25 / 0.864$	$= 5.79$	kN/m^2
Basamak ağırlığı	$0.175 \times 23 / 2$	$= 2.01$	kN/m^2
Siva	$19 \times 0.017 / 0.864$	$= 0.38$	kN/m^2
Kaplama	$22 \times 0.026 / 0.864$	$= 0.66$	kN/m^2
Sabit yük	Σg	$= 8.84$	kN/m^2
Hareketli yük	q	$= 3.5$	kN/m^2

$$P_{d,kol} = 1.4 \times 8.84 + 1.6 \times 3.5 = 17.98 \text{ kN/m}^2$$

Basit giriş çözümü ile yetinileceğinden tasarım yükü olarak merdiven kol plağı ile sahanlık plağı için yukarıda hesaplanmış yüklerden en büyüğü seçilmelidir. Hesaplanan tasarım yükü m^2 ye gelen yüküdür, bu yük merdiven genişliği ile çarpılarak, $P_d = 1.2 \times 17.98 = 21.58 \text{ kN/m}$ şeklinde hesaplarda dikkate alınacaktır.





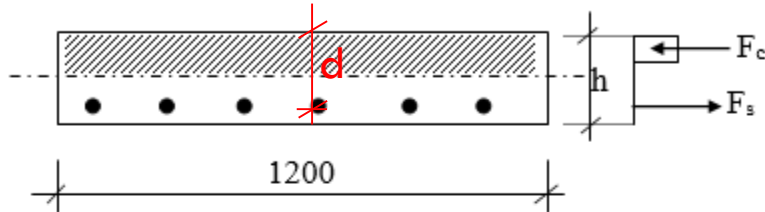
Tasarıma esas kesit tesirleri

Tasarım açıklık momenti:
$$M_d = \frac{21.58 \times 4.95^2}{8} = 66.10 \text{ kNm}$$

Tasarım kesme kuvveti:
$$V_d = \frac{21.58 \times (4.95 - 0.125 \times 2)}{2} = 50.71 \text{ kN}$$

Sahanlık Plağı – Merdiven Kol Plağı Statik ve Betonarme Hesapları

Çekme donatısı hesabı



$$h=200 \text{ mm}$$

$$d=200-15-7=178 \text{ mm}$$

Not: Kullanılacak ana donatı çapı 14 mm, örtü betonu kalınlığı 15 mm varsayılmıştır.

$$\Sigma M = 0 \rightarrow M_r = M_d = 0.85 \times 13 \times 1200 \times a \times (178 - a/2) = 66.10 \times 10^6 \text{ kNm}$$

$$a^2 - 356a + 9969.83 = 0 \rightarrow a = 30.65 \text{ mm}$$

$$\Sigma F = 0 \rightarrow F_c = F_s \rightarrow 0.85 \times 13 \times 1200 \times 30.65 = A_s \times 365 \rightarrow A_s = 1113.48 \text{ mm}^2$$

$$\text{Donatı adedi } n = \frac{1113.48}{153.94} = 7.23 \rightarrow 8 \text{ adet, Donatı aralığı } s = \frac{1200}{8-1} = 171.43 \text{ mm} \rightarrow 170 \text{ mm. Bu}$$

donatı 1200 mm genişliğindeki merdiven kol plağına 1/2 düz+ 1/2 pliye şeklinde yerleştirilecektir; $\phi 14 / 340$ düz + $\phi 14 / 340$ pliye. Kat sahanlık plağında, komşu döşemeden gelen donatılar yok kabul edilecek ve aplikasyonda komşu döşemeden gelen donatılara ilave olarak bu donatının tamamı plağın alt ve üst tarafına aynen konulacaktır. Ayrıca ana donatıya dik doğrultuda, çekme donatısı üzerine $\phi 8 / 300$ montaj donatısı kullanılacaktır.

Kayma donatısı hesabı

$V_d \leq V_r = 0.22 \times f_{cd} \times b_w \times d$ olmalıdır. Aksi halde kesit asal basınç gerilmeleri ezilmeye neden olur; kesit boyutları büyütülmelidir. $V_d = 50.71 \text{ kN} < 0.22 \times 1200 \times 178 \times 13 = 610896 \text{ N} = 610.90 \text{ kN}$ olduğundan bu koşul sağlanmıştır. Ayrıca,

$$V_d < V_{cr} = 0.65 \times f_{ctd} \times b_w \times d \times \left(1 + \gamma \frac{N_d}{A_c}\right) = 0.65 \times 1.07 \times 1200 \times 178 = 148559 \text{ N} = 148.56 \text{ kN}$$

olduğundan beton hesap kesme kuvvetini tek başına karşılamaktadır; kayma donatısı hesabına gerek yoktur.

