

BETONARME II

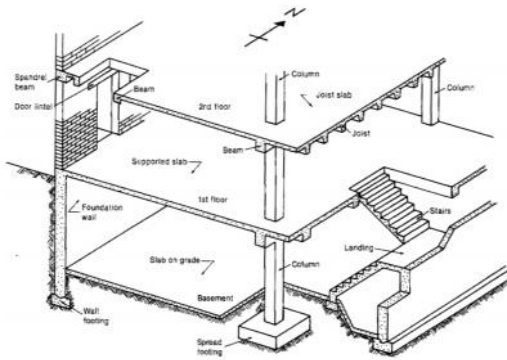
DOÇ. DR. MUSTAFA GENÇOĞLU

1

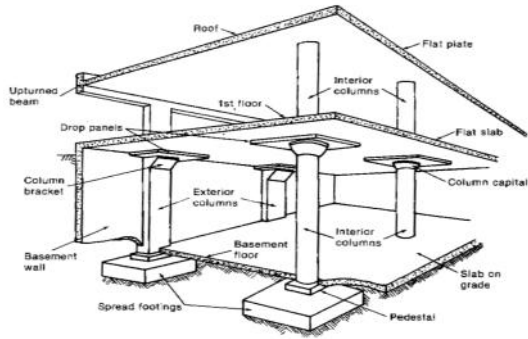
DÖŞEMELER (Slabs)

- Döşemeler, iki boyutlu plak taşıyıcı sistem elemanlarıdır.
- Taşıdıkları yükleri çevre taşıyıcı duvarlara veya kirişlere iletirler.
- Doğrudan kolonlara mesnetli döşemelerde, yükler döşemelere kolonlara iletilir. Bu tür döşemelere **Kirissiz Döşeme** denir.
- Mesnetlenme durumlarına bağlı olarak yükünü bir veya iki doğrultuda ileten döşemeler, **Kirişli Plak Döşemeler** olarak isimlendirilir.
- Diş olarak tanımlan sık paralel kirişler (40-50cm aralıklarla) ve üzerinde plakların bulunduğu döşeme sistemlerine **Dişli Döşemeler** olarak tanımlanır.

2



3



4

> Döşemeler, düzleminde etkiyen yatay yüklere karşı rijit olup, diyafram davranışı gösterir. Taşıdıkları hareketli yüklerin konumu ve büyüklüğü açısından çok farklı olması ve bu hareketli yüklerin belirlenmesindeki güçlükler düşünülerek yükün döşeme üzerinde düzgün olarak yayıldığı kabul edilir.

Döşeme Yükleri: 1m genişlik için



$$\begin{aligned}
 g_{\text{kaplama}} &= h_{\text{kaplama}} \times \gamma_{\text{kaplama}} \\
 g_{\text{tes.harcı}} &= h_{\text{tes.harcı}} \times \gamma_{\text{tes.harcı}} \\
 g_{\text{B.A. Plak}} &= h_{\text{B.A. Plak}} \times \gamma_{\text{B.A. Plak}} \\
 g_{\text{sıva}} &= h_{\text{sıva}} \times \gamma_{\text{sıva}}
 \end{aligned}
 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} g_{\text{toplam}} = g_{\text{B.A. Plak}} + g_{\text{kaplama}} + g_{\text{tes.harcı}} + g_{\text{sıva}}$$

5

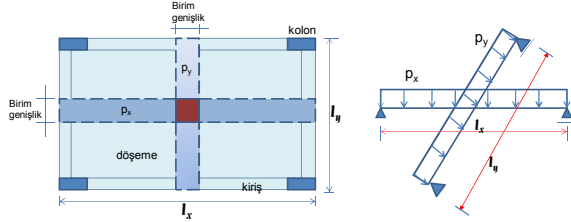
TS 498 de verilen faydalı yükler (hareketli yükler) yapının kullanım amacına bağlı olarak aşağıdaki tabloda özetle verilmektedir.

Döşemenin Kullanım Amacı	Hareketli Yük (q), kN/m ²
Çatı arası odalar	1.5
Konut, büro, dükkan ve hastane odaları	2.0
Sınıf ve yatakhane odaları, konut merdivenleri	3.5
Büro, okul, hastane koridorları ve merdivenleri, garajlar	5.0
Oturma yerleri sabit olmayan tribünler	7.5

6

KIRIŞLI PLAK DÖŞEMELER

Döşemenin mesnedini kiriş veya taşıyıcı yığma duvarlar üzerindeki hatlılar oluşturur. Dört kenarından mesnetli kirişli döşemelerin yük taşıma biçimleri birbirine geçmiş iki iki doğrultudaki şeritlerin yükü paylaşması olarak görülebilir.



7

Birim genişlikteki bu orta şeritlerin diğer komşu şeritlerden bağımsız olarak orta çökmeleri eşit olacak şekilde yük taşıdıkları kabul edilebilir. Yük $p=p_x+p_y$ olarak iki doğrultuda ayrılır ve şeritlerin orta çökmelerinin eşitliği yazılması durumunda,

$$\frac{5}{384EI} p_x l_x^4 = \frac{5}{384EI} p_y l_y^4 \rightarrow \frac{p_x}{p} = \frac{1}{1 + (l_x/l_y)^4}$$

$$\rightarrow \frac{p_y}{p} = \frac{(l_x/l_y)^4}{1 + (l_x/l_y)^4}$$

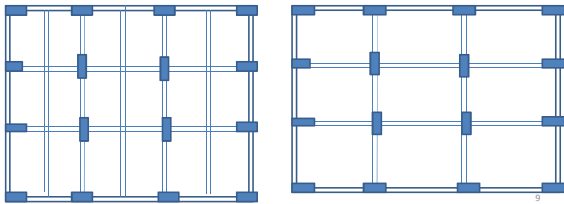
$$l_x/l_y=2.0 \text{ oranı için } p_x/p = 1/17 = 0.06$$

$$p_y/p = 16/17 \approx 0.94$$

Bu oranlar plağın komşu plaklarla olan durumuna ve şeritlerin yerine bağlı ise de, sonuç olarak yükün önemli bir kısmının plağın kısa doğrultusunda kirişlere aktarıldığını göstermektedir.

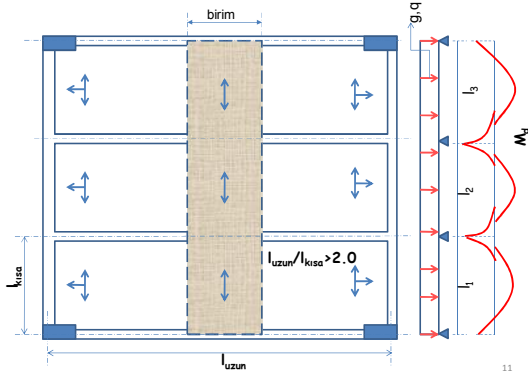
8

$l_{uzun}/l_{kısa}$ oranı büyüdükçe önceki ifadelerden de anlaşılacağı gibi yükün uzun doğrultuda aktarılan kısmı azalır. Dört kenarı kirişle çevrili plakta $l_{uzun}/l_{kısa} > 2.0$ ise, yükün tamamının kısa doğrultuda iletildiği kabul edilir. Bu tür plaklar **bir doğrultuda çalışan döşemeler** olarak bilinir. Uzun doğrultuda yükün çok küçük kısmı iletilir. Bu çok küçük yükün iletilmesinden oluşan etkileri karşılamak üzere uzun doğrultuda konstrüktif donatı yerleştirilir.



9

BİR DOĞRULTUDA ÇALIŞAN DÖŞEMELER (One way slabs)



- > Çevresi kirişlerle mesnetli bir döşeme plağının uzunluğu genişliğinin iki katından büyükse bir doğrultuda yük aktaran bir döşeme olarak boyutlandırılır.
- > Genellikle, döşeme plakları ve çevresindeki kirişlerin kesit tesirleri düzgün yayılı yük etkisi kabul edilerek hesaplanır.
- > Bir önceki şekilde gösterildiği gibi döşeme yükleri döşemeyi çevreleyen büyük açıklıklı (uzun kenarı oluşturan) kirişlere iletilir. Bu kirişlerin mesnet tepkileri de döşemenin kısa kenarını oluşturan ana kirişe yüklenir.
- > Yanyana gelen bir doğrultuda çalışan döşemelerin taşıyıcı sistem çözümü, kısa açıklık doğrultusunda **1m genişlikli, döşeme kalınlığı kadar yükseklikli süreklili kiriş kabulü** ile yapılır.
- > Sürekli kirişlerde olduğu gibi bu döşemelerin statik çözümlerinde de elverişsiz yükleme yapılarak döşemelerin moment diyagramları elde edilebilir.

Kesit Etkileri ve Boyutlandırma:

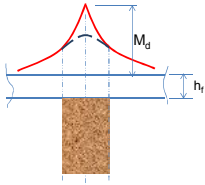
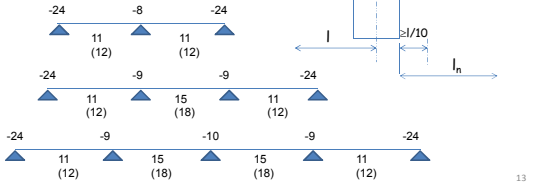
Kısa doğrultuda komşu döşeme ve açıklık ve yükleri aşağıdaki iki koşulu sağlıyorsa sürekli kiriş sisteminin mesnet ve açıklık eğilme momentleri, aşağıdaki şekilde verilen k katsayılarına göre belirlenebilir.

$$p = 1.4g + 1.6q$$

$$\max M_d = (p \times F) / k$$

$$1. \quad I_{\text{küçük}} / I_{\text{büyük}} > 0.80$$

$$2. \quad q/g < 2.0$$



l : kısa doğrultudaki döşeme açıklığı

a : mesnet genişliği

V : mesnetteki kesme kuvveti

M_d : Hesap momenti (mesnette düzeltilmiş mesnet momenti)

$$\diamond \quad a \leq 0.175 \times l_{\text{kısa}}$$

$$\diamond \quad M_d = M_{\text{mesnet}} - \Delta M \geq pl^2/14$$

➤ Döşeme plaklarının çoğunda hesaplanan donatı miktarının minimum donatı miktarından daha küçük olması, döşeme kalınlıklarının azaltılabileceğine,

➤ Döşeme plaklarında donatıların çok yoğun olması ise döşeme kalınlığının artırılması gerektiğini,

işaret eder.

➤ Mesnet yüzündeki kesme kuvveti esas alınarak plaklarda kesme güvenliği kontrolü yapılması gereklidir. Plak kalınlığının ise, kesme donatısına ihtiyaç duyulmayacak şekilde, yani

$$V_d \leq 0.5 \times V_{c,r} = 0.5 \times 0.65 \times f_{ct,d} \times b \times d$$

koşulunu sağlayacak şekilde seçilmesi uygundur.

Konstrüktif Kurallar:

- $h_f \geq$
- 80mm; betonun iyi yerleştirilmesi ve homojen kesit elde etmek için
 - 60mm; tavan döşemelerinde veya yalnız onarım ve temizlik gibi sadece yürüme amaçlı döşemelerde
 - 120mm; üzerinden taşıt geçen döşemelerde, dinamik ve tekil yüklerle maruz kalan döşemelerde

TS500 de

$$\min h_f \geq \begin{cases} l_f/25 & (\text{tek açıklıklı döşemelerde}) \\ l_f/30 & (\text{sürekli döşemelerde}) \\ l_f/12 & (\text{konsol döşemelerde}) \end{cases}$$

➤ Donatının dış etkilerden korunması amacıyla beton örtüsü **en az 15mm** olmalıdır.

➤ Küçük ve büyük açıklıklı komşu döşemelerin bulunduğu durumlarda veya komşu döşeme plaklarında yüklerin birbirinden çok fark ettiği durumlarda küçük açıklıklı döşemenin açıklığında negatif moment oluşabilir. Böyle durumlarda açıklıkta üst donatı yerleştirilirken yapılan statik çözümlerle mesnetlerin serbest dönebileceğine dayandığı ve dönmenin önlenmesi durumunda açıklıkta pozitif moment oluşabileceği hatırlanarak bir minimum donatı plağın alt yüzüne de yerleştirilmelidir.

16

Minimum donatı oranı:

➤ $\rho \geq \rho_{\min} = 0.003$ (S220) $\rho \geq \rho_{\min} = 0.002$ (S420 ve S500)

Donatı çubuklarının aralıkları, s

➤ $s \leq s_{\max} = \min [1.5h_f; 200\text{mm}]$

➤ Sürekli plakların kenar mesnetlerinde en az açıklık donatısının yarısı kadar üst mesnet donatısı bulunmalıdır.

➤ Ana eğilme donatısına dik doğrultuda (plak uzun doğrultusunda), ana donatının hemen üzerinde ve açıklık donatısının 1/5 i kadar **dağıtma donatısı** yerleştirilir. Minimum dağıtma donatısı,

$$A_{s\min} \geq \begin{cases} \text{Ø}8/200 & \text{S220} \\ \text{Ø}8/300 & \text{S420} \\ \text{Ø}5/150 & \text{S500} \end{cases}$$

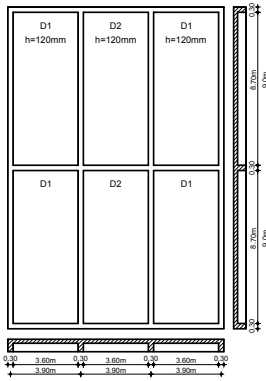
ÖNERİ: Mesnetteki ana donatıya dik doğrultuda kesit üst bölümünde ana mesnet donatısının hemen altına mesnet donatısının 1/10 u kadar açıklığın ¼ ü kadar bir bölgeye yerleştirilmesi önerilir.

17

➤ TS 500 çatiakların sınırlandırılması bakımından kısa kenar doğrultusundaki kirişler üzerinde, kenar ve orta ayırımı yapmaksızın, ana donatıya dik boyuna mesnet donatısı yerleştirilir. Boyuna mesnet donatısı miktarı, açıklık donatısının % 60 ından az olmamalıdır. **Boyuna mesnet donatısı**,

$$A_{s\text{boyuna mesnet}} \begin{cases} \text{Ø}8/200 & \text{S220} \\ \text{Ø}8/300 & \text{S420} \\ \text{Ø}5/150 & \text{S500} \end{cases}$$

18

UYGULAMA 1: TEK DOĞRULTUDA ÇALIŞAN DÖŞEME SİSTEMİ

Şekilde verilen döşeme sisteminin donatılarının belirlenmesi:

Yükler:

Kaplama+Siva $\rightarrow g=1.5 \text{ kN/m}^2$

Hareketli Yük $\rightarrow q=2.0 \text{ kN/m}^2$

Malzeme:

B520/BÇI (C20/S220)

hf=120mm (seçilen)

Cözüm:

1. Döşemelerin Çalışma Şekillerinin Belirlenmesi:
Dört kenardan mesnetli döşemelerin çalışma biçimi, uzun kenarın kısa kenara oranı ile belirlenir.

$$m = \frac{L_{uzun}}{L_{kı}} = \frac{9.0}{3.9} = 2.31 > 2$$

$m > 2 \rightarrow$ Tek doğrultuda çalışan döşeme

Bu şemadaki tüm döşemelerde kenar uzunlukların oranı $m=2.31$ dir.

2. Döşeme Kalınlığının Kontrolü :

$h \geq 80 \text{ mm TS500}$

$h \geq L_n/30 \text{ TS500}$

$h \geq 3600/30 = 120 \text{ mm}$

Seçilen döşeme kalınlığı uygundur.

19

3. Yüklerin Belirlenmesi:

(Betonarme birim hacim ağırlığı 25 kN/m^3)

Plak kendi ağırlığı: $25 \text{ kN/m}^3 \times 0.12 \text{ m} = 3.00 \text{ kN/m}^2$

Kaplama+Siva Ağırlığı $= 1.50 \text{ kN/m}^2$

Sabit yüklerin toplamı $g = 4.50 \text{ kN/m}^2$

(Konutlar için TS498'de hareketli yük değeri)

Hareketli yük $q = 2.00 \text{ kN/m}^2$

Hesap yükü:

$$p_d = 1.4 \cdot g + 1.6 \cdot q \quad p_d = 1.4 \cdot 4.50 + 1.6 \cdot 2.00 = 9.50 \text{ kN/m}^2$$

4. İç Kuvvetlerin Hesabı:

TS500'e göre eşit açıklıklı veya en küçük açıklığın en büyük açıklığa oranını 0.8'den büyük olan ve

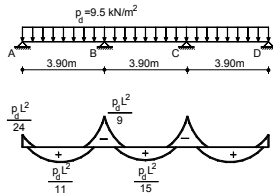
$q/g = 2 \rightarrow$ olduğu durumlarda momentler verilmiş olan moment katsayıları ile hesaplanabilir.

I. $L_{min}/L_{max} = 3.90/3.90 = 1 > 0.80$

II. $q/g = 2.00/4.50 = 0.44 < 2$

20

koşulları sağlandığından verilen döşeme sisteminde moment katsayıları kullanılarak hesap yapılabilir. (Koşulların sağlanmadığı durumda elverişsiz yüklemeler yapılarak iç kuvvetler belirlenmelidir.)



Bu katsayılar kullanılarak mesnet ve açıklık kesitlerindeki eğilme momentleri belirlenebilir.

$$\text{Kenar açıklık} \\ M_d = \frac{p_d \cdot l^2}{11} = \frac{9.5 \cdot 3.9^2}{11} = 13.1 \text{ kNm/m}$$

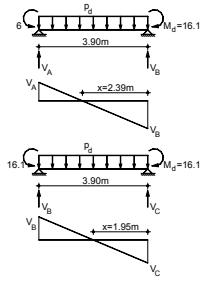
$$\text{İç açıklık} \\ M_d = \frac{p_d \cdot l^2}{15} = \frac{9.5 \cdot 3.9^2}{15} = 9.6 \text{ kNm/m}$$

$$\text{İç Mesnet (B,C)} \\ M_d = \frac{-p_d \cdot l^2}{9} = \frac{-9.5 \cdot 3.9^2}{9} = -16.1 \text{ kNm/m}$$

Kenar Mesnet (A,D)

$$M_d = \frac{-p_d \cdot l^2}{24} = \frac{-9.5 \cdot 3.9^2}{24} = -6 \text{ kNm/m}$$

21



A mesnetine göre moment dengesi

$$V_B \times 3.90 = 16.1 + 9.5 \times 3.9 \times \frac{3.9}{2} - 6 \rightarrow V_B = 21.22 \text{ kN/m}$$

Düsey denge

$$V_A + V_B = p \cdot L \rightarrow V_A + 21.11 = 9.5 \times 3.9 \rightarrow V_A = 15.94 \text{ kN/m}$$

B mesnetine göre moment dengesi

$$V_C \times 3.90 = 16.1 + 9.5 \times 3.9 \times \frac{3.9}{2} - 16.1 \rightarrow V_C = 18.53 \text{ kN/m}$$

Düsey denge

$$\text{Mesnedin kiriş olması durumunda mesnet momenti } \Delta M = \frac{V_d \cdot a}{3}$$

kadar azaltılabilir. (a: mesnet genişliği)
Mesnet momenti düzeltilmesi için mesnetin sol ve sağındaki kesme kuvveti değerlerinden elverişsiz sonuç verecek olan (küçük olan) kullanılacaktır. (18.53 < 21.22)

$$\Delta M = \frac{V_d \cdot a}{3} = \frac{18.53 \times 0.3}{3} = 1.85 \text{ kNm/m}$$

$$M_{\text{düzeltilen}} = -16.1 + 1.85 = -14.3 \text{ kNm/m}$$

(Birim genişlik için)

T500 düzeltilen mesnet momentinin (M_d) hesabında aşağıdaki koşulların sağlanmasını öngörmüştür.

22

• Mesnet genişliği: $a \leq 0.175 \cdot L \rightarrow 0.30 < 0.175 \cdot 3.9 = 0.68 \text{ m}$

• Mesnet momenti: $M_d \geq \frac{p \cdot L^2}{14} \rightarrow 14.3 \text{ kNm/m} > \frac{9.5 \cdot 3.9^2}{14} = 10.3 \text{ kNm/m}$

5. Betonarme Hesap:

Malzeme B520/BÇI (C20 / S220)

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_{mc} = 13 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{ms} = 191 \text{ N/mm}^2$$

$$h = 120 \text{ mm}; \quad d' = 20 \text{ mm}$$

$$d = 120 - 20 = 100 \text{ mm} \quad b = 1 \text{ m (Birim genişlik için)}$$

Açıklık kesitleri

Plak	Yer	M_d (kNm/m)	b (m)	d (m)	K	k_s	A_s (mm ² /m)	Donatı	Açıklama
D1	Açıklık	13.1	1	0.10	76.3	5.61	735	φ10/100 (785 mm ² /m)	φ10/200 Düz φ10/200 Pliye
D2	Açıklık	9.6	1	0.10	104.2	5.53	531	φ10/140 (561 mm ² /m)	φ10/280 Düz φ10/280 Pliye

23

Mesnet Kesiti

Yer	M_d (kNm/m)	b (m)	d (m)	K	k_s	A_s (mm ² /m)	Mevcut Donatı	Ek Donatı
D1	6	1	0.10	167	5.45	327	φ10/200 Pliye (393)	----
D1/D2	14.3	1	0.10	70.0	5.65	808	φ10/200 (393) φ10/280 (281) (674 mm ² /m)	φ8 / 330 (153 mm ² /m)

Minimum Donatı ve donatı aralıklarının kontrolü

Ana Donatı (Döşemenin çalışma doğrultusuna olan kısa doğrultuda yerleştirilen donatı.)

Minimum donatı oranı

$$\rho_{min} = 0.003 \text{ [BÇI(S220)]} \quad ; \quad 0.002 \text{ [BÇIII (S420-S500)]}$$

$$A_{smin} = \rho_{min} \times b_w \times d = 0.003 \times 1000 \times 100 = 300 \text{ mm}^2/\text{m}$$

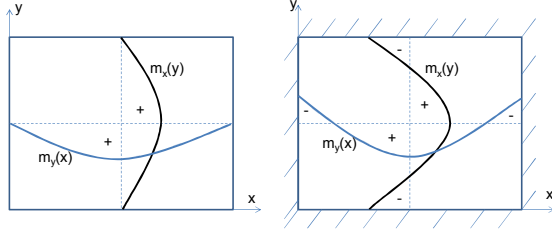
Donatı aralığı

$$t \leq 1.5h = 180 \text{ mm} ; 200 \text{ mm Uygun}$$

Dağıtma donatısı:

$$A_{sd} = \frac{1}{5} \cdot A_s = \frac{735}{5} = 147 \text{ mm}^2 / \text{m} \text{ seçilen } \quad \phi 8 / 300 (167 \text{ mm}^2 / \text{m}); \quad t \leq 300 \text{ mm}$$

24



Çevresinde kirişlerle mesnetli bir döşeme plağının uzun kenarının kısa kenarına oranı 2 den daha yüksekse yükün iki doğrultuda mesnet kirişlerine iletildiği gözönüne alınarak boyutlandırma yapılır. İki eksenli eğilme etkisi altında, yüklerini mesnet kirişlerine iletirler. İki eksenli yük taşımaları nedeniyle, daha narın kesitlere sahip iki doğrultuda çalışan döşemeler, bir doğrultuda çalışan döşemelere göre aynı yükü taşıması mümkündür.

28

Kesit etkileri ve boyutlandırma:

Kirişli döşeme sistemlerinde açıklıkların birbirinden çok fark etmediği durumlar için TS500 de yaklaşık bir yöntem verilmiştir. Döşeme plağının

➤ mesnetlenme durumuna

➤ $m = l_{uzun} / l_{kısa}$ kenar oranına

bağlı olarak " α " katsayıları tablo şeklinde verilmektedir. Bu α katsayıları kullanılarak mesnet ve açıklık kesitlerinde eğilme momenti,

$$M_d = \alpha \times p \times l_{sn}^2 \quad p = 1.4g + 1.6q$$

l_{sn} : kısa doğrultuda serbest açıklık

Bu şekilde hesaplanılan mesnet momentleri de giriş yüzündeki değerlerdir. Böylece mesnet momentü düzeltilmesine gerek kalmamaktadır.

29

Dört Kenarından Oturan Çift Doğrultuda Donatılı Dikdörtgen Plakların α Moment Katsayıları

Döşemelerin mesnetlenişine koşulları ve momentler yönü	Kısa Açıklık m								Uzun Açıklık
	Değerler								
	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.75	2	Plak m için
1 DÖRT KENARLI DÜZENLİ									
Sırtak kenarda negatif moment	0.033	0.040	0.045	0.050	0.054	0.059	0.071	0.083	0.033
Açıklık ortasında pozitif moment	0.025	0.030	0.034	0.038	0.041	0.045	0.053	0.062	0.025
2 İKİ KENARLI DÜZENLİ									
Sırtak kenarda negatif moment	0.042	0.047	0.053	0.057	0.061	0.066	0.075	0.085	0.042
Açıklık ortasında pozitif moment	0.031	0.036	0.040	0.043	0.046	0.049	0.056	0.064	0.031
3 İKİ KÖŞE KENARLI DÜZENLİ									
Sırtak kenarda negatif moment	0.049	0.056	0.062	0.066	0.070	0.073	0.082	0.090	0.049
Açıklık ortasında pozitif moment	0.037	0.042	0.047	0.050	0.053	0.055	0.062	0.068	0.037
4 İKİ KISA KENARLI DÜZENLİ									
Sırtak kenarda negatif moment	0.056	0.061	0.065	0.069	0.071	0.073	0.077	0.080	---
Açıklık ortasında pozitif moment	0.044	0.046	0.049	0.051	0.053	0.055	0.056	0.060	0.044
5 İKİ UZUN KENARLI DÜZENLİ									
Sırtak kenarda negatif moment	---	---	---	---	---	---	---	---	0.056
Açıklık ortasında pozitif moment	0.044	0.052	0.060	0.065	0.068	0.071	0.077	0.080	0.044
6 ÜÇ KENARLI DÜZENLİ									
Sırtak kenarda negatif moment	0.058	0.065	0.071	0.077	0.081	0.085	0.092	0.098	0.058
Açıklık ortasında pozitif moment	0.044	0.049	0.054	0.058	0.061	0.064	0.069	0.074	0.044
7 DÖRT KENARLI DÜZENLİ									
Açıklık ortasında pozitif moment	0.036	0.037	0.038	0.039	0.041	0.042	0.043	0.045	0.036

$$m = \frac{l_x}{l_y} \quad M = \alpha \cdot p_u \cdot l^2$$

l_x : Döşemenin kısa doğrultudaki net açıklığı
 l_y : Döşemenin kısa doğrultudaki eksen açıklığı
 l_x : Döşemenin uzun doğrultudaki eksen açıklığı

30

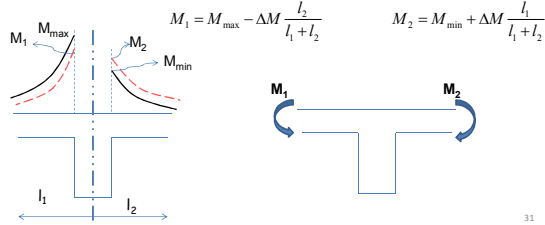
Mesnet momentleri:

➤ $M_{\min}/M_{\max} \geq 0.80$ ise mesnet kesiti büyük mesnet momentine göre boyutlandırılır.

➤ $M_{\min}/M_{\max} < 0.80$ ise $(M_{\max} - M_{\min})/3$ kadarı mesnet kirişinin burulma rijitliği ile taşındığı kabul edilmekte, kalan

$\Delta M = 2(M_{\max} - M_{\min})/3$ değerindeki moment komşu plaklara rijitlikleri oranında

dağıtılarak mesnet kesiti mutlak değerce büyük moment değerine göre boyutlandırılır.



31

Konstrüktif Kurallar:

Döşeme sehimlerinin kabul edilebilir sınırların altında kaldığının gösterilmesi yerine TS 500 de verilen narınlık koşulunu

$$h_f \geq \min h_f = \frac{l_{en}}{15 + 20/m} (1 - 0.25\alpha_s) \quad \alpha_s = \frac{\sum l_{strekli\ kenar}}{Döş.\ çevresi}$$

sağlayacak şekilde döşeme kalınlığı seçilir. Ayrıca aşağıdaki minimum değerlerden de büyük olması istenir.

l_{en} : kısa kenar doğrultusundaki serbest açıklık

$$h_f \geq \begin{cases} 80\text{mm, deprem bölgesi dışında kalan binalarda} \\ 100\text{mm, deprem bölgesinde inşa edilen binalarda} \\ 60\text{mm, onarım ve temizlik gibi durumlarda sadece üzerinde yürüyüş yapılan döşemelerde} \end{cases}$$

32

Donatının dış etkilerden korunması için beton örtüsünün en az **15mm** olması gerekir.

Açıklık ve yükün küçük olduğu durumlarda kesit davranışının sünek olmasını sağlamak amacıyla, TS 500'de iki doğrultudaki donatının toplam oranının minimum değeri;

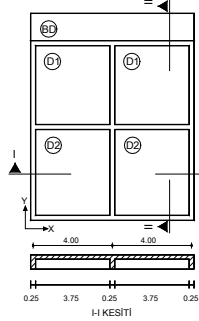
$$\rho_x \text{ ve } \rho_y \geq 0.0015 \quad (\rho_x + \rho_y) \geq \begin{cases} 0.0040 \text{ (S220)} \\ 0.0035 \text{ (S420 ; S500)} \end{cases}$$

En büyük donatı aralığı:

$$s_{\max} \leq \begin{cases} 1.5h_f \\ 200\text{mm (kısa doğrultu için)} \\ 250\text{mm (uzun doğrultu için)} \end{cases}$$

33

UYGULAMA-2: ÇİFT DOĞRULTUDA ÇALIŞAN DÖŞEME SİSTEMİ



Şekilde verilen döşeme sisteminin hesabı:

Malzeme: BS 20 / BÇ I (C20 / S220)
Hareketli yük: $q=3,5 \text{ kN/m}^2$
 (Hastane, poliklinik odaları, yatakhaneler)
 $q=5,0 \text{ kN/m}^2$
 (Balkon, konser salonları)
Çözüm:
1. Döşemelerin çalışma şeklinin belirlenmesi

$m = L_{uzun} / L_{kısa}$
 $m \leq 2$ çift doğrultuda çalışan döşeme
 $m > 2$ tek doğrultuda çalışan döşeme
 D1 $m = 4,20 / 4,00 = 1,05 \leq 2$
 Çift doğrultuda çalışan döşeme

D2 $m = 4,80 / 4,00 = 1,20 \leq 2$
 Çift doğrultuda çalışan döşeme

34

2. Döşeme kalınlıklarının belirlenmesi:

L_{sn} : kısa kenar doğrultusundaki serbest açıklık (mesnet yüzünden mesnet yüzüne olan açıklık.)
 α_s : sürekli olan kenarların toplam uzunluğunun döşeme çevresi uzunluğuna oranı

Buna göre: $h \geq \frac{L_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \left(1 - \frac{\alpha_s}{4}\right)$; $h \geq 80 \text{ mm}$ (Deprem bölgesi ise $h \geq 100 \text{ mm}$)

D1 için $\alpha_{s1} = \frac{2 \cdot 4,00 + 4,20}{2 \cdot (4,00 + 4,20)} = 0,74$ $h \geq \frac{3750}{15 + \frac{20}{1,05}} \left(1 - \frac{0,74}{4}\right) = 90 \text{ mm}$

D2 için $\alpha_{s2} = \frac{4,00 + 4,80}{2 \cdot (4,00 + 4,80)} = 0,50$ $h \geq \frac{3750}{15 + \frac{20}{1,20}} \left(1 - \frac{0,50}{4}\right) = 104 \text{ mm}$

Balkon için $h \geq \frac{L_0}{12} = \frac{1375}{12} = 115 \text{ mm}$ Seçilen döşeme kalınlığı $h=120 \text{ mm}$.

35

3. Yüklerin Belirlenmesi
Normal döşemeler

20	Plastik yer karosu	$2 \text{ mm} \times 0,015 \text{ kN/m}^2 / \text{mm}$	$= -0,03 \text{ kN/m}^2$
120	Tesviye harcı	$0,03 \text{ m} \times 21 \text{ kN/m}^3$	$= -0,63 \text{ kN/m}^2$
120	Betonarme döşeme	$0,12 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3$	$= 3,00 \text{ kN/m}^2$
20	Sıva	$0,02 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3$	$+ -0,40 \text{ kN/m}^2$

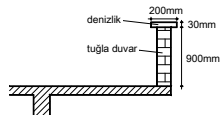
Toplam sabit yük Hesap yükü $p_s = 1,4 \times 4,06 + 1,6 \times 3,5 = 11,3 \text{ kN/m}^2$ $g = 4,06 \text{ kN/m}^2$

20	Karo mozaik	$20 \text{ mm} \times 0,022 \text{ kN/m}^2 / \text{mm}$	$= -0,44 \text{ kN/m}^2$
120	Harç	$0,03 \text{ m} \times 21 \text{ kN/m}^3$	$= -0,63 \text{ kN/m}^2$
120	Betonarme döşeme	$0,12 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3$	$= 3,00 \text{ kN/m}^2$
20	Sıva	$0,02 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3$	$+ -0,40 \text{ kN/m}^2$

Toplam sabit yük Hesap yükü $p_s = 1,4 \times 4,47 + 1,6 \times 5,0 = 14,3 \text{ kN/m}^2$ $g = 4,47 \text{ kN/m}^2$

Parapet yükü (p'): $\frac{1}{2}$ boşluklu tuğla duvar ($\approx 2,00 \text{ kN/m}^2$)Mermer denizlik $0,03 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 = 0,12 \text{ kN/m}$ 0,90m tuğla $0,90 \times 2,0 = 1,8 \text{ kN/m}$ 0,90 m tuğla + mermer denizlik $= 1,92 \text{ kN/m}$

Arttırılmış parapet yükü

 $p = 1,4 \times 1,92 = 2,7 \text{ kN/m}$ (çizgisel yük)

36

4. İç Kuvvetlerin Hesabı:

$$p=1.4g+1.6q \rightarrow p=11.3 \text{ kN/m}^2$$

$L_{\text{şerit}}$ döşemenin kısa doğrultuda serbest açıklığı

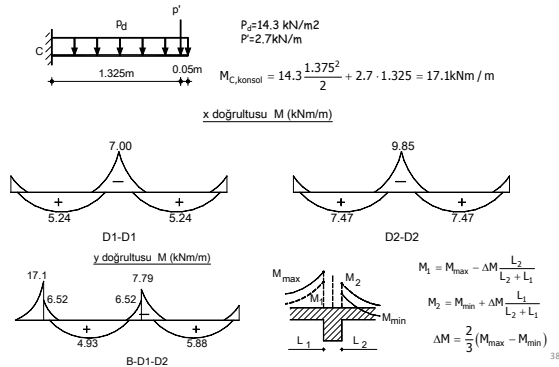


Döşeme tipi ve adı	L_x L_y (m)	m	x doğrultusu				y doğrultusu			
			α_{m1} α_{m2}	α_a	M_{m1} M_{m2}	M_a	α_{m1} α_{m2}	α_a	M_{m1} M_{m2}	M_a
D1	4.00 4.20	1.05	0.044 0.033	0.033	7.00	5.24	0.041 0.031	0.031	6.52 6.52	4.93
D2	4.00 4.80	1.20	0.062	0.047	9.85	7.47	0.049 0.037	0.037	7.79 5.88	5.88

Örnek: D1 döşemesi için M_{m2} 'nin hesabı $\rightarrow M = 0.044 \cdot 11.3 \cdot 3.75^2 = 7.00 \text{ kNm/m}$ (birim genişlik için)

Balkonda hesap

37



İki komşu plağın ortak mesnedinin bir tarafındaki negatif moment diğer taraftakinin 0.8 katından az ise, aradaki farkın 2/3 ü komşu plaklara, döşeme şerit rijitlikleri oranında dağıtılmalı, donatı hesabında büyük olan değer kullanılmalıdır. İki moment arasındaki fark daha az ise, tasarımda büyük olan moment kullanılmalıdır.

Moment dengelemesi (D1-D2)

$$\frac{6.52}{7.79} = 0.84 \geq 0.8 \rightarrow \text{Moment dengelemesi yapılmaz}$$

Balkon ile döşeme arasında balkon izostatik bir sistem oluşturduğundan moment dengelemesi yapılmaz.

5. Betonarme Hesap

Açıklık Kesitleri:

$h=120 \text{ mm}$ $d=0.10 \text{ m}$ (momentin büyük olduğu doğrultuda) $d=0.09 \text{ m}$

Döşeme	Doğrultu	M_d (kNm/m)	d (m)	K ($\times 10^{-5}$)	k_c	A_s (mm^2/m)	Düz	Pliye
D1	X	5.24	0.10	191	5.43	285	$\phi 8/300$ (168 mm^2)	$\phi 8/300$ (168 mm^2)
D1	Y	4.93	0.09	164	5.45	299	$\phi 8/300$ (168 mm^2)	$\phi 8/300$ (168 mm^2)
D2	X	7.47	0.10	134	5.48	409	$\phi 8/240$ (210 mm^2)	$\phi 8/240$ (210 mm^2)
D2	Y	5.88	0.09	138	5.48	358	$\phi 8/250$ (201 mm^2)	$\phi 8/250$ (201 mm^2)

BCT için:
 $\min(p_x + p_y) = 0.004 \rightarrow \min(A_{sx} + A_{sy}) = 0.004 \cdot 1000 \cdot \frac{(100 + 90)}{2} = 380 \text{ mm}^2 / \text{m}$

39

D1 döşemesi için minimum donatı kontrolü

$$168 \cdot 168 + 168 \cdot 168 = 672 \text{ mm}^2 / \text{m} > 380 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Maksimum donatı aralığı $s_{\text{max}} \leq 1.5 h = 1.5 \cdot 120 = 180 \text{ mm}$

$s \leq 200 \text{ mm}$ (Kısa doğrultu) $s \leq 250 \text{ mm}$ (Uzun doğrultu)

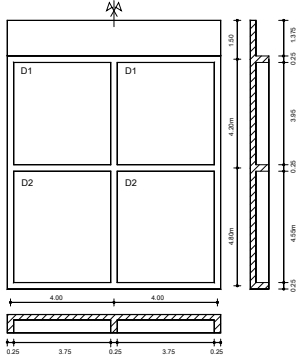
Mesnette hesap $d = 0.10 \text{ m}$

Mesnet	M_d (kNm/m)	K	k_d	A_s (mm ² /m)	Varolan Donatı (mm ² /m)	Ek Donatı (mm ² /m)
D1/D1	7.00	143	5.47	383	ø8/300 + ø8/300 (335)	ø8/330 (153)
D2/D2	9.85	102	5.53	545	ø8/240 + ø8/240 (420)	ø8/330 (153)
D1/D2	7.79	128	5.49	428	ø8/300 + ø8/250 (369)	ø8/330 (153)
D1/B	17.10	59	5.73	980	ø8/300	ø12/130 (870)

Balkonda dağıtma donatısı:

$$A_s = \frac{980}{5} = 196 \text{ mm}^2 / \text{m} \quad \text{ø8/250 (201 mm}^2/\text{m)}$$

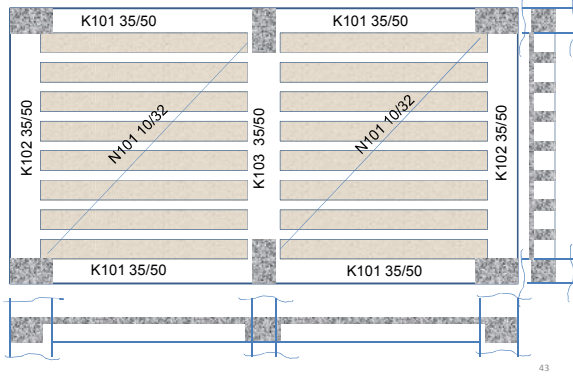
40



41

DİŞLİ (NERVÜRLÜ) DÖŞEMELER (Joist slabs)

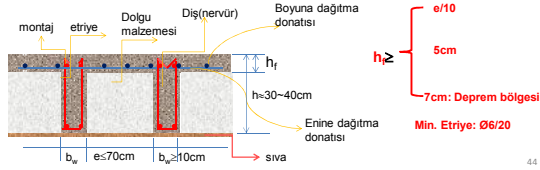
42



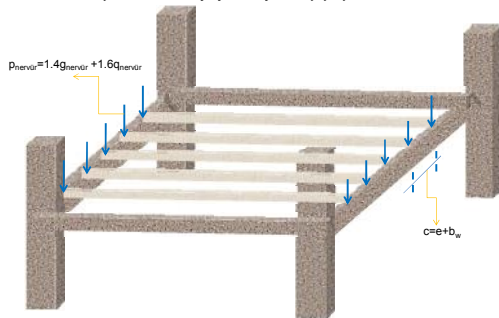
- Dişli döşemeler sık paralel kirişlerden oluşan bir döşeme sistemidir. Bir veya iki doğrultuda kirişlerin oluşturulması ve arada boşlukların bırakılması şeklinde ortaya çıkar.
- Döşeme açıklığının 6m den büyük olması durumunda bu döşeme sistemi uygulanmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

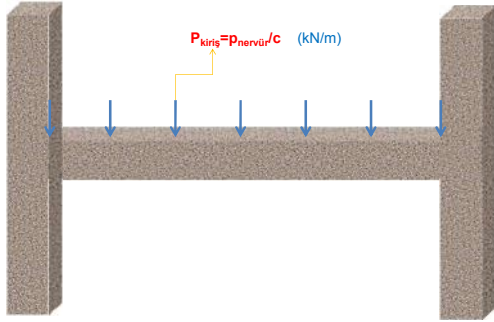
Bir Doğrultuda Dişli Döşeme Sistemi

Bir doğrultudaki döşemelerde yüklerin diğ doğrultusunda bunlara dik kirişlere iletiği kabul edilir. Dişlere paralel olan çerçeve kirişlerin yükleri de bir diş e gelen yüklerle benzer olarak ortaya çıkar.

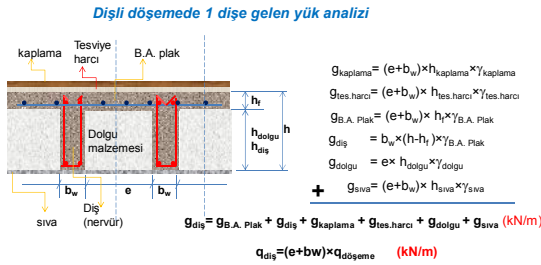


Dişlerin (nervürlerin) mesnetleri, kolonları bağlayan çerçeve kirişlerdir ve nervüre etkiyen yayılı döşeme yüklerinin reaksiyonları nervür mesnet reaksiyonu olarak çerçeve kirişlerine aktarılır. Her bir nervürden gelen mesnet reaksiyon kuvvetleri de çerçeve Kirişlerinde yayılı yük olarak etkimesi sözkonusudur.





46



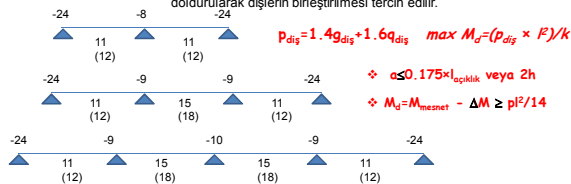
Kesit Etikleri ve Boyutlandırma

Kesit etkilerinin bulunması için yapılacak statik hesaplar ve boyutlandırılması sürekli kirişler gibi yapılır. Bu hesaplar aynı döşeme alanı içerisinde ve tüm mesnet koşulları, açıklıkları aynı olan sadece bir diş (nervür) için yapılır, sonuçlar diğer tüm dişlere uygulanır.

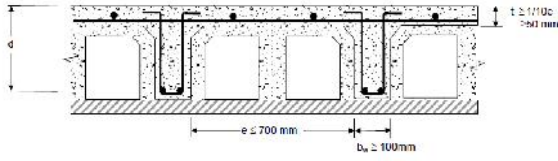
47

Statik hesaplar bir doğrultuda çalışan döşemelerde olduğu gibi dişlerin doğrultusunda sürekli kiriş benzeşimi ile bir diş için yapılır. TS 500 ün sürekli kirişler için verilen moment katsayıları dişli döşeme sistemlerinde de kullanılabilir. Ancak aşağıdaki koşulların sağlanması durumunda moment katsayıları kullanılabilir.

- $I_{küçük} / I_{büyük} > 0.80$ Mesnet momentinin büyük olduğu durumlarda, kesitin küçük olması nedeniyle, çift donatı yerine dişlerin genişletilmesi, yani yatay düzlemde guse yapılması veya mesnete yakın bölümlerde ara boşluklar doldurularak dişlerin birleştirilmesi tercih edilir.
- $q/g < 2.0$



48



49

Konstrüktif Kurallar

> $h = h_{dış} + h_i$ olmak üzere

$$h/l_n \geq \begin{cases} 1/20; \text{ tek açıklıklı basit mesnetli dişlerde} \\ 1/25; \text{ dişlerin sürekli kiriş şeklinde olması durumunda} \\ 1/20; \text{ konsol dişlerde} \end{cases}$$

> Statik hesaplar sonucu bulunan momentler esas alınarak yapılan kesit analizlerinde bulunan donatılar ana donatı olarak ifade edilir.

> Dişin üst bölgesine en az 2 adet **montaj donatısı** yerleştirilir ve montaj donatısının minimum çapı Ø10 olmalıdır.

> Dişlerin kayma güvenliğini sağlayabilmek için kirişler için yapılan kayma hesabı için gerekli kontroller yapılarak **enine donatı(etriye)** miktarı belirlenir. Hesaplar sonucu bulunan enine donatı miktarının **Ø8/250** den daha sık olması gerekir.

> Dişler arası plakta küçük de olsa kesit etkileri meydana gelir. Bu etkilerin ve yükün dişlere iletilmesi için plağın her iki doğrultusuna **dağıtma donatısı** yerleştirilmesi gerekir. Dağıtma donatısı plağın her bir doğrultusu için plak en kesit alanının **0.0015** inden daha az olamaz. Dağıtma donatısı aralığı da 250mm den daha büyük olamaz.

50

> Eğer dişli döşemelerin açıklıkları 4m ~ 7m ise taşıyıcı dişlere dik yönde en az bir adet enine diş, dişli döşeme açıklığı 7m den büyük ise taşıyıcı dişlere dik yönde 2 adet enine diş düzenlenmelidir. Konstrüktif olarak enine düzenlenen dişler, taşıyıcı dişlerle aynı kesit özelliklerinde ve aynı donatı miktarına sahip olacak şekilde tasarlanırlar. Enine dişler mümkün olduğu kadarı ile ana diş açıklığına eşit açıklıklara bölmesi önerilir.

İki Doğrultuda Dişli Döşeme

Açlıkların büyük ve yüklerin ağır olduğu durumlarda kullanılır. Yük iki doğrultudaki dişlerle paylaşarak taşınır. Paylaşma oranı döşemelerin süreklilik durumuna ve kenarlarının oranına bağlıdır.

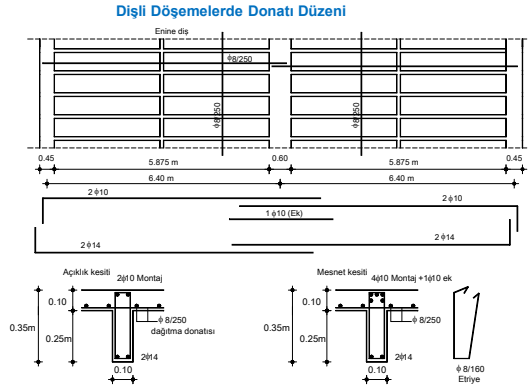
Kesit Etkileri Boyutlandırma

Kesit etkilerinin bulunmasından sonra dişler sürekli kirişler gibi boyutlandırılır.

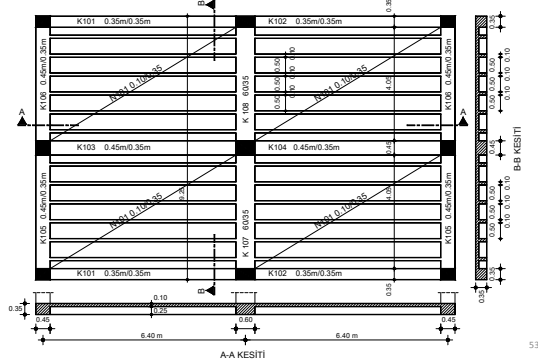
Çözüm Yöntemleri

1. TS500 de plak döşemeleri için verilen tabloları kullanarak birim genişliğe etkiyen eğilme momentlerinin hesabı ve diş etkili genişliğini kullanarak bir dişin karşılaması gereken momentinin bulunması ve boyutlandırma kolayca yapılabilir.
2. Kesit etkilerinin hesabında diğer bir yöntem de plağı iki doğrultuda oluşan şeritler olarak kabul edip çözümü sürekli kiriş hesabına indirgemektir. Yüklerin ve açıklıkların ilgili koşulları sağladığı durumlarda tek doğrultuda çalışan döşemeler için verilen moment katsayıları kullanılabilir.

51



UYGULAMA 3: DIŞLI DÖŞEME UYGULAMASI



Yukarıda plan ve kesitleri verilen döşeme sisteminin

a) Betonarme hesabını yapınız.(Eğilme ve kayma dayanımını sağlayınız). Kaymada betonun katkısını gözönüne alınız.($V_c \neq 0$)

b) Donatı krokisini çiziniz.

$q = 2.0 \text{ kN/m}^2$ (Konut ve hastane odaları, bürolar)

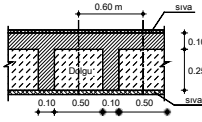
Sıva+Kaplama = 1.2 kN/m^2 $\gamma_{dolu} = 12 \text{ kN/m}^3$

Malzeme: BS 25 / BÇ III Etriye ve dağıtma donatısı: BÇ I

Döşeme tipinin belirlenmesi:

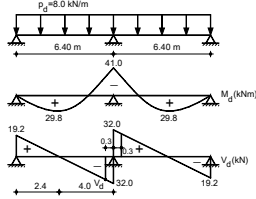
Genellikle yapıda açıklıkla artan betonarme plak ağırlığıyla azaltmak amacıyla dişli döşeme sistemi seçilir. Bu durumda yükler belirli bir doğrultuda aktarılır. Dişli döşemenin düzenlenmesinde büyük açıklık doğrultusunda dişlerin ve buna dik küçük açıklık doğrultusunda da ana kirişlerin yerleştirilmesi uygundur (dişlere çevre kirişlerden kısa olanlar mesnetlik eder). Bunun nedeni yüklerin kısa doğrultudaki kirişlere aktarılması durumunda daha küçük momentlerin elde edilmesidir.

Yük analizi:
(Bir dişe gelen yükler)



($\gamma_{betonarme}=25 \text{ kN/m}^3$)
 Döşeme plağı kendi ağırlığı : $0.60 \times 0.10 \times 25 = 1.50 \text{ kN/m}$
 Bir dişin ağırlığı : $0.10 \times 0.25 \times 25 = 0.63 \text{ kN/m}$
 Dolgu ağırlığı : $0.50 \times 0.25 \times 12 = 1.50 \text{ kN/m}$
 Siva-Kaplama : $+ 0.60 \times 12 = 0.72 \text{ kN/m}$
Toplam sabit yük $g = 4.35 \text{ kN/m}$

Hareketli Yük: (Bir dişe gelen) $q=0.60 \times 2.0 = 1.20 \text{ kN/m}$
 $p=1.4 \times 4.35 + 1.6 \times 1.2 = 8.0 \text{ kN/m}$



Statik sistem:

TS500'e göre açıklıkların eşit veya en küçük açıklığının en büyük açıklığa oranının 0.8'den büyük olduğu ve $q/g \leq 2.0$ olduğu durumlarda momentler verilmiş olan moment katsayıları ile hesaplanabilir.

a) $L_{küçük}/L_{büyük} = 6.40/6.40 = 1.0 > 0.8$

b) $q/g = 1.20/4.35 = 0.28 < 2.0$

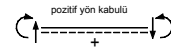
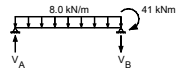
Koşullar sağlanıyor

55



$$M_{baş} = -\frac{1}{11} \cdot 8 \cdot 6.4^2 = -29.8 \text{ kNm}$$

$$M_{mesnet} = -\frac{1}{8} \cdot 8 \cdot 6.4^2 = -41 \text{ kNm}$$



$$\sum M_B = 0 \quad V_A \cdot 6.40 - \frac{8 \cdot 6.4^2}{2} + 41 = 0 \rightarrow V_A = 19.2 \text{ kN}$$

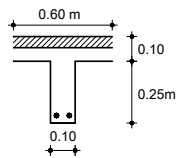
$$\sum M_A = 0 \quad V_B \cdot 6.40 + 41 + \frac{8 \cdot 6.4^2}{2} = 0 \rightarrow V_B = -32.0 \text{ kN}$$

$$V_d = \frac{32}{4} (4 - 0.3) = 29.6 \text{ kN}$$

Düzeltilmiş mesnet momenti

$$M_{md} = M_m - \Delta M = 41 - \frac{32 \cdot 0.6}{3} = 34.6 \text{ kNm} > \frac{p_d l^2}{14} = 23.4 \text{ kNm}$$

56



Betonarme Hesap:

$$M_d = 29.8 \text{ kNm}$$

a) Açıklıkta hesap:

$$K = \frac{0.60 \cdot 0.32^2}{29.8} = 206.2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{kN}, k_s = 2.96 \text{ mm}^2 / \text{kN}$$

$$k_x = 0.088 \rightarrow x = 0.088 \cdot 320 = 28.2 \text{ mm} < h_f = 100 \text{ mm}$$

$$A_s = 2.96 \cdot \frac{29.8}{0.32} = 276 \text{ mm}^2 \quad A_{s,min} = 0.8 \cdot \frac{1.15}{365} \cdot 100 \cdot 320 = 80.7 \text{ mm}^2$$

Seçilen donatı 2Ø14 (308 mm²)

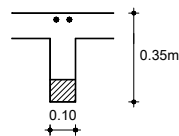
b) Mesnette hesap: $M_d = 34.6 \text{ kNm}$

$$K = \frac{0.10 \cdot 0.32^2}{34.6} = 29.6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{kN}, k_s = 3.35 \text{ mm}^2 / \text{kN}$$

$$A_s = 3.35 \cdot \frac{34.6}{0.32} = 362 \text{ mm}^2$$

Mevcut donatı 2Ø10+2Ø10 (314 mm²)
 Ek donatı 362-314=48mm² (1Ø10 79mm²)

57



c) Dağıtma donatısı:

TS 500'e göre dışlar üzerinde aynı oranı en az 0.0015 olan enine ve boyuna dağıtma donatısı bulunmalıdır.

$$A_{sd} = 0.0015 \cdot 1000 \cdot 100 = 150 \text{ mm}^2 / \text{m} \quad \text{Ø8/250 (201 mm}_2\text{/m) (Her iki yönde) } t \leq 250 \text{ mm} \checkmark$$

d) Kayma hesabı

$$V_{cr} = 0.65 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d = 0.65 \cdot 1.15 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 320 = 23.9 \text{ kN} < V_d = 29.6 \text{ kN} \rightarrow \text{hesap gerekli.}$$

$$V_c = 0.80 \cdot V_{cr} = 19.1 \text{ kN}, V_f = V_c + V_{ws} \rightarrow \text{min etriye aralığı } s \leq d/2 = 160 \text{ mm}$$

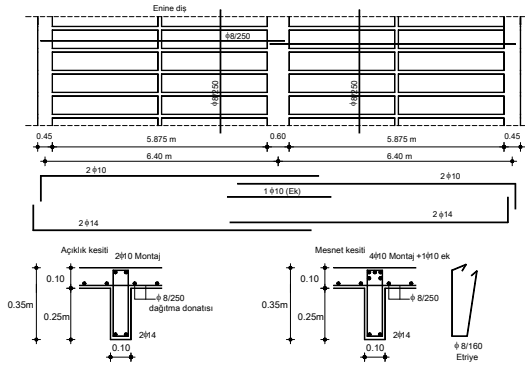
$$\text{min etriye } \text{Ø8/160} \rightarrow V_{ws} = \frac{A_{sw} \cdot d \cdot f_{ywd}}{s} = \frac{2 \cdot 50 \cdot 320 \cdot 191}{160} = 38200 \text{ N} = 38.2 \text{ kN}$$

$$V_f = 19.1 + 38.2 = 57.3 \text{ kN} > V_d = 29.6 \text{ kN} \checkmark$$

Kesme kuvveti etkisindeki elemanlarda, asal çekme gerilmeleri yanında asal basınç gerilmeleri de oluşur. Bu gerilmelerden dolayı özellikle dar gövdeli kirişlerde (b_w 'si küçük) ve dışı döşemelerin dışlarında söz konusu olabilecek olan beton ezilmelerini önlemek için taşınabilecek kesme kuvveti $V_d \leq 0.22 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{ctd}$ değeri ile sınırlanmıştır.

$$V_d \leq 0.22 \cdot b_w \cdot d \cdot f_{ctd} = 0.22 \cdot 100 \cdot 320 \cdot 17 \cdot 10^{-3} = 119.7 \text{ kN}$$

Her iki açıklıkta 4m'den büyük olduğu için diğer dışlarla aynı kesit ve donatıya sahip bir enine dış düzenlenecektir. Bu enine dış esas dışların beraber çalışmasını sağlamak amacıyla düzenlenir. 58

Donatı Krokisi:

KIRIŞSIZ DÖŞEMELER

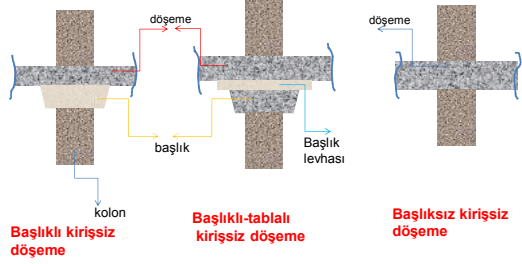
(Flat slabs)

- Kirişsiz döşemeler, kirişleri olmayan doğrudan kolonlara oturan döşeme türüdür.
- Kirişsiz döşemeler, düz tavanın tercih edildiği, depo veya bölme duvarı olmayan büyük çalışma alanlarının istendiği durumlarda kullanılır.
- Kat yüksekliği dolayısıyla bina yüksekliği sınırlı ise kirişsiz döşeme sistemi tercih edilir.
- Katlarda havalandırma gibi tesisatların yapılması durumunda da kirişsiz döşeme tercih edilir.

- Kiriş olmadığı için kalıp ve donatı işçiliği oldukça basit ve ekonomik olmasına karşılık kirişli döşemeye göre plak kalınlığı biraz daha büyük, donatı miktarı biraz daha fazla dir.
- Düşey ve yatay yüklerin taşınması durumunda kolonlarla bunları birleştiren döşeme şeritlerinin oluşturacağı çerçeveler etkili olur. Bu nedenle kolonlar mümkün olduğunca düzgün eksenler üzerinde olması gerekir.
- Genellikle birbirine dik eksenlere yerleşmiş ve oldukça düzgün sıralanmış kolonların bulunması durumunda kirişsiz döşemeler önerilebilir.

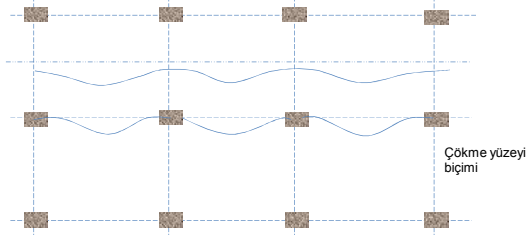
61

- Döşemeden yüklerin kolona iletilmesi sırasında kolon başlarında zımbalama etkisi oluşur.
- Kolon-döşeme birleşimlerinde zımbalama dayanımını artırmak için kolonlarda başlık oluşturulur ve kolon başlıkları mantara benzediği için mantar döşeme de söylenebilir.

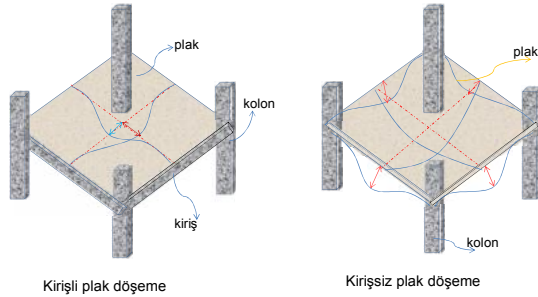


62

Kirişsiz döşemelerde kiriş türünden rijit elemanlar bulunmadığından düşey yerdeğiştirmeler kontrolü önemlidir. Bu nedenle plak kalınlığının büyüklüğü önem kazanır. Döşeme plaklarının kareye yakın tutulmasıyla yükün iki doğrultuda yayılması ve sehimlerin küçük tutulması sağlanır.



63



Kirişli plak döşeme

Kirişsiz plak döşeme

Kirişli ve kirişsiz döşemelerde oluşan sehimlerin gösterimi

64

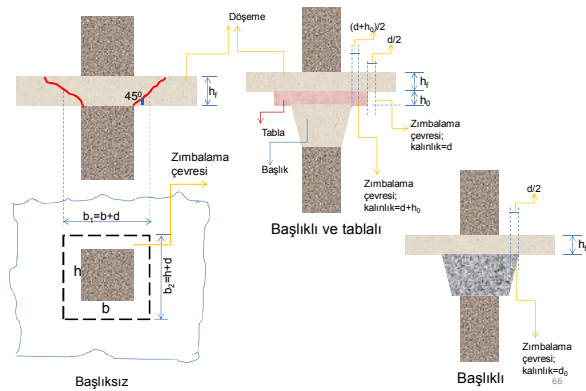
Kirişsiz döşemelerde önemli bir husus, döşemeden yüklerin kolona iletilmesi sırasında kolon başlarında oluşan zımbalama etkisidir. Kirişli döşemelerde, yük kolona döşemeye göre en kesiti büyük olan kirişlerle iletildiği için böyle bir durum sorun olarak ortaya çıkmaz. Kirişsiz döşemelerde, plak kalınlığının belirlenmesinde genellikle zımbalama dayanımı etkili olur.

Ülkemizde oluşan döşeme hasarlarının başlıca nedenleri;

1. Kirişsiz döşemelerin başlık bölgesinde yeterli kalınlığın sağlanmamasıdır.
2. Donatının bu bölgelerde yoğun olmasından dolayı betonun yeterince iyi yerleştirilememesidir.
3. Betonda yeterli dayanım oluşmadan kalıbın alınmasıdır.

Kenar kolonlarla orta kolonlar karşılaştırıldığında zımbalama yükü orta kolonlarda daha büyük olmasına karşılık zımbalama çevresi de büyüktür. Köşe kolonlarda, kolonlara iletilen momentin büyük olması nedeniyle zımbalama etkisi daha önemli olmakla birlikte kenar ve köşe kolonlar da orta kolonlar kadar zımbalamaya hassastır. Binanın çevresi boyunca kirişlerin düzenlenmesi ile kenar ve köşe kolonlardaki zımbalama etkisine karşılık uygun bir önlem alınmış olabilir.

65



Başlıksız

Başlıklı ve tablalı

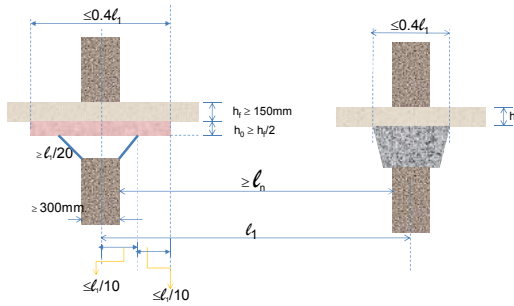
Başlıklı

Kesit Etkileri ve Boyutlandırma

Kirişsiz döşemelerin kesit etkilerinin bulunması için Eşdeğer Çerçeve Yöntemi uygulanabilir. Ancak, bazı özel durumlarda bu yöntem basitleştirilerek de çözüm yapılabilir. Kirişsiz döşemelerin hesabında kullanılabilecek bu basit yöntemin yaklaşıklığının kabul edilebilir sınırlar içinde kalması için gerekli koşullar aşağıdaki gibi verilebilir:

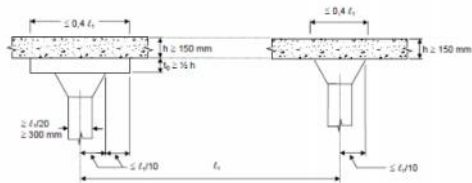
- Her iki doğrultuda en az üç açıklık bulunmalıdır. Bu suretle oluşturulacak çerçevenin sistemi yeterli yaklaşıklıkta temsil etmesi sağlanır.
- Döşeme plakları dikdörtgen ve bir doğrultudaki uzun kenarın diğer doğrultudaki uzun kenarın diğer doğrultudaki kısa kenara oranı 2 den fazla olmamalıdır. Bu koşulla yükün plaklarda iki doğrultuda iletilmesi amaçlanır.
- Her iki doğrultuda komşu açıklıklar arasındaki fark, büyük açıklığın üçte birinden daha fazla olmamalıdır. Açıklıkların mümkün olduğunca birbirine yakın olmasının sağlanması ile açıklıklıklar arasındaki moment dağılımında büyük farklar oluşmaması sağlanır.
- Herhangi bir kolonun, planda diğer kolonların meydana getirdiği çerçeve eksenlerinden olan dışmerkezliği bu doğrultudaki açıklığın %10 undan fazla olmamalıdır. Dışmerkezliğin büyük olması durumunda ek zorlamalar meydana geleceği için, yöntem yeterli yaklaşım oluşturmaz.
- Verilen yöntem yalnız düşey yükler için geçerli olup, ayrıca hareketli yükün sabit yüküne oranı 2 den fazla olmamalıdır. Hareketli yükün sabit yüküne göre daha büyük olması durumunda elverişsiz yüklemelerinin gözönüne alınması gerekir.

67



Kirişsiz döşemede minimum boyutlar

68



ŞEKİL 11.3 - Kirişsiz Döşemede Tabla ve Bağlık Boyutları

69

$$M_0 = \frac{p \times l_2 \times l_n^2}{8} \quad \text{Denklem 11.4 (TS500'de)}$$

Yukarıdaki denklem ile hesaplanan M_0 momentinin açıklık ve mesnetlere paylaştırılması aşağıdaki ilkelere göre yapılmalıdır.

>İç Açıklıklarda,

- Açıklık momenti = $0,35 M_0$
- Mesnet momenti = $0,65 M_0$

>Kenar Açıklıklarda,

- Dış mesnet momenti = $0,30 M_0$
- İç mesnet momenti = $0,70 M_0$
- Açıklık momenti = $0,50 M_0$

Mesnedin iki yüzündeki momentlerin farklı olduğu durumlarda, büyük olan moment kesit hesapları için temel alınmalıdır.

70

Hesaplanan momentlerin kolon şeridine dağıtılması aşağıdaki gibi yapılmalıdır.

- a) İç mesnetlerde, yukarıda hesaplanan toplam mesnet momentinin % 75 i kolon şeridine verilmelidir.
- b) Kenar mesnetlerde, çözüm yapılan doğrultuya dik kenar kirişi yoksa, yukarıda hesaplanan toplam kenar mesnet momentinin tümü kolon şeridine aktarılmalıdır.
- c) Kenar kiriş varsa, kolon şeridine toplam mesnet momentinin % 75 i aktarılmalıdır.
- d) Açıklıklarda, yukarıda hesaplanan toplam açıklık momentinin % 60 ı kolon şeridine aktarılmalıdır.

Hesaplanan momentlerin orta şerite dağıtılması aşağıdaki gibi yapılmalıdır.

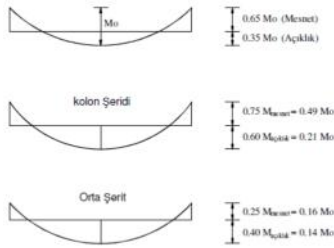
- a) Orta şerit momentleri, toplam moment ile kolon şeridi momentleri arasındaki fark olarak alınmalıdır.
- b) Yukarıdaki yöntem kullanılarak bulunan kolon ve orta şeride ait mesnet ve açıklık momentlerinde en çok $\pm\%10$ oranında değişiklik yapılabilir. Ancak, yapılan bu değişiklikler sonucu döşeme plağının Denklem 11.4 ile hesaplanan toplam statik momentinde hiçbir değişikliğe neden olunmamalıdır.
- c) Bir döküm sistemlerinde, döşeme mesnetini oluşturan kolon ve duvarlar, döşeme üzerine etkileyen tasarım yüklerinden oluşacak momentlere karşı yeterli dayanıma sahip olmalıdır. Bu momentler,

71

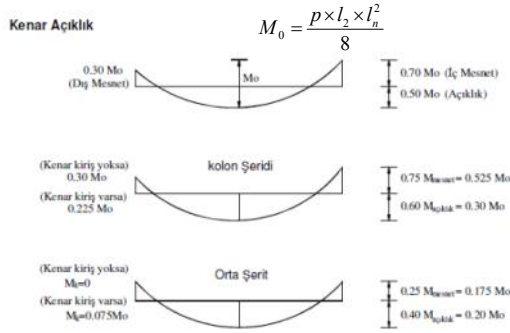
Kırsız Döşemeler:

İç Açıklık

$$M_0 = \frac{p \times l_2 \times l_n^2}{8}$$



72



73

Zımbalama Dayanımı

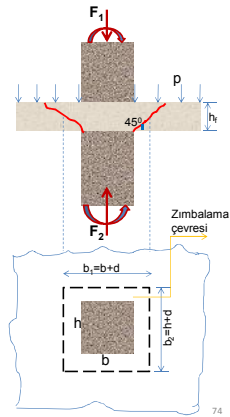
Kirişsiz döşemelerde, genellikle döşeme kalınlığında etkili olan önemli faktör, plak ve kolon birleşiminde yükün döşemeden kolona aktarılmasıdır. Eğer çevrede kenar kirişi yoksa, bu durum kenar bölgelerde daha da kritik olur. Gerekli güvenlik, zımbalama çevresinde zımbalama dayanımının kolonu zımbalamaya zorlayan kuvvetten daha büyük olması ile sağlanır.

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

γV_{pr} : Zımbalama dayanımı

V_{pd} : Hesap kesme kuvveti

Zımbalama yüzeyi başlıksız durumda kolon yüzünden $d/2$ mesafedeki döşeme kesit alanıdır. Bu alanın plandaki görüntüsü de zımbalama çevresini oluşturur.



74

Zımbalama Hesap Yüğü, orta kolon için

$$V_{pd} = F_d - F_a = F_d - p \times (b + d)(h + d)$$

Burada; $F_d = F_2 - F_1$; kesme kuvveti olarak kolona geçen yükün değeri olup, yaklaşık olarak alt ve üst kolon normal kuvvetlerinin farkıdır.

Kolon başında oluşan zımbalama yüzeyinin iletebileceği kesme kuvveti ise;

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

γ : Moment etkisinden oluşan ilave zorlanmayı gözönüne alan bir katsayı,

$\gamma=1$; eksenel yüklü kolonlarda

$$\gamma = \frac{1}{(1 + \eta \frac{e}{W_m} u_p d)} \quad \eta = \frac{1}{(1 + \sqrt{\frac{b_2}{b_1}})} \quad \text{Eksantrik normal kuvvet hali için}$$

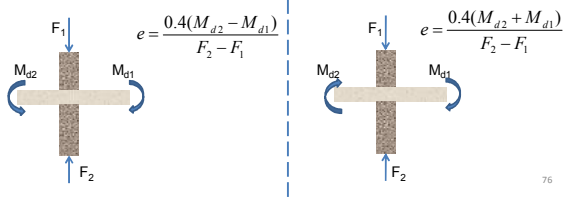
75

b_y : Dışmerkezlik yönünde olmak üzere up çevresini içine alan en küçük dikdörtgenin boyutu olup, $b_y/b_x \geq 0.7$ olmalı.

Plak kenarında veya köşesinde olmayan dikdörtgen veya dairesel yük alanları (veya kolonlar) için γ daha basit olarak ifade edilebilir.

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1.5 \frac{e_x + e_y}{\sqrt{b_x \times b_y}}}$$

e_x, e_y : Eksantristeler ($e=M/N$)
 b_x, b_y : u_p çevresini oluşturan kenarların uzunluğu



Zımbalama dayanımının yeterli olmadığı durumlarda;

1. Tabla ve/veya başlık yapılmalı,
2. Düz tavan görüntüsünün bozulmamasının istenilmesi halinde döşeme kalınlığı artırılır.
3. Zımbalama bölgesinde donatı kullanmak veya özel zımbalama donatıları kullanılabilir. Bu durumda plak kalınlığının ise en az 250mm olması gerekir. Zımbalama bölgesinde yoğun miktarda donatı kullanılması durumunda betonun iyi yerleştirilememesi ve yeterli aderansın oluşmaması sözkonusudur.

Konstrüktif Kurallar:

> Tablasız kirişsiz döşemelerde, $h \geq l_n/30$ ve $h \geq 180$ mm

> Tablalı kirişsiz döşemelerde, $h \geq l_n/35$ ve $h \geq 140$ mm $h_f \geq \frac{l_n}{30}$ veya $h_f \geq 200$ mm

> Tasarım, yaklaşık yöntemlerden biri kullanılarak yapılıyorsa, kirişsiz döşeme kalınlığı, yukarıdaki ifade ile elde edilen değerden az olamaz. Kirişsiz döşeme kalınlığı, olabildiğince zımbalama donatısı gerektirmeyecek biçimde seçilmelidir.

> Kirişsiz döşemelerde plak ve kolonların moment aktaracak bağlantısını sağlamak için kolon kesitinin açıklık doğrultusundaki genişliği, aynı doğrultudaki eksen açıklığının 1/20'sinden ve 300 mm'den az olamaz.

Eşdeğer Çerçeve Yöntemi

> Eşdeğer Çerçeve Yöntemi, hem kirişli hem de kirişsiz döşemeler için birbirine dik doğrultuda kolon eksenleri olan sistemlere uygulanır.

> Kolon eksenlerine eşit uzaklıkta düzlemlerle kesilen sistem çerçeveler oluşturulur.

> Döşeme, kiriş ve kolonlardan oluşan eşdeğer çerçeveler düşey yükler altında kat çerçevesi olarak gözönüne alınırken yatay yükler altında ise, bina yüksekliğince bu çerçeveleri oluşturan elemanların çatlamasından dolayı rijitlik azalması da gözönüne alınması gereklidir.

> Yöntemin başlangıcında döşeme kalınlığının sehim kontrolünü sağlayacak şekilde seçilmesi uygundur.

