

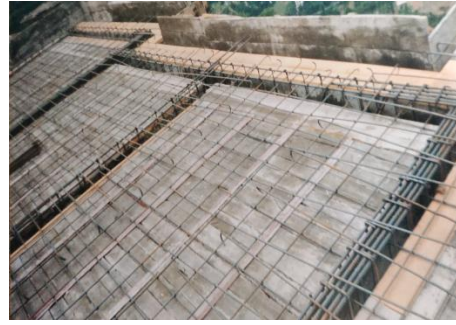
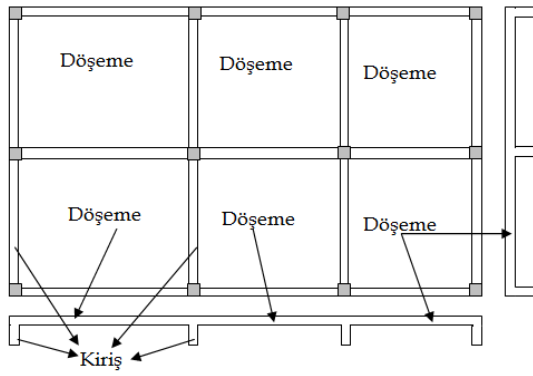
**I. BÖLÜM**  
**BETONARME DÖŞEMELER**

## 1.1. GİRİŞ

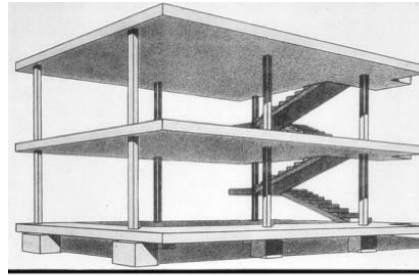
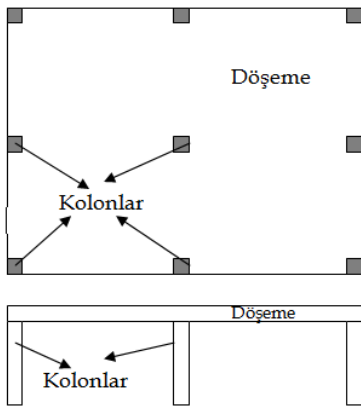
Döşemeler, yapılardaki alanları kapatarak üzerlerine etkiyen yükleri; duvar, kiriş veya kolonlara aktaran, iki boyutu üçüncü boyutuna göre büyük olan, düzlem taşıyıcı elemanlardır. Döşemeler, düşey yükleri taşımanın yanı sıra yatay yükleri de bir düşey elemandan diğerine aktarma görevini de yüklenmektedirler (diyafram etkisi).

Betonarme döşemeler; kirişli, kirişsiz (mantar döşeme) ve dişli döşemeler (dolgu bloklulu/asmolen, dolgu bloksuz veya kaset) olarak sınıflandırılabilir (Şekil 1.1). Bu döşemeler projelendirmelerde, boyutlarına bağlı olarak, tek doğrultuda çalışabilecek şekilde karşımıza çıkabildikleri gibi iki doğrultuda da çalışabilecek şekilde karşımıza çıkabilmektedirler.

Bu bölümde betonarme döşemelerin bugün yürürlükte bulunan TS 500 ve "Türk Bina Deprem Yönetmeliği" dikkate alınarak projelendirilmeleri üzerinde durulmaktadır. Bunun yanında, TS 500 ile birlikte yürürlükte bulunan TS EN 1992-1-1, "Beton Yapıların Tasarımı-Bölüm 1.1: Genel Kurallar ve Binalara Uygulanacak Kurallar (Eurocode 2)" standardında konu ile ilgili kurallar da verilmektedir.



Kirişli döşemeler



Le Corbusier, Maison Dom-ino (19'

Kirişsiz döşemeler



Dişli döşemeler (dolgulu/asmolen veya dolgunsuz)

Şekil 1.1 Betonarme döşemeler

## 1.2.KİRİŞLİ DÖŞEMELER

Bu tür döşemeler mesnet olarak kirişlere oturan, düzlemlerine dik etkiyen yükleri bu kirişlere aktaran düzlem taşıyıcı elemanlardır. Bu döşemeler uzun kenarlarının kısa kenarlarına oranına bağlı olarak, bir ya da iki doğrultuda çalışmaktadır.

### 1.2.1. İki Doğrultuda Çalışan Kirişli (Plak) Döşemeler

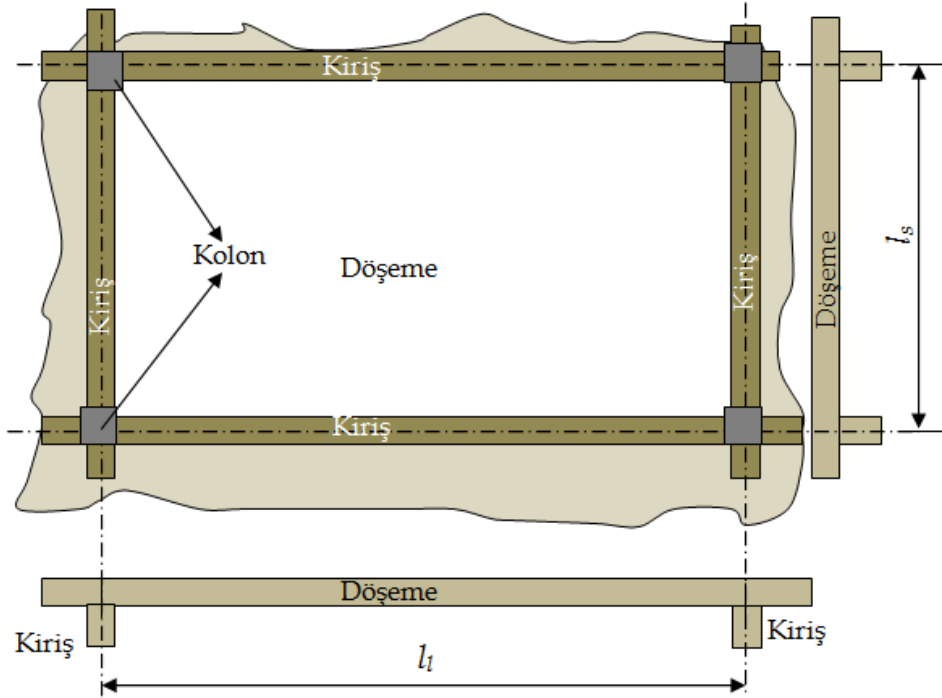
Döşemeler boyutlarına göre üzerine etkiyen yükleri, ya bir doğrultuda (kısa kenar doğrultusunda) ya da iki doğrultuda (kısa ve uzun kenar doğrultusunda) yer alan kirişlere aktarırlar.

Döşeme uzun kenarının mesnet eksenleri arasındaki uzaklığının ( $l_l$ ), kısa kenarının mesnet eksenleri arasındaki uzaklığına ( $l_s$ ) oranının ( $m$ ) ;

$$m = \frac{l_l}{l_s} \leq 2$$

olması durumunda bu tür döşemelerin iki doğrultuda çalıştığı, aksi takdirde bir doğrultuda çalıştığı (yük aktardığı) kabul edilir.

4



Şekil 1.2. Kirişli döşeme

### 1.2.1.1. Döşeme Kalınlığı

İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin kalınlığı ( $h_f$ );  $\alpha_s$  döşemenin sürekli olan kenarlarının toplam uzunluğunun, döşemenin çevresinin toplam uzunluğuna oranını göstermek üzere, aşağıda verilen ifadeyi sağlamalıdır.

$$h_f \geq \begin{cases} \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \left(1 - \frac{\alpha_s}{4}\right) \\ 80 \text{ mm} \end{cases} \quad (1.1)$$

Bu bağıntıda  $l_{sn}$ : döşemenin kısa kenar doğrultusundaki serbest açıklığını göstermektedir. Ancak döşeme kalınlıklarının belirlenmesinde sehimin de, özellikle kullanım sınır durumu için rolü büyüktür. Zira betonarme döşeme gibi eğilme etkisindeki yapı elemanlarında, kullanımı güçleştirecek, görünüşü etkileyecek ve bu elemanlara bitişik taşıyıcı olmayan diğer yapı elemanlarının çatlamasına ve ezilmesine neden olabilecek düzeyde sehimler oluşmamalıdır. Bu elemanların kalıcı ve hareketli yükler altındaki ani sehimleri ile büzülme ve sünme etkisi ile oluşan sehimlerin hesabında, betonarme elemanların çatlama durumları da göz önünde tutulmalıdır.

Eğilme etkisindeki elemanlar sehime duyarlı yapı elemanı taşımıyorsa ve bunlara ilişkili değilse, eleman yüksekliğinin açıklığa oranı aşağıda verilen Tablo 1.1. deki sınırlar üzerinde kalmak koşuluyla sehim hesabı yapmaya gerek yoktur.

Tablo 1.1. İki doğrultuda çalışan döşemelerde sehim hesabı gerektirmeyen (yükseklik/kısa kenar serbest açıklığına) oranı

Sınır koşulu	Basit mesnetli	Sürekli mesnetli		Konsol
		Kenar açıklığı	İç açıklık	
min $h_f$	$l_{sn}/25$	$l_{sn}/30$	$l_{sn}/35$	--

Sehim hesabı için uygulanacak yöntemde döşeme, açıklığı boyunca değişik şiddette momentlere maruz kalması sonucu çatlaması ile sünme ve rötire etkileri dikkate alınmalıdır. *Bilindiği gibi bu hesapta malzeme ve yük katsayıları 1.0 alınmaktadır.* Sehim hesabı, kalıcı ve hareketli yükler altında betonarme eğilme elemanlarının ani sehimleri ile sünme ve büzülme gibi zamana bağlı sehimlerin ayrı ayrı belirlenmesiyle yapılmaktadır.

➤ *Ani sehimlerin yaklaşık hesabı*

Kalıcı ve hareketli yükler altında betonarme eğilme elemanlarının ani sehimleri, açıklığı boyunca hiçbir kesitinde çatlamayan elemanlarda ( $M_{\max} \leq M_{cr}$ ) tüm kesitin eylemsizlik momenti kullanılarak, çatlayan elemanlarda ( $M_{\max} > M_{cr}$ ) ise aşağıdaki bağıntıdan hesaplanacak etkili eylemsizlik momenti kullanılarak ve mesnet koşulları göz önünde bulundurularak hesaplanmalıdır.

$$I_{ef} = \left( \frac{M_{cr}}{M_{\max}} \right)^3 I_c + \left[ 1 - \left( \frac{M_{cr}}{M_{\max}} \right)^3 \right] I_{cr} \quad (1.2)$$

Burada kesitin çatlama momenti,  $M_{cr}$ ;

$$M_{cr} = 2.5 f_{ctd} \frac{I_c}{y} \quad (1.3)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Bu hesaplarda kullanılacak betonun elastisite modülü beton sınıfına bağlı olarak TS 500' den alınabileceği gibi, betonun yaşına bağlı olarak;

$$E_{cj} = 3250 \sqrt{f_{ckj}} + 14000 \quad (1.4)$$

bağıntısı ile de hesaplanabilmektedir. Burada birimler MPa ( $N/mm^2$ ) dir. Bu tür hesaplarda, açıklık ve mesnet kesitleri (iki mesnetin ortalaması) için iki ayrı eylemsizlik momenti hesaplanmalı ve iki değer ortalaması, etkili eylemsizlik momenti olarak kullanılmalıdır. Konsollarda ise mesnet kesiti eylemsizlik momenti kullanılmalıdır.

➤ *Zamana bağlı sehim hesabı*

Betonarme yapılarda sünme ve büzülme etkisi ile oluşan zamana bağlı ek sehimlerin hesabı sağlıklı verilerin bulunmadığı durumlarda sünme ile ilgili katsayılar Tablo 1.2' den, büzülme ile ilgili katsayılar ise Tablo 1.3' den alınabilir. Bu çizelgelerde verilen değerler 2-3- yıl gibi uzun bir süre sonunda erişilecek değerlerdir. Kısa süreler için literatürde verilen doğruluğu kanıtlanmış bir yöntem kullanılabilir. Bağlı nem, beton yaşı ve eşdeğer kalınlık ara değerleri için doğrusal oranlama yapılabilir.

Tablo 1.2. Sünme katsayısı,  $\phi_{ce}$  (uzun süre sonunda)

Yükleme Anında betonun yaşı(gün)	Kuru ortam (bağıl nem %50)			Nemli ortam (bağıl nem %80)		
	Eşdeğer kalınlık (mm) , $le=2Ac/u$					
	50	150	600	50	150	600
1	5.4	4.4	3.6	3.5	3.0	2.6
7	3.9	3.2	2.5	2.5	2.1	1.9
28	3.2	2.5	2.0	1.9	1.7	1.5
90	2.6	2.1	1.6	1.6	1.4	1.2
365	2.0	1.6	1.2	1.2	1.0	1.0
$\epsilon_{ce} = \frac{\sigma_{co}}{E_c} \phi_{ce}$ $A_c$ : beton alanı, $u$ : elemanın çevre uzunluğu						

Tablo 1.3. Büzülme birim şekildeğiştirmesi,  $\epsilon_{cs} \times 10^3$  (uzun süre sonunda)

Betonun bakımı	Kuru ortam (bağıl nem %50)		Nemli ortam (bağıl nem %80)	
	Eşdeğer kalınlık (mm) , $le=2Ac/u$			
	150	600	150	600
Yetersiz	0.60	0.50	0.40	0.30
Yeterli	0.40	0.40	0.25	0.25

Döşemelerin sehımlerinin hesabında daha kesin hesaba gerek duyulmayan durumlarda, zamana bağılı sehımleri de içeren toplam sehım;

$\delta_{t=} \delta_i + \delta_{ig} \lambda$  ve  $\lambda = \frac{\gamma_t}{1+50\rho'}$  bağıntısıyla hesaplanabilmektedir. Bu bağıntılardaki  $\rho'$  kesitte bulunan basınç donatısı oranını,  $\gamma_t$  kalıcı yük süre katsayısıdır. Bu katsayı Tablo 1.4' den alınmaktadır.

Tablo 1.4. Kalıcı yük katsayısı

Yükleme süresi	Süre katsayısı, $\gamma_t$
5 yıl ve daha fazla	2.0
12 ay	1.4
6 ay	1.2
3 ay	1.0

Betonarme eğilme elemanlarında izin verilebilecek sehım sınırları, serbest açıklığa bağlı olarak Tablo 1.5' de verilmektedir. Elemanda oluşan sehım değerleri bu sınırları geçmesi durumunda eleman kalınlığı büyütülmelidir.

Tablo 1.5. İzin verilebilecek sehım değerleri

Eğilme elemanı ve yeri	Sehım nedeni	Açıklık/sehım
Bölme duvarsız çatı elemanları	Hareketli yüklerden oluşan ani sehım	$l_n/180$
Bölme duvarsız normal kat elemanları		$l_n/360$
Bölme duvarlı çatı ve normal kat elemanları (bölme duvar bulunan veya büyük sehımlerden etkilenebilecek elemanlar taşıyan)	Sürekli yüklerden oluşan toplam sehım ile hareketli yüklerin geri kalan	$l_n/480$
Bölme duvarlı çatı ve normal kat elemanları	bölümünden oluşan ani sehımlerin toplamı	$l_n/240$

\* $l_n$  yerine kısa kenar doğrultusundaki döşeme serbest açıklığının dikkate alınması durumunda daha güvenli tarafta kalınmaktadır.

8

### 1.2.1.2. Donatı ile ilgili koşullar

İki doğrultuda çalışan betonarme döşemelere yerleştirilecek olan donatı, kritik kesitlerde, TS 500' de belirtilen herhangi bir yapısal çözümleme yöntemi ile hesaplanan kesit etkilerine (i kuvvetlere) göre belirlenir.

İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerde her bir doğrultuda yerleştirilecek donatının oranı ( $\rho$ ), 0.0015' den az olmamak koşulu ile iki doğrultudaki donatı oranlarının toplamı ( $\rho_t$ );

S220 için (BÇ-I)  $\rho_t \geq 0.0040$  (S220 donatısı kullanılmamaktadır. Ancak mevcut binalarda kullanılmış ise denetim amaçlı dikkate alınabilir)

S420 için ve B420 C için  $\rho_t \geq 0.0035$

olmalıdır.



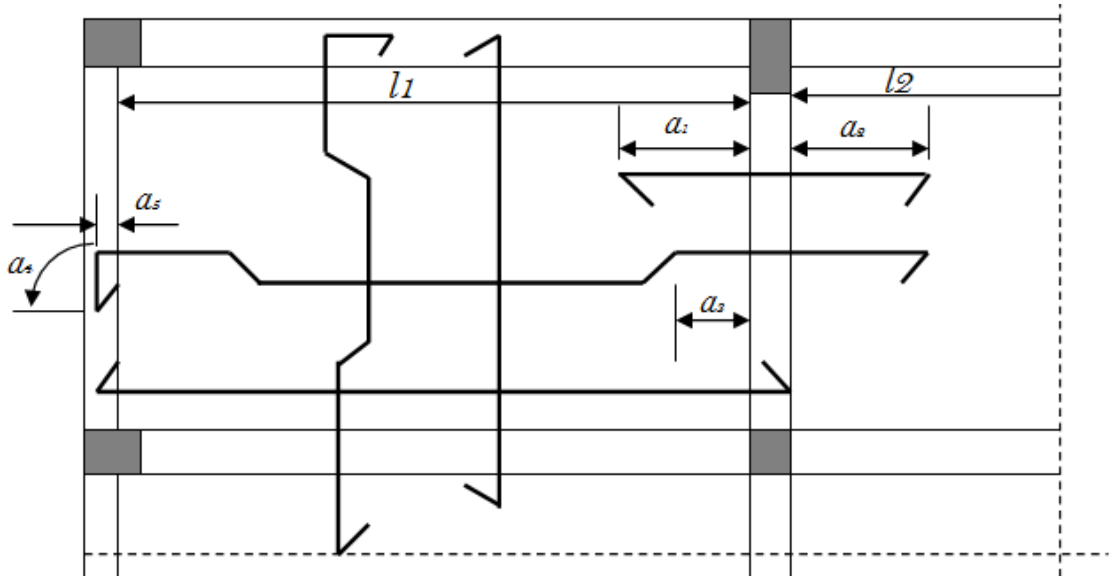
**Döşemelere yerleştirilecek donatı aralığı ise (s);** Kısa kenar doğrultusunda **200 mm**, uzun kenar doğrultusunda ise **250 mm** den ve döşeme kalınlığının 1.5 katından fazla olamaz. Mesnetlerde ise bir doğrultuda donatı bulunduğundan, bu donatının alanı;

$$A_s \geq \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} b_w h_f \quad (1.5)$$

olmalıdır.

- **Pilyeler**

Sürekli döşemelerin bükülen donatıları (pilyeler), negatif momentler için (mesnet momentleri) asal çekme donatısı olarak kullanılacak ise (*kullanılma zorunluluğu bulunmamaktadır*), bu donatılar bitişik döşemelere yeteri kadar uzatılmalıdır (Şekil 1.3 ve Tablo 1.6).



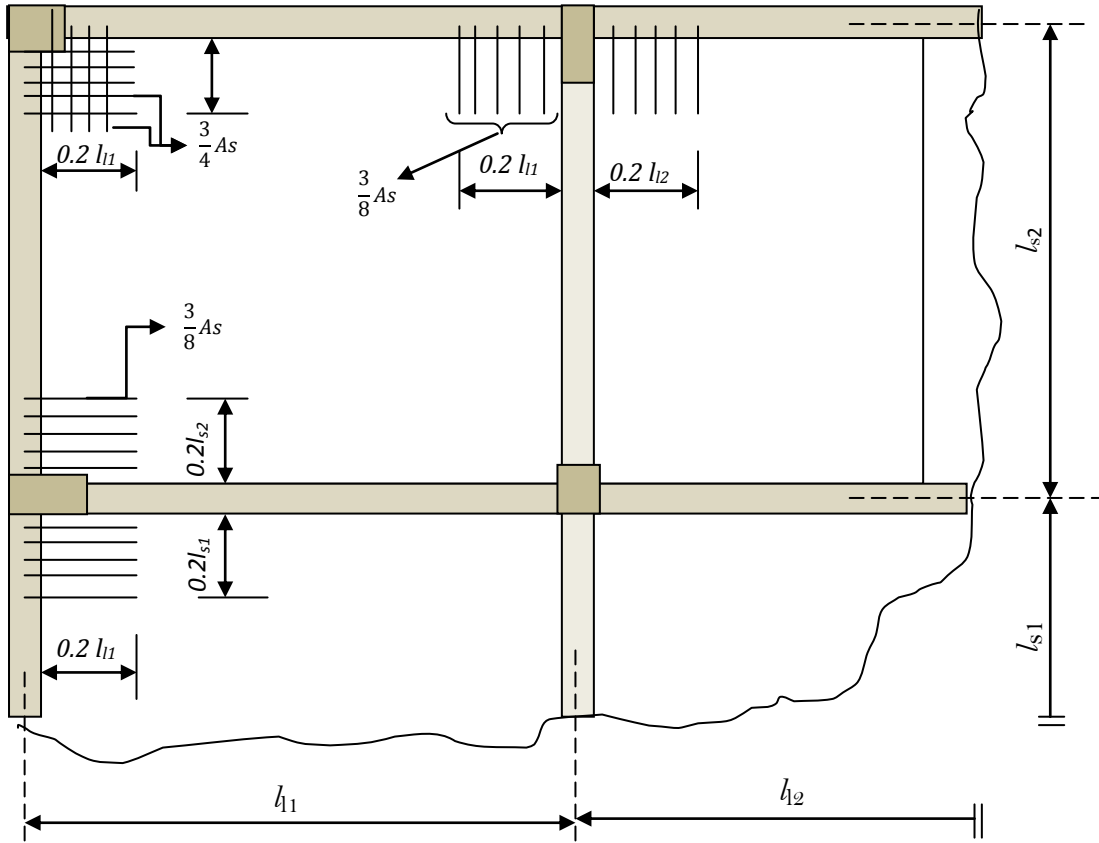
Şekil 1.3. Donatıların yerleştirilmesi

Tablo 1.6. Donatı büküm ve kenetlenme yerleri

Uzaklık	Değeri	
a1	$0.25 l_1$	Moment sıfır noktasını, kenetlenme boyu kadar geçmeli
a2	$0.25 l_2$	
a3	$0.20 l_1$	
a4	Kenetlenme boyu	
a5	Kenetlenme boyu	

- **Burulma Donatısı**

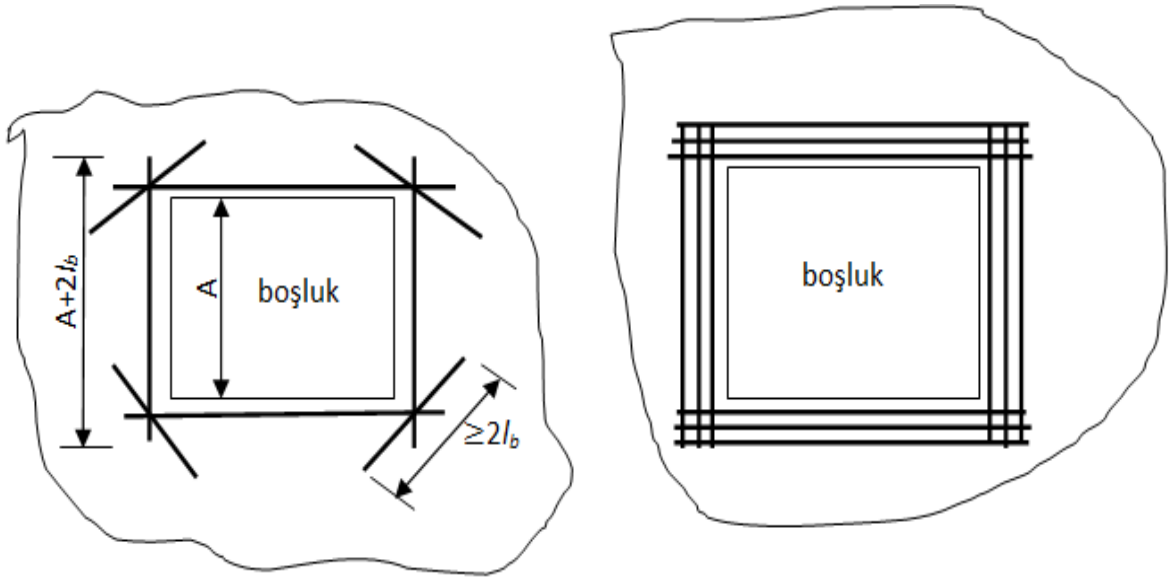
Kenar kirişlere, ya da komşu döşemelere eğilmeye dayanıklı bir biçimde bağlı olmayan döşemelerin köşelerinde özel burulma donatısı bulundurulmaktadır. Ancak Bu donatılar TS 500-2000' e göre zorunlu değildir. Bu donatının yerleştirilmesi istenirse ve/ya da büyük açıklıklı donatılarda burulmanın olabileceği düşünülürse, köşeyi içine alan kenarların hiçbirisinin sürekli olmaması durumunda, kenarlara paralel iki kat altta, iki kat üstte yerleştirilir. Donatı çubuklarının uzunlukları küçük açıklığın  $1/5'$  i kadar, her kat donatının alanı da hesaplanan en büyük açık donatısının  $3/4'$  ü kadar olmalıdır. Köşeyi içine alan kenarlardan birisi üzerinde döşemenin sürekli olması durumunda, söz konusu donatı %50 azaltılabilir. Burulma donatısı Şekil 1.4' de verilmektedir.



Şekil 1.4. İki doğrultuda çalışan döşemelerde burulma donatısı

- **Döşemelerdeki Boşluk Çevresinin Donatılması**

Döşemelerde zorunlu olarak boşluk bırakıldığında (baca, tesisat boşluğu gibi), bu boşlukların dört kenarı boyunca altta ve üstte en az 1Ø12 donatı çubuğu yerleştirilmeli ve bu donatı miktarı her iki doğrultuda boşluk nedeni ile kesilen donatı miktarından az olmamalıdır. Ayrıca boşlukların her köşesine boşluk kenarı ile 45° lik açı yapacak şekilde alt ve üstte en az 1Ø12 donatı yerleştirilmeli ve bu donatıların uzunluğu kenetlenme boyunun iki katından az olmamalıdır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Boşluk kenarında donatı düzenlemesi

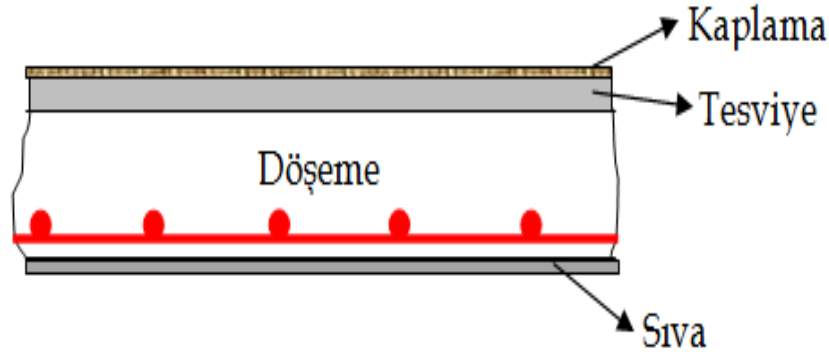
### 1.2.1.3 Döşemelerde Yük Hesabı

Betonarme döşemeler, düzlemlerine dik yükleri taşıyan elemanlardır. Bu nedenle döşemenin sabit yükü (g); döşeme öz ağırlığı, varsa tesviye harcı, kaplama, sıva ve yalıtım malzemeleri gibi yüklerden oluşmakta ve bu yükler döşeme ön boyutlandırılmasından sonra hesaplanmaktadır (Şekil 1.6). Döşeme üzerine gelen hareketli yük (q) ise söz konusu döşemenin kullanım amacına bağlı olarak ilgili yük yönetmeliklerinden alınmaktadır (TS 498 vb).

Bu yüklere bağlı olarak döşemelerin hesabında dikkate alınacak yük;

$$P_d = 1.4 g + 1.6 q \quad (1.6)$$

bağıntısıyla verilen temel yük birleşiminden hesaplanmaktadır



Şekil 1.6. Bir döşeme kesiti

#### 1.2.1.4 Yapısal Çözümleme

Döşemelerin yapısal çözümlemesi, diğer yapı elemanlarında olduğu gibi, geçerliliği kabul edilmiş, elastik ya da plastik davranışa dayalı çeşitli yöntemlerle yapılabilmektedir. Aşağıda bu yöntemlerden bazılarını kısaca değinilmekte ve döşemeler için TS 500 ' de önerilen yaklaşık yöntem üzerinde durulmaktadır.

##### a) Elastik plak teorisiyle yapısal çözümleme

Bu yöntemde döşemelerin elastik eğri denklemi yazılarak, plağın sınır şartlarına(mesnet biçimine) göre bu denklemin türetilmesiyle, moment, kesme kuvveti gibi kesit etkileri belirlenmektedir. Bu işlem döşemelerin sabit yük altında çözümünde bile uzun işlemler gerektirmektedir. Bununla birlikte betonarmenin gerçek davranışını dikkate almayan bu çözümden elde edilen sonuçlar da gerçekçi değildir.

##### b) Plastik mafsallı çizgileri teorisiyle yapısal çözümleme

Betonarme döşeme hesaplarının, davranışı doğrusal elastik olduğunu kabul eden yöntemlerle yapılmasının gerçekçi olmadığı açıktır. Zira göçmenin zımbalamayla olmayacağı kabulüyle betonarme döşemelerin artan yükler altında davranışı genellikle elastik, çatlama, plastik ve göçme aşaması olmak üzere başlıca dört aşamayı kapsamaktadır.

Elastik aşamada eğilme momenti dağılımı elastik dağılıma karşılık gelmektedir. Çatlama aşamasında çekme bölgesinde betonun çatlamaıyla, çatlama kesitin eylemsizlik momenti giderek azalmakta ve bu azalma eğilme momenti

dağılımının sürekli değişimine neden olmaktadır. Plastikleşme aşamasında, asal çekme donatısı oranının dengeli donatı oranından küçük olması durumunda donatılar, yük artmaya devam ettikçe giderek akma sınırına ulaşmaktadır. Donatılardaki akma en fazla açılan çatlakların yoğunlaştığı dar bir şerit boyunca yayılmaktadır. Teknik literatürde akma ve/ya da kırılma çizgileri diye bilinen bu çizgiler plastik mafsallık çizgileri olarak da adlandırılmaktadır.

Bu yöntem ardışık iki aşamada uygulanmaktadır. İlk aşamada döşemenin şekli, mesnet koşulları ve yükleme durumuna bağlı olarak mümkün olabilecek göçme mekanizmaları belirlenmekte daha sonra da belirlenen bu göçme mekanizmalarından en küçük göçme yükünü veren mekanizma durumu araştırılmaktadır. Bu araştırma mekanizmayı meydana getiren rijit elemanların denge koşullarının sağlanması esasına dayanmaktadır. Bunun için de virtüel iş ya da denge yöntemi olmak üzere iki farklı yöntem kullanılabilir.

### c) Diğer elastik davranışa dayalı yöntemler

Döşemelerin yapısal çözümlemesinde, matris deplasman, sonlu elemanlar, sonlu fark yöntemleri kullanılabileceği gibi yapı statikliğinin konusu olan ve geçerliliği kanıtlanmış diğer yapısal çözümleme yöntemleri de kullanılabilir.

### d) Yaklaşık yöntemle yapısal çözümleme

Yukarıda döşemeler için verilen yöntemler, karmaşık ve zaman alıcı olmaları nedeniyle kullanımları pratiklikten uzaktır. Bu nedenle yönetmeliklerde döşemeler için yaklaşık ve basit yöntemler önerilebilir. Bu tür döşemeler için TS 500 de önerilen yaklaşık yöntem, Amerikan Beton Enstitüsü (ACI) tarafından uzun yıllar kullanılmış olan bir yöntemdir. Bu yöntem Prof. Westergard tarafından geliştirilmiş Van Buren ve Di Stasio ' nun da katkılarıyla bugün TS 500 de verilen tablo oluşturulmuştur. Bu yöntemde döşemenin üzerine etkiyen yüklerden bir metre genişliğinde oluşan hesap /tasarım momenti;

$$M_d = \alpha P_d l_{sn}^2 \quad (1.7)$$

bağıntısıyla belirlenmektedir. Bu bağıntıdaki  $\alpha$  katsayıları, mesnet koşulları ve uzun kenarın kısa kenara oranı dikkate alınarak hazırlanan Tablo 1.7' de verilmektedir. Bu tabloda verilen değerler arasında doğrusal oranlama yapılabilmektedir.

Tablo 1.7. İki doğrultuda çalışan döşemeler için  $\alpha$  moment katsayıları(  $\times 10^{-3}$ )

Mesnet koşulları	Dört kenar sürekli		Bir kenar süreksiz		İki komşu kenar süreksiz		İki kısa kenar süreksiz		İki uzun kenar süreksiz		Üç kenar süreksiz		Dört kenar süreksiz		
	Mesnet	Açıklık	Mesnet	Açıklık	Mesnet	Açıklık	Mesnet	Açıklık	Mesnet	Açıklık	Mesnet	Açıklık	Mesnet	Açıklık	
KISA KENAR DOĞRULTUSUNDA	$m = l/s$														
	1.00	33	25	42	31	49	37	56	44	-	44	58	44	-	50
	1.05	37	28	45	33	53	40	59	45	-	49	62	47	-	54
	1.10	40	30	47	35	56	42	61	46	-	53	63	49	-	57
	1.15	42	32	50	38	59	45	63	48	-	57	68	52	-	60
	1.20	45	34	53	40	62	47	65	49	-	60	71	54	-	62
	1.25	48	36	55	42	64	49	67	50	-	63	74	56	-	65
	1.30	50	38	57	43	66	50	69	51	-	65	77	58	-	67
	1.35	52	40	59	45	68	52	70	52	-	67	79	60	-	69
	1.40	54	41	61	46	70	53	71	53	-	68	81	61	-	71
	1.45	57	43	63	48	72	54	72	54	-	70	83	63	-	73
	1.50	59	45	65	49	73	55	73	55	-	71	83	64	-	75
	1.55	61	47	67	50	75	56	74	56	-	72	86	65	-	76
	1.60	64	48	69	52	77	58	75	56	-	73	88	66	-	77
	1.65	66	50	71	53	78	59	75	57	-	75	89	67	-	79
	1.70	69	51	73	55	80	61	76	57	-	76	91	68	-	80
	1.75	71	53	75	56	82	62	77	58	-	77	92	69	-	81
1.80	73	55	77	58	84	63	78	58	-	78	93	70	-	81	
1.85	76	57	79	59	85	64	78	59	-	78	94	71	-	82	
1.90	78	58	81	61	87	66	79	59	-	79	96	72	-	82	
1.95	81	60	83	62	88	67	79	60	-	79	97	73	-	83	
2.00	83	62	85	64	90	68	80	60	-	80	98	74	-	83	
Uzun kenar	33	25	41	31	49	37	-	44	56	44	58	44		50	

Yukarıda verilen bağıntıyla hesaplanan momentler, döşeme orta şeritine ait momentlerdir. Mesnetlere gidildikçe moment yön değiştireceğinden, kenar şeritlerindeki momentler, ilgili orta şerit momentlerinin üçte ikisi olarak dikkate alınabilir. Ancak açıklıkları çok büyük olmayan orta şeritler için bulunan donatının kenar şeritlere de aynen kullanılması önemli bir ekonomik yük olmayabilir. Bu nedenle söz konusu kararı vermek proje mühendisinin sorumluluğundadır.

Süreksiz kenarların kirişlere oturması durumunda, bu kenarlarda açıklık momenti katsayılarının yarısı alınabilir. Ancak süreksiz kenarlarının duvara oturması veya serbestçe dönebilecek şekilde olması durumunda bu kenarlarda moment dikkate alınmaz.

Tablodan alınan değerler kullanılarak moment bağıntısıyla hesaplanan mesnet momentinin, mesnetin iki yüzündeki değerleri genellikle birbirinden farklıdır. *İki komşu plağın ortak mesnetinin bir tarafındaki negatif moment diğer taraftakinin 0.80 katından az ise, aradaki farkın 2/3' ü komşu plaklara, döşeme rijitlikleri oranında dağıtılmalı, donatı hesabında büyük olan değer kullanılmalıdır. İki moment arasındaki fark daha az ise projelendirilmede büyük olan moment kullanılmalıdır. Bu yöntemde mesnet momenti düzeltilmesi yapılamaz.*

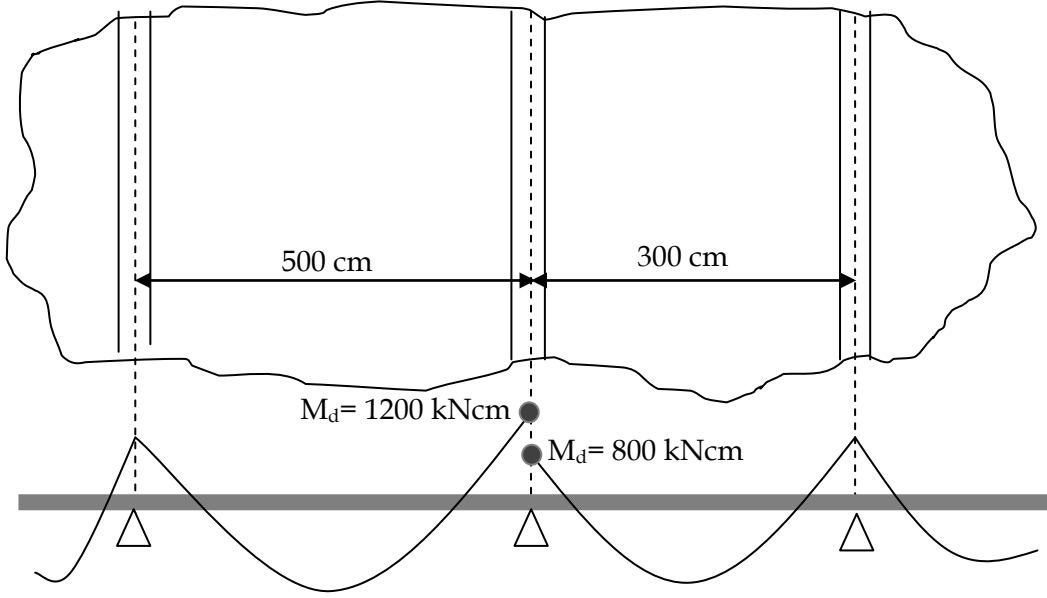
İki doğrultuda çalışan döşemelerde, döşeme kalınlıkları,

$$V_d \leq V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b d \quad (1.8)$$

ifadesini sağlayacak şekilde seçilmesi durumunda kesme donatısına gerek duyulmamaktadır.

### **Uygulama 1. Mesnet momenti düzeltilmesi**

Kalınlığı 150 mm ve iki komşu döşemenin moment hesaplanan açıklığı 5 m ve 3 m dir. Açıklığı 5 m olan döşemenin komşu mesnetteki negatif momenti 1200 kNcm, 3 m olanınki ise 800 kNcm dir. Buna göre bu iki döşeme arasındaki mesnetin donatı hesabı için kullanılacak hesap momentini belirleyiniz.

**Çözüm:**

**Döşeme rijitliklerinin hesabı:** Döşeme rijitliği basit olarak döşeme kalınlığının döşeme açıklığına oranından hesaplanabilmektedir ( $h_f/l$ ). Buna göre;

1. Döşeme için  $15/500 = 0.03$
2. Döşeme için  $15/300 = 0.05$

Rijitlikler toplamı:  $0.08$

Komşu döşemelerdeki moment oranı:  $800/1200 = 0.67 < 0.80$  olduğundan mesnet momenti düzeltilmesi yapılır.

Fark moment:  $1200 - 800 = 400$  kNcm

Dağıtma miktarı:  $400 \times (2/3) = 267$  kNcm

Sonuç momentler:  $M_d = 1200 - 267 (0.03/0.08) = 1100$  kNcm

$$M_d = 800 + 267(0.05/0.08) = 967 \text{ kNcm}$$

Bu döşemelerin mesnetinde donatı hesabı için kullanılacak tasarım momenti 1100 kNcm dir.

**1.2.2 Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler**

Düzensiz yayılı yük taşıyan ve uzun kenarının kısa kenarına oranı 2 den büyük olan ( $m > 2$ ) betonarme plakların bir doğrultuda çalıştığı kabul edilmektedir. Bu tür döşemelerde eğilme momentini karşılayacak asal donatı, yalnız kısa kenar



doğrultusunda yerleştirilmektedir. Uzun kenar doğrultusunda ise dağıtma donatısı bulundurulur.

### 1.2.2.1. Döşeme Boyutları

Bir doğrultuda çalışan döşemeler için en küçük döşeme kalınlığı 80 mm dir. Tavan döşemelerinde ve bir yerin örtülmesine yarayan veya yalnız onarım, temizlik ve benzeri durumlarda üzerinde yürünen döşemelerde bu kalınlık 60 mm ye kadar düşürülebilir. Üzerinden taşıt geçen döşemelerde kalınlık en az 120 mm olmalıdır. Ayrıca döşeme kalınlığının serbest açıklığa oranı Tablo 1.8' de verilen değerlerden az olmamalıdır. Bu tür döşemelerde beton örtü kalınlığı (paspayı) 15 mm den az olamaz.

Tablo 1.8 Döşeme kalınlığı/Serbest açıklık oranı

Mesnet şekli	$h_f/l_s$
Basit mesnetli, tek açıklıklı döşemelerde	1/25
Sürekli döşemelerde	1/30
Konsol döşemelerde	1/12

17

Bir doğrultuda çalışan döşemelerde, sehim problemi varsa ya da sehime duyarlı herhangi bir sistem taşıyorsa veya döşemenin sehim yapmasına neden olabilecek düzeyde yüklenmiş ise ve bu döşemede sehim hesabı yapılmak istenmiyorsa döşeme kalınlığı/serbest açıklık oranı Tablo 1.9' da verilen değerleri aşmamalıdır.

Tablo 1.9 Sehim hesabı gerektirmeyen kalınlık/açıklık oranları

Mesnet şekli	$h_f/l_s$
Basit mesnetli, tek açıklıklı döşemelerde	1/20
Sürekli döşemelerde	1/25
Konsol döşemelerde	1/10

Ayrıca döşeme kalınlığı seçilirken  $V_d \leq V_{cr}$  koşulu da sağlanmalıdır. Burada  $V_{cr}$ ;

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b d$$

bağıntısıyla belirlenir.

### 1.2.2.2. Donatılar

Bir doğrultuda çalışan döşemelerin kısa kenar doğrultusuna yerleştirilecek asal donatı oranları aşağıdaki şartları sağlamalıdır.

$$S220 \text{ için } \rho \geq 0.003$$

Bu donatı sınıfı kullanılmamaktadır. Ancak mevcut binalarda söz konusu donatı mevcut ise denetim amaçlı kullanılabilir).

$$B420 \text{ C ve B500 C için } \rho \geq 0.002$$

Donatı aralıkları ise;

$$s \leq \begin{cases} 1.5h_f \\ 200 \text{ mm} \end{cases}$$

koşulunu sağlamalıdır. Bu tür döşemelerde açıklıktaki alt donatının, tek açıklıklı döşemelerde en az yarısı, sürekli plaklarda ise 1/3' ü mesnetten mesnete kesilmeden uzatılmalıdır.

Bir doğrultuda çalışan döşemelerin uzun kenarları doğrultusunda, döşeme alt yüzünde, **dağıtma donatısı** bulundurulmalıdır. Tüm kesit esas alınarak hesaplanacak olan dağıtma donatısı oranı, asal donatının 1/5' inden az olmamalıdır. Dağıtma donatısının aralığı ise 300 mm den fazla olamaz.

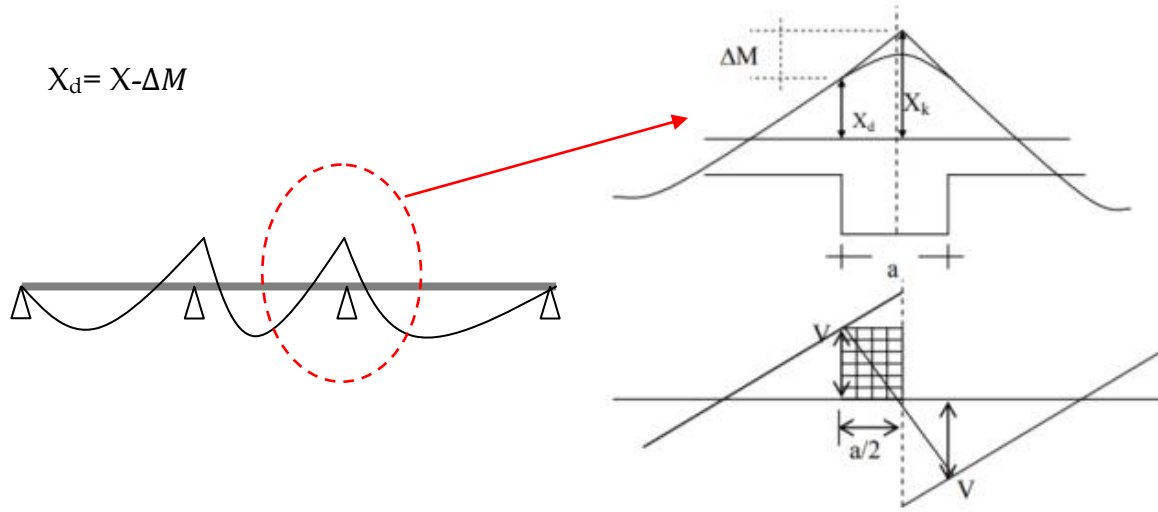
Bir doğrultuda çalışan döşemelerde kısa kenar doğrultusundaki mesnetlerde, döşeme asal donatısına dik doğrultuda boyuna mesnet donatısı bulundurulmalıdır. Üste konulacak ve her iki tarafa kısa kenar açıklığının 1/4' ü kadar uzatılacak olan bu donatı, asal donatının %60' ından az olmamalıdır. Ayrıca B 420 C donatısı için yerleştirilecek donatı en az  $\emptyset 8/300$  mm olmalıdır.

### 1.2.2.3. Yapısal Çözümleme

Bir doğrultuda çalışan sürekli plaklarda yayılı yükler altında oluşan momentler, mesnetlerinde serbestçe dönebilen sürekli kiriş teorisine göre hesaplanmaktadır. Döşeme mesnetlerinin kiriş olması ve yapısal çözümlemede hesap açıklığının(mesnet ekseninden mesnet eksenine olan uzaklık,  $l$ ) kullanılması durumunda, projelendirme kullanılacak mesnet momenti düzeltmesi ile kiriş ekseninde hesaplanan moment, kiriş yüzüne indirgenir. Bu değer ( $X_d$ ),

$$\Delta M = \frac{V a}{3} \quad (1.9)$$

bağıntısıyla hesaplanan değer, mesnet ortasındaki momentten ( $X$ ) çıkartılması ile elde edilmektedir.



Bu bağıntıda  $V$  hesap yapılan açıklığa ait mesnet kesme kuvvetini,  $a$  ise mesnet genişliğini göstermektedir. Bu tür hesaplarda mesnet genişliği, **açıklığın 0.175 katından fazla alınamaz** ve azaltılmış **momentin değeri de  $\frac{P_d l^2}{14}$  ' den hesaplanan moment değerinden az olamaz**. Mesnetlere serbestçe oturan (duvara oturan döşemeler gibi) döşemelerde moment düzeltmesi yapılmaz.

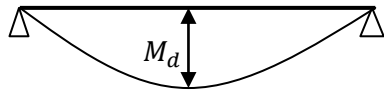
Betonarme kirişler arasında uzanan sürekli döşemelerde, hareketli yüklerden doğabilecek negatif açıklık momentleri, kirişlerin burulma rijitlikleri dikkate alınarak azaltılabilir.

Sürekli döşemelerin açıklıklarında hesaplanan pozitif momentleri, iki ucu ankastre varsayılmasıyla (serbest açıklık göz önünde bulundurularak) elde edilecek momentten küçükse, kesit hesabında ankastre mesnet varsayımıyla hesaplanan açıklık momenti esas alınmaktadır.

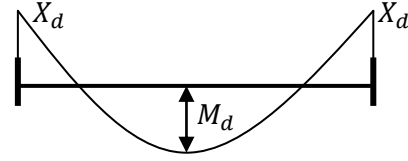
Bir doğrultuda çalışan sürekli döşemelerden herhangi komşu iki açıklığın birbirine oranı 0.80 den küçük olmayanlar için, hareketli yükün sabit (kalıcı) yüke oranının 2.0 den küçük olduğu eşit yayılı yük durumunda, momentler aşağıda verilen katsayılardan yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir. Burada verilen denklemlerde  $l$  döşeme hesap açıklığını göstermektedir. Duvarlara serbestçe oturan döşemelerde bu açıklık, serbest açıklığa döşeme kalınlığı eklenerek

hesaplanır. Ancak bu değer, hiçbir mesnet eksenleri arasındaki uzaklıktan fazla ve serbest açıklığın 1.05 katından az olamaz. Mesnet momenti hesaplanırken, komşu açıklıkların ve yüklerin ortalaması alınır. Buna göre;

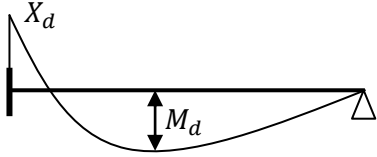
**Tek açıklıklı döşemelerde (yaylı yük etkisinde),**



$$M_d = \frac{P_d l^2}{8}$$

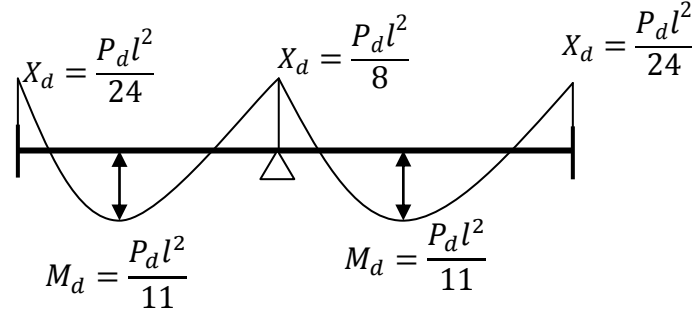


$$X_d = \frac{P_d l^2}{12} \quad M_d = \frac{P_d l^2}{24}$$

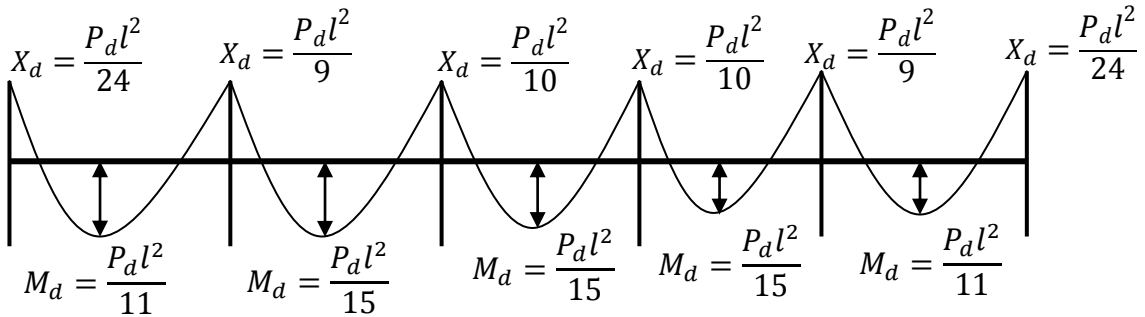


$$X_d = \frac{P_d l^2}{8} \quad M_d = \frac{9 P_d l^2}{128}$$

**İki açıklıklı döşemelerde**

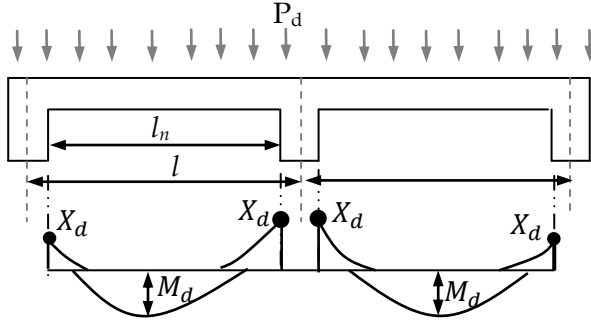


**İkiden fazla açıklığa sahip döşemelerde**



Bu ifadelerde verilen  $l$ , mesnet ekseninden mesnet eksenine olan uzalıktır. Mesnet yüzündeki moment için düzeltme yapılır.

Aşağıda verilen bağıntılarda serbest açıklık dikkate alındığında mesnet yüzündeki momentler elde edilmektedir. Mesnet momenti düzeltilmesi yapılmaz.



Dış mesnet momenti

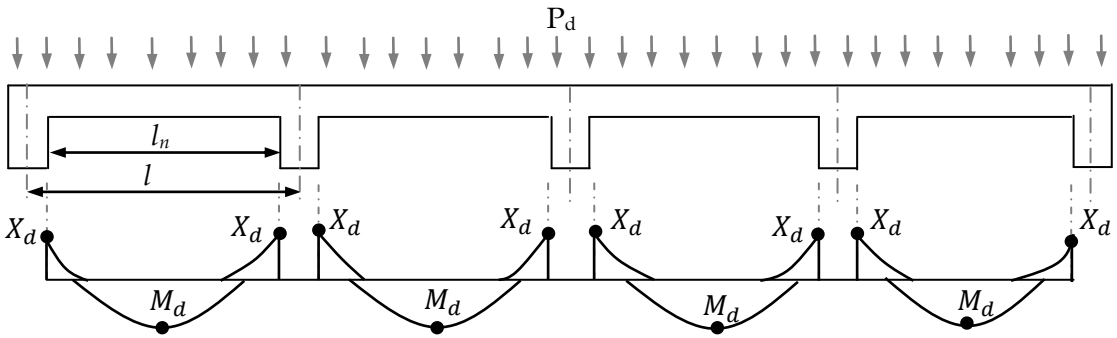
$$X_d = -\frac{P_d l_n^2}{24}$$

İç mesnet momenti

$$X_d = -\frac{P_d l_n^2}{8}$$

Açıklık momenti

$$M_d = \frac{P_d l_n^2}{11}$$



Dış mesnet momenti

$$X_d = -\frac{P_d l_n^2}{24}$$

Kenar açıklık iç mesnet momenti

$$X_d = -\frac{P_d l_n^2}{9}$$

İç mesnet momenti

$$X_d = -\frac{P_d l_n^2}{10}$$

Kenar açıklık momenti

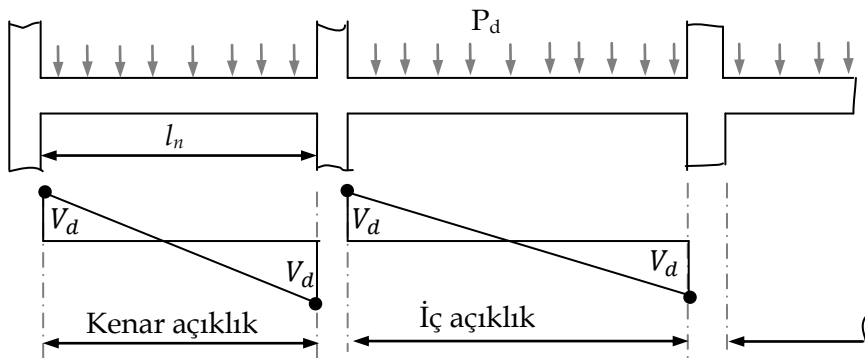
$$M_d = \frac{P_d l_n^2}{11}$$

İç açıklık momenti

$$M_d = \frac{P_d l_n^2}{15}$$

21

Mesnet yüzündeki kesme kuvveti



Kenar açıklık dış mesnet

$$V_d = \frac{P_d l_n}{2}$$

Kenar açıklık iç mesnet

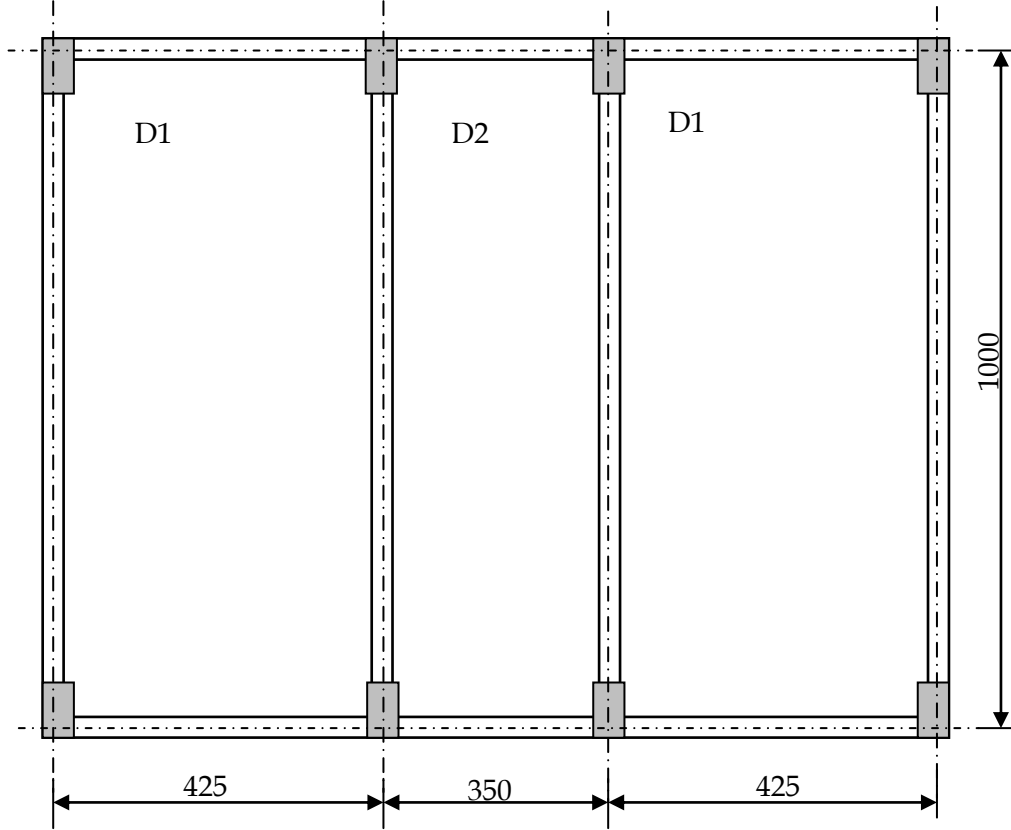
$$V_d = \frac{1.15 \cdot P_d l_n}{2}$$

İç mesnetler

$$V_d = \frac{P_d l_n}{2}$$

## Uygulama 2. Bir doğrultuda çalışan döşeme tasarımı

Aşağıda kalıp planı verilen döşemelerin hesap ve tasarımını verilenlerden yararlanarak, yapınız. Tüm kirişlerin enkesit boyutları 300/600'dür.



Bütün döşemelerde kullanılan malzemeler aynıdır. Malzeme C30/37, B420 C'dir.

- Sıva 2 cm
  - Tesviye 5 cm
  - Kaplama 2 kN/m<sup>2</sup>
- Sıvanın birim ağırlığı: 22 kN/m<sup>3</sup>  
 Tesviye betonunun birim ağırlığı: 17 kN/m<sup>3</sup>  
 Hareketli yük 2.5 kN/m<sup>2</sup>

### Çözüm:

#### 1) Döşeme Kalınlığının belirlenmesi:

Bir doğrultuda çalışan döşemeler için minimum döşeme kalınlığı 80 mm'dir. Ayrıca bu kalınlık aşağıda verilen, sehim hesabı gerektirmeyen değerlerden de küçük olamaz.

$$D1 \text{ döşemesi için } \min h_f \geq \frac{425}{25} = 17 \text{ cm}$$

$$D2 \text{ döşemesi için } \min h_f \geq \frac{350}{25} = 14 \text{ cm}$$

Seçilen döşeme kalınlığı 17 cm'dir.

C30/37 için  $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$ ,  $f_{ctd} = 1.3 \text{ MPa}$

B420 C için  $f_{yd} = 365 \text{ MPa}$

Donatı çapı 10 mm

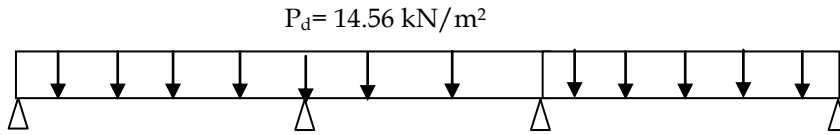
## 2) Döşemelerde yük analizi

• Döşeme öz ağırlığı	: $0.17 \cdot 25 = 4.25 \text{ kN/m}^2$
• Tesviye ağırlığı	: $0.05 \cdot 17 = 0.85 \text{ kN/m}^2$
• Sıva	: $0.02 \cdot 22 = 0.44 \text{ kN/m}^2$
• Kaplama	: $= 2.0 \text{ kN/m}^2$
<hr/>	
Toplam	$g = 7.54 \text{ kN/m}^2$
Hareketli yük	$q = 2.5 \text{ kN/m}^2$

$$P_d = 1.4g + 1.6q$$

$$P_d = 14.56 \text{ kN/m}^2$$

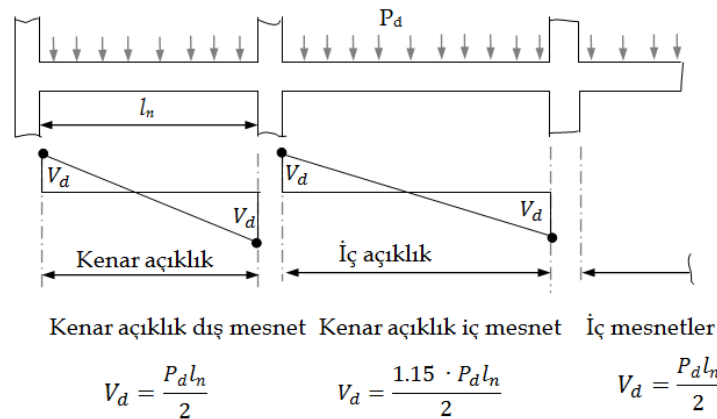
## 3) Yapısal Çözümleme



Bu tür döşemelerin yapısal çözümlemesi, döşemelerden bir metre (1 m) genişliğinde şerit alınarak sürekli kiriş teorisine göre yapılabileceği gibi, yönetmeliklerde verilen katsayılar yardımıyla da yapılabilmektedir. Katsayılarla çözümde kiriş hesap açıklığı dikkate alındığında, mesnet momentlerinde düzeltme yapılmalıdır. Hesaplarda kiriş serbest açıklığı kullanılırsa mesnet yüzündeki momentler hesaplanmış olacağından, düzeltme yapmaya gerek yoktur.

23

Döşemelerde kesme kuvvetinin hesabı ve döşeme kalınlığının yeterli olup olmadığının kontrolü kesme kuvvetine göre de yapılmalıdır ( $V_d \leq V_{cr}$ ).



$$\text{D1 döşemesi kenar mesnet ve ara mesnetlerde: } V_d = \frac{P_d l_n}{2} = \frac{15.26 \cdot 3.95}{2} = 30.14 \text{ kN}$$

$$\text{D1 Döşemesi iç kenar açıklık iç mesnette } V_d = \frac{1.15 \cdot P_d l_n}{2} = 1.15 \frac{15.26 \cdot 3.95}{2} = 34.66 \text{ kN}$$

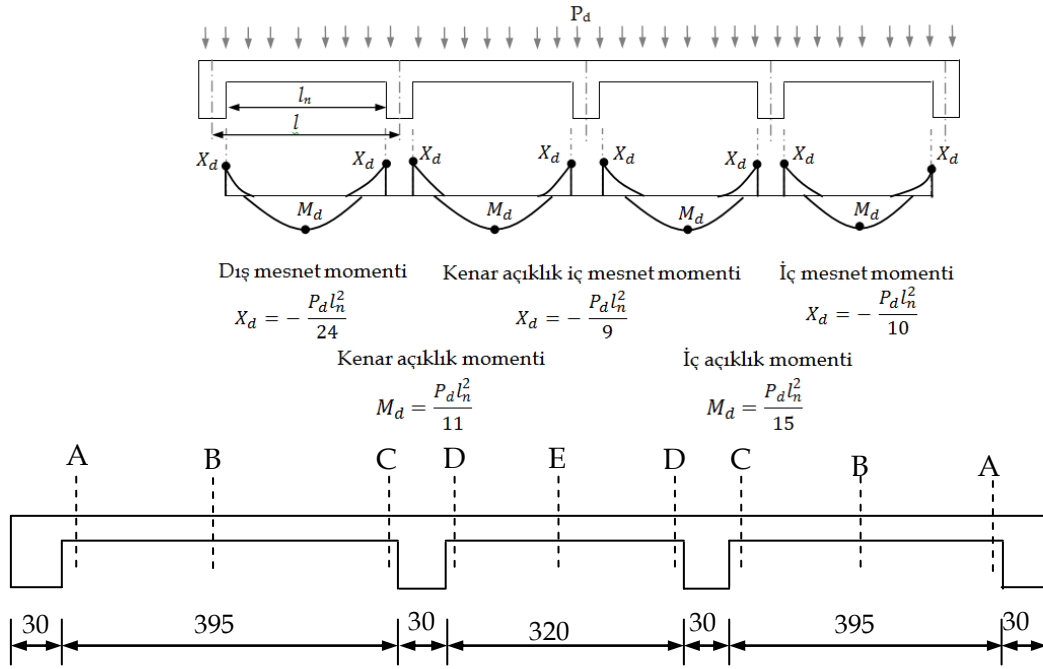
Faydalı yükseklik:  $d = h_f - c_c - \emptyset / 2$   $d = 170 - 15 - 10 / 2 = 150 \text{ mm}$

### Döşemesi kalınlık kontrolü:

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b d = 0.65 \cdot 1.3 \cdot 1000 \cdot 150 = 126750 \text{ N (126.75 kN)}$$

$V_{cr} = 126.75 \text{ kN} > V_d = 34.66 \text{ kN}$  döşeme kalınlığı yeterlidir. Kesmeye karşı donatı hesaplanmasına gerek bulunmamaktadır.

### Döşemelerde mesnet ve açıklık momentlerinin hesabı:



Kesit	Katsayı	$P_d$ (kN/m <sup>2</sup> )	$l_n$ (m)	$M_d, X_d$ (kNm)
A	$-\frac{P_d l_n^2}{24}$	14.56	3.95	-9.47
B	$\frac{P_d l_n^2}{11}$	14.56	3.95	20.65
C	$-\frac{P_d l_n^2}{9}$	14.56	3.575*	-20.68
D	$-\frac{P_d l_n^2}{10}$	14.56	3.575*	-18.61
E	$\frac{P_d l_n^2}{15}$	14.56	3.20	9.94

(\*) C ve D mesnetlerinde  $l_n = \frac{(3.95+3.20)}{2} = 3.575 \text{ m}$  ortalama açıklık dikkate alınır.

### Açıklık Donatılarının Hesabı:

D1 döşemesi açıklık  $M_d = 20.65 \text{ kNm}$

$$k_m = \frac{M_d}{b d^2} = \frac{20.65 \cdot 10^6}{1000 \cdot 150^2} = 0.9178 \rightarrow \rho = 0.0026 > \rho_{min}$$



$$A_s = \rho b d = 0.0026 \cdot 1000 \cdot 150 = 390 \text{ mm}^2$$

$$\text{Donatı aralığı } s = \frac{1000}{390} 78.54 = 201.38 \text{ mm}$$

$$s \leq \begin{cases} 1.5 h_f = 1.5 \cdot 170 = 255 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases} \text{ olmalı}$$

**Seçilen donatı aralığı 200 mm dir. Gerekli donatı: Ø10/400 düz+Ø10/400 Pilye**

D2 Döşemesi için açıklık  $M_d = 9.94 \text{ kNm}$

$$k_m = \frac{M_d}{b d^2} = \frac{9.94 \cdot 10^6}{1000 \cdot 150^2} = 0.442 \rightarrow \rho = 0.0012 < \rho_{min} = 0.0020$$

$$A_s = \rho b d = 0.0020 \cdot 1000 \cdot 150 = 300 \text{ mm}^2$$

$$\text{Donatı aralığı } s = \frac{1000}{300} 78.54 = 261.8 \text{ mm}$$

$$s \leq \begin{cases} 1.5 h_f = 1.5 \cdot 170 = 255 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases} \text{ olmalı}$$

**Seçilen donatı aralığı 200 mm dir. Gerekli donatı: Ø10/400 düz+Ø10/400 Pilye**

Döşeme uzun kenarları boyunca, asal donatının en az %20' si dağıtma donatısı olarak kullanılır.

$$A_{s1} = 0.20 \cdot 392.7 \text{ mm}^2 = 78.54 \text{ mm}^2$$

Ancak dağıtma donatısı aralığı 300 mm' yi geçmemelidir. Seçilen dağıtma donatısı Ø10/300 ( $A_{s1} = 261.8 \text{ mm}^2$ )

D1 Mesneti:

$$X_d = 9.47 \text{ kNm}$$

$$k_m = \frac{M_d}{b d^2} = \frac{9.47 \cdot 10^6}{1000 \cdot 150^2} = 0.4208 \rightarrow \rho = 0.0012 < \rho_{min} = 0.002$$

$$A_s = \rho b d = 0.0020 \cdot 1000 \cdot 150 = 300 \text{ mm}^2$$

Mevcut D1' den: Ø10/400  $A_s = 196.35 \text{ mm}^2$

Gerekli  $A_s = 300 - 196.35 = 103.75 \text{ mm}^2$  Seçilen: Ø10/300 ek donatı

**D1-D2 ve D2-D1 arası mesnet donatısı (C ve D den büyük olanı alınır)**

$$X_d = 20.68 \text{ kNm}$$

$$k_m = \frac{M_d}{b d^2} = \frac{20.68 \cdot 10^6}{1000 \cdot 150^2} = 0.9191 \rightarrow \rho = 0.0026 > \rho_{min} = 0.0020$$

$$A_s = \rho b d = 0.0026 \cdot 1000 \cdot 150 = 390 \text{ mm}^2$$

Mevcut donatı D1' den Ø10/400  $A_s = 196.35 \text{ mm}^2$

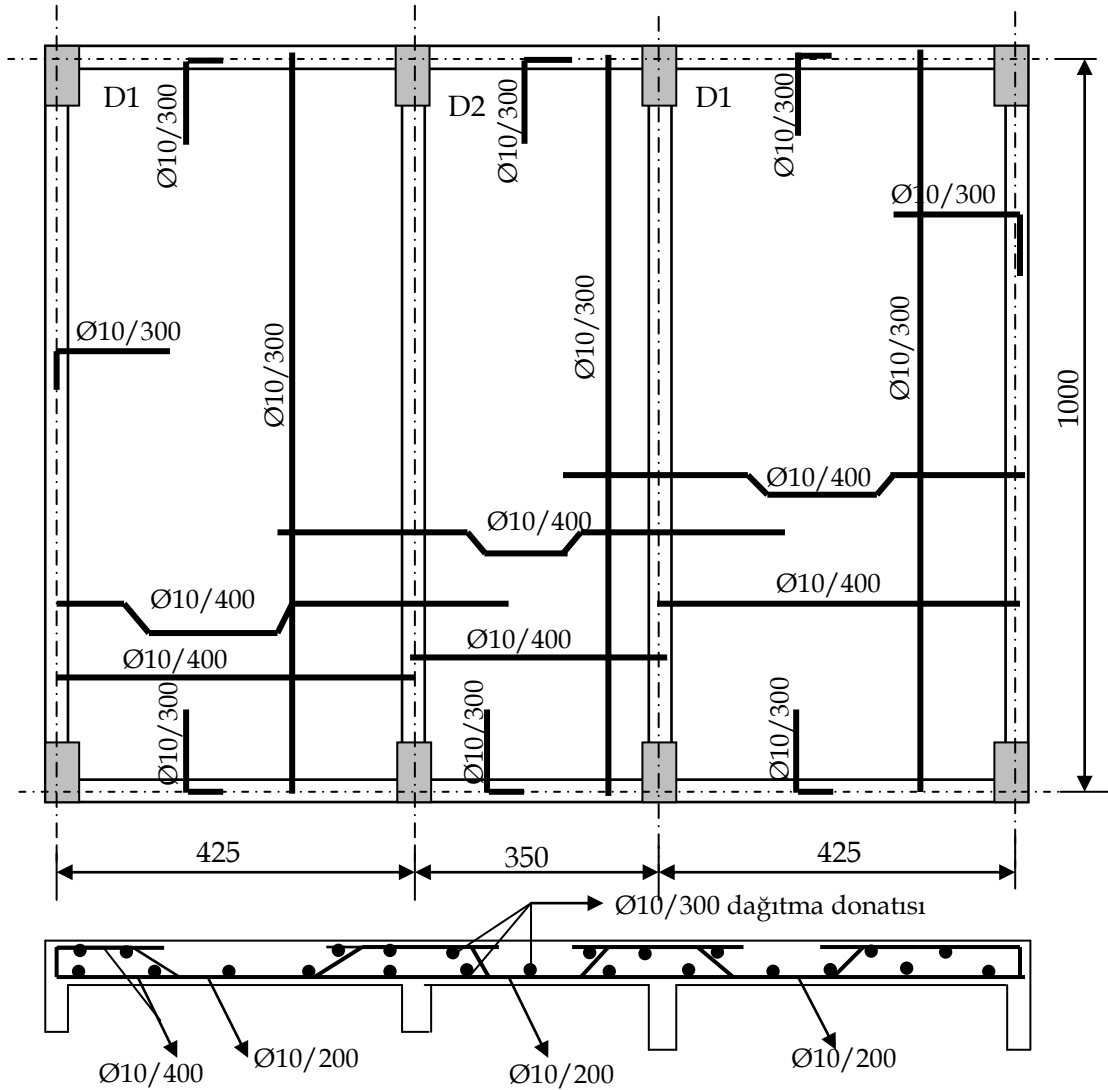
D2' den Ø10/400  $A_s = 196.35 \text{ mm}^2$

**Toplam  $A_s = 392.7 \text{ mm}^2 > A_s \text{ gerekli} = 390 \text{ mm}^2$**

**Mevcut donatılar yeterlidir.**

**Not:** Momentlerin hesabında net açıklık yerine, hesap açıklığı kullanılmış olsaydı (Uygulama 3), mesnet momentlerinde,  $\Delta M = \frac{V \cdot a}{3}$  değerindeki momenti mesnet momentinden çıkartarak, momenti mesnet yüzüne indirgemek gerekmektedir ( $X_d = X - \Delta M$ ). Ancak azaltılan moment değeri hiçbir zaman  $-\frac{P_d l^2}{14}$  değerinden az olamaz.

Yapılan hesaplar sonucunda elde edilen donatılar kalıp planında gösterilir. Yerleştirmede yöneltmelilerde verilen kurallara da dikkat edilir. Burada, mesnetler süreksiz dahi kabul edilse bile, uzun kenar doğrultusunda bulunan mesnetlere, açıklık donatısının yarısı mesnet donatısı olarak bulundurulur. Eğer açıklık donatılarında pilye yapılacak ise bu koşul kendiliğinden sağlanır. Kısa kenar mesnetlerine, açıklık donatısının en az %60' ı mesnet donatı olarak bulundurulur.



**Uygulama 3:** Uygulama 2' de verilen döşeme sisteminin, TS 500-2000' e göre, hesap açıklığını kullanarak projelendirilmesi

#### 4) Döşeme Kalınlığının belirlenmesi:

Bir doğrultuda çalışan döşemeler için minimum döşeme kalınlığı 80 mm dir. Ayrıca bu kalınlık aşağıda verilen, sehim hesabı gerektirmeyen değerlerden de küçük olamaz.

$$D1 \text{ döşemesi için } \min h_f \geq \frac{425}{25} = 17 \text{ cm}$$

$$D2 \text{ döşemesi için } \min h_f \geq \frac{350}{25} = 14 \text{ cm}$$

Seçilen döşeme kalınlığı 17 cm dir.

C30/37 için  $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$ ,  $f_{ctd} = 1.3 \text{ MPa}$

B420 C için  $f_{yd} = 365 \text{ MPa}$

Donatı çapı 10 mm

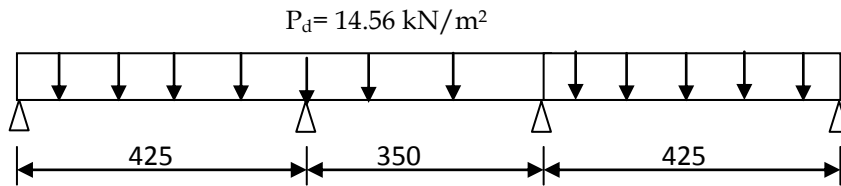
#### 5) Döşemelerde yük analizi

- Döşeme öz ağırlığı :  $0.17 \cdot 25 = 4.25 \text{ kN/m}^2$
- Tesviye ağırlığı :  $0.05 \cdot 17 = 0.85 \text{ kN/m}^2$
- Sıva :  $0.02 \cdot 22 = 0.44 \text{ kN/m}^2$
- Kaplama : =  $2.0 \text{ kN/m}^2$

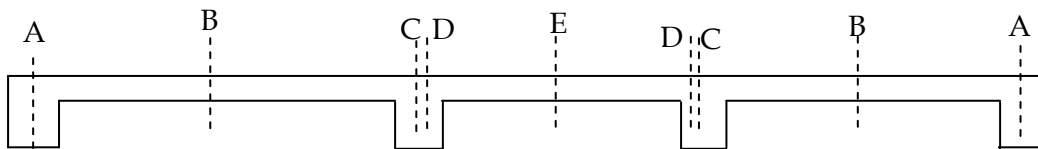
Toplam  $g = 7.54 \text{ kN/m}^2$   
Hareketli yük  $q = 2.5 \text{ kN/m}^2$

$$P_d = 1.4g + 1.6q \quad P_d = 14.56 \text{ kN/m}^2$$

#### 6) Yapısal Çözümleme



TS 500' de belirtildiği gibi, hesaplarda kiriş hesap açıklığı kullanılacaktır.



Kesit	Katsayı	$P_d$ (kN/m <sup>2</sup> )	$l_n$ (m)	$M_d, X_d$ (kNm)
A	$-\frac{P_d l^2}{24}$	14.56	4.25	-10.96
B	$\frac{P_d l^2}{11}$	14.56	4.25	23.91
C	$-\frac{P_d l^2}{9}$	14.56*	3.875*	-24.29
D	$-\frac{P_d l^2}{10}$	14.56*	3.875*	-21.86
E	$\frac{P_d l^2}{15}$	14.56	3.50	11.89

(\*) Mesnetlerde açıklıkların ve yüklerin ortalaması alınır

### Açıklık Donatılarının Hesabı:

#### D1 döşemesi (B kesiti) açıklık $M_d=23.91$ kNm

$$k_m = \frac{M_d}{b d^2} = \frac{23.91 \cdot 10^6}{1000 \cdot 150^2} = 1.063 \rightarrow \rho = 0.0030 > \rho_{min}=0.0020$$

$$A_s = \rho b d = 0.0030 \cdot 1000 \cdot 150 = 450 \text{ mm}^2$$

$$\text{Donatı aralığı } s = \frac{1000}{450} 78.54 = 174.53 \text{ mm}$$

$$s \leq \begin{cases} 1.5 h_f = 1.5 \cdot 170 = 255 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases} \text{ olmalı}$$

Seçilen donatı aralığı 170 mm dir.

#### Gerekli donatı: Ø10/340 düz+Ø10/340 Pilye ( $A_s=462 \text{ mm}^2$ )

Döşeme uzun kenarları boyunca, asal donatının en az %20' si dağıtma donatısı olarak kullanılır.

$$A_{s1}=0.20 \cdot 462 \text{ mm}^2 = 92.4 \text{ mm}^2$$

Ancak dağıtma donatısı aralığı 300 mm' yi geçmemelidir. Seçilen dağıtma donatısı Ø10/300 ( $A_{s1}=261.8 \text{ mm}^2$ )

#### D2 Döşemesi ( E kesiti) için açıklık $M_d= 11.89$ kNm

$$k_m = \frac{M_d}{b d^2} = \frac{11.89 \cdot 10^6}{1000 \cdot 150^2} = 0.528 \rightarrow \rho = 0.0014 < \rho_{min} = 0.0020$$

$$A_s = \rho b d = 0.0020 \cdot 1000 \cdot 150 = 300 \text{ mm}^2$$

$$\text{Donatı aralığı } s = \frac{1000}{300} 78.54 = 261.8 \text{ mm}$$

$$s \leq \begin{cases} 1.5 h_f = 1.5 \cdot 170 = 255 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases} \text{ olmalı}$$

Seçilen donatı aralığı 200 mm dir.

Gerekli donatı: Ø10/400 düz+Ø10/400 Pilye ( $A_s=392.7 \text{ mm}^2$ )

Döşeme uzun kenarları boyunca, asal donatının en az %20' si dağıtma donatısı olarak kullanılır.

$$A_{sl}=0.20 \cdot 392.7 \text{ mm}^2 = 78.54 \text{ mm}^2$$

Ancak dağıtma donatısı aralığı 300 mm' yi geçmemelidir. Seçilen dağıtma donatısı Ø10/300 ( $A_{sl}=261.8 \text{ mm}^2$ )

**D1- Mesneti (A-Kesiti) :**

$X=10.96 \text{ kNm}$  (kenar mesnetlerde mesnet momenti düzeltilmesi tercih edilmemelidir).

$$k_m = \frac{M_d}{b d^2} = \frac{10.96 \cdot 10^6}{1000 \cdot 150^2} = 0.4871 \rightarrow \rho = 0.0013 < \rho_{min} = 0.0020$$

$$A_s = \rho b d = 0.0020 \cdot 1000 \cdot 150 = 300 \text{ mm}^2$$

Mevcut: D1' den Ø10/340  $A_s=231.00 \text{ mm}^2$

Gerekli  $A_s=300-231= 69 \text{ mm}^2$

Ø10/300 (ek donatı)

**D1-D2 ve D2-D1 arası mesnet donatısı (C ve D den büyük olanı alınır)**

$X=20.68 \text{ kNm}$

Mesnet momenti düzeltilmesi:

$$V_d = \frac{1.15 \cdot P_d l_n}{2} = 1.15 \frac{15.26 \cdot 3.95}{2} = 34.66 \text{ kN}$$

$$X_d = X - \frac{V \cdot a}{3} \rightarrow X_d = 20.68 - \frac{34.66 \cdot 0.30}{3} = 17.21 \text{ kNm}$$

Düzeltilmiş moment  $\frac{P_d l^2}{14}$  değerinden az olamaz. Buna

$$X_d = \frac{P_d l^2}{14} = \frac{15.26 \cdot 3.875^2}{14} = 16.37 \text{ kNm}$$

$X_d = 17.21 \text{ kNm} > 16.37 \text{ kNm}$  olduğundan hesaplarda 17.21 kNm kullanılır.

$$k_m = \frac{M_d}{b d^2} = \frac{17.21 \cdot 10^6}{1000 \cdot 150^2} = 0.7649 \rightarrow \rho = 0.0021 > \rho_{min} = 0.0020$$

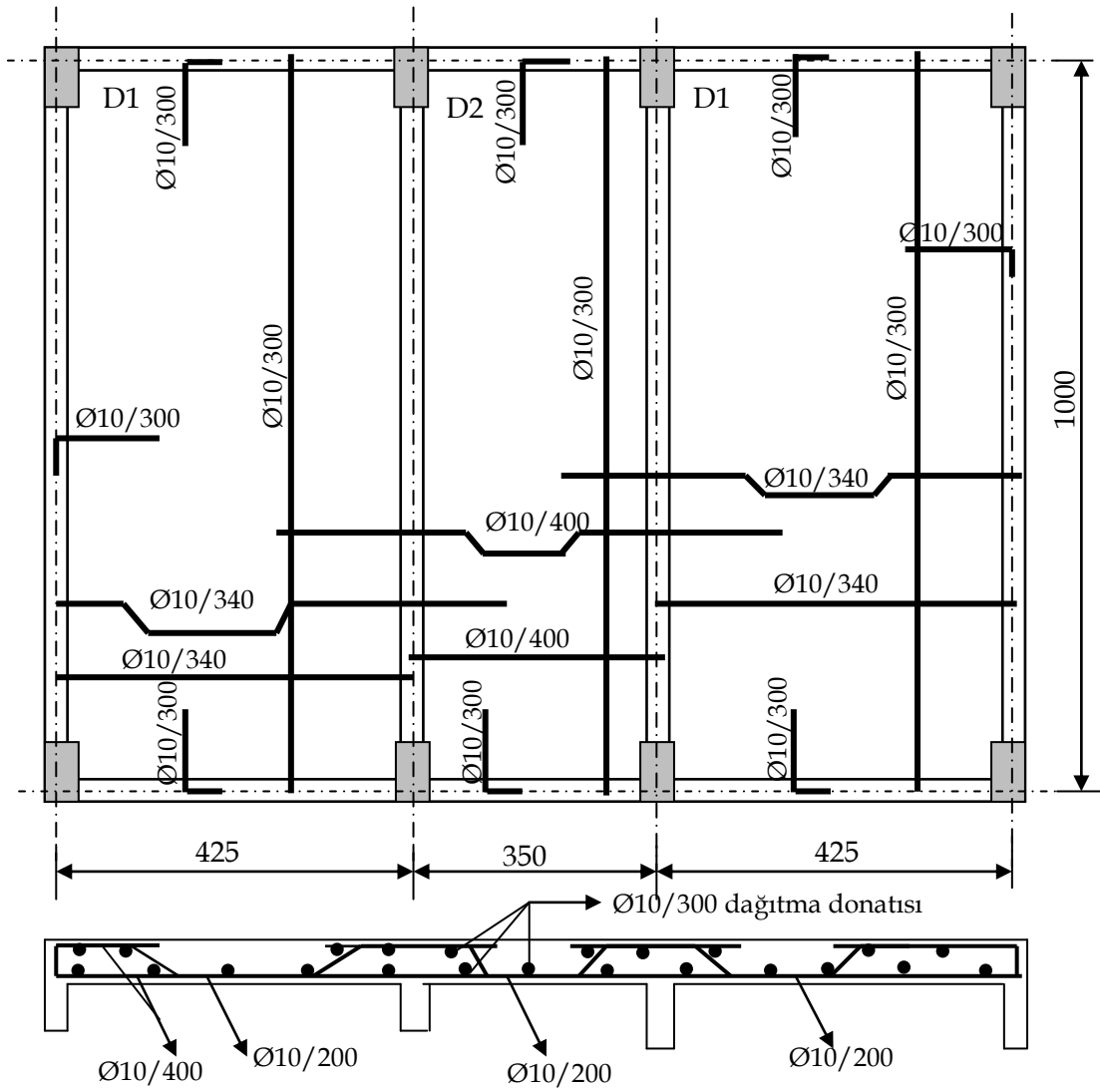
$$A_s = \rho b d = 0.0021 \cdot 1000 \cdot 150 = 315 \text{ mm}^2$$

Mevcut donatı D1' den Ø10/340  $A_s=231.00 \text{ mm}^2$

D2' den Ø10/400  $A_s=196.35 \text{ mm}^2$

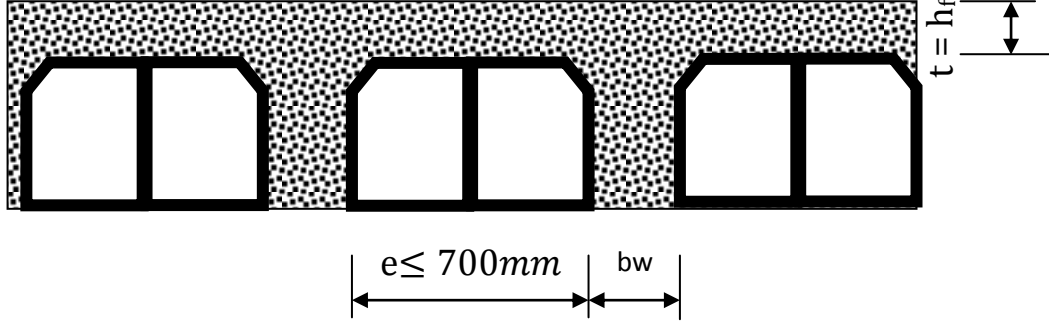
**Toplam  $A_s=427.35 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ gerekli}} = 315 \text{ mm}^2$**

**Mevcut donatılar yeterlidir.**



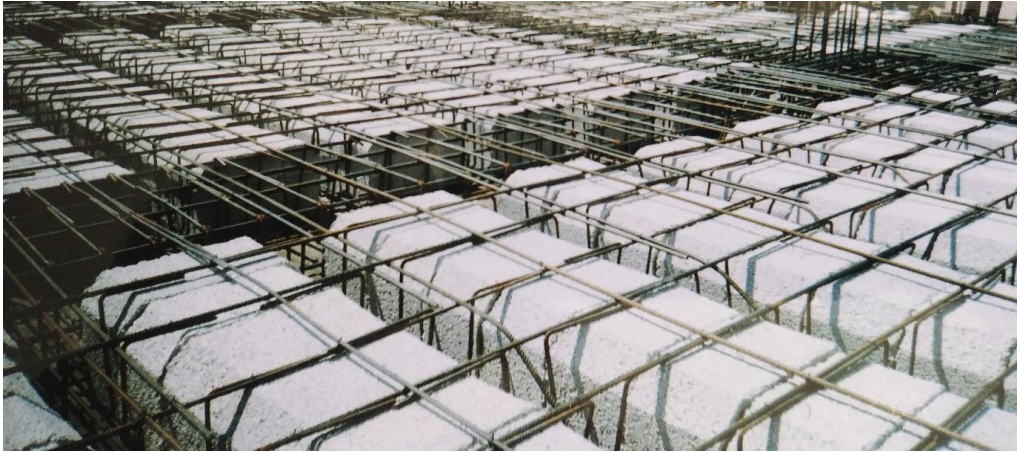
### 1.3. Bir Doğrultuda Çalışan Dişli Döşemeler

Serbest açıklıkları 700 mm' yi geçmeyecek biçimde düzenlenmiş kirişlerden ve ince bir tabladan oluşan döşemeler, dişli döşeme olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. Dişli döşeme

Dişli döşemelerde dişlerin arası boş bırakılabileceği gibi, taşıyıcı olmayan dolgu malzemesi ile de doldurulabilir. Dolgu malzemesi olarak, boşluklu beton briket, boşluklu pişmiş toprak gibi asmolen blokları veya strafor gibi hafif malzemeler kullanılabilir (Şekil 1.8)



Şekil 1.8. Dişli döşeme (dolgulu)

#### 1.3.1. Boyutlar

Bir doğrultuda çalışan dişli döşemelerde dişler arasındaki serbest açıklık ( $e$ ), 700 mm den fazla olamaz. Tabla kalınlığı ( $t$ ), serbest diğ aralığının  $1/10'$  undan ve 70 mm den, diğ genişliği ( $bw$ ) 100 mm den az olamaz.

$$b_w \geq 100 \text{ mm}, \quad t=h_f \geq \begin{cases} \frac{1}{10}e \\ 70 \text{ mm} \end{cases}$$

Toplam dış yüksekliğinin (plakla birlikte) serbest açıklığa oranı Tablo 1.9 da verilen değerlerden daha az olamaz. Bununla birlikte döşemede sehim hesabı gerektirmeyen dış yüksekliği/serbest açıklık oranları Tablo 1.11' de verilmiştir.

Tablo 1.10. Toplam dış yüksekliğinin (h) serbest açıklığa oranı

Mesnet şekli	$h/l_n$
Basit mesnetli, tek açıklıklı döşemelerde	1/20
Sürekli döşemelerde	1/25
Konsol döşemelerde	1/10

Tablo 1.11. Sehim hesabı gerektirmeyen dış yüksekliği/ serbest açıklık oranı

Mesnet şekli	$h/l_n$
Basit mesnetli, tek açıklıklı döşemelerde	1/15
Sürekli döşemelerde	1/20
Konsol döşemelerde	1/8

Tablo 1.11' de verilen değerlere göre dış yüksekliğinin seçilmesi durumunda, döşeme için sehim hesabı yapılmasına gerek bulunmamaktadır. Ancak döşemenin açıklığı ve üzerine etkileyen yükler dikkate alındığında, sehim probleminin olmayacağı durumlarda ya da sehim hesabı yapılarak sehim denetiminin yapıldığı durumlarda bu değerler alınmayabilir. Ancak bu değerlerin seçilmesi durumunda da emniyetli tarafta kalınacağı açıktır.

Dişlere dik doğrultudaki şerit yükler (bölme duvar vb) hesaplarda, her bir diş üzerinde tekil yük olarak dikkate alınmalıdır. Bu tür yükün büyüklüğü fazla olduğunda, yükün emniyetle taşınabilmesi için, yükün bulunduğu yerde enine bir diş yapılması gerekir.

Bir doğrultuda çalışan dişli döşemelerin açıklığı 4 m den daha fazla ise, taşıyıcı dişlere dik, en az aynı boyutta enine dişler düzenlenmesi gerekmektedir. Açıklığın 4 m ile 7 m arasında olduğu durumlarda bir enine diş, açıklığın 7 m den büyük olduğu durumlarda ise iki enine diş düzenlenmelidir. Enine dişler, açıklığı olabildiğince eşit bölecek şekilde düzenlenmelidir.



### 1.3.2. Donatı

Bu tür döşemelerin dışlarındaki eğilme ve kesme donatıları, kirişlerdeki gibi hesaplanmaktadır. Ancak, hesap kesme kuvvetinin kesme çatlama dayanımından küçük olduğu durumlarda, minimum etriye koşuluna uyulmayabilir ve açık etriye kullanılabilir. Bu durumda etriye aralığı 250 mm yi geçemez.

Dışlar üstündeki plakta, her iki doğrultuda dağıtma donatısı bulundurulmalıdır. Bu donatı her bir doğrultuda plak toplam kesit alanının 0.0015 'inden az, donatı aralığı ise 250 mm den fazla olamaz.

### 1.3.3. Yapısal Çözümleme

Sürekli dişli döşemelerin tasarım momentleri( $M_d$ ), mesnetlerinde serbestçe dönebilen sürekli kiriş gibi hesaplanabilir. Tasarım mesnet momenti ise, mesnet ortasındaki momentin  $\Delta M (= \frac{V \cdot a}{3})$  kadar azaltılmasıyla bulunur. Bu hesapta göz önüne alınacak "a" mesnet genişliği değeri dişli döşeme toplam yüksekliğinin iki katından fazla olamaz. Dişli döşeme kesiti, basınç donatısı dikkate alınmadan boyutlandırılmalıdır. Dişli döşemenin mesnetlendiği kenar kirişinin (son mesnet kirişi) burulma rijitliğinin göz önüne alınmadığı durumlarda, bu kirişe TS 500' de verilen minimum burulma donatısı konmalı ve dış mesnet bölgesinde açıklık donatısının en az yarısı kadar mesnet donatısı bulundurulmalıdır.

Dişli döşemelerin hesap momentleri serbestçe dönebilen sürekli kiriş gibi hesaplanabilmektedir. Komşu iki açıklığın birbirine oranı 0.8 den küçük olmayan bir doğrultuda çalışan dişli döşemeler için, hareketli yükün kalıcı yüke oranının 2.0 den küçük olduğu düzgün yayılı yük durumunda, momentler bir doğrultuda çalışan kirişli döşemelerde verilen katsayılar kullanılarak hesaplanabilmektedir.

Dişli döşemelerde en büyük tasarım kuvveti  $V_d$  nin kesitin çatlama dayanımı  $V_{cr}$  değerini aşmaması amaçlanmaktadır. Bu kuralın sağlanamadığı durumlarda, kirişlerin kesme dayanımı ile ilgili olarak öngörülen bütün kurallara uyulmaktadır.

#### 1.4. İki Doğrultuda Çalışan Dişli Döşemeler (Kaset Döşemeler)

Bir doğrultuda çalışan dişli döşemelerde verildiği gibi, genel ilkelere uygun olarak iki doğrultuda çalışan dişli döşemeler de düzenlenebilmektedir. İki doğrultuda çalışan dişli döşemeler, yer yer ortası boşaltılmış iki doğrultuda çalışan bir plak döşeme gibi düşünülebilir(Şekil 1.9). Böyle olunca, plak döşemeler için önerilen yaklaşık yöntemlerin bu döşemeler için de geçerli olacağı söylenebilir. Daha kesin çözüm için sonlu elemanlar yöntemi veya plaklar için geliştirilmiş diğer bazı hesap yöntemler kullanılabilir. Bu tür plaklar bilgisayar programlarıyla da çözüle bile yaklaşık yöntemlerle kontrol etmek gerekmektedir. Yaklaşık yöntemde aşağıda verildiği gibi iki yaklaşım söz konusudur:



Şekil 1.9. İki doğrultuda dişli döşemeler (kaset döşemeler)

- Döşeme mesnetlerinde kirişler bulunuyorsa ve bu kirişler serbestçe dönmeyi engelleyen rijitliğe sahipse, TS 500 de plak döşemeler için verilen yaklaşık çözüm yöntemi kullanılabilir. Bu yöntem kullanıldığında moment katsayıları (bkz. Tablo 1.7) de açıklık momentleri için verilen katsayıların %30 artırılması uygun olmaktadır.

➤ Kaset döşemenin etrafında başka döşeme yoksa veya var olan döşemelerin rijitlikleri nedeniyle mesnetlerdeki dönme engellenemiyorsa, açıklık momentleri;

$$M_d = \frac{1}{8} \alpha P_d l_s^2 \quad (1.10)$$

ve

$$M_d = \frac{1}{8} (1 - \alpha) P_d l_l^2$$

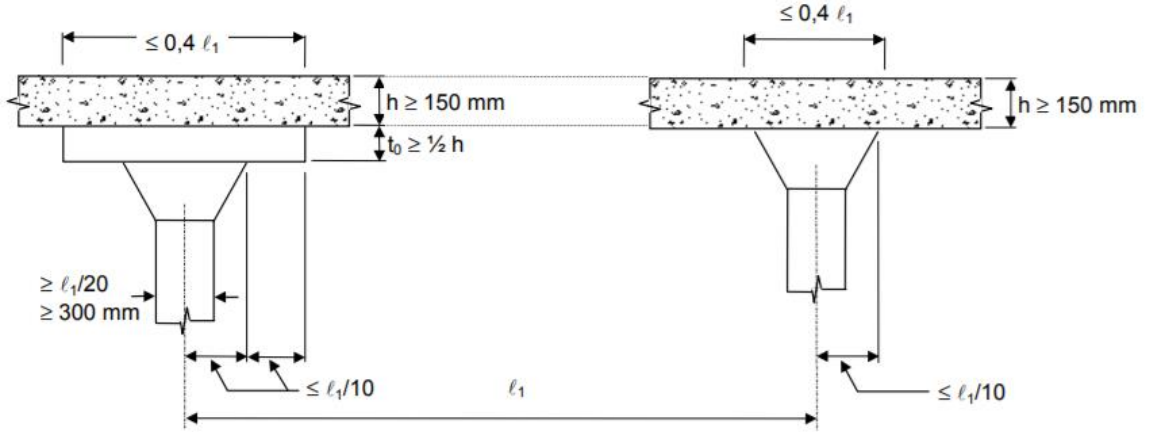
bağıntısı ile hesaplanmalıdır. Mesnette ise negatif momentler (mesnet momentleri);

$$M_d = \frac{1}{16} \alpha P_d l_s^2 \quad (1.11)$$

bağıntısıyla hesaplanmalıdır. Bu tür döşemelerin boyutlandırılması ve donatı düzenlenmesinde bir doğrultuda çalışan dişli döşemede verilen kurallar geçerlidir.

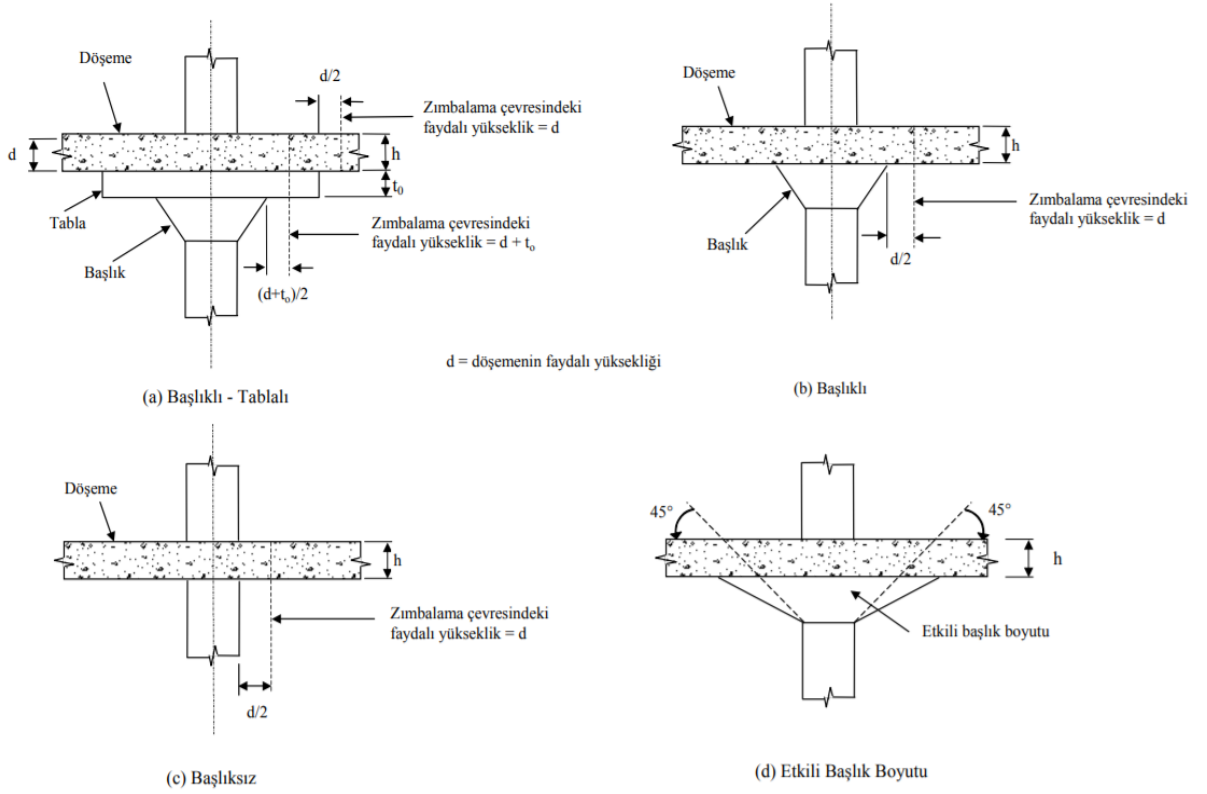
### 1.5. İki Doğrultuda Çalışan Kirişsiz Plak Döşemeler

Bu tür döşemeler, döşeme yükünü kirişler yerine doğrudan kolonlara aktarırlar. Kirişsiz döşemeler iki doğrultuda donatılı plaklardır. Bu döşemeler düz plaklar olarak düzenlenebileceği gibi, başlıklı veya tablalı olarak da yapılabilmektedir. Kirişsiz döşemelerde tabla ve başlık boyutları (TS 500) ile uygulama örnekleri Şekil 1.10' da verilmiştir.



Şekil 1.10. Kirişsiz döşeme tabla ve başlık boyutları ile uygulama örnekleri

Kirişsiz plak döşemelerde en büyük sorun kolon çevresinde oluşan zımbalamadır. Zımbalama kırılmasını önlemek için, özel zımbalama donatısı yanında, Şekil 1.11a, Şekil 1.11b ve Şekil 1.1d' de gösterildiği gibi oluşturulacak, başlık ya da tabla veya her ikisi birlikte kullanılarak bir çözüm kolayca bulunabilir.



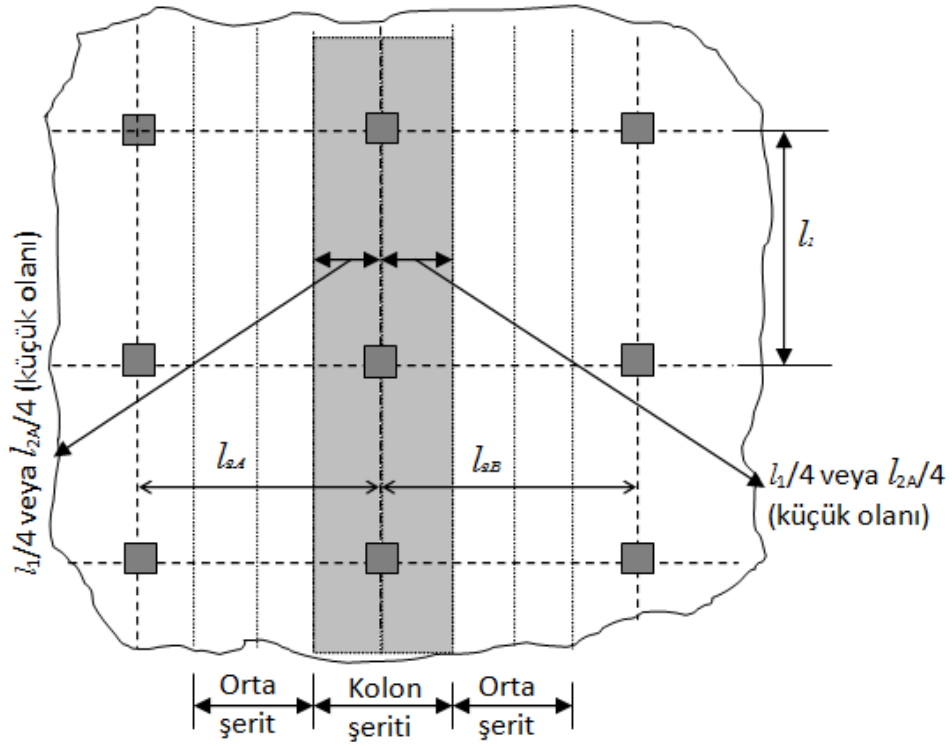
Şekil 1.11. Kirişsiz döşemede kolon başlığı ve tabla (TS500)

Kirişsiz döşemelerde kolon ile döşeme arasında tabla oluşturulması durumunda tabla kalınlığı  $t_0$ , döşeme kalınlığının yarısından az, tablanın kolunun her bir tarafındaki uzunluğu, o doğrultudaki döşeme kalınlığının  $1/6'$  sından ve tabla kalınlığının 4 katından az olamaz.

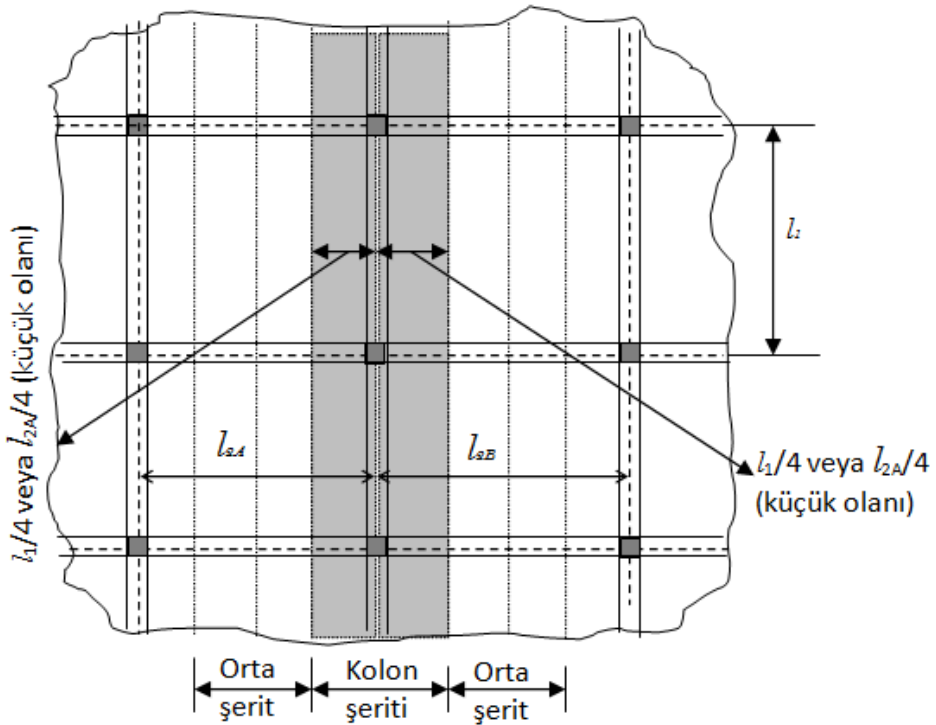
Kirişsiz döşemelerde, dayanım ve kullanılabilirliğin sağlandığının kanıtlanması koşuluyla boşluk bırakılabilir. Kirişsiz döşeme hesabı aşağıda verilen iki yaklaşık yöntemle yapılabilmektedir.

### 1.5.1. Çerçeve Yöntemi

Kirişsiz döşemeler birbirine dik iki doğrultuda çerçeve gibi çözümlenebilir (Şekil 1.12). Bu tür çözümlenmede, çerçeveye dik yöndeki iki komşu döşemenin açıklık ortaları arasındaki uzaklık, yatay eğilme elemanının genişliği olarak alınır.



a) Kirişsiz döşeme



b) Kirişli döşeme

Şekil 1.12 Döşemelerin şeritlere ayrılması

Kirişsiz döşemeler için yapılan çözümlemede aşağıda verilenler kurallara dikkat edilmelidir.

- ✓ Bu döşemelerde, her iki doğrultuda da döşeme yükünün tamamı dikkate alınarak çözüm yapılmalıdır.
- ✓ Kolon ve döşeme rijitliklerinin hesabında kolon başlığı, tabla gibi nedenlerle artan eylemsizlik momentleri hesaba katılmalıdır.
- ✓ Düşey yük altında çözümlemesi yapılan katta kolonların uzak uçları ankastre varsayılabilir.
- ✓ Çerçeve çözümlemesinden bulunan momentler Tablo 1.12' ye göre Madde 1.5.2' de belirtildiği gibi kolon ve orta şeritlere dağıtılır.
- ✓ Bu momentler her açıklığa ait mesnet ve açıklık momentlerinin toplamı sabit kalmak koşulu ile en çok  $\pm 1/10$  oranında değiştirilebilir.

Tablo 1.12. Çerçeve Yöntemi için Dağıtma Katsayıları

Şerit	İç mesnet momenti	Açıklık Momenti	Dış mesnet momenti	
			Kenar kirişsiz	Kenar kirişli
Kolon şeriti	0.75	0.60	0.80	0.60
Orta şerit	0.25	0.40	0.20	0.40
Kenar kiriş veya duvara paralel yarım kolon şeriti	Kenar kirişsiz	0.40	0.30	0.30
	Kenar kirişli	0.20	0.15	0.20

### 1.5.2. Moment Katsayıları Yöntemi

Kirişsiz döşemelerin, aşağıda verilen koşulları sağlaması halinde, hesabı moment katsayıları yöntemi ile yaklaşık olarak yapılabilir. Aksi durumda bu yöntem uygulanamaz. Bununla birlikte yöntem yalnız düşey yük çözümlemesi için geçerlidir.

- a) Her yönde en az üçer açıklık olmalıdır.
- b) Uzun kenarın kısa kenara oranı 2 den fazla olmamalıdır ( $m \leq 2$ ).
- c) Herhangi bir doğrultudaki komşu plakların açıklıkları arasındaki fark, uzun açıklığın  $1/3$  ünden fazla olmamalıdır.
- d) Herhangi bir kolonun çerçeve ekseninden dışmerkezliği, moment hesaplanan doğrultudaki açıklığın  $1/10$  undan fazla olmamalıdır.
- e) Hareketli yükün sabit yüke oram 2.0 den fazla olmamalıdır.

Herhangi bir döşemede, açıklık momenti ile mesnet momenti ortalamasının toplamı, aşağıdaki denklemde belirtilen o göze ait toplam basit kiriş momentinden (statik moment) az olamaz.

$$M_0 = \frac{P_d l_2 l_n^2}{8} \quad (1.12)$$

Bu denklemde  $l_n$ , hesap yapılan doğrultudaki serbest açıklığı göstermektedir. Bu açıklık kolon yüzünden kolon yüzüne olan uzaklıktır. Bu değer hiçbir zaman  $0.65l_1$  değerinden az olamaz. Daire veya düzgün çokgen kesitli kolonlar, aynı alana sahip, eşdeğer kare kolonlar olarak değerlendirilebilir.  $l_2$  ise,  $l_n$  doğrultusuna (hesap doğrultusuna) dik doğrultuda ölçülen uzaklıktır.

Kirişsiz döşemeler için, yukarıdaki bağıntısıyla her iki doğrultu için ayrı ayrı hesaplanan  $M_0$  momentlerinin açıklık ve mesnetlere paylaşılması Tablo 1.13' de verilen ilkelere göre yapılmalıdır.

Tablo 1.13. Kirişsiz döşemeler için moment katsayıları

<b>İç Açıklıklarda</b>	
Açıklık momenti	0.35 $M_0$
Mesnet momenti	0.65 $M_0$
<b>Kenar Açıklıklarda</b>	
Dış mesnet momenti	0.30 $M_0$
İç mesnet momenti	0.70 $M_0$
Açıklık momenti	0.50 $M_0$

*Çözümlemesi yapılan doğrultuya dik doğrultuda perde duvar gibi elemanlar kullanılarak döşemenin dış mesnetinde ankastrelik sağlanıyorsa, o açıklığa ait mesnet momentleri  $0.65 M_0$ , açıklık momenti de  $0.35 M_0$  alınmalıdır.*

Mesnetin iki yüzündeki momentlerin farklı olması halinde büyük olan moment dikkate alınmalıdır.

➤ **Hesaplanan momentlerin kolon şeritine dağıtılması aşağıdaki gibi yapılmalıdır.**

- İç mesnetlerde, yukarıda hesaplanan toplam mesnet momentinin %75 i kolon şeritine verilmelidir.



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

➤ **Hesaplanan momentlerin orta şerite dağıtılması aşağıdaki gibi yapılmalıdır.**

- a) Orta şerit momentleri, toplam moment ile kolon şeriti 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 (1.18) bağıntısı ile hesaplanan toplam momentinde hiçbir değişikliğe neden olunmamalıdır.
- c) Birdöküm (yekpare) sistemlerde, döşeme mesnetini oluşturan kolon ve duvarlar, döşeme üzerine etkileyen tasarım yüklerinden oluşacak momentlere karşı yeterli dayanıma sahip olmalıdır. Bu momentler zımbalama hesabında göz önüne alınmalıdır. İç mesnetlerde daha kesin hesap yapılmadığı durumlarda, aşağıda verilen bağıntı ile belirlenen moment, o mesnetteki alt ve üst kolonlar arasında eğilme rijitliklerine göre paylaşılmalıdır.

$$M = 0.07[(P_g + 0.5P_q)l_2l_n^2 - P_g'l_2'(l_n')^2] \quad (1.13)$$

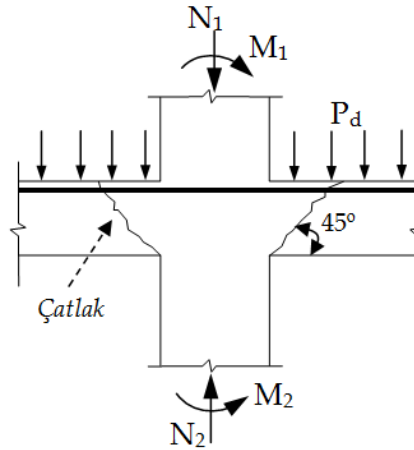
Bu denklemden,  $P_g', l_2'$  ve  $l_n'$  komşu açıklıklardan kısa olanına ait değerleri göstermektedir.

### 1.5.3. Donatı ile İlgili Koşular

İki doğrultuda çalışan kirişsiz döşemelerde, her iki doğrultuda 0.0015 den az olmamak koşulu ile iki doğrultudaki donatı oranlarının toplamı, B 420C ve B500C için 0.0035 den az olamaz. Donatı aralığı ise, tablasız döşeme kalınlığının 1.5 katından ve kısa doğrultuda 200 mm, uzun doğrultuda 250 mm den fazla olamaz(İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin donatı oranları ve aralıkları ile aynıdır).

#### 1.5.4. Zımbalama Dayanımı

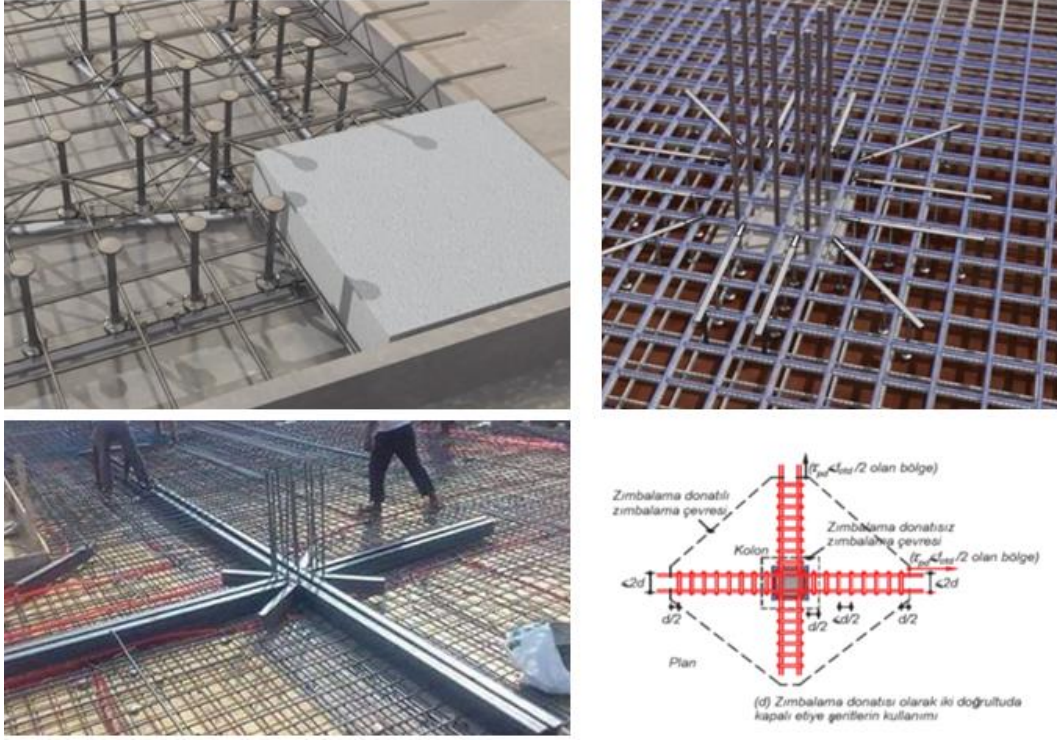
Betonarme elemanlarda kayma gerilmeleri, doğrudan doğruya kesme kuvveti ve burulma momenti etkisinde ortaya çıkmaktadır. Kirişli döşemelerde kayma gerilmeleri, dolayısıyla da asal çekme gerilmeleri genellikle düşük düzeyde kaldığından kayma güvenliği kendiliğinden sağlanmaktadır. Ancak kirişsiz döşemelerde kolon-döşeme birleşim bölgelerinde meydana gelen asal çekme gerilmeleri büyük değerler olarak betonun çekme dayanımını aşabilmektedir. Bu döşemelerin kolon yöresinde oluşan söz konusu asal çekme gerilmeleri betonun çekme dayanımından daha büyük değer alınca bu gerilmelere dik doğrultuda çatlaklar meydana gelmektedir. Asal çekme gerilmeleri döşeme düzlemiyle  $45^\circ$  lik bir açı yaptığından çatlaklar da  $45^\circ$  lik eğimle oluşmaktadır. Çatlakların meydana gelmesiyle betonun dayanımı azaldığından kolon, döşemeyi zımbalamak suretiyle delmektedir. Bu kırılma ani ve gevrek bir kılımdır.



Şekil 1.13. Döşemede zımbalama

Zımbalama olayı kirişsiz döşemelerde olabileceği gibi, temel plağı-kolon arasında da oluşmaktadır. Bu tür elemanlarda zımbalama dayanımını artırmak için özel donatılar kullanılabilir (Şekil 1.14) ve bu donatıların, kiriş kayma donatıları gibi, asal çekme gerilmelerini karşılayacak şekilde yerleştirilmeleri gerekmektedir.

Kolon-döşeme ve/ya da kolon-temel plağı gibi zımbalama etkisinde kalabilecek elemanlarda, sınırlı bir alana yayılmış yükler veya kolonlar tarafından yerel olarak yüklenen plakların zımbalama dayanımı ( $V_{pr}$ ) hesaplanarak bunun tasarım zımbalama kuvvetine ( $V_{pd}$ ) eşit veya ondan büyük olduğu kanıtlanmalıdır ( $V_{pr} \geq V_{pd}$ ).



Şekil 1.14. Zımbalama donatıları

Zımbalama dayanımı  $V_{pr}$ , aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$V_{pr} = \gamma f_{ctd} u_p d \quad (1.14)$$

Bu bağıntıda;  $\gamma$  eğilme etkisini yansıtan bir katsayıdır. Plağa aktarılan dengelenmemiş kolon momenti etkisinin daha güvenilir hesaplanmadığı durumlarda, eğilme etkisi aşağıdaki  $\gamma$  katsayılarıyla hesaba katılmalıdır. Eksenel yükleme durumunda,  $\gamma = 1.0$  dışmerkezli yükleme durumunda ise;

$$\gamma = \frac{1}{1 + \eta \frac{e}{w_m} u_p d} \quad (1.15)$$

bağıntısıyla belirlenen değer alınır. Burada,  $b_2 \geq 0.7 b_1$  olması durumu için geçerli olan

$$\eta = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{b_2}{b_1}}} \quad (1.16)$$

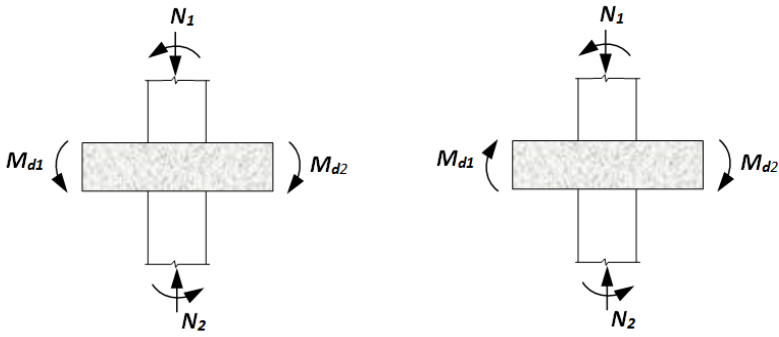
olarak hesaplanmaktadır. Dikdörtgen yük alanları veya kolonlar için;

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1.5 \frac{e_x + e_y}{\sqrt{b_x b_y}}} \quad (1.17)$$

Dairesel yük alanları ve kolonlar için ise;

$$\gamma = \frac{1}{1 + \frac{2e}{d + d_0}} \quad (1.18)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Yukarıda verilen bağıntılarda dışmerkezlikler(e) hesaplanırken, eğilme düzleminde kolonun iki yanındaki plak momentleri toplamının %40'ı ve alt ve üst kolonlardaki eksenel yüklerin farkı temel alınmalıdır. Dışmerkezliğin hesabı aşağıdaki gibi yapılmalıdır.



$$(M_{d2} > M_{d1}) \Rightarrow e = \frac{0.4 (M_{d2} - M_{d1})}{N_2 - N_1} \quad (M_{d2} > M_{d1}) \Rightarrow e = \frac{0.4 (M_{d1} - M_{d2})}{N_2 - N_1}$$

Çok küçük dışmerkezlik durumunda kolon minimum dışmerkezliği esas alınabilir:

$$e \geq e_{\min} = \min(0.03h; 15\text{mm})$$

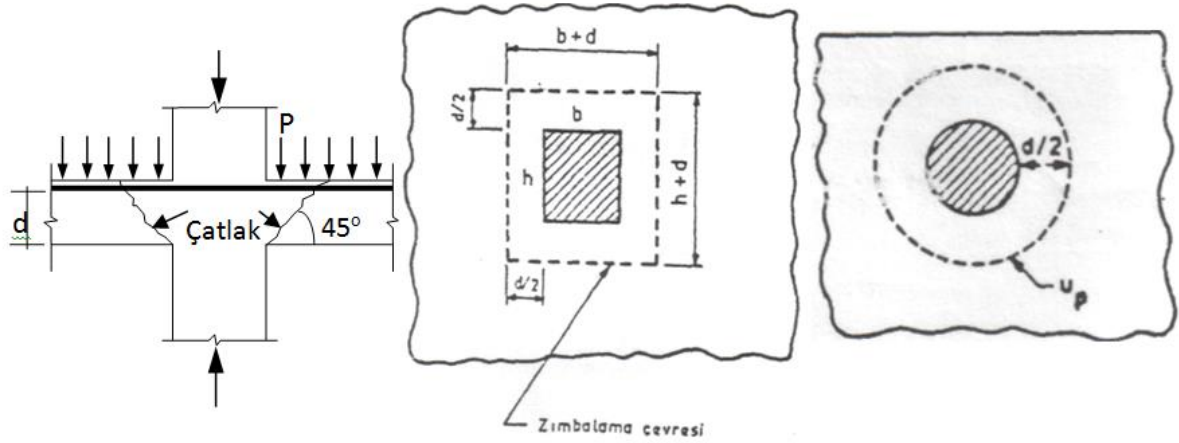
Zımbalama dayanımı hesabında  $u_p$ , zımbalama çevresini göstermektedir. Zımbalama çevresi  $b$  ve  $h$  kolon enkesit boyutlarını ve  $d$  döşemenin iki doğrultudaki faydalı yüksekliklerinin ortalamasını göstermek üzere zımbalama alanı kenar uzunlukları;  $b_1 = b + d$  ve  $h_1 = h + d$  olarak belirlenmektedir. Buna göre zımbalama çevresi;

$$u_p = 2(b_1 + h_1)$$

olarak, alanı ise

$$A_p = u_p d$$

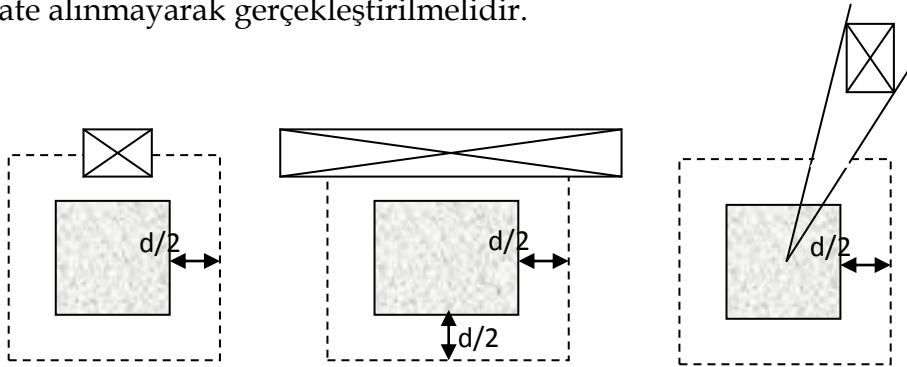
olarak belirlenmektedir. Zımbalama çevresi dikdörtgen ve daire kesitli kolonlar için aşağıdaki şekillerde verilmektedir(Şekil 1.15).



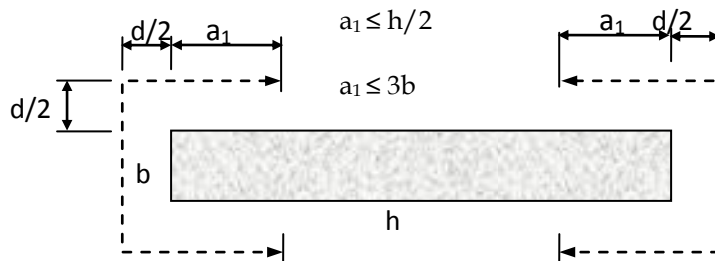
Şekil 1.15. Dikdörtgen ve daire enkesitli kolonlar için zımbalama çevresi

45

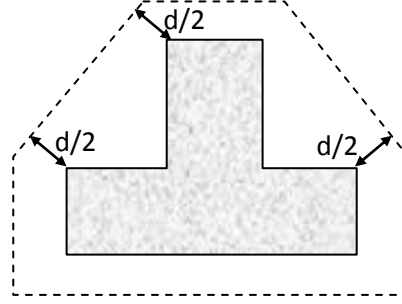
Yüklenen alan kenarında "5d" veya daha yakın uzaklıkta olan boşluklar, zımbalama çevresi hesaplanırken dikkate alınır. Boşluklar nedeni ile zımbalama çevresinde yapılacak azaltma, yüklenen alan ağırlık merkezinden, döşeme boşluğu kenarına teğet çizilerek radyal doğruların içinde kalan çevre uzunluğu dikkate alınmayarak gerçekleştirilmelidir.



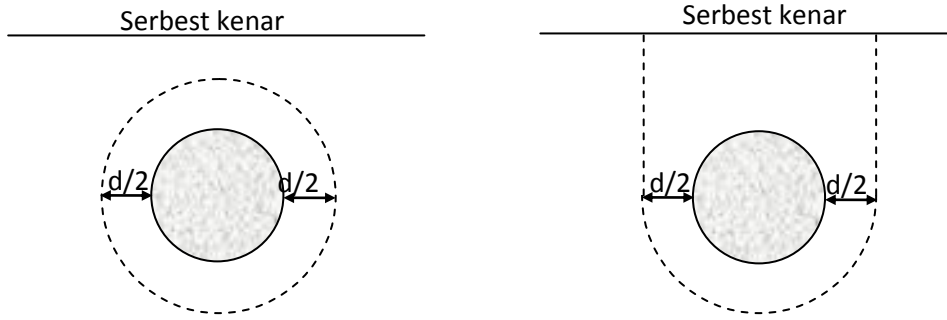
Yüklenen alan boyutları oranının 3.0 den fazla olduğu durumlarda  $h=3b$  varsayımı ile hesaplanacak çevre kullanılmalıdır



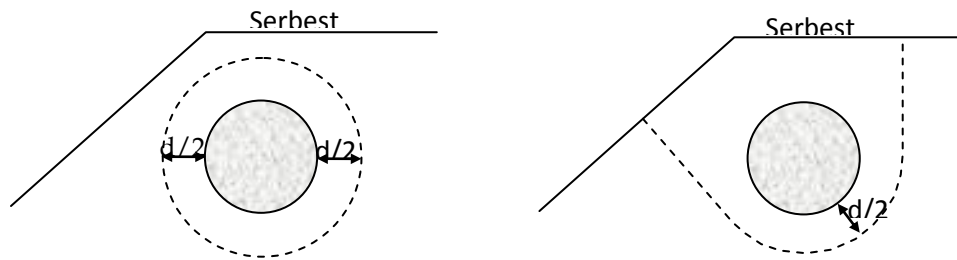
Yükleme alanı çevresinin içbükey olduğu durumlarda, teğet veya teğetlerle içbükeyliğin giderilmesinden sonra elde edilen çevre, hesaplarda zımbalama çevresi olarak kullanılmalıdır.



Plak kenarına yakın kolonlar ve yük alanları için zımbalama çevresi olarak hesaplarda, aşağıda gösterilen iki seçenektен küçüğü kullanılmalıdır.



Plak köşelerinde de aynı durum söz konusudur. Zımbalama çevresi olarak aşağıda verilen iki seçenektен küçüğü alınmalıdır.



Hesaplanan zımbalama dayanımı, geçerliliği deneylerle kanıtlanmış donatı veya profil düzenlemeleri veya özel çelik elemanlarla artırılabilir. Ancak, zımbalama donatısının etkili olabilmesi için, plak kalınlığının en az 250 mm olması gerekir. Ayrıca bu düzenlemelerle artırılmış dayanım hiçbir zaman hesapla belirlenen zımbalama dayanımının 1.5 katını aşamaz.

#### Uygulama 4. Kirişsiz bir döşemede zımbalama denetimi

Başlıksız kolonlara oturan, kalınlığı 250mm ve her iki doğrultudaki donatı çapı 10mm olan kirişsiz bir döşemenin, boyutları 300mm x 500mm olan ve aşağıdaki şekilde verilen kolon için zımbalama denetimi yapılacaktır. Bu denetimde dikkate alınması gereken hususlar aşağıda verilmektedir:

- Düşey yükler ve deprem yükleri için döşeme hesap yükleri sırasıyla: 12 kN/m<sup>2</sup> ve 8 kN/m<sup>2</sup>
- Malzeme C25/30- B420 C

##### Düşey Yükler için hesap kesit etkileri

$$N_{d1} = 1050 \text{ kN}$$

$$N_{d2} = 1550 \text{ kN}$$

$$M_{d1} = M_{d2} = 0$$

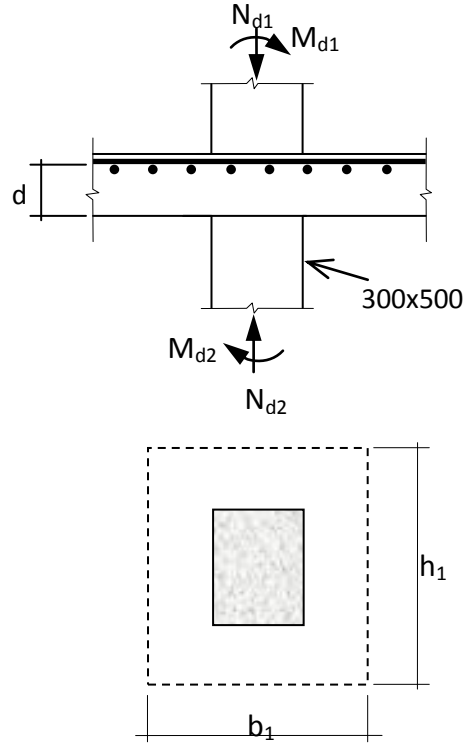
##### Depreme göre hesap için kesit etkileri

$$N_{d1} = 900 \text{ kN}$$

$$N_{d2} = 1400 \text{ kN}$$

$$M_{d1} = 120 \text{ kNm}$$

$$M_{d2} = 162 \text{ kNm}$$



47

#### **Çözüm:**

Faydalı yükseklikler:  $d_x = h_f - c - \varnothing / 2 = 250 - 15 - 5 = 230 \text{ mm}$

$$d_y = d_x - \varnothing / 2 - \varnothing / 2 = 230 - 5 - 5 = 220 \text{ mm}$$

Ortalama faydalı yükseklik :  $d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{230 + 220}{2} = 225 \text{ mm}$

Zımbalama çevresi uzunlukları :  $b_1 = b + d = 300 + 225 = 525 \text{ mm}$ ,

$$h_1 = h + d = 500 + 225 = 725 \text{ mm}$$

Zımbalama çevresi:  $u_p = 2(b_1 + h_1) = 2(525 + 725) = 2500 \text{ mm}$

Zımbalama alanı:  $A_p = u_p d = 2500 \times 225 = 562500 \text{ mm}^2$

**a) Düşey Yükler için hesap**

$$N_d = N_{d2} - N_{d1} = 1550 - 1050 = 500 \text{ kN}$$

Zımbalama çevresi içinde kalan döşeme yükü ( $N_a$ ):

$$N_a = P_d b_1 h_1 = 12 \times 0.525 \text{ m} \times 0.725 \text{ m} = 4.6 \text{ kN}$$

Tasarım zımbalama kuvveti ( $V_{pd}$ ):

$$V_{pd} = N_d - N_a = 500 - 4.6 = 495.4 \text{ kN}$$

$M_{d1} = M_{d2} = 0$  olduğundan  $e_x = e_y = 0$  (eksenel yükleme durumu)  $\gamma = 1$  alınır.

**C25 için  $f_{ctd} = 1.2 \text{ N/mm}^2$**

Zımbalama dayanımı ( $V_{pr}$ ):

$$V_{pr} = \gamma f_{ctd} u_p d = 1 \times 1.2 \times 2500 \times 225 = 675000 \text{ N. (675 kN)}$$

$V_{pr} = 675 \text{ kN} > V_{pd} = 495.4 \text{ kN}$  olduğundan düşey yüklere göre gerekli zımbalama emniyeti sağlanmaktadır.

48

**b) Deprem Yükleri İçin Hesap**

$d=225 \text{ mm}$ ,  $b_1=525 \text{ mm}$ ,  $h_1=725 \text{ mm}$ ,  $u_p=2500 \text{ mm}$ ,  $A_p=562500 \text{ mm}^2$

$$N_a = 8 \times 0.525 \text{ m} \times 0.725 \text{ m} = 3.0 \text{ kN}$$

$$N_d = 1400 - 900 = 500 \text{ kN}$$

Tasarım zımbalama kuvveti:  $V_{pd} = 500 - 3 = 497 \text{ kN}$

$$e_x = \frac{0.4(M_{d1} + M_{d2})}{N_d} \rightarrow e_x = \frac{0.4(12000 + 16200)}{500} = 22.26 \text{ cm}$$

$e_y = 0$  olduğundan

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1.5 \frac{e_x + e_y}{\sqrt{b_x b_y}}} = \frac{1}{1 + 1.5 \frac{222.6 + 0}{\sqrt{525 \times 725}}} = 0.649$$

Zımbalama dayanımı:

$$V_{pr} = \gamma f_{ctd} u_p d = 0.649 \times 1.2 \times 2500 \times 225 = 438075 \text{ N (438.08 kN)}$$



$V_{pr} = 438.08 \text{ kN} < V_{pd} = 497 \text{ kN}$  olduğundan deprem yüklerine göre **zımbalama emniyetine sahip değildir.**

Bu durumda;

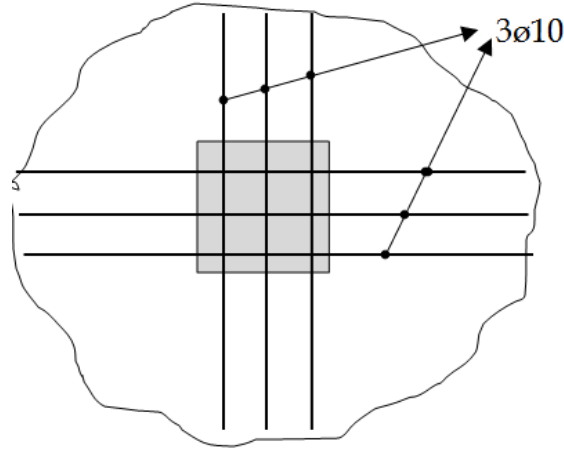
- Döşeme kalınlığını daha fazla artırmak çözüm olabilir. Ancak bunun yerine zımbalama emniyeti kayma donatısı kullanmak suretiyle sağlanacaktır.
- Pilyelerle ile oluşan zımbalama donatısının hesabında beton tarafından karşılanamayan kesme kuvvetini dikkate almak gerekmektedir.

B420C için :  $f_{yd} = 365 \text{ N/mm}^2$  olduğundan;

$$A_{sp} = \frac{V_{pd} - V_{pr}}{0.5 f_{yd}} = \frac{497000 - 438075}{0.5 \times 365} = 322.88 \text{ mm}^2$$

**Seçilen donatı: 6  $\emptyset 10$  (471.24  $\text{mm}^2$ )**

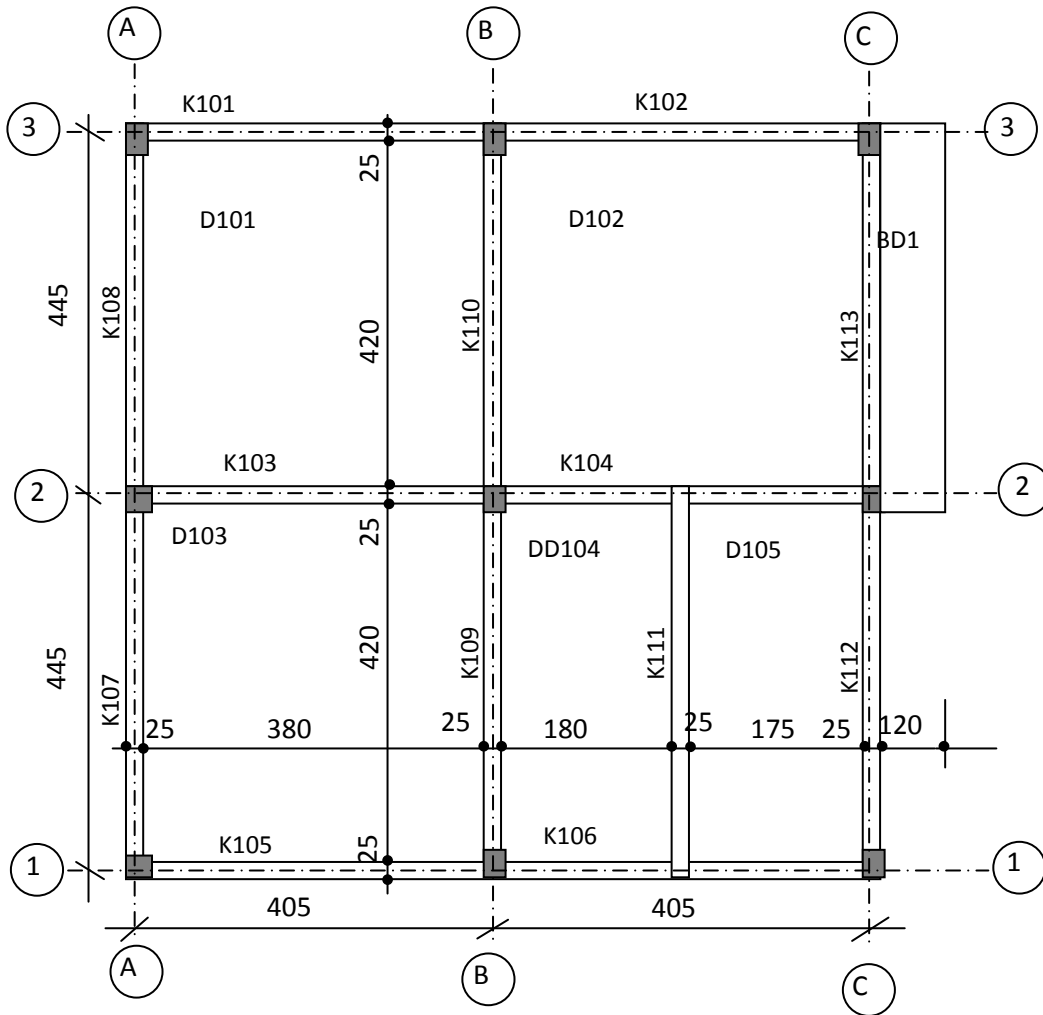
Bu donatı zımbalama alanı içinde birbirine dik doğrultuda ( $3\emptyset 10 + 3\emptyset 10$ ) olarak yerleştirilir.



## Uygulama 5. Betonarme Kirişli Döşeme Hesap ve Tasarımı

### Betonarme bina ile ilgili veriler

Şekil 1.11 de normal kat planı verilen döşemelerin projelendirilmesi (hesap ve tasarımı) istenmektedir. Bu döşemeler üzerinde, 5 cm tesviye harcı ve bunun üzerinde de 2 cm kalınlığında karo mozaik türü kaplama malzemesi kullanılacaktır. Söz konusu döşemelerde hareketli yük  $2 \text{ kN/m}^2$  olarak alınacaktır. Sıvanın birim ağırlığı  $19.1 \text{ kN/m}^3$ , tesviye harcının birim ağırlığı  $11 \text{ kN/m}^3$ , karo mozaığın birim ağırlığı  $22 \text{ kN/m}^3$ , betonarmenin birim ağırlığı ise  $25 \text{ kN/m}^3$  dür. Bu binanın yapımında kullanılacak malzeme: C25/30-B420 C dir. Kiriş boyutları  $250/500 \text{ mm}$  dir.



Normal kat planı

## Döşemelerin Hesap ve Tasarımı

### 1) Döşemelerin çalışma şeklinin belirlenmesi

D101, D102 ve D103 (döşemelerinin boyutları aynı) döşemeleri için:

$m = \frac{l_l}{l_s} = \frac{445}{405} = 1.1 \leq 2$  olduğu için bu döşemeler iki doğrultuda çalışmaktadır (iki doğrultuda da asal donatı hesabı yapılacak ve yerleştirilecektir).

DD104 döşemesi için ;

$m = \frac{445}{205} = 2.17 > 2 \rightarrow$  tek doğrultuda çalışmaktadır (kısa kenar doğrultusunda asal donatı, uzun kenar doğrultusunda ise dağıtma donatısı bulundurulur).

D105 döşemesi için;

$m = \frac{445}{200} = 2.23 > 2 \rightarrow$  tek doğrultuda çalışmaktadır. kısa kenar doğrultusunda asal donatı, uzun kenar doğrultusunda ise dağıtma donatısı bulundurulur).

### 2) Döşeme kalınlıklarının belirlenmesi

İki doğrultuda çalışan döşemeler için döşeme kalınlığı aşağıda verilen ifadeyi sağlamalıdır.

$$h_f \geq \begin{cases} \frac{l_{sn}}{\left(15 + \frac{20}{m}\right)} \left(1 - \frac{\alpha}{4}\right) \\ 80 \text{ mm} \end{cases}$$

burada  $\alpha =$  sürekli olan kenarların, toplam kenar uzunluğuna oranıdır.

D101 döşemesi için;

$$\alpha = \frac{(420+380)}{2(420+380)} = 0.5$$

$$h_f \geq \begin{cases} \frac{380}{\left(15 + \frac{20}{1.1}\right)} \left(1 - \frac{0.5}{4}\right) = 10.02 \text{ cm} \\ 8 \text{ cm} \end{cases}$$

Sehim hesabı gerektirmeyen döşeme kalınlığı ise;

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{30} = \frac{380}{30} = 12.67 \text{ cm}$$

D102 döşemesi için :

$$\alpha = \frac{(420+420)}{2(420+380)} = 0.525$$

$$h_f \geq \begin{cases} \frac{380}{\left(15 + \frac{20}{1.1}\right)} \left(1 - \frac{0.525}{4}\right) = 9.95 \text{ cm} \\ 8 \text{ cm} \end{cases}$$

Sehim hesabı gerektirmeyen döşeme kalınlığı ise;

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{30} = \frac{380}{30} = 12.67 \text{ cm}$$

**D103 döşemesi için:**

$$\alpha = \frac{(380)}{2(420+380)} = 0.238$$

$$h_f \geq \left\{ \frac{380}{\left(15 + \frac{20}{1.1}\right)} \left(1 - \frac{0.238}{4}\right) \right\} = 10.77 \text{ cm}$$

*8 cm*

Sehim hesabı gerektirmeyen döşeme kalınlığı ise;

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{30} = \frac{380}{30} = 12.67 \text{ cm}$$

**DD104 döşemesi:**

*Bu döşeme düşük döşemedir. Dolayısıyla da mesnetlerinin moment aktarmayacağı düşünüülerek yapısal çözümlenmesinin yapılması daha emniyetli olmaktadır. Bu nedenle bu tür mesnetler süreksiz kabul edilmektedir.*

$$m = \frac{445}{205} = 2.17 > 2 \rightarrow \text{tek doğrultuda çalıştığından}$$

min  $h_f = 80$  mm dir ve bu döşeme kalınlığının

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{25} = \frac{180}{25} = 7.2 \text{ cm}$$

değerinden az olması istenmemektedir. Bununla birlikte döşemelerde sehim hesabı yapılmak istenmiyorsa, döşeme kalınlığı en az

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{20} = \frac{180}{20} = 9 \text{ cm}$$

seçilmelidir.

**D105 döşemesi: (tek doğrultuda çalışmaktadır)**

min  $h_f = 80$  mm dir. Bu döşemde de kalınlık  $h_f \geq \frac{l_{sn}}{25} = \frac{175}{25} = 7.0 \text{ cm}$  değerinden az olamaz. Bununla birlikte sehim hesabı yapılmak istenmiyorsa döşeme kalınlığı

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{25} = \frac{175}{20} = 8.75 \text{ cm}$$

değerinden az olmamalıdır.

**BD1 (Balkon döşemesi) : Tek doğrultuda çalışır.**

Balkon döşemesinde de kalınlık,

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{12} = \frac{120}{12} = 10 \text{ cm}$$

değerinden az olamaz. Döşemede sehîm hesabı yapılmak istenmiyorsa döşeme kalınlığı

$$h_f \geq \frac{l_{sn}}{10} = \frac{120}{10} = 12 \text{ cm}$$

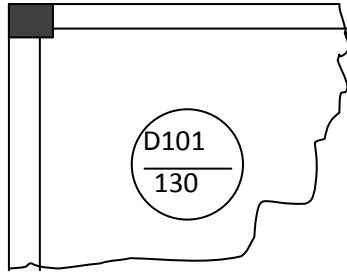
Değerinden daha az alınmamalıdır.

Hesaplanan döşeme kalınlıkları bir Tablo halinde aşağıda verilmiştir.

Döşeme	$l_l$	$l_s$	m	$\alpha$	Döşeme kalınlığı ( $h_f$ )		Seçilen
					Hesap	Sehîm hesabı gerektirmeyen	
D101	445	405	1.10	0.50	10.02	12.67	13
D102	445	405	1.10	0.525	9.95	12.67	
D103	445	405	1.10	0.238	10.77	12.67	
DD104	445	205	2.17	0	8	9	
D105	445	200	2.23	0	8	8.75	
BD1		120			10	12	

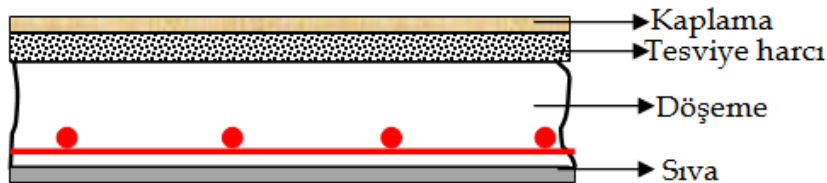
Yukarıda verilen tabloya göre döşeme kalınlıkları 11 cm olarak da seçilebilirdi. Bu durumda, sehîm hesabı gerektirmeyen döşeme kalınlıklarından daha küçük kalınlıkta olan döşemeler için sehîm denetimi yapılması gerekmektedir.

Seçilen kalınlılar kalıp planında döşeme adının altına yazılır.



### 3) Döşeme yükleri

Döşeme yük analizlerinde, döşeme öz ağırlığından başka, mimari projede belirtilen kaplama, tesisat, sıva vb. durumlar dikkate alınmalıdır. Kaplama yükleri TS +)( ve muadili yük yönetmeliklerinden alınır. Olmayan değerler için üretici firmanın katalog bilgilerinden ya da deneylerle belirlenebilir. Geleneksel bir döşeme kesiti aşağıda verilmiştir.



**D101-D102-D103 ve D105 döşemeleri için sabit yükler:**

• Döşeme öz ağırlığı (13 cm)	: 0.13 · 25 = 3.25 kN/m <sup>2</sup>
• Tesviye harcı (5 cm)	: 0.05 · 11 = 0.55 kN/m <sup>2</sup>
• Sıva yükü (2 cm)	: 0.02 · 19.1 = 0.38 kN/m <sup>2</sup>
• Kaplama yükü (2 cm)	: 0.02 · 22 = 0.44 kN/m <sup>2</sup>
Toplam	g = 4.62 kN/m <sup>2</sup>

Hareketli yük (TS 498 ve diğer yük yönetmeliklerden) q = 2 kN/m<sup>2</sup>

**DD104 döşemesi için:**

• Döşeme öz ağırlığı (13 cm)	: 0.13 · 25 = 3.25 kN/m <sup>2</sup>
• Tesviye harcı (5 cm)	: 0.05 · 11 = 0.55 kN/m <sup>2</sup>
• Sıva yükü (2 cm)	: 0.02 · 19.1 = 0.38 kN/m <sup>2</sup>
• Kaplama yükü (2 cm)	: 0.02 · 22 = 0.44 kN/m <sup>2</sup>
• Dolgu (cüruf vb) (37 cm)	: 0.37 · 12 = 4.44 kN/m <sup>2</sup>
Toplam	g = 9.06 kN/m <sup>2</sup>

Hareketli yük (TS 498 ve diğer yük yönetmeliklerden) q = 2 kN/m<sup>2</sup>

**BD1 döşemesi için;**

• Döşeme öz ağırlığı (13 cm)	: 0.13 · 25 = 3.25 kN/m <sup>2</sup>
• Tesviye harcı (5 cm)	: 0.05 · 11 = 0.55 kN/m <sup>2</sup>
• Sıva yükü (2 cm)	: 0.02 · 19.1 = 0.38 kN/m <sup>2</sup>
• Kaplama yükü (2 cm)	: 0.02 · 22 = 0.44 kN/m <sup>2</sup>
• Duvar yükü (10 cm)	: 0.10 · 19.5 = 1.95
Toplam	g = 6.57 kN/m <sup>2</sup>

Hareketli yük (TS 498 ve diğer yük yönetmeliklerden) q = 2 kN/m<sup>2</sup>

Yukarıda verildiği gibi belirlenen yükler bir tabloda verilir.

Döşemeler	g	q	P <sub>d</sub> = 1.4g + 1.6q (kN/m <sup>2</sup> )
D101, D102, D103, D105	4.62	2	9.71
DD104	9.06	2	15.88
D105	4.62	2	9.71
BD1	6.57	2	12.40

#### 4. Açıklık ve mesnet momentleri

D101, D102 ve D103 döşemelerinde  $m \leq 2$  olduğundan iki doğrultuda, DD104 ve D105 döşemeleri ise tek doğrultuda çalışmaktadır. İki doğrultuda çalışan döşemelerde açıklık ve mesnet momentleri  $M = \alpha P_d l_{sn}^2$  bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Hesaplarda kullanılan  $\alpha$  moment katsayıları Tablo 1.7' de daha önce verilmişti. Buna göre iki doğrultuda çalışan döşemelerin moment katsayıları, döşemelerin "m" değerlerine bağlı olarak alınmış ve aşağıda verilmiştir.

İki doğrultuda çalışan döşemeler için moment katsayıları

Döşeme	m	$\alpha$ moment katsayıları			
		X doğrultusunda		Y doğrultusunda	
		Açıklık	Mesnet	Açıklık	Mesnet
D101	1.10	0.042	0.056	0.037	0.049
D102	1.10	0.046	0.061	0.044	0.022*
D103	1.10	0.049	0.0245*	0.044	0.058

(\*) Döşeme kenarlarının süreksiz olması durumunda da açıklık momentinin en az yarısı mesnet donatısı olarak kullanılmalıdır.

55

#### **D101 döşemesi için döşeme açıklık ve mesnet momentleri** ( $M_d = \alpha P_d l_{sn}^2$ ):

(hesaplar 1 m plak genişliği için yapılmaktadır)

$$M_x = 0.042 \times 9.71 \times 3.80^2 = 5.89 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.037 \times 9.71 \times 3.80^2 = 5.19 \text{ kNm}$$

$$X_{101} = 0.056 \times 9.71 \times 3.80^2 = 7.85 \text{ kNm}$$

$$Y_{101} = 0.049 \times 9.71 \times 3.80^2 = 6.87 \text{ kNm}$$

#### **D102 döşemesi için:**

$$M_x = 0.046 \times 9.71 \times 3.80^2 = 6.45 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.044 \times 9.71 \times 3.80^2 = 6.17 \text{ kNm}$$

$$X_{102} = 0.061 \times 9.71 \times 3.80^2 = 8.55 \text{ kNm}$$

$$Y_{102} = 0.022 \times 9.71 \times 3.80^2 = 3.08 \text{ kNm (süreksiz kenar)}$$

#### **D103 döşemesi için:**

$$M_x = 0.049 \times 9.71 \times 3.80^2 = 6.87 \text{ kNm}$$

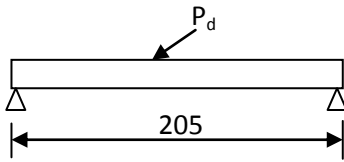
$$M_y = 0.044 \times 9.71 \times 3.80^2 = 6.17 \text{ kNm}$$

$$X_{103} = 0.0245 \times 9.71 \times 3.80^2 = 3.44 \text{ kNm (süreksiz kenar)}$$

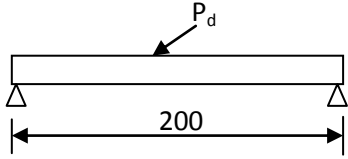
$$Y_{103} = 0.058 \times 9.71 \times 3.80^2 = 8.13 \text{ kNm}$$

**DD104 döşemesi için:**

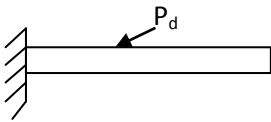
Bu döşeme,  $m > 2.0$  olduğundan tek doğrultuda çalışmaktadır. Bu tür döşemelerin yapısal çözümlemesi kısa kenar doğrultusunda alınan 100 cm lik şerit üzerinden basit mesnetli kirişler gibi yapılabilir. **Yapısal çözümlemede hesap açıklığı olarak, basit mesnetli döşemelerde net döşeme açıklığı alınabilir. Ancak, döşeme basit mesnetli olması ve mesnetlerinden dönebilmesi nedeniyle, emniyetli tarafta kalmak için, mesnet aksları arasındaki mesafeyi( hesap açıklığını) almak daha uygun olur.** Bu uygulamada, emniyetli tarafta kalmak için, hesap açıklığı (mesnetten mesnete uzaklık) dikkate alınmıştır.



$$M_d = \frac{P_d l^2}{8} = \frac{15.88 \cdot 2.05^2}{8} = 8.34 \text{ kNm}$$

**D105 döşemesi için:** ( $m > 2.0$  tek doğrultuda çalışmaktadır)

$$M_x = \frac{P_d l^2}{8} = \frac{9.71 \cdot 2.0^2}{8} = 4.86 \text{ kNm}$$

**BD1 (Balkon döşemesi) için:**

$$M = \frac{P_d l^2}{2} = \frac{12.40 \cdot 1.325^2}{2} = 10.88 \text{ kNm}$$

**5) Hesaplarda kullanılacak mesnet momentleri****D101-D102 mesneti**

$X_{101}/X_{102} = 7.85/8.55 = 0.92 > 0.80$  olduğundan  $X_{102} = 8.55 \text{ kNm}$  mesnet momenti olarak kullanılacaktır.

**D102-BD1 için konsol momentleri 8.93 kNm dikkate alınacaktır.**



**D103-D101 mesneti:**

$Y_{101}/Y_{103}=6.87/8.13 = 0.85 > 0.80$  olduğundan büyük moment **8.13 kNm** mesnet momenti olarak kullanılacaktır.

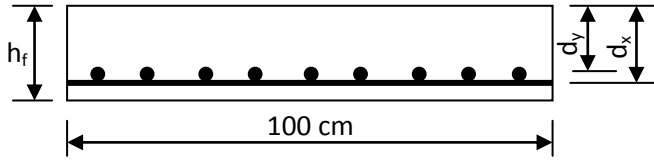
*Not: Süreksiz olarak kabul edilen döşeme mesnetlerinde açıklık momentinin yarısı mesnet momenti olarak değerlendirilecektir (Açıklık donatısının yarısı mesnet donatısı olarak bulundurulacaktır).*

**6) Betonarme hesaplar**

Tüm döşemelerde donatı çapı 8 mm, pas payı 1.5 cm olarak alınacaktır. Malzeme: C25/30- B420 C

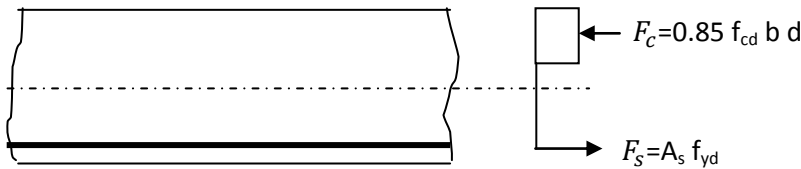
**D101 döşemesi için:****X doğrultusunda (kısa kenar doğrultusu)**

$M_x= 5.89$  kNm,  $M_y= 5.19$  kNm,  $M_x>M_y$  olduğundan x doğrultusunda donatı sıraya yerleştirilecektir.



$$d_x = 13 - (1.5 + 0.8/2) = 11.1 \text{ cm}, \quad d_y = 11.1 - 0.8 = 10.3 \text{ cm}$$

Plakların betonarme hesabı tek donatılı dikdörtgen kesit dikkate alınarak denge denklemleri yardımıyla yapılmaktadır.



Kuvvet denge denklemi:  $0.85f_{cd} b d = A_s f_{yd}$

Moment denge denklemi:  $0.85f_{cd} b d (d - 0.5a) = A_s f_{yd} (d - 0.5a)$

Bu denklemler yardımıyla tarafsız eksen derinliği "a" hesaplanır ve donatı alanı  $A_s$ ;

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

şeklinde belirlenir. Buna göre

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_d}{0.85 f_{cd} b}} = 111 - \sqrt{111^2 - \frac{2 \cdot 5.89 \cdot 10^6}{0.85 \cdot 17 \cdot 1000}} = 3.74 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd} \left(d - \frac{a}{2}\right)} = \frac{5.89 \cdot 10^6}{365 \left(111 - \frac{3.74}{2}\right)} = 147.87 \text{ mm}^2$$

Eğilme etkisinde bulunan kesitlerin hesabında işlem sayısını azaltmak için, denge denklemleri yardımıyla, beton ve donatı dayanım sınıflarına göre oluşturulmuş tablolar ( $k_m$ ) yardımıyla da pratik olarak betonarme hesaplar yapılabilir. Buna göre;

$$k_m = \frac{M_d}{bd^2} = \frac{5.89 \cdot 10^6}{1000 \cdot 111^2} = 0.478 \rightarrow \rho = 0.0013 < \rho_{min} = 0.0015$$

*Bu donatı oranı minimum donatı oranından küçüktür. Bu durumda donatı alanı hesaplarında minimum donatı oranı kullanılır. Ancak denge denklemlerinden elde edilen donatı alanı ile karşılaştırma yapmak için  $k_m$ ' ye bağlı olarak ilgili tablodan alınan donatı oranı kullanılarak  $A_s$  hesaplandığında;*

$$A_s = \rho b d = 0.0013 \cdot 1000 \cdot 111 = 144.3 \text{ mm}^2$$

*olarak elde edilmektedir. Buradan da görüldüğü gibi, denge denklemleri yerine tabloların kullanımı daha pratik olmaktadır.*

### **D101 döşemesi kısa kenar doğrultusunda yerleştirilecek donatı:**

$$A_s = \rho_{min} b d = 0.0015 \cdot 1000 \cdot 111 = 166.5 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Buna göre bir metre genişliğe yerleştirilecek donatının aralığı;

$$S_x = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset = \frac{1000}{166.5} \cdot 50.26 = 301.86 \text{ mm}$$

olarak elde edilmektedir. Ancak TS 500-2000' da bu aralık aşağıdaki gibi sınırlandırılmıştır.

$$S_x \leq \begin{cases} 1.5 * h_f = & \{ 1.5 * 130 = 195 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} & \{ 200 \text{ mm} \end{cases}$$

Buradan donatı aralığı  $S_x=190$  mm alınacaktır. Buna göre döşemeye yerleştirilen donatının alanı;

$$A_s = \frac{1000}{S_x} A_\emptyset = \frac{1000}{190} * 50.26 = 264.52 \text{ mm}^2 \text{ dir. Buna göre gerekli donatı:}$$

$$\text{Ø8/380 düz+ Ø8/380 pilye (264,52 mm}^2\text{)}$$

**Y eksenini doğrultusunda** (uzun kenar doğrultusu)

$$k_m = \frac{M_d}{b d^2} = \frac{5.19 * 10^6}{1000 * 103^2} = 0.489 \rightarrow \rho = 0.00136 < \rho_{min} = 0.0015$$

$$A_s = \rho b d = 0.0015 * 1000 * 103 = 154.5 \text{ mm}^2$$

$$S_y = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset = \frac{1000}{154.5} * 50.26 = 325.31 \text{ mm}$$

$$S_y \leq \begin{cases} 1.5 * h_f = & \{ 1.5 * 130 = 195 \text{ mm} \\ 250 \text{ mm} & \{ 250 \text{ mm} \end{cases}$$

**Donatı aralığı 190 mm seçilmiştir.**

$$\text{Ø8/380 düz+ Ø8/380 pilye (264.52 mm}^2\text{)}$$

Döşeme toplam donatı oranı kontrolü:  $\rho_x + \rho_y \geq 0.0035$

$$\rho_x = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{264.52}{1000 \cdot 111} = 0.0024$$

$$\rho_y = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{264.52}{1000 \cdot 103} = 0.0026$$

$$\rho_x + \rho_y = 0.0050 > 0.0035 \text{ uygundur.}$$

**D102 Döşemesi için :**

$M_x = 6.45 \text{ kNm/m}$ ,  $M_y = 6.17 \text{ kNm/m}$ ,  $M_x > M_y$  olduğundan x doğrultusunda donatı alt sıraya yerleştirilecektir.

X eksenini doğrultusunda (kısa kenar)

$$k_m = \frac{M_d}{b d^2} = \frac{6.45 \cdot 10^6}{1000 \cdot 111^2} = 0.523 \rightarrow \rho = 0.00147 < \rho_{min} = 0.0015$$

Bu durumda hesaplarda  $\rho_{min}$  kullanılır.

$$A_s = \rho b d = 0.0015 \cdot 1000 \cdot 111 = 166.5 \text{ mm}^2$$

$$S_x = \frac{1000}{A_s} A_{\emptyset} = \frac{1000}{166.5} \cdot 50.26 = 301.86 \text{ mm}$$

Ancak kısa kenar doğrultusundaki donatılar arasında aşağıda verilen sınırlandırmadan dolayı;

$$S_x \leq \begin{cases} 1.5 \cdot h_f \\ 200 \text{ mm} \end{cases} = \begin{cases} 1.5 \cdot 130 = 195 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases}$$

**Donatı aralığı 190 mm seçilmiştir.**

$$\emptyset 8/380 \text{ düz} + \emptyset 8/380 \text{ pilye} \quad (264.52 \text{ mm}^2)$$

**Y eksenini doğrultusunda (uzun kenar doğrultusu)**

$$k_m = \frac{M_d}{b d^2} = \frac{6.17 \cdot 10^6}{1000 \cdot 103^2} = 0.582 \rightarrow \rho = 0.00165 > \rho_{min} = 0.0015$$

$$A_s = \rho b d = 0.00165 \cdot 1000 \cdot 103 = 169.95 \text{ mm}^2$$

$$S_y = \frac{1000}{A_s} A_{\emptyset} = \frac{1000}{169.95} \cdot 50.26 = 295.73 \text{ mm}$$

İzin verilen donatı aralığı:

$$S_y \leq \begin{cases} 1.5 \cdot h_f \\ 250 \text{ mm} \end{cases} = \begin{cases} 1.5 \cdot 130 = 195 \text{ mm} \\ 250 \text{ mm} \end{cases}$$

**Donatı aralığı 190 mm seçilmiştir.**

$$\emptyset 8/380 \text{ düz} + \emptyset 8/380 \text{ pilye} \quad (264.52 \text{ mm}^2)$$

Döşeme toplam donatı oranı kontrolü:  $\rho_x + \rho_y \geq 0.0035$

$$\rho_x = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{264.52}{1000 \cdot 111} = 0.0024$$

$$\rho_y = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{264.52}{1000 \cdot 103} = 0.0026$$

$$\rho_x + \rho_y = 0.0050 > 0.0035 \text{ uygundur.}$$

**D103 Döşemesi için:**

$M_x = 6.87$  kNm/m,  $M_y = 6.17$  kNm/m,  $M_x > M_y$  olduğundan x doğrultusunda donatı alt sıraya yerleştirilecektir.

**X eksenli doğrultusunda** (kısa kenar)

$$k_m = \frac{M_d}{b d^2} = \frac{6.87 \cdot 10^6}{1000 \cdot 111^2} = 0.558 \rightarrow \rho = 0.00157 > \rho_{min} = 0.0015$$

Bu durumda hesaplarda  $\rho_{min}$  kullanılır.

$$A_s = \rho b d = 0.00157 \cdot 1000 \cdot 111 = 174.27 \text{ mm}^2$$

$$S_x = \frac{1000}{A_s} A_{\emptyset} = \frac{1000}{174.27} \cdot 50.26 = 288.40 \text{ mm}$$

Ancak kısa kenar doğrultusundaki donatılar arasında aşağıda verilen sınırlandırmadan dolayı;

$$S_x \leq \begin{cases} 1.5 \cdot h_f \\ 200 \text{ mm} \end{cases} = \begin{cases} 1.5 \cdot 130 = 195 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases}$$

**Donatı aralığı 190 mm seçilmiştir.**

$$\emptyset 8/380 \text{ düz} + \emptyset 8/380 \text{ pilye } (264.52 \text{ mm}^2)$$

**Y eksenli doğrultusunda** (uzun kenar doğrultusu)

$$k_m = \frac{M_d}{b d^2} = \frac{6.17 \cdot 10^6}{1000 \cdot 103^2} = 0.582 \rightarrow \rho = 0.00165 > \rho_{min} = 0.0015$$

$$A_s = \rho b d = 0.00165 \cdot 1000 \cdot 103 = 169.95 \text{ mm}^2$$

$$S_y = \frac{1000}{A_s} A_{\emptyset} = \frac{1000}{169.95} \cdot 50.26 = 295.73 \text{ mm}$$

$$S_y \leq \begin{cases} 1.5 \cdot h_f \\ 250 \text{ mm} \end{cases} = \begin{cases} 1.5 \cdot 130 = 195 \text{ mm} \\ 250 \text{ mm} \end{cases}$$

**Donatı aralığı 190 mm seçilmiştir.**

$$\emptyset 8/380 \text{ düz} + \emptyset 8/380 \text{ pilye } (264.52 \text{ mm}^2)$$

Döşeme toplam donatı oranı kontrolü:  $\rho_x + \rho_y \geq 0.0035$

$$\rho_x = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{264.52}{1000 \cdot 111} = 0.0024$$

$$\rho_y = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{264.52}{1000 \cdot 103} = 0.0026$$

$$\rho_x + \rho_y = 0.0050 > 0.0035 \text{ uygundur.}$$

**DD104 döşemesi için:** (tek doğrultuda çalışmaktadır, kısa kenar doğrultusunda donatı yerleştirilir)

$$M = 8.34 \text{ kNm/m,}$$

$$k_m = \frac{M_d}{bd^2} = \frac{8.34 \cdot 10^6}{1000 \cdot 111^2} = 0.677 \rightarrow \rho = 0.0019 > \rho_{min} = 0.0015$$

$$A_s = \rho b d = 0.0019 \cdot 1000 \cdot 111 = 210.90 \text{ mm}^2$$

$$S_x = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset = \frac{1000}{210.9} \cdot 50.26 = 238.31 \text{ mm}$$

$$S_x \leq \begin{cases} 1.5 \cdot h_f \\ 200 \text{ mm} \end{cases} = \begin{cases} 1.5 \cdot 130 = 195 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases} \quad \text{Donatı aralığı 190 mm seçilmiştir.}$$

$$\text{Ø8/380 düz+ Ø8/380 pilye (264.52 mm}^2\text{)}$$

Tek doğrultuda çalışan döşemeler için y doğrultusunda (uzun kenar doğrultusunda) dağıtma donatısı kullanılır. Gerekli donatı alanı

$$A_{s_y} = \frac{1}{5} A_s = \frac{1}{5} 210.90 = 42.18 \text{ mm}^2$$

Uzun kenar doğrultusunda kullanılacak donatı: Ø 8/300 (150.78 mm<sup>2</sup>)

62

**D105 döşemesi için:** (tek doğrultuda çalışmaktadır, kısa kenar doğrultusunda donatı yerleştirilir)

$$M = 4.86 \text{ kNm/m,}$$

$$k_m = \frac{M_d}{bd^2} = \frac{4.86 \cdot 10^6}{1000 \cdot 111^2} = 0.394 \rightarrow \rho = 0.0011 < \rho_{min} = 0.0015$$

$$A_s = \rho b d = 0.0015 \cdot 1000 \cdot 111 = 166.5 \text{ mm}^2$$

$$S_x = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset = \frac{1000}{166.5} \cdot 50.26 = 301.86 \text{ mm}$$

$$S_x \leq \begin{cases} 1.5 \cdot h_f \\ 200 \text{ mm} \end{cases} = \begin{cases} 1.5 \cdot 130 = 195 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases}$$

Donatı aralığı 190 mm seçilmiştir.

$$\text{Ø8/380 düz+ Ø8/380 pilye (264.52 mm}^2\text{)}$$

Tek doğrultuda çalışan döşemeler için y doğrultusunda (uzun kenar doğrultusunda) dağıtma donatısı kullanılır. Gerekli donatı alanı

$$A_{s_y} = \frac{1}{5} A_s = \frac{1}{5} 166.5 = 33.3 \text{ mm}^2$$

Uzun kenar doğrultusunda kullanılacak donatı: Ø 8/300 (150.78 mm<sup>2</sup>)

Tek doğrultuda çalışan döşemelerde kısa kenar doğrultusundaki kirişler üstünde, döşeme asal donatısına dik doğrultuda boyuna mesnet donatısı bulundurulmalıdır. Bu donatı asal donatı alanının %60' ın dan az olamaz.

### BD1 döşemesi (konsol)

$$M_d = 10.88 \text{ kNm/m}$$

$$k_m = \frac{M_d}{bd^2} = \frac{10.88 \cdot 10^6}{1000 \cdot 111^2} = 0.883 \rightarrow \rho = 0.0025 > \rho_{min} = 0.0015$$

$$A_s = \rho b d = 0.0025 \cdot 1000 \cdot 111 = 277.5 \text{ mm}^2$$

Yerleştirilmesi gereken donatı alanı:

$$\text{Mevcut (D102) den: } \emptyset 8/380 \rightarrow A_{sm} = 132.26 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gerekli donatı: } 277.5 - 132.26 = 145.24 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{1000}{A_s} A_\emptyset = \frac{1000}{145.24} \cdot 50.26 = 346.05 \text{ mm}$$

Ancak konsollara yerleştirilecek asal donatıların aralıkları da aşağıda verilen koşulu sağlamalıdır.

$$S_x \leq \begin{cases} 1.5 \cdot h_f \\ 200 \text{ mm} \end{cases} = \begin{cases} 1.5 \cdot 130 = 195 \text{ mm} \\ 200 \text{ mm} \end{cases}$$

Gerekli ilave donatı:  $\emptyset 8/380$  olmalıdır. Diğer bir deyişle bu döşemede donatı aralığı D102' den gelen donatılarla birlikte  $\emptyset 8/190$  ( $264.52 \text{ mm}^2$ ) olmaktadır.

$\emptyset 8/380$  (mevcut) +  $\emptyset 8/380$  (ilave)

Uzun kenar doğrultusu  $\emptyset 8/380$  dağıtma donatısı

### Mesnet Donatılarının Hesabı:

D101-D102 mesneti:

$$X_{102} = 8.55 \text{ kNm/m}$$

$$k_m = \frac{M_d}{bd^2} = \frac{8.55 \cdot 10^6}{1000 \cdot 111^2} = 0.694 \rightarrow \rho = 0.0020 > \rho_{min} = 0.0015$$

$$A_s = \rho b d = 0.0020 \cdot 1000 \cdot 111 = 222.0 \text{ mm}^2$$

Bu mesnette mevcut donatı alanı:

$$\text{D101' den } \rightarrow \emptyset 8/380 \rightarrow A_{s101} = 132.26 \text{ mm}^2$$

$$\text{D102' den } \rightarrow \emptyset 8/380 \rightarrow A_{s102} = 132.26 \text{ mm}^2$$

$$\text{Toplam } A_{s101} + A_{s102} = 264.52 \text{ mm}^2 > A_s = 222.0 \text{ mm}^2$$

Mevcut donatı  $\emptyset 8/190$  yeterlidir. İlave donatıya gerek yoktur.

**D103-D101 mesneti :**

$$X_{103} = 8.13 \text{ kNm/m}$$

$$k_m = \frac{M_d}{bd^2} = \frac{8.13 \cdot 10^6}{1000 \cdot 111^2} = 0.660 \rightarrow \rho = 0.0019 > \rho_{min} = 0.0015$$

$$A_s = \rho b d = 0.0019 \cdot 1000 \cdot 111 = 210.90 \text{ mm}^2$$

Bu mesnette mevcut donatı:

$$D101' \text{ den } \rightarrow \text{Ø } 8/380 \rightarrow A_{s101} = 132.26 \text{ mm}^2$$

$$D103' \text{ den } \rightarrow \text{Ø } 8/380 \rightarrow A_{s103} = 132.26 \text{ mm}^2$$

---


$$\text{Toplam } A_{s101} + A_{s103} = 264.52 \text{ mm}^2 > A_s = 210.90 \text{ mm}^2$$

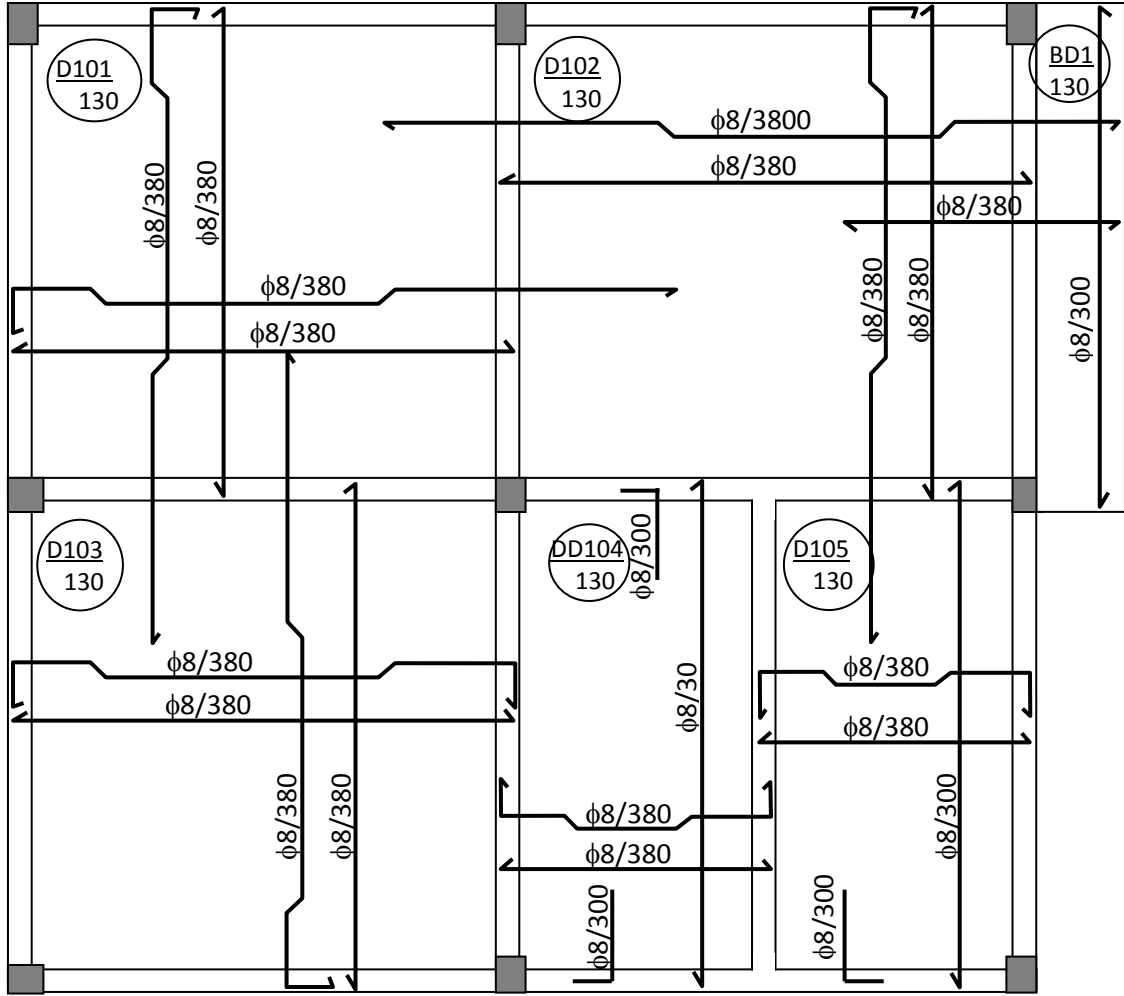
Mevcut donatı Ø8/190 yeterlidir. İlave donatıya gerek yoktur.

Yönetmelik gereği yerleştirilmesi gerekli donatılar:

- 1) Çift doğrultuda çalışan döşemelerde, süreksiz kabul edilen döşeme kenarında, açıklık donatısının en az yarısı, mesnet donatısı olarak bulundurulur.
- 2) Tek doğrultuda çalışan döşemelerde, kısa kenar doğrultusunda bulunan döşeme kirişleri üzerine, döşeme asal donatılarına dik doğrultuda mesnet donatısı bulundurulur. Bu donatı asal donatı alanının %60' ından az olamaz.

Betonarme hesaplardan elde edilen donatı çap ve aralıkları, yukarıda verilen yönetmelik koşulları da dikkate alınarak 1/50 ölçeğine "KAT KALIP PLANI" çizilir.

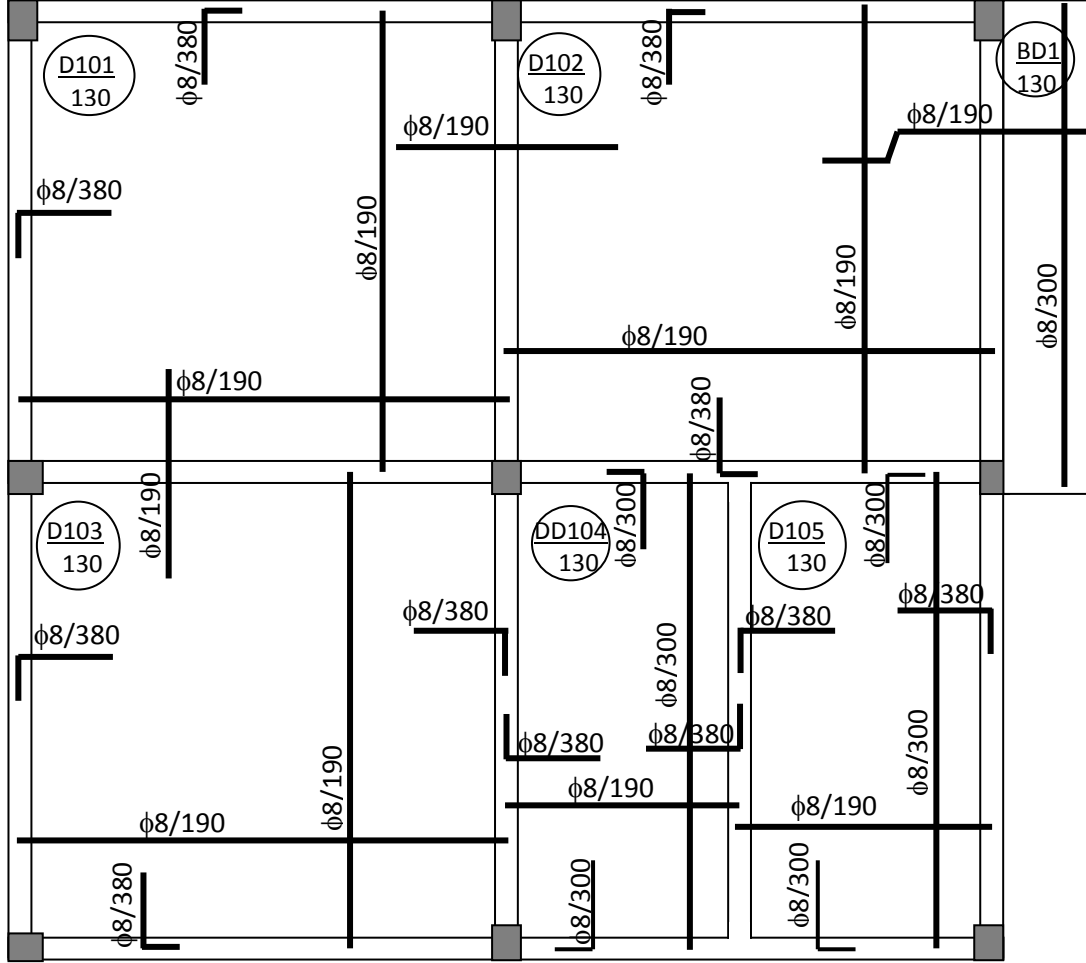




Normal Kat Kalıp Planı

Ölçek 1/50

Pilye yapılmaması durumunda kalıp planı aşağıda verildiği gibi çizilir:



66

(Kalıp planında donatı üzerine, kırık yerlerin uzunluğu ile toplam donatı uzunluğu yazılır).

### Burulma donatısı:

1A köşesinde : 80 cm uzunluğunda iki sıra altta, iki sıra üstte

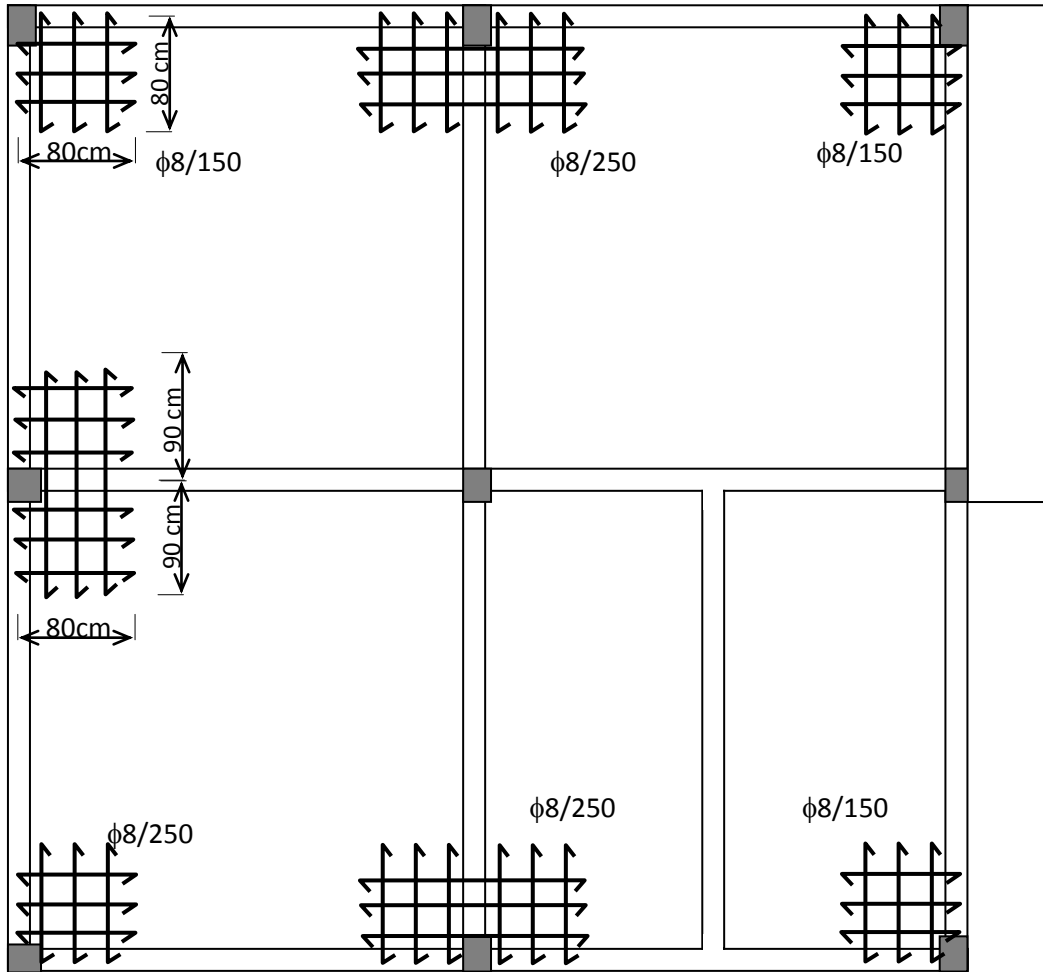
$$\frac{3}{4} * 264.52 = 198.39 \text{ mm}^2 \quad \text{ø8/150 (250 mm}^2\text{)}$$

1C-3C köşelerinde : 80 cm uzunluğunda

$$\frac{3}{4} * 264.52 = 198.39 \text{ mm}^2 \quad \text{ø8/150 (250 mm}^2\text{)}$$

1B, 2A, 2C köşesinde;

$$\frac{3}{4} * 264.52 = 198.38 \text{ mm}^2 \quad \text{ø8/150 (250 mm}^2\text{)}$$



Tablo 1.14. Moment katsayıları tablosu

$\Psi$	S420 (B420 C) $f_{yd}=365$ MPa											
	C25/30		C30/37		C35/45		C40/50		C45/55		C50/60	
	fcd=17 MPa		fcd= 20 MPa		fcd=23 MPa.		fcd=27 MPa		fcd=30 MPa		fcd=33MPa	
	km	$\rho$	km	$\rho$	km	$\rho$	km	$\rho$	km	$\rho$	km	$\rho$
0.01	0.1690	0.0005	0.1988	0.0005	0.2286	0.0006	0.2684	0.0007	0.2982	0.0008	0.3281	0.0009
0.02	0.3360	0.0009	0.3953	0.0011	0.4546	0.0013	0.5336	0.0015	0.5929	0.0016	0.6522	0.0018
0.03	0.5010	0.0014	0.5894	0.0016	0.6778	0.0019	0.7957	0.0022	0.8841	0.0025	0.9725	0.0027
0.04	0.6640	0.0019	0.7811	0.0022	0.8983	0.0025	1.0545	0.0030	1.1717	0.0033	1.2888	0.0036
0.05	0.8249	0.0023	0.9705	0.0027	1.1161	0.0032	1.3102	0.0037	1.4558	0.0041	1.6013	0.0045
0.06	0.9839	0.0028	1.1575	0.0033	1.3311	0.0038	1.5627	0.0044	1.7363	0.0049	1.9099	0.0054
0.07	1.1409	0.0033	1.3422	0.0038	1.5435	0.0044	1.8119	0.0052	2.0133	0.0058	2.2146	0.0063
0.08	1.2958	0.0037	1.5245	0.0044	1.7532	0.0050	2.0580	0.0059	2.2867	0.0066	2.5154	0.0072
0.09	1.4488	0.0042	1.7044	0.0049	1.9601	0.0057	2.3010	0.0067	2.5566	0.0074	2.8123	0.0081
0.1	1.5997	0.0047	1.8820	0.0055	2.1643	0.0063	2.5407	0.0074	2.8230	0.0082	3.1053	0.0090
0.11	1.7486	0.0051	2.0572	0.0060	2.3658	0.0069	2.7772	0.0081	3.0858	0.0090	3.3944	0.0099
0.12	1.8956	0.0056	2.2301	0.0066	2.5646	0.0076	3.0106	0.0089	3.3451	0.0099	3.6796	0.0108
0.13	2.0405	0.0061	2.4006	0.0071	2.7607	0.0082	3.2408	0.0096	3.6009	0.0107	3.9610	0.0118
0.14	2.1834	0.0065	2.5687	0.0077	2.9540	0.0088	3.4678	0.0104	3.8531	0.0115	4.2384	0.0127
0.15	2.3243	0.0070	2.7345	0.0082	3.1447	0.0095	3.6916	0.0111	4.1018	0.0123	4.5119	0.0136
0.16	2.4632	0.0075	2.8979	0.0088	3.3326	0.0101	3.9122	0.0118	4.3469	0.0132	4.7816	0.0145
0.17	2.6001	0.0079	3.0590	0.0093	3.5178	0.0107	4.1296	0.0126	4.5885	0.0140	5.0473	0.0154
0.18	2.7350	0.0084	3.2177	0.0099	3.7003	0.0113	4.3439	0.0133	4.8265	0.0148	5.3092	0.0163
0.19	2.8679	0.0088	3.3740	0.0104	3.8801	0.0120	4.5549	0.0141	5.0610	0.0156	5.5671	0.0172
0.2	2.9988	0.0093	3.5280	0.0110	4.0572	0.0126	4.7628	0.0148	5.2920	0.0164	5.8212	0.0181
0.21	3.1277	0.0098	3.6796	0.0115	4.2316	0.0132	4.9675	0.0155	5.5194	0.0173	6.0714	0.0190
0.22	3.2545	0.0102	3.8289	0.0121	4.4032	0.0139	5.1690	0.0163	5.7433	0.0181	6.3177	0.0199
0.23	3.3794	0.0107	3.9758	0.0126	4.5721	0.0145	5.3673	0.0170	5.9637	0.0189	6.5600	0.0208
0.24	3.5023	0.0112	4.1203	0.0132	4.7384	0.0151	5.5624	0.0178	6.1805	0.0197		
0.25	3.6231	0.0116	4.2625	0.0137	4.9019	0.0158	5.7544	0.0185	6.3938	0.0205		
0.26	3.7420	0.0121	4.4023	0.0142	5.0627	0.0164	5.9431	0.0192				
0.27	3.8588	0.0126	4.5398	0.0148	5.2207	0.0170	6.1287	0.0200				
0.28	3.9736	0.0130	4.6749	0.0153	5.3761	0.0176						
0.29	4.0865	0.0135	4.8076	0.0159	5.5288	0.0183						
0.3	4.1973	0.0140	4.9380	0.0164	5.6787	0.0189						
0.31	4.3061	0.0144	5.0660	0.0170	5.8259	0.0195						
0.32	4.4129	0.0149	5.1917	0.0175	5.9704	0.0202						
0.33	4.5177	0.0154	5.3150	0.0181								
0.34	4.6205	0.0158	5.4359	0.0186								
0.35	4.7213	0.0163	5.5545	0.0192								
0.36	4.8201	0.0168	5.6707	0.0197								
0.37	4.9169	0.0172	5.7846	0.0203								
0.38	5.0117	0.0177										
0.39	5.1044	0.0182										
0.4	5.1952	0.0186										
0.41	5.2840	0.0191										
0.42	5.3707	0.0196										
0.43	5.4555	0.0200										