

BETONARME -II

BÖLÜM 1

BETONARME DÖŞEMELER

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1. Giriş

Döşemeler, yapılardaki alanları kapatarak kendilerine etkiyen düşey yükleri, duvar, kiriş veya kolonlara aktaran, kalınlığı diğer iki boyutuna göre çok küçük olan, düzlem taşıyıcı elemanlardır.

Döşemeler, düşey yükleri taşımanın yanısıra deprem etkisi gibi yatay yükleri bir düşey elemandan diğerine aktarma görevini de yüklenmektedirler (diyafram etkisi).

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

Betonarme döşemeler, kirişli, kirişsiz ve dişli döşemeler olarak üç ana başlıkta toplanabilmektedirler.

Bu döşemeler projelendirmelerde, boyutlarına bağlı olarak, bir doğrultuda ya da iki doğrultuda da çalışabilecek şekilde karşımıza çıkabilmektedirler.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1. KIRIŞLI DÖŞEMELER

- Bir doğrultuda çalışan
- İki doğrultuda çalışan

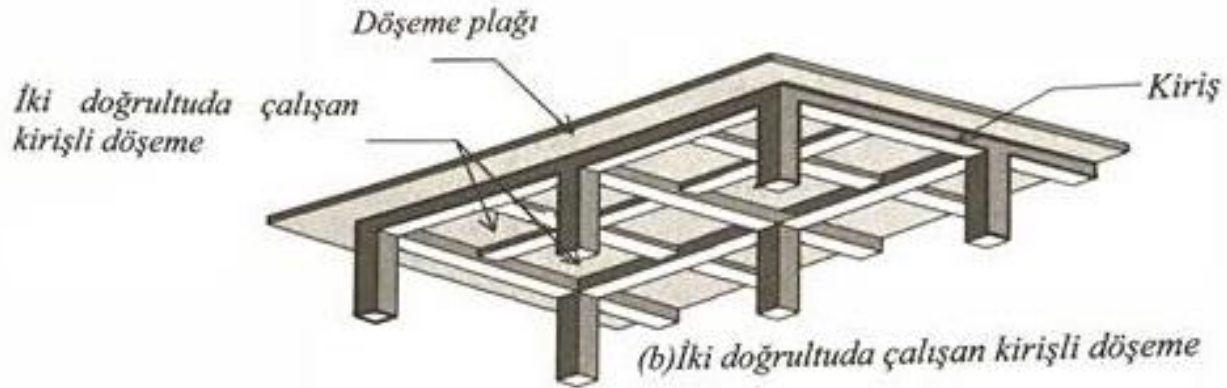
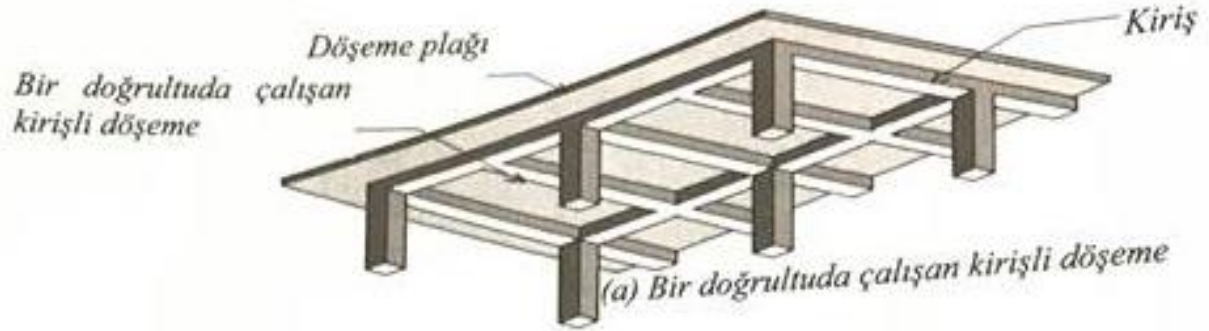
2. KIRIŞSIZ DÖŞEMELER

- Tablasız ve başlıksız
- Tablalı
- Başlıklı (mantar)
- Başlıklı ve Tablalı

3. DIŞLI DÖŞEMELER

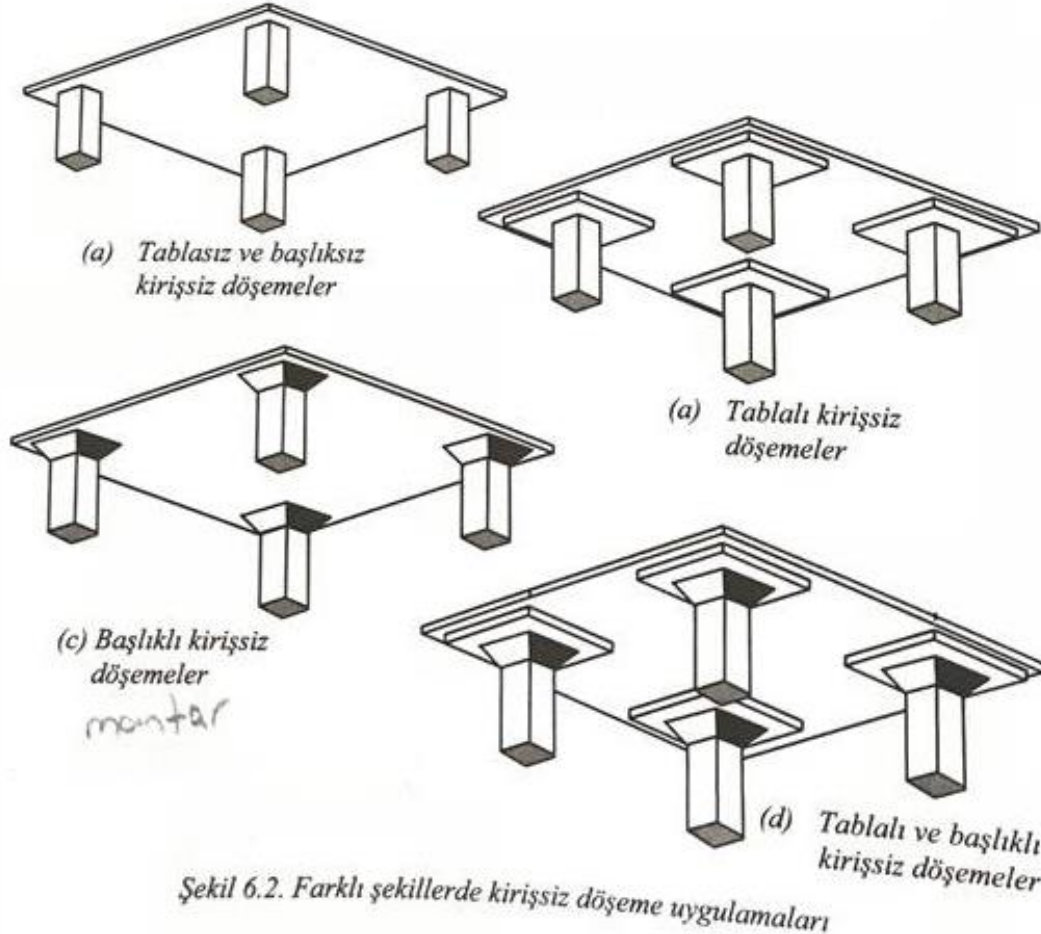
- Bir doğrultuda
 - Dolgunsuz (nervürlü döşeme)
 - Dolgu bloklı (asmolen döşeme)
- İki doğrultuda (kaset döşeme)

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

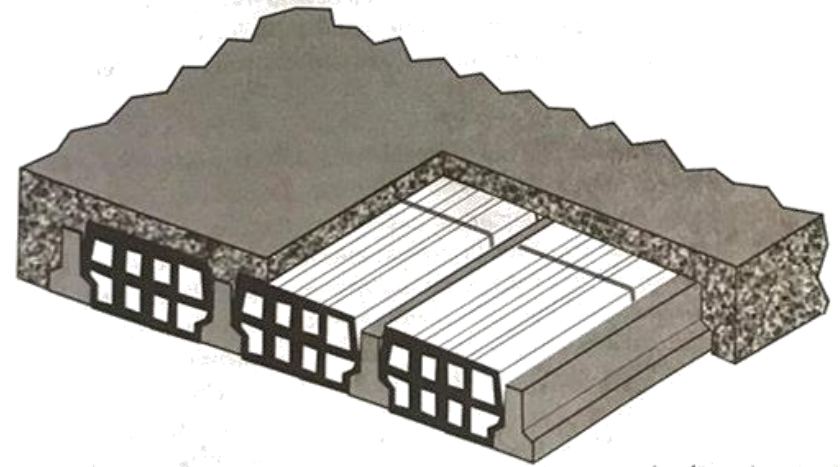
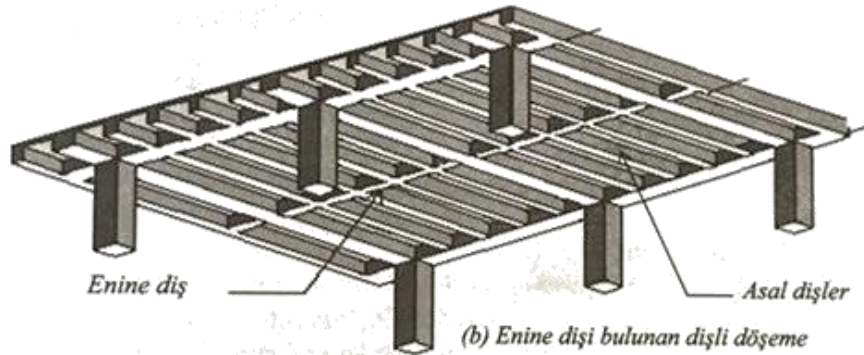
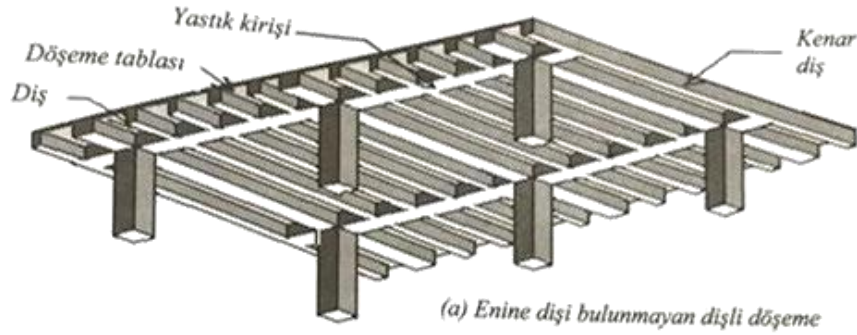


Şekil 6.1 Kirişli döşemeler: (a) bir (b) iki doğrultuda çalışan^{6.4}

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

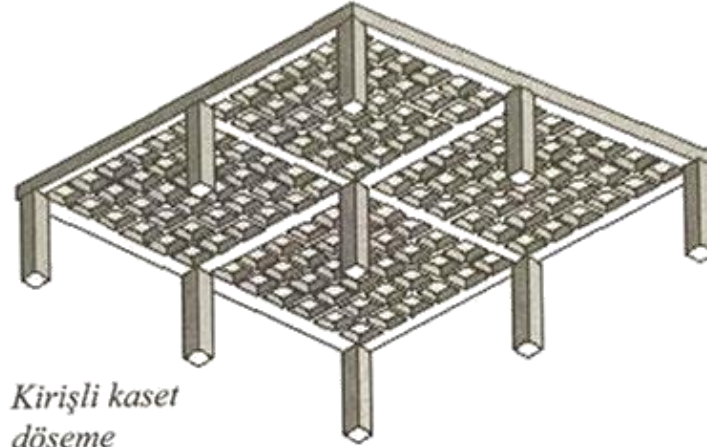


BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

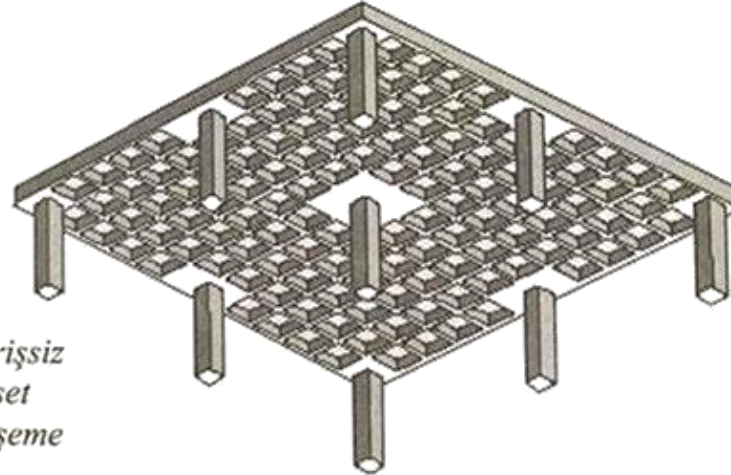


Şekil 6.3. bir doğrultuda görünür dişli döşeme: (a) enine dişi bulunmayan ve (b) enine dişi^{6.4}

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER



*Kirişli kaset
döşeme*



*Kirişsiz
kaset
döşeme*

Şekil 6.5. İki doğrultuda çalışan dişli döşemeler (kaset döşeme) ^{6.4}

Döşeme Seçimine Etki Eden Parametreler

- Bölgenin depremselliği
- Döşemenin maliyeti
- Geçilecek açıklık miktarları ve hareketli yük
- Etkiyecek yükün miktarı ve çeşidi
- Yapının kullanım amacı
- Kullanım değişikliklerine uyumu
- Yapının plan geometrisi
- Taşıyacağı eşya ve cihazların hassasiyeti
- Teknik personelin bilgi ve becerisi
- Konsol döşemelerin varlığı

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

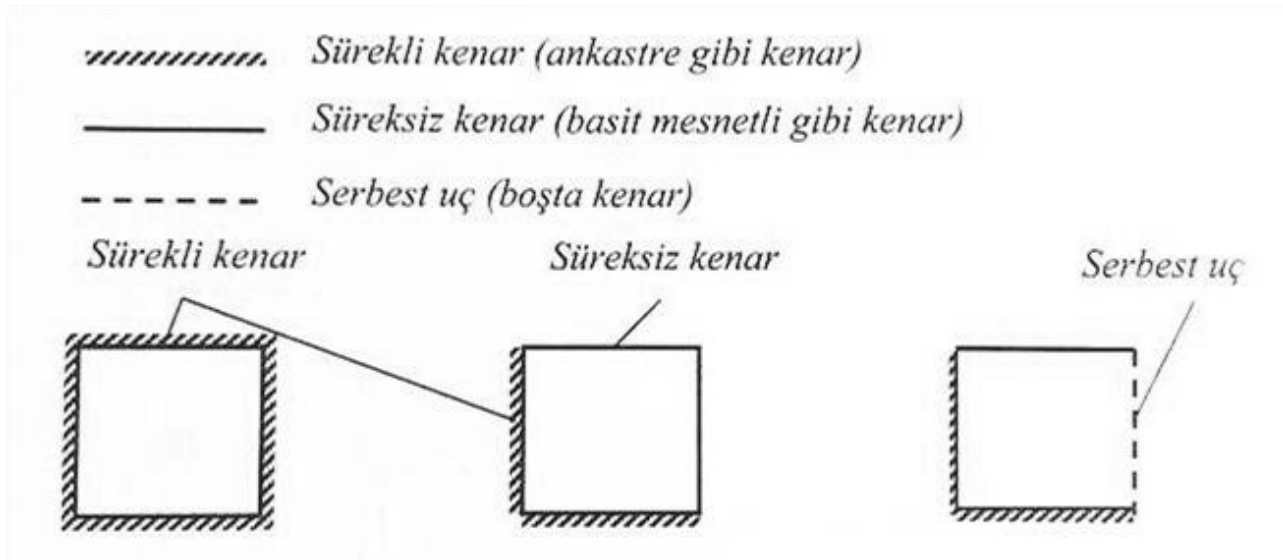
Döşeme Hesaplarında Etkili Olan Başlıca Parametreler!

1. Döşeme kenarlarının mesnetlenme koşulları
 - ✓ Sürekli mi?
 - ✓ Süreksiz mi?
 - ✓ Serbest uç mu? Konsol mu?
2. Döşemenin komşu döşemelerle süreklilik durumu
 - ✓ Basit giriş
 - ✓ Sürekli giriş (kenar açıklık, iç açıklık, konsol)
3. Döşemenin kenar oranı
4. Döşemeye etkileyen yükün çeşidi

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

Döşeme Hesaplarında Etkili Olan Başlıca Parametreler!

1. Döşeme kenarlarının mesnetlenme koşulları



Döşeme Hesaplarında Etkili Olan Başlıca Parametreler!

1. Döşeme kenarlarının mesnetlenme koşulları

Her tarafında normal döşeme bulunan ve bir ya da birkaç kenarı dış mesnet olan döşemelerin mesnet koşullarına karar vermek kolaydır.

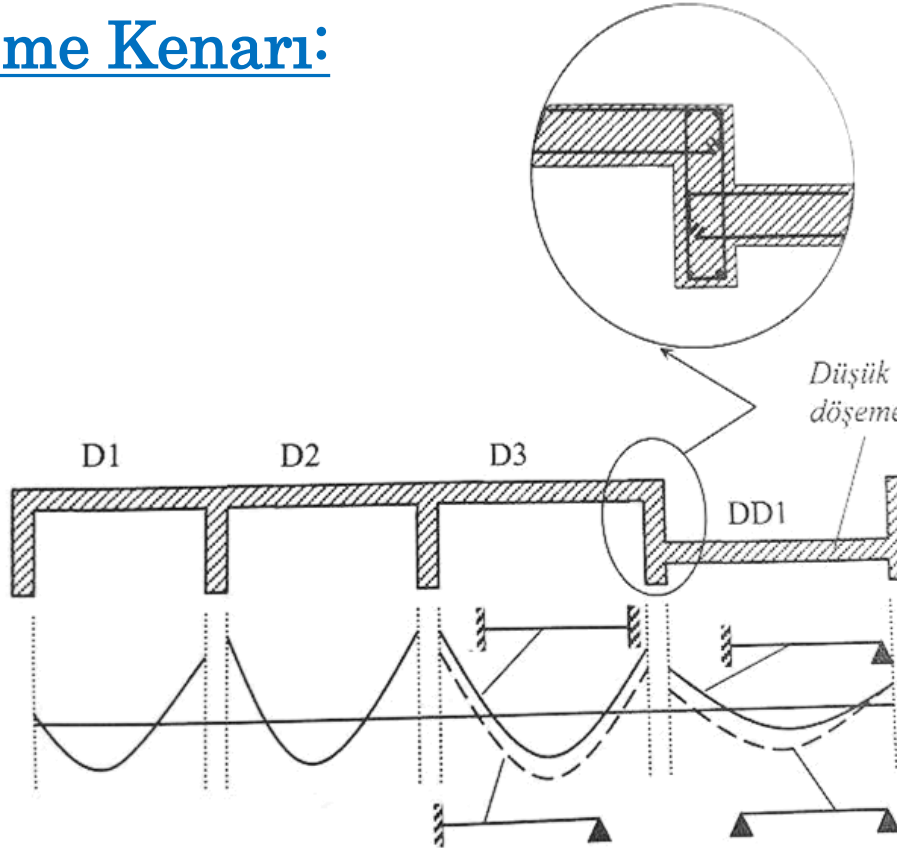
Ancak komşu döşemenin *düşük döşeme* ya da *balkon* olması durumlarında döşeme kenarlarının sürekli mi yoksa süreksiz mi kabul edileceği konusunda tereddütler oluşmaktadır.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

Döşeme Hesaplarında Etkili Olan Başlıca Parametreler!

1. Döşeme kenarlarının mesnetlenme koşulları

Düşük Döşeme Kenarı:



Düşük döşemede ve komşu döşemelerde moment değişimleri

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

Döşeme Hesaplarında Etkili Olan Başlıca Parametreler!

1. Döşeme kenarlarının mesnetlenme koşulları

Düşük Döşeme:

- ❖ Düşük döşemenin kenarlarını ya da düşük döşemeye komşu döşeme kenarlarını süreksiz kabul etmek ve yönetmelikte süreksiz kenarlar için öngörülen mesnet momentlerini dikkate almak pratik amaçlar için yeterlidir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

Döşeme Hesaplarında Etkili Olan Başlıca Parametreler!

1. Döşeme kenarlarının mesnetlenme koşulları

Balkon Kenarı:

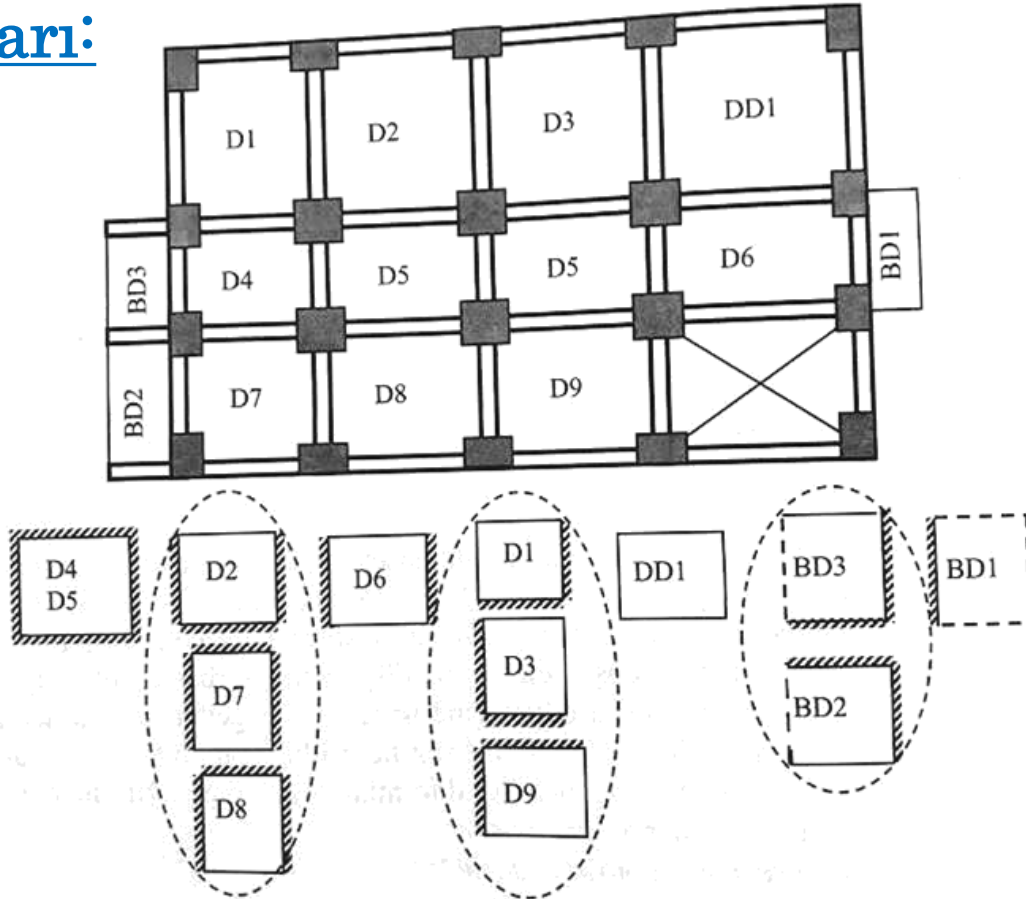
- ❖ Döşemenin balkona bitişik olan kenarı sürekli olarak dikkate alınabilir.
- ❖ Diğer taraftan balkonun kenarında giriş varsa mesnet koşullarını değiştirecektir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

Döşeme Hesaplarında Etkili Olan Başlıca Parametreler!

1. Döşeme kenarlarının mesnetlenme koşulları

Balkon Kenarı:

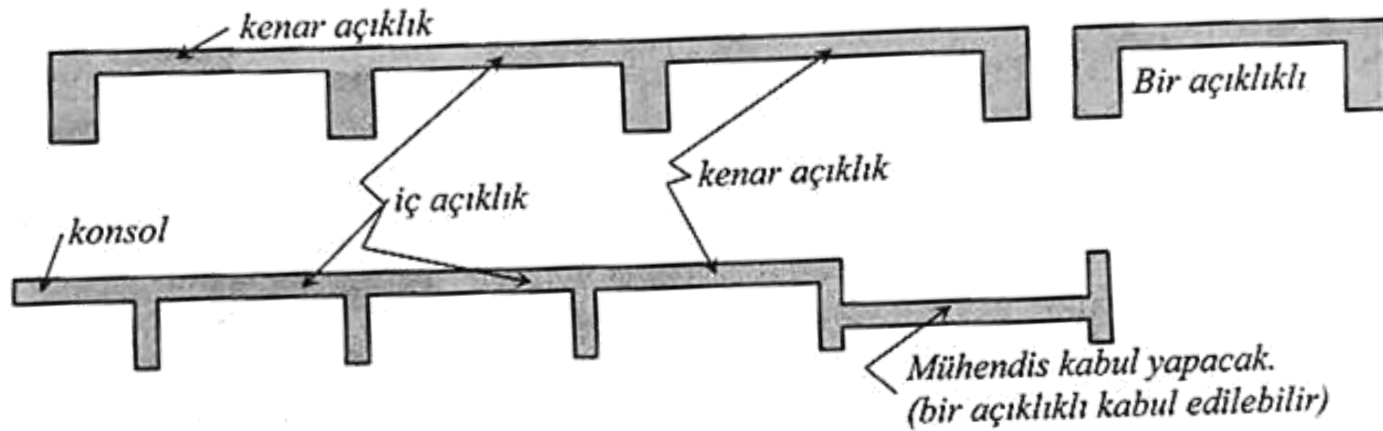


Kat planındaki döşemeler ve bunlar için kabul edilen mesnet koşulları

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

Döşeme Hesaplarında Etkili Olan Başlıca Parametreler!

2. Döşemenin komşu döşemelerle süreklilik durumu

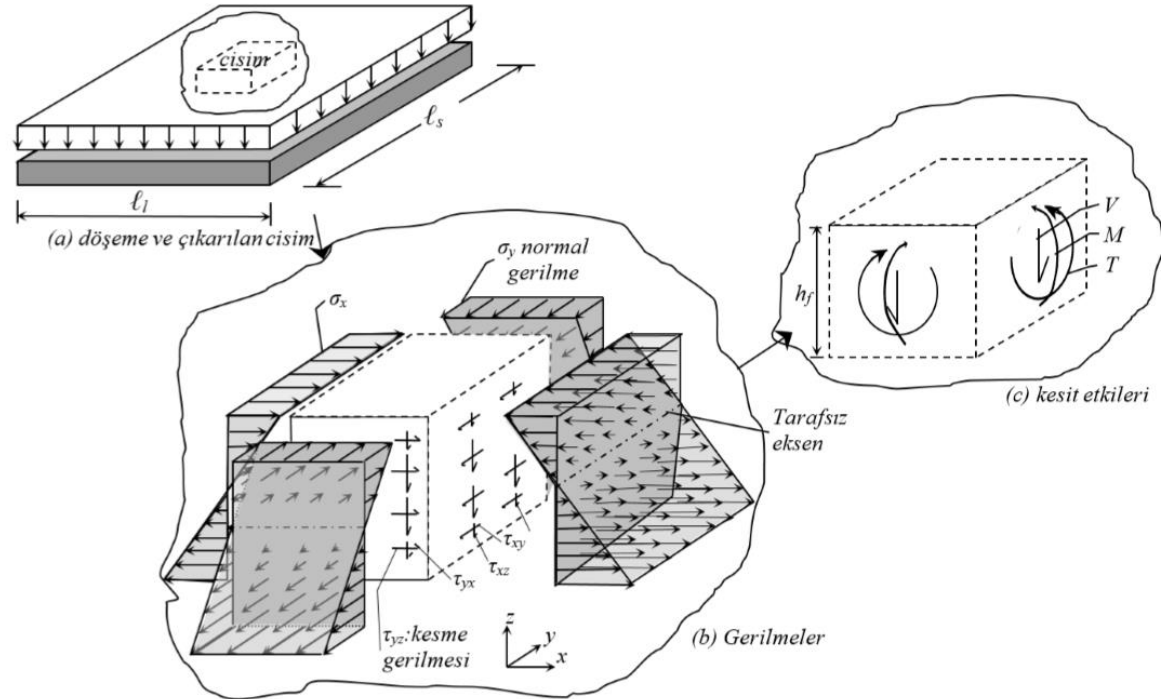


Döşemelerin açıklık durumları (konsol, bir açıklık, kenar açıklık, iç açıklık)

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

Döşemelerin Betonarme Hesapları

Düzgün yayılı olan ve tasarım yükü olarak adlandırılan p_d yükünün etkisindeki bir döşemeden 1m genişliğinde ve 1m uzunluğunda bir cisim çıkarılırsa bu cisimde gerilme olarak normal (σ) ve kesme (τ) gerilmeleri, iç kuvvet olarak ise eğilme momenti (M), kesme kuvveti (V) ve burulma momenti (T) meydana gelecektir.



Sekil 6.13. (a) yayılı yük etkisindeki döşeme, (b) oluşan gerilmeler ve (c) iç kuvvetler

Adem Doğançü

Döşeme sözkonusu kesit etkilerini karşılayacak yeterli boyut ve donatıya sahip olmalıdır!

Döşemelerin Betonarme Hesapları

❖ Basit eğilmeye göre:

Eğilme momentini karşılamak amacıyla hesaplanan donatı ***asal çekme donatısı*** olarak adlandırılmaktadır. Bu donatı iki sınıfa ayrılmaktadır.

Negatif eğilme momenti için hesaplanan asal çekme donatısı ***mesnet donatısı*** , pozitif eğilme momenti için hesaplanan asal çekme donatısı ***açıklık donatısı*** olarak adlandırılmaktadır.

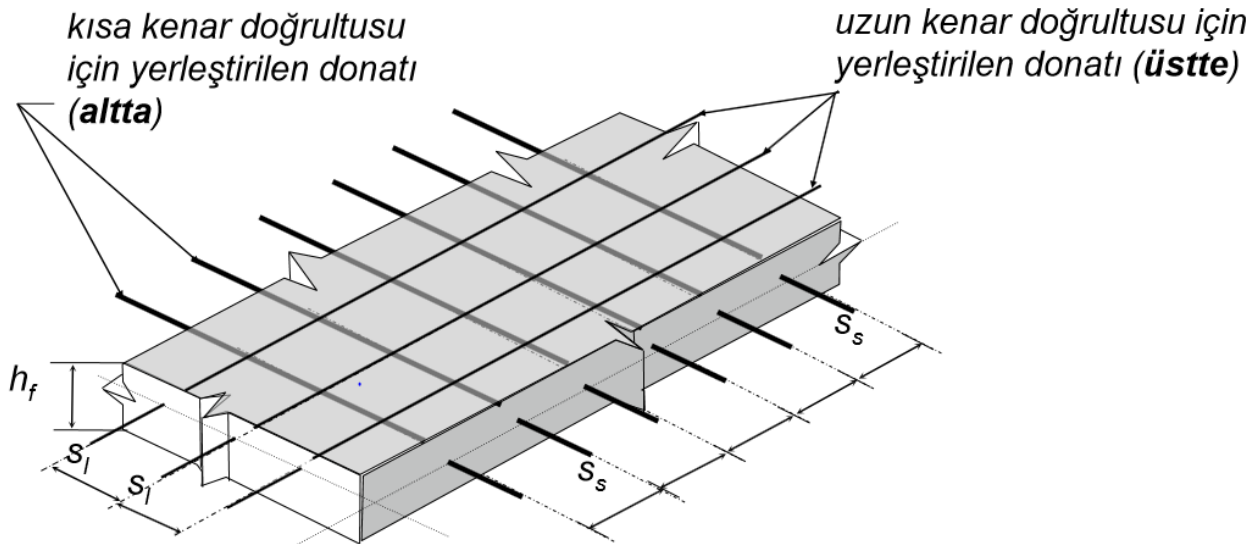
Hesabı yapılacak döşemenin her bir mesneti için bir doğrultuda donatı hesabı yapılmaktadır.

Açıklık donatısı hesabı için bir doğrultuda çalışan döşemelerde sadece kısa kenar doğrultusunda hesap yeterli olmakta, iki doğrultuda çalışan döşemelerde ise kısa ve uzun kenar doğrultuları için ayrı ayrı hesap yapılmaktadır.

Döşemelerin Betonarme Hesapları

❖ Basit eğilmeye göre:

★ Döşemelerde kısa kenar doğrultusunda moment daha büyük olduğundan bu doğrultudaki donatı alt sıraya konur. Böylece faydalı yükseklikten yararlanarak donatıdan tasarruf sağlanmış olur. Uzun kenar doğrultusundaki donatı ise üst sıraya konulur.



Döşemeye kısa ve uzun kenar doğrultusunda yerleştirilen donatılar

Döşemelerin Betonarme Hesapları

❖ Kesmeye göre:

Kesme kuvvetini karşılamak amacıyla belirlenen donatıya kesme ya da kayma donatısı denilmektedir. Ancak, döşeme kalınlığı yeterince büyük seçilerek döşemeler genellikle kesme donatısı gerektirmeyecek şekilde tasarlanmaktadır.

Kesme kuvveti açısından en hassas döşemenin, zımbalama olayı nedeniyle kirişsiz döşeme olduğu söylenebilir.

Döşemelerin Betonarme Hesapları

❖ Burulmaya göre:

Burulma momenti için döşemelerde genellikle hesap yapılmayıp, döşeme köşelerine konstrüktif olarak burulma donatısı yerleştirilmektedir. TS500-2000'de böyle bir koşul yoktur.

❖ Eksenel basınç ya da çekmeye göre:

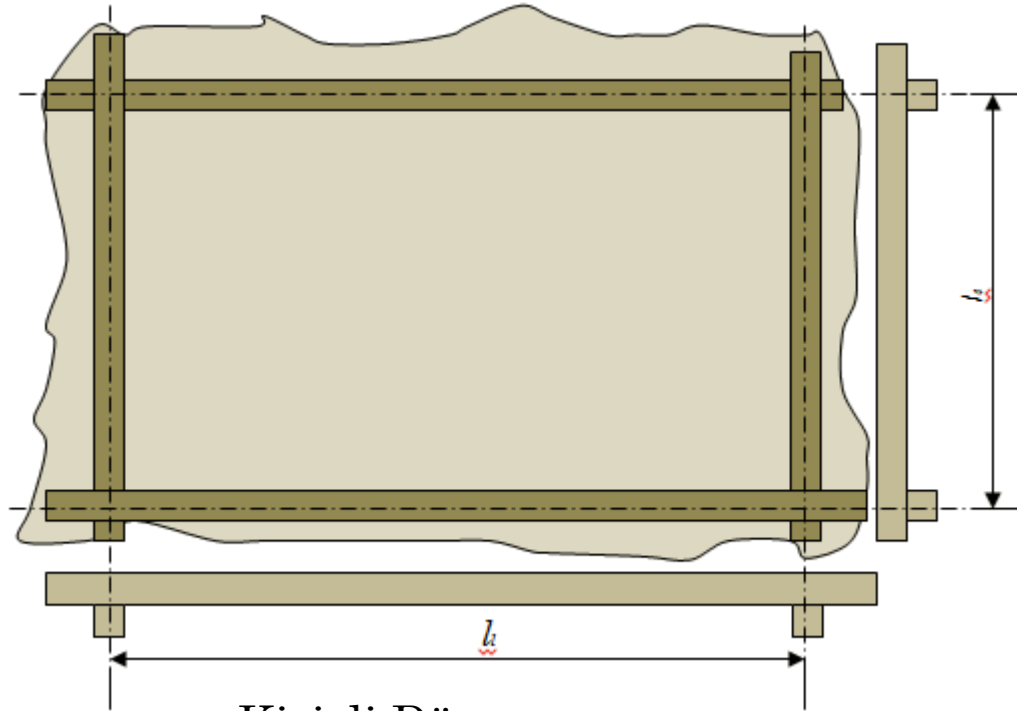
Farklı blokları ya da farklı çalışan eleman gruplarını birbirine bağlayan döşemelerde deprem durumunda bu etkiler önemli boyutlara ulaşabilir.

Basınç etkisine döşeme kesit ve eksenel rijitliği ile karşı koyarken çekme etkisine karşı döşemedeki bağlantıyı sağlayan boyuna donatılara önemli rol düşmekte, kapasite ve ankrajlarının yeterli olması gerekmektedir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2. Kirişli Döşemeler

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



Kirişli Döşeme

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.1. İki Doğrultuda Çalışan Kirişli (Plak) Döşemeler

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 tek doğrultuda çalıştığı kabul edilmektedir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.1.1. Döşeme Kalınlıklarının Belirlenmesi

İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin kalınlığı;

α_s : döşemenin sürekli olan kenarlarının toplam uzunluğunun, döşemenin çevresinin toplam uzunluğuna oranını göstermek üzere,

aşağıda verilen ifadeyi sağlamalıdır.

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

l_{sn} : döşemenin kısa kenar doğrultusundaki serbest açıklığını göstermektedir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.1.1. Döşeme Kalınlıklarının Belirlenmesi

Ancak döşeme kalınlıklarının belirlenmesinde ***sehimin*** de, özellikle ***kullanım sınır durumu için*** rolü büyüktür.

Çünkü, 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.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.1.1. Döşeme Kalınlıklarının Belirlenmesi

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

İki doğrultuda çalışan döşemelerde sehim hesabı gerektirmeyen döşeme kalınlığı

Döşeme kalınlığı	Basit mesnetli (tek açıklıklı)	Sürekli mesnetli		Konsol
		Kenar açıklık	İç açıklık	
$h_f \geq$	$l_{sn}/25$	$l_{sn}/30$	$l_{sn}/35$	--

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.1.1. Döşeme Kalınlıklarının Belirlenmesi

Sehim hesabı için uygulanacak yöntemde döşemenin 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.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.1.1. Döşeme Kalınlıklarının Belirlenmesi

➤ Ani sehımlerin yaklaşık hesabı

Kalıcı ve hareketli yükler altında betonarme eğilme elemanlarının ani sehımleri, açıklığı boyunca hiçbir kesitinden 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.

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

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.1.1. Döşeme Kalınlıklarının Belirlenmesi

Burada kesitin çatlama momenti, M_{cr} ;

$$M_{cr} = 2.5f_{ctd} \frac{I_c}{y}$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır.

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

$$E_{cj} = 3250 \sqrt{f_{ckj}} + 14000$$

bağıntısı ile de hesaplanabilmektedir. Burada birimler MPa (N/mm²) dir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

➤ Zamana bağlı sehım hesabı

Betonarme yapılarđa sünme ve büzölme etkisi ile oluşın zamana bağlı ek sehımlerin hesabı sağlıklı verilerin bulunmadığı durumlarda TS500 de verilen katsayılar yardımıyla yapılabilmektedir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

Betonarme eğilme elemanlarında izin verilebilecek sehım sınırları, serbest açıklığa bağlı olarak aşağıdaki tabloda verilmektedir. Elemanda oluşan sehım değerleri bu sınırları geçmesi durumunda eleman kalınlığı büyütülmelidir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

İzin verilebilecek sehım değerleri

Eğilme elemanı ve yeri	Sehim nedeni	Açıklık/sehim
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 bölümünden oluşan ani sehımlerin toplamı	$l_n/480$
Bölme duvarlı çatı ve normal kat elemanları		$l_n/240$

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

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.1.2. Donatı ile ilgili koşullar

İki doğrultuda çalışan betonarme döşemelere yerleştirilecek olan donatı, kritik kesitlerde, TS 500' de belirtilen herhangi bir hesap yöntemi kullanılarak belirlenmektedir.

İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerde her bir doğrultuda 0.0015'den az olmamak koşulu ile, iki doğrultudaki donatı oranlarının toplamı ρ_t ($\rho_s + \rho_l$);

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

S420 için (BÇ-III) $\rho_t \geq 0.0035$

S500 için (BÇ-IV) $\rho_t \geq 0.0035$

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.1.2. Donatı ile ilgili koşullar

Döşemelere yerleştirilecek donatı aralığı (s) ise;

Kısa kenar doğrultusunda 200 mm, uzun kenar doğrultusunda ise 250 mm den ve döşeme kalınlığının (h_f) 1.5 katından fazla olamaz.

Mesnetlerde ise bir doğrultuda donatı bulunduğundan, bu donatının alanı ;

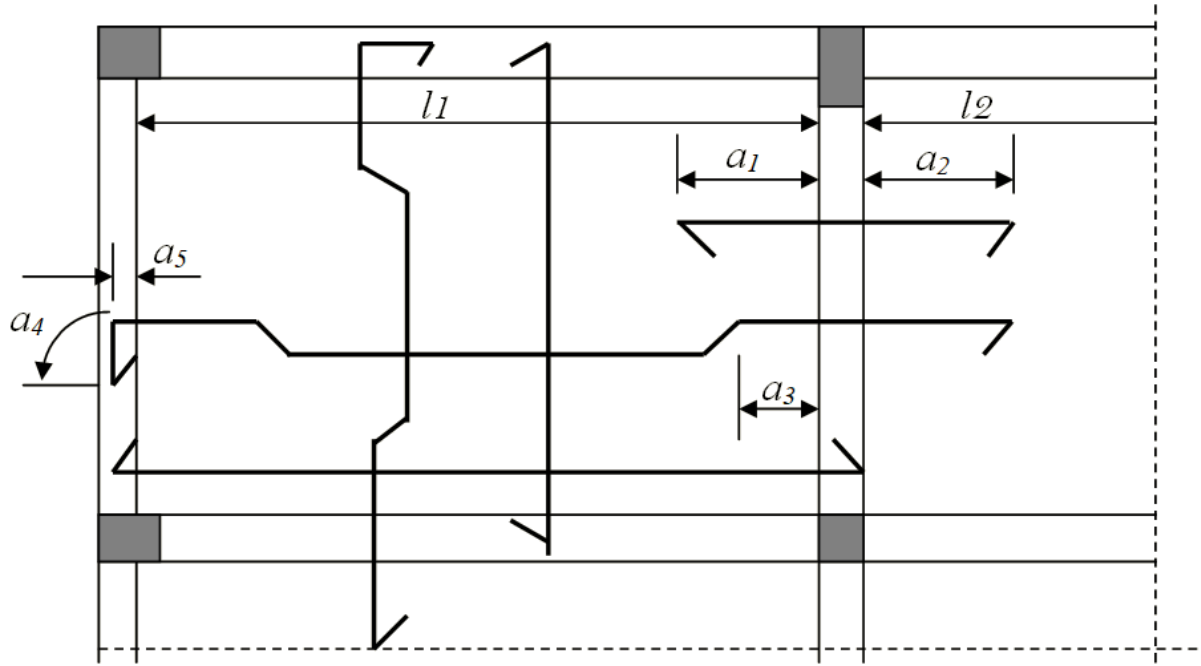
$$A_s \geq \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} b_w h_f$$

olmalıdır.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

❖ Pilyeler

Sürekli döşemelerin bükülen donatıları (pilyeler), negatif momentler için (mesnet momentleri) asal çekme donatısı olarak kullanılacak ise, bitişik döşemelere yeteri kadar uzatılmalıdır.



Donatıların yerleştirilmesi

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

❖ Pilyeler

Donatı büküm ve kenetlenme yerleri

Uzaklık	Değeri	
a_1	$0.25 l_1$	Moment sıfır noktasını, kenetlenme boyu kadar geçmeli
a_2	$0.25 l_2$	
a_3	$0.20 l_1$	
a_4	Kenetlenme boyu	
a_5	Kenetlenme boyu	

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

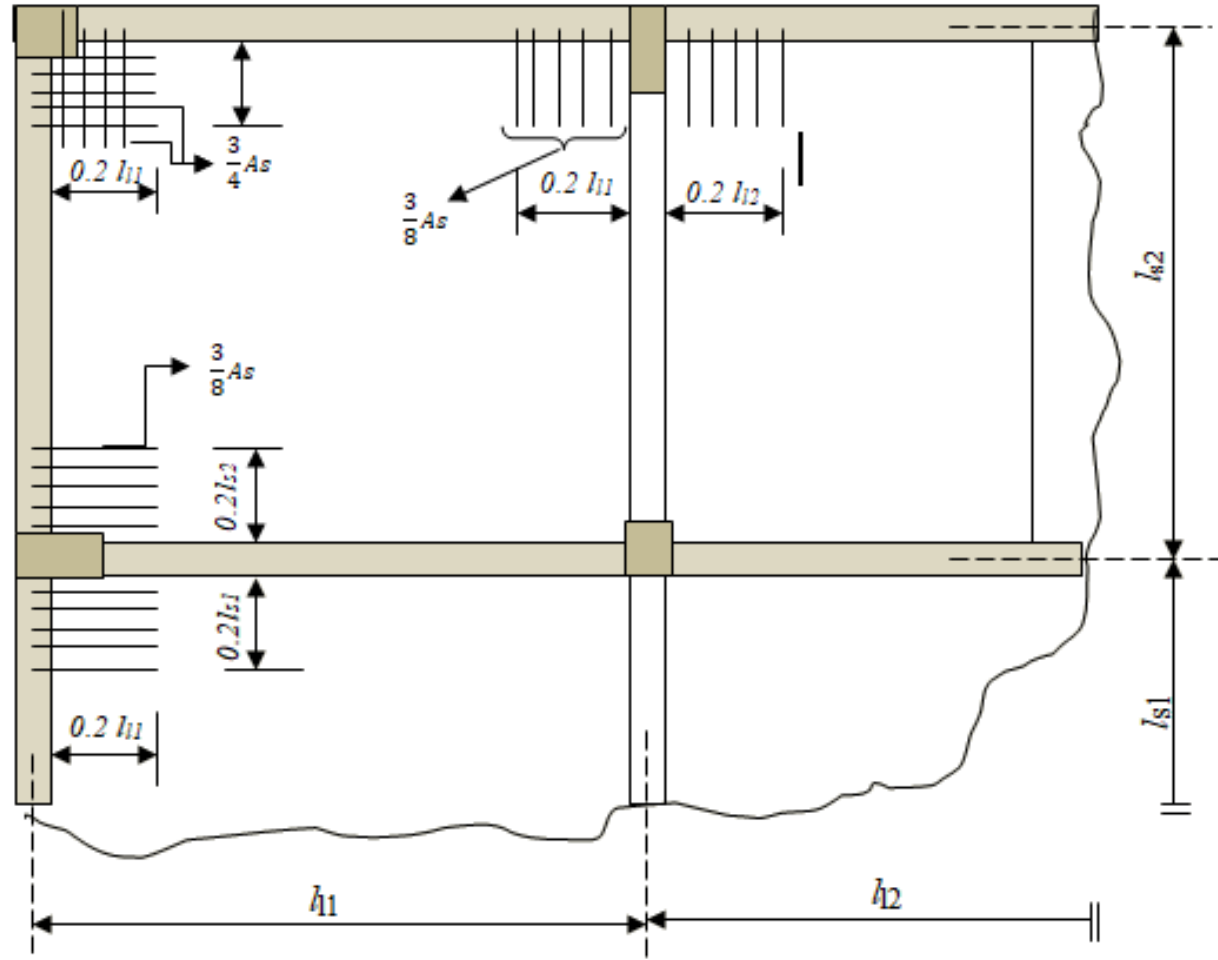
❖ Burulma Donatısı

Kenar kirişlere, yada komşu döşemelere eğilmeye dayanıklı bir biçimde bağlı olmayan döşemelerin köşelerine özel burulma donatısı yerleştirilebilir. Ancak bu donatılar TS 500-2000' e göre zorunlu değildir. Döşemelere bu donatının yerleştirilmesi istenirse ve/yada büyük açıklıklı döşemelerde 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 açıklık donatısının $3/4$ ' ü kadar olmalıdır. Köşeyi içine alan kenarlardan birisi üzerinde döşemenin sürekli olması durumunda, söz konusu donatı %50 azaltılabilir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

❖ Burulma Donatısı



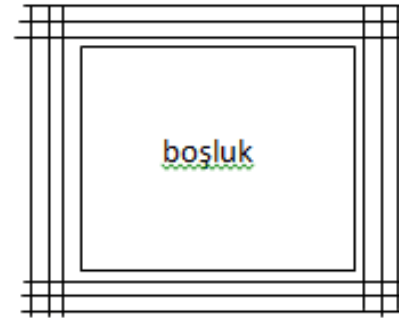
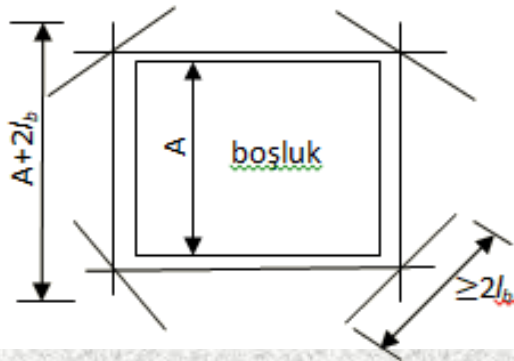
İki doğrultuda çalışan döşemelerde burulma donatısı

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

❖ Döşemelerdeki Boşluk Çevresinin Donatılması

Döşemelerde zorunlu olarak boşluk bırakıldığında (baca boşluğu gibi), bu boşlukların dört kenarı boyunca altta ve üstte en az 1ø12 lik donatı çubuğu yerleştirilmeli ve bu donatı alanı her iki doğrultuda boşluk nedeni ile kesilen donatı alanından az olmamalıdır.

Ayrıca boşlukların her köşesine boşluk kenarı ile 45° lik açı yapacak şekilde donatılar yerleştirilmeli ve bu donatıların uzunluğu kenetlenme boyunun iki katından az olmamalıdır.



BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.1.3. Döşemelerde Yük Hesabı

Betonarme döşemeler düzlemlerine dik yükleri taşıyan elemanlarıdır. 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.

Döşeme üzerine gelen **hareketli yük (q)** ise söz konusu döşemenin kullanım amacına bağlı olarak ilgili yük yönetmeliklerinden alınmaktadır (**TS498**).

Bu yüklere bağlı olarak döşemelerin hesabında dikkate alınacak yük;

$$P_d = 1.4 g + 1.6 q$$

bağıntısıyla verilen temel yük birleşiminden hesaplanmaktadır.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

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 bazılarına kısaca değinilmekte ve döşemeler için TS 500' de önerilen yaklaşık yöntem üzerinde durulmaktadır.

1.2.1.4. Yapısal Çözümleme

a) Elastik Plak Teorisiyle Yapısal Çözümleme

Bu yöntemde döşemelerin elastik eğri denklemi yazılır. Plağın sınır şartlarına(mesnet biçimine) göre bu denklem türetilerek, 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.

1.2.1.4. Yapısal Çözümleme

b) Plastik Mafsal Çizgileri Teorisiyle Yapısal Çözümleme

Betonarme döşeme hesaplarının, davranışı doğrusal elastik olduğunu kabul eden yöntemlerle yapılmasının gerçekçi olmadığı açıktır.

Çünkü göçmenin zımbalamayla olmayacağı kabulüyle betonarme döşemelerin artan yükler altındaki davranışı genellikle elastik, çatlama, plastik ve göçme aşamalarından oluşur.

1.2.1.4. Yapısal Çözümleme

b) Plastik Mafsal Çizgileri Teorisiyle Yapısal Çözümleme

Elastik aşamada eğilme momenti dağılımı elastik dağılıma karşılık gelmektedir.

Çatlama aşamasında çekme bölgesinde betonun çatlamaıyla çatlama kesitin eylemsizlik momenti giderek azalmaktadır. Bu azalma eğilme momenti dağılımının sürekli değişimine neden olmaktadır.

Plastikleşme aşamasında asal çekme donatısı oranının dengeli donatı oranından küçük olması durumunda (normal=dengealtı donatılı) donatılar, yük artmaya devam ettikçe giderek akma sınırına ulaşmaktadır. Donatılardaki akma en fazla açılan çatlakların yoğunlaştığı dar bir şerit boyunca yayılmaktadır. Teknik literatürde akma ya da kırılma çizgileri diye bilinen bu çizgiler plastik mafsal çizgileri olarak da adlandırılmaktadır.

1.2.1.4. Yapısal Çözümleme

c) Diğer Elastik Davranışa Dayalı Yöntemler

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

1.2.1.4. Yapısal Çözümleme

d) Yaklaşık Yöntemle Yapısal Çözümleme

Yukarıda verilen yöntemler, karmaşık ve zaman alıcıdır. Bu nedenle TS 500'de plağın kenar oranları ve mesnetlenme koşullarına bağlı olarak yaklaşık bir yöntem önerilmiştir.

Bu yöntemde döşemenin üzerine etkiyen yüklerden bir metre genişliğinde oluşan hesap /tasarım momenti;

$$M_d = \alpha p_d l_{sn}^2$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

İster kısa, ister uzun kenar
doğ. için donatıyı
hesaplayalım formülde kısa
kenar boyu alınır.

Burada α , döşemenin mesnet koşullarına, uzun kenarın kısa kenara oranına (m) ve momentin uzun ya da kısa doğrultu için hesaplanmasına bağlı olarak belirlenen katsayıdır. İlgili tablodan alınacak olan α değerleri arasında doğrusal oranlama yapılabilmektedir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.1.4. Yapısal Çözümleme

d) Yaklaşık Yöntemle Yapısal Çözümleme

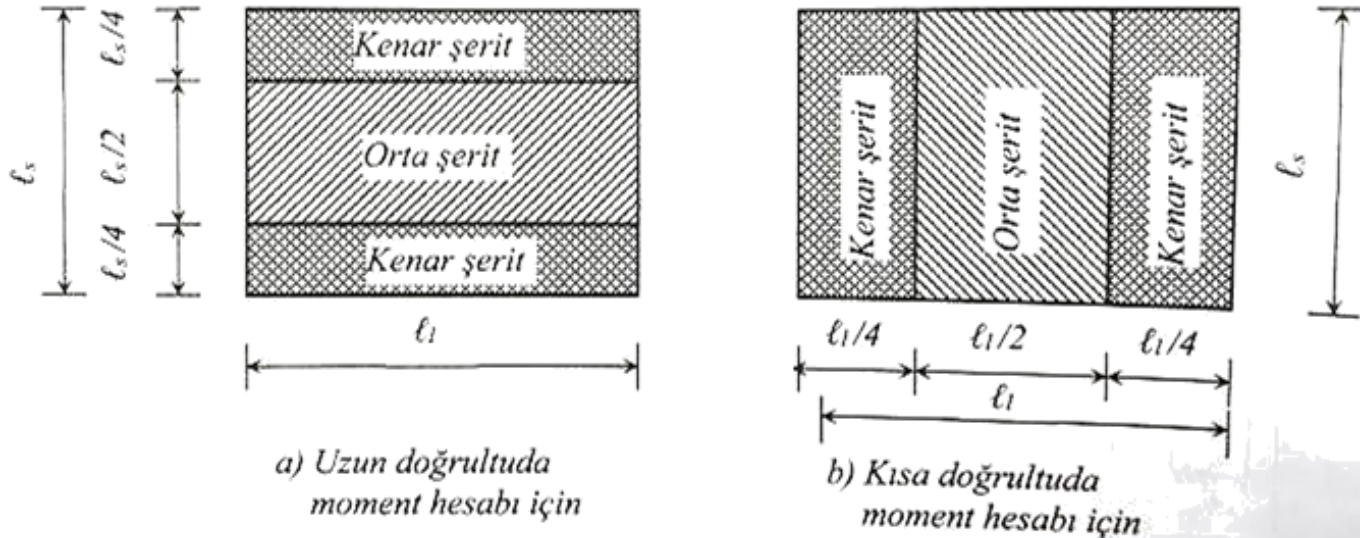
Tablo 1.7 Dört kenarından mesnetli iki doğrultuda çalışan döşemelerde α moment katsayıları ($\times 10^{-3}$)

Mesnet koşulları	Dört kenar sürekli		Bir kenarı sürekli		İki komşu kenar sürekli		İki kısa kenar sürekli		İki uzun kenar sürekli		Üç kenar sürekli		Dört kenar sürekli			
	Mesnet	Açıklık	Mesnet	Açıklık	Mesnet	Açıklık	Mesnet	Açıklık	Mesnet	Açıklık	Mesnet	Açıklık	Mesnet	Açıklık		
KISA KENAR DOĞRULTUSUNDA	$m=1/10$	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 doğrultusunda (tüm m değerleri için)		33	25	41	31	49	37	-	44	56	44	58	44	-	50	

1.2.1.4. Yapısal Çözümleme

d) Yaklaşık Yöntemle Yapısal Çözümleme

Bu bağıntıyla hesaplanan momentler döşeme orta şeritine ait momentlerdir. Kenar şeritlerindeki momentler ise ilgili orta şerit momentlerinin üçte ikisi olarak dikkate alınabilir. Ancak açıklıkları çok büyük olmayan döşemelerde orta şerit için hesaplanan donatının kenar şeritler de aynen kullanılması önemli bir ekonomik yük olmayabilir.



Yaklaşık yöntemle göre hesapta dikkate alınan orta ve kenar şeritler

1.2.1.4. Yapısal Çözümleme

d) Yaklaşık Yöntemle Yapısal Çözümleme

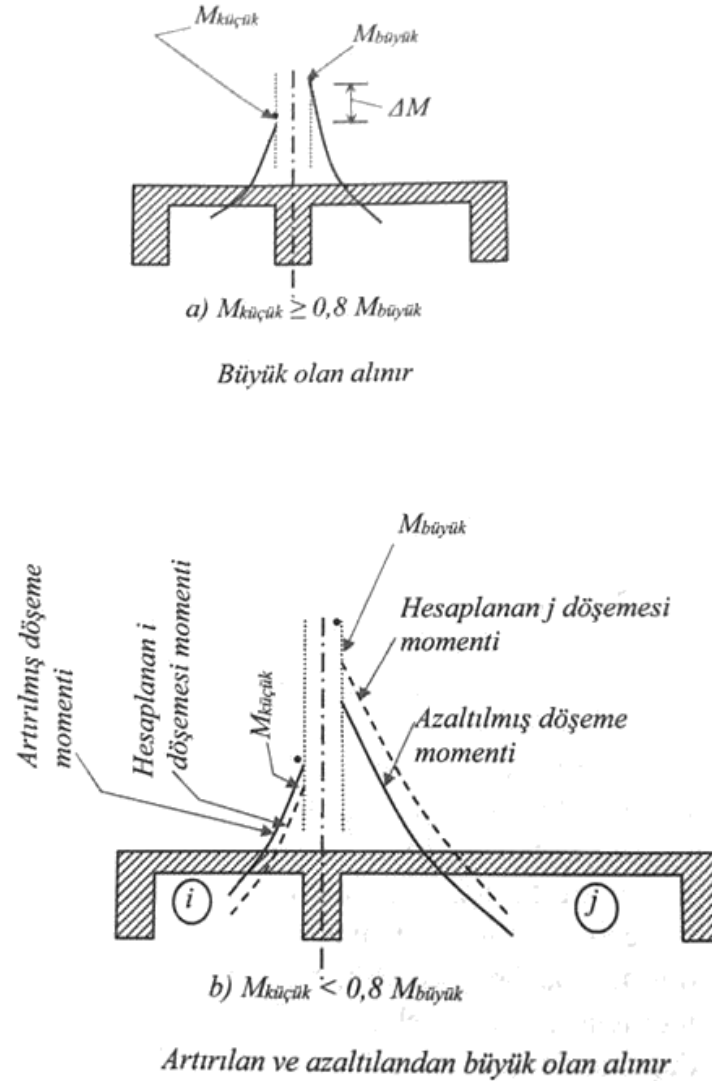
- Süreksiz kenarların kirişlere oturması durumunda bu kenarlarda açıklık donatısının (momentinin) yarısı mesnet donatısı (momenti) olarak dikkate alınır.
- Ancak süreksiz kenarların duvara oturması ya da serbestçe dönebilecek durumda olması halinde bu kenarlarda moment dikkate alınmaz.
- Açıklık donatılarının hesabı, komşu döşemelerden bağımsız yapılabilir. Ancak döşemenin herhangi bir kenarının oturduğu kirişe başka bir komşu döşeme de oturuyorsa, ortak mesnet için, her iki döşemenin mesnet momentleri dikkate alınarak ortak bir tasarım mesnet momenti belirlenir ve donatı hesabı buna göre yapılır.

1.2.1.4. Yapısal Çözümleme

d) Yaklaşık Yöntemle Yapısal Çözümleme

- Hesaplanan mesnet momentleri, kiriş mesnet yüzündeki değerlerdir. Bu durumda iki komşu döşemenin ortak mesnedinin her iki yüzündeki moment değerleri farklı olabilir.
- Komşu iki döşeme için hesaplanan mesnet momentlerinden küçük olanının, büyüğüne oranı 0.80 den küçük değilse donatı hesabında büyük moment dikkate alınabilir.
- Bu oran 0.8 den küçükse momentler arasındaki farkın $2/3$ 'ü komşu plaklara döşeme rijitlikleri oranında dağıtılır. Böylece büyük moment bir miktar azaltılmış, küçük moment de bir miktar arttırılmış olur. Sonuç olarak bu değerlerden büyük olanı, iki komşu döşemenin ortak tasarım mesnet momenti olarak dikkate alınır.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER



Şekil 6.27. Yaklaşık yöntemle hesaplanan, artırılan ve azaltılan mesnet momentleri

1.2.1.4. Yapısal Çözümleme

d) Yaklaşık Yöntemle Yapısal Çözümleme

➤ Literatürde döşeme rijitliği pratik olarak $k=hf/l_s$ bağıntısıyla hesaplanabilmektedir. Ancak bu pratik hesapta döşemelerin mesnetlenme biçimi dikkate alınmamaktadır.

➤ İki doğrultuda çalışan döşemelerde döşeme kalınlıkları;

$$V_d \leq V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b d$$

ifadesini sağlayacak şekilde seçilirse kesme donatısına gerek duyulmamaktadır.

1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

Kirişlere mesnetlenen döşemelerin uzun kenarının kısa kenarına oranı m ,

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

ise bu döşemeler bir doğrultuda çalışan kirişli döşemeler olarak adlandırılmaktadır.

Kenar oranının 2'den büyük olması durumunda yükün neredeyse tamamı kısa kenar doğrultusunda taşındığından, bu tür döşemelerde sadece bir doğrultuda hesap yapılır.

Hesaplanan donatı çekme donatısı olarak döşemeye kısa kenar doğrultusunda yerleştirilir.

Diğer doğrultu için moment ve donatı hesabı yapılmayıp, sadece yönetmelik gereği dağıtma donatısı yerleştirilmektedir.

Dağıtma donatısının görevi büzülme ve sıcaklık değişimi gibi etkiler sonucu oluşabilecek ek gerilmeleri karşılamaktır.

1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

1.2.2.1. Döşeme Boyutları

Bu 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 aşağıda verilen değerlerden az olmamalıdır. Bu tür döşemelerde beton örtü kalınlığı (paspayı) 15 mm den az olamaz.

Mesnet şekli	$h_f \geq$
Basit mesnetli, tek açıklıklı döşemelerde	$l_{sn}/25$
Sürekli döşemelerde	$l_{sn}/30$
Konsol döşemelerde	$l_{sn}/12$

1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

1.2.2.1. Döşeme Boyutları

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

Bir doğrultuda çalışan döşemelerde sehim hesabı gerektirmeyen döşeme kalınlığı

Döşeme kalınlığı	Basit mesnetli (tek açıklıklı)	Sürekli mesnetli		Konsol
		Kenar açıklık	İç açıklık	
$h_f \geq$	$l_{sn}/20$	$l_{sn}/25$	$l_{sn}/30$	$l_{sn}/10$

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

1.2.2.2. Donatılar

Kısa kenar doğrultusuna yerleştirilecek olan donatı oranları;

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

$$S420 \text{ ve } S500 \text{ için} \quad \rho \geq 0.002$$

Donatı aralıkları ise;

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

koşulunu sağlamalıdır.

1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

1.2.2.2. Donatılar

- 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.

1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

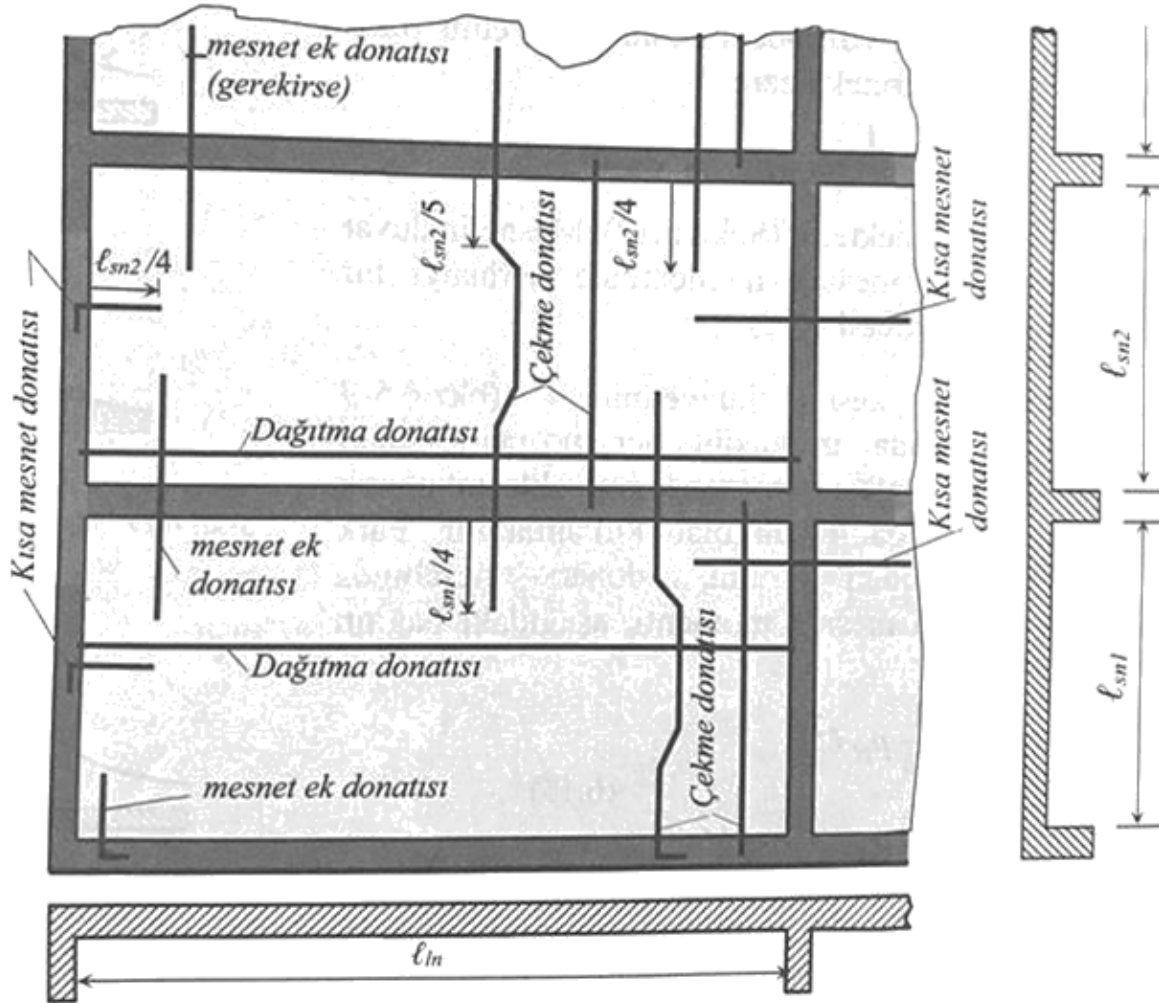
1.2.2.2. Donatılar

- Bir doğrultuda çalışan döşemelerde asal donatıya dik kısa mesnet donatısı bulundurulmalıdır. Üste konulacak ve her iki tarafa kısa kenar açıklığının $\frac{1}{4}$ ' ü kadar uzatılacak olan bu donatının alanı , asal donatı alanının %60' ından az olmamalıdır. Ayrıca S420 donatısı için en az $\varnothing 8/300$ mm donatı kullanılmalıdır.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

1.2.2.2. Donatılar



Şekil 6.19. Bir doğrultuda çalışan döşemelerde nervürlü donatı için şematik donatı planı

1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

1.2.2.3. Yapısal Çözümleme

Bir doğrultuda çalışan sürekli döşemelerde yayılı yükler altında oluşan eğilme momentleri, *mesnetlerinde serbestçe dönebilen sürekli kiriş teorisine* göre hesaplanmaktadır.

Sürekli kiriş teorisiyle çözümleme için döşemede *birim genişlikli (1m) bir şerit* dikkate alınmaktadır. Bu birim genişlikli döşeme şeriti, kirişlere mesnetlenen ve genişliği birim olan sürekli kiriş olarak düşünülmektedir.

TS500'de bir doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin mesnedindeki negatif eğilme momentinin ve açıklığındaki pozitif eğilme momentinin aşağıda verilen β_m kaysayıları yardımıyla hesaplanabileceği belirtilmektedir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

1.2.2.3. Yapısal Çözümleme

$$M = \frac{1}{\beta_m} p_d l^2$$

Açıklık momentleri :

$$\text{Kenar açıklıkta} : M = \frac{P_d l^2}{11}$$

$$\text{İç açıklıkta} : M = \frac{P_d l^2}{15}$$

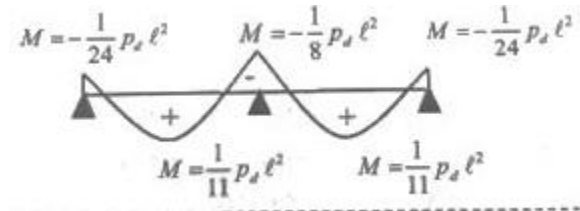


Mesnet momentleri:

İki açıklıklı döşemelerde

$$\text{Dış mesnetlerde} : M = -\frac{P_d l^2}{24}$$

$$\text{İç mesnetlerde} : M = -\frac{P_d l^2}{8}$$



BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

1.2.2.3. Yapısal Çözümleme

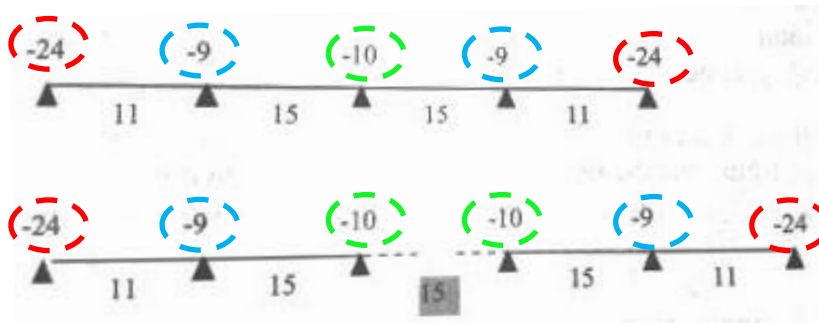
Mesnet momentleri:

İkiden fazla açıklıklı döşemelerde;

Dış mesnetlerde :
$$M = -\frac{P_d l^2}{24}$$

Kenar açıklığın iç mesnetinde :
$$M = -\frac{P_d l^2}{9}$$

Diğer iç mesnetlerde :
$$M = -\frac{P_d l^2}{10}$$



1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

1.2.2.3. Yapısal Çözümleme

Sözkonusu katsayıların kullanılabilmesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir.

- Hareketli yükün kalıcı yüke oranı 2'den küçük ise ($\frac{q}{g} < 2$);
- En az iki açıklık var ise;
- Bitişik döşeme açıklıklarının küçüğünün büyüğüne oranı 0.8 ya da daha büyük ise ($\frac{l_{küçük}}{l_{büyük}} \geq 0.8$).

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

1.2.2.3. Yapısal Çözümleme

Burada verilen denklemlerde

l : döşeme hesap açıklığını göstermektedir.

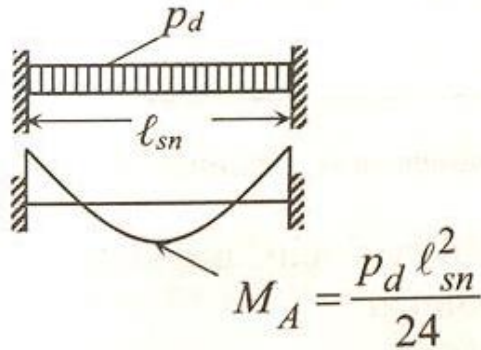
Duvarlara serbestçe oturan döşemelerde bu açıklık, serbest açıklığa döşeme kalınlığı eklenerek hesaplanır (l_n+h_f). Ancak bu değer, hiçbir mesnet eksenleri arasındaki uzaklıktan fazla ve serbest açıklığın 1.05 katından az olamaz.

★ Açıklıkların eşit olmaması durumunda mesnet momentinin belirlenmesinde, komşu açıklıkların ortalaması $[l=(l_{s1}+l_{s2})/2]$ ve yüklerin ortalaması $[p_d=(p_{d1}+p_{d2})/2]$ alınır.

1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

1.2.2.3. Yapısal Çözümleme

Sürekli döşemelerin açıklıklarında hesaplanan pozitif eğilme momentleri, iki ucu ankastre varsayılmasıyla elde edilecek momentten küçükse, kesit hesabında ankastre mesnet varsayımıyla hesaplanan açıklık momenti esas alınmaktadır.



$$M_d \geq \begin{cases} \frac{1}{\beta_m} p_d l^2 \\ M_A = \frac{p_d l_{sn}^2}{24} \end{cases}$$

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

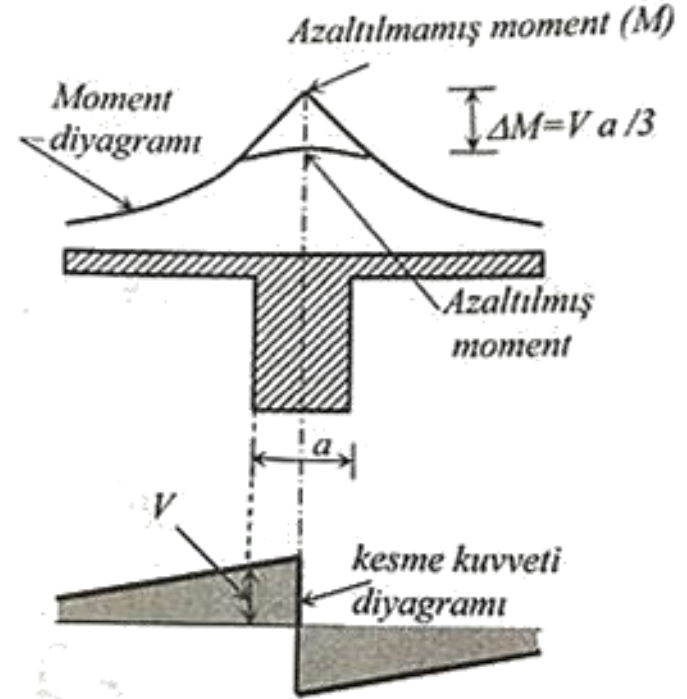
1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

1.2.2.3. Yapısal Çözümleme

Döşeme mesnetlerinin kiriş olması durumunda, projelendirme kullanılacak **tasarım mesnet momenti**,

$$\Delta M = \frac{V a}{3}$$

bağıntısıyla hesaplanan değer mesnet ortasındaki momentten çıkartılması ile elde edilmektedir.



Şekil 6.17. Mesnedin kiriş olması durumunda mesnet momenti düzeltilmesi.

1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

1.2.2.3. Yapısal Çözümleme

Bu bağıntıda ($\Delta M = \frac{V a}{3}$);

V: hesap yapılan açıklığa ait mesnet kesme kuvvetini,

a: mesnet genişliğini

göstermektedir.

Bu tür hesaplarda mesnet genişliği (a),

açıklığın 0.175 katından fazla alınamaz ($a \leq 0.175l$) ve azaltılmış momentin değeri de $\frac{P_d l^2}{14}$ formülünden hesaplanan moment değerinden az olamaz.

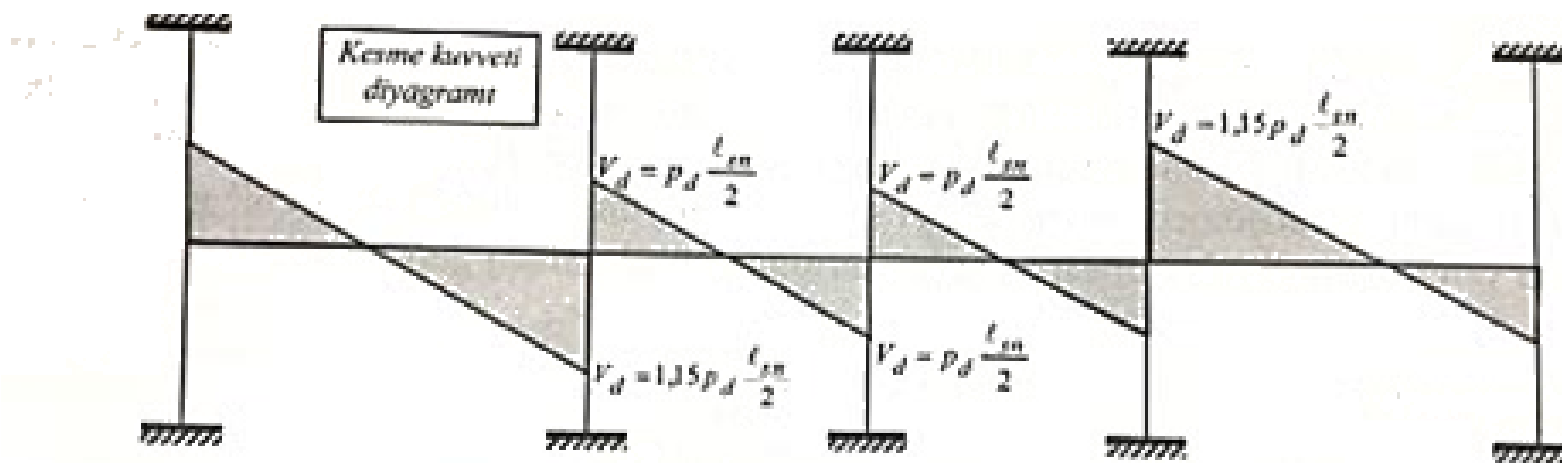
$$M_d \geq \begin{cases} -\frac{1}{14} p_d l^2 \\ \frac{1}{\beta_m} p_d l^2 + \Delta M \end{cases}$$

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

1.2.2.3. Yapısal Çözümleme

Sözkonusu bağıntıdaki kesme değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanabilmektedir.



*sürekli döşemelerde kenar açıklığın iç mesnedinde $V_d = 1,15 p_d \frac{\ell_{sn}}{2}$ (6.5)

*sürekli döşemelerin iç açıklık mesnetlerinde ve bir açıklıklı döşemelerde $V_d = p_d \frac{\ell_{sn}}{2}$

*konsol döşemelerin mesnetinde

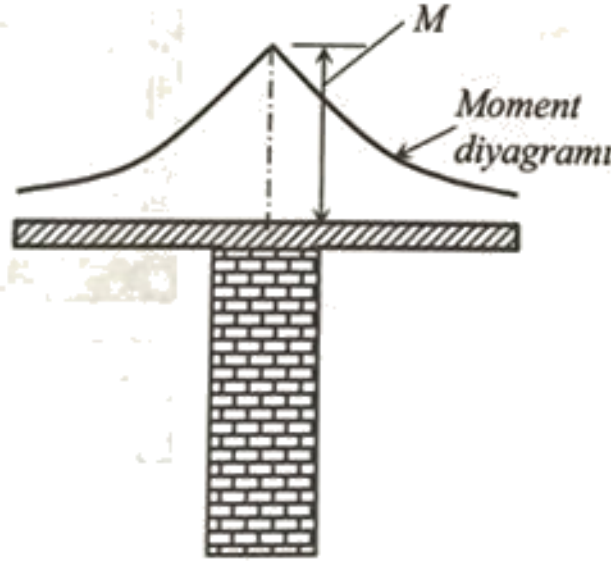
$$V_d = p_d \cdot \ell_{sn} \quad (6.7)$$

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.2. Bir Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemeler

1.2.2.3. Yapısal Çözümleme

Mesnetlere serbestçe oturan (duvara oturan döşemeler gibi) döşemelerde moment düzeltmesi yapılmaz.



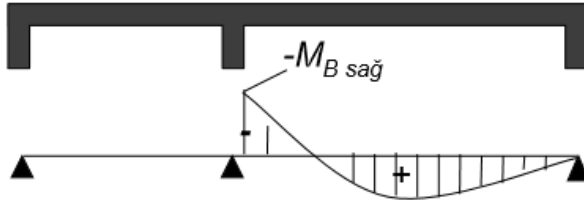
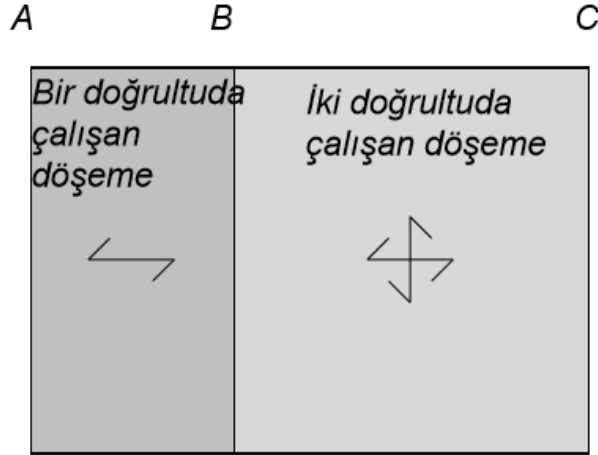
$$M_d \geq \begin{cases} -\frac{1}{14} p_d l^2 \\ \frac{1}{\beta_m} p_d l^2 \end{cases}$$

Bu durumda moment azaltılmasına gidilmez

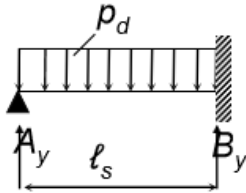
Şekil 6.18. Mesnet duvar ise mesnet momenti düzeltilmez

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.2.3. Kirişli döşemelerde karşılaşılan özel durumlar



İki doğrultuda çalışan döşemenin B kenarındaki mesnet momenti (M_B) hesaplanabilir.



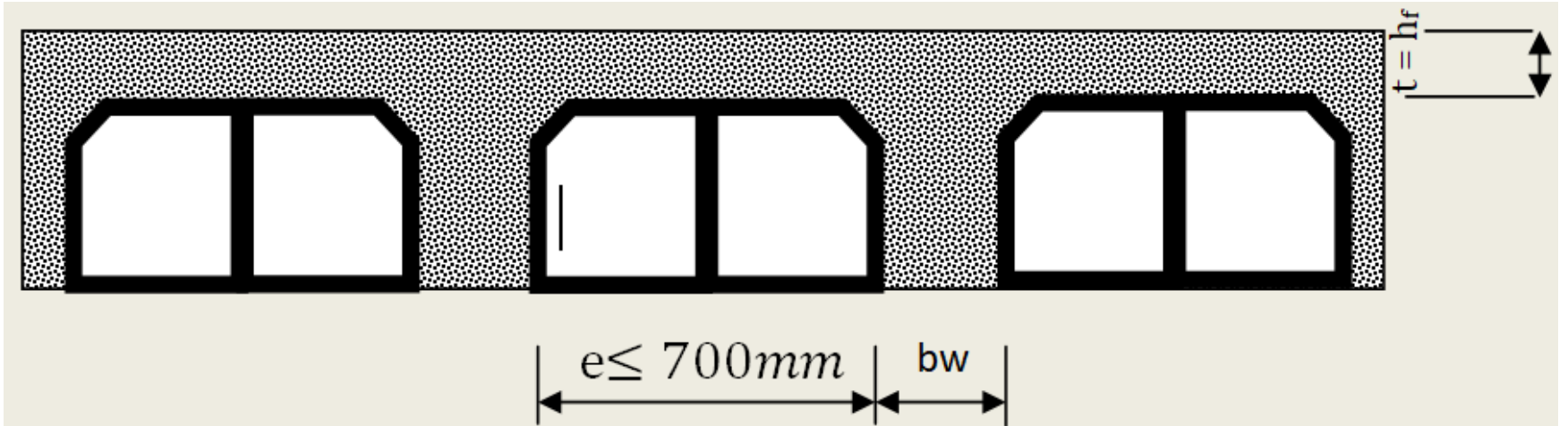
Bir doğrultuda çalışan döşeme bir ucu ankastre bir ucu basit mesnetli gibi düşünülüp, bu sistem için verilen moment değerleri kullanılabilir.

$$M = -\frac{1}{8} p_d \ell_s^2$$
$$M_d = \frac{9}{128} p_d \ell_s^2$$

Adem Doğançün

1.3. Dişli Döşemeler

Serbest açıklıkları 700 mm'yi geçmeyecek biçimde düzenlenmiş dişlerden ve ince bir tabladan oluşan döşemeler, *dişli döşeme* olarak tanımlanmaktadır.



Dişli döşeme

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.3. Dişli Döşemeler



BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.3. Dişli Döşemeler



1.3. Dişli Döşemeler

Geçilecek olan döşeme açıklıklarının büyük olması durumunda, kirişli döşemelerde plak kalınlığı arttığından bu döşemeler ekonomik olmaz.

Bu durumlarda dişli döşeme yapılması seçenek olarak ortaya çıkmaktadır.

Dişli döşemeler açıklığın büyük olması durumu için uygun olduğu gibi, tekil ve şerit yüklerin döşemeye etkime durumları için de uygun olmaktadır.

Bu döşemelerin diğer bir üstün tarafı, boşluk bırakmanın daha kolay olmasıdır. Küçük boşluklar önlem almaya gerek kalmadan da bırakılabilir.

En önemli zayıf tarafı ise özellikle asmolen olması halinde deprem davranışlarının kirişli döşemeye göre daha kötü olmasıdır.

1.3. Dişli Döşemeler

Bu tür döşemelerde dişlerin arası boş bırakılabileceği gibi (görünür dişli döşeme), taşıyıcı olmayan dolgu malzemesi ile de doldurulabilir (asmolen döşeme).

Dolgu malzemesi olarak, boşluklu beton briket, boşluklu pişmiş toprak gibi asmolen blokları veya strafor gibi hafif malzemeler kullanılabilir.

★ Dolgu malzemesinin döşemenin taşıma gücü açısından hiçbir katkısı yoktur.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.3. Dişli Döşemeler



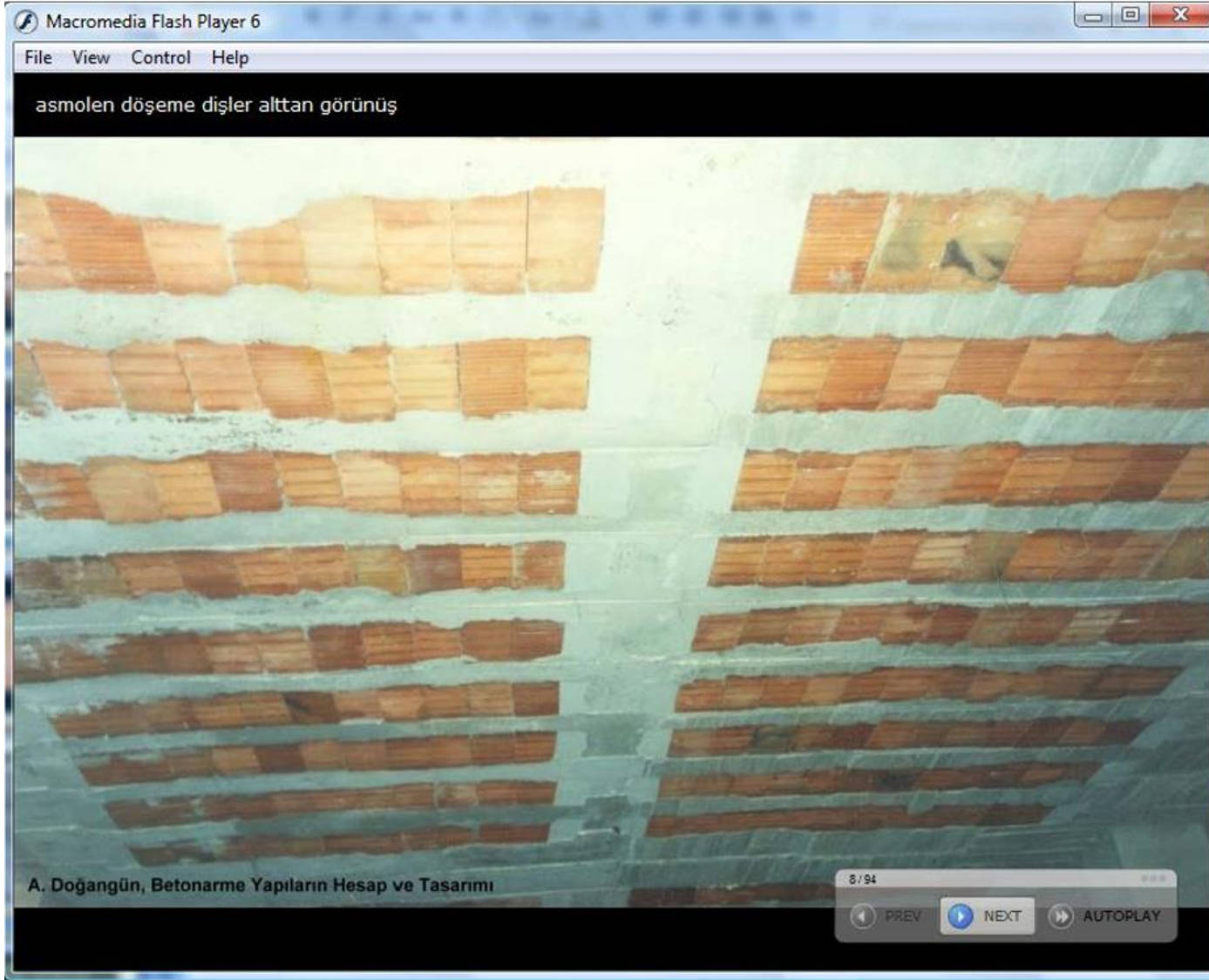
	<p>Ebat Ağırlık Kuru Birim Hacim Ağırlığı (Kg/M3) M2'ye Giren Adet 1 M2 Ağırlığı (Ortalama) (Kuru) (W/M²) Ses Yalıtım (dB)</p>	<p>39x18,5x25 cm. 11,5-13,5 kg. 675 12,5 Adet 150 kg 0,17 50</p>
	<p>Ebat Ağırlık Kuru Birim Hacim Ağırlığı (Kg/M3) M2'ye Giren Adet 1 M2 Ağırlığı (Ortalama) (Kuru) (W/M²) Ses Yalıtım (dB)</p>	<p>32,5x18,5x25 cm. 9,5-11,0 kg. 670 15 Adet 157 kg 0,158 49</p>

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.3. Dişli Döşemeler



1.3. Dişli Döşemeler



BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.3. Dişli Döşemeler



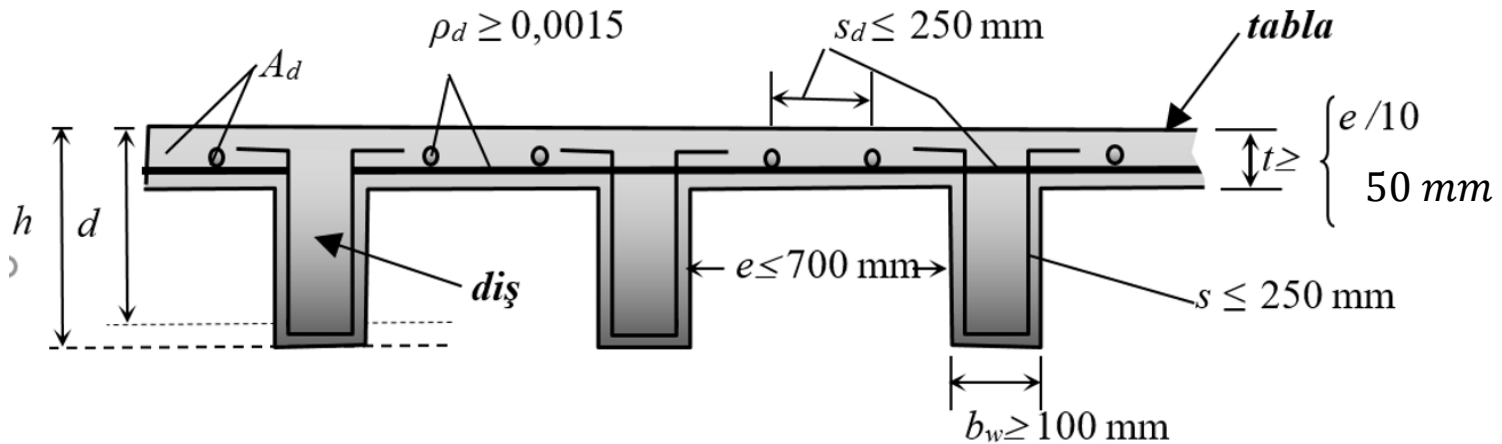
BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.3. 1. Bir Doğrultuda Çalışan Dişli Döşemeler

1.3.1.1. Boyutlar

Bir doğrultuda çalışan dişli döşemelerde dişler arasındaki serbest açıklık (e) 700 mm den fazla olamaz. Tabla kalınlığı (t), serbest diş aralığınının $1/10'$ undan ve 50 mm den, diş genişliği (b_w) 100 mm den az olamaz.

$$b_w \geq 100 \text{ mm}, \quad t=h_f \geq \begin{cases} \frac{1}{10} e \\ 50 \text{ mm [70 mm (TDY 2018'de)]} \end{cases}$$



BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.3. 1. Bir Doğrultuda Çalışan Dişli Döşemeler

1.3.1.1. Boyutlar

Toplam dış yüksekliğinin (plakla birlikte) serbest açıklığa oranı aşağıda verilen değerlerden daha az olamaz.

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

Bir doğrultuda çalışan dişli döşemelerde sehim hesabı gerektirmeyen dış yüksekliği

Döşeme kalınlığı	Basit mesnetli (tek açıklıklı)	Sürekli mesnetli		Konsol
		Kenar açıklık	İç açıklık	
$h \geq$	$l_{sn}/15$	$l_{sn}/18$	$l_{sn}/20$	$l_{sn}/8$

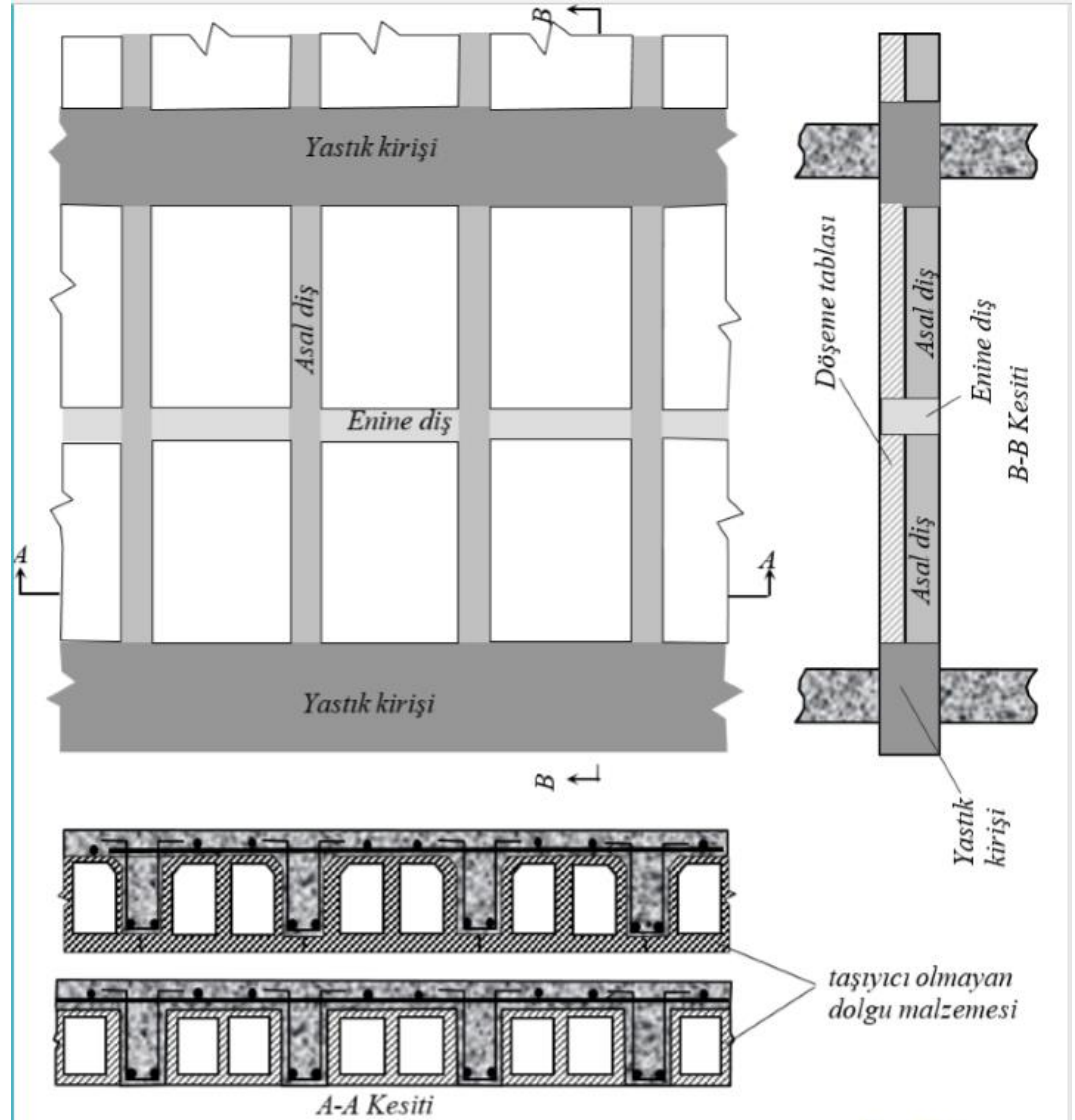
BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.3. 1. Bir Doğrultuda Çalışan Dişli Döşemeler

1.3.1.1. Boyutlar

Bir doğrultuda dişli döşemeler 4m'ye kadar enine dişsiz olarak yapılabilmekte, açıklığın 4m'yi geçmesi durumunda enine diş yapımı zorunlu olmaktadır. Açıklığı 4-7m olan döşemelerde bir, 7m'den fazla olan döşemelerde iki enine diş düzenlenir. Enine dişler açıklığı eşit bölmelidir.

Enine dişler döşemede yük dağılımını sağlamakta ve yanal rijitliği arttırmaktadır.



1.3. 1. Bir Doğrultuda Çalışan Dişli Döşemeler

1.3.1.2. Donatı

Bu tür döşemelerin dişlerinde eğilme ve kesme donatısı 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.

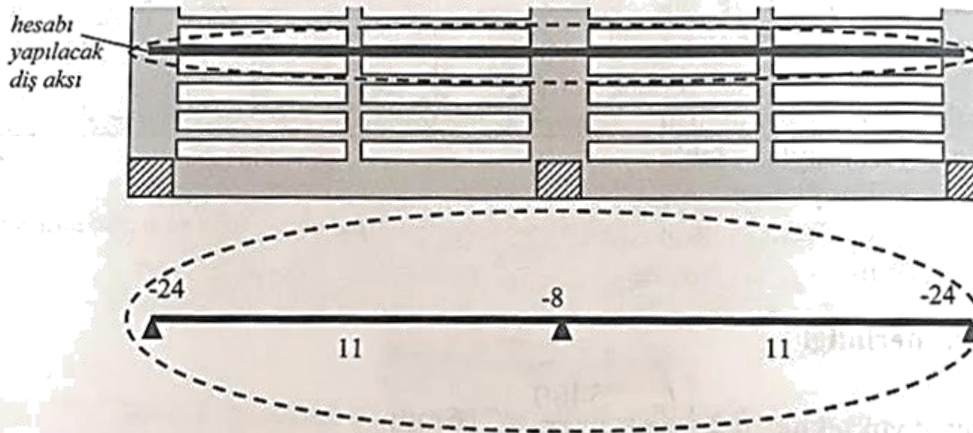
Dişler üstündeki plakta (tabla) her iki doğrultuda dağıtma donatısı bulundurulmalıdır. Bu donatı her bir doğrultuda plak toplam kesit alanının 0.0015'inden az, donatı aralığı ise 250 mm'den fazla olamaz.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.3. 1. Bir Doğrultuda Çalışan Dişli Döşemeler

1.3.1.3. Yapısal Çözümleme

Dişli döşemelerin hesap momentleri mesnetlerinde 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 katsayılarla hesaplanabilmektedir.



1.3. 1. Bir Doğrultuda Çalışan Dişli Döşemeler

1.3.1.3. Yapısal Çözümleme

Dişli döşemelerde en büyük tasarım kesme 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.

1.3. 2. İki Doğrultuda Çalışan Dişli Döşemeler (Kaset Döşemeler)

Bir doğrultuda çalışan dişli döşemelerde verilen genel ilkelere uygun olarak iki doğrultuda çalışan dişli döşemeler de düzenlenebilmektedir. İki doğrultuda çalışan dişli döşemeler, yer yer ortası boşaltılmış iki doğrultuda çalışan kirişli döşeme gibi düşünülebilir. Dolayısıyla kirişli 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 yöntemler kullanılabilir. Bu tür plaklar bilgisayar programlarıyla da çözülsün bile yaklaşık yöntemlerle kontrol etmek gerekmektedir. Yaklaşık yöntemde iki yaklaşım söz konusudur:

1.3. 2. İki Doğrultuda Çalışan Dişli Döşemeler (Kaset Döşemeler)

- Döşeme mesnetlerinde kirişler bulunuyorsa ve bu kirişler serbestçe dönmeyi engelleyen rijitliğe sahipse TS 500 de iki doğrultuda çalışan kirişli döşemeler için verilen yaklaşık çözüm yöntemi kullanılabilir. Bu yöntem kullanıldığında açıklık için verilen moment katsayılarının %30 artırılması uygun olmaktadır.
- Kaset döşemenin etrafında başka döşeme yoksa (bir açıklıklı ise) veya var olan döşemelerin rijitlikleri nedeniyle mesnetlerdeki dönme engellenemiyorsa, açıklık momentleri χ kısa kenar doğrultusundaki yük dağıtma katsayılarını göstermek üzere;

1.3. 2. İki Doğrultuda Çalışan Dişli Döşemeler (Kaset Döşemeler)

Kısa kenar doğrultusunda:
$$M_d = \frac{1}{8} \chi \cdot p_d \cdot \ell_s^2$$

Uzun kenar doğrultusunda:
$$M_d = \frac{1}{8} (1 - \chi) \cdot p_d \cdot \ell_l^2$$

bağıntılarıyla belirlenebilir. Mesnet momentleri ise,

$$M_d = \frac{1}{16} \chi \cdot p_d \cdot \ell_s^2$$

bağıntısıyla hesaplanabilir^{6.1}. Burada ℓ_s ve ℓ_l nin tablanın kısa ve uzun kenar doğrultularındaki boyutları olmayıp, tabla ve dişleri kapsayan kaset döşeme açıklığına ilişkin değerler olduğunu belirtmek uygun olmaktadır.

1.4. Kirişsiz 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 ve/veya tablalı olarak da yapılabilmektedir.

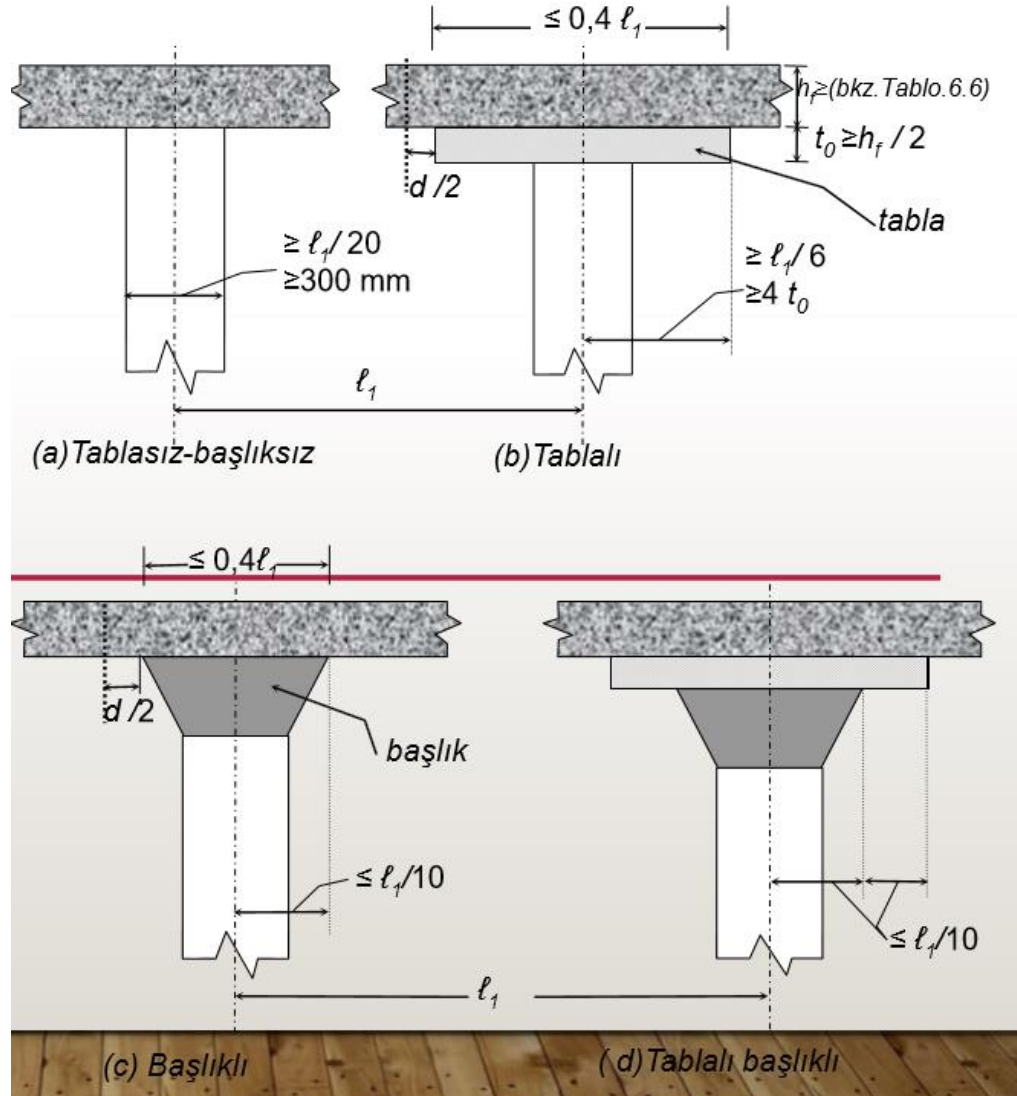
Kirişsiz plak döşemelerde en büyük sorun kolon çevresinde zımbalama kırılmasını önlemektir. Bunu önlemek amacıyla tabla ve/veya başlık kullanılmaktadır.

1.4. Kirişsiz Döşemeler

Bu tür 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 uzunluğunun $1/6$ ' sından ve tabla kalınlığının 4 katından az olamaz. Kirişsiz döşemelerde tabla ve başlık boyutları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.4. Kirişsiz Döşemeler



Kirişsiz döşemelerde tabla ve başlık boyutları

1.4. Kirişsiz Döşemeler

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

1.4.1. Çerçeve Yöntemi

Kirişsiz döşemeler birbirine dik iki doğrultuda çerçeve olarak çözümlenebilir. Bu tür çözümlenmede, yatay eğilme elemanının genişliği olarak, çerçeveye dik yöndeki iki komşu döşemenin açıklık ortaları arasındaki uzaklık alınmalıdır.

1.4. Kirişsiz Döşemeler

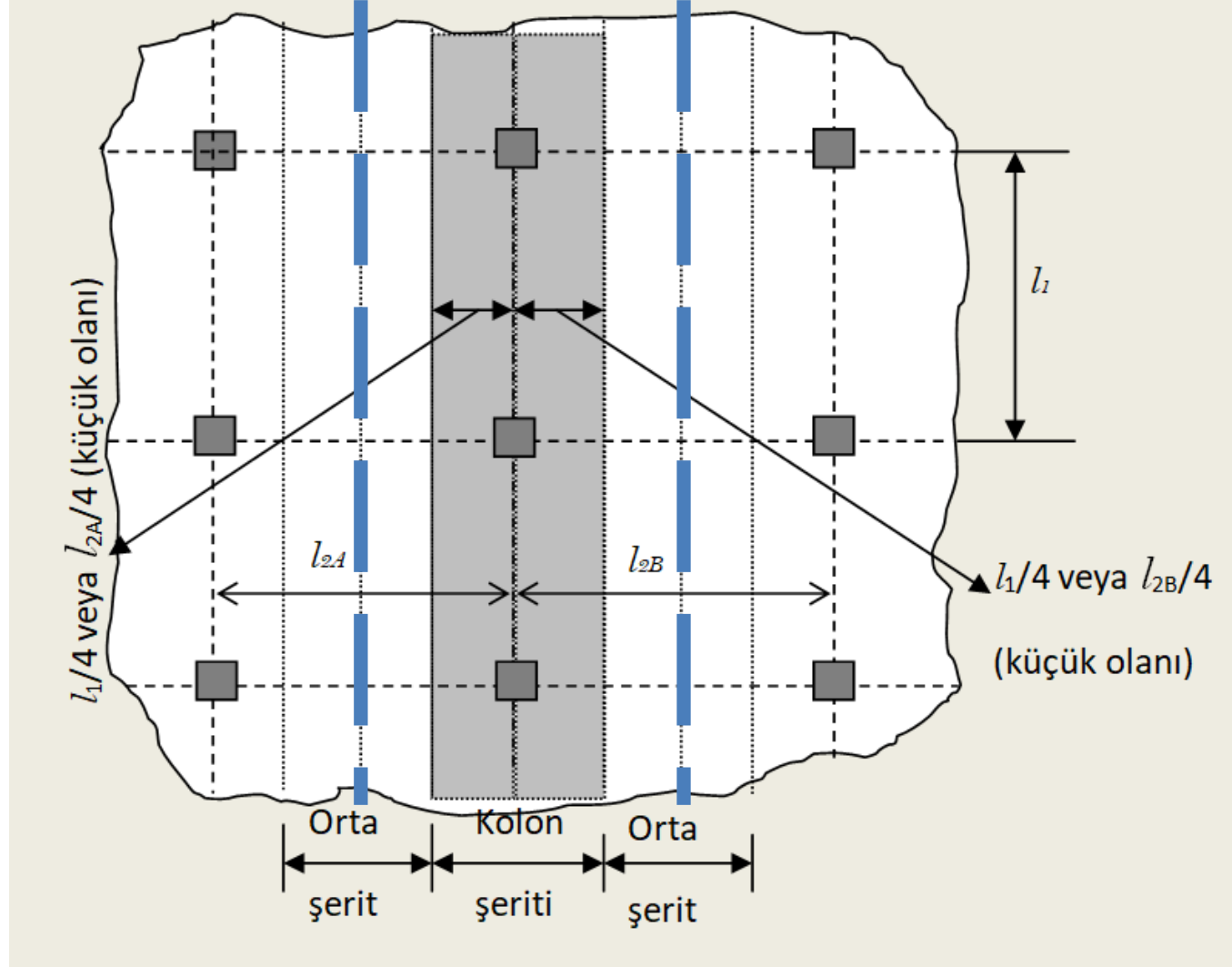
1.4.1. Çerçeve Yöntemi

Yapılan çözümlemede, her iki doğrultuda da döşeme yükünün tamamı alınmalıdır. Kolon ve döşeme rijitliklerinin hesabında kolon başlığı, tabla gibi nedenlerle artan eylemsizlik momentleri hesaba katılmalıdır. Düşey yük altında çözümlemesi yapılan katta kolonların uçları ankastre varsayılabilir. Çerçeve çözümlemesinden bulunan momentler aşağıdaki 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.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.1. Çerçeve Yöntemi



BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.1. Çerçeve Yöntemi

Çerçeve Yöntemi için Dağıtma Katsayıları

Şerit	İç mesnet momenti	Açıklık Momenti	Dış mesnet mom.	
			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 Kenar kirişsiz	0.40	0.30	0.40	0.30

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.2. Moment Katsayıları Yöntemi

Kirişsiz döşemelerin aşağıda verilen koşulları sağlaması halinde, hesabı moment katsayıları yöntemi ile yaklaşık olarak yapılabilir.

- a) Her iki doğrultuda en az üçer açıklık olmalıdır.
- b) Döşemeler kare ya da dikdörtgen olmalı ve uzun kenarın kısa kenara oranı 2.0 den büyük olmamalıdır.
- c) Herhangi bir doğrultudaki komşu döşemelerin açıklıkları arasındaki fark, büyük açıklığın $1/3$ ünden fazla olmamalıdır.
- d) Kolon akslarında fazla sapma olmamalı. Herhangi bir kolonun çerçeve aksına göre dışmerkezliği moment hesaplanan doğrultudaki açıklığın $1/10$ undan fazla olmamalıdır.
- e) Hareketli yükün sabit yüke oranı 2.0 den fazla olmamalıdır.
- f) Tüm yükler düzgün yayılı düşey yük olmalıdır.

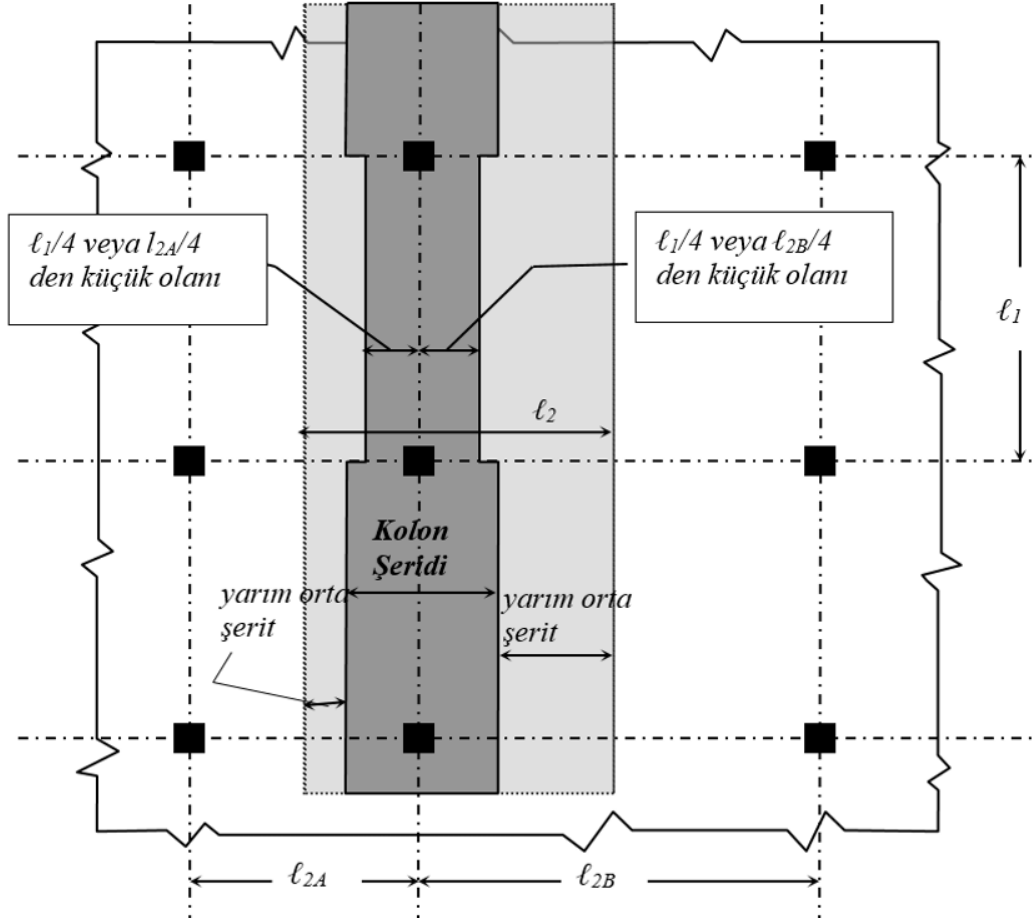
BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.2. Moment Katsayıları Yöntemi

Kirişsiz döşemelerin moment katsayıları yönt. ile hesabı:

1. Adım: Döşemeler kolon ve orta şeritlere ayrılmaktadır.



1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.2. Moment Katsayıları Yöntemi

2. Adım: Toplam statik momentin (M_0) hesaplanması

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

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

Bu denklemde l_2 moment hesaplanan doğrultuya dik iki komşu açıklığın ortalamasını, l_n , hesap yapılan doğrultudaki serbest açıklığı göstermektedir. Bu açıklık kolon yüzünden kolon yüzüne olan uzaklıktır. Bu değer hiçbir zaman $0.65 l_1$ değerinden az olamaz.

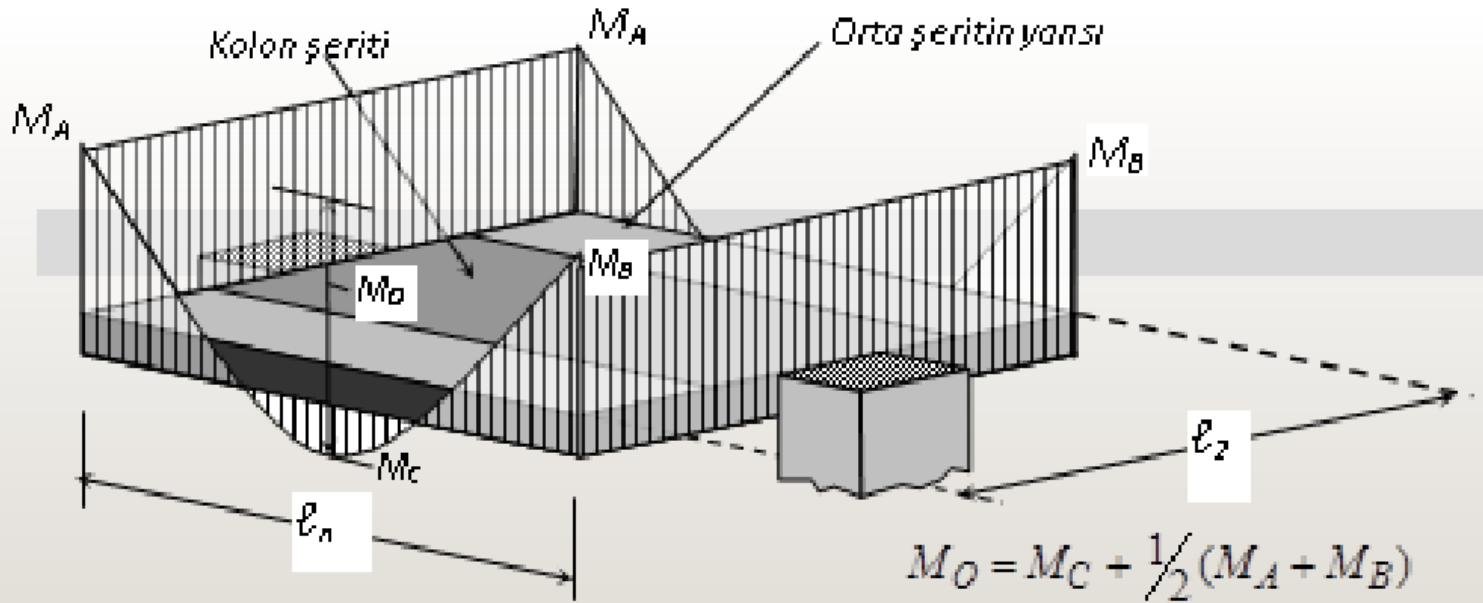
BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.2. Moment Katsayıları Yöntemi

2. Adım: Toplam statik momentin (M_o) hesaplanması

$$M_o = \frac{p_d \cdot \ell_2 \cdot \ell_n^2}{8}$$



1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.2. Moment Katsayıları Yöntemi

3. Adım: Açıklık ve mesnet momentlerinin M_0 'a bağlı olarak belirlenmesi:

Kirişsiz döşemeler için, yukarıdaki bağıntıyla hesaplanan M_0 momentinin açıklık ve mesnetlere paylaşılması aşağıdaki gibi yapılmalıdır. Mesnetin iki yüzündeki momentlerin farklı olması halinde büyük olan moment dikkate alınmalıdır.

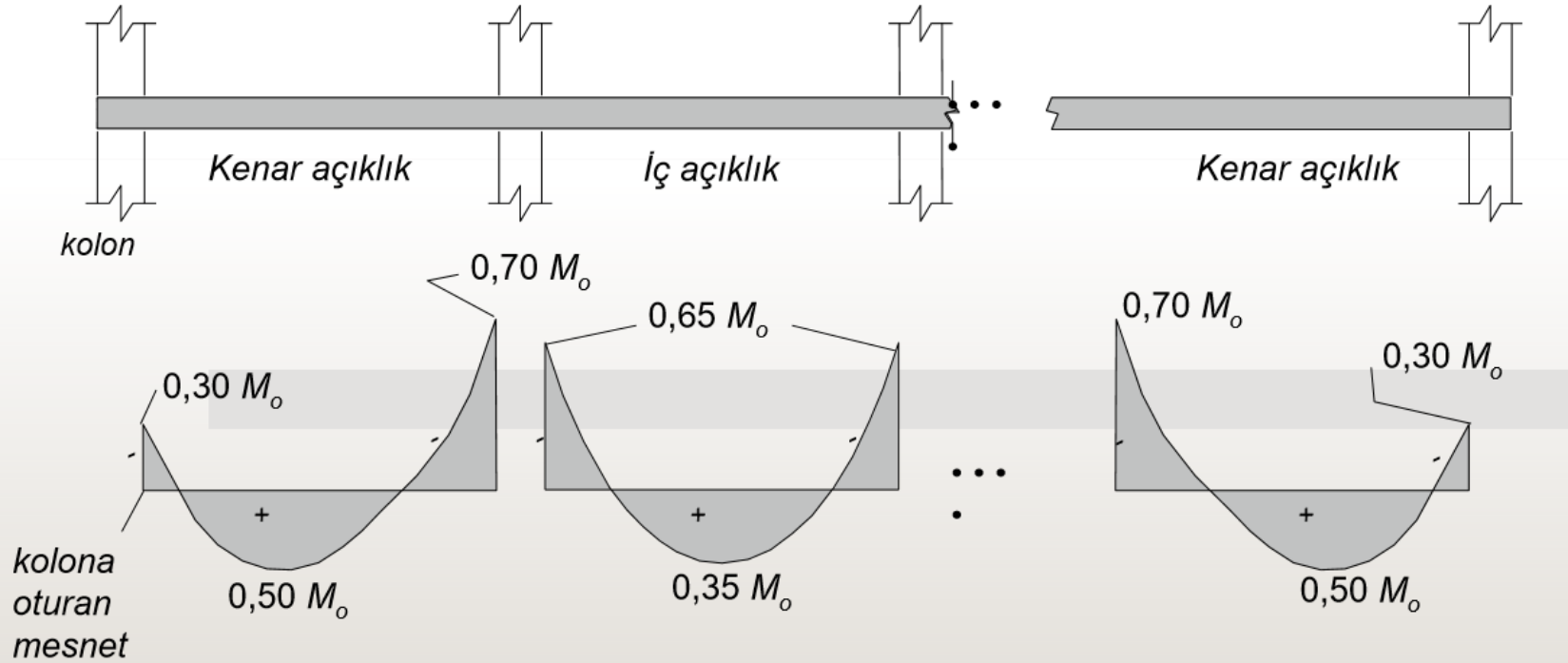
İç Açıklıklarda	
Açıklık momenti	$= 0.35M_0$
Mesnet momenti	$=0.65 M_0$
Kenar Açıklıklarda	
Dış mesnet momenti	$=0.30 M_0$
İç mesnet momenti	$=0.70 M_0$
Açıklık momenti	$=0.50 M_0$

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.2. Moment Katsayıları Yöntemi

3. Adım: Açıklık ve mesnet momentlerinin M_o 'a bağlı olarak belirlenmesi:



Döşemenin kolonlara mesnetlenmesi durumu için mesnet ve açıklık momentleri

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.2. Moment Katsayıları Yöntemi

3. Adım: Açıklık ve mesnet momentlerinin M_o 'a bağlı olarak belirlenmesi:

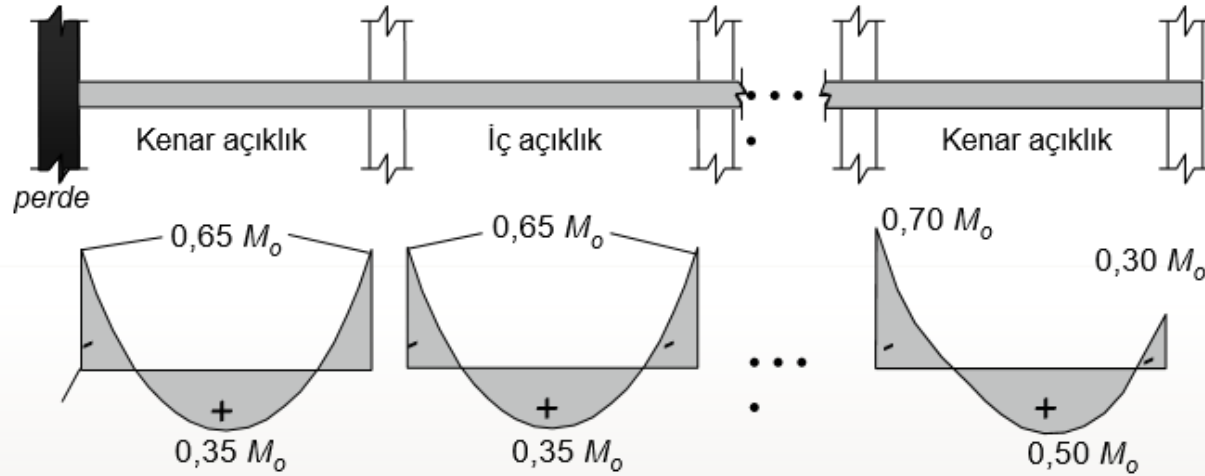
Çözümlemesi yapılan doğrultuya dik doğrultuda perde duvar gibi elemanlar kullanılarak döşemenin dış mesnetinde ankastrelik sağlanıyorsa, o açıklığa ait mesnet momentleri $0.65 M_o$, açıklık momenti de $0.35 M_o$ alınmalıdır.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.2. Moment Katsayıları Yöntemi

3. Adım: Açıklık ve mesnet momentlerinin M_o 'a bağlı olarak belirlenmesi:



Döşeme kenarının perde duvara saplanması durumu için mesnet ve açıklık momentleri

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.2. Moment Katsayıları Yöntemi

3. Adım: Açıklık ve mesnet momentlerinin M_o 'a bağlı olarak belirlenmesi:

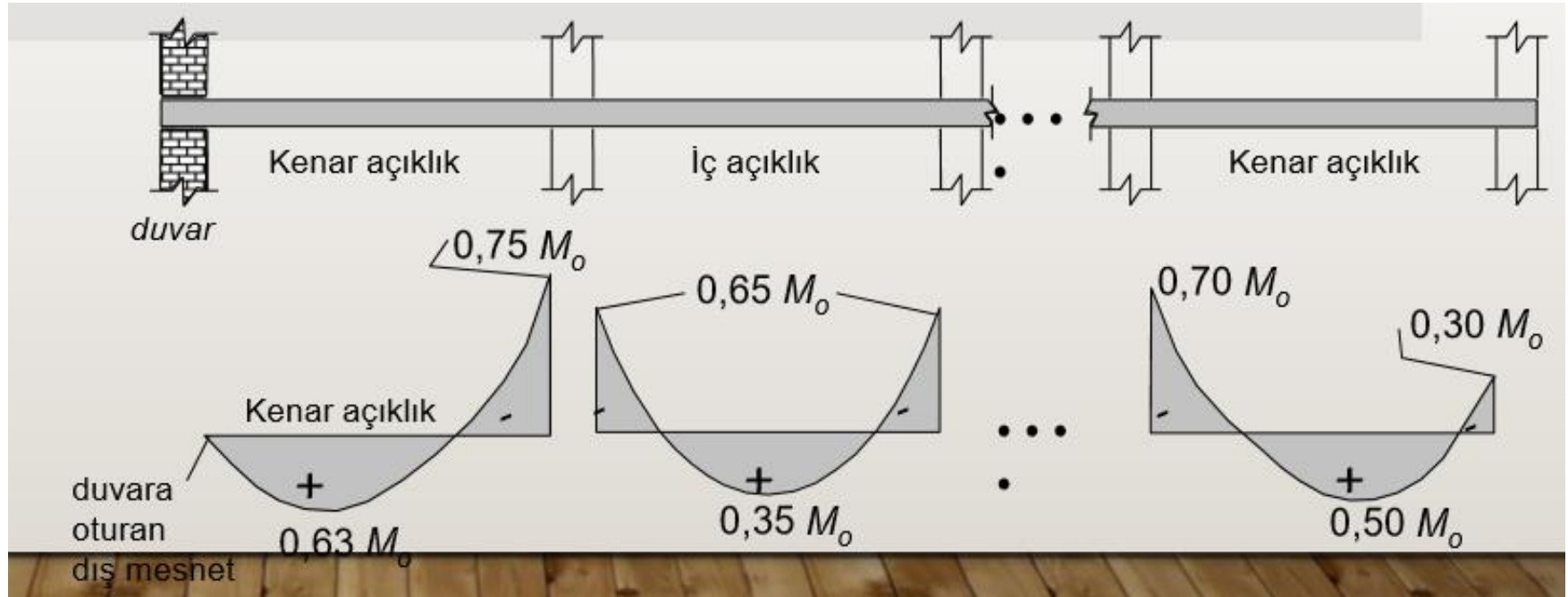
Döşeme kenarının duvara oturması durumunda ise döşemenin serbestçe dönebileceği kabul edildiğinden, mesnet momenti oluşmayacak dolayısıyla da moment katsayısı sıfır olacaktır.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.2. Moment Katsayıları Yöntemi

3. Adım: Açıklık ve mesnet momentlerinin M_o 'a bağlı olarak belirlenmesi:



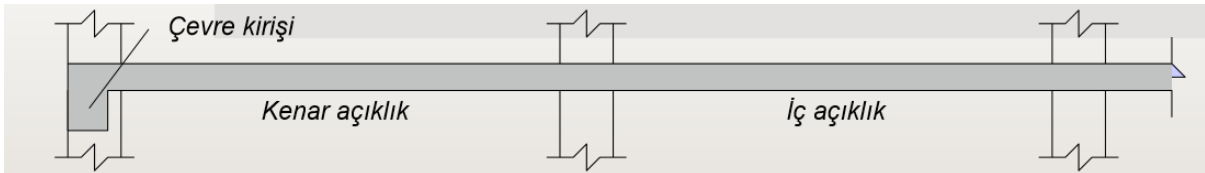
1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.2. Moment Katsayıları Yöntemi

4. Adım: Mesnet ve açıklık momentlerinin kolon ve orta şeritlere dağıtılması:

➤ Kolon şeritine dağıtılması:

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



Kirişsiz döşemelerde kenar kirişi kullanılması durumu

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.2. Moment Katsayıları Yöntemi

4. Adım: Mesnet ve açıklık momentlerinin kolon ve orta şeritlere dağıtılması:

➤ Orta şerite dağıtılması:

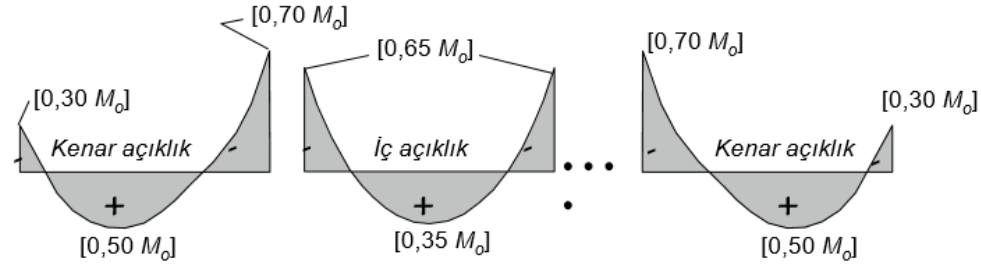
- Orta şerit momentleri, toplam moment ile kolon şeriti momentleri arasındaki fark olarak alınmalıdır.
- Yukarıdaki yöntem kullanılarak bulunan kolon ve orta şeride ait mesnet ve açıklık momentlerinde en çok $\pm\%10$ oranında değişiklik yapılabilir. Ancak, yapılan bu değişiklikler sonucu döşeme plağı için hesaplanan toplam M_o momentinde hiçbir değişiklik olmamalıdır.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

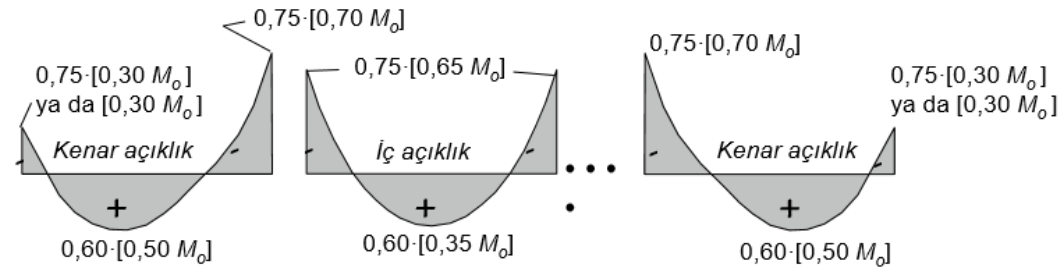
1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.2. Moment Katsayıları Yöntemi

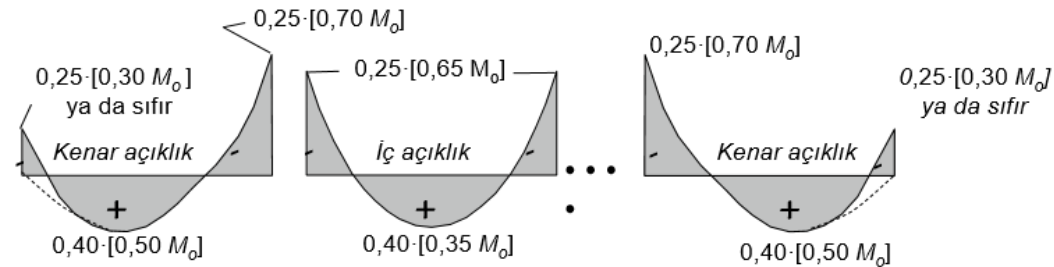
4. Adım: Mesnet ve açıklık momentlerinin kolon ve orta şeritlere dağıtılması:



(a) Kolon ve orta şeride dağıtılacak mesnet ve açıklık momentleri



(b) Momentlerin kolon şeridine dağıtılması



(c) Momentlerin orta şeride dağıtılması

1.4. Kirişsiz Döşemeler

Birdökûm (yekpare) sistemlerde, döşeme mesnetini oluşturan kolon ve duvarlar, döşeme üzerine etkiyen 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.

$$M = 0.07[(P_d + 0.5P_q)l_2l_n^2 - P'_gl'_2(l'_n)^2]$$

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.3. Donatı ile İlgili Koşular

İki doğrultuda çalışan kirişsiz döşemelerde, her iki doğrultuda 0.0015 den az olmamak koşulu ile iki doğrultudaki donatı oranlarının toplamı, S420 ve S500 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.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.4. Kirişsiz Döşemeler

Kirişsiz döşemelerin boyut ve donatılara ilişkin sınırlar

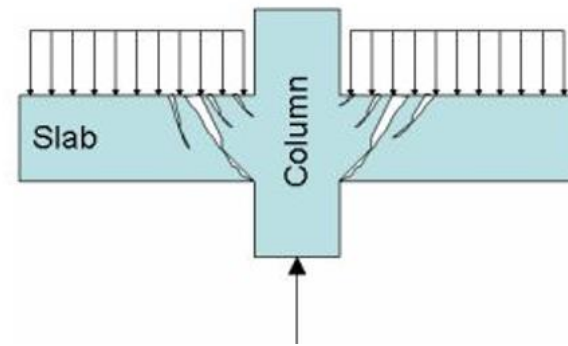
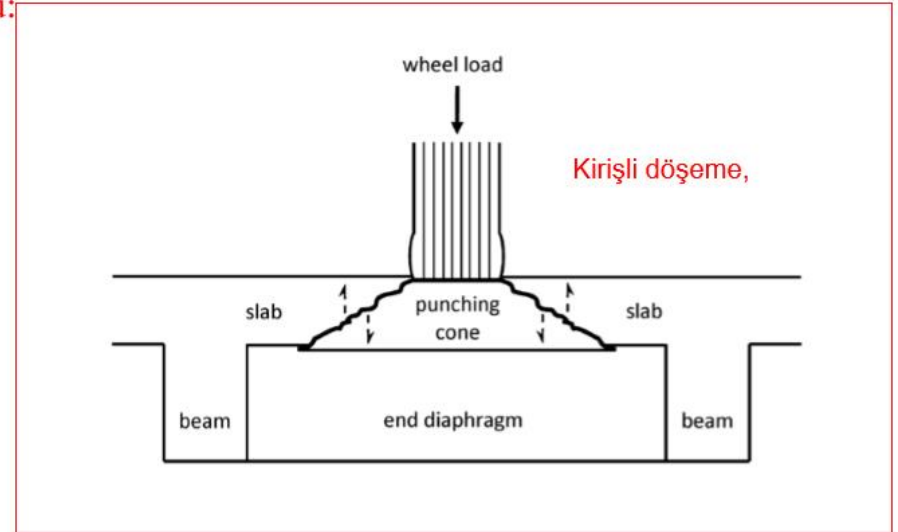
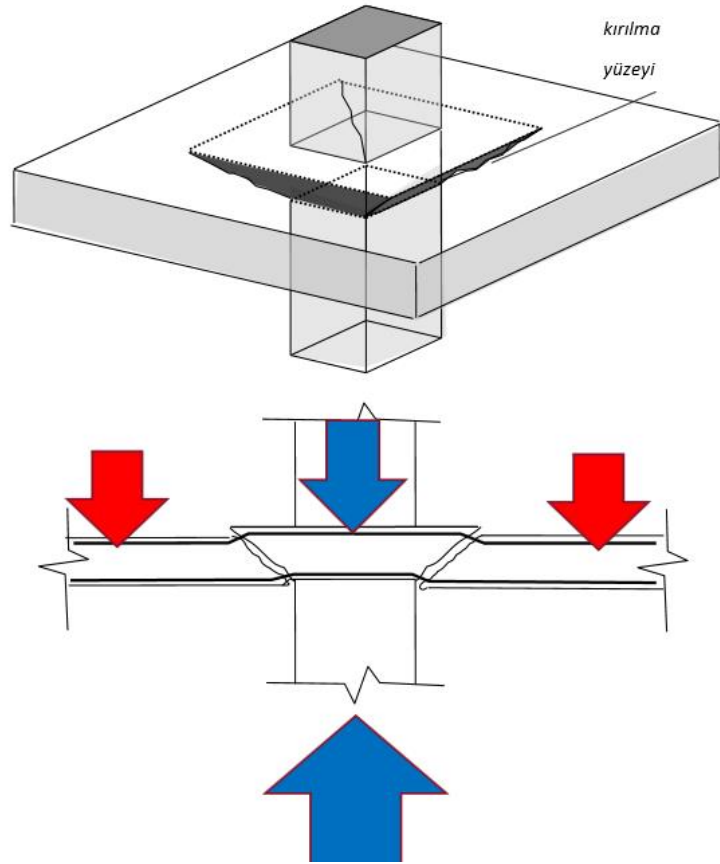
Büyüklik	Sembol	\leq \geq	Sınır değerler ve açıklamalar	
Döşeme kalınlığı	h_f	\geq	180 mm $l_n/30$	Tablasız ve başlıksız kirişsiz döşemelerde
			140 mm $l_n/35$	Tablalı kirişsiz döşemelerde
			200 mm $l_\ell / 30$	Yapısal çözümlenin TS500 de verilen yaklaşık yöntemlerle yapılması durumunda
Kolon kesitinin şerit uzunluğu doğrultusundaki boyutu	c_1	\geq	300 mm aynı doğrultudaki eksen açıklığının yirmide birinden	
Tabla kalınlığı	t_o	\geq	0,5 h_f	
Tablanın kolonun her iki tarafından uzunluğu		\geq	4 t_o (t_o : tabla kalınlığı) Hesap yapılan doğrultudaki döşeme açıklığının altıda birinden	
Net beton örtüsü	c_c	\geq	15 mm	
Herbir doğrultudaki donatı oranı	ρ_s ve ρ_l	\geq	0,0015	Her iki doğrultudaki donatı oranı da bu koşulu sağlamalıdır. Sadece birinin sağlaması yeterli değildir.
Her iki doğrultudaki donatı oranları toplamı	$\rho_s + \rho_l$	\geq	0,0040 0,0035 0,0035	S220 (BÇ-I) için S420 (BÇ-III) için S500 (BÇ-IV) için
Kısa doğrultusunda yerleştirilen donatının aralığı	s_s	\leq	1,5 $h_{f\ell}$ 200 mm	
Uzun doğrultusunda yerleştirilen donatının aralığı	s_l	\leq	1,5 $h_{f\ell}$ 250 mm	

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.4. Zımbalama

Kirişsiz döşemelerin en büyük sorunu:



1.4. Kirişsiz Döşemeler

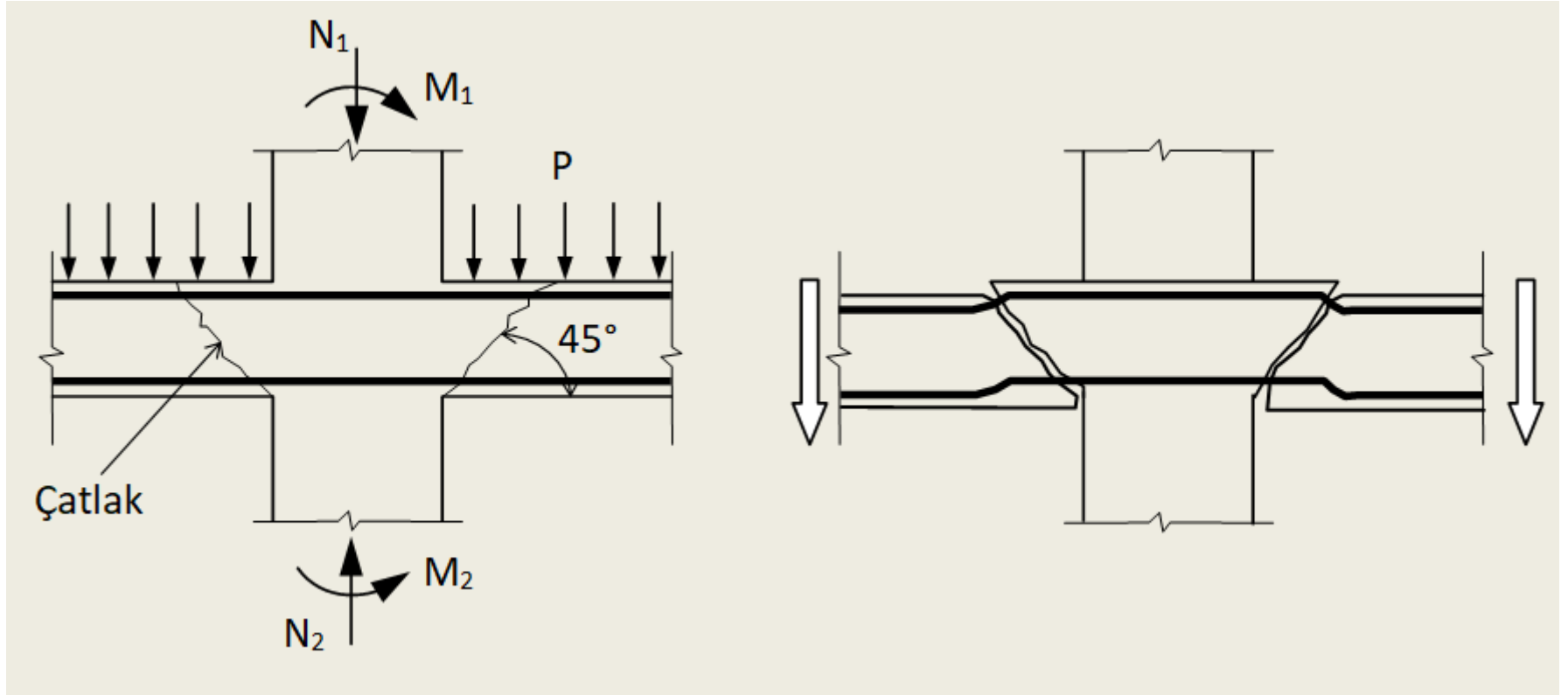
1.4.4. Zımbalama

Betonarme elemanlarda kayma gerilmeleri, doğrudan doğruya kesme kuvveti ve burulma momenti etkisinde ortaya çıkmaktadır. Kirişli döşemelerde kayma gerilmeleri dolayısıyla da asal çekme gerilmeleri genellikle az olduğundan, kayma güvenliği kendiliğinden sağlanmaktadır. Ancak kirişsiz döşemelerde kolon-döşeme birleşim bölgelerinde oluşan asal çekme gerilmeleri betonun çekme dayanımını aşabilmekte ve bu gerilmelere dik doğrultuda çatlaklar meydana gelmektedir. Asal çekme gerilmeleri döşeme düzlemiyle 45° lik bir açı yaptığından çatlaklar da 45° lik açıyla oluşmaktadır. Sonuçta kolon döşemeyi ani ve gevrek bir şekilde zımbalamak suretiyle delmektedir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.4. Zımbalama



1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.4. Zımbalama

Zımbalama olayı kirişsiz döşemelerde olabileceği gibi, **temel plağı-kolon** arasında da oluşabilmektedir. Bu bölgelerde zımbalama dayanımını artırmak için “özel donatı düzenlemeleri” uygulanabilmekte ve bu donatıların, kiriş kayma donatıları gibi, asal çekme gerilmelerini karşılayacak şekilde yerleştirilmeleri gerekmektedir.

Kolon-döşeme 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.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.4. Zımbalama

Zımbalama denetimi:

$$V_{pr} \geq V_{pd} \rightarrow V_{pr} = \gamma \cdot f_{ctd} \cdot u_p \cdot d \geq V_{pd} = F_d - F_a$$

Düşey yüklere göre:

Burada;

γ eğilme etkisini yansıtan bir katsayıyı,

u_p zımbalama çevresini

göstermektedir.

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.4. Zımbalama

Zımbalamaya göre hesap:

1. adım: Zımbalama çevresinin belirlenmesi

Zımbalama çevresi olarak adlandırılan izafi çevrenin (u_p), kolon yüzünden itibaren meydana geldiği kabul edilen, 45° lik bir çatlağın yatay bileşeninin yarısından geçtiği kabul edilmektedir.

Bu durumda zımbalama çevresinin belirlenebilmesi için kolon yüzünden itibaren $d/2$ kadar mesafenin dikkate alınması yeterli olmaktadır.

1.4. Kirişsiz Döşemeler

1.4.4. Zımbalama

Zımbalamaya göre hesap:

1. adım: Zımbalama çevresinin belirlenmesi

Zımbalama çevresi b ve h kolon enkesit boyutlarını ve d döşemenin iki doğrultudaki faydalı yüksekliklerinin ortalamasını göstermek üzere zımbalama alanı kenar uzunlukları;

$$b_1 = b+d, \quad h_1 = h+d$$

olarak belirlenmektedir.

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

$$\text{Zımbalama alanı: } A_p = u_p d$$

olarak belirlenmektedir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

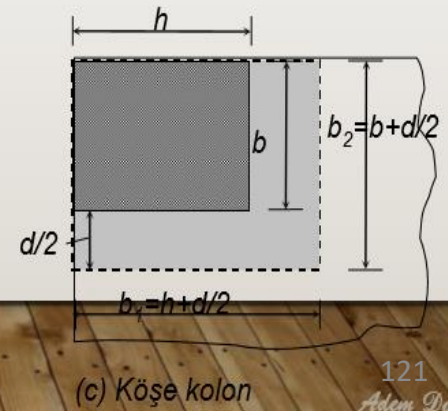
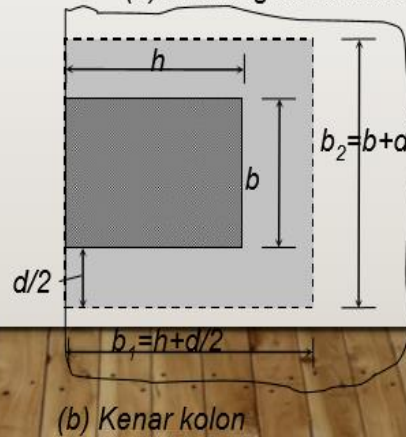
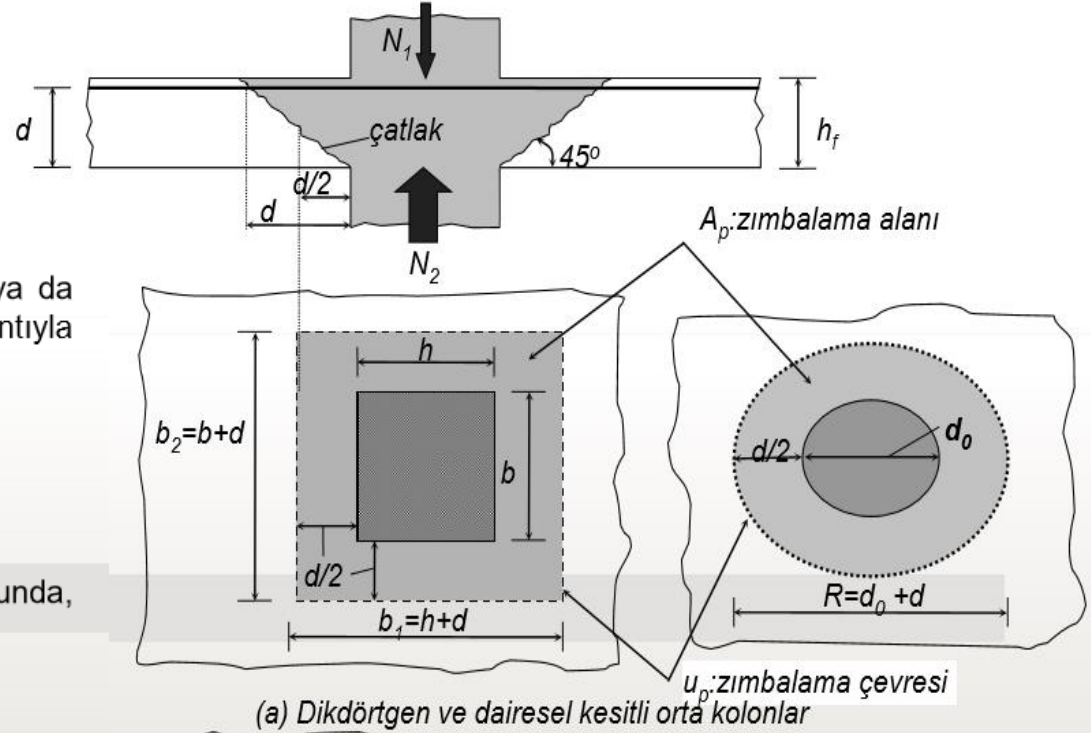
1. adım: Zımbalama çevresinin belirlenmesi

Zımbalama çevresi (u_p); orta kolon kesitinin kare ya da dikdörtgen olması durumunda, aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilir:

$$u_p = 2(b_1 + b_2)$$

Adı geçen çevre, kolonun dairesel olması durumunda, d_o kolon çapını göstermek üzere,

$$u_p = \pi(d_o + d)$$



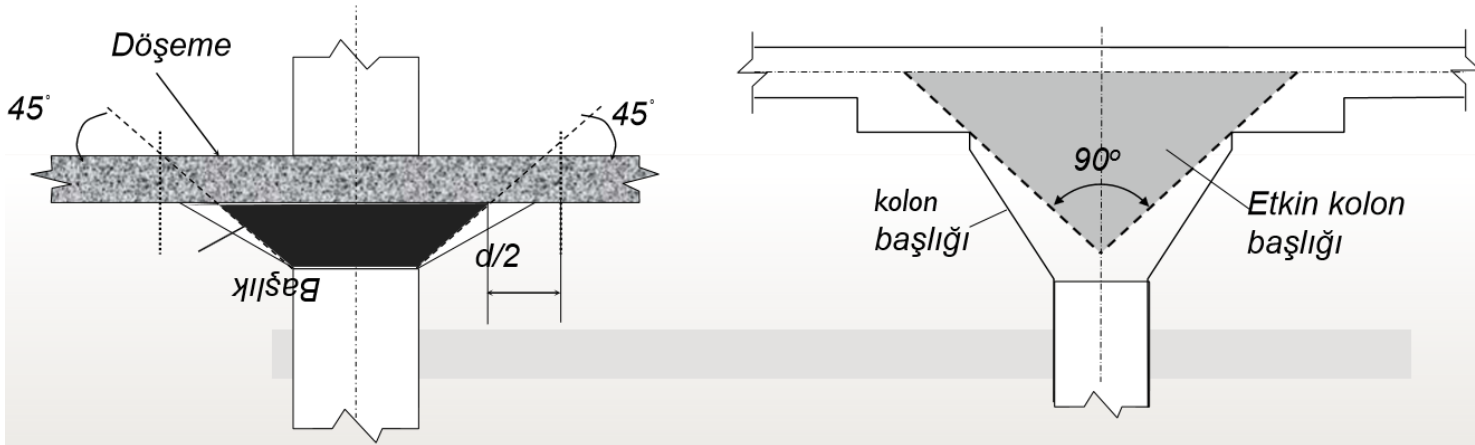
BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1. adım: Zımbalama çevresinin belirlenmesi

Zımbalama çevresi özel durumlarda farklı şekillerde belirlenmektedir.

➤ Kirişsiz döşemenin tablalı olması durumunda, $d/2$ mesafesi kolon boyutlarına değil tabla boyutlarına eklenmektedir.

Başlıklı ise etkin başlık tanımlanmakta ve $d/2$ mesafesi etkin başlık boyutuna eklenmelidir.



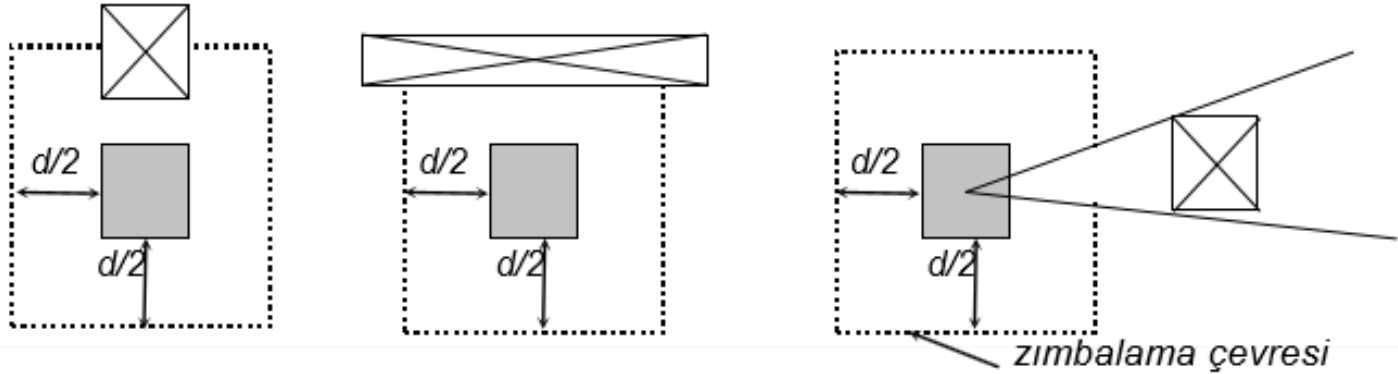
Zımbalama çevresinde dikkate alınan etkin başlık boyutu

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1. adım: Zımbalama çevresinin belirlenmesi

Zımbalama çevresi özel durumlarda farklı şekillerde belirlenmektedir.

- Yüklenen alan kenarında " $5d$ " veya daha yakında olan döşeme boşlukları, zımbalama çevresi hesaplanırken dikkate alınır. Boşluklar nedeni ile zımbalama çevresinde azaltma yapılırken, yüklenen alan ağırlık merkezinden, döşeme boşluğu kenarına teğet çizilerek oluşan radyal doğruların içinde kalan çevre uzunluğu dikkate alınmaz.

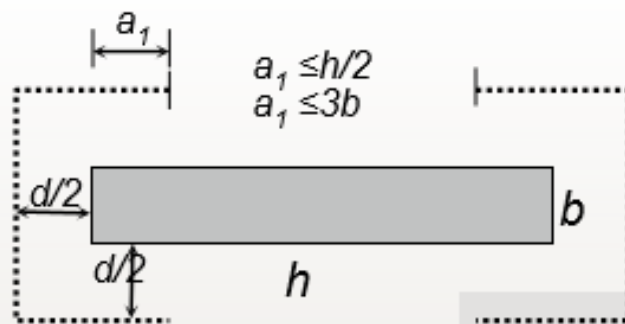


BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

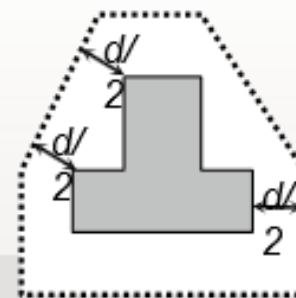
1. adım: Zımbalama çevresinin belirlenmesi

Zımbalama çevresi özel durumlarda farklı şekillerde belirlenmektedir.

- Kolon boyut oranınının büyük olması ya da perde duvar bulunması ile kolonun kare ya da dikdörtgen olmaması durumlarında aşağıdaki zımbalama çevreleri dikkate alınır.



(a) Basık dikdörtgen kolon ya da perde



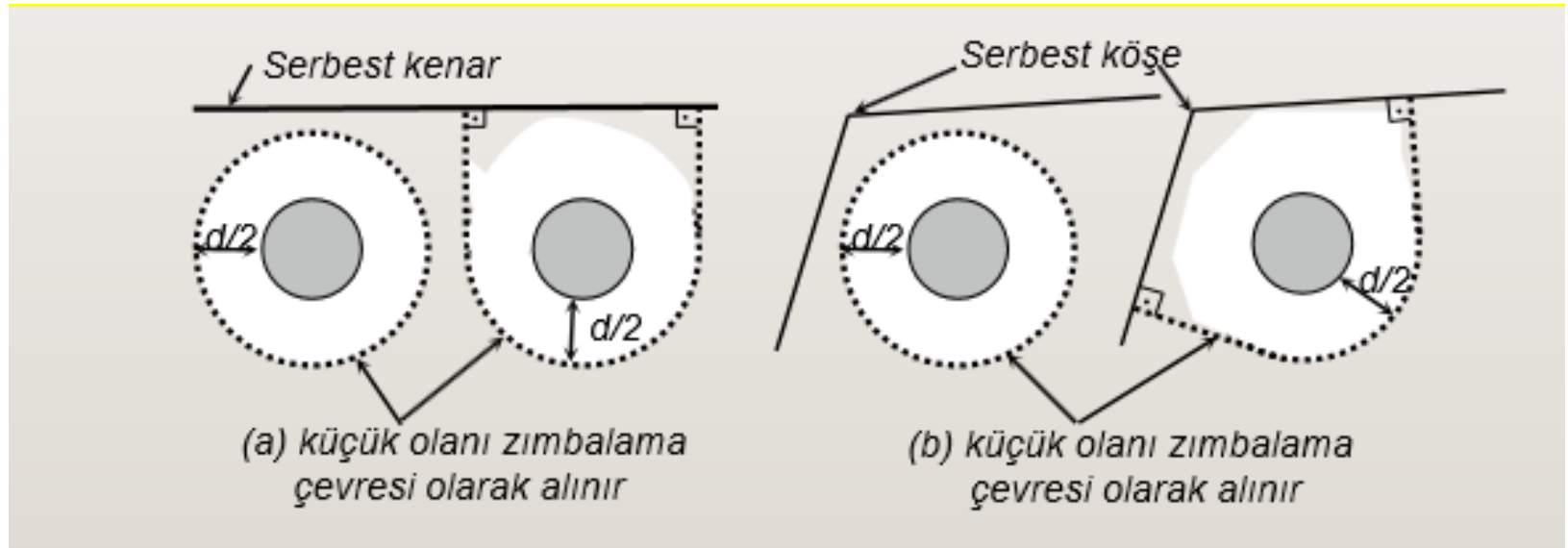
(c) içbükey çevreli kolon kesiti

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

1. adım: Zımbalama çevresinin belirlenmesi

Zımbalama çevresi özel durumlarda farklı şekillerde belirlenmektedir.

- Plak kenarına ve plak köşelerine yakın dairesel kolonlar veya yük alanları için zımbalama çevresi olarak aşağıda gösterilen iki seçenekten küçüğü kullanılmalıdır.



BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

2. adım: Zımbalama çevresi içinde kalan döşeme yükleri toplamının (F_a) belirlenmesi:

Zımbalama çevresinin kapsadığı alana etkiyen döşeme tasarım yükünün bileşkesi dikdörtgen ve dairesel kolon ve yük alanları için sırasıyla aşağıda verildiği gibidir.

$$F_a = p_d b_1 b_2$$

$$F_a = p_d \pi (d_0 + d)^2 / 4$$

3. adım: Tasarım eksenel yükünün (F_d) belirlenmesi:

Hesap yapılan zımbalama bölgesindeki kolona o kat döşemesinden aktarılan tasarım eksenel yükü;

$$F_d = N_2 - N_1$$

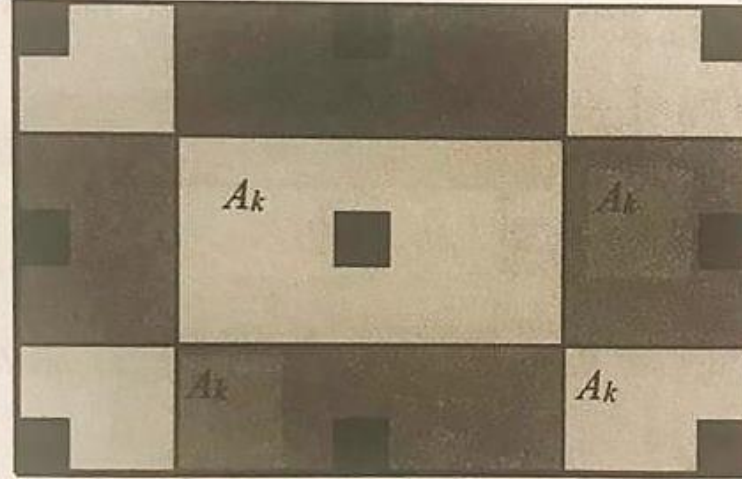
Burada N_2 ve N_1 sırasıyla alt ve üst kat kolonlarındaki eksenel yükleri göstermektedir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

3. adım: Tasarım aksenal yükünün (F_d) belirlenmesi:

Kolon yüklerinin bilinmemesi halinde, döşeme hesap yüküne ve döşemeden kolona yük aktarımında etkili olan alana (A_k)bağlı olarak aşağıdaki şekilde belirlenmektedir.

$$F_d = p_d A_k$$



Not: Her bir kolona çevresindeki döşeme açıklıklarının yarısı dikkate alınarak belirlenen alandan yük gelmektedir.

Şekil 6.50. Döşemelerden kolonlara yük aktarımı

4. adım: Tasarım zımbalama kuvvetinin (V_d) belirlenmesi:

Döşemeyi zımbalamaya zorlayan kuvvet aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$V_{pd} = F_d - F_a$$

5. adım: γ katsayısının belirlenmesi:

Bu katsayı eğilme etkisini yansıtan ve zımbalama dayanımını azaltan bir katsayı olup birden büyük olamaz ($\gamma \leq 1,0$).

γ katsayısı döşeme kenarında ya da köşesinde olmayan dikdörtgen yük alanları veya kolonlar için; $\gamma = \frac{1}{1+1.5 \frac{e_x+e_y}{\sqrt{b_x b_y}}}$

dairesel yük alanları veya kolonlar için; $\gamma = \frac{1}{1+\frac{2e}{d+d_0}}$

bağıntılarıyla belirlenebilir.

4. adım: Tasarım zımbalama kuvvetinin (V_d) belirlenmesi:

Döşemeyi zımbalamaya zorlayan kuvvet aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$V_{pd} = F_d - F_a$$

5. adım: γ katsayısının belirlenmesi:

Bu katsayı eğilme etkisini yansıtan ve zımbalama dayanımını azaltan bir katsayı olup birden büyük olamaz ($\gamma \leq 1,0$).

γ katsayısı döşeme kenarında ya da köşesinde olmayan dikdörtgen yük alanları veya kolonlar için; $\gamma = \frac{1}{1+1.5 \frac{e_x+e_y}{\sqrt{b_x b_y}}}$

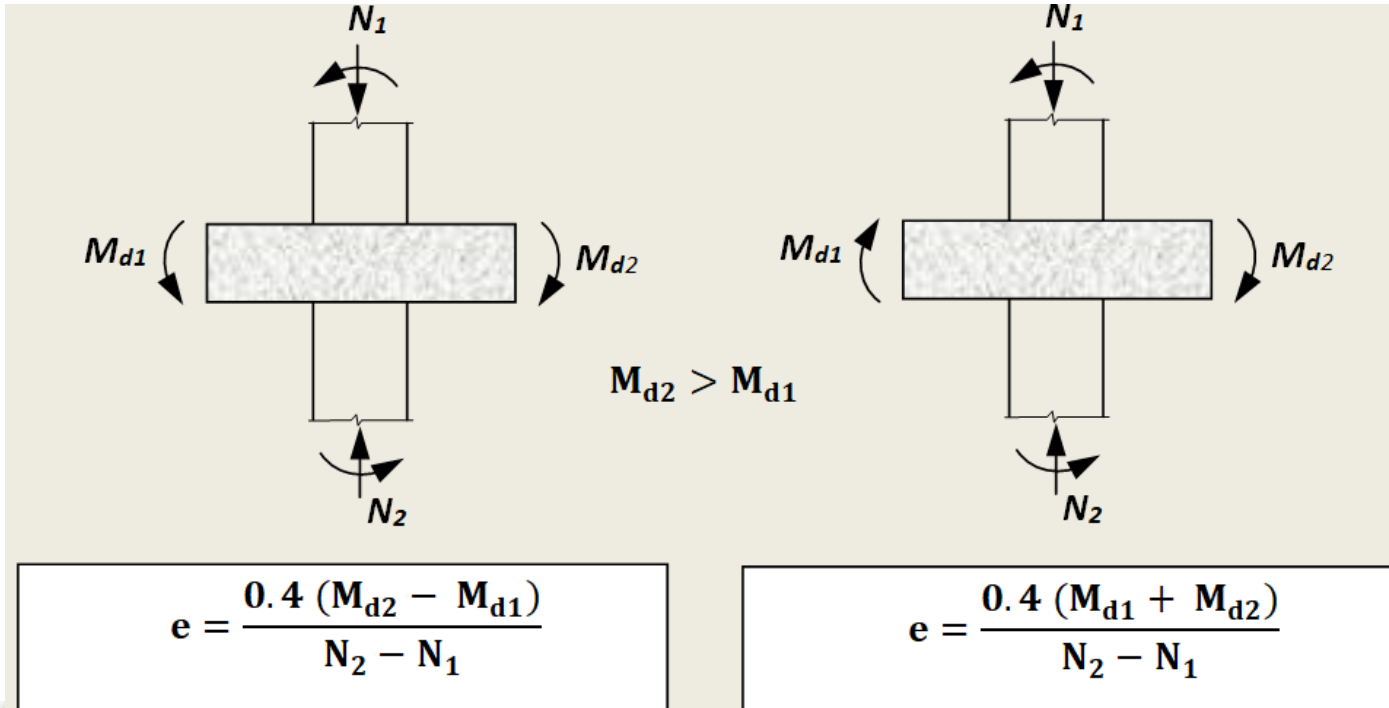
dairesel yük alanları veya kolonlar için; $\gamma = \frac{1}{1+\frac{2e}{d+d_0}}$

bağıntılarıyla belirlenebilir.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

5. adım: γ katsayısının belirlenmesi:

Yukarıda verilen bağıntılarda dışmerkezlikler (e) hesaplanırken, eğilme düzleminde kolonun iki yanındaki plak momentleri toplamının %40'ı ve alt ve üst kolonlardaki aksenal yüklerin farkı esas alınmalı ve dışmerkezliğin hesabı moment yönlerine bağlı olarak aşağıdaki gibi yapılmalıdır.



5. adım: γ katsayısının belirlenmesi:

TS500'e göre γ katsayısı, yukarıda belirtilen orta kolonların dışındaki kolonlar için,

$$\gamma = \frac{1}{1 + \eta \frac{e}{W_m} u_p d}$$

şeklindedir.

Zımbalama alanı kenar uzunluklarının sadece $b_2 \geq 0.7 b_1$ olması durumu için;

$$\eta = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{b_2}{b_1}}}$$

(TS500de tersi durum için bir öneri yok)

olarak hesaplanmaktadır.

BÖLÜM 1 - BETONARME DÖŞEMELER

5. adım: γ katsayısının belirlenmesi:

$$\tau_{\max} = \frac{V_d}{A_c} + \frac{(1 - M_d)x_1}{J_c}$$

$$\tau_{\min} = \frac{V_d}{A_c} - \frac{(1 - M_d)x_1}{J_c}$$

$$J_c = \left[\frac{2b_1^3}{3} - (2b_1 + b_2)x_2^2 \right] d + \frac{b_1 d^3}{6}$$

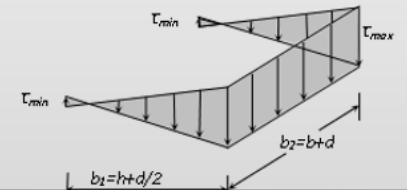
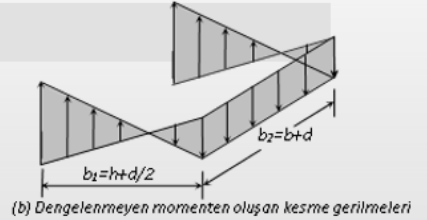
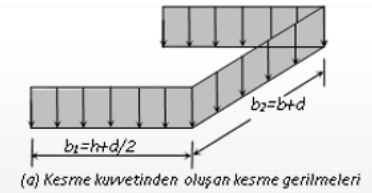
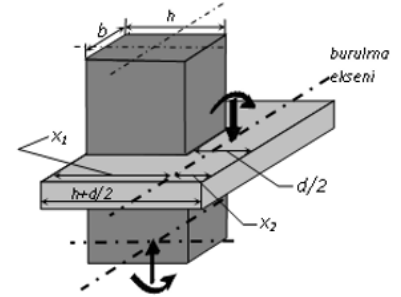
$$x_2 = \frac{b_1^2}{(2b_1 + b_2)}$$

Bu durumda TS500'e göre γ katsayısı, yukarıda belirtilen orta kolonların dışındaki kolonlar için,

$$\gamma = \frac{1}{1 + \eta \frac{e}{W_m} u_p d}$$

$$\eta = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{b_2}{b_1}}}$$

$$W_m = \frac{J_c}{x_2}$$



(c) Toplam kesme (kayma) gerilmeleri
(Şekil 6.52. Kenar kolon için zımbalama durumu)

6. adım: Zımbalama dayanımının (V_{pr}) belirlenmesi:

Zımbalama dayanımı; γ katsayısına, betonun tasarım çekme kuvvetine (f_{ctd}), zımbalama çevresine (u_p) ve döşeme faydalı yüksekliğine (d) bağlı olarak aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır.

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

7. adım: Denetim yapılması:

Zımbalama dayanımının (V_{pr}), tasarım zımbalama kuvvetinden (V_{pd}) küçük olmadığının denetimi

$$V_{pr} \geq V_{pd} \rightarrow V_{pr} = \gamma \cdot f_{ctd} \cdot u_p \cdot d \geq V_{pd} = F_d - F_a$$

şeklinde yapılmaktadır.

7. adım: Denetim yapılması:

Bu denetimin sağlanamaması durumunda uygulanabilecek çözümler:

- 1) Döşeme kalınlığını artırmak, ★
- 2) Kolon boyutlarını artırmak
- 3) Beton kalitesini artırmak
- 4) Zımbalama donatısı kullanmak