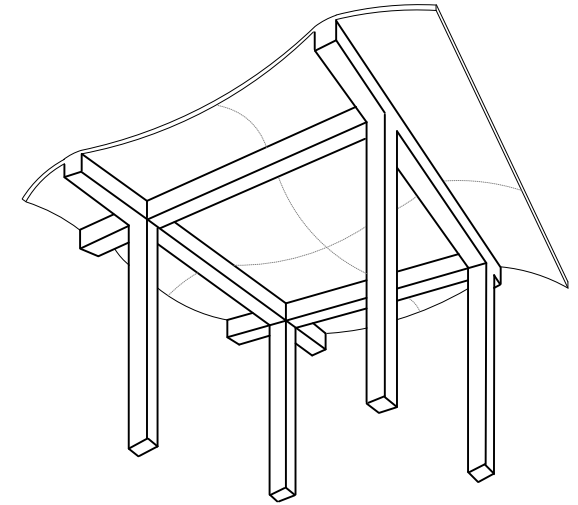
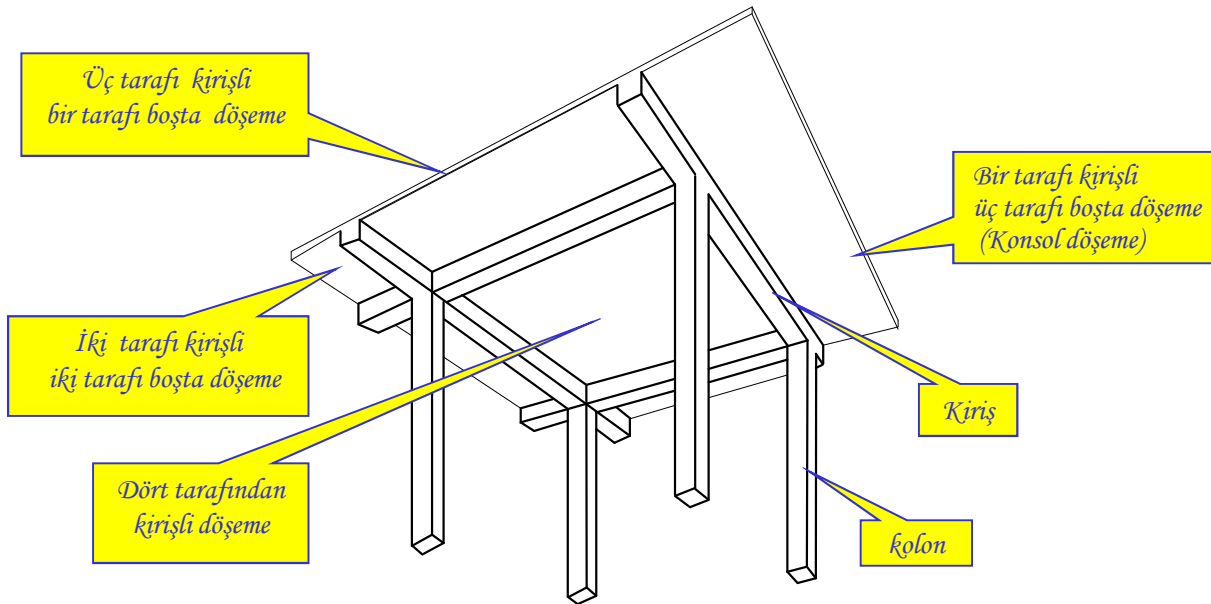


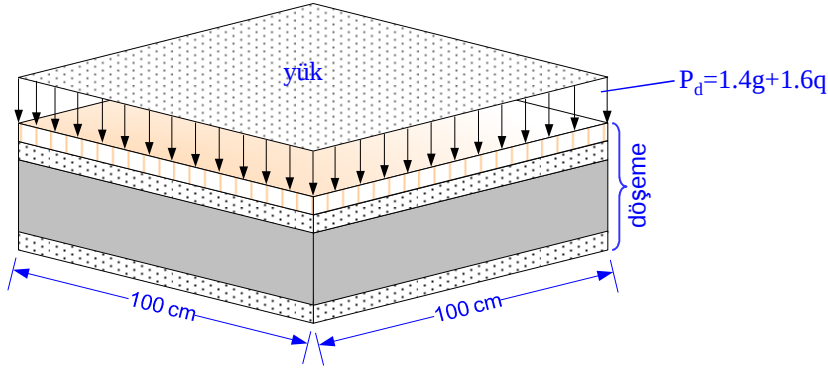
Kirişli döşemeler (plaklar)

- Dört tarafından kirişlere oturan döşemeler
- Kenarlarının bazıları boşta olan döşemeler
- Boşluklu döşemeler
- Düzensiz geometrilili döşemeler



Döşemenin düşey yük altında davranışı

Döşeme tasarım yükü



Döşemenin depremde davranışı: Döşemeye etkiyen sabit ve hareketli düşey yükler genelde düzgün yayılıdır. Yükün birimi kN/m^2 dir. Deprem kuvveti ve döşeme yatay olduğundan, depremde döşemenin eğilmediği, rijit bir diyafram(levha) gibi davrandığı, deprem kuvvetini kirişler ile birlikte kolondan-kolona aktardığı varsayılır. Bu nedenle döşemenin moment hesabında deprem yükü dikkate alınmaz.

Döşemenin katmanları: Kaplama, tesviye betonu, betonarme betonu, sıvadan oluşur. Kaplama; ahşap parke, mermer, seramik veya mozaik karo benzeri malzemeler ile yapılır. Kalıp düzgün yapılamadığından betonarme betonunun üst yüzü aynı kotta olmaz. Tesviye betonu ile her nokta aynı kota getirilir. Tesviye kalınlığı kalıbın ne denli düzgün yapıldığına, betonun ne denli düzgün döküldüğüne bağlıdır, önceden tam olarak bilinemez. Küçük döşemelerde az, büyük döşemelerde çok, 3-10 cm gerekebilir. Yaklaşık 3-5 cm normal kabul edilir. Sıva kalınlığı da önceden tam bilinemez, 2-3 cm civarında olur.

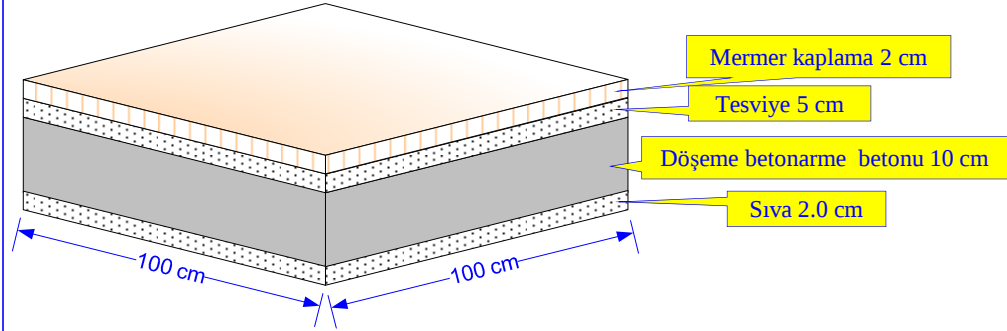
Sabit yük: Döşeme betonarme betonu, tesviye betonu, kaplama ve sıva ağırlıklarının toplamından oluşur. Varsa, asma tavan ağırlığı ve benzeri ağırlıklar da hesaba katılır. **TS ISO 9194-1997 Ek A ve Ek B** tablolarında inşaatlarda malzemelerin *karakteristik* yoğunlukları(kütleleri) verilmiştir. Bu tablolar yardımıyla döşeme *karakteristik* sabit yükü belirlenir. Sabit yük g ile gösterilir.

Hareketli yük: İnsan yükü, eşya ağırlıkları, kar yükü, depolanmış malzeme gibi, zamanla yeri ve değeri değişebilen yüklerdir. **TS 498-1997 Çizelge 7** de konut odaları, balkon, merdiven, kütüphane ve birçok farklı amaçla kullanılan döşemelerde alınması gereken *karakteristik* hareketli yükler tanımlanmıştır. Döşeme *karakteristik* hareketli yükü bu çizelgeden alınır. Yarım duvar taşıyan döşemenin hareketli yükü $1.5 \sim 2.0 \text{ kN/m}^2$ artırılır. Hareketli yük q ile gösterilir.

Tasarım yükü: Sabit yükün 1.4 ve hareketli yükün 1.6 katının toplamıdır (**TS 500-2000**), P_d ile gösterilir: $P_d = 1.4g + 1.6q$

Döşemenin statik ve betonarme hesapları P_d tasarım yükü ile yapılır (deprem dikkate alınmadığından).

Örnek: Bir konutun salon döşemesinin katmanları verilmiştir. Döşemenin karakteristik sabit, karakteristik hareketli ve tasarım yükünü belirleyiniz.



ÇÖZÜM:

Döşeme	$0.10 \cdot 25$	$= 2.50 \text{ kN/m}^2$
Tesviye	$0.05 \cdot 22$	$= 1.10 \text{ "}$
Kaplama	$0.02 \cdot 27$	$= 0.54 \text{ "}$
Sıva	$0.02 \cdot 20$	$= 0.40 \text{ "}$

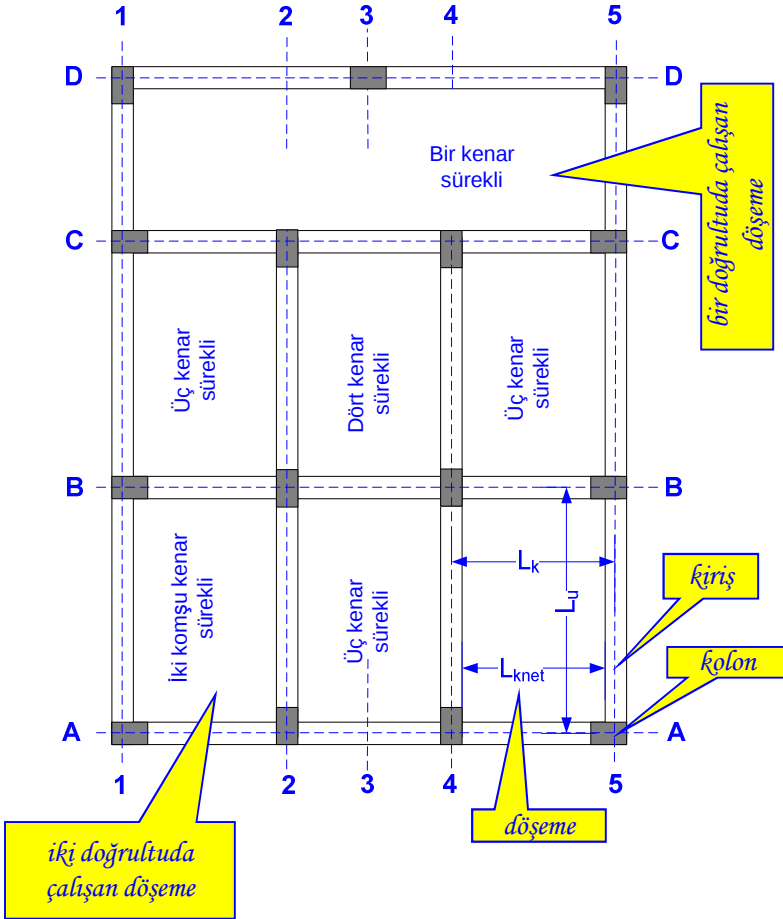
$$\text{sabit yük } g = 4.54 \text{ "}$$

$$\text{hareketli yük } q = 2.00 \text{ "}$$

$$\text{Tasarım yükü } p_d = 1.4 \cdot 4.54 + 1.6 \cdot 2.00 = 9.56 \text{ kN/m}^2$$

Dört tarafından kirişli döşemeler (Plaklar)

Yapılarda karşılaşılan döşemelerin çoğunluğu dört tarafından kirişe oturur, dikdörtgen geometrilidir ve yükü düzgün yayılıdır. Bu tür döşemeler yapının en güvenli elemanlarıdır, hemen hiç göçmezler. Ancak; çok ince yapıldıklarında; deprem kuvvetini kolondan kolona aktaramaz, fazla sarkma olur, sallanırlar ve konfor rahatsızlığı yaratırlar. Döşeme iç kuvvetlerinin (moment, kesme) analitik hesabı çok karmaşık ve kısıtlıdır. El hesapları, yeter doğrulukta, tablolar yardımıyla yapılır. En iyi hesap yöntemi **Sonlu Elemanlar Metodudur**, yazılım gerektirir. İlerideki konularda açıklanacak olan el hesabının anlaşılabilmesi için aşağıdaki tanımlar verilecektir.



Tanım 1:

L_u : uzun kenar (aksta-aksa)

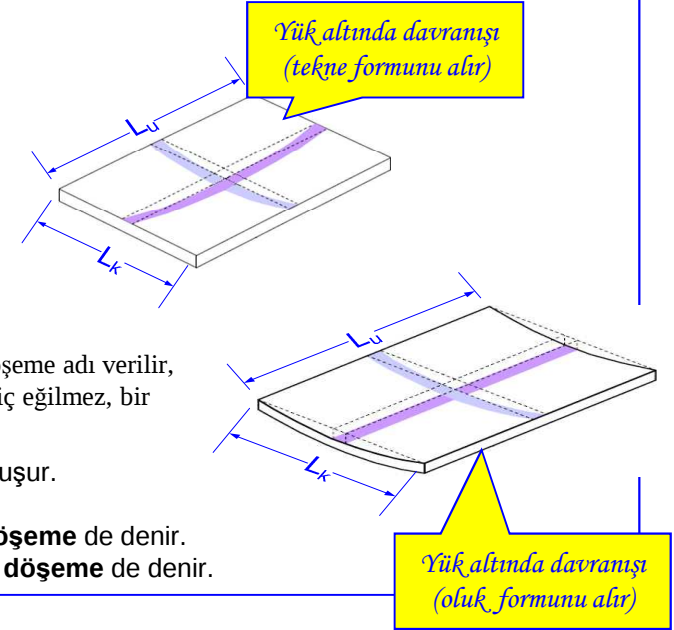
L_k : kısa kenar (aksta-aksa)

$\frac{L_u}{L_k} \leq 2$ ise, **iki doğrultuda çalışan** döşeme adı verilir, her iki doğrultuda eğilir, bir tekne formunu alır.

$\frac{L_u}{L_k} > 2$ ise, **bir doğrultuda** (kısa doğrultuda) **çalışan** döşeme adı verilir, kısa doğrultuda eğilir, uzun doğrultuda hemen hiç eğilmez, bir sedye formunu alır.

Döşemenin **çalıştığı doğrultuda** büyük momentler oluşur.

- İki doğrultuda çalışan döşemeye uygulamada **Dall döşeme** de denir.
- Bir doğrultuda çalışan döşemeye uygulamada **Hurdi döşeme** de denir.



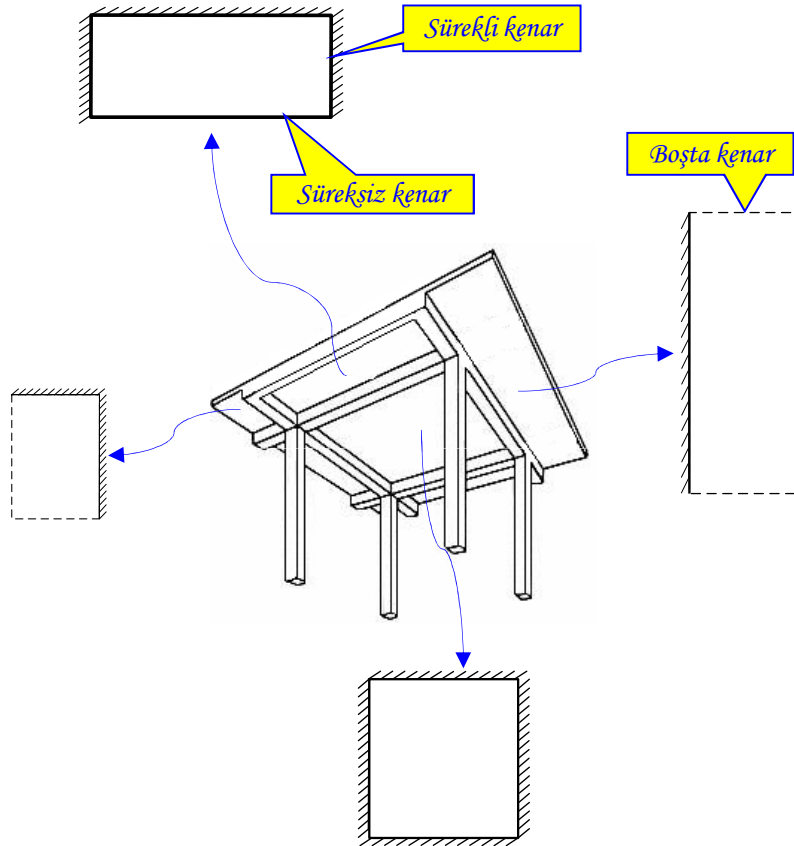
Tanım 2:

Döşemenin kirişe oturan bir kenarı komşu bir döşemenin de bir kenarı ise, döşeme bu kenar boyunca **sürekli** (ankastre) dir. Komşu döşemesi olmayan kenara **süreksiz** kenar denir. Sürekli kenar boyunca mesnet momenti oluşur. Komşu döşeme olmamasına rağmen, plağın kenarı bir perdeye veya çok rijit bir kirişe oturuyorsa bu kenarı sürekli kabul etmek uygun olur.

Tanım 3:

L_{knet} : döşemenin kısa doğrultuda, kiriş yüzünden-kiriş yüzüne ölçülen net açıklığıdır. Çok geniş olmayan kirişlerde (250~300 mm) $L_{knet} \approx L_k$ alınabilir, hesaplarda sonuçlar çok değişmez.

Döşeme kenar koşullarının hesaplarda gösterilişi



Döşeme kenarlarının sürekli, sürekli veya boşta olması durumunu vurgulamak için taralı çizgi, kesiksiz çizgi ve kesik çizgi kullanılır.

Taralı kesiksiz çizgi = Sürekli kenar:

Taralı çizgi kenarın sürekli olduğu, döşemenin kenar boyunca çökmediği ve dönmediği (ankastre olduğu) anlamındadır.

- Bir kenar kirişe veya perdeye oturuyor ve komşu döşemenin de ortak kenarı ise,
- Bir kenar rijit bir perde veya çok rijit bir kirişe bağlı ise

sürekli varsayılır. Sürekli kenar boyunca mesnet momenti oluşacak anlamındadır.

Kesiksiz çizgi = Sürekli kenar:

Kesiksiz çizgi kenarın sürekli olduğu, yani döşemenin kenar boyunca serbestçe dönebildiği (mafsallı olduğu) anlamındadır.

- Bir kenar kirişe veya duvara serbestçe oturuyorsa,
- Bir kenar kirişe bağlı fakat kirişi döndürebiliyorsa,

sürekli varsayılır. Sürekli kenar boyunca mesnet momenti oluşmayacak anlamındadır.

Kesik çizgi = Boşta kenar:

Kesik çizgi kenarın boşta olduğu, yani döşemenin kenar boyunca çökebildiği ve serbestçe dönebildiği anlamındadır.

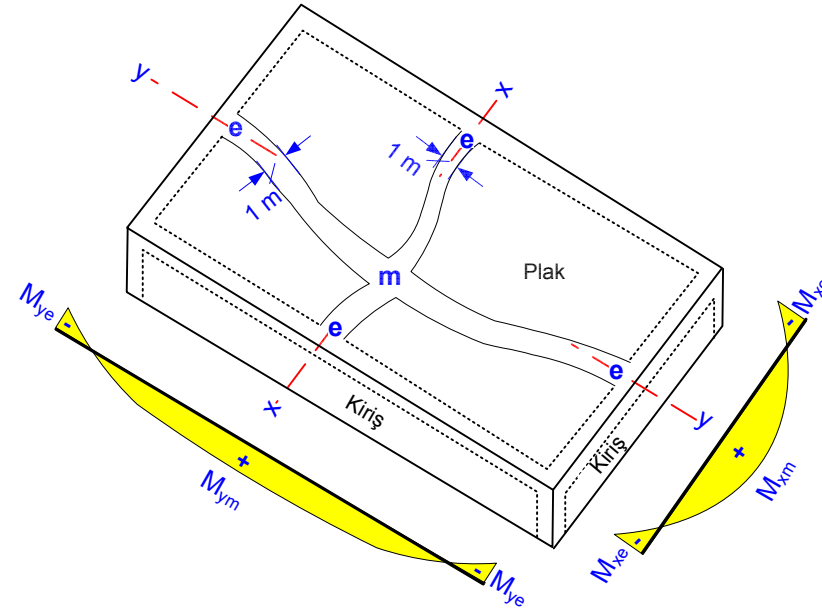
- Bir kenar hiçbir yere (kiriş, duvar, perde) oturmuyorsa

Boşta kenar varsayılır. Boşta kenar boyunca kenara dik yönde moment oluşmaz. Ancak, boşta kenar boyunca sarkma fazla olur, bu kenar boyunca çok büyük moment oluşur.

Düzgün yayılı yük altında döşemenin davranışı ve moment dağılımı

Dört tarafından kirişlere oturan, tüm kenarları sürekli ve düzgün yayılı yüklü döşemenin 1 m genişliğindeki sanal şeritleri boyunca oluşan momentlerin dağılımı şekilde verilmiştir. Şeklin incelenmesinden aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

- Açıklıkta, her iki yönde, moment pozitifdir.
- Açıklıkta en büyük moment açıklık ortasıdır.
- Mesnetlerde moment negatiftir.
- En büyük mesnet momenti mesnet ortasıdır.
- Kısa doğrultudaki momentler uzun doğrultudaki momentlerden çok daha büyüktür.
- Bir yönde çalışan döşemelerin uzun doğrultusunda oluşan moment çok küçük olur, ihmal edilebilir.
- Açıklıklarda çekme altıdır. Her iki yönde de altta çatlaklar oluşacaktır. Dolayısıyla döşemenin altına her iki yönde donatı konulması gerekir.
- Mesnetlerde çekme üsttedir. Döşemenin mesnet üstlerinde çatlaklar oluşacaktır. Bu çatlakları sınırlamak için mesnet üstlerine donatı gerekir.
- Açıklıkların üstünde basınç oluşur. Özel durumlar hariç, üstte donatı gerekmez.



Düzgün yayılı yük altında şekil değiştirmiş plak ve moment dağılımı

Momentler, her iki doğrultuda, plağın ortasından geçen 1 metrelik sanal şeritlerin m ve e noktalarında hesaplanır. Momentin birimi kN·m/m dir.

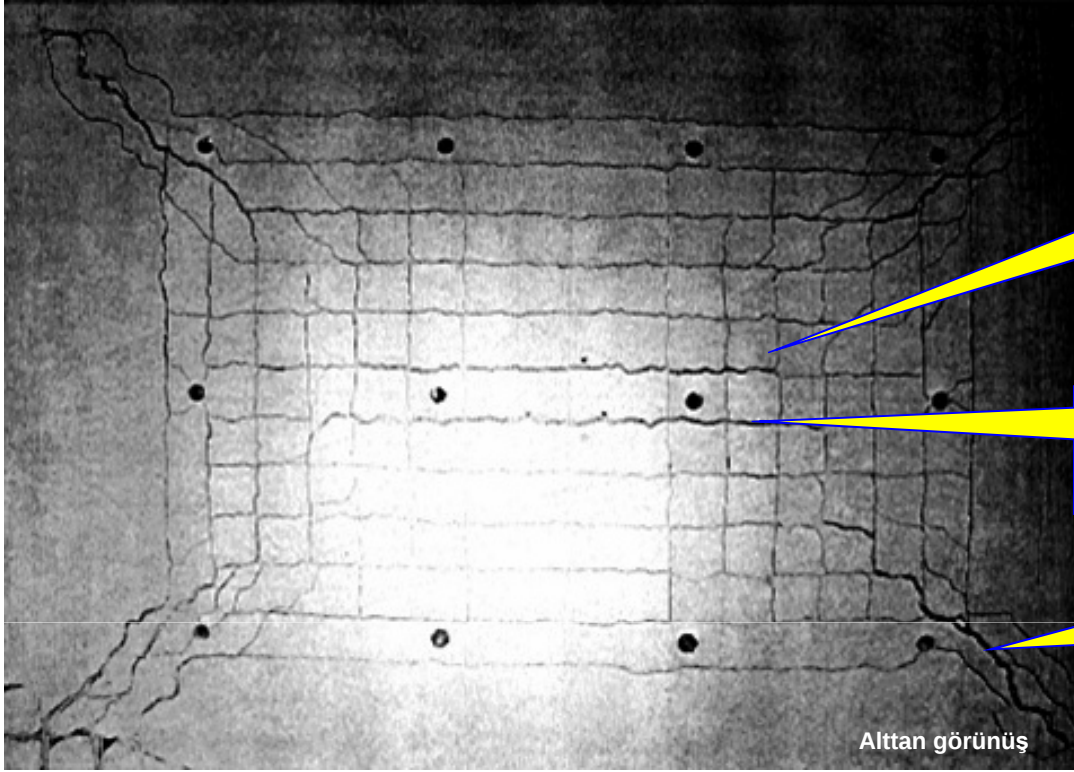
M_{xm} : x yönündeki şeridin **m** noktasındaki açıklık momenti (altta çekme)

M_{ym} : y yönündeki şeridin **m** noktasındaki açıklık momenti (altta çekme)

M_{xe} : x yönündeki şeridin **e** noktasındaki mesnet momenti (mesnet üstünde çekme)

M_{ye} : y yönündeki şeridin **e** noktasındaki mesnet momenti (mesnet üstünde çekme)

Döşemede yükten oluşan çatlaklar - deney plakları



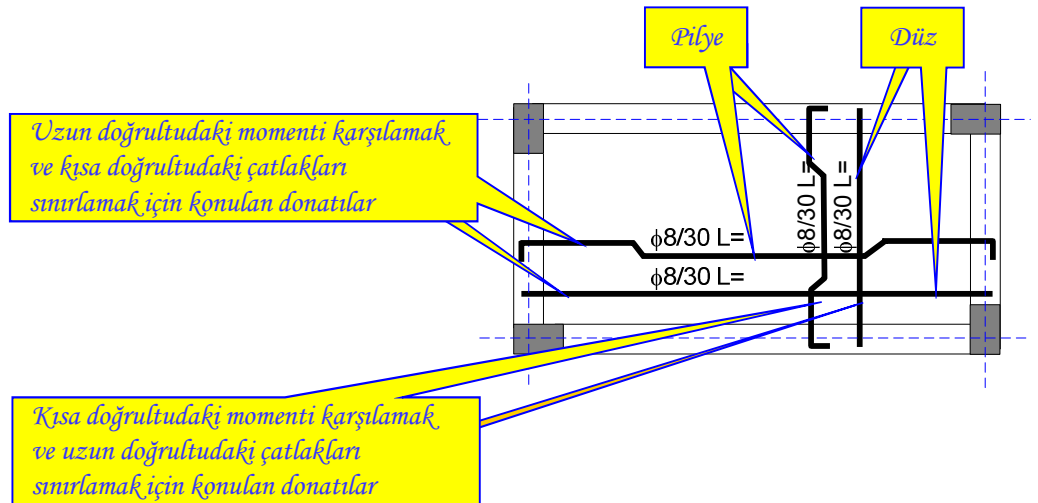
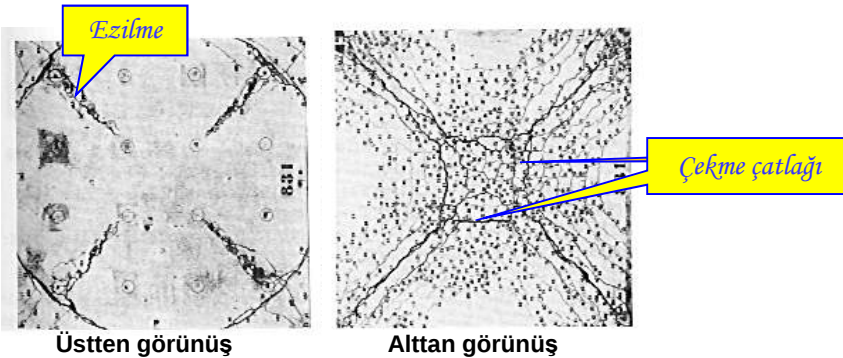
Dört tarafından kirişlere serbest oturan dikdörtgen deney plağı:

- Yükün etkisiyle plak aşağı doğru çöker, bir tekneyi andıran form alır. Alt tarafta çekme üst tarafta basınç oluşur, altta çatlak üstte ezilme olur.
- Kısa doğrultudaki momentten uzun doğrultuda geniş çatlaklar oluşur. Bunları sınırlamak için alt tarafa kısa doğrultuda (çatlağa dik) donatı gerekir.
- Uzun doğrultudaki momentten kısa doğrultuda daha ince çatlaklar oluşur. Bunları sınırlamak için alt tarafa uzun doğrultuda (çatlağa dik) donatı gerekir.
- Her iki yönde yerleştirilen donatı bir ağ oluşturur.

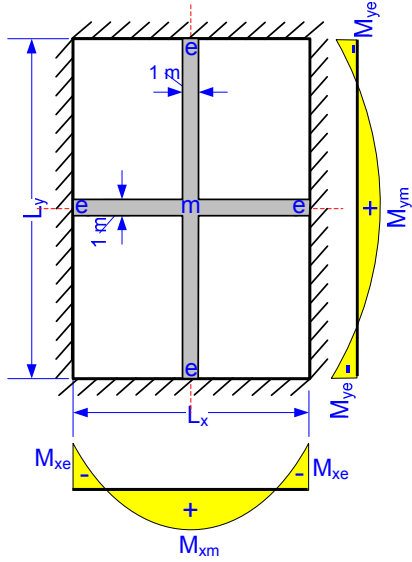
•Köşelerde 45° açılı eğik çatlaklar oluşur. Ağ şeklindeki donatı bu çatlakları da sınırlar, çoğu kez ayrıca donatı gerekmez.

Plağın donatılması: Momenti karşılayacak donatı çap ve aralığı hesaplanır, kalıp planında plak üzerine bir pilye bir düz çizilir, çap ve aralığı yazılır.

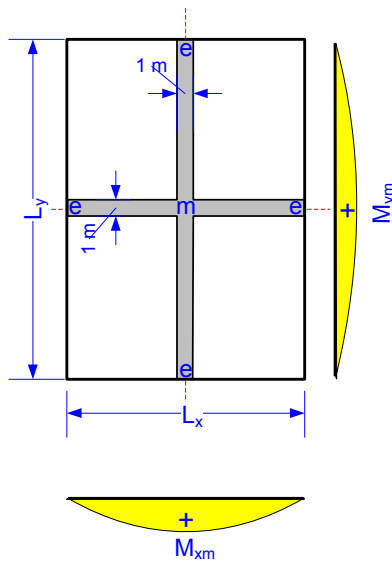
Dört tarafından kirişlere serbest oturan kare deney plağı:



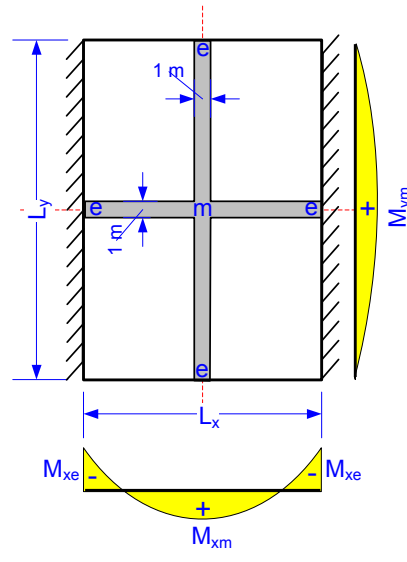
Plak moment diyagramları



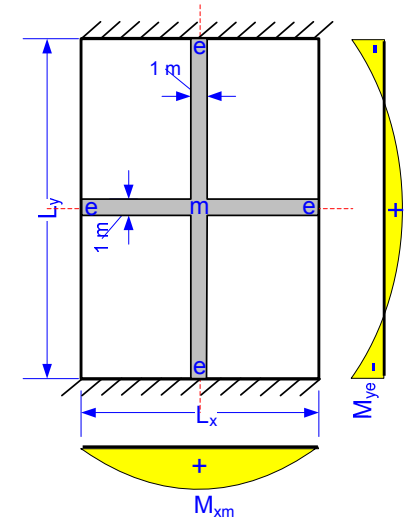
Dört kenar sürekli
(iki ucu ankastre kiriş benzeri
moment diyagramı)



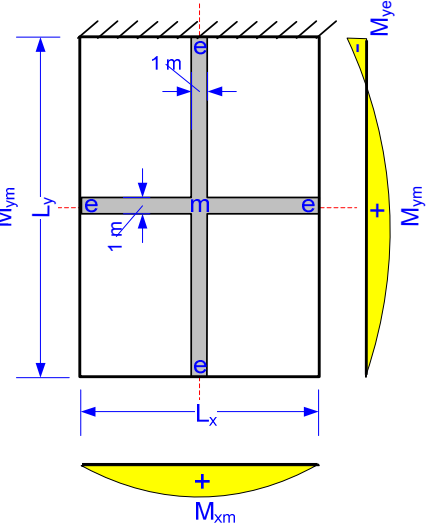
Dört kenar sürekli
(basit kiriş benzeri
moment diyagramı)



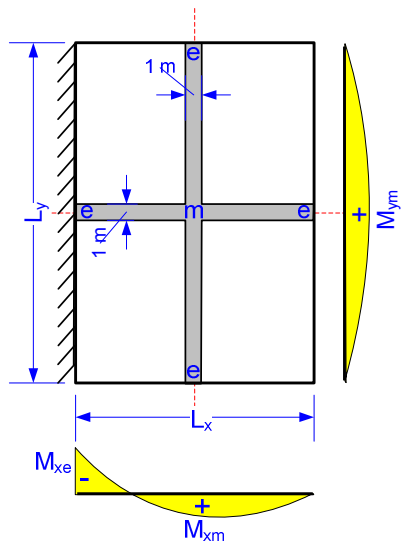
İki kısa kenar sürekli
İki uzun kenar sürekli



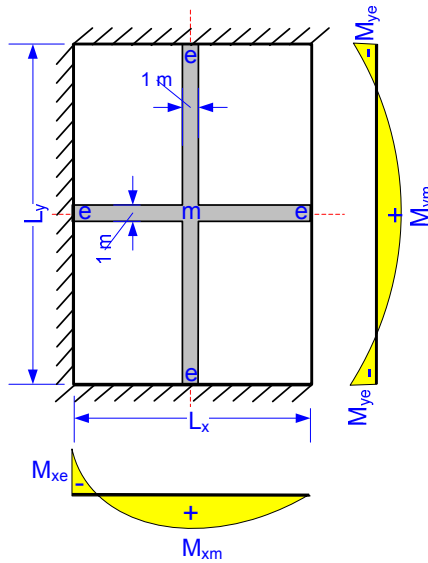
İki uzun kenar sürekli
İki kısa kenar sürekli



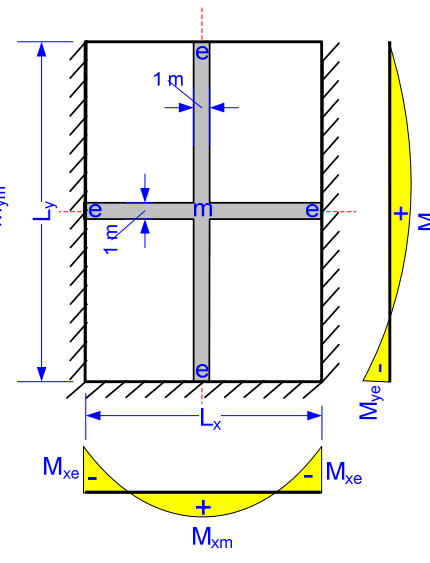
Üç kenar sürekli
Bir kenar sürekli



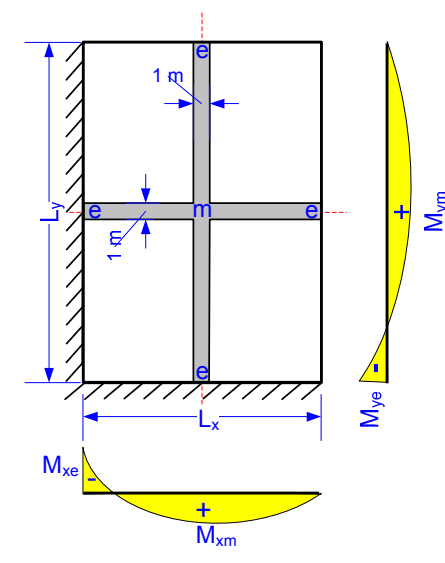
Üç kenar sürekli
Bir kenar sürekli



Bir kenar sürekli
Üç kenar sürekli



Bir kenar sürekli
Üç kenar sürekli



İki komşu kenar sürekli
İki komşu kenar sürekli

Uygulamada karşılaşılan döşemelerin çoğu

1. Dikdörtgen geometrilidir
2. Düzgün yayılı yükle yüklüdür
3. Dört tarafından kirişlere otururlar.

Bu üç koşula uyan döşemelerin momentleri TS 500-2000 Çizelge 11.1, sayfa 56 da verilen tablo yardımıyla çok basit bir yolla hesaplanır. Bu tablonun benzeri aşağıda verilmiştir. Tabloda kenarların sürekli veya süreksiz olmasına bağlı olarak 7 farklı döşeme tipi vardır. Döşemenin ortasından geçen her iki doğrultudaki 1 m'lik şeritlerin açıklık ve mesnetlerinde oluşan M_{xm} , M_{xe} , M_{ym} ve M_{ye} tasarım momentleri

$$M_d = \frac{1}{1000} \alpha P_d L_{knet}^2$$

bağıntısından hesaplanırlar. Momentin birimi kN·m/m dir.

Dört kenarından kirişlere oturan döşemelerde α sayıları

	Kısa açıklık doğrultusunda α								Uzun açıklık doğrultusunda α
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.75	2.0	
1	-33 +25	-40 +30	-45 +34	-50 +38	-54 +41	-59 +45	-70 +53	-83 +62	-33 +25
2	-42 +31	-47 +35	-53 +40	-57 +43	-61 +46	-65 +49	-75 +56	-85 +64	-41 +31
3	-49 +37	-56 +42	-62 +47	-66 +50	-70 +53	-73 +55	-82 +62	-90 +68	-49 +37
4	-56 +44	-61 +46	-65 +49	-69 +51	-71 +53	-73 +55	-77 +58	-80 +60	000 +44
5	000 +44	000 +53	000 +60	000 +65	000 +68	000 +71	000 +77	000 +80	-56 +44
6	-58 +44	-65 +49	-71 +54	-77 +58	-81 +61	-85 +64	-92 +69	-98 +74	-58 +44
7	000 +50	000 +57	000 +62	000 +67	000 +71	000 +75	000 +81	000 +83	000 +50

$$m = \frac{L_u}{L_k}$$

Döşeme tipleri

α sayıları

Artı değerler açıklık momentlerine, eksi değerler mesnet momentlerine ait α değeridir. Buradaki α sayıları TS 500-2000 değerlerinin 1000 katıdır.

M_d : Döşemenin açıklık veya sürekli kenarındaki M_{xm} , M_{xe} , M_{ym} veya M_{ye} tasarım momentlerinden herhangi biri

P_d : Döşeme üstünde yayılı olan tasarım yükü

L_{knet} : kısa doğrultudaki net açıklık (çok geniş olamayan kirişlerde $L_{knet} \approx L_k$ alınabilir)

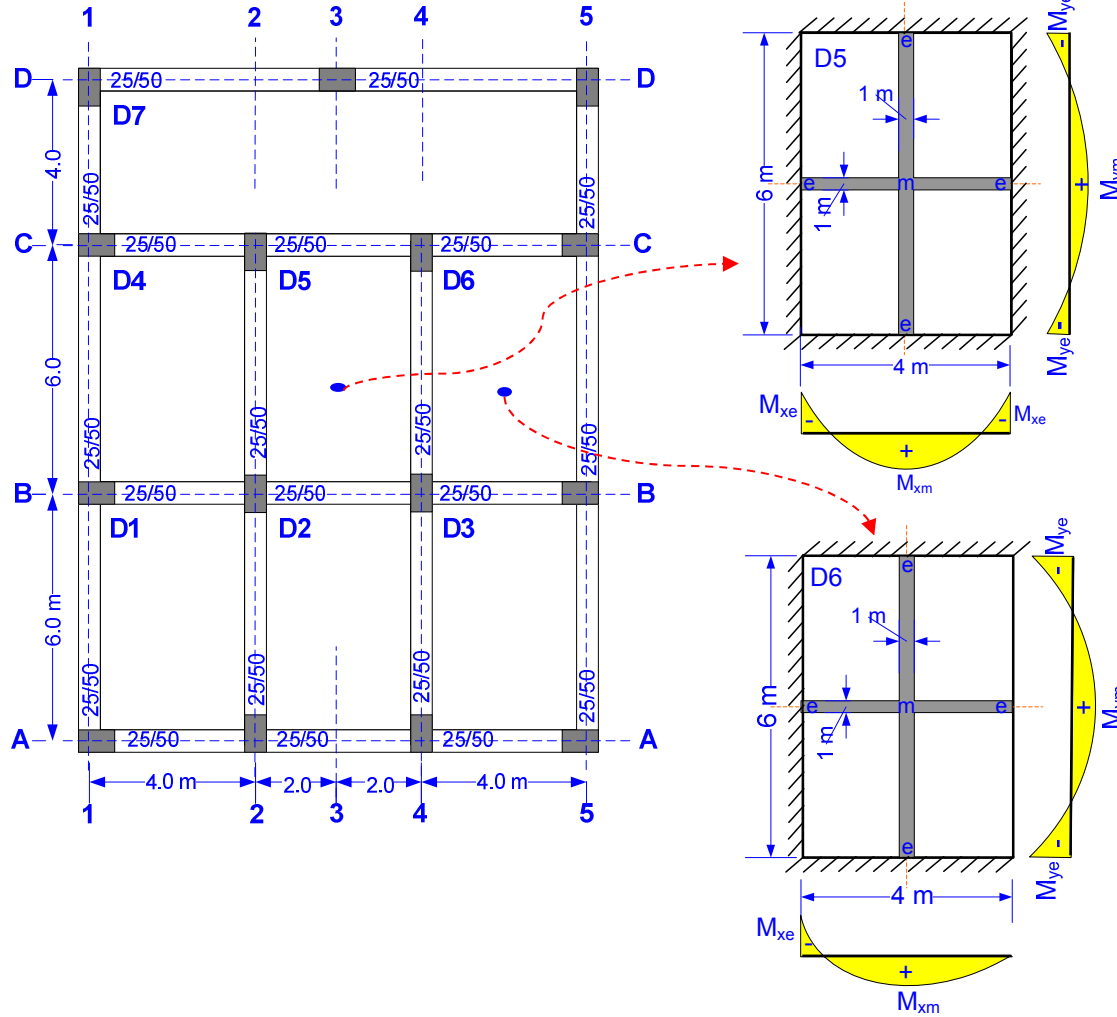
α : Tablodan alınacak katsayı. Kısa doğrultuda $m = L_u/L_k$ oranına bağlı olarak değişir, uzun doğrultuda m den bağımsızdır.

L_u : Uzun kenar, L_x ve L_y den büyük olanı.

L_k : Kısa kenar, L_x ve L_y den küçük olanı.

Örnek: Döşeme momentlerinin TS 500-2000 ile hesabı

Aşağıdaki tüm döşemelerin tümünde tasarım yükü $P_d=9.56 \text{ kN/m}^2$ dir. D5, D6 ve D7 döşemesinin tasarım momentlerini belirleyiniz.



D5 döşemesinde:

Döşeme tipi:1 (dört kenar sürekli)

$m=6/4=1.5 < 2$ (iki doğrultuda çalışan döşeme)

$$M_{xm} = (45/1000) \cdot 9.56 \cdot 4^2 = 6.88 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{xe} = (-59/1000) \cdot 9.56 \cdot 4^2 = -9.02 \text{ "}$$

$$M_{ym} = (25/1000) \cdot 9.56 \cdot 4^2 = 3.82 \text{ "}$$

$$M_{ye} = (-33/1000) \cdot 9.56 \cdot 4^2 = -5.05 \text{ "}$$

D6 döşemesinde:

Döşeme tipi:2 (bir kenar süresiz)

$m=6/4=1.5 < 2$ (iki doğrultuda çalışan döşeme)

$$M_{xm} = (49/1000) \cdot 9.56 \cdot 4^2 = 7.50 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{xe} = (-65/1000) \cdot 9.56 \cdot 4^2 = -9.94 \text{ "}$$

$$M_{ym} = (31/1000) \cdot 9.56 \cdot 4^2 = 4.74 \text{ "}$$

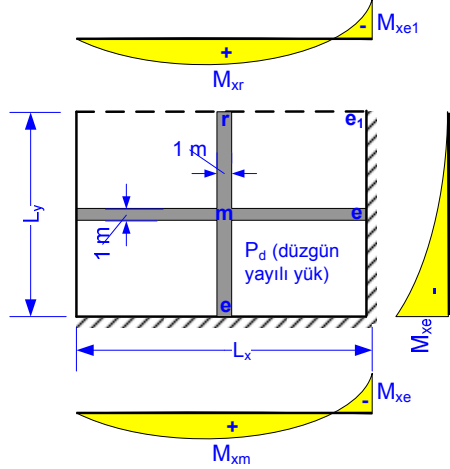
$$M_{ye} = (-41/1000) \cdot 9.56 \cdot 4^2 = -6.27 \text{ "}$$

Kısa doğrultudaki momentlerin uzun doğrultu momentlerinden büyük olduğuna dikkat ediniz.

Boşta kenarları olan veya yükü düzgün yayılı olmayan dikdörtgen plaklarda moment hesabı: ÇETMELİ tabloları

Uygulamada bazı kenarları kirişlere oturmayan, bir veya birkaç kenarı boşta olan veya yükleri düzgün yayılı, üçgen, tekil, vb. olabilen döşemelere rastlanır. Balkon ve merdiven kat sahanlık döşemeleri örnek olarak gösterilebilir. Her tür yapıda en az bir iki tane bulunan bu tür döşemelerin statik hesapları **TS 500-2000 tabloları ile yapılamaz!** Çözüm için ya bilgisayar kullanılmalı ya da bu amaca yönelik başka tablolardan^{1, 2} yararlanılmalıdır:

Bir kenarı boşta düzgün yayılı yüklü plak:



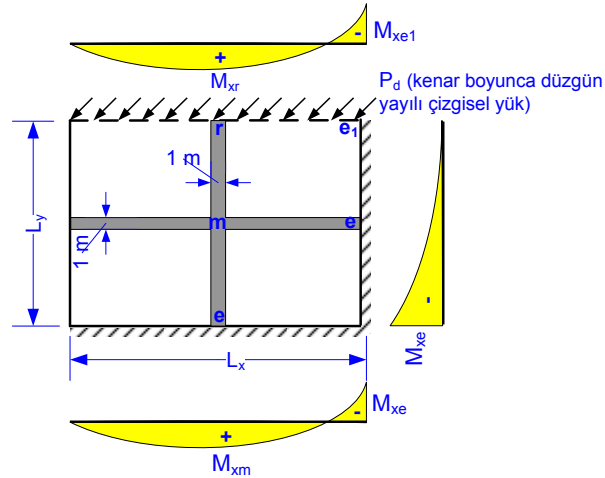
$$K = p_d L_x L_y, \quad \varepsilon = \frac{L_y}{L_x}, \quad M_d = \frac{K}{\alpha}$$

L_x bu örnekte boşta kenara paralel kenardır

$\varepsilon \rightarrow$	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
M_{xr}	58.3	43.3	27.0	19.5	16.5	15.3	15.1	15.4	16.0	16.8	17.9	19.0	20.2	21.5
M_{xe1}	-10.8	-8.7	-6.8	-6.1	-6.0	-5.3	-6.5	-7.0	-7.6	-8.3	-9.0	-9.7	-10.5	-11.2
M_{xm}	118.0	97.0	61.7	43.3	34.0	29.2	26.7	25.4	24.8	24.6	24.8	25.1	25.6	26.2
M_{xe}	-27.6	-22.3	-16.9	-14.2	-12.6	-11.8	-11.3	-11.2	-11.2	-11.4	-11.7	-12.0	-12.4	-12.9
M_{ym}	-56.1	-68.5	-183.0	254.0	109.0	82.0	75.4	76.2	81.6	90.1	102.0	118.0	138.0	163.0
M_{ye}	-9.0	-8.2	-7.6	-7.7	-8.2	-8.9	-9.8	-10.8	-11.9	-13.2	-14.3	-15.6	-17.0	-18.4

α sayıları

Boşta kenarı düzgün yayılı çizgisel yüklü plak:



$$K = p_d L_x, \quad \varepsilon = \frac{L_y}{L_x}, \quad M_d = \frac{K}{\alpha}$$

L_x bu örnekte boşta kenara paralel kenardır

$\varepsilon \rightarrow$	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
M_{xr}	22.2	16.8	10.6	7.8	6.52	6.0	5.7	5.6	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
M_{xe1}	-3.9	-3.1	-2.3	-2.0	-1.9	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.9
M_{xm}	73.0	50.8	30.3	21.3	18.1	17.2	17.5	18.8	20.9	23.8	27.5	32.2	38.0	45.5
M_{xe}	-14.9	-12.8	-11.0	-10.5	-10.7	-11.4	-12.7	-14.5	-17.0	-20.3	-24.5	-30.0	-37.2	-46.3
M_{ym}	-11.3	-11.4	-12.8	-15.0	-17.4	-19.6	-21.7	-23.9	-26.5	-29.5	-32.9	-37.0	-42.2	-48.2
M_{ye}	-4.9	-4.7	-4.8	-5.6	-7.1	-9.4	-12.9	-18.4	-26.8	-39.8	-60.6	-93.5	-148.0	-239.0

α sayıları

¹Çetmeli, E., Plaklar, İTÜ yayını, No.19, 1987.

²Czerny, F., Tafeln für Recteckplatten, Beton-Kalender, Wilhelm&Sohn (hemen her yıl yeniden yayınlanır).

Bir kenarı sürekli diğer kenarları boşta döşeme: konsol döşeme

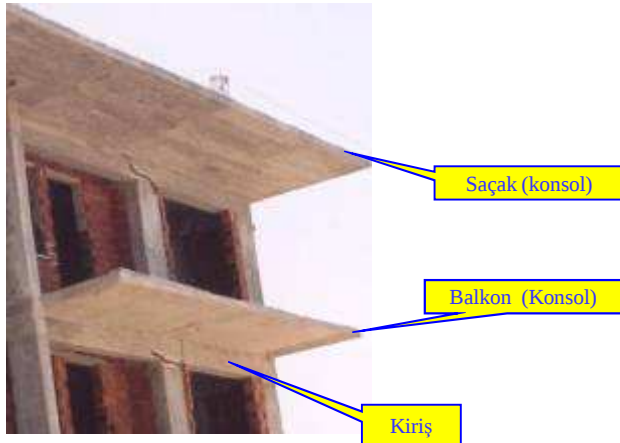
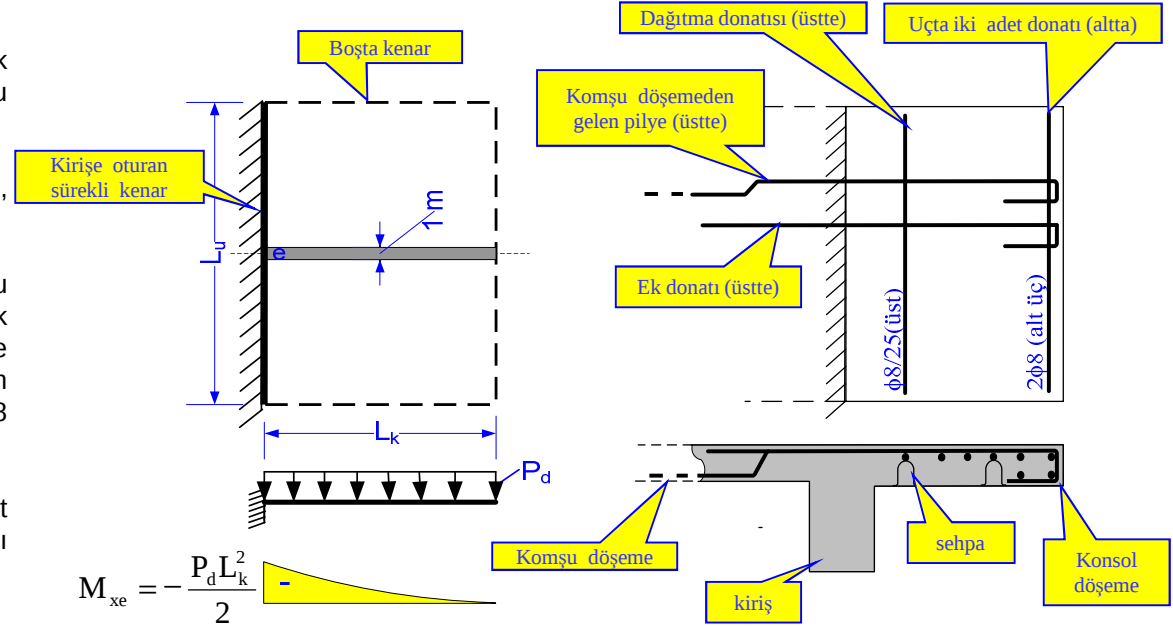
Yapıların yaklaşık 1.5-1.8 m kadar cephe dışına çıkan balkon ve saçak döşemelerinde görülür. Döşeme sadece bir kenar boyunca yapıya bağlıdır. Bu nedenle, hesap hatası yada yapım kusuru sonucunda çok kolay göçerler.

Döşemenin kirişe oturan kenarı sürekli dir. Döşeme konsol çalışır. Statik hesap, birim genişlikteki ve aynı plak yükü P_d ile yüklü konsol kiriş gibi yapılır.

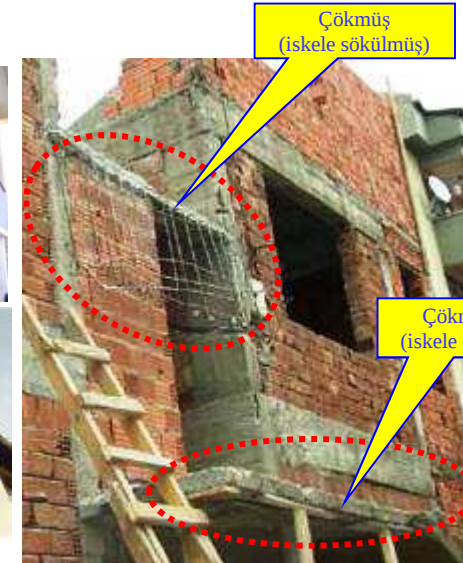
Sürekli mesnette oluşan negatif moment mesnet üstünde çekme oluşturur. Bu moment için hesaplanan donatı (ana donatı) mesnedin üstüne konur ve plak ucuna kadar düz olarak uzatılır. Montaj kolaylığı sağlaması ve donma-çözülme etkilerini azaltması için ana donatıların ucu aşağı kıvrılarak bir miktar (30 cm kadar) döşemenin altında geriye doğru uzatılır. Plak ucunun altına bir veya iki $\phi 8$ çubuk konarak kıvrılan uçlara bağlanır.

Plagın uzun doğrultusunda moment yoktur. Ancak, konstrüktif olarak plak üst tarafına $\phi 8/25$ minimum donatı konur (dağıtma donatısı) ve ana donatı çubuklarına bağlanırlar.

Beton dökümü sırasında üstteki donatıların ezilerek plak altına doğru yer değiştirmesi çok karşılaşılan bir hatadır, yer yer (her m de en az bir adet) konulacak sehpa larla önlenmelidir. Aksi halde, kalıp alınır alınmaz, konsol döşeme göçecektir.



Donma-çözülme etkileri



İnşaat sırasında göçmüş konsol döşeme



Düğünde göçmüş balkon

İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerde sınır değerler (TS 500-2000)

Kenarların oranı m:

$$m = \frac{L_{uzun}}{L_{kisa}} = \frac{L_u}{L_k} \leq 2$$

Döşeme betonu kalınlığı h:

$$h \geq \frac{L_{knet}}{15 + \frac{20}{m}} \left(1 - \frac{\alpha_s}{4}\right)$$

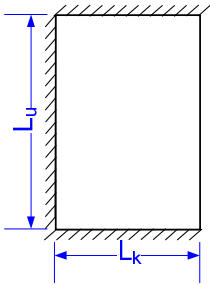
$$h \geq 80 \text{ mm}$$

$h \geq 100 \text{ mm}$ (önerilen)

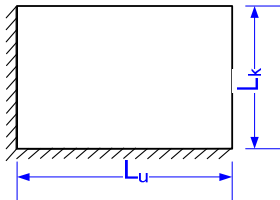
$h \geq 150 \text{ mm}$ (konsol, üzerinden taşıt geçen döşemelerde, önerilen)

$h \geq 150 \text{ mm}$ (merdiven sahanlıklarında, büyük boşluklu döşemelerde, önerilen)

α_s : Sürekli kenar uzunlukları toplamının döşeme çevresine oranıdır. Örnek:



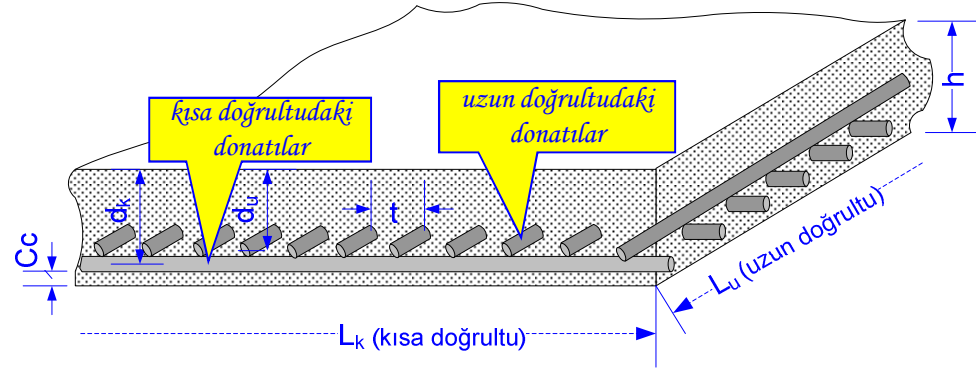
$$\alpha_s = \frac{2L_k + L_u}{2L_k + 2L_u}$$



$$\alpha_s = \frac{L_u + L_k}{2L_k + 2L_u}$$

•**Döşeme çok ince olmamalı:** Deprem kuvvetini iletemez, sarkar, sallanır, konfor rahatsızlığı veririr.

•**Döşeme çok kalın olmamalı:** Yapı ağırlaşır, deprem kuvveti büyür, yapı maliyeti artar.



Donatı aralığı t:

$t \leq 1.5 h$ (her iki doğrultuda)

$t \leq 200 \text{ mm}$ (kısa doğrultuda)

$t \leq 250 \text{ mm}$ (uzun doğrultuda)

$t \geq 50 \text{ mm}$ (öneri)

Donatı çapı ϕ :

$\phi \geq 8 \text{ mm}$ (çubuk)

$\phi \geq 5 \text{ mm}$ (hasır)

Donatı oranları ρ_k , ρ_u , ρ :

$\rho_k \geq 0.0015$

$\rho_u \geq 0.0015$

$\rho \geq 0.004$ (S220 için)

$\rho \geq 0.0035$ (S420 ve S500 için)

Net beton örtüsü C_c :

$C_c \geq 15 \text{ mm}$ (kısa doğrultuda)

Faydalı yükseklikler d_k , d_u :

$d_k \approx h - (C_c + 5) \text{ mm} \approx h - 20 \text{ mm}$

$d_u \approx h - (C_c + 15) \text{ mm} \approx h - 30 \text{ mm}$

Beton sınıfı: C16-C50 (C20/25 ve üstü önerilir)

Çelik sınıfı: Her tür çelik (S420a veya B 420C önerilir)

Donatı oranının tanımı:

$$\rho_k = \frac{A_{sk}}{1000d_k} \quad \left. \begin{array}{l} \rho_u = \frac{A_{su}}{1000d_u} \end{array} \right\} \begin{array}{l} (A_{sk}, A_{su} \text{ mm}^2, d_k \text{ ve } d_u \text{ mm} \\ \text{cinsinden}) \end{array}$$

$$\rho = \rho_k + \rho_u \quad (\text{Toplam donatı oranı})$$

A_{sk} : 1000 mm lik şeritteki donatı alanı (kısa doğrultuda)

A_{su} : 1000 mm lik şeritteki donatı alanı (uzun doğrultuda)

d_k : faydalı yükseklik (kısa doğrultuda)

d_u : faydalı yükseklik (uzun doğrultuda)

ρ_k : donatı oranı (kısa doğrultuda, 1m lik plak şeridinde)

ρ_u : donatı oranı (uzun doğrultuda, 1m lik plak şeridinde)

Bir doğrultuda çalışan kirişli döşemelerde sınır değerler (TS 500-2000)

Kenarların oranı m:

$$m = \frac{L_{uzun}}{L_{kisa}} = \frac{L_u}{L_k} > 2$$

Döşeme betonu kalınlığı h:

$h \geq L_{knet}/25$ (basit mesnetli, tek açıklıklı döşemelerde)

$h \geq L_{knet}/30$ (sürekli döşemelerde)

$h \geq L_{knet}/12$ (konsol döşemelerde)

$h \geq 80$ mm

$h \geq 120$ mm (üzerinden taşıt geçen döşemelerde)

$h \geq 100$ mm (önerilen)

$h \geq 150$ mm (konsol ve üzerinden taşıt geçen döşemelerde, önerilen)

$h \geq 150$ mm (merdiven sahanlıklarında ve büyük boşluklu döşemelerde, önerilen)

•**Döşeme çok ince olmamalı:** Deprem kuvvetini iletemez, sarkar, sallanır, konfor rahatsızlığı veririr.

•**Döşeme çok kalın olmamalı:** Yapı ağırlaşır, deprem kuvveti büyür, yapı maliyeti artar.

Donatı aralığı t :

$t \leq 1.5 h$ (kısa doğrultuda)

$t \leq 200$ mm (kısa doğrultuda)

$t \leq 300$ mm (uzun doğrultuda)

$t \leq 250$ mm (uzun doğrultuda öneri)

Donatı çapı ϕ :

$\phi \geq 8$ mm (çubuk)

$\phi \geq 5$ mm (hasır)

Donatı oranı ρ_k :

$\rho_k \geq 0.003$ (S220 için)

$\rho_k \geq 0.002$ (S420 ve S500 için)

Net beton örtüsü C_c :

$C_c \geq 15$ mm (kısa doğrultuda)

Faydalı yükseklikler d_k , d_u :

$d_k \approx h - (C_c + 5)$ mm $\approx h - 20$ mm

$d_u \approx h - (C_c + 15)$ mm $\approx h - 30$ mm

Dağıtma donatısı A_{su} :

$A_{su} \geq A_{sk}/5$ (dağıtma donatısı)

Ek donatı A_{sek} :

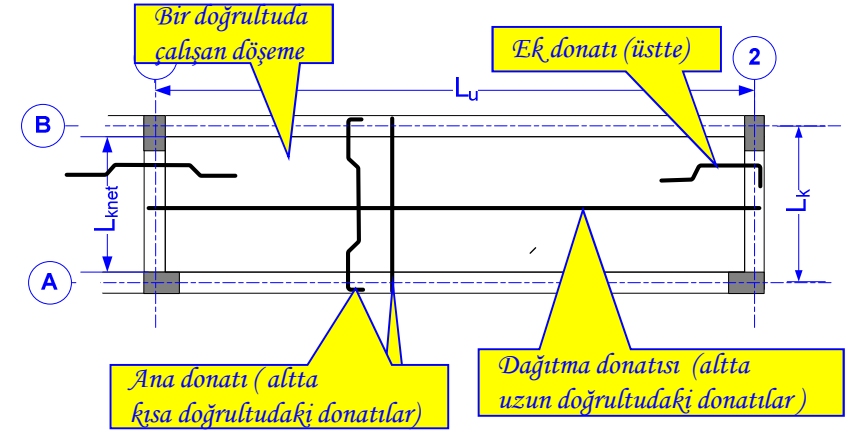
$A_{sek} \geq 0.60 A_{sk}$ (ek donatı)

$A_{sek} \geq 250$ mm² (S220 için)

$A_{sek} \geq 170$ mm² (S420 ve S500 için)

Beton sınıfı: C16-C50 (C20/25 ve üstü önerilir)

Çelik sınıfı: Her tür çelik (S420a ve B 420C önerilir)



Donatı oranının tanımı:

$$\rho_k = \frac{A_{sk}}{1000d_k} \quad (A_{sk} \text{ mm}^2, d_k \text{ mm cinsinden})$$

A_{sk} : 1000 mm lik şeritteki donatı alanı (kısa doğrultuda)

A_{su} : 1000 mm lik şeritteki donatı alanı (uzun doğrultuda)

A_{sek} : 1000 mm lik şeritteki ek donatı alanı (kısa kenar mesnetlerinde)

d_k : faydalı yükseklik (kısa doğrultuda)

ρ_k : donatı oranı (kısa doğrultuda, 1m lik plak şeridinde)

Betonarme hesap-donatı hesabı

Döşemenin açıklık ve mesnetlerindeki M_d tasarım momentleri 1 m lik döşeme şeridi için hesaplandığından ve döşeme kalınlığı h sabit olduğundan, kesit $1000 \times h$ boyutlu dikdörtgen olur. Bu nedenle donatı hesabı, hem mesnet hem de açıklık momenti için, tek donatılı dikdörtgen kiriş gibi yapılır. Döşemelere basınç donatısı ve etriye konmaz. Denge altı donatı koşulu hemen hep sağlanır, kontrol genelde yapılmaz. Tüm döşemelerin önce açıklık sonra mesnet donatıları hesaplanır.

Donatı hesabında ve yerleştirilmesinde TS 500-2000 sınır değerlerini mutlaka uyulur.

Açıklıkta donatı hesabı:

Kısa doğrultuda:

Net beton örtüsü 15 mm (genelde hep 15 mm),
faydalı yükseklik $d \approx h - \text{net beton örtüsü} - 5 \text{ mm} \approx h - 20 \text{ mm}$ alınır.
Hesaplanan donatı kısa doğrultuda ve alta konur.

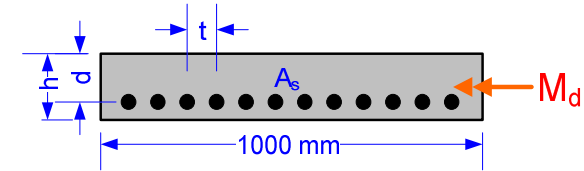
Uzun doğrultuda:

Faydalı yükseklik $d \approx h - \text{net beton örtüsü} - 15 \text{ mm} \approx h - 30 \text{ mm}$ alınır.
Hesaplanan donatı uzun doğrultuda alta, kısa doğrultudaki donatının üstüne konur.

Bilinenler: Malzeme (beton ve çelik sınıfları), kesit boyutları, faydalı yükseklik ve tasarım momenti.

İstenen: Döşemenin her 1 m genişliğindeki şeridine konacak A_s donatı alanı.

Çözüm: M. R. AYDIN, U. ERSOY tabloları veya benzeri bir tablo kullanılarak A_s belirlenir.



M. R. AYDIN tablolarına göre: k_h hesaplanır, beton sınıfına ait sütunda k_h değeri bulunur (gerekirse interpolasyon!), buna karşılık gelen k_s değeri okunur, A_s hesaplanır. Bir sonraki sayfada verilen tablo yardımıyla A_s alanı uygun donatı çapı ve adımına dönüştürülerek döşeme üzerine 1 pilye 1 düz olarak çizilir. Çap, adım ve çubuk boyu donatı üzerine yazılır. Örneğin: $\phi 8/360 \text{ L}=6400$.

U. ERSOY tablolarına göre: K hesaplanır, beton sınıfına ait sütunda K değeri bulunur (gerekirse interpolasyon!), buna karşılık gelen j değeri okunur, A_s hesaplanır. Bir sonraki sayfada verilen tablo yardımıyla A_s alanı uygun donatı çapı ve adımına dönüştürülerek döşeme üzerine 1 pilye 1 düz olarak çizilir. Çap, adım ve çubuk boyu donatı üzerine yazılır. Örneğin: $\phi 8/360 \text{ L}=6400$.

•Döşemelerde $\phi 8$ ve $\phi 10$ çaplı çubuklar tercih edilir.

•Bir doğrultuda çalışan döşemelerde uzun doğrultuda sadece düz donatı (dağıtma donatısı) konur, pilye konmaz! Bu tür döşemelerin kısa kenarlarına mutlaka, yönetmeliğin öngördüğü kadar, ek donatı konur.

Mesnette donatı hesabı:

İki komşu döşemenin ortak mesnedinde farklı momentler oluşur. Komşu döşeme kalınlıkları da farklı olabilir. Hangi moment ve hangi kalınlık betonarme hesaba esas alınacak sorusu ortaya çıkar. Bu konuda farklı yaklaşımlar vardır. El hesapları için en basit yolu izlemek yeterlidir: Büyük olan moment M_d olarak ve bu momentin oluştuğu plağın kalınlığı da h olarak alınır.

Pas payı en az 15 mm (genelde hep 15 mm),

Faydalı yükseklik $d \approx h - \text{net beton örtüsü} - 5 \text{ mm} \approx h - 20 \text{ mm}$ alınır.

Gerekli donatı alanı A_s hesaplanır.

Aynı mesnette komşu döşeme açıklıklarından gelen pilyeler (genelde) vardır. Komşu döşemelerin pilyelerinin toplam alanı A_{spilye} belirlenir.

$A_{sek} = A_s - A_{spilye}$ konulması gereken ek donatı alanı olur.

Yandaki tablo yardımıyla A_{sek} donatı alanı uygun donatı çapı ve adımına dönüştürülerek mesnedin üstüne çizilir. Çap, adım ve çubuk boyu donatı üzerine yazılır. Örneğin: $\phi 10/200$ $L=2200$.

Ek donatının t aralığı en fazla 330 mm dir. Mesnet donatılarında t için başkaca bir kısıtlama yoktur.

Konstrüktif donatılar:

Yönetmeliklerin öngördüğü veya mühendisin deneyim ve önsezisine dayalı, hesap dışı konulan donatılardır. Montaj donatısı, dağıtma donatısı, sehpa, donma çözülme donatıları örnek olarak verilebilir.

Hesaplarda kullanılacak birimler:

Aşağıda verilen birimler kullanım açısından genelde uygundur:

Malzeme dayanımı : N/mm^2

Moment: $kN \cdot m/m$

Faydalı yükseklik ve kesit genişliği: mm

Donatı alanı: mm^2



100 cm döşeme genişliği için donatı alanları (mm^2)

t (cm)	ϕ (mm)									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
5.0	565	1005	1571	2262	3079	4021	5089	6283	7603	9040
5.5	514	914	1428	2056	2799	3656	4627	5712	6912	8225
6.0	472	838	1309	1885	2566	3351	4241	5236	6336	7540
6.5	435	773	1208	1740	2368	3093	3915	4833	5848	6960
7.0	404	718	1122	1616	2199	2873	3636	4487	5430	6463
7.5	377	670	1047	1508	2052	2681	3393	4188	5068	6032
8.0	353	628	982	1414	1924	2514	3181	3926	4751	5655
8.5	333	591	924	1331	1811	2366	2994	3695	4472	5322
9.0	314	559	873	1257	1710	2234	2828	3490	4223	5027
9.5	298	529	827	1190	1620	2117	2679	3306	4001	4762
10.0	283	503	785	1131	1539	2011	2545	3141	3801	4524
10.5	269	479	748	1077	1466	1915	2424	2991	3620	4309
11.0	257	457	714	1028	1399	1828	2314	2855	3455	4113
11.5	246	437	683	983	1339	1749	2213	2731	3305	3934
12.0	236	419	654	942	1283	1676	2121	2617	3167	3770
12.5	226	402	628	905	1232	1609	2036	2513	3041	3619
13.0	217	387	604	870	1184	1547	1958	2416	2924	3480
13.5	209	372	582	838	1140	1490	1885	2327	2816	3351
14.0	202	359	561	808	1100	1436	1818	2244	2715	3231
14.5	195	347	542	780	1062	1387	1755	2166	2621	3120
15.0	189	335	524	754	1026	1341	1697	2094	2534	3016
15.5	182	324	507	730	993	1297	1642	2027	2452	2919
16.0	177	314	491	707	962	1257	1590	1964	2376	2828
16.5	171	305	476	685	933	1219	1542	1904	2304	2741
17.0	166	296	462	665	905	1183	1497	1848	2236	2661
17.5	162	287	449	645	880	1149	1454	1795	2172	2585
18.0	157	279	436	628	855	1117	1414	1746	2112	2513
18.5	153	272	425	611	832	1087	1376	1698	2055	2445
19.0	149	265	413	595	810	1058	1339	1654	2001	2381
19.5	145	258	403	580	789	1031	1305	1611	1949	2320
20.0	141	251	393	565	769	1005	1272	1572	1901	2262
21.0	135	239	374	539	733	957	1212	1496	1810	2154
22.0	129	228	357	514	700	914	1157	1428	1728	2056
23.0	123	219	341	492	669	874	1106	1366	1653	1967
24.0	118	209	327	471	641	838	1060	1309	1584	1885
25.0	113	201	314	452	616	804	1018	1257	1521	1810
26.0	109	193	302	435	592	773	979	1208	1462	1740
27.0	105	186	291	419	570	745	942	1164	1408	1676
28.0	101	180	280	404	550	718	909	1122	1358	1616
29.0	97	173	271	390	531	693	877	1083	1311	1560
30.0	94	168	262	377	513	670	848	1047	1267	1508
31.0	91	162	253	365	497	649	821	1013	1226	1459
32.0	88	157	245	353	481	628	795	982	1188	1414
33.0	86	152	238	343	466	609	771	952	1152	1371

Not: $\phi 6$ eski projelerin kontrolü amaçlıdır. Yeni projelerde kullanılmaz.

•Seçilen donatının aralığı 1.5 h değerini aşmamalıdır!

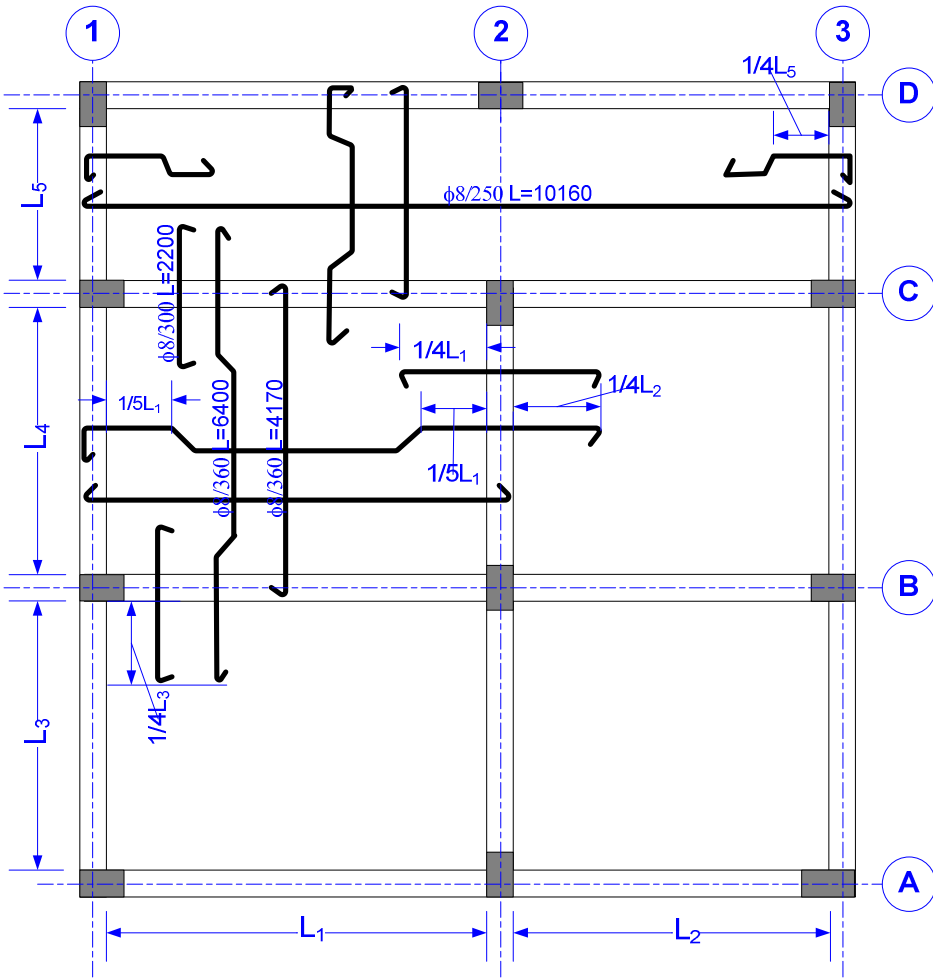
•Donatı aralığını 1.5 h ya yakın seçmek ekonomiktir.

alanlar

Donatının çizimi

Betonarme hesaplarda belirlenen döşeme donatıları kat kalıp planı üzerine çizilir. Çizimde aşağıda verilen noktalara dikkat edilir:

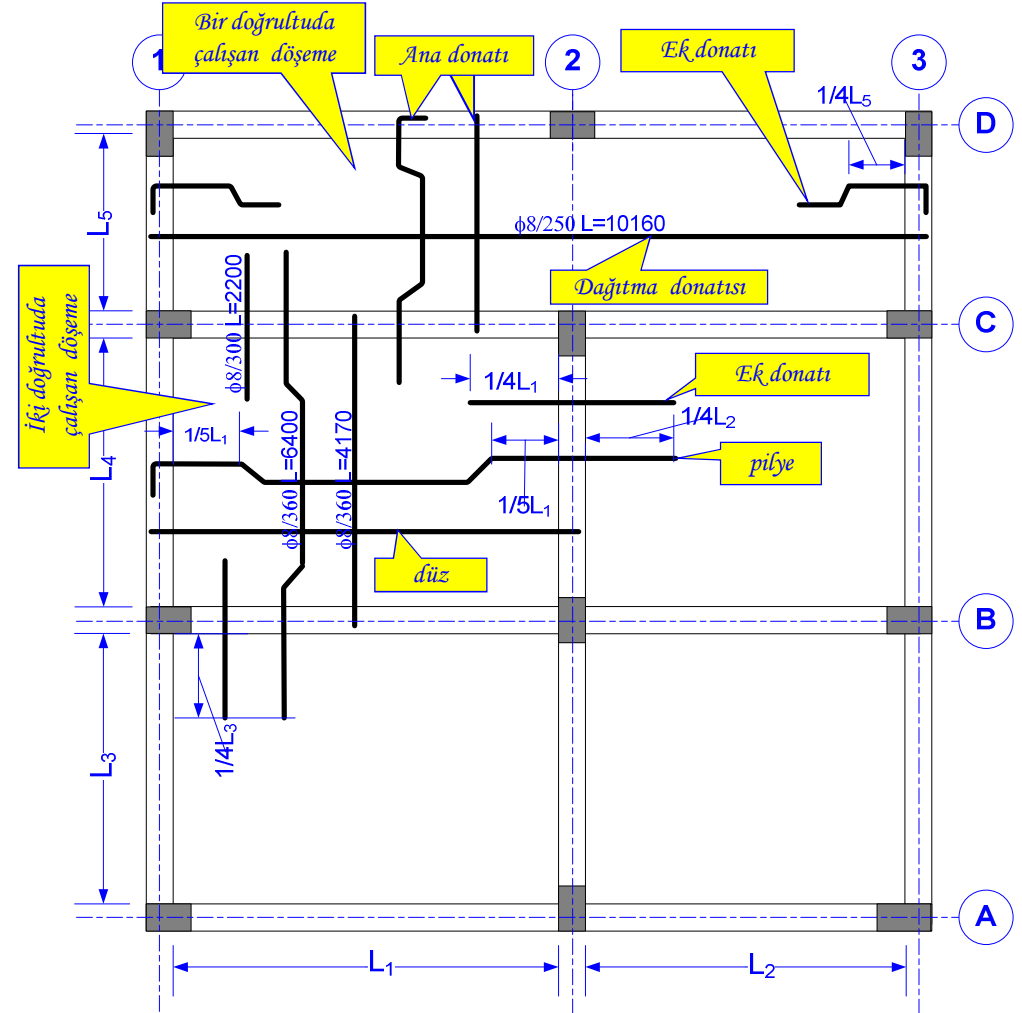
- İlk önce kısa doğrultudaki donatılar yerleştirilir. Uzun doğrultudaki donatı kısa donatılar üzerine yerleştirilir.
- Her donatı çubuğu üzerine çapı, aralığı (adımı) ve uzunluğu yazılır.
- İki doğrultuda çalışan döşemelerde her iki doğrultuda bir pilye bir düz donatı konur.
- Açıklıkta düz donatılar alttadır.
- Pilyelerin orta bölgesi altta, kenar bölgeleri üsttedir.
- Mesnet donatıları (ek donatılar) üsttedir.
- Pilye ve ek donatılar komşu döşemenin net açıklığının 1/4 üne kadar uzatılır. Pilyelerin üst kırılma noktasının kiriş yüzüne mesafesi net açıklığın 1/5 i olmalıdır. Döşeme kalınlıkları farklı olabileceğinden, düz donatılar komşu döşeme açıklığına uzatılmaz.
- Bir doğrultuda çalışan döşemelerde; ana donatı (kısa doğrultudaki donatı) bir pilye bir düz olarak konur. Uzun doğrultuda sadece düz donatı (dağıtma donatısı) konur, pilye konmaz. Kısa kenarlara yönetmeliğin öngördüğü ek mesnet donatılar konur. Bu ek donatının görevi kısa kenar boyunca, az da olsa, oluşabilecek moment ve kesme kuvvetini karşılamaktır.
- Kullanılan çelik nervürlü ise, kenetlenmeyi sağlamak için, donatı uçlarına 135° kanca yapılır. Nervürlü çeliklerde bu kanca yapılmaz.
- Açıklıkta donatı aralığı t yönetmelik koşullarını sağlamalıdır, $t \leq 1.5 h$ koşulu çok önemlidir!
- Mesnet ek donatı aralığı $t \leq 330 \text{ mm}$ dir. Mesnet donatıları için $t \leq 1.5 h$ koşulu aranmaz.



Düz yüzeyli S 220 çelik çubukları için çizim(135° kanca var!)

NOT:

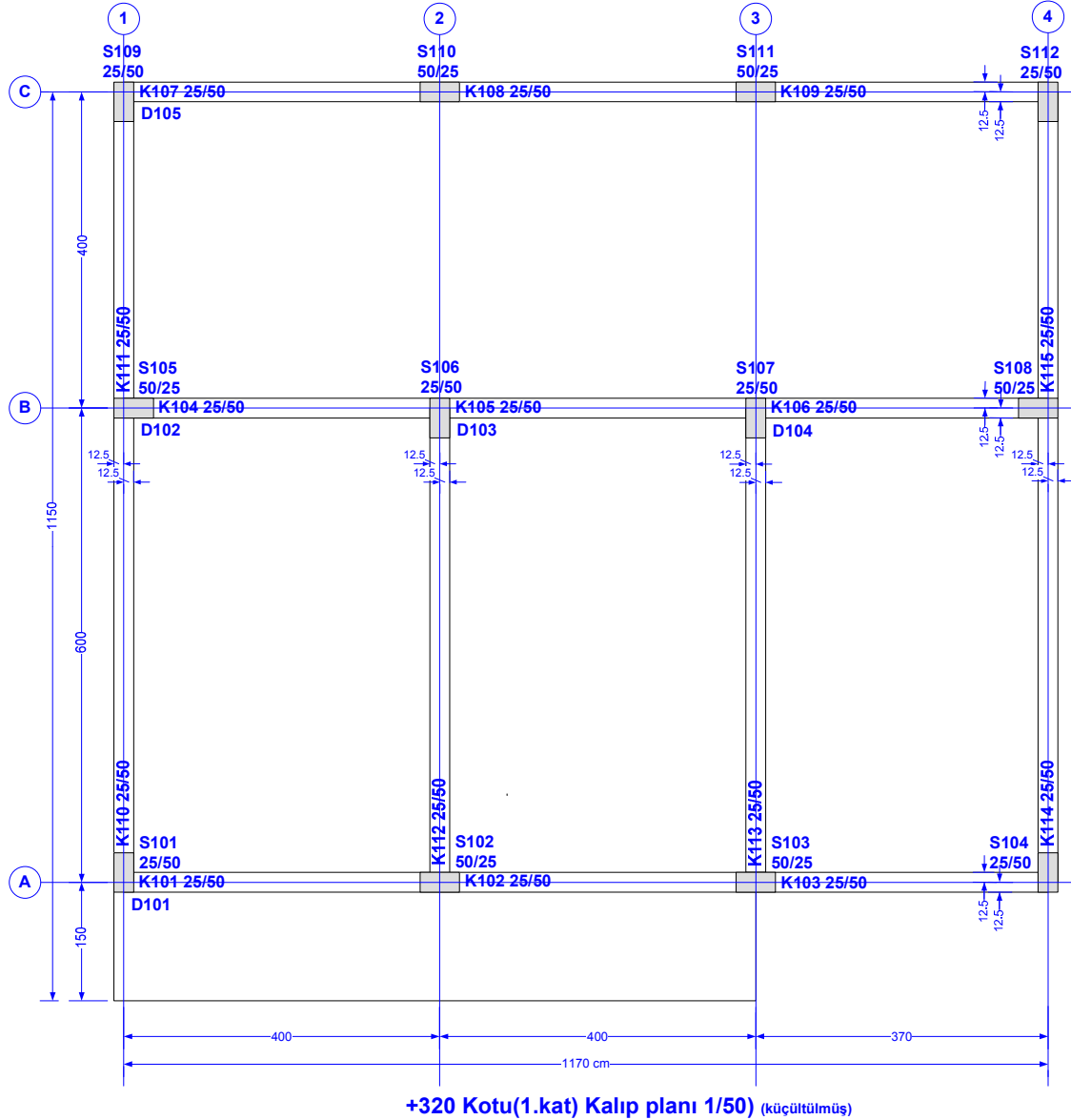
- Donatı çap, adım ve boyları örnektir.
- Düz yüzeyli S220 çeliği uygulamada artık kullanılmamaktadır.



Nervürlü veya profilili S 420 ve S 500 çelik çubukları için çizim (135° kanca yok!)

NOT: donatı çap, adım ve boyları örnektir.

Örnek: Bir katın döşemelerinin statik-betonarme hesap ve çizimi



Bir konutun +320 kotu kat kalıp planı verilmiştir. D101 balkon, D102, D103, D104 oda, D105 koridordur. Odalar meşe parke, diğer hacimler mermer kaplıdır. Kiriş ve kolon boyutları 25/50 cm'xm dir. Döşeme hesapları yapılacak ve gerekli çizimler hazırlanacaktır. Malzeme C20/25-B 420C, şantiye denetimi iyi.

ÇÖZÜM

Döşeme minimum kalınlıkları:

D101: $h \geq 1500/12 = 125 \text{ mm}$

D102: $m = 6/4 = 1.5 < 2$ (iki doğrultuda çalışıyor)

$$h \geq \frac{4000}{15 + \frac{20}{1.5}} \left(1 - \frac{14/20}{4}\right) = 116 \text{ mm}$$

D103: $m = 6/4 = 1.5 < 2$ (iki doğrultuda çalışıyor)

$$h \geq \frac{4000}{15 + \frac{20}{1.5}} \left(1 - \frac{20/20}{4}\right) = 106 \text{ mm}$$

D104: $m = 6/3.7 = 1.62 < 2$ (iki doğrultuda çalışıyor)

$$h \geq \frac{3700}{15 + \frac{20}{1.62}} \left(1 - \frac{9.7/19.4}{4}\right) = 119 \text{ mm}$$

D105: $m = 11.7/4 = 2.93 > 2$ (bir doğrultuda çalışıyor)

$$h \geq 4000/30 = 133 \text{ mm}$$

Seçilen:

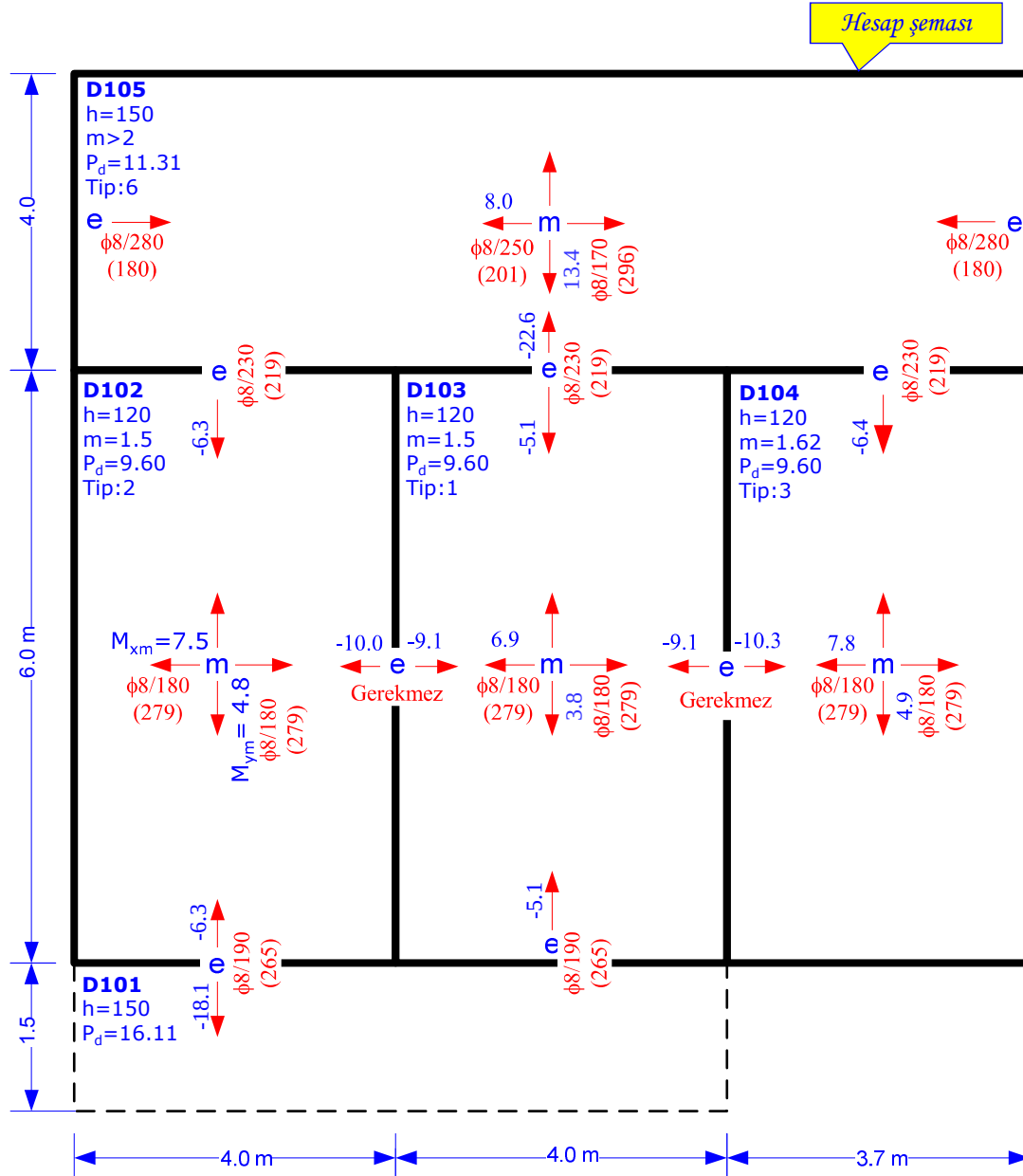
D101 için $h = 150 \text{ mm}$

D102, D103, D104 için $h = 120 \text{ mm}$

D105 için $h = 150 \text{ mm}$

Seçilen kalınlık minimuma yakın fakat altında olmamalıdır. Döşemenin gereksiz yere çok kalın seçilmesi de iyi değildir, yapıyı ağırlaştırır ve maliyeti çok artırır. Minimum kalınlıkları birbirine yakın olan döşemeler için ortak tek bir kalınlığa karar verilir. D101 döşemesi konsol olduğu için risklidir, bu nedenle biraz daha kalın, $h = 150 \text{ mm}$ seçildi. D102, D103 ve D104 döşemeleri için kalınlık aynı, $h = 120 \text{ mm}$ uygundur. D105 döşemesi için $h = 140 \text{ mm}$ seçilebilirdi, ancak Y yönünde 2 ve 3 aksı kirişleri süreksiz olduğundan deprem kuvvetini iletemezler, D105 in deprem kuvvetini Y yönünde daha iyi iletebilmesi için $h = 150 \text{ mm}$ alındı.

Sadece hesaplarda kullanılmak üzere, kat kalıp planının basit bir şeması hazırlanacak ve hesap bilgileri bu şema üzerine yazılacaktır. Belirlenen her yeni bilginin bu şemaya taşınması hem hesap hızını artırır hem de hata olasılığını azaltır. Hesap başlangıcında boş olan aşağıdaki şema son durumu göstermektedir. Şema yerine uygun bir tablo da hazırlanabilir. Şemadaki yatay oklar(→) x yönü, düşey oklar(↑) da y yönü bilgilerini içermektedir.



Döşeme yük analizleri:

D101:

Döşeme	$0.15 \cdot 25$	$= 3.75 \text{ kN/m}^2$
Tesviye	$0.05 \cdot 22$	$= 1.10 \text{ "}$
Kaplama	$0.02 \cdot 27$	$= 0.54 \text{ "}$
Sıva	$0.02 \cdot 20$	$= 0.40 \text{ "}$
		$g = 5.79 \text{ "}$
		$q = 5.00 \text{ "}$

$$p_d = 1.4 \cdot 5.79 + 1.6 \cdot 5.00 = 16.11 \text{ kN/m}^2$$

D102, D103, D104:

Döşeme	$0.12 \cdot 25$	$= 3.00 \text{ kN/m}^2$
Tesviye	$0.05 \cdot 22$	$= 1.10 \text{ "}$
Kaplama	$0.01 \cdot 6.9$	$= 0.07 \text{ "}$
Sıva	$0.02 \cdot 20$	$= 0.40 \text{ "}$
		$g = 4.57 \text{ "}$
		$q = 2.00 \text{ "}$

$$p_d = 1.4 \cdot 4.57 + 1.6 \cdot 2.00 = 9.60 \text{ kN/m}^2$$

D105:

Döşeme	$0.15 \cdot 25$	$= 3.75 \text{ kN/m}^2$
Tesviye	$0.05 \cdot 22$	$= 1.10 \text{ "}$
Kaplama	$0.02 \cdot 27$	$= 0.54 \text{ "}$
Sıva	$0.02 \cdot 20$	$= 0.40 \text{ "}$
		$g = 5.79 \text{ "}$
		$q = 2.00 \text{ "}$

$$p_d = 1.4 \cdot 5.79 + 1.6 \cdot 2.00 = 11.31 \text{ kN/m}^2$$

Katmanları ve hareketli yükü aynı olduğundan bu üç plâk için tek analiz yapıldı

Döşeme momentleri (TS 500-2000):

D101:

$$M_{ye} = -16.11 \cdot 1.5^2 / 2 = -18.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

D102:

$$M_{xm} = 0.049 \cdot 9.60 \cdot 4^2 = 7.5 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{xe} = -0.065 \cdot 9.60 \cdot 4^2 = -10.0 \text{ "}$$

$$M_{ym} = 0.031 \cdot 9.60 \cdot 4^2 = 4.8 \text{ "}$$

$$M_{ye} = -0.041 \cdot 9.60 \cdot 4^2 = -6.3 \text{ "}$$

D103:

$$M_{xm} = 0.045 \cdot 9.60 \cdot 4^2 = 6.9 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{xe} = -0.059 \cdot 9.60 \cdot 4^2 = -9.1 \text{ "}$$

$$M_{ym} = 0.025 \cdot 9.60 \cdot 4^2 = 3.8 \text{ "}$$

$$M_{ye} = -0.033 \cdot 9.60 \cdot 4^2 = -5.1 \text{ "}$$

D104:

$$M_{xm} = 0.059 \cdot 9.60 \cdot 3.7^2 = 7.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{xe} = -0.078 \cdot 9.60 \cdot 3.7^2 = -10.3 \text{ "}$$

$$M_{ym} = 0.037 \cdot 9.60 \cdot 3.7^2 = 4.9 \text{ "}$$

$$M_{ye} = -0.049 \cdot 9.60 \cdot 3.7^2 = -6.4 \text{ "}$$

D105:

$$M_{xm} = 0.044 \cdot 10.96 \cdot 4^2 = 8.0 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{ym} = 0.074 \cdot 10.96 \cdot 4^2 = 13.4 \text{ "}$$

$$M_{ye} = -0.098 \cdot 10.96 \cdot 4^2 = -17.7 \text{ "}$$

Kiriş momentleri ile kontrol:

$$M_{ym} (\text{kiriş}) = (9/128) \cdot 11.31 \cdot 4^2 = 12.7 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{ye} (\text{kiriş}) = - (1/8) \cdot 11.31 \cdot 4^2 = -22.6 \text{ "}$$

$M_{ym} = 13.4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ alınacak!

$M_{ye} = -22.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ alınacak!

Betonarme hesap:

Donatı hesap sırası:

1. Her döşemede $\rightarrow$ yönü ve $\uparrow$ yönü açıklık donatıları.
2. $\rightarrow$ yönü mesnet ek donatıları
3. $\uparrow$ yönü mesnet ek donatıları
4. Konstrüktif donatılar

$$f_{ck}=20, f_{cd}=13.3 \text{ kN/mm}^2$$

$$f_{yk}=420, f_{yd}=365.23 \text{ N/mm}^2$$

$$d_k=h-20, d_u=h-30 \text{ mm (a açıklıklarda)}$$

$$d=h-20 \text{ (mesnetlerde).}$$

Hesaplarda AYDIN tabloları kullanılmıştır. Aynı amaca yönelik başka bir tablo da kullanılabilir.

Açıklık donatıları:

D101: Açıklık momenti yok, hesapla belirlenecek donatı da yok.

D102/D103/D104:

$$\rightarrow M_{xm} = 7.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}, d_k=100 \text{ mm}$$

$$k_h = \frac{100}{100} \sqrt{\frac{1000}{7.8}} = 11.32 \rightarrow k_s = 0.287$$

$$A_{sk}=10^4 \cdot 0.287 \cdot 7.5/100=215 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Seç.: $\phi 8/180$ (279 mm²/m)

$$\uparrow M_{ym} = 4.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}, d_u=90 \text{ mm}$$

$$k_h = \frac{90}{100} \sqrt{\frac{1000}{4.8}} = 12.99 \rightarrow k_s = 0.285$$

$$A_{su}=10^4 \cdot 0.285 \cdot 4.8/90=152 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Seç.: $\phi 8/180$ (279 mm²/m)

$$\rho_k=279/(1000 \cdot 100)=0.0028>0.0015 \checkmark$$

$$\rho_u=279/(1000 \cdot 90)=0.0031>0.0015 \checkmark$$

$$\rho=0.0028+0.0031=0.0059>0.0035 \checkmark$$

$\rightarrow$ X yönü, $\uparrow$ Y yönü

D101, D102 ve D103 döşemelerinin kalınlığı aynıdır. Şema incelendiğinde bu döşemelerin açıklık momentlerinin birbirine çok yakın olduğu görülür. Birbirine yakın olan momentlerden en büyük olanlara göre hesaplanan donatı bu üç döşemeye yerleştirilir, böylece hesap yükü azaltılmış olur.

EK 9 daki tablo kullanılarak 215 mm² donatı alanı için uygun çap ve donatı aralığı $\phi 8/230$ olarak belirlendi. Ancak, donatı aralığı $\leq 1.5h$ koşulu nedeniyle $\phi 8/180$ olarak seçildi.

D105:

$$\rightarrow M_{xm} = 8.0 \text{ kN} \cdot \text{m/m}, d_u = 120 \text{ mm}$$

$$k_h = \frac{120}{100} \sqrt{\frac{1000}{8.0}} = 13.42 \rightarrow k_s = 0.285$$

$$A_{su} = 10^4 \cdot 0.285 \cdot 8.0 / 120 = 190 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Seç.: $\phi 8/250$ (201 mm²/m)

$$\uparrow M_{ym} = 13.4 \text{ kN} \cdot \text{m/m}, d_k = 130 \text{ mm}$$

$$k_h = \frac{130}{100} \sqrt{\frac{1000}{13.4}} = 11.23 \rightarrow k_s = 0.287$$

$$A_{sk} = 10^4 \cdot 0.287 \cdot 13.4 / 130 = 296 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Seç.: $\phi 8/170$ (296 mm²/m)

$$\rho_k = 296 / (1000 \cdot 130) = 0.0023 > 0.002 \checkmark$$

$$A_{sek} = 0.60 \cdot 296 = 178 \text{ mm}^2/\text{m} > 170 \checkmark$$

Seç.: $\phi 8/280$ (180 mm²/m)

Kontrol:

$$A_{su} = 201 \text{ mm}^2/\text{m} > A_{sk} / 5 = 296 / 5 = 59 \checkmark$$

Mesnet Donatıları:**D102-D103/D103-D104:**

$$\rightarrow M_{xe} = 10.3 \text{ kN} \cdot \text{m/m}, d = 100 \text{ mm}$$

$$k_h = \frac{100}{100} \sqrt{\frac{1000}{10.3}} = 9.85 \rightarrow k_s = 0.289$$

$$A_{se} = 10^4 \cdot 0.289 \cdot 10.0 / 100 = 289 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{spilye} = (279 + 279) / 2 = 279 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{sek} = 289 - 279 = 10 \approx 0 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ek donatı gerekmez!

D101-D102/D101-D103:

$$\uparrow M_{ye} = 18.1 \text{ kN} \cdot \text{m/m}, d = 130 \text{ mm}$$

$$k_h = \frac{130}{100} \sqrt{\frac{1000}{18.1}} = 9.66 \rightarrow k_s = 0.289$$

$$A_{se} = 10^4 \cdot 0.289 \cdot 18.1 / 130 = 402 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{spilye} = 279 / 2 = 140 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{sek} = 402 - 140 = 262 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Seç.: $\phi 8/190$ (265 mm²/m)

D102-D105/D103-D105/D104-D105:

$$\uparrow M_{ye} = 22.6 \text{ kN} \cdot \text{m/m}, d = 130 \text{ mm}$$

$$k_h = \frac{130}{100} \sqrt{\frac{1000}{22.6}} = 8.65 \rightarrow k_s = 0.292$$

$$A_{se} = 10^4 \cdot 0.292 \cdot 22.6 / 130 = 508 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{spilye} = (296 + 279) / 2 = 288 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{sek} = 508 - 288 = 220 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Seç.: $\phi 8/230$ (219 mm²/m)

Konstrüktif donatılar:**D101:**

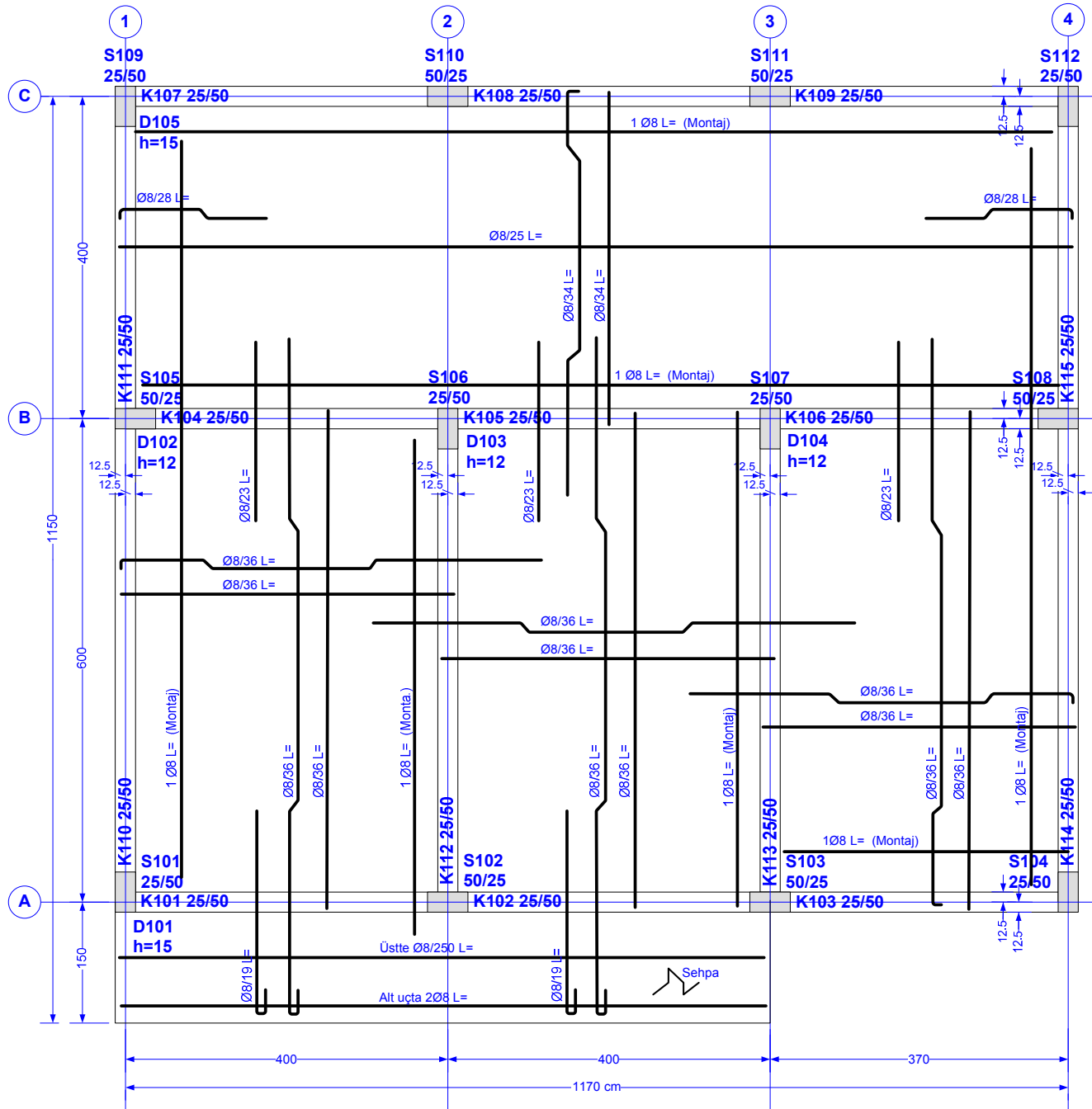
- x yönü üste $\phi 8/250$ dağıtma donatısı konacak
- x yönü alt uca $2\phi 8$ konacak
- **Sehpa** konacak
- Pilye ve ek donatıları bağlamak için montaj donatısı konacak

Çizim:

Belirlenen donatılar aşağıdaki sıra izlenerek kalıp planı üzerine çizilir:

1. Ana bakış yönünden bakılarak x-yönü açıklık donatıları çizilir, her çubuğun üzerine çubuk çapı/aralığı ve boyu yazılır.
2. Tali bakış yönünden bakılarak y-yönü açıklık donatıları çizilir, her çubuğun üzerine çubuk çapı/aralığı ve boyu yazılır.
3. Ana bakış yönünden bakılarak x-yönü mesnet donatıları(ek donatılar) çizilir, her çubuğun üzerine çubuk çapı/aralığı ve boyu yazılır.
4. Tali bakış yönünden bakılarak y-yönü mesnet donatıları(ek donatılar) çizilir, her çubuğun üzerine çubuk çapı/aralığı ve boyu yazılır.
5. Konstrüktif donatılar çizilir.

Buna göre hazırlanan çizim bir sonraki sayfada verilmiştir.



+320 Kotu(1.kat) Kalıp planı 1/50) (küçültülmüş)

C20/25-B 420C

CEM I 32.5R, TS EN 197-1

$D_{\text{en çok}} = 26 \text{ mm}$

S3

$A_0 = 0.20$

$I = 1.0$

Z2

$R = 8$

XC1

NOT:

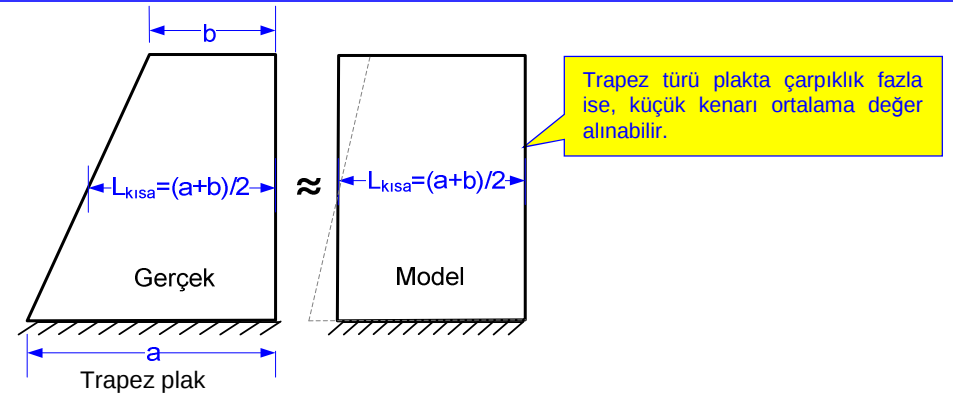
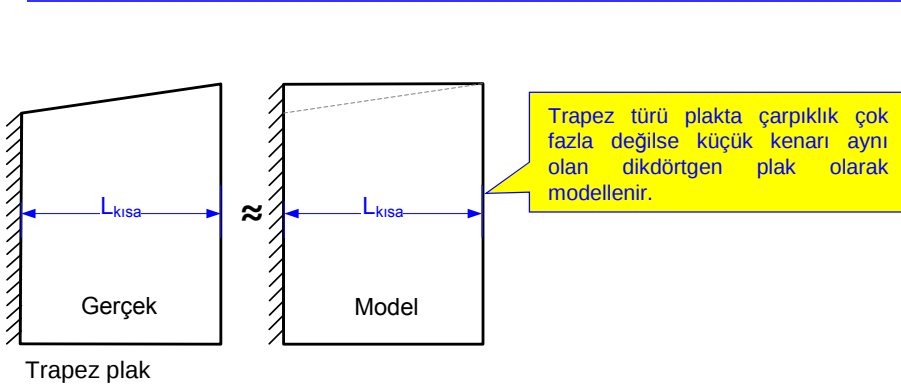
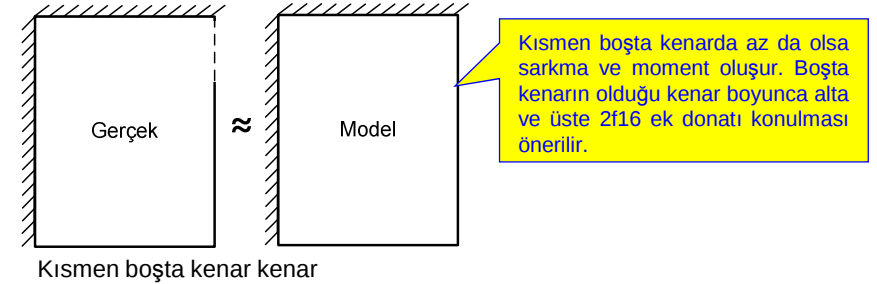
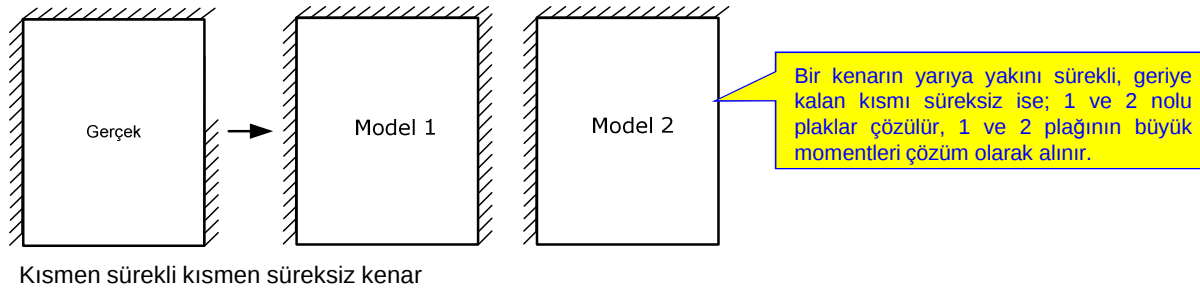
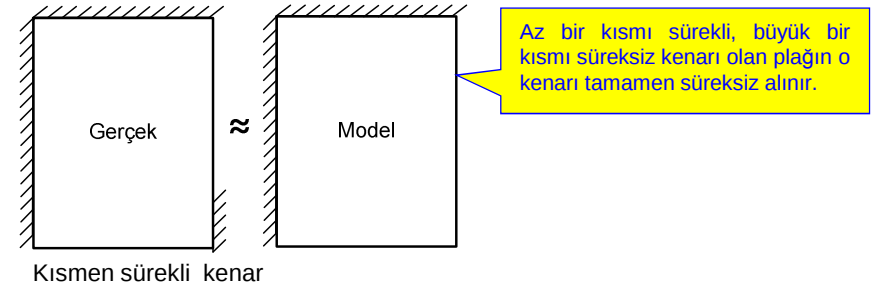
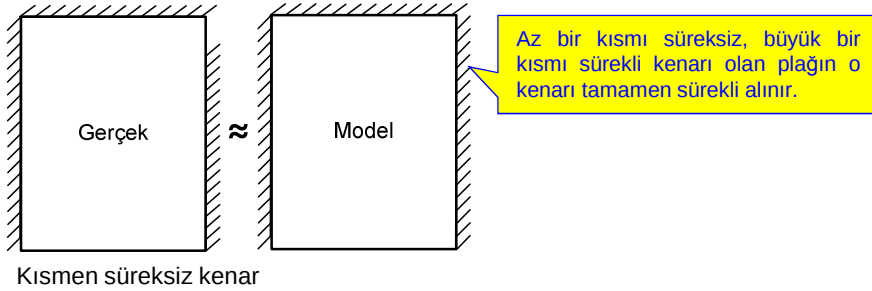
•Mesnet donatıları ve pilyeler, devrilmeyecek ve yer değiştirmeyecek şekilde, montaj donatıları ile sıkıca bağlanacaktır.

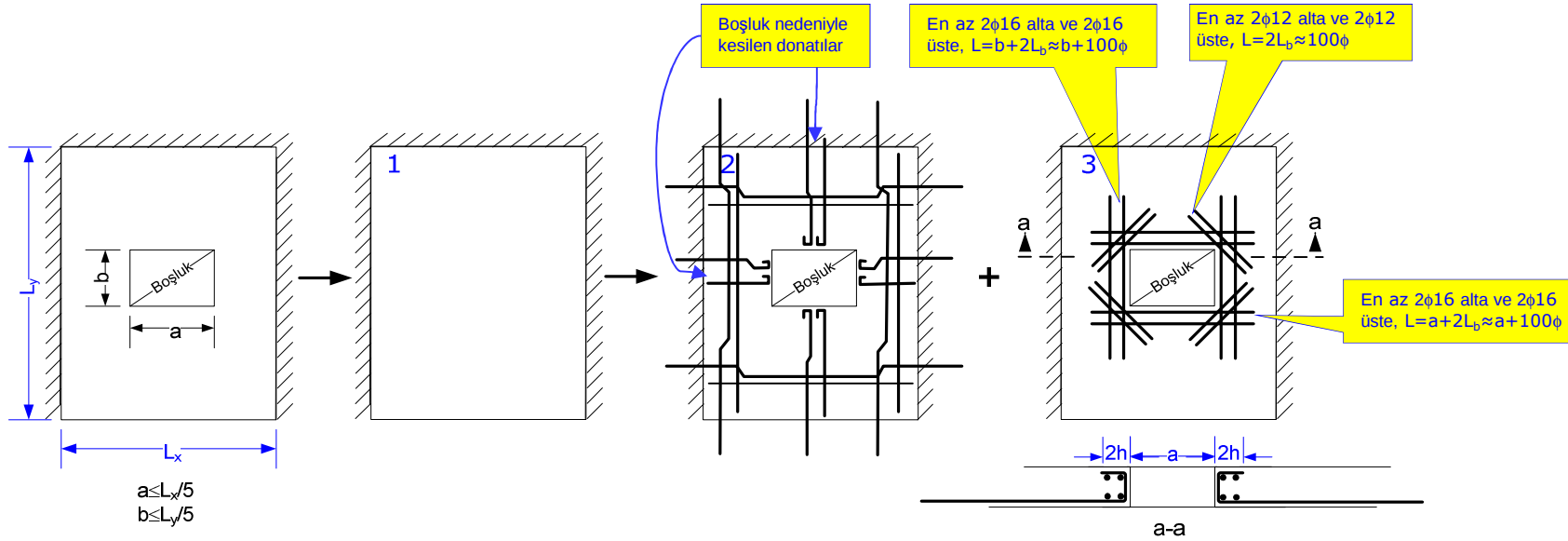
•D101 döşemesi donatılarını yerinde tutmak için her bir metrede bir sehpa konulacaktır.

Özel durumlarda plakların modellenmesi

Uygulamada karşılaşılan her tür plağın teorik ve tablo çözümü yoktur. Kenarları kısmen sürekli veya kısmen boşta veya trapez geometrilili veya boşluklu veya yükü kısmi yayılı plaklar modellenerek basitleştirilir. Modellemede ana ilkeler:

- Model plak çözülebilir olmalı
- Elden geldiğinde gerçeğe yakın sonuç vermeli
- Plak kalınlığı biraz fazla tutulmalı
- Donatılarda bir miktar cömert davranılmalı, deneyime ve önseziye dayalı ek donatılar konulmalı





Plakta küçük boşluk:

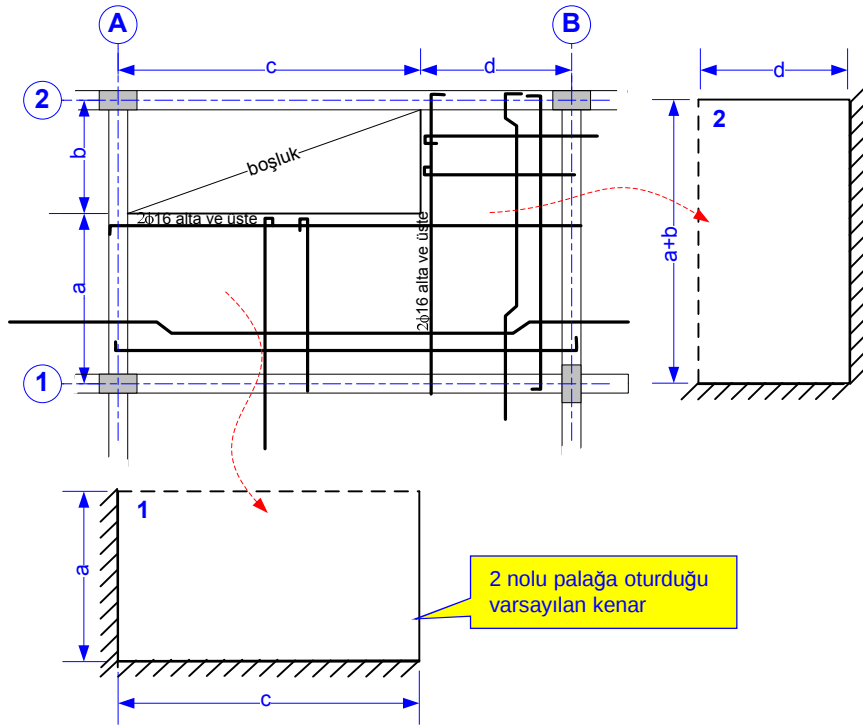
Donatı kesilmeden oluşturulabilen boşluklar yok varsayılır, herhangi bir özel donatı gerektirmez. Atık su boruları için bırakılan boşluklar örnek olarak verilebilir.

Baca veya çatıya tırmanma boşlukları gibi biraz daha büyük boşluklar da küçük boşluk sayılır, ancak özel olarak donatılması gerekir. Boşluğun küçük sayılabilmesi için boşluk kenarının yaklaşık olarak plak kenarının 1/5 den küçük olması gerekir.

Statik ve betonarme hesap için aşağıdaki yol izlenir:

- Boşluk yok varsayılır, 1 nolu plağın momentleri ve donatıları hesaplanır. Bu donatılar 2 nolu plakta olduğu gibi çizilir. Boşluk nedeniyle bazı donatılar kesilir.
- Boşluğun $2h$ (h =plak kalınlığı) lık kenar şeritlerine 3 nolu plakta görülen ek donatılar konur. Bunun için bir yönde kesilen donatı alanı hesaplanır. Bu donatı alanını karşılayan çubuklar boşluğun bu yöndeki kenarlarına hem alta hem de üste yerleştirilir. Çubuk sayısı en az 2φ16 alta ve 2φ16 üstte olmalıdır. Çubuklar boşluktan itibaren her iki tarafa doğru en az L_b kadar uzatılır (L_b kenetlenme boyu). Uzatma miktarının her iki tarafa doğru 50φ alınması, hatta, mesnetler yakın ise mesnetlere kadar uzatılması önerilir.
- Boşluk köşelerinin altına ve üstüne 45° açılı en az 2φ12 çubuklar konur. Bu çubukların boyu en az $2L_b$ olmalıdır, 100 φ önerilir.

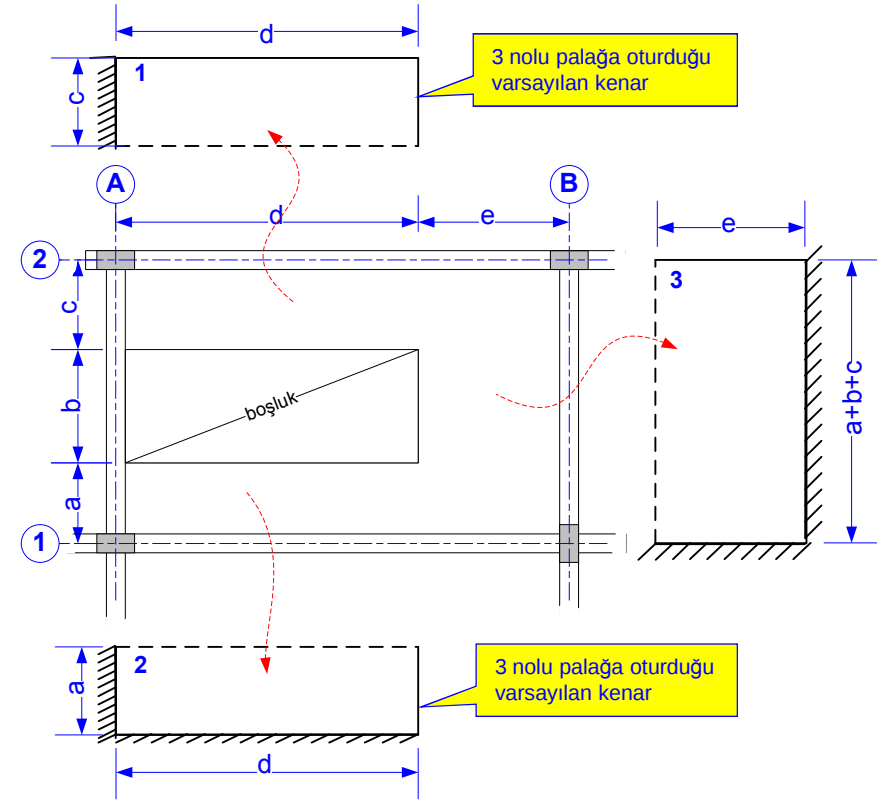
Plakta büyük boşluk: Merdiven boşluğu veya benzeri boşluklardır. Bu tip plakların hesabı için, sonlu elemanlar metodu dışında, herhangi bir analitik yöntem veya tablo yoktur. Statik hesaplar ve ek tedbirler aşağıdaki gibi yapılabilir.



Yukarıdaki boşluklu plak 1 ve 2 nolu plak olarak modellenir. 1 nolu plağın 2 nolu plağa oturduğu, 2 nolu plağın 1 nolu plağı taşıdığı varsayılır.

Önce 1 nolu plak kendi yükü altında çözülür¹, donatılır. 1 nolu plaktan 2 nolu plağa oturduğu hat boyunca çizgisel yük gelecektir. 2 nolu plak bu çizgisel ve kendi yükü altında çözülür, donatılır.

Boşluk kenarları çok sarkar, en büyük açıklık ve mesnet momenti boşluk kenarlarındaki şeritlerde oluşur. Boşluk kenarlarının 2h genişliğindeki şeritlerinin hem altına hem de üstüne en az 2φ16 ek donatı konur, tercihan kirişlere kadar uzatılarak iyi bir kenetlenme sağlanır.



Yukarıdaki boşluklu plak 1, 2 ve 3 nolu plak olarak modellenir. 1 ve 2 nolu plaklar 3 nolu plağa oturuyor, 3 nolu plağın her ikisine de mesnetlik ettiği varsayılır.

Önce 1 ve 2 nolu plaklar kendi yükleri altında çözülür¹, donatılır. Bu plaklardan 3 nolu plağa oturdukları hat boyunca çizgisel yük gelecektir. 3 nolu plak bu çizgisel ve kendi yükü altında çözülür, donatılır.

Boşluk kenarlarının 2h genişliğindeki şeritlerinin hem altına hem de üstüne en az 2φ16 ek donatı konur, tercihan kirişlere kadar uzatılarak iyi bir kenetlenme sağlanır.

¹ Bir kenarı boşta olan 1, 2 ve 3 nolu plaklar TS 500-200 tabloları ile hesaplanamaz. Çetmeli, E., Plaklar, İTÜ yayını, No.19, 1987 kaynaktan yararlanılabilir.

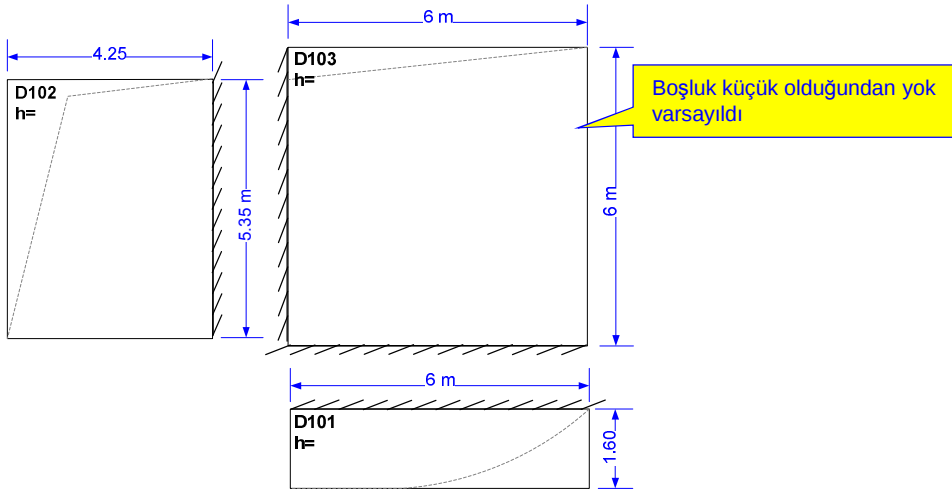
Örnek: Derste anlatılmayacaktır

Eskişehir merkezde inşa edilecek hafif ağırlıklı bir atölyenin +345 kotu kalıp planı sağda verilmiştir. Döşeme hesap ve çizimi yapılacaktır.

Malzeme: C25/30, B 420C

Kaplama: her yerde 2 cm mermer, sıva 2 cm, tesviye 4 cm.

Plakların modellenmesi:



Plak kalınlıkları:

D101: $h \geq 1600/12 = 133.3 \text{ mm}$

D102: $m = 5.35/4.25 = 1.26$

$$h \geq \frac{4250}{15 + \frac{20}{1.26}} \left(1 - \frac{5.35/19.2}{4}\right) = 128.1 \text{ mm}$$

D103: $m = 6/6 = 1.0$

$$h \geq \frac{6000}{15 + \frac{20}{1}} \left(1 - \frac{12/24}{4}\right) = 150.0 \text{ mm}$$

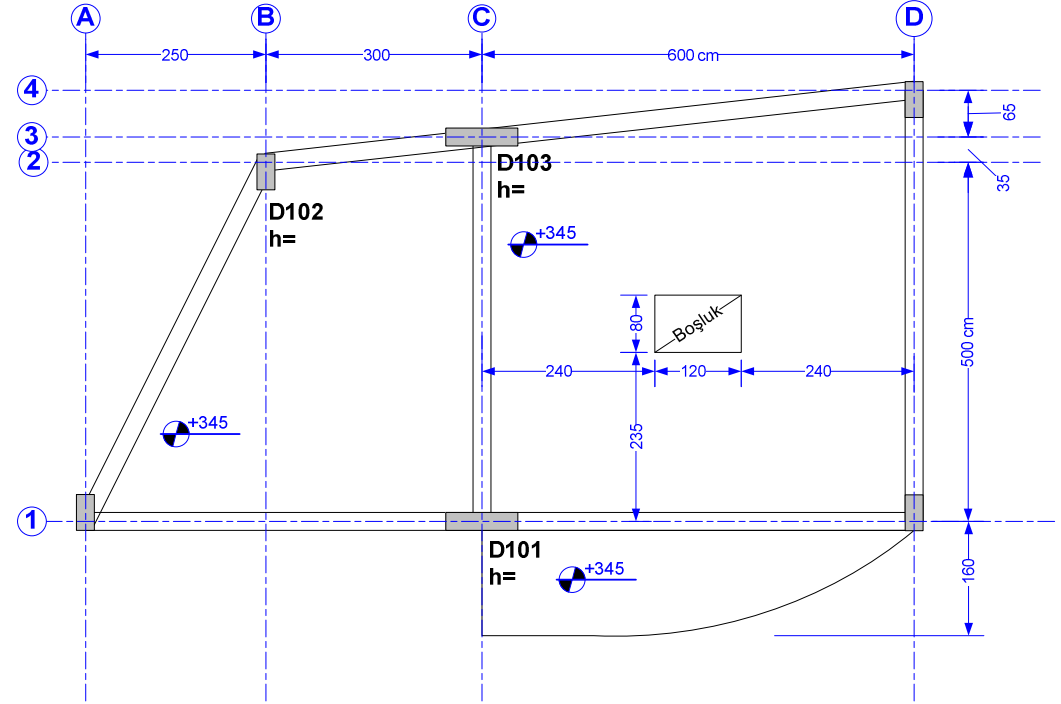
Seçilen:

D101: $h = 150 \text{ mm}$

D102: $h = 140 \text{ mm}$

D103: $h = 200 \text{ mm}$

Plaklar düzensiz olduğundan, gereğinden biraz daha kalın seçildi.



Yükler:

D101: Plak $0.15 \cdot 25 = 3.75 \text{ kN/m}^2$	} $g = 5.57 \text{ kN/m}^2$ $q = 5.0 \text{ "}$ $P_d = 1.4 \cdot 5.57 + 1.6 \cdot 5.0 = 15.80 \text{ kN/m}^2$
Kaplama $0.02 \cdot 27 = 0.54 \text{ "}$	
Tesviye $0.04 \cdot 22 = 0.88 \text{ "}$	
Sıva $0.02 \cdot 20 = 0.40 \text{ "}$	

D102: Plak $0.15 \cdot 25 = 3.75 \text{ kN/m}^2$	} $g = 5.32 \text{ kN/m}^2$ $q = 5.0 \text{ "}$ $P_d = 1.4 \cdot 5.32 + 1.6 \cdot 5.0 = 15.45 \text{ kN/m}^2$
Kaplama $0.02 \cdot 27 = 0.54 \text{ "}$	
Tesviye $0.04 \cdot 22 = 0.88 \text{ "}$	
Sıva $0.02 \cdot 20 = 0.40 \text{ "}$	

D103: Plak $0.20 \cdot 25 = 5.00 \text{ kN/m}^2$	} $g = 6.82 \text{ kN/m}^2$ $q = 5.0 \text{ "}$ $P_d = 1.4 \cdot 6.82 + 1.6 \cdot 5.0 = 17.55 \text{ kN/m}^2$
Kaplama $0.02 \cdot 27 = 0.54 \text{ "}$	
Tesviye $0.04 \cdot 22 = 0.88 \text{ "}$	
Sıva $0.02 \cdot 20 = 0.40 \text{ "}$	

Momentler:

D101: $M_{ye} = -15.80 \cdot 1.6^2 / 2 = -20.11 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

D102: $m=1.26$

$M_{xm} = 0.056 \cdot 15.45 \cdot 4.25^2 = 15.63 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$M_{xe} = -0.074 \cdot 15.45 \cdot 4.25^2 = -20.65 \text{ “}$

$M_{ym} = 0.044 \cdot 15.45 \cdot 4.25^2 = 12.28 \text{ “}$

$M_{ye} = 0$

D103: $m=1.0$

$M_{xm} = 0.037 \cdot 17.55 \cdot 6^2 = 23.38 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$M_{xe} = -0.049 \cdot 17.55 \cdot 6^2 = -30.96 \text{ “}$

$M_{ym} = 23.38 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$

$M_{ye} = -30.96 \text{ “}$

Betonarme hesap: (R. AYDIN tabloları ile)**D102:**

→ $M_{xm} = 15.63 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$, $d_k=120 \text{ mm}$

$$k_h = \frac{120}{100} \sqrt{\frac{1000}{15.63}} = 9.6 \rightarrow k_s = 0.287$$

$A_{sk} = 10^4 \cdot 0.287 \cdot 15.63 / 120 = 374 \text{ mm}^2/\text{m}$

Seç.: $\phi 10/200$ (393 mm²/m)

↑ $M_{ym} = 12.28 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$, $d_u=110 \text{ mm}$

$$k_h = \frac{110}{100} \sqrt{\frac{1000}{12.28}} = 9.93 \rightarrow k_s = 0.287$$

$A_{su} = 10^4 \cdot 0.287 \cdot 12.28 / 110 = 320 \text{ mm}^2/\text{m}$

Seç.: $\phi 10/200$ (393 mm²/m)

$\rho_k = 393 / (1000 \cdot 120) = 0.0032 > 0.0015 \checkmark$

$\rho_u = 320 / (1000 \cdot 110) = 0.0029 > 0.0015 \checkmark$

$\rho = 0.0032 + 0.0029 = 0.0061 > 0.0035 \checkmark$

D103:

→ $M_{xm} = 23.38 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$, $d_k=180 \text{ mm}$

$$k_h = \frac{180}{100} \sqrt{\frac{1000}{23.38}} = 11.77 \rightarrow k_s = 0.285$$

$A_{sk} = 10^4 \cdot 0.285 \cdot 23.38 / 180 = 364 \text{ mm}^2/\text{m}$

Seç.: $\phi 10/200$ (393 mm²/m)

↑ $M_{ym} = 23.38 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$, $d_u=170 \text{ mm}$

$$k_h = \frac{170}{100} \sqrt{\frac{1000}{23.38}} = 11.12 \rightarrow k_s = 0.285$$

$A_{su} = 10^4 \cdot 0.285 \cdot 23.38 / 170 = 392 \text{ mm}^2/\text{m}$

Seç.: $\phi 10/200$ (393 mm²/m)

$\rho_k = 393 / (1000 \cdot 180) = 0.0021 > 0.0015 \checkmark$

$\rho_u = 393 / (1000 \cdot 170) = 0.0023 > 0.0015 \checkmark$

$\rho = 0.0021 + 0.0023 = 0.0044 > 0.0035 \checkmark$

D102-D103:

→ $M_{xe} = 30.96 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$, $d=180 \text{ mm}$

$$k_h = \frac{180}{100} \sqrt{\frac{1000}{30.96}} = 10.23 \rightarrow k_s = 0.287$$

$A_{se} = 10^4 \cdot 0.287 \cdot 30.96 / 180 = 494 \text{ mm}^2/\text{m}$

$A_{sek} = 494 - (393 + 393) / 2 = 101 \text{ mm}^2/\text{m}$

Seç.: $\phi 8/330$ (153 mm²/m)

D101-D103:

↑ $M_{ye} = 30.96 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$, $d=180 \text{ mm}$

$A_{se} = 494 \text{ mm}^2/\text{m}$

$A_{sek} = 494 - 393 / 2 = 298 \text{ mm}^2/\text{m}$

Seç.: $\phi 10/260$ (302 mm²/m)

D103 döşemesi boşluk kenarı ek donatıları

→ $\phi 10/200$ (393 mm²/m) donatısı boşluğun 80 cm genişliğinde kesilecektir. $A_{skesilen} = 393 \cdot 0.80 = 314 \text{ mm}^2 < 2\phi 16(402 \text{ mm}^2)$, seçilen ek donatı $2\phi 16(402 \text{ mm}^2)$ alta ve üste.

↑ $\phi 10/200$ (393 mm²/m) donatısı boşluğun 120 cm genişliğinde kesilecektir. $A_{skesilen} = 393 \cdot 1.20 = 472 \text{ mm}^2$, seçilen ek donatı $2\phi 18(509 \text{ mm}^2)$ alta ve üste



Boşluk köşelerine konulacak donatı $2\phi 12$ (226 mm²) alta ve üste

Örnek Derste anlatılmayacaktır

Eskişehir merkezde inşa edilecek bir konutun +270 kotu kalıp planının merdiven bölgesi solda verilmiştir. Sahanlık plağına komşu döşemelerden f8/30 pilye gelmektedir. Merdiven ve sahanlık plaklarının hesap ve çizimi yapılacaktır.

Malzeme: C25/30, B 420C

Kaplama: her yerde 1.5 cm mermer, siva : 2 cm, tesviye 3 cm

Plak kalınlıkları:

Merdiven plağı $h=15$ cm, sahanlık plağı 15 cm seçildi.

Yükler

Merdiven plağında:

Plak 0.15·25/0.83	= 4.52 kN/m ²
Sıva 0.02·20/0.83	= 0.48 “
Basamaklar 0.18·22/2	= 1.98 “
Kaplama 0.015·27	= 0.41 “
Tesviye 0.03·22	= 0.66 “

$g = 8.05$ "

$$q = 3.50 \text{ "}$$

$$P_d = 1.4 \cdot 8.05 + 1.6 \cdot 3.50 = 16.87 \text{ "}$$

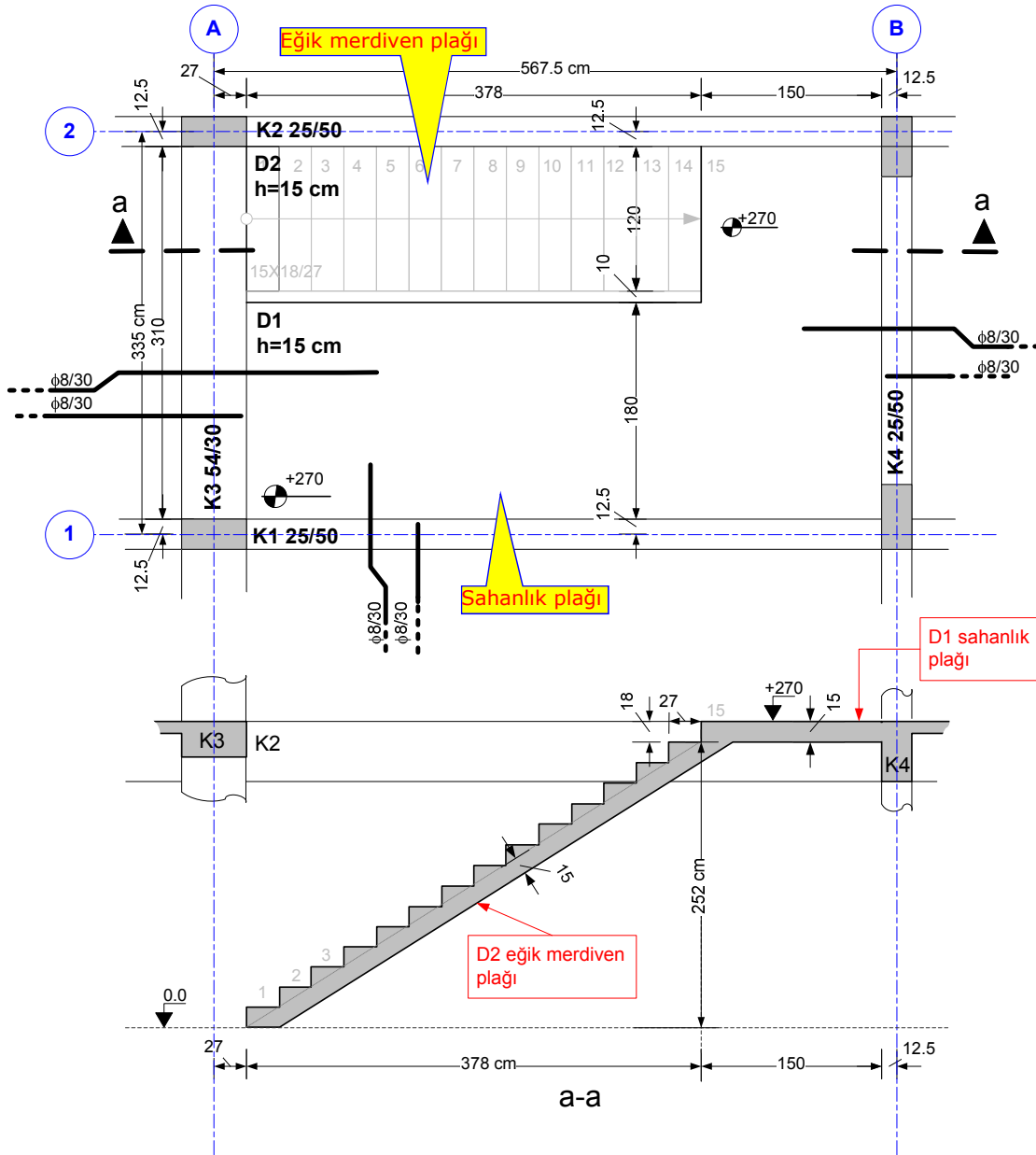
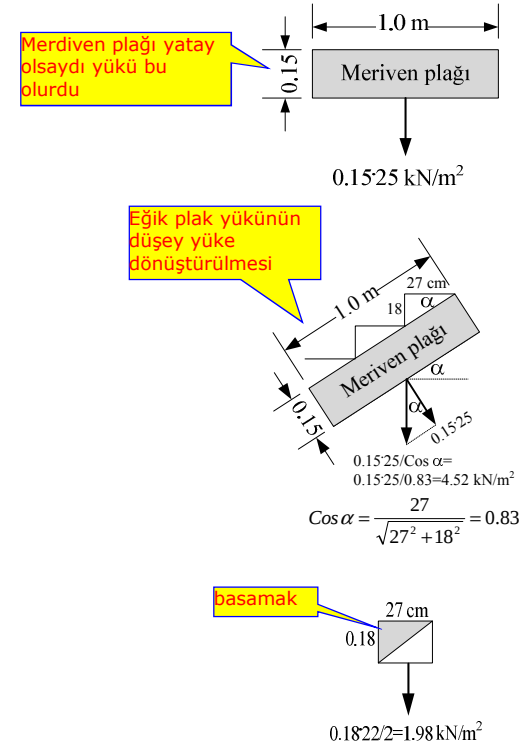
Sahanlık plağında:

Plak 0.15:25	= 3.75 kN/m ²
Sıva 0.02:20	= 0.40 “
Kaplama 0.015:27	= 0.41 “
Tesviye 0.03:22	= 0.66 “

$g = 5.22$ “

$q = 3.50$ “

$$P_d = 1.4 \cdot 5.22 + 1.6 \cdot 3.50 = 12.91 \text{ "}$$



Derste anlatılmayacaktır

D2 eğik merdiven plağının modellenmesi:

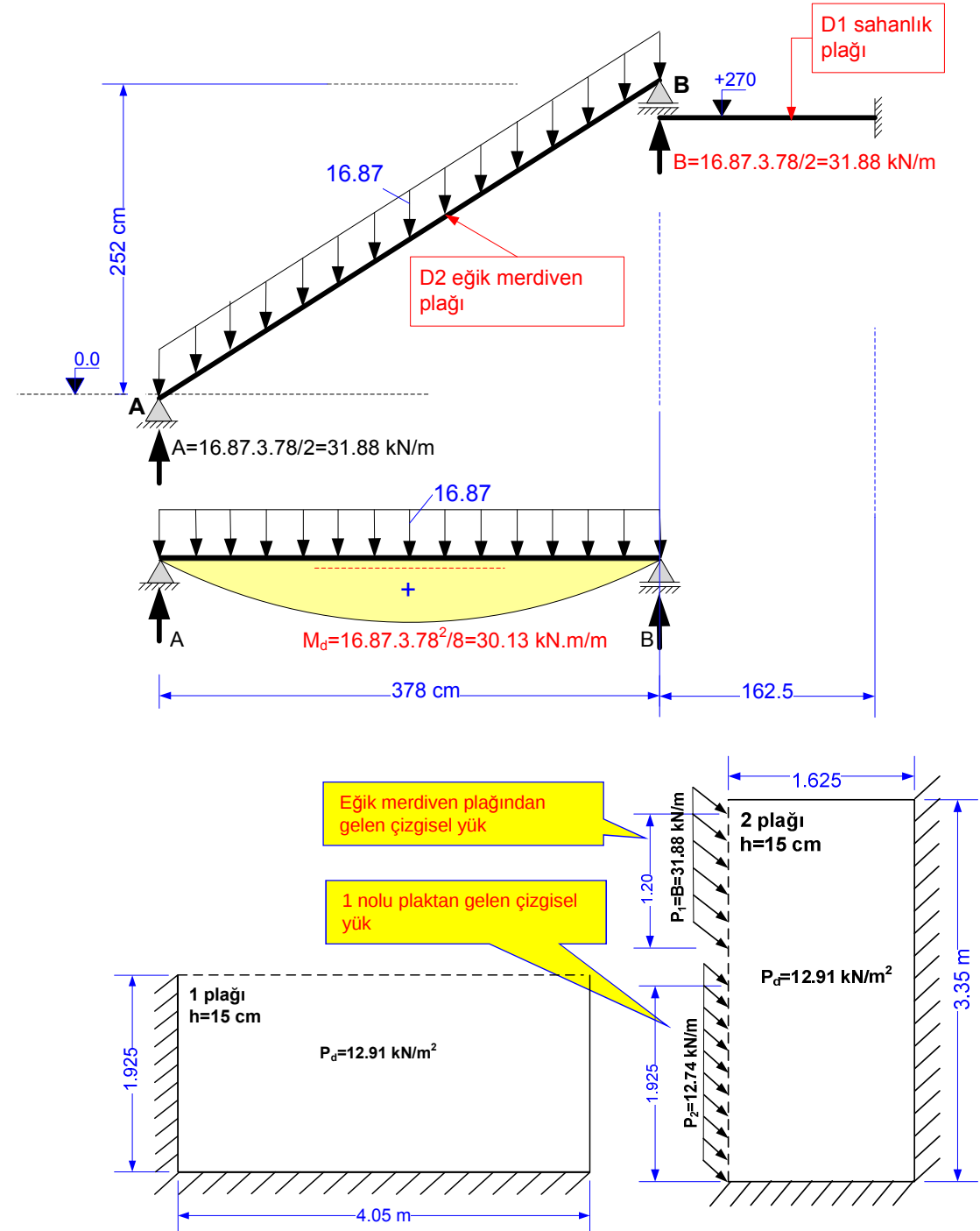
Eğik merdiven plağının uzun doğrultudaki her iki kenarı da boşta kenardır. A noktasının 0.0 kotunda sabit mesnetlendiği B noktasının da kat sahanlık plağına oturduğu varsayılacaktır. Bu varsayıma göre merdiven plağı A ve B noktaları arasında basit kiriş gibi modellenmektedir, B noktasında moment oluşmayacaktır. Bu varsayım gerçeği tam yansıtmamakla birlikte hesapları basitleştirir. Basit kirişin B reaksiyonu D1 plağına oturduğu boşta kenarın 1.20 m kısmına çizgisel yük olarak etkiyecektir. Basit kirişin hesaplanan reaksiyonları ve momenti şekil üzerinde gösterilmiştir.

D1 sahanlık plağının modellenmesi:

Sahanlık plağı 1 ve 2 nolu plak olarak modellenmiştir. 1 nolu plak sağ kenarı boyunca 2 nolu plağa oturuyor, 2 nolu plak 1 nolu plağı taşıyor varsayılmaktadır. Her iki plaktaki $p_d=12.91 \text{ kN/m}^2$ yükü kendi yükleridir. 2 nolu plaktaki $p_1=31.88 \text{ kN/m}$ yükü eğik merdiven plağının B reaksiyonudur. 2 nolu plaktaki $P_2=12.74 \text{ kN/m}$ çizgisel yükü ise 1 nolu plaktan gelen yüküdür. Bu yük, 1 nolu plağın sağ kenarında $p_d=12.91 \text{ kN/m}^2$ yükünden oluşan reaksiyondur. $p_d=12.91 \text{ kN/m}^2$ yükünün 1 nolu plağın boşta olmayan kenarlarında düzgün yayılı reaksiyon oluşturduğu varsayımıyla

$$P_2 = \frac{P_d \cdot \text{plak alanı}}{\text{mesnetli çevre}} = \frac{12.91 \cdot 1.925 \cdot 4.05}{2 \cdot 1.925 + 4.05} = 12.74 \text{ kN/m}$$

ile hesaplanmıştır.



Eğik merdiven plağı betonarme (AYDIN tabloları ile):

Derste anlatılmayacaktır

→ $M_d = 30.13 \text{ kN·m/m}$, $d=130 \text{ mm}$

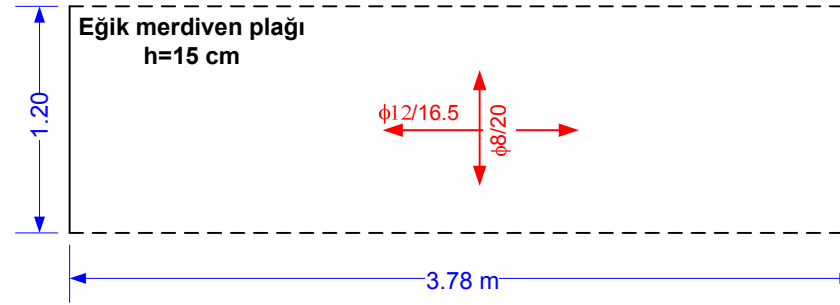
$$k_h = \frac{130}{100} \sqrt{\frac{1000}{30.13}} = 7.5 \rightarrow k_s = 0.293$$

$$A_s = 10^4 \cdot 0.293 \cdot 30.13 / 130 = 679 \text{ mm}^2/\text{m}$$

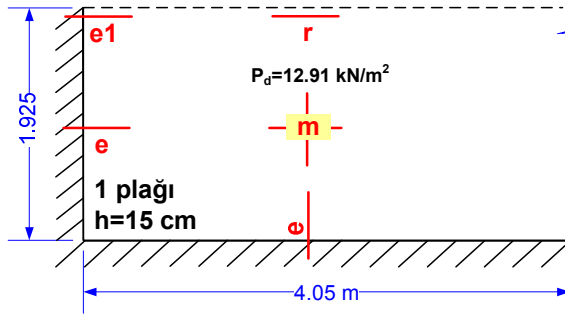
Seç.: $\phi 12/16.5$ ($685 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Dağıtma donatısı:

Seç.: $\phi 8/20$ ($251 \text{ mm}^2/\text{m}$)



1 nolu plak statik ve betonarme¹:



Moment hesaplanan noktalar

$$K = 12.91 \cdot 1.925 \cdot 4.05 = 100.65 \text{ kN}$$

$$M_{xr} = 100.65 / 21 = 4.8 \text{ kN·m/m}$$

$$M_{xe1} = -100.65 / 6.23 = -16.2$$

$$M_{xm} = 100.65 / 47 = 2.1$$

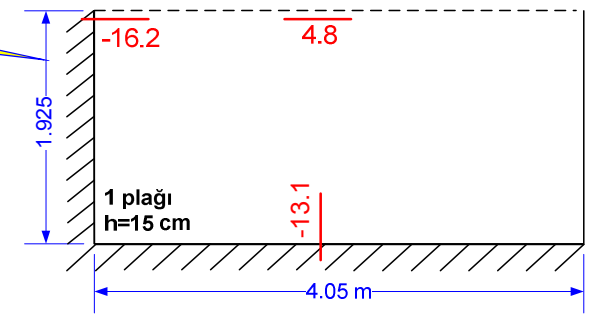
$$M_{xe} = -100.65 / 14.74 = -6.8$$

$$M_{ym} = 100.65 / 133.05 = 0.8$$

$$M_{ye} = -100.65 / 7.68 = -13.1$$

En büyük momentler betonarme hesap için kullanılacak

$$\epsilon = 1.925 / 4.05 = 0.48$$



Açıklık donatıları:

→ $M_d = 4.8 \text{ kN·m/m}$, $d=130 \text{ mm}$

$$k_h = \frac{130}{100} \sqrt{\frac{1000}{4.8}} = 18.8 \rightarrow k_s = 0.280$$

$$A_s = 10^4 \cdot 0.280 \cdot 4.8 / 130 = 103 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Seç.: $\phi 8/20$ ($251 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Boşta kenara ek donatı: $2\phi 16$ (402 mm^2)

↑ $M_d \approx 0$, $d=120 \text{ mm}$

Seç. $\phi 8/20$ ($251 \text{ mm}^2/\text{m}$) konstrüktif

Mesnet donatısı:

→ $M_d = 16.2 \text{ kN·m/m}$, $d=130 \text{ mm}$

$$k_h = \frac{130}{100} \sqrt{\frac{1000}{16.2}} = 10.2 \rightarrow k_s = 0.287$$

$$A_s = 10^4 \cdot 0.287 \cdot 16.2 / 130 = 358 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Mevcut: açıklıktan $\phi 8/40$ (126) ve

komşu döşemeden $\phi 8/30$ (168) pilye

$$A_{sek} = 358 - 126 - 168 = 64 \approx 0 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Seç.: ek donatı gerekmez

Mesnet donatısı:

↑ $M_d = 13.1 \text{ kN·m/m}$, $d=130 \text{ mm}$

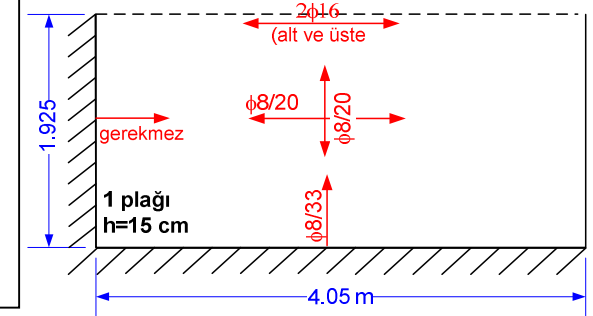
$$k_h = \frac{130}{100} \sqrt{\frac{1000}{13.1}} = 11.4 \rightarrow k_s = 0.285$$

$$A_s = 10^4 \cdot 0.285 \cdot 13.1 / 130 = 287 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Komşu döşemeden $\phi 8/30$ (168 mm^2/m)

$$A_{sek} = 287 - 168 = 119 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Seç.: $\phi 8/33$ ($153 \text{ mm}^2/\text{m}$)



¹ Momentler Çetmeli, E., Plaklar, İTÜ yayını, No.19, 1987 tabloları ile hesaplanmıştır(bakınız EK 8).

2 nolu plak statik ve betonarme:

Bu plağın boşta kenarında farklı değerde ve kısmi yayılı yük vardır. Bu yük altında statik çözüm çok karmaşıktır, tablo yada grafik yoktur. Plak momentlerini basitçe hesaplamak için kısmi yayılı çizgisel yükleri boşta kenar boyunca düzgün yayılı $p=18.74 \text{ kN/m}$ çizgisel yükü olarak modellenenecektir:

$$P = \frac{31.88 \cdot 1.20 + 12.74 \cdot 1.925}{3.35} = 18.74 \text{ kN/m}$$

Momentler sadece gösterilen noktalarda **Çetmeli** tabloları ile hesaplanmıştır¹.

$P_d=12.91 \text{ kN/m}^2$ yükünden oluşam momentler:

$$K=12.91 \cdot 1.625 \cdot 3.35=70.28 \text{ kN}, \varepsilon =1.625/3.35=0.49$$

$$M_{xe}=-70.28/7.68=-9.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{yr}=70.28/20.25=3.5 \text{ "}$$

$$M_{ye1}=-70.28/6.17=-11.4 \text{ "}$$

$P=18.74 \text{ kN/m}$ çizgisel yükünden oluşam momentler:

$$K=18.74 \cdot 3.35=62.78 \text{ kN}, \varepsilon =1.625/3.35=0.49$$

$$M_{xe}=-62.78/5.51=-11.4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{yr}=62.78/8.04=7.8 \text{ "}$$

$$M_{ye1}=-62.78/2.03=-30.93 \text{ "}$$

Toplam moment:

$$M_{xe}=-9.2-11.4=-20.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$$

$$M_{yr}=3.5+7.8=11.3 \text{ "}$$

$$M_{ye1}=-11.4-30.93=-42.3 \text{ "}$$

Açıklık donatıları:

$$\uparrow M_d= 11.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}, d=130 \text{ mm}$$

$$k_h = \frac{130}{100} \sqrt{\frac{1000}{11.3}} = 12.2 \rightarrow k_s = 0.284$$

$$A_s=10^4 \cdot 0.284 \cdot 11.3/130=246 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Seç.: $\phi 8/20$ ($251 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Boşta kenara ek donatı: $2f16(402 \text{ mm}^2)$

$$\rightarrow M_d \approx 0, d=120 \text{ mm}$$

Seç.: $\phi 8/20(251 \text{ mm}^2/\text{m})$ konstrüktif

Mesnet donatısı:

$$\uparrow M_d= -42.3 \text{ kN}\cdot\text{m/m}, d=130 \text{ mm}$$

$$k_h = \frac{130}{100} \sqrt{\frac{1000}{42.3}} = 6.32 \rightarrow k_s = 0.300$$

$$A_s=10^4 \cdot 0.300 \cdot 42.3/130=976 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Mevcut: açıklıktan $\phi 8/40(126)$ ve

komşu döşemeden $\phi 8/30(168)$ pilye

$$A_{sek}=976-126-168=682 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Seç.: $\phi 12/16$ ($707 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Mesnet donatısı:

$$\rightarrow M_d= -20.6 \text{ kN}\cdot\text{m/m}, d=130 \text{ mm}$$

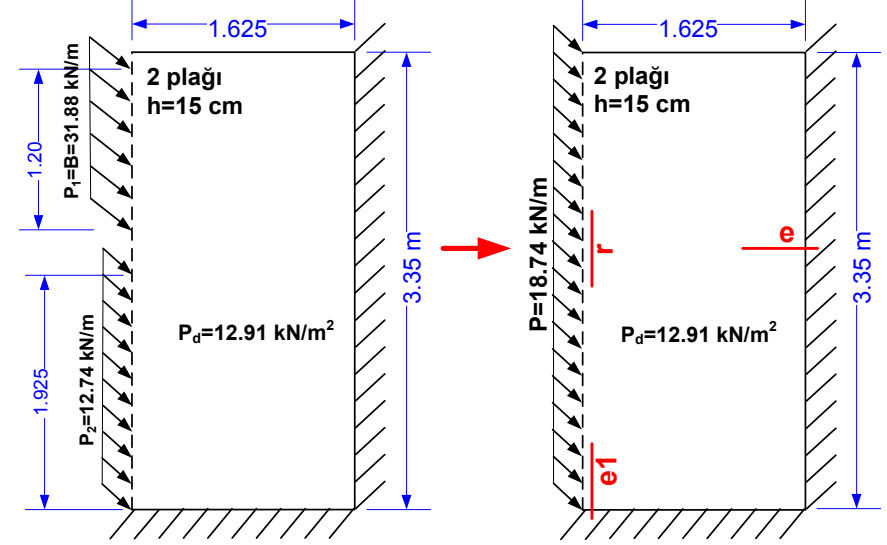
$$k_h = \frac{130}{100} \sqrt{\frac{1000}{20.6}} = 9.1 \rightarrow k_s = 0.289$$

$$A_s=10^4 \cdot 0.289 \cdot 20.6/130=458 \text{ mm}^2/\text{m}$$

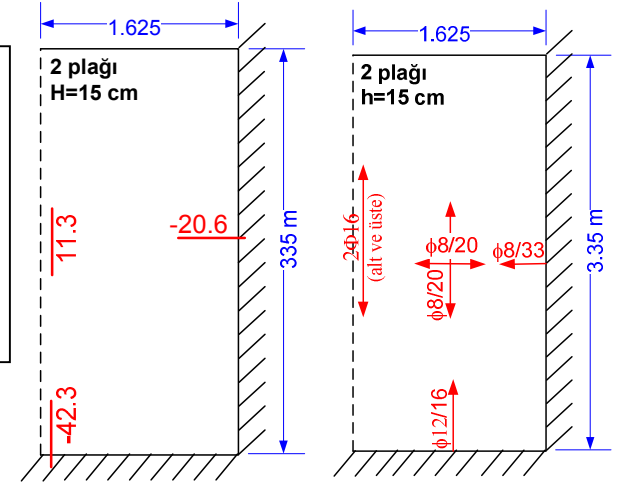
Komşu döşemeden $\phi 8/30(168 \text{ mm}^2/\text{m})$

$$A_{sek}=458-168=290 \text{ mm}^2/\text{m}$$

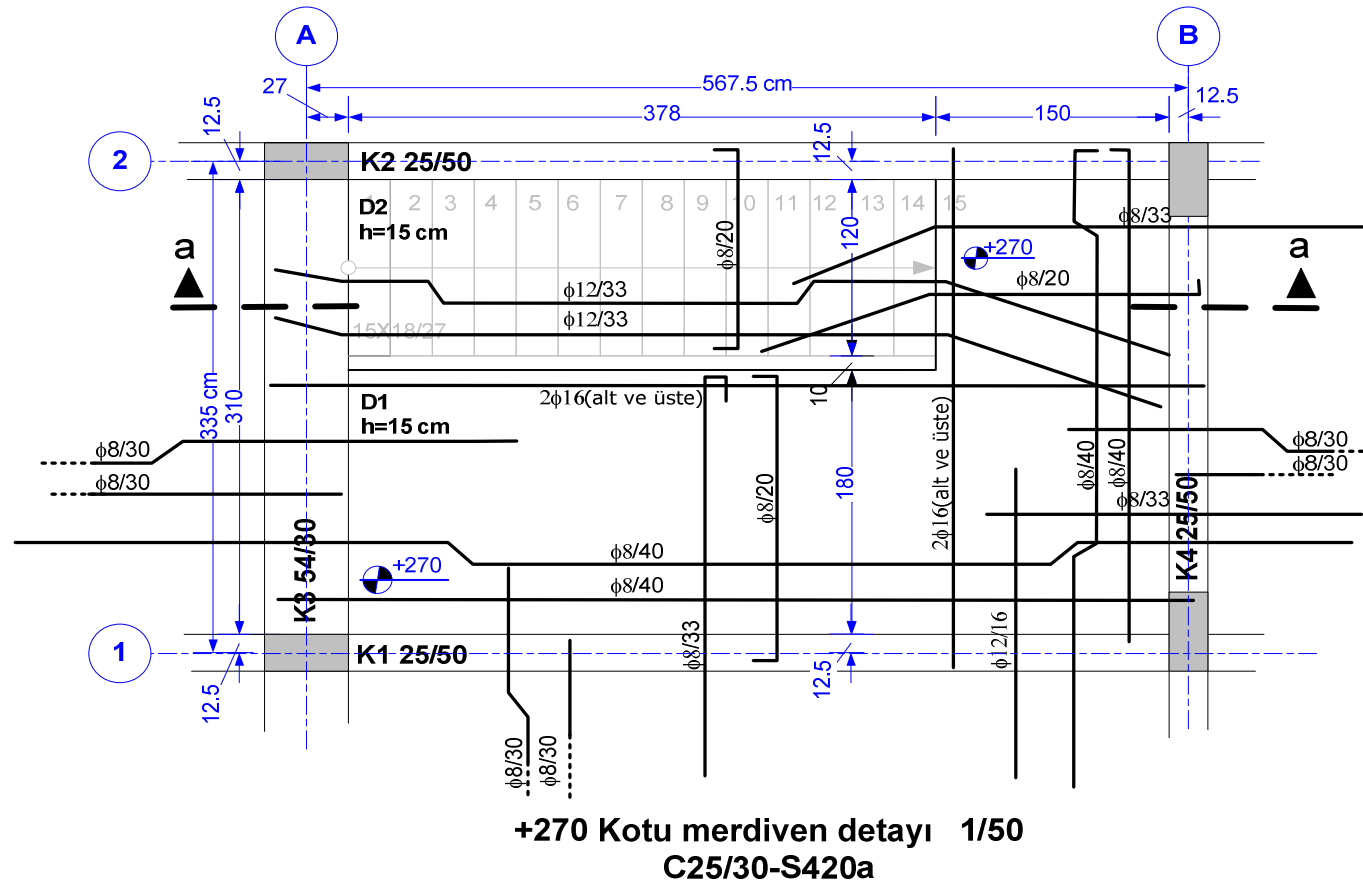
Seç.: $\phi 8/33$ ($153 \text{ mm}^2/\text{m}$)



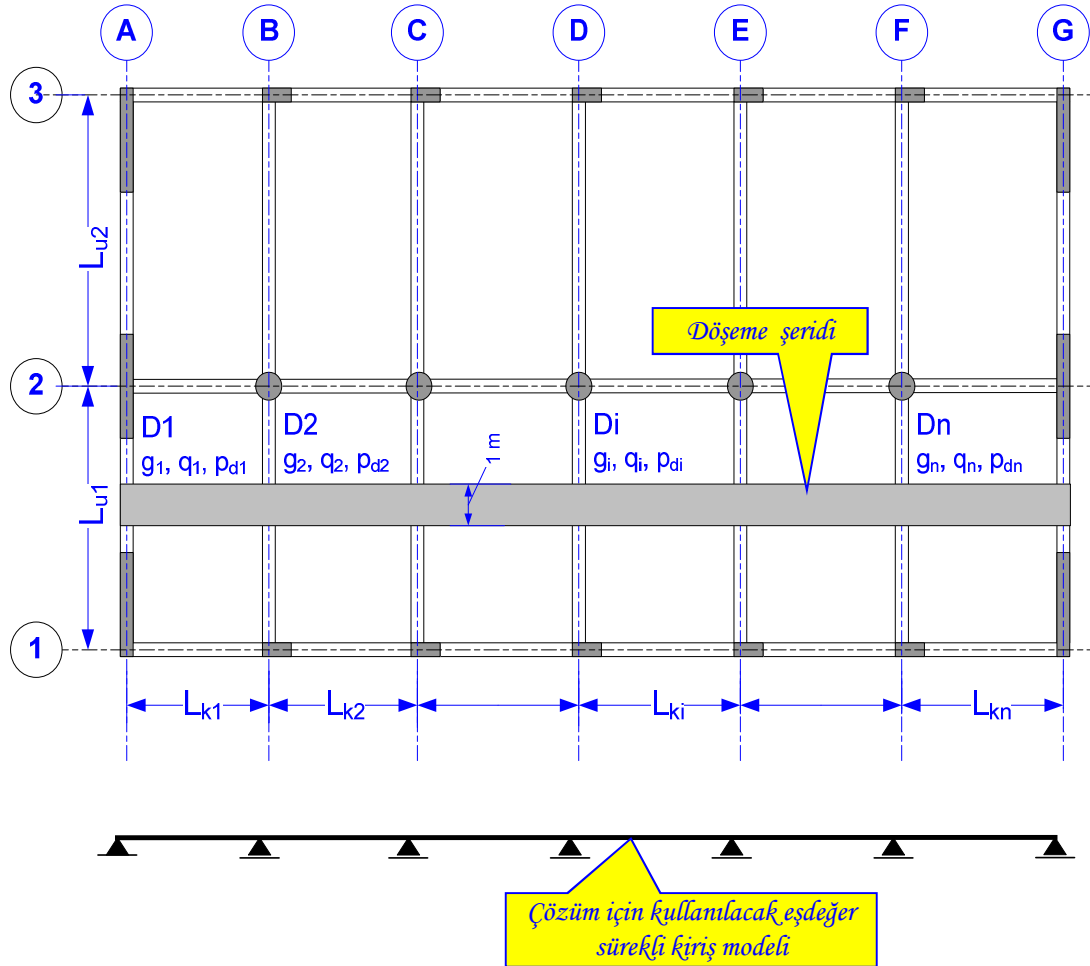
Derste anlatılmayacaktır



¹ Çetmeli, E., Plaklar, İTÜ yayını, No.19, 1987 tabloları ile hesaplanmıştır(bakınız ekler).



Kamu yapılarında ve sanayi yapılarında aşağıda bir örneği görülen döşeme sistemleri ile oldukça sık karşılaşılır. Tüm döşemeler kısa doğrultuda çalışmaktadırlar, $L_u/L_k > 2$. Bu tür döşeme sisteminin statik hesapları döşemelerin kısa doğrultusunda alınan 1 m genişliğindeki döşeme şeridi için yapılır. Çıkarılan şerit eşdeğer **sürekli kiriş** olarak çözülür. Burada g_i , q_i , p_{di} değerleri i. döşemedeki; sırasıyla karakteristik sabit, karakteristik hareketli ve tasarım yükleridir. Bu yüklerin düzgün yayılı oldukları varsayılmaktadır.



Sürekli kirişin çözümü

- Basit formüller ile çözüm:**
TS 500-2000 madde 11.2.2, sayfa 50 de verilen formüller kullanılır. Kiriş yükleri plak tasarım yükleri olarak alınır. *Ancak, bu formüllerin kullanılabilmesi için, yönetmelikte verilen koşulların sağlanması gerekir.*
- Elverişsiz yüklemeler yapılarak çözüm:**
Döşemelerin sabit ve hareketli (**karakteristik**) yükleri için elverişsiz yüklemeler (dama yüklemesi) yapılarak, açıklık ve mesnet momentlerinin en büyük değerleri belirlenir.

a) Basit formüller ile çözüm (TS 500-2000, Madde 11.2.2-sayfa 50)

Özel konu: Derste anlatılmayacaktır

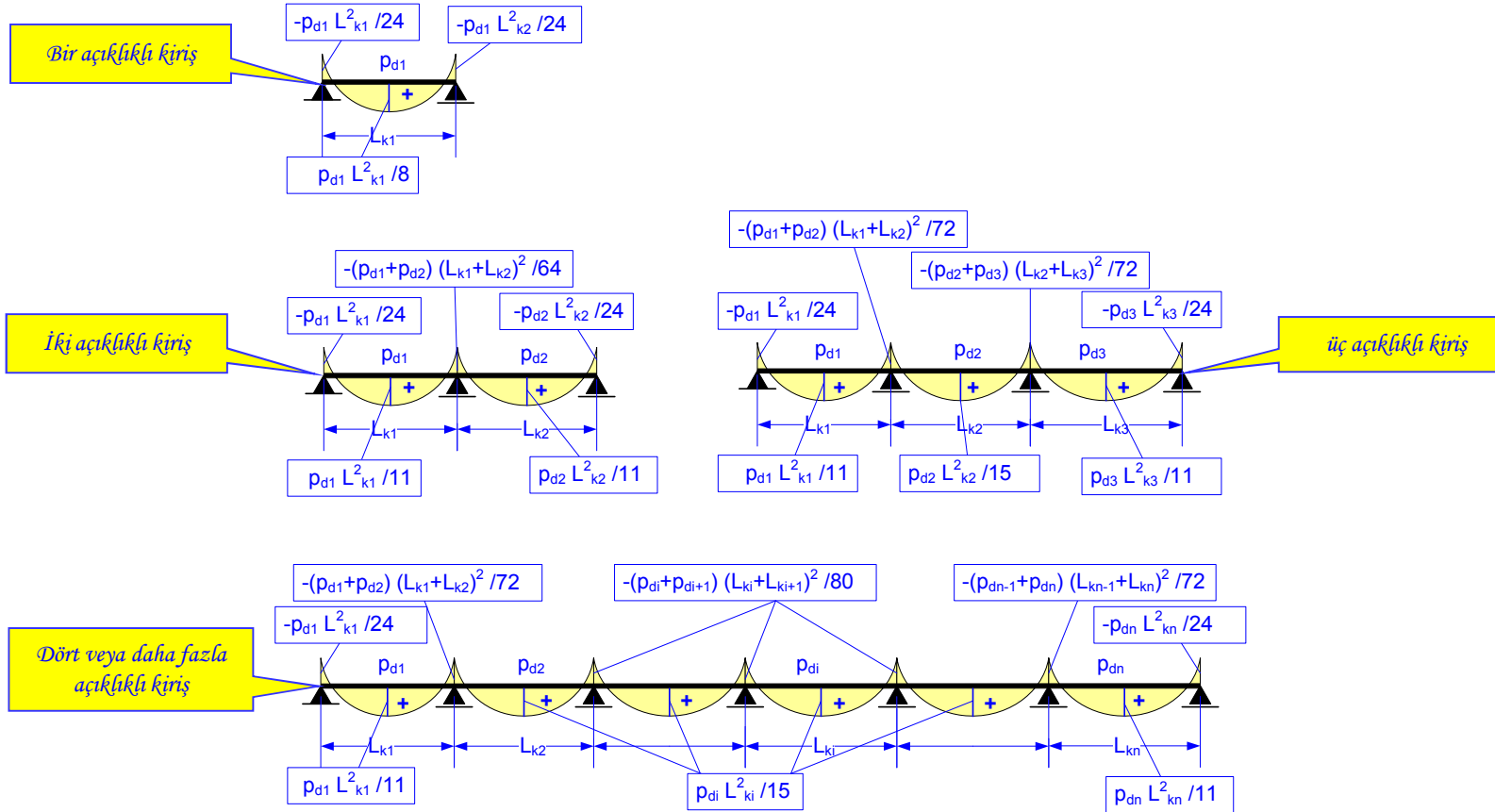
Uygulamada genelde $L_{k1}, L_{k2}, \dots, L_{kn}$ açıklıkları birbirine eşit veya birbirine yakındır. TS 500-2000'e göre, aşağıdaki koşulların sağlanması halinde, basit formüller kullanılarak döşeme tasarım momentleri belirlenebilir.

Koşul 1: Döşeme yükleri düzgün yayılı olmalı.

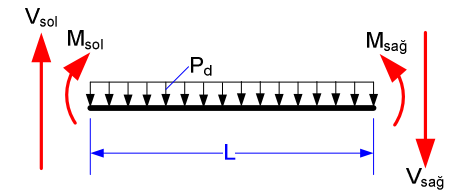
Koşul 2: Herhangi iki komşu döşemenin açıklıkları oranı 0.8 den büyük olmalı: $L_{\text{küçük-komşu}}/L_{\text{büyük-komşu}} \geq 0.8$

Koşul 3: Döşemelerin her birinin karakteristik hareketli yükünün karakteristik sabit yüke oranı 2 den az olmalı: $q_i/g_i < 2$

Açıklık ve mesnet tasarım momentleri için TS 500-2000, sayfa 50 de verilen basit formüller aşağıda özetlenmiştir.



Kesme kuvvetlerinin momentlerden hesabı:



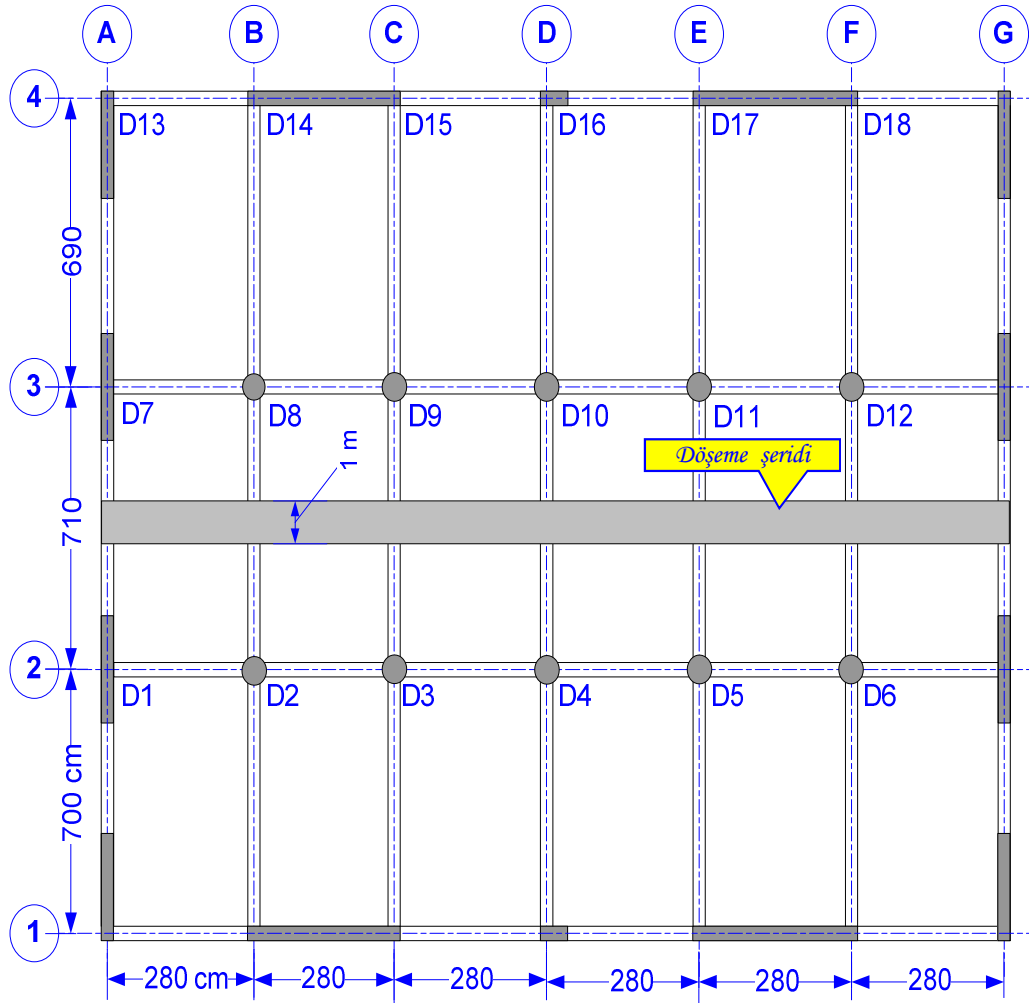
$$V_{\text{sol}} = \frac{M_{\text{sag}} - M_{\text{sol}}}{L} + \frac{P_d L}{2}$$

$$V_{\text{sag}} = V_{\text{sol}} - P_d L$$

Formüller kısaca yorumlanırsa: Orta açıklıklarda aynı formül kullanılmaktadır. Orta mesnetlerde aynı formül kullanılmaktadır. İlk ve son mesnette moment teorik olarak sıfırdır. Fakat plak rijit kirişlere oturduğundan bir miktar moment oluşacaktır. Yönetmelik bu mesnetleri yarı ankastre kabul etmektedir.

ÖRNEK: Bir doğrultuda çalışan sürekli döşeme sistemi

Derste anlatılmayacaktır



+360 Kotu Kalıp planı
(Kiriş/kolon adları gösterilmemiştir)

Bir okulun +360 kotu kat kalıp planı verilmiştir. Kirişler 30/70 cmxcm boyutundadır. Tüm döşemeler mozaik karo kaplıdır. Malzeme C20/25-S220a, şantiye denetimi iyidir. Döşemelerin donatıları belirlenecek ve kalıp planı tamamlanacaktır.

ÇÖZÜM:

$m=6.9/2.80=2.5>2$, tüm plaklar bir doğrultuda çalıştığı ve sürekli oldukları için sürekli kiriş çözümü yapılabilir. Şerit döşeme kısa doğrultuda herhangi bir yerden alınabilir.

Döşeme kalınlığı:

$h \geq 280/30 = 9.3$ cm. Tüm döşemelerde $h=10$ cm seçildi. Faydalı yükseklik $= 10 - 1.5 - 0.5 = 8$ cm alınacak.

Döşeme yükleri:

Betonarme betonu	$0.10 \cdot 25$	$= 2.50$ kN/m ²
Tesviye	$0.05 \cdot 22$	$= 1.10$ "
Kaplama	$0.025 \cdot 22$	$= 0.55$ "
Sıva	$0.02 \cdot 20$	$= 0.40$ "

		$g = 4.55$ "
Hareketli		$q = 3.50$ "

Döşeme tasarım yükü:

$$p_d = 1.4 \cdot 4.55 + 1.6 \cdot 3.50 = 11.97 \text{ kN/m}^2$$

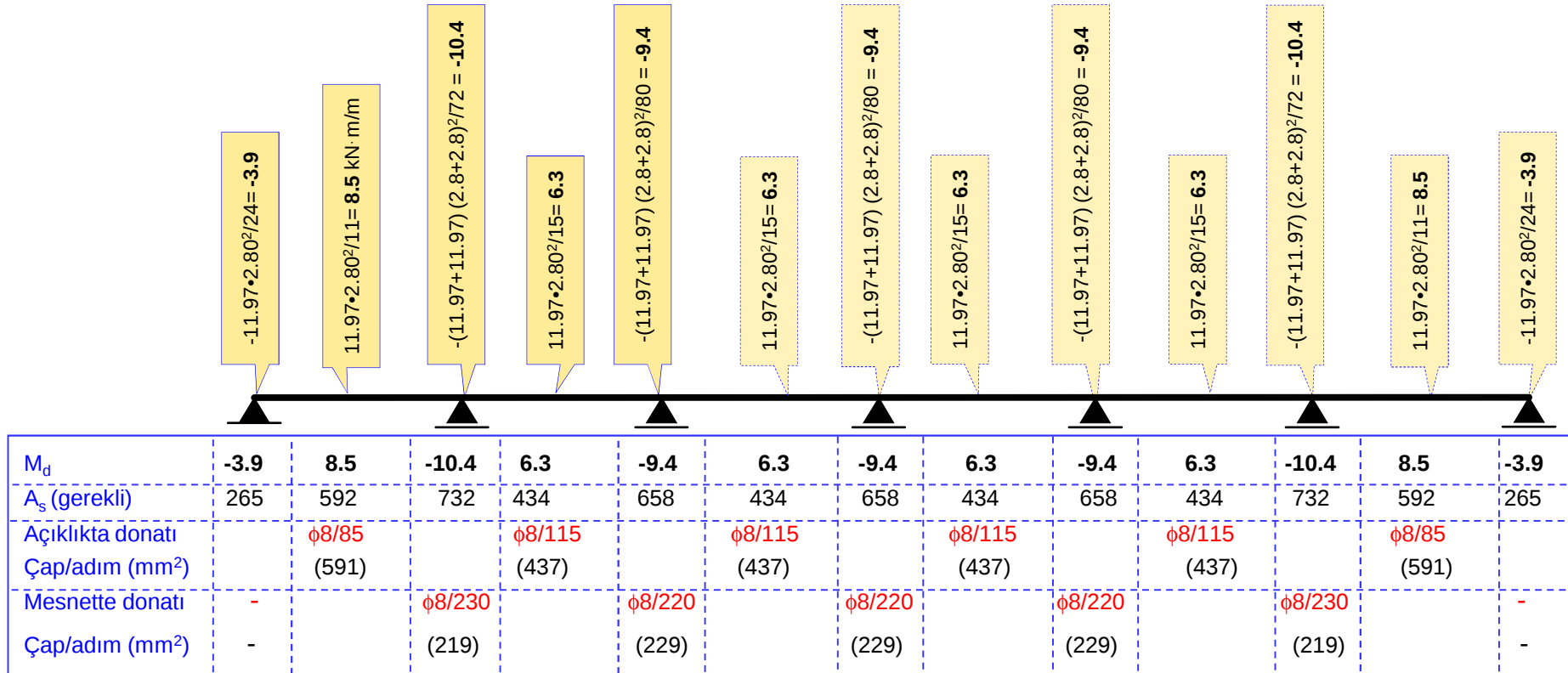
Tüm döşemelerde tasarım yükü aynı.

Tasarım momentleri ve donatı hesabı:

Herhangi iki komşu açıklığın oranı: $L_{\text{küçük-komşu}}/L_{\text{büyük-komşu}} = 2.80/2.80 = 1 > 0.8$

Her açıklıkta karakteristik hareketli yükün karakteristik sabit yüke oranı: $q_i/g_i = 3.50/4.55 = 0.77 < 2$

olduğundan sürekli kirişin tasarım momentleri TS 500-2000 Madde 11.2.2, sayfa 50 de verilen basit formüller ile yapılabilir.



Not: Betonarme hesaplarda M.R. AYDIN tabloları kullanılmıştır.

Özel konu: Derste anlatılmıyacaktır

Uzun doğrultu donatıları:

Döşemelerin uzun doğrultularında hesaplanan hiçbir moment yoktur. Bu doğrultularda yönetmeliğin ön gördüğü minimum donatı konulur.

D1/D7/D13 dağıtma donatısı:

$$A_{su} = A_{sk} / 5 = 591 / 5 = 118 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Seç.: $\phi 8/250$ ($201 \text{ mm}^2/\text{m}$)

D2/D8/D14 dağıtma donatısı:

$$A_{su} = A_{sk} / 5 = 437 / 5 = 87 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Seç.: $\phi 8/250$ ($201 \text{ mm}^2/\text{m}$)

D1/D7/D13 ek donatısı:

$$A_{sek} = 0.60 A_{sk} = 0.60 \cdot 591 = 355 \text{ mm}^2/\text{m}$$

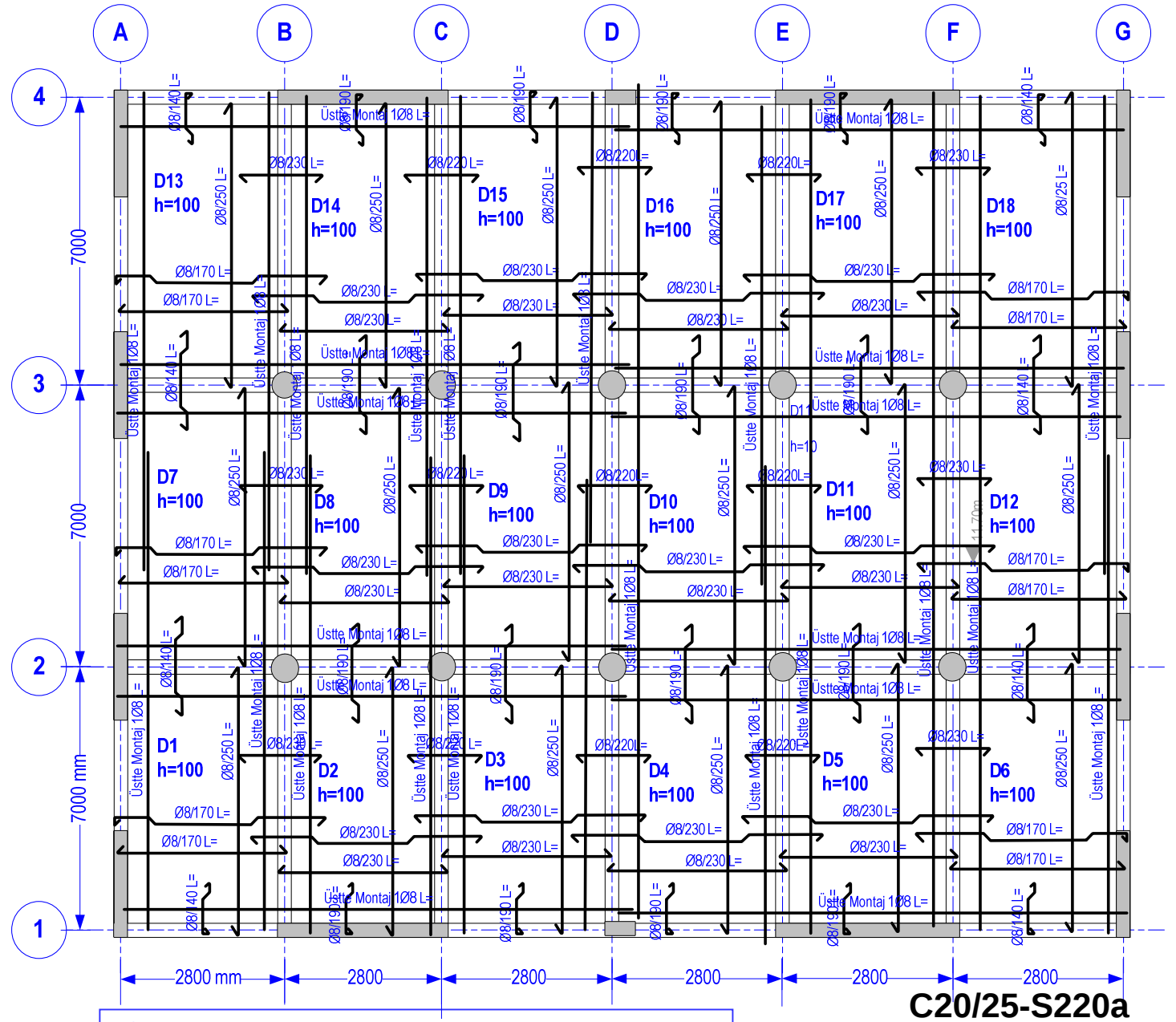
Seç.: $\phi 8/140$ ($359 \text{ mm}^2/\text{m}$)

D2/D8/D14 ek donatısı:

$$A_{sek} = 0.60 A_{sk} = 0.60 \cdot 437 = 262 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Seç.: $\phi 8/190$ ($265 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Diğerleri simetriden tamamlanmıştır.



NOT:

Mesnet donatıları ve pilyeler, devrilmeyecek ve yer değiştirmeyecek şekilde, montaj donatıları ile sıkıca bağlanacaktır.

C20/25-S220a

+3600 Kotu Kalıp Planı

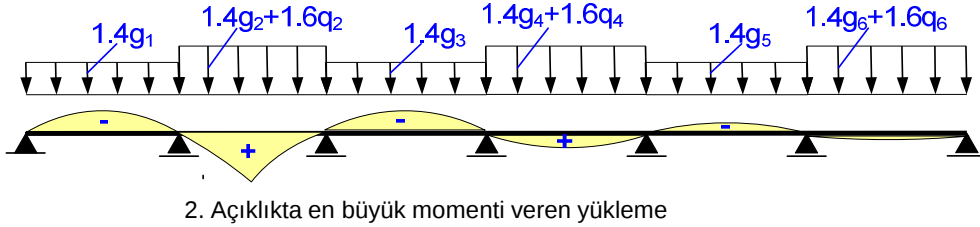
(Kiriş/kolon adları ve kaçıklıklar gösterilmemiştir)

b) Elverişsiz yüklemeler yapılarak çözüm

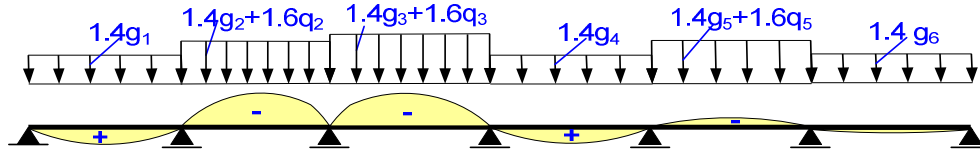
Özel konu: Derste anlatılmayacaktır

Bir doğrultuda çalışan döşeme sisteminin herhangi komşu açıklıklarının oranı $L_{\text{küçük-komşu}}/L_{\text{büyük-komşu}} < 0.8$ ise, veya herhangi bir açıklığın karakteristik hareketli yükünün karakteristik sabit yüke oranı 2 veya daha büyük ise, bu durumda **TS 500-2000, sayfa 50 de verilen basit formüller moment hesabı için kullanılamazlar.**

Eşdeğer kirişin çözümü için, kiriş tesir çizgileri dikkate alınarak, açıklık ve mesnet momentlerinin en büyük değerlerini veren elverişsiz yüklemeler yapılması zorunludur. Örnek olmak üzere, 2. açıklığın ve 3. mesnedin moment tesir çizgilerinin görünümü ve bu momentleri en büyük yapan yükleme durumları (dama yüklemesi) aşağıda gösterilmiştir. Kiriş bu tasarım yükleri altında herhangi bir yöntem ile (örneğin: el hesapları için CROSS) çözüldüğünde 2. açıklığın ve 3. mesnedin en büyük tasarım momentleri bulunmuş olur. Dikkat edilirse, 1., 3, ..., açıklıklar için bir; 2., 4, ..., açıklıklar için bir ve her iç mesnet için farklı bir yükleme durumu, dolayısıyla 2+iç mesnet sayısı kadar CROSS çözümü vardır. Buna göre, aşağıdaki 6 açıklıklı kiriş için 2+5=7 farklı yükleme ve çözüm yapılmalıdır. Yükleme sayısının çokluğu bilgisayar kullanımını kaçınılmaz kılmaktadır.



2. Açıklıkta en büyük momenti veren yükleme



3. Mesnetteki en büyük momenti veren yükleme

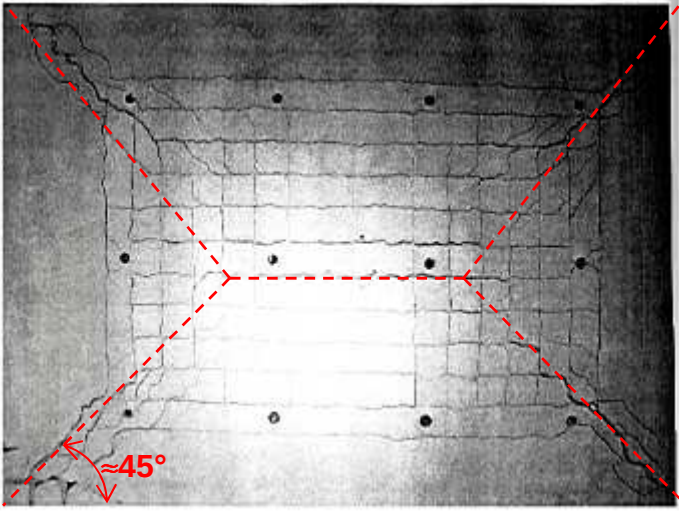
$g_1, g_2, \dots, g_6$: 1., 2., ..., 6. açıklıklardaki sabit (karakteristik) yük.

$q_1, q_2, \dots, q_6$: 1., 2., ..., 6. açıklıklardaki hareketli (karakteristik) yük.

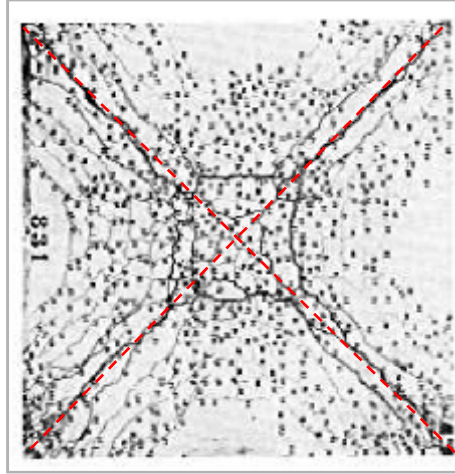
NOT:

Dış mesnet tasarım momentleri en az $= P_d L^2 / 24$ alınmalıdır.

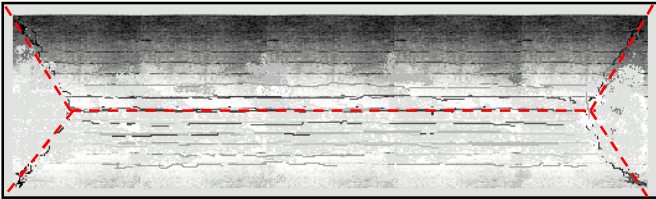
Döşeme yüklerinin kirişlere aktarılması



İki doğrultuda çalışan plak (dikdörtgen)



İki doğrultuda çalışan plak(kare)



Bir doğrultuda çalışan plak

Plakların taşıma gücüne eriştiğinde kırılma şekilleri
(alttan görünüşler)

Dört tarafından kirişli plaklar aşırı yüklendiklerinde şekilde görülen kesik çizgiler boyunca kırılırlar. Yeter bir yaklaşıklıkla, plak parçalarının (üçgen, trapez) oturdukları kiriş tarafından taşındığı varsayılabilir.

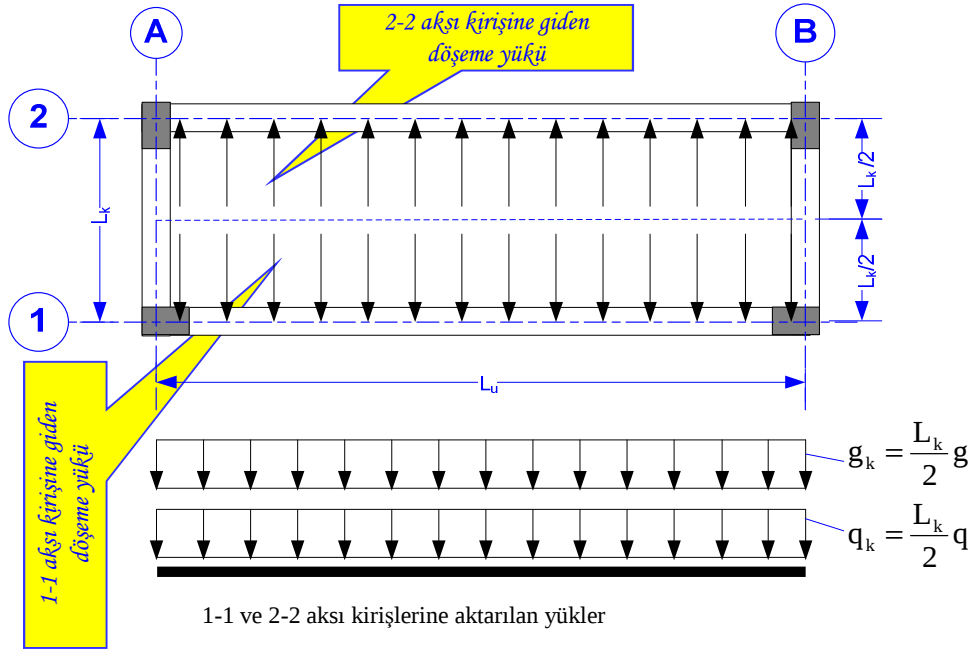
Uygulamada temel kural şudur: Plak köşelerinden çizilen açıortayların sınırladığı plak alanının yükü kirişe aktarılacak yükü oluşturur.

İki doğrultuda çalışan plaklarda kısa kirişlere üçgen, uzun kirişlere trapez yük aktarılır. Kare plaklarda ise tüm kirişlere üçgen yük aktarılır.

Bir doğrultuda çalışan plaklarda kısa kirişlere aktarılan üçgen yük küçüktür. Bu nedenle tüm yükün uzun doğrultudaki kirişler tarafından taşındığı varsayılır. Bu durumda uzun kirişlerin yükü düzgün yayılı olur.

Dişli döşemelerde yük aktarımı, kendi konusu içerisinde ele alınacaktır.

Bir doğrultuda çalışan kirişli döşemeden kirişlere aktarılan yükler:



$m=L_u/L_k>2$ olan döşemenin yükü uzun doğrultudaki kirişlere eşit olarak aktarılır. Kısa doğrultudaki kirişlere yük aktarılmadığı varsayılır.

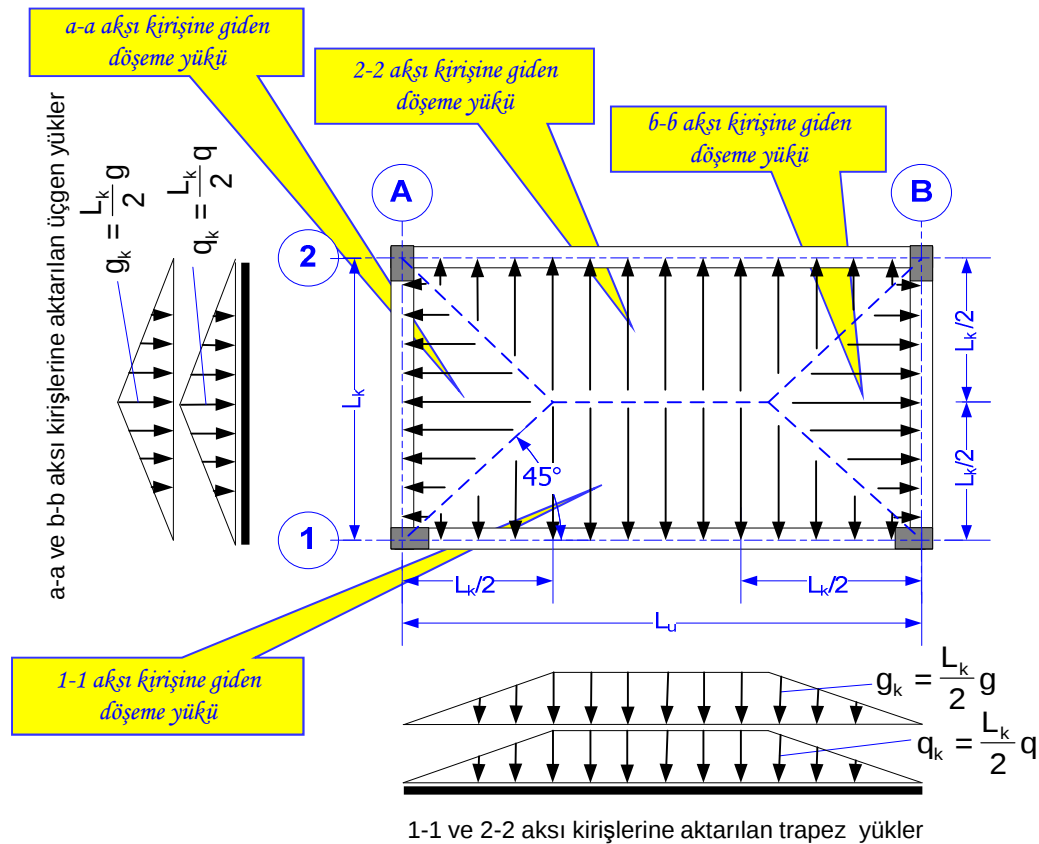
g (kN/m²): döşemedeki karakteristik sabit yük

q (kN/m²): döşemedeki karakteristik hareketli yük

g_k (kN/m): g yükünden kirişe aktarılan karakteristik düzgün yayılı çizgisel yük

q_k (kN/m): q yükünden kirişe aktarılan karakteristik düzgün yayılı çizgisel yük

İki doğrultuda çalışan kirişli döşemeden kirişlere aktarılan yükler:

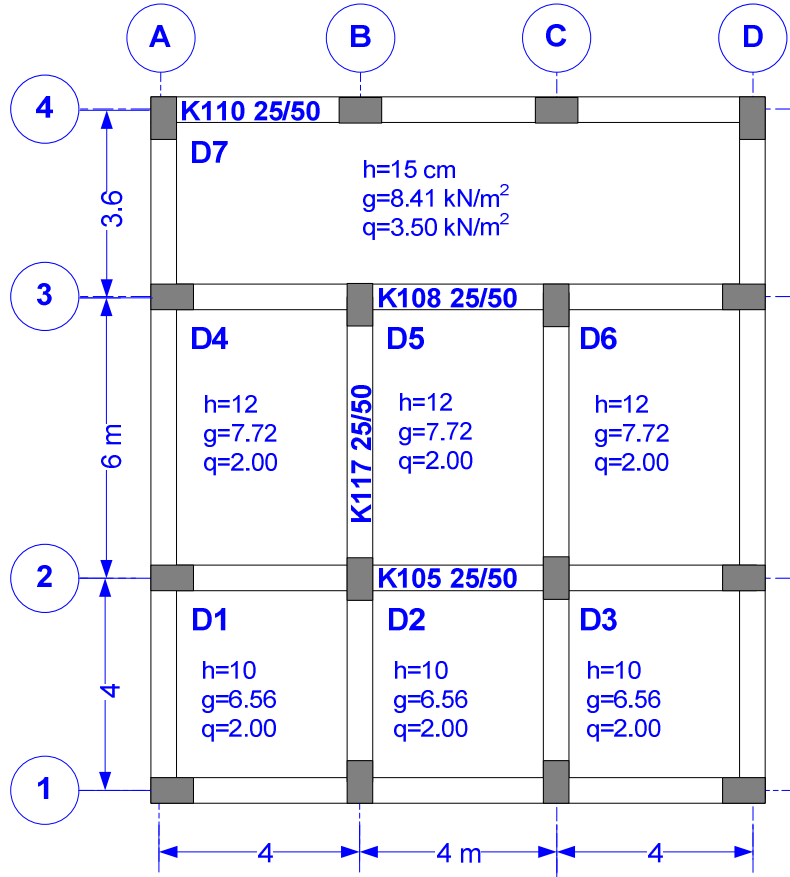


$m=L_u/L_k \leq 2$ olan döşemenin yükü kenar kirişlere şekilde görüldüğü gibi dağıtılır. Döşemenin mesnet durumu (sürekli veya süreksiz) dikkate alınmaz. Köşe açılarının açı ortaylarının kesiştiği noktalar birleştirilir. Böylece kirişlere aktarılabacak döşeme yükü bölgeleri üçgen ve trapez olarak belirlenmiş olur.

Uzun doğrultudaki kirişlere trapez, kısa doğrultudaki kirişlere üçgen yük aktarılmaktadır. Kare döşemelerde tüm kiriş yükleri üçgen olur.

g (kN/m²): döşemedeki karakteristik sabit yük
 q (kN/m²): döşemedeki karakteristik hareketli yük
 g_k (kN/m): g yükünden kirişe aktarılan karakteristik yük
 q_k (kN/m): q yükünden kirişe aktarılan karakteristik yük

ÖRNEK: Kiriş yüklerinin belirlenmesi



+3.0 ve +6.0 m kotları kalıp planı

Bir yapının +3.0 ve +6.0 m kotlarına ait kalıp planında döşeme yükleri gösterilmiştir. Tüm kirişlerin üzerinde duvar vardır. İç duvar ağırlığı 2.40 kN/m², dış duvar 4.20 kN/m² dir.

K105, K108, K110 ve K117 kirişlerinin yükleri hesaplanacaktır.

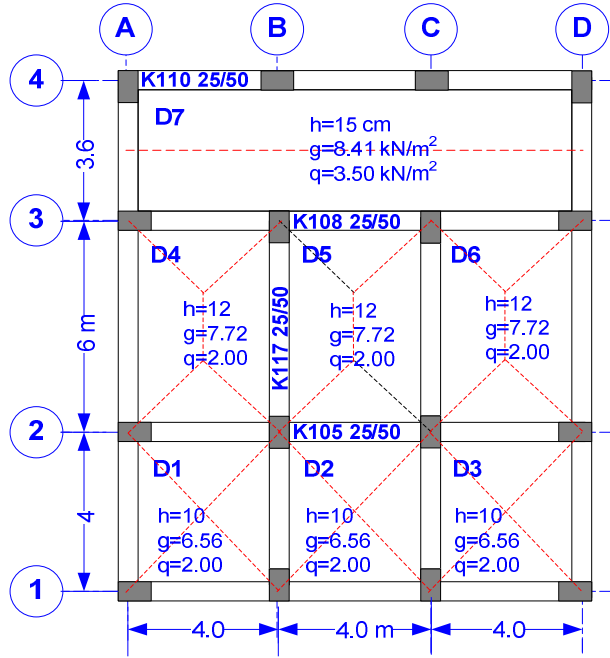
ÇÖZÜM:

Bir kirişin üzerinde olabilecek karakteristik yükler:

- Kirişin kendi düzgün yayılı yükü (kN/m)
- Döşemelerden kirişe aktarılan üçgen, trapez, düzgün yayılı yükler (kN/m)
- Duvar düzgün yayılı yükü (kN/m)
- Saplama kirişlerden aktarılan tekil yükler (kN)

Kirişin sabit ve hareketli yükleri ayrı ayrı hesaplanır, toplanmazlar.

Döşeme yüklerinin kirişlere aktarılma şeması:



+3.0 ve +6.0 m kotları kalıp planı

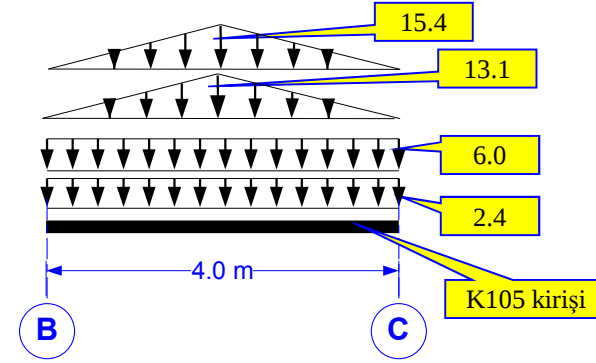
K105 kirişine: D2 ve D5 den üçgen yükler,
K108 kirişine: D5 den üçgen, D7 den düzgün yayılı yük,
K110 kirişine: D7 den düzgün yayılı yük,
K117 kirişine: D4 ve D5 den trapez yükler

aktarılmaktadır.

K105 kirişi yükleri:

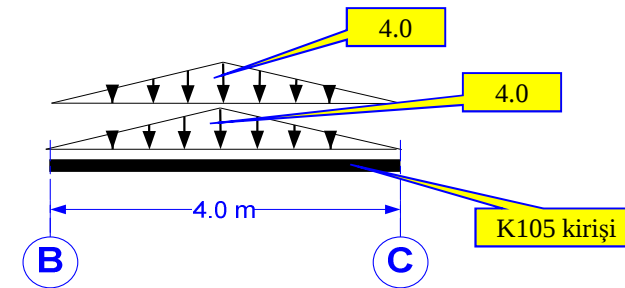
a) Karakteristik sabit yükler:

Kiriş	$0.25 \cdot (0.50 - 0.11) \cdot 25$	= 2.4 kN/m
Duvar	$(3.0 - 0.50) \cdot 2.40$	= 6.0 "
D2 den	$(4/2) \cdot 6.56$	= 13.1 "
D5 den	$(4/2) \cdot 7.72$	= 15.4 "



b) Karakteristik hareketli yükler:

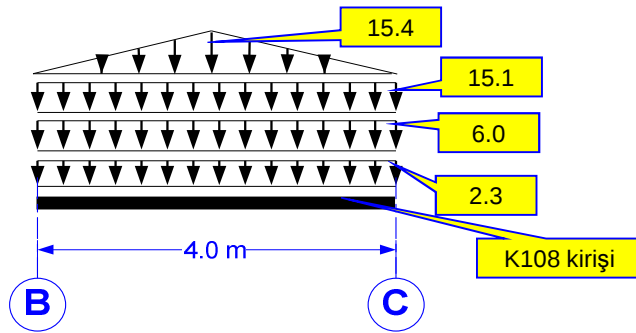
D2 den	$(4/2) \cdot 2.00$	= 4.0 kN/m
D5 den	$(4/2) \cdot 2.00$	= 4.0 "



K108 kirişı yükleri:

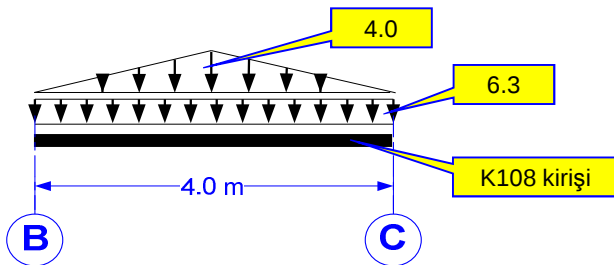
a) Karakteristik sabit yükler:

$$\begin{aligned}\text{Kiriş} & 0.25 \cdot (0.50 - 0.135) \cdot 25 = 2.3 \text{ kN/m} \\ \text{Duvar} & (3.0 - 0.50) \cdot 2.40 = 6.0 \text{ " } \\ \text{D5 den} & (4/2) \cdot 7.72 = 15.4 \text{ " } \\ \text{D7 den} & (3.6/2) \cdot 8.41 = 15.1 \text{ " }\end{aligned}$$



b) Karakteristik hareketli yükler:

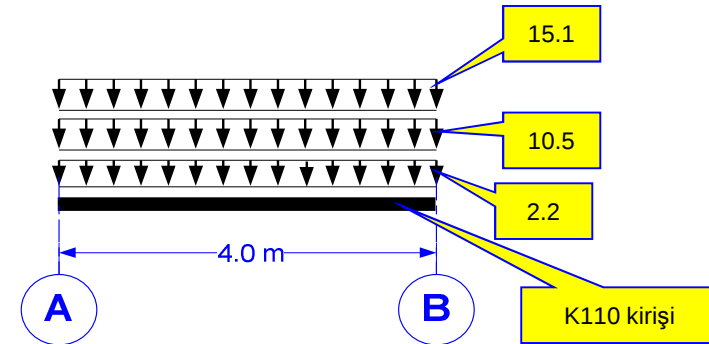
$$\begin{aligned}\text{D5 den} & (4/2) \cdot 2.00 = 4.0 \text{ kN/m} \\ \text{D7 den} & (3.6/2) \cdot 3.50 = 6.3 \text{ " }\end{aligned}$$



K110 kirişı yükleri:

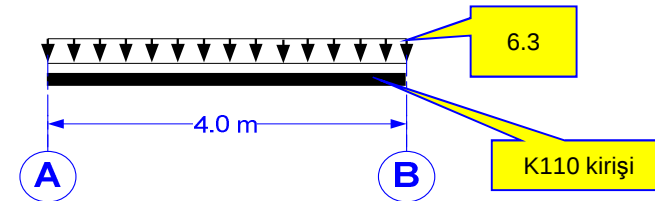
a) Karakteristik sabit yükler:

$$\begin{aligned}\text{Kiriş} & 0.25 \cdot (0.50 - 0.15) \cdot 25 = 2.2 \text{ kN/m} \\ \text{Duvar} & (3.0 - 0.50) \cdot 4.20 = 10.5 \text{ " } \\ \text{D7 den} & (3.6/2) \cdot 8.41 = 15.1 \text{ " }\end{aligned}$$



b) Karakteristik hareketli yükler:

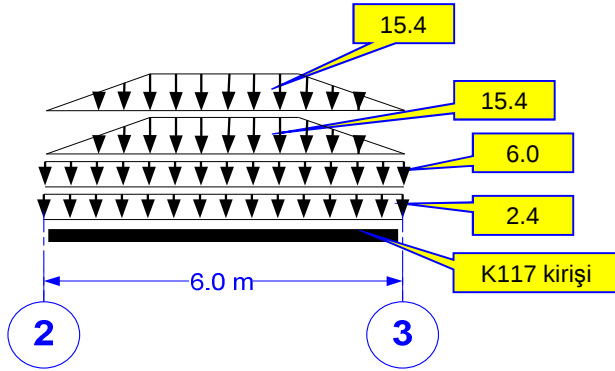
$$\text{D7 den} \quad (3.6/2) \cdot 3.50 = 6.3 \text{ kN/m}$$



K117 kirişı yükleri:

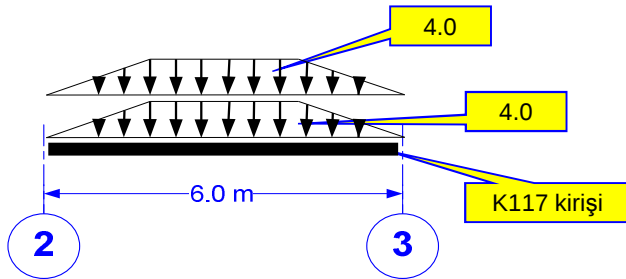
a) Karakteristik sabit yükler:

Kiriş	$0.25 \cdot (0.50-0.12) \cdot 25$	$= 2.4 \text{ kN/m}$
Duvar	$(3.0-0.50) \cdot 2.40$	$= 6.0 \text{ "}$
D4 den	$(4/2) \cdot 7.72$	$= 15.4 \text{ "}$
D5 den	$(4/2) \cdot 7.72$	$= 15.4 \text{ "}$



b) Karakteristik hareketli yükler:

D4 den	$(4/2) \cdot 2.00$	$= 4.0 \text{ kN/m}$
D5 den	$(4/2) \cdot 2.00$	$= 4.0 \text{ "}$



Hesaplanan yükler bir sonraki sayfada tablo halinde gösterilmiştir.

Kiriş yükleri tablosu (g sabit yüklerinden)

+3.0, +6.0 Kotu					Açıklama
K101 25/50	...	...	...	...	...
...					
K105 25/50	2.4 6.0	13.1 15.4			Kiriş Duvar D2 den D5 den
...					
K108 25/50	2.3 6.0 15.1	15.4			Kiriş Duvar D7 den D5 den
...					
K110 25/50	2.2 10.5 15.1				Kiriş Duvar D7 den
...					
K117 25/50	2.4 6.0				Kiriş Duvar D4 den D5 den
...					

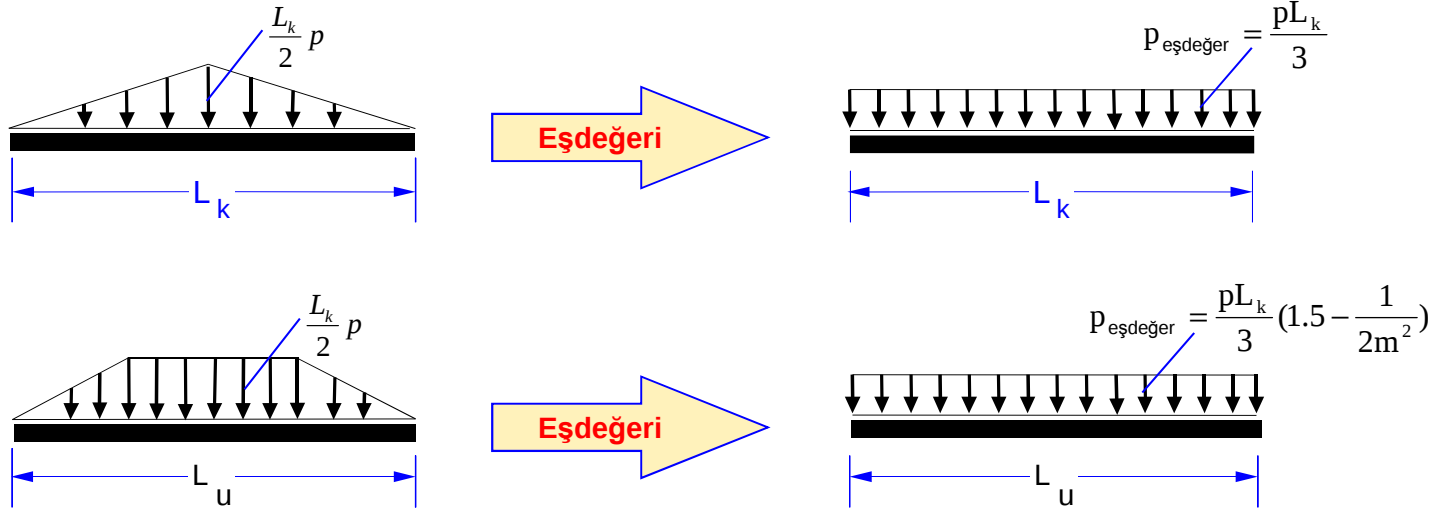
P : kN, a: metre cinsinden

Kiriş yükleri tablosu (q hareketli yüklerinden)

+3.0, +6.0 Kotu					Açıklama
K101 25/50	...	...	...	...	...
...					
K105 25/50		4.0 4.0			D2 den D5 den
...					
K108 25/50	6.3	4.0			D5 den D7 den
...					
K110 25/50	6.3				D7 den
...					
K117 25/50					D4 den D5 den
...					

Üçgen ve trapez yüklerin düzgün yayılı eşdeğer yüke dönüştürülmesi

Üçgen ve trapez yükler bilgisayar ile yapılan hesaplarda kullanılır. El hesaplarında, üçgen ve trapez kiriş yükleri ile çalışmak, yorucu ve zaman alıcıdır. El hesaplarında üçgen ve trapez yükler yerine bunların aşağıda verilen eşdeğer düzgün yayılı karşılıkları kullanılabilir. Üçgen ve trapez yüklerin ankastrelik momentleri eşdeğer yüklerin ankastrelik momentleri ile aynıdır. Ancak, açıklık momentleri ve kesme kuvvetleri farklı olur. Bu nedenle, bilgisayar ile yapılan hesaplarda mutlaka üçgen ve trapez yükler kullanılmalı, eşdeğerleri kullanılmamalıdır.



L_k : döşemenin kısa kenarı (=kısa kenardaki kiriş açıklığı)

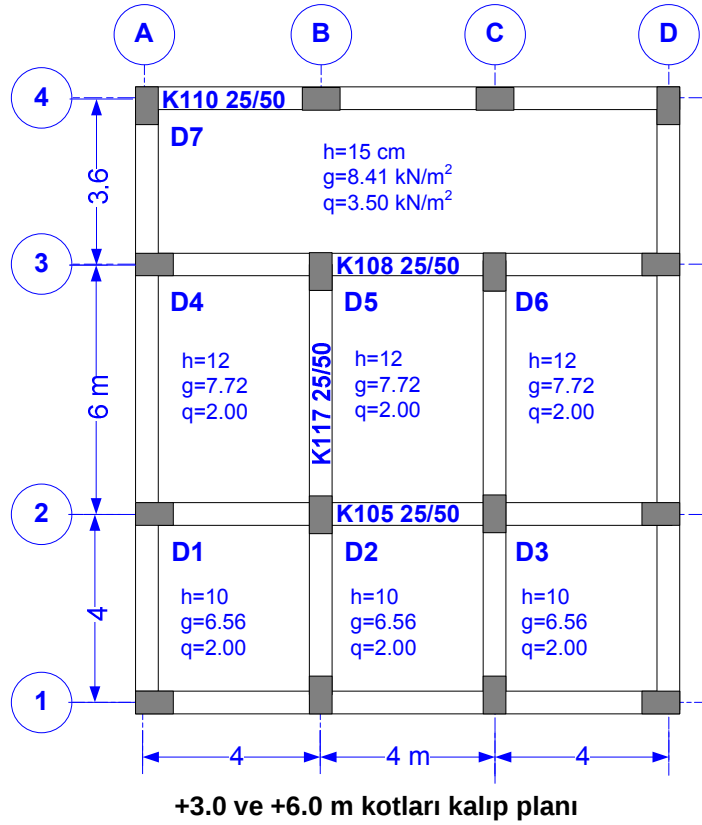
L_u : döşemenin uzun kenarı (=uzun kenardaki kiriş açıklığı)

$m = L_u/L_k$

p :döşemenin yükü (g veya q)

$p_{\text{eşdeğer}}$:üçgen veya trapez yük yerine kullanılabilcek düzgün yayılı eşdeğer yük

ÖRNEK: Kiriş yüklerinin eşdeğer düzgün yayılı yük olarak belirlenmesi



Bir yapının +3.0 ve +6.0 m kotlarına ait kalıp planında döşeme yükleri gösterilmiştir. Tüm kirişlerin üzerinde duvar vardır. İç duvar ağırlığı 2.40 kN/m², dış duvar 4.20 kN/m² dir.

K105, K108, K110 ve K117 kirişlerinin yüklerini düzgün yayılı eşdeğer yük olarak belirleyiniz.

ÇÖZÜM:

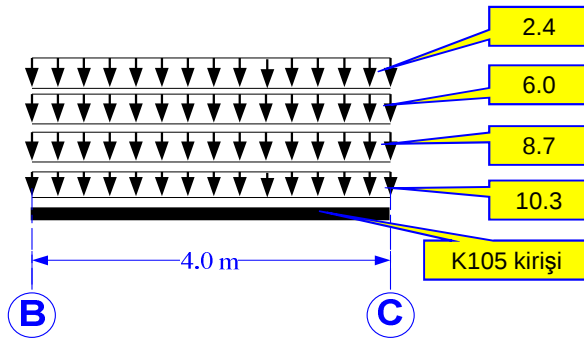
K105 kirişine: D2 ve D5 den üçgen yükler,
K108 kirişine: D5 den üçgen, D7 den düzgün yayılı yük,
K110 kirişine: D7 den düzgün yayılı yük,
K117 kirişine: D4 ve D5 den trapez yükler

aktarılmaktadır. Hesaplarda üçgen ve trapez yükler yerine düzgün yayılı eşdeğer karşılıkları kullanılacaktır.

K105 kirişi yükleri:

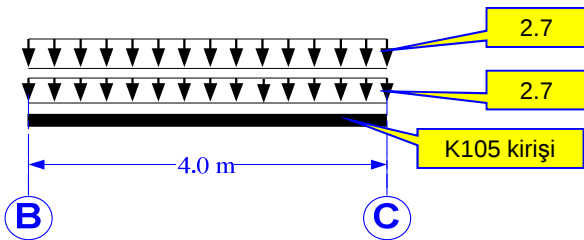
a) Karakteristik sabit yükler:

Kiriş	$0.25 \cdot (0.50 - 0.11) \cdot 25$	= 2.4 kN/m
Duvar	$(3.0 - 0.50) \cdot 2.40$	= 6.0 "
D2 den	$(4/3) \cdot 6.56$	= 8.7 "
D5 den	$(4/3) \cdot 7.72$	= 10.3 "



b) Karakteristik hareketli yükler:

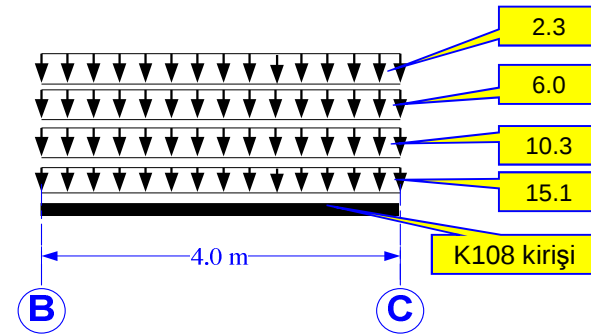
D2 den	$(4/3) \cdot 2.00$	= 2.7 kN/m
D5 den	$(4/3) \cdot 2.00$	= 2.7 "



K108 kirişi yükleri:

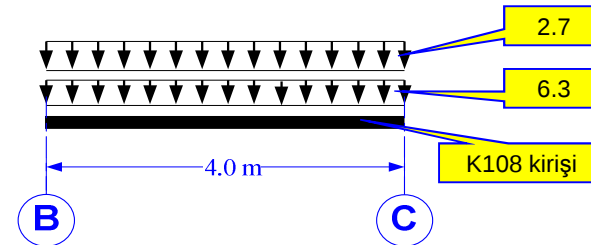
a) Karakteristik sabit yükler:

Kiriş	$0.25 \cdot (0.50 - 0.135) \cdot 25$	= 2.3 kN/m
Duvar	$(3.0 - 0.50) \cdot 2.40$	= 6.0 "
D5 den	$(4/3) \cdot 7.72$	= 10.3 "
D7 den	$(3.6/2) \cdot 8.41$	= 15.1 "



b) Karakteristik hareketli yükler:

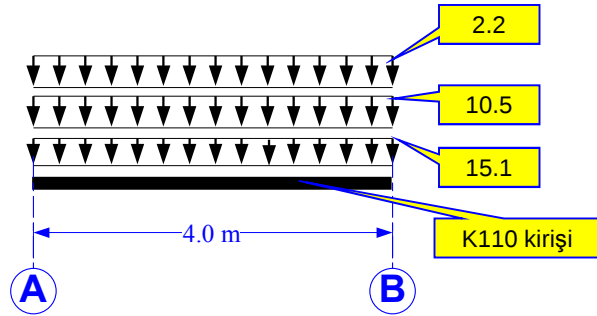
D5 den	$(4/3) \cdot 2.00$	= 2.7 kN/m
D7 den	$(3.6/2) \cdot 3.50$	= 6.3 "



K110 kirişi yükleri:

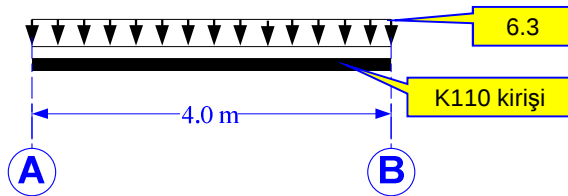
a) Karakteristik sabit yükler:

$$\begin{aligned}\text{Kiriş} & 0.25 \cdot (0.50 - 0.15) \cdot 25 & = 2.2 \text{ kN/m} \\ \text{Duvar} & (3.0 - 0.50) \cdot 4.20 & = 10.5 \text{ " } \\ \text{D7 den} & (3.6/2) \cdot 8.41 & = 15.1 \text{ " }\end{aligned}$$



b) Karakteristik hareketli yükler:

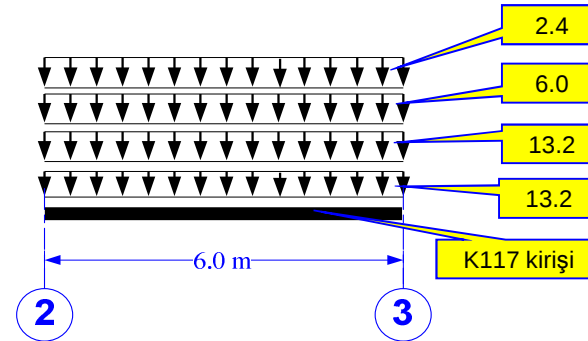
$$\text{D7 den } (3.6/2) \cdot 3.50 = 6.3 \text{ kN/m}$$



K117 kirişi yükleri:

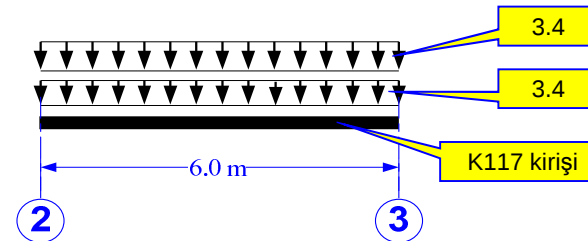
a) Karakteristik sabit yükler:

$$\begin{aligned}m &= 6/4 = 1.5 \\ \text{Kiriş} & 0.25 \cdot (0.50 - 0.12) \cdot 25 & = 2.4 \text{ kN/m} \\ \text{Duvar} & (3.0 - 0.50) \cdot 2.40 & = 6.0 \text{ " } \\ \text{D4 den} & 7.72 \cdot 4/3 \cdot (1.5 - 1/ (2 \cdot 1.5^2)) & = 13.2 \text{ " } \\ \text{D5 den} & 7.72 \cdot 4/3 \cdot (1.5 - 1/ (2 \cdot 1.5^2)) & = 13.2 \text{ " }\end{aligned}$$

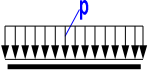
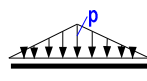
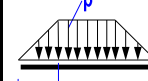
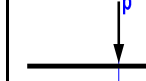


b) Karakteristik hareketli yükler:

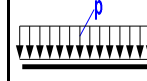
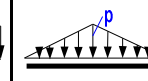
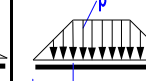
$$\begin{aligned}\text{D4 den} & 2.00 \cdot 4/3 \cdot (1.5 - 1/ (2 \cdot 1.5^2)) & = 3.4 \text{ kN/m} \\ \text{D5 den} & 2.00 \cdot 4/3 \cdot (1.5 - 1/ (2 \cdot 1.5^2)) & = 3.4 \text{ kN/m}\end{aligned}$$



Kiriş yükleri tablosu (g sabit yüklerinden)

+3.0, +6.0 Kotu					Açıklama
K101 25/50	...	...	...	...	...
...					
K105 25/50	2.4 6.0 8.7 10.3				Kiriş Duvar D2 den D5 den
...					
K108 25/50	2.3 6.0 10.3 15.1				Kiriş Duvar D5 den D7 den
...					
K110 25/50	2.2 10.5 15.1				Kiriş Duvar D7 den
K117 25/50	2.4 6.0 13.2 13.2				Kiriş Duvar D4 den D5 den
...					

Kiriş yükleri tablosu (q hareketli yüklerinden)

+3.0, +6.0 Kotu					Açıklama
K101 25/50	...	...	...	...	
...					
K105 25/50	2.7 2.7				D2 den D5 den
...					
K108 25/50	2.7 6.3				D5 den D7 den
...					
K110 25/50	6.3				D7 den
K117 25/50	3.4 3.4				D4 den D5 den
...					

P : kN, a: metre cinsinden