

# INSA471 BETONARME YAPILARIN TASARIMI

DERS NOTU #8

# TEK YÖNLÜ DÖŞEMELERİN YAPISAL ANALİZİ

- Tek yönlü döşemeler, kirişler için geliştirilen elastik yöntemler ile çözülebilir (Bir metre genişliğe sahip dikdörtgen kesitli kiriş gibi)
- Bu kirişi destekleyen kirişlerdeki burulma rijitlikleri ve burulmalar ihmal edilir.
- Çelik kirişlerle desteklenen tek yönlü döşemeler One-way slabs supported by steel beams can be analyzed similarly provided that the distance between the top of the slab and the top of the steel beam is at least 4 cm.
- Döşemelerin mesnetlerdeki tasarım momentleri, mesnet olarak düşünülen kirişlerin eksenine göre hesaplanmış momentten  $DM=Va/3$  momentinin çıkarılması ile bulunur. Burada  $V$  mesnetteki kesme kuvveti ve  $a$  ise kiriş genişliğini vermektedir. Bu  $a$  değeri kiriş açıklığının 0.175 katından daha fazla alınmaması gerekir. Bunun yanında, azaltılmış mesnet momenti  $W_u I^2/14$  değerinden daha küçük alınmamalıdır.
- Taşıyıcı yığma duvarlar ile desteklenen (mesnetlenen) döşemelerde tasarım momenti, duvar merkezine göre hesaplanan moment olarak alınmalıdır.

- Hareketli yüklerden dolayı mesnetlerde hesaplanan negatif momentler, kirişlerde burulma rijitliği olmasından dolayı azaltılabilir. (genellikle momentin yarısı alınır).
- Sürekli kiriş gibi analiz edilen döşemelerde, dış mesnetlerin tamamen dönebildiği (basit mesnet) kabul edilir.
- TS 500'e göre, dış mesnetlerdeki donatı alanı, mesnetin taşıdığı döşemenin açıklık donatısının en az yarısı kadar donatıya sahip olması gerekir.
- Pozitif açıklık momentleri  $W_u I_u^2 / 24$  değerinden daha az olmamalıdır. Burada,  $I_n$  döşemenin net açıklığıdır.
- Döşemelerdeki kesme gerilmeleri genellikle wok küçüktür. Kesme kuvvetlerinin yüksek olduğu durumlarda, döşeme kalınlığının,  $0.5 * 0.65 * f_{ctd} * b * d$  kesme kuvvetinden daha küçük kesme kuvveti oluşturacak şekilde seçilmesi önerilmektedir.

# TEK-YÖNLÜ DÖŞEMELERİN ANALİZİ İÇİN YAKLAŞIK YÖNTEM

Tek yönlü döşemelerde, eğer komşu döşemelerin açıklıkları birbirine eşit veya oranları 0.8'den büyük ise ve eğer yükler düzgün yayılı yük ise, ve eğer hareketli yükün ölü yüke oranı ( $W_g/W_q$ ) 2 den daha az ise, kısa doğrultudaki eğilme momentleri Denklem (1.1) ile hesaplanabilir.

$$M = KW_u(l_j)^2 \quad (1.1)$$

- Burada  $W_u$  : ilgili döşemenin tasarım yüküdür,  $l_j$  döşemenin açıklığıdır ve  $K$  ise bir katsayıdır.

K değerleri:

Açıklık momentleri için:

Kenar açıklık:

1/11

İç açıklık:

1/15

Mesnet momentleri için:

a) Sadece iki açıklıklı döşemelerde:

Dış Mesnetler:  $-(1/24)$

İç mesnetler:  $-(1/8)$

b) İki'den fazla açıklığı bulunan döşemelerde:

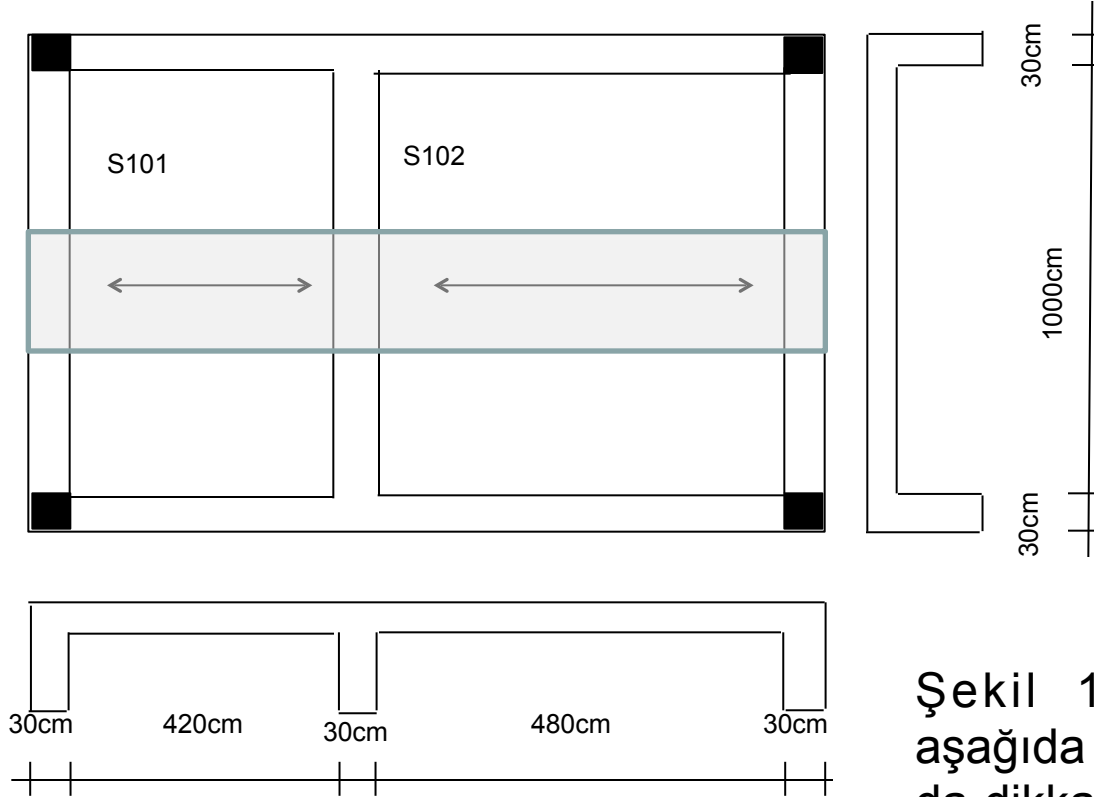
Dış mesnetler:  $-(1/24)$

İlk iç mesnetler:  $-(1/9)$

Diğer iç mesnetler:  $-(1/10)$

Bir iç mesnet tarafından desteklenen iki komşu döşemenin yükleri eğer birbirinden farklı veya açıklıkları farklı ise, Denklem (1.1)'de yük veya açıklıkların ortalaması alınarak kullanılır.

## Örnek 1.1



Şekil 1.6

Şekil 1.6'da verilen döşemeyi aşağıda verilen TS500'ün şartlarını da dikkate alarak tasarlayınız. Açıklık donatılarının yarısını düz, diğer yarısını pilye olarak seçiniz.

Haraketli yük =  $2.5 \text{ kN/m}^2$ , Kaplama ve sıvanın toplam kalınlığını 8 cm alınız.

Malzemeler: Beton: C25, Çelik: S420

# Çözüm:

Kontrol: Kiriş açıklıkları merkezden merkeze alınırsa,  
S102 döşemesinde  $I_y/I_x = I_{uzun}/I_{kısa} = 1030/510 = 2.02 > 2$  Tek yönlü döşeme

S101 döşemesinde  $I_y/I_x = 1030/450 = 2.29 > 2$  Tek yönlü döşeme

Döşeme kalınlığı:

S102 döşemesinin açıklığı daha büyük olduğundan kalınlık S102 döşemesine göre belirlenecek ve S101 döşemesi için de aynısı kullanılacaktır. Ancak zorunlu değildir, her döşeme için için ayrı ayrı da hesaplanabilir.

$$\text{min.}h = 480 / 30 = 16 \text{ cm} > 8 \text{ cm} \quad \text{Seçilen } h = 16 \text{ cm}$$



## Döşemelerin Yükleri

Ölü yük hesabında betonun birim ağırlığı  $25 \text{ kN/m}^3$  olarak alınmalıdır, Bunun yanında sıva harcı ve tesviye betonu  $20 \text{ kN/m}^3$  olarak alınabilir. Bundan dolayı,

Döşemenin kendi ağırlığı .....	$0.16 \cdot 25 = 4.00 \text{ kN/m}^2$
Ek ölü yük (tesviye ve seramik+sıva) .....	$0.08 \cdot 20 = \underline{1.60 \text{ kN/m}^2}$
Ölü yük $W_d$	$= 5.60 \text{ kN/m}^2$
Haraketli yük $W_l$	$= 2.50 \text{ kN/m}^2$

Mimari detaylara bağlı olarak daha farklı ölü yükler hesaplanıp hesaplarda dikkate alınabilir. Ancak, genellikle kullanıcı daha sonra inşaa veya kullanım esnasında tadilatlar yaparak bu yükleri değiştirebilmektedir. Bundan dolayı tasarımcılar genellikle yeterli güvenliği sağlayacak şekilde yük tahmininde bulunur.

## Yapısal Analiz

Bu sistem, sürekli kirişler için geliştirilmiş herhangi bir yöntem kullanılarak analiz edilebilir. Ancak, bu problemde yaklaşık bir yöntem olan moment katsayıları metodu kullanılabilir. Çünkü aşağıdaki şartları sağlamaktadır.

- Kısa yönde  $I_{en\ kısa} / I_{en\ uzun} = 4.50 / 5.10 = 0.88 > 0.8$
- Yükler düzgün yayılı olarak etki ettirilmektedir.
- $W_l = 2.5\text{ kN/m}^2 < 2W_d = 2*5.60 = 11.20\text{ kN/m}^2$

İki açıklıklı tek yönlü döşemeler için verilen katsayılar moment hesaplarında kullanılacaktır.

Kat sayılarıyla çarpılmış toplam tasarım yükü:

$$W_u = 1.4W_d + 1.6W_l = 1.4*5.60 + 1.6*2.50 = 11.84\text{ kN/m}^2$$

## Açıklık Momentleri:

$$S101: \quad \frac{1}{11} W_{u1} l_1^2 = \frac{1}{11} * 11.84 * 4.5^2 = 21.80 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$$

$$S102: \quad \frac{1}{11} W_{u2} l_2^2 = \frac{1}{11} * 11.84 * 5.1^2 = 27.30 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$$

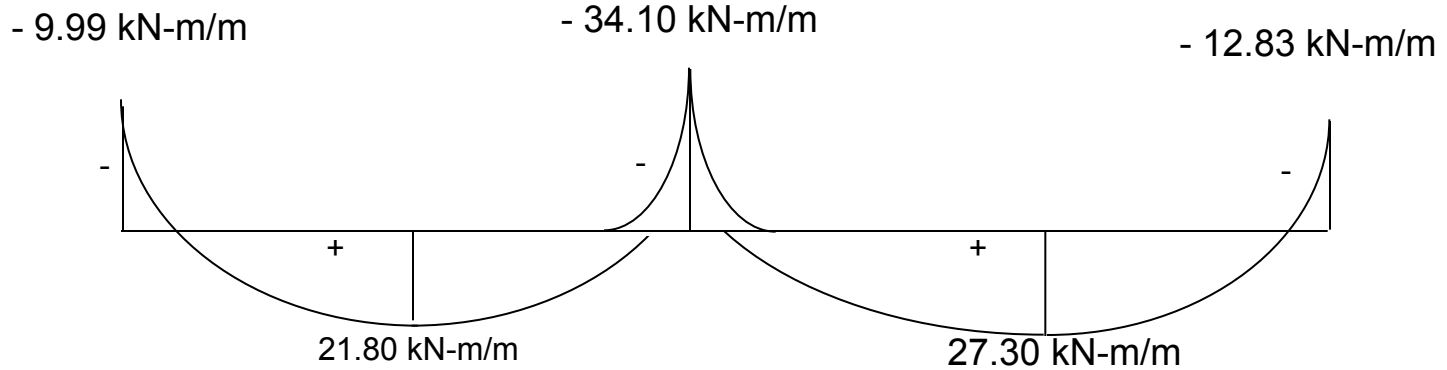
## Mesnet momentleri:

$$S101 \text{ (dış mesnet): } \quad \frac{1}{24} W_{u1} l_1^2 = - \frac{1}{24} * 11.84 * 4.5^2 = - 9.99 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$$

$$S101-S102: \quad \frac{1}{8} W_{u,av} l_{av}^2 = \frac{1}{8} * 11.84 * \left( \frac{4.5 + 5.1}{2} \right)^2 = - 34.10 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$$

$$S102 \text{ (dış mesnet): } \quad \frac{1}{24} W_{u2} l_2^2 = - \frac{1}{24} * 11.84 * 5.1^2 = -12.83 \text{ kN} \cdot \text{m} / \text{m}$$

Elde edilen momentler yaklaşık momentler olduğundan, mesnet momentlerinde düzeltme yapılmasına gerek yoktur. Moment diagramı Şekil 1.7’de verilmiştir. Moment eğrileri sürekli değildir. Nedeni ise, moment hesapları esnasında kullanılan katsayılar farklı yük durumları dikkate alındığında en büyük pozitif ve negatif moment elde edildiği durumlardaki katsayılar kullanılmış olmasındandır.



Şekil 1.7

## Döşemelerin Tasarımı:

Şerit döşemelerin kesitleri dikdörtgendir. Denklem  $M = Rbd^2$  tasarımda kullanılacaktır. R değerleri Ekte verilen tablolardan alınacaktır.

$$b = 100 \text{ cm} \quad d = h - d' = 16 - 2 = 14 \text{ cm}$$

$$\text{Çelik Alanı: } A_s = \rho b d$$

$$\text{Minimum çelik oranı: } \rho_{\min} = 0.002$$

$$\text{Maximum aralıklar: } 1.5h = 1.5 \cdot 16 = 24 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$$

$$\text{Bundan dolayı: } s_{\max} = 20 \text{ cm}$$

Döşeme tasarımında eğer kullanılan donatı tek katlı ise, etkili derinlik (döşeme kalınlığı - 2) şekilde hesaplanabilir. Kullanılacak donatının Ø10 olacağı kabul edilirse, ve temiz pas payı 1.5 cm olarak kabul edilirse, beton yüzeyi ile donatının merkezi arasındaki mesafe 2 cm olarak kolayca hesaplanabilir.

## Açıklık Momentlerine göre Tasarım

Döşeme	Moment(kg-cm)	d(cm)	R(kg/cm <sup>2</sup> )	$\rho$	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> )	Seçilen
S101	21.80*10 <sup>4</sup>	14	11.12	0.0032	4.48	Ø10/17.5 (4.49)
S102	27.30*10 <sup>4</sup>	14	13.92	0.0041	5.74	Ø10/13.5 (5.82)

## Mesnet momentlerine göre tasarım

Döşeme	Moment	d	R	$\rho$	$A_s$	Mevcut	Ek donatı
S101	$9.99 \cdot 10^4$	14	5.10	$< \rho_{\min}$	2.80	$4.49/2 = 2.245$	Ø8/70(0.74)
S101-S102	$34.1 \cdot 10^4$	14	17.4	0.0051	7.14	$\frac{4.49 + 5.82}{2} = 5.155$	Ø8/25(2.01)
S102	$12.83 \cdot 10^4$	14	6.55	$< \rho_{\min}$	2.80	$5.82/2 = 2.91$	-

Dikkat edilecek olursa, dış mesnetlerde  $\rho < \rho_{\min}$ , bundan dolayı donatı miktarı minimum orana göre hesaplanmıştır.  $A_s = \rho_{\min} b d = 0.002 \cdot 100 \cdot 14 = 2.8 \text{ cm}^2$ . Diğer taraftan pilyelerden dolayı mesnetlerdeki donatı miktarı, açıklıktakinin yarısına eşit veya daha fazla olmakta ve TS500'ün şartını sağlamaktadır. S101 döşemesi için, ek olarak Ø8/90(0.56  $\text{cm}^2$ ) donatısı yeterli olsada daha uniform dağılım için Ø8/70(0.74  $\text{cm}^2$ ) şeklinde bir donatı seçilmiştir.

## Dağıtma Donatısı:

S101: Gerekli minimum çelik alanı  $\frac{A_s}{5} = \frac{4.48}{5} = 0.90 \text{ cm}^2$ , seçilen: Ø6/30 (0.95cm<sup>2</sup>)

S102: Gerekli minimum çelik alanı  $\frac{A_s}{5} = \frac{5.74}{5} = 1.15 \text{ cm}^2$ , seçilen: Ø6/24 (1.18 cm<sup>2</sup>)

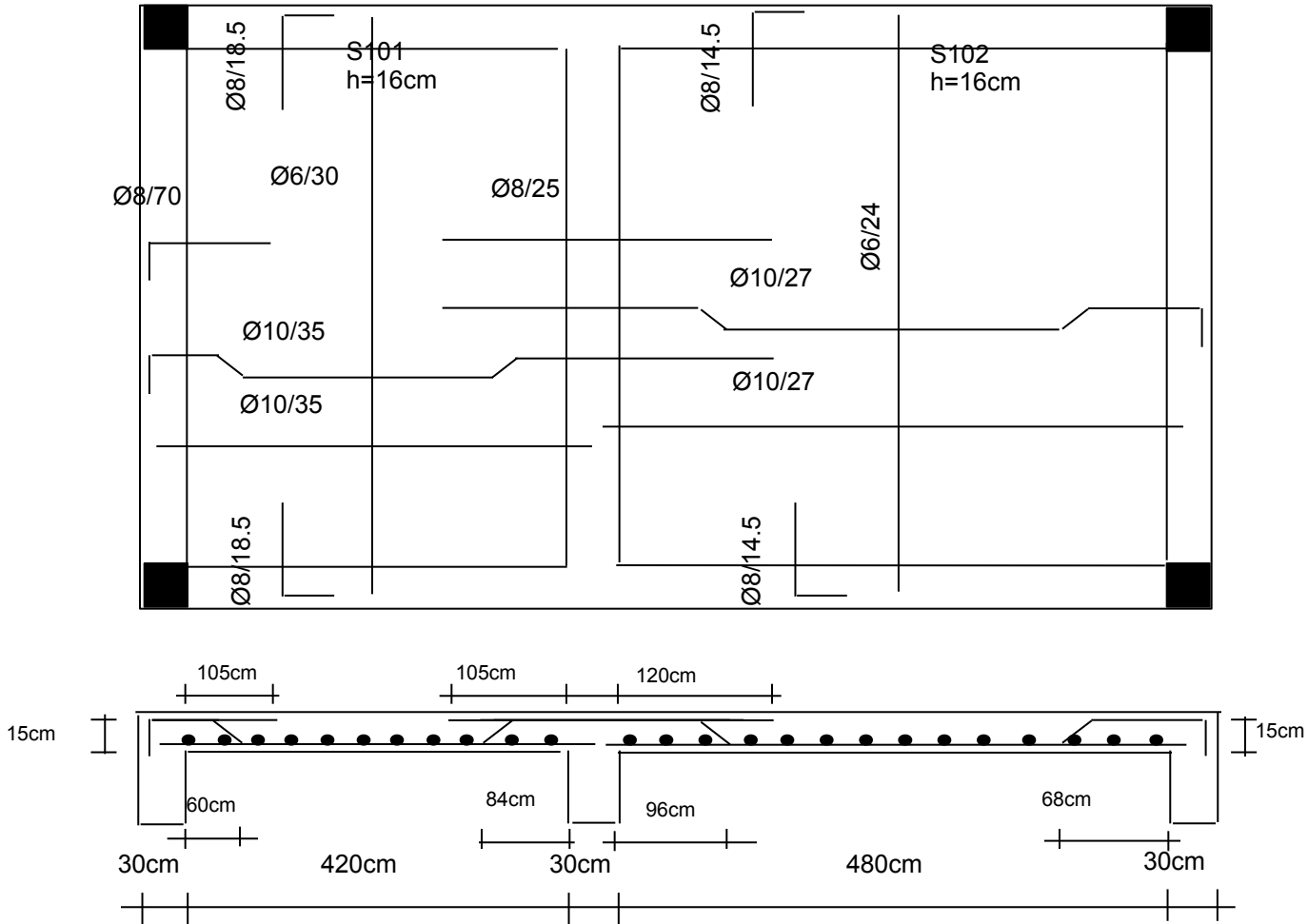
(Donatı aralıkları 30 cm'den fazla olmamalıdır)

Uzun doğrultudaki mesnet donatıları

S101: gerekli minimum çelik alanı  $0.6A_s = 0.6 \cdot 4.48 = 2.69 \text{ cm}^2 > 1.68 \text{ cm}^2$  (Ø8/30)  
Seçilen: Ø8/18.5 (2.72 cm<sup>2</sup>)

S102: gerekli minimum çelik alanı  $0.6A_s = 0.6 \cdot 5.74 = 3.44 \text{ cm}^2 > 1.68 \text{ cm}^2$  (Ø8/30)  
Seçilen: Ø8/14.5 (3.47 cm<sup>2</sup>)





Şekil 1.8