

ÖNSÖZ

Üniversitelerin bünyesinde Mühendis yetiştiren Mühendislik Fakültelerinin yanı sıra, Tekniker yetiştiren Meslek Yüksek Okulları da bulunmakta neredeyse tamamında mühendislik fakültelerindeki 4 yıllık bölümlerinin 2 yıllık öğrenimli programları bulunmaktadır.

Bu durum Mühendislik eğitimi müfredatının kırılmış bir şekilde MYO larda okutulması durumunu ortaya çıkarmıştır, tabi ki bu çok kolay olan bir durum değildir. Bu kolay olmayan durum hem MYO hocalarını hem de öğrencileri zorlamaktadır.

Bundan dolayı MYO larda okutulan Mühendislikle aynı isindeki dersler özünde aynı kalmak kaydıyla kırılarak anlatılmaktadır.

Bu durumu Mühendislik Fakültelerinin İnşaat Mühendisliği bölümlerinde betonarme dersini anlatan hocaların anlayışla karşılayacağını umuyorum.

Buradan yola çıkarak hazırlanan bu notların MYO okulu öğrencilerine faydalı olmasını umuyorum.

D. Ali AÇIKEL

Öğr.Görv.

1- GİRİŞ

Betonarme yapıların özellikle de bina yapılarının taşıyıcı sistem tasarım ve uygulamalarında yaygın olarak kullanılan bir malzeme olduğundan ve son yüzyılın en büyük keşiflerinden olan bir malzemedir. Bu durum betonarme hesapları ve hesap esaslarını önemli hale getirmiştir.

Bu ders notlarında da Meslek Yüksek Okulları seviyesinde betonarme hesapları anlatılacaktır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de betonarme hesapları yapılırken Taşıma Gücü hesap esasları dikkate alınmış ve kabul edilmiştir. Burada da Taşıma Gücü yöntemine uygun bir anlatım benimsenecektir. Buradaki anlatımlar TS500 betonarme hesap esasları çerçevesinde olacaktır.

Esasa girmeden bilinmesi gerekli bazı tanımlar aşağıda verilmiştir.

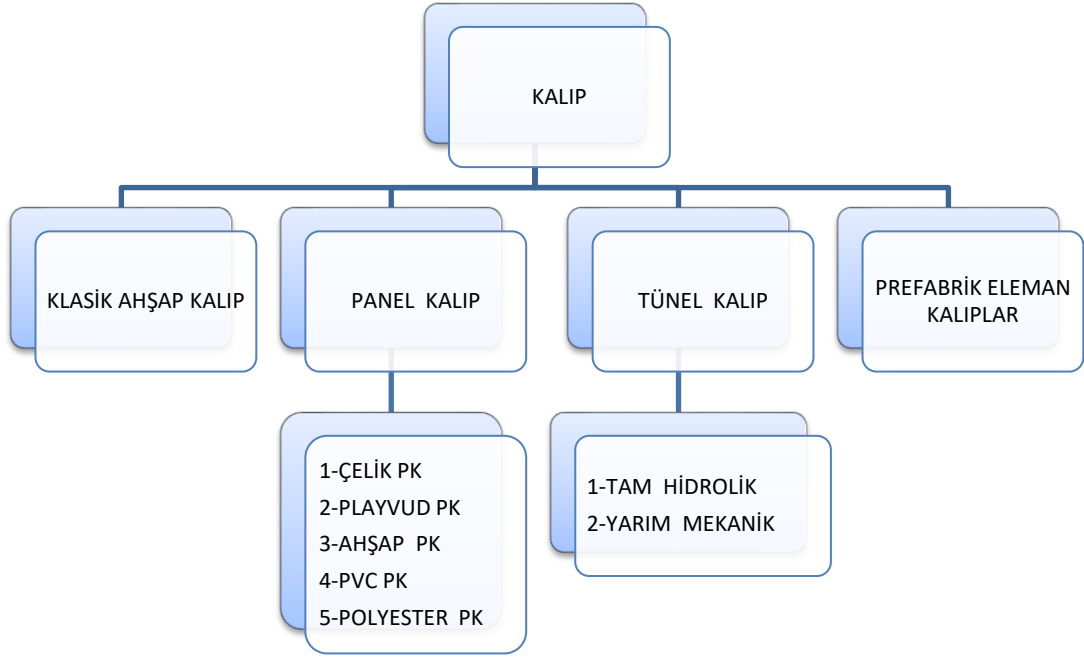
Betonarme: Ortak bir direnç elde etmek amacıyla betan ve betonarme çeliğinin belirli kurallar ve belirlenmiş şartnamelere uygun olarak bir arada kullanılmasıyla elde edilen yapı malzemesine denir.

Beton: Çimento agrega su ve bir miktar da havanın belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen, başlangıçta plastik kıvamda olup zamanla sertleşerek yapay bir taş haline gelen yapı malzemesidir.

Bürüt beton: Düzgün yüzeyli sızdırmaz özellikli kalıp kullanarak yüzeyi pürüzsüz olacak şekilde üretilen betona denir.

Kalıp: Betonarme projedeki ölçü ve şekillere uygun olan fabrikada ya da şantiyede çeşitli malzemelerden üretilen akışkan haldeki betonu kendi kendisini taşıyacak duruma gelene kadar içinde muhafaza eden kaplara kalıp denir.

Kalıpları aşağıda görüldüğü şekliyle şematik olarak sınıflandırabiliriz.



2- GENEL BİLGİLER

2.1- BETONARMENİN AVANTAJLARI

- 1- Yanma ve çarpmaya karşı dayanıklıdır.
- 2- Ekonomiktir.
- 3- Dış etkilere dayanıklıdır.
- 4- Basınç dayanımı yüksektir.
- 5- İstenilen şekil verilebilir.
- 6- İşçiliği kolaydır.
- 7- Her yerde üretimi mümkündür.

2.2- BETONARMENİN MAHSURLARI

- 1- Geri dönüşümü zordur.
- 2- Güçlendirilmesi zordur.
- 3- Betonarme elemana sonradan ek yapılması zordur.
- 4- Teorik kaliteyi tutturmak zordur.
- 5- Ağırlığı fazladır.
- 6- İnşaat süresi uzundur.

2.3-BETONARMEYİ OLUŞTURAN MALZEMELER

Betonarme yukarıdaki tanımdan da anlaşılacağı gibi;

1-Betonarme betonu

C20 ile başlayıp C100 e kadar sınıflandırılmış betonlara denilmektedir.

2-Betonarme çelikleri

Betonarme yapılarda kullanılan çelikler hesaplarda kullanılan değerlerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılmışlardır.

BÇ 1 Düz demir

BÇ 2 Yapım çeliği

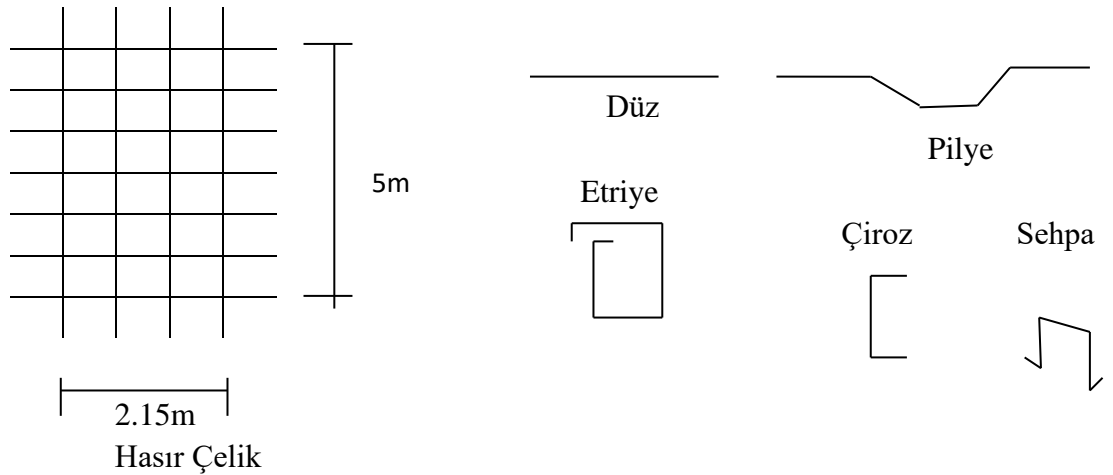
BÇ 3 Nervürlü demir

BÇ 4 Hasır çelik

Hasır çelik: Belli çaplarda ve uzunluğu 5m genişliği 2.15m boyunda üretilen döşemelerde ve perdelerde kullanılır. **R** ve **Q** olarak ifade edilir. **R** hasır döşemelerde **Q** perdelerde kullanılır.

Betonarme elemanlarda kullanılan çelik eleman şekil ve isimleri

Betonarme yapıların projelerinde betonarme çelikleri işlenerek aşağıda görülen şekillere getirilir. Yapılan hesaplarda bu demirlerin çap ve adetleri belirlenir.



3- BETONARME HESAPLARI

3.1- BETONARME HESAPLARI YAPILIRKEN TAKİP EDİLEN İŞLEM BASAMAKLARI

1. Taşıyıcı sistem seçimi yapılır. Bu aşamada kolonların yeri ve yönü tespit edilir.
2. Yük analizi yapılır. Bu aşamada sisteme etkiyen yükler hesaplanır.
3. Statik çözüm. Bu aşamada taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan kesit tesirleri hesaplanır.
4. Betonarme elemanların boyut ve donatı hesapları ve seçimleri yapılır.
5. Betonarme elemanların detay çizimleri yapılır.

Yukarıda bahsedilen iş ve işlemler günümüzde bu iş için yapılmış paket bilgisayar programları kullanılarak yapılmaktadır. Ancak bu programların kullanımı sırasında girilen verilerin doğru ve betonarme temel bilgilerine uygun girilmesi zorunludur. Bundan dolayı betonarme temel bilgilerini öğrenmek gerek ve yeter şarttır.

3.2- BETONARME HESAPLARIN AŞAMALARI

- 1- Ön tasarım (Boyutların belirlenmesi ve seçilmesi)
- 2- Kesin tasarım
 - a- Kesit tahkiki
 - b- Donatıların hesaplanması ve seçimi
- 3- Detay çizim

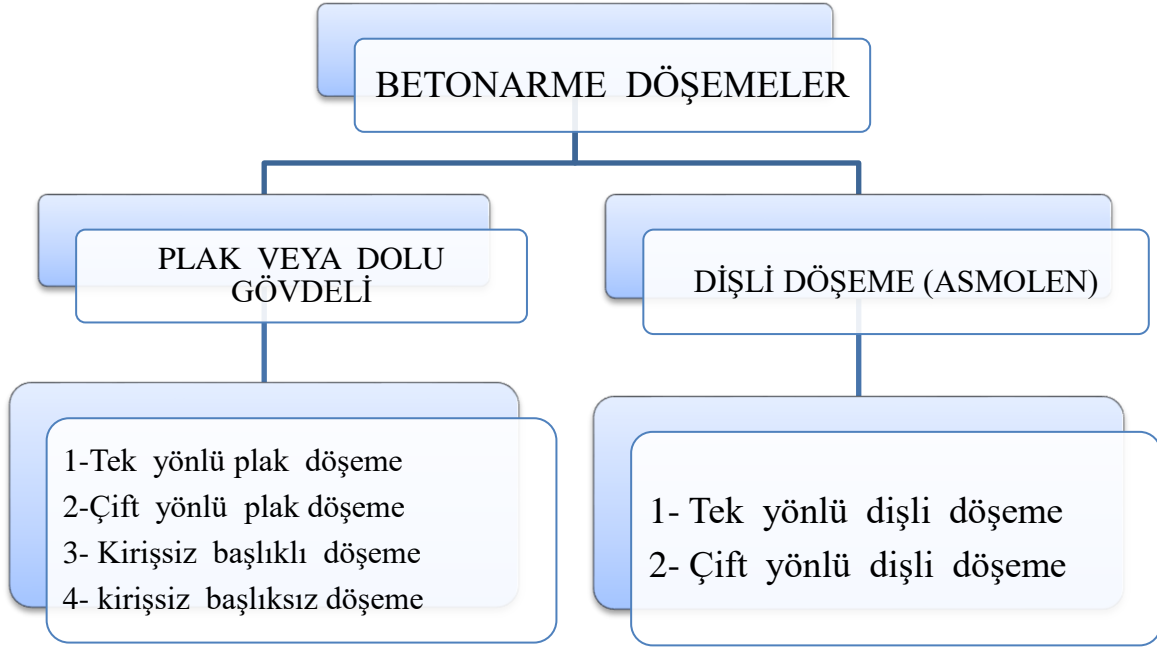
3.3.- TASARIMI YAPILACAK BETONARME ELEMANLAR

- 1- Betonarme Döşemeler
- 2- Betonarme Kirişler
- 3- Betonarme Kolonlar ve perdeler
- 4- Betonarme Temeller

4.- BETONARME DÖŞEMELER

Döşemeler yapılarıdaki alanları kapatarak etkiyen düşey yükleri kiriş, hatıl, duvar ve kolon gibi elemanlara aktaran düzlemsel elemanlardır. Döşemeler düşey yükleri taşımalarının yanı sıra deprem ve rüzgâr gibi yatay yükleri de bir düşey elemandan diğerine aktarma görevini de üstlenirler buna diyafram etkisi denir.

Döşemeler aşağıda görüldüğü gibi şematik olarak sınıflandırılabilir.



Bu konu işlenirken Plak döşemelerin çözümleri işlenecek bu döşemelere ait örnekler anlatılacaktır.

4.1- TEK YÖNLÜ PLAK DÖŞEMELER

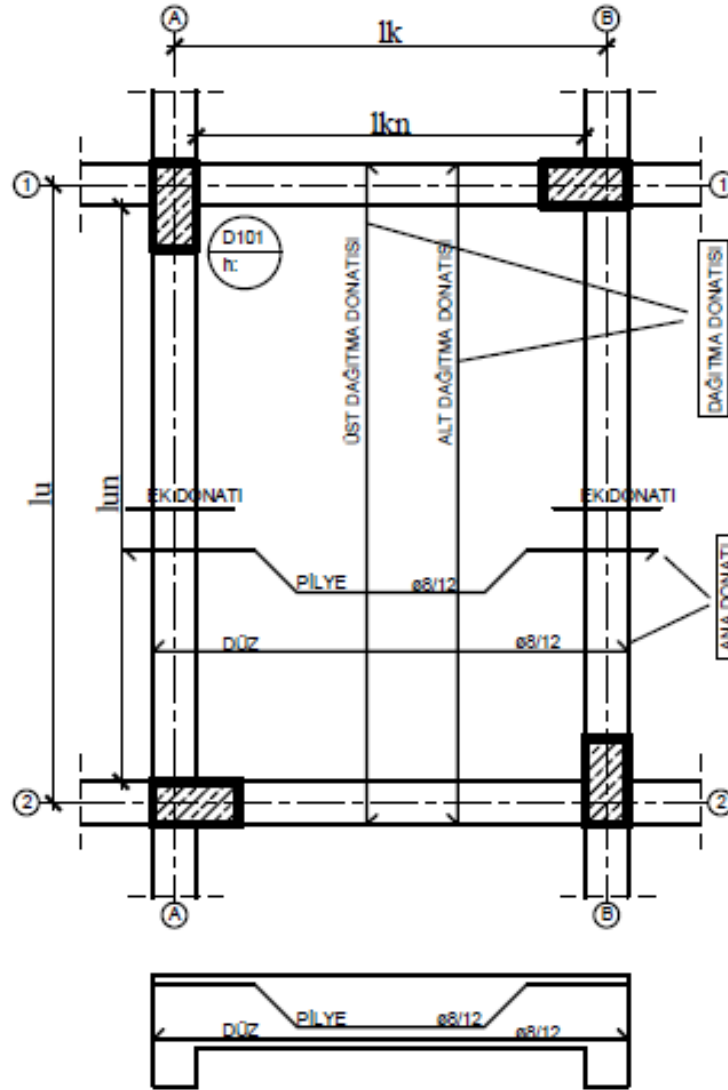
Döşemeler incelenirken öncelikle döşemenin çalışma yönü tespit edilmelidir. Bunu tespit eden kriter ise döşemelerin uzun kenarının kısa kenarına oranıdır. Bir döşemenin uzun kenarının kısa kenarına oranı 2'den büyükse döşeme tek yönlüdür.

$$\frac{l_u}{l_k} > 2 \text{ DTY}$$

Tek yönlü döşemeler uzun kenar doğrultusunda taşınacak yükün ihmal edilecek kadar küçük olduğu varsayılır. Bu varsayıma tutarlı olarak döşemenin donatısı da tek doğrultuda yani kısa doğrultuda yerleştirilir.

Ancak sıcaklık değişimi ve büzülme gibi etkiler uzun kenar doğrultusunda birtakım gerilmeler ortaya çıkarır. Bu gerilmeleri karşılamak üzere uzun doğrultuda altta ve üstte dağıtma donatısı adı verilen donatılar yerleştirilir.

lu: Uzun Kenar (Akslar Arası)
lk: Kısa Kenar (Akslar Arası)
lun: Uzun Net Kenar (Kirişler Arası)
lkn: Kısa Net Kenar (Kirişler Arası)
D.D: Dağıtma Donatısı



4.1.1-TEK DOĞRULTUDA ÇALIŞAN DÖŞEMELERDE HESAP MOMENTLERİ

Tek doğrultuda çalışan döşemelerin hesabında şeritler arasında oluşacak burkulma momenti ve orta kenar açıklıklar arasındaki farklılıklar ihmal edilir. Ayrıca döşemelerin oturduğu kirişlerin burkulma eşitlikleri için basit bir moment oluşturulur.

Döşeme birim genişlikten bir şeritle temsil edildiğinde problem serbestçe dönebilen mesnetlere oturan dikdörtgen kesitli basit bir kirişe dönüşür. Oluşturulan bu son derece basit model elbette tam doğru değildir. Ancak betonarme deki uyum da dikkate alındığında bu şekilde yapılacak hesaplarda elde edilecek sonuçların doğru olacağı rahatlıkla söylenebilir.

Buradan yola çıkarak döşemelerde açıklık durumlarına göre momentlerin TSE 500 de verilen kat sayılarla hesaplanması doğru ve basit olacaktır.

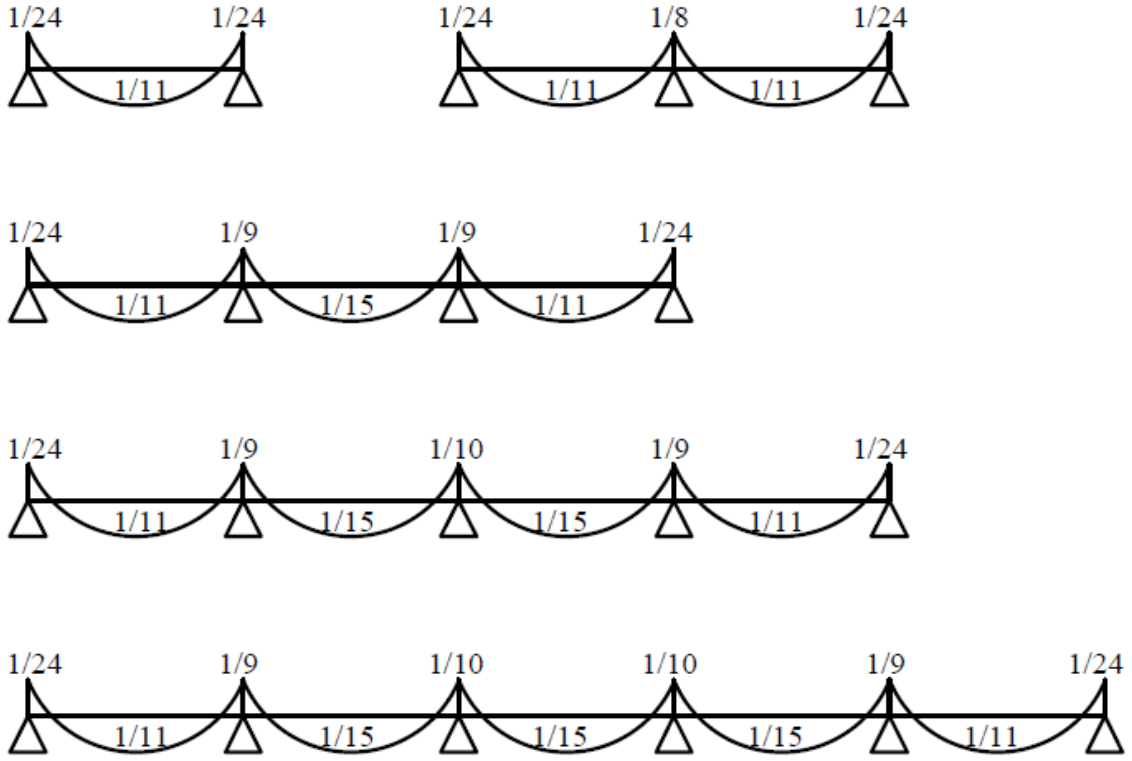
$$M = k \times Pd \times lk^2$$

$$Pd = 1.4 \times G \times 1.6 \times Q$$

Ad= Hesap yükü

G=Zati yük

Q=Hareketli yük



4.1.2-TEK YÖNLÜ DÖŞEMELERDE UYGULANMASI GEREKEN MİNİMUM ŞARTLAR

1- Minimum döşeme kalınlığı normal döşemelerde 12cm üzerinden taşıt geçen döşemelerde 18cm dir.

a- Tek açıklıklı döşemelerde:

$$h = \frac{lnk}{25} \geq 12cm, 18cm$$

b- Birden çok açıklıklı döşemelerde:

$$h = \frac{lnk}{30} \geq 12cm, 18cm$$

c- Konsol döşemelerde:

$$h = \frac{lnk}{12} \geq 12cm, 18cm$$

2- Döşemelerde pas payı min 2,5 cm olmalıdır.

- 3- Donatı oranı BÇ1 için 0.003'den BÇ3 ve BÇ4 için 0.002'den büyük veya eşit olmalıdır.

$$\delta = \frac{As}{bw \times d}$$

Donatı oranı δ Donatı alanı As $d = h - \text{pas payı}$ 100cm

- 4- Donatılar arasındaki mesafe

$$S \leq 1.5 h \quad \text{ve} \quad S \leq 20\text{cm}$$

- 5- Tek açıklıklı döşemelerde açıklık donatısının en az $\frac{1}{2}$ si pilye yapılmadan bir mesnetten diğerine uzatılır. Sürekli mesnetlerde bu oran $\frac{1}{3}$ 'e çekilebilir. Ancak pratikte tüm döşemelerde bu oran $\frac{1}{2}$ olarak uygulanmaktadır. Yani bulunan donatının yarısı düz yarısı pilye olarak alınır.
- 6- Dağıtma donatısı oranları alt dağıtma donatısı BÇ1 için 0.002 BÇ3 için 0.0018 BÇ4 için 0.0015 ve donatının $\frac{1}{3}$ 'den az olmayacak üst dağıtma donatısı BÇ1 ve BÇ3 için $\emptyset 8/20$ kullanılacak.

4.1.3-TEK YÖNLÜ DÖŞEMELERİN ÇÖZÜMÜNDE İZLENECEK YOL

- 1- Döşemelerin yönü tespit edilir. $\frac{lu}{lk} > 2 \quad DTY$
- 2- Döşemenin kalınlığı seçilir. $h = \frac{ln}{25}$
- 3- Yük analizi yapılır. $P_d = 1.4 \times G + 1.6 \times Q$
- 4- Momentler hesaplanır.
- 5- Donatı hesaplanır.
- 6- Donatı aralığı tahkiki yapılır.
- 7- Dağıtma donatısı hesaplanır.
- 8- Donatı planı çizilir

ÖRNEK:

Mlz = BÇ1 C20

G için= Karo :3200 kg/m³
Tes. Betonu :8 cm 2100 kg/m³
B.A. Döşeme :2400 kg/m³
Tav. Sıvası :3 cm 1750 kg/m³

Q için= :325 kg/m

ÇÖZÜM:

$$\frac{lu}{lk} = \frac{675}{300} = 2.25 \geq 2 \text{ olduğuna göre DTY}$$

$$h = \frac{ln}{25} = \frac{275}{25} = 11 \text{ cm} > 8 \Rightarrow h = 11 \text{ cm seçildi}$$

G Hesabı:

Karo :3200 x 0.03 = 96
Tes. Betonu :2100 x 0.08 = 168
B.A. Döşeme :2400 x 0.11 = 264
Tav. Sıvası :1750 x 0.03 = 52.5

$$\epsilon G = 580.5 \text{ kg/m}$$

$$P_d = 1.4 \times G + 1.6 \times Q \Rightarrow 1.4 \times 0.5805 + 1.6 \times 0.325 \Rightarrow P_d = 1.333 \text{ t/m}$$

$$M_1 = \frac{1}{24} \times 1.333 \times 3^2 \Rightarrow M_1 = 0.499 \text{ t/m}$$

$$M_2 = \frac{1}{11} \times 1.333 \times 3^2 \Rightarrow M_2 = 1.09 \text{ t/m}$$

Donatı Hesabı:

$$d = 11 - 1.5 = 9.5$$

$$\text{Açıklık: } A_s = \frac{M}{f_{yd} \times J \times d} \Rightarrow \frac{109000}{1.910 \times 0.862 \times 9.5} \Rightarrow A_s = 6.968$$

$$\delta = \frac{6.968}{100 \times 95} = 0.007 \geq 0.003 \text{ olduğundan}$$

$$\delta \leq 1.5 \times 1.1 \leq 20 \Rightarrow \delta_{max} = 16.5 \text{ cm} \quad \text{Ø10/22 Döşeme Pilye}$$

Moment:

$$A_{sm} = \frac{49900}{1910 \times 0.862 \times 9.5} \Rightarrow A_{sm} = 3.19 \text{ cm}^2$$

$$\begin{array}{r} \text{Mevcut Ø10/22 (tablodan)} \\ = - 3.97 \\ \hline 0.38 = \text{Eke gerek yok} \end{array}$$

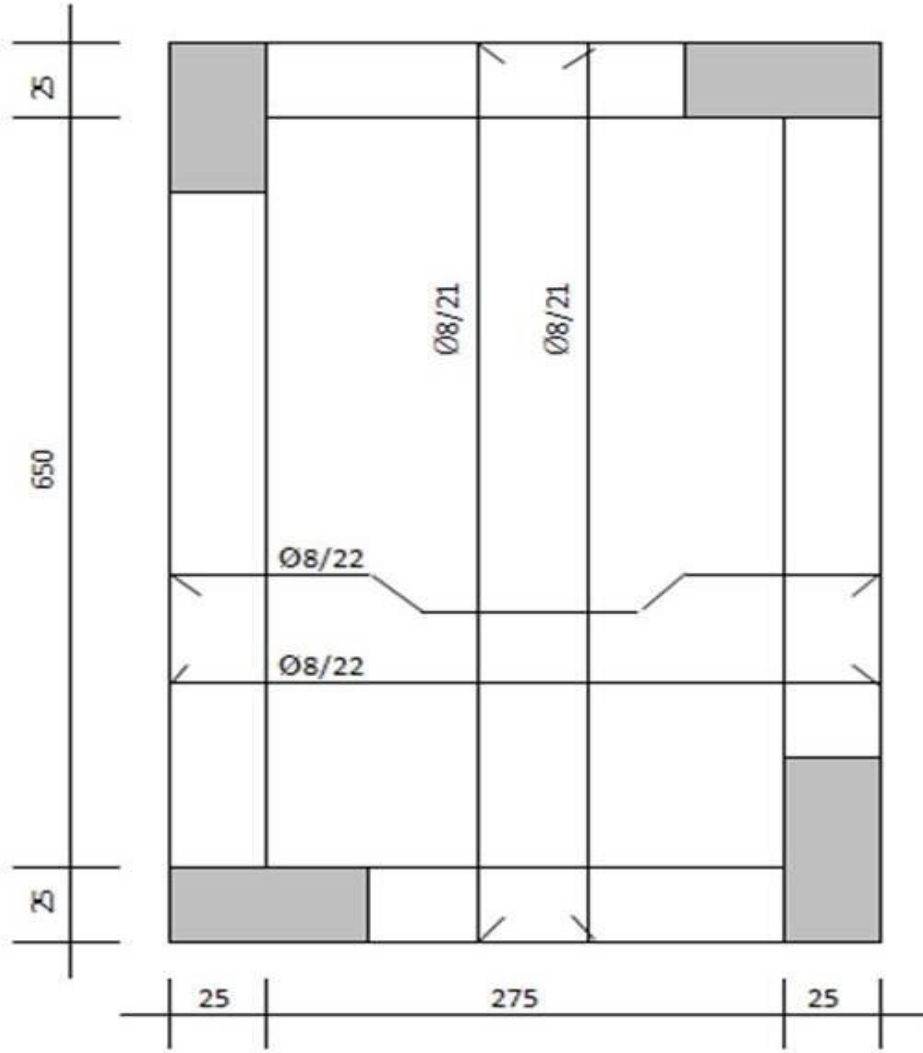
Dağıtma Donatısı:

Üstte Ø8/20

$$\text{Altta} \Rightarrow \frac{1}{3} \times 6.968 = 2.322$$

$$0.002 \times 100 \times 9.5 = 1.9 \Rightarrow \text{Ø8/21}$$

Donatı Planı:



ÖRNEK:

MLZ BÇ3 C25

Q = 375 kg/m³

G = Laminant parke : 12 cm 850 kg/m³
Şap : 12 cm 2200 kg/m³
B.A. Döşeme : 2800 kg/m³
Alçı Asma Tavan : 4 cm 1400 kg/m³

CÖZÜM:

$$D_{101} \Rightarrow \frac{lu}{lk} = \frac{725}{350} = 2.07 > 2 DTY$$

$$D_{102} \Rightarrow \frac{lu}{lk} = \frac{725}{285} = 2.54 > 2 DTY$$

$$D_{101} = h = \frac{ln}{30} = \frac{325}{30} = 17.83 \text{ cm} > 8$$

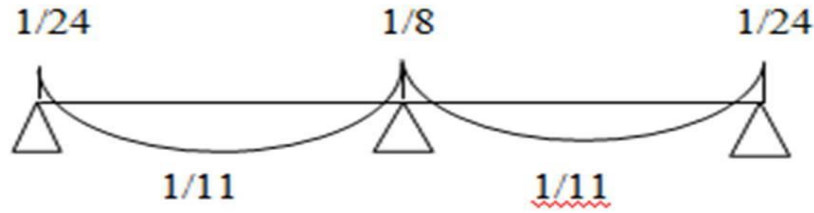
$$D_{102} = h = \frac{ln}{30} = \frac{260}{30} = 8.66 \text{ cm} > 8$$

$h = 11$ seçilir.

G Hesabı:

Laminant parke	: 0.012 x 850 = 10.2
Şap	: 0.12 x 2200 = 264
B.A. Döşeme	: 0.11 x 2800 = 264
Alçı Asma Tavan	: 0.04 x 1400 = 76
	+
	<u>ΣG=614.2</u>

$$P_d = 1.4 \times G + 1.6 \times Q \Rightarrow 1.4 \times 0.6142 + 1.6 \times 0.375 \Rightarrow P_d = 1.460 \text{ t/m}$$



$$M_1 = \frac{1}{24} \times 1.46 \times 3^2 \Rightarrow M_1 = 0.749 \text{ t/m}$$

$$M_2 = \frac{1}{11} \times 1.46 \times 3^2 \Rightarrow M_2 = 1.626 \text{ t/m}$$

$$M_3 = \frac{1}{8} \times 1.46 \times 3^2 \Rightarrow M_3 = 1.819 \text{ t/m}$$

$$M_4 = \frac{1}{11} \times 1.46 \times 3^2 \Rightarrow M_4 = 1.078 \text{ t/m}$$

$$M_5 = \frac{1}{24} \times 1.46 \times 3^2 \Rightarrow M_5 = 0.495 \text{ t/m}$$

Donatı Açıklığı:

$$A_s = \frac{M}{f_{yd} \times J \times d} \Rightarrow \frac{162600}{3650 \times 0.862 \times 10} \Rightarrow A_s = 5.168 \text{ cm}^2$$

$$\delta = \frac{5.168}{100 \times 10} = 0.0051 \geq 0.002 \text{ olduğundan}$$

$$S_{max} < 1.5 \times h \leq 20 \Rightarrow S_{max} \leq 1.5 \times 11 \leq 20 \Rightarrow S_{max} = 16.5 \Rightarrow \emptyset 8/19 \text{ DP}$$

D₁₀₁ Dış Mesnet:

$$A_s = \frac{M}{f_{yd} \times J \times d} \Rightarrow \frac{745000}{3650 \times 0.862 \times 10} \Rightarrow A_{sm} = 2.19 \text{ cm}^2$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Mesnet } D_{101} & P = \emptyset 8/19 & = -2.65 \\ & & \underline{\quad\quad\quad} \\ & & 0.29 \text{ Eke gerek yoktur.} \end{array}$$

D₁₀₂ Açıklık:

$$A_s = \frac{M}{f_{yd} \times J \times d} \Rightarrow \frac{107800}{3650 \times 0.862 \times 10} \Rightarrow A_s = 3.426 \text{ cm}^2$$

$$\delta = \frac{3.426}{100 \times 10} = 0.0034 \geq 0.002 \text{ olduğundan } \emptyset 8/29 \text{ DP}$$

D₁₀₁ - D₁₀₂ Arası Mesnet:

$$A_s = \frac{M}{f_{yd} \times J \times d} \Rightarrow \frac{183900}{3650 \times 0.862 \times 10} \Rightarrow A_s = 5.844 \text{ cm}^2$$

Mevcutlar:

$$\begin{array}{l} D_{101} \Rightarrow \emptyset 8/19 \Rightarrow -2.65 \\ D_{102} \Rightarrow \emptyset 8/29 \Rightarrow \underline{-1.74} \\ \quad \quad \quad + 1.454 \text{ Ek } \emptyset 8/34 \end{array}$$

D₁₀₂ Mesnet:

$$A_s = \frac{M}{f_{yd} \times J \times d} \Rightarrow \frac{49500}{3650 \times 0.862 \times 10} \Rightarrow A_s = 1.573 \text{ cm}^2$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Mesnet } D_{101} & P = \emptyset 8/29 & = -1.74 \\ & & \underline{\quad\quad\quad} \\ & & 0.567 \text{ Eke gerek yoktur.} \end{array}$$

Dağıtma Donatısı:

Üstte D₁₀₁ – D₁₀₂ Ø8/20

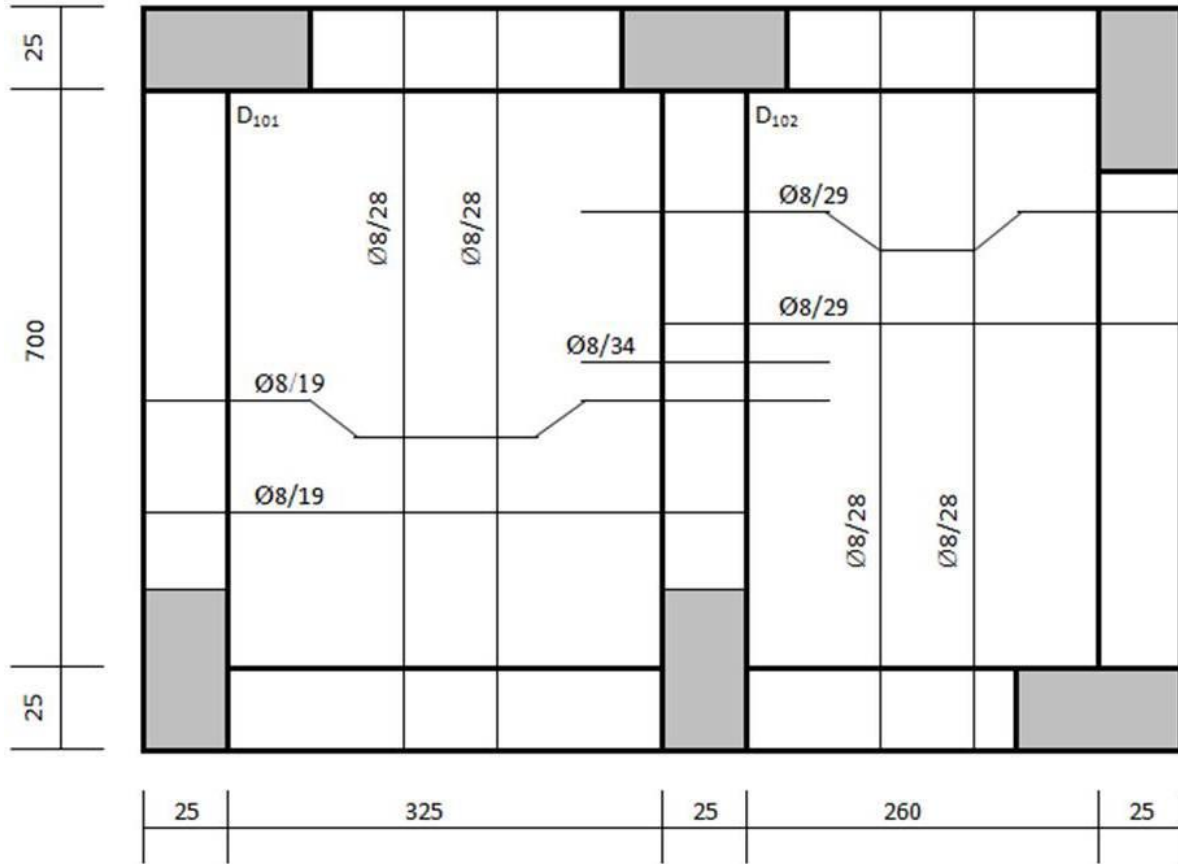
Altta:

$$\begin{array}{l} D_{101} = \frac{1}{3} \times 5.168 = 1.72 \\ \text{As Dağıtma : } 0.0018 \times 100 \times 10 = 1.80 \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array} \right\} \emptyset 28$$

$$D_{101} = \frac{1}{3} \times 3.426 = 1.72$$

As Dağıtma : $0.0018 \times 100 \times 10 = 1.80$

Ø8/28

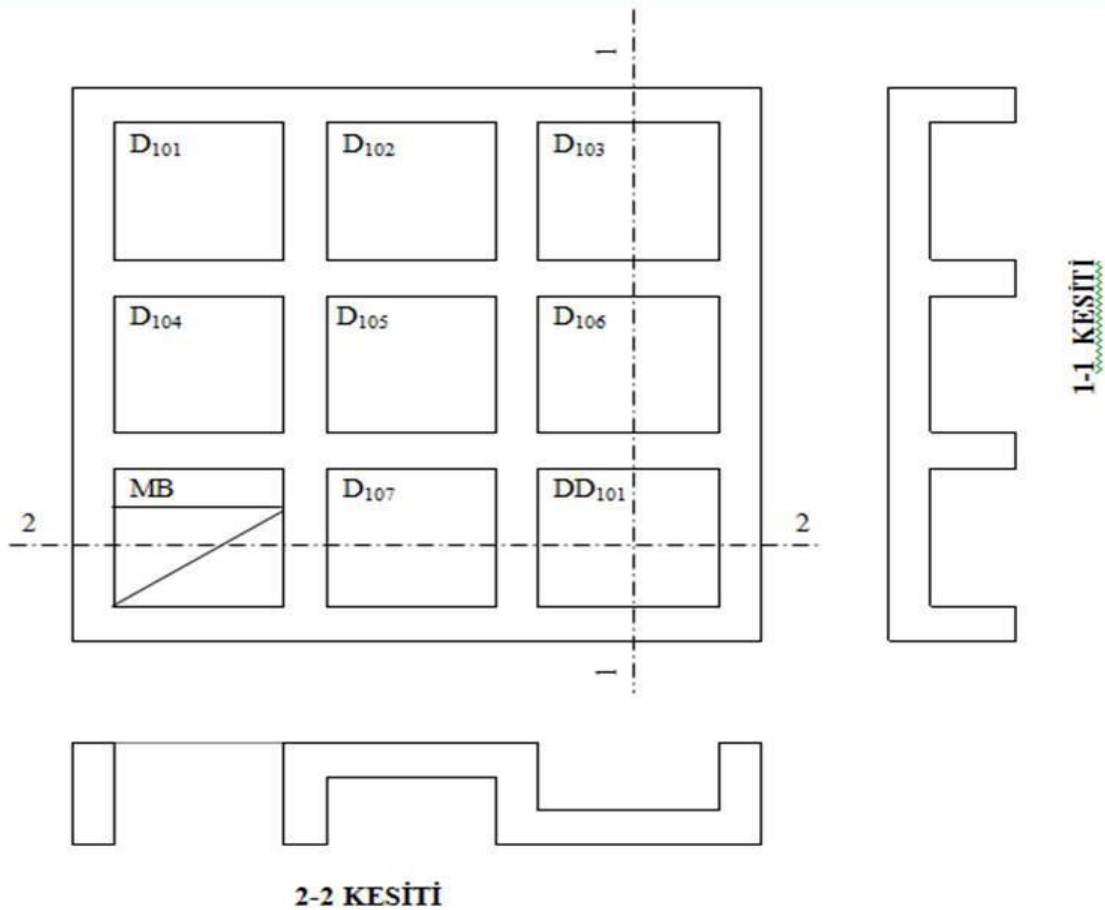


4.2-İKİ DOĞRULTUDA ÇALIŞAN DÖŞEMELER (ÇİFT YÖNLÜ DÖŞEMELER)

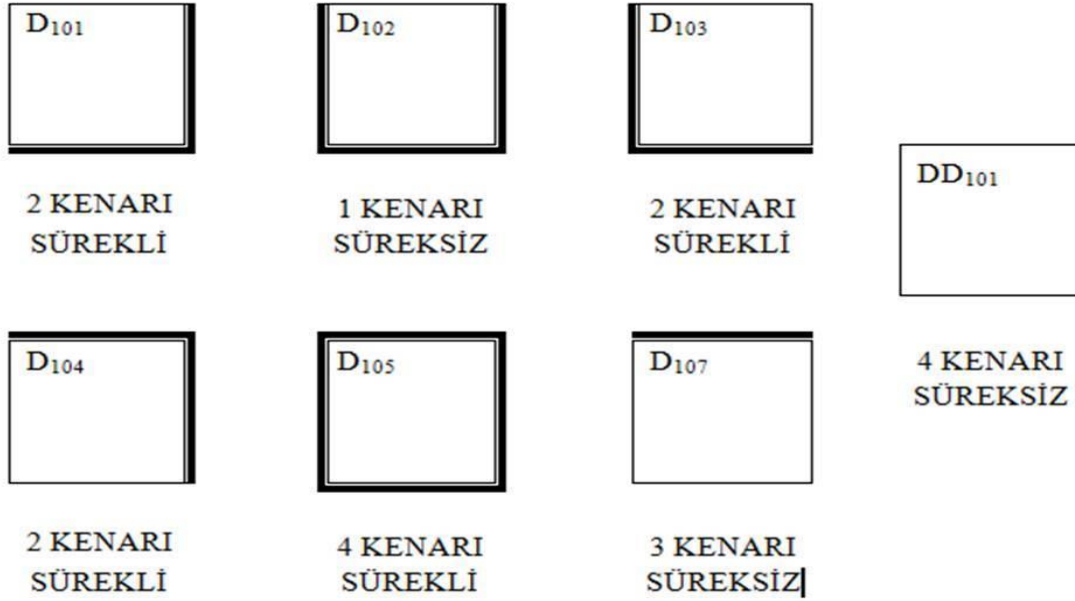
Döşemenin uzun kenarının kısa kenarına oranı 2'den küçük ya da eşit ise bu döşemeler çift doğrultuda çalışan döşemeler olarak nitelendirilir. Çift yönlü döşemeler için çok çeşitli çözüm yolları kullanılmaktadır.

Ülkemizde betonarme hesap yollarının gösterdiği TSE 500 standardında bu döşemeler ile ilgili çözüm yöntemleri verilmiştir. Bu çözüm yöntemleri ABD beton enstitüsü tarafından da kabul edilmiştir. Bu çözüm yöntemi çok basit olduğundan dolayı güvensizlik yaratsa da herhangi bir endişeye yol açmadığı bilinmektedir. Yöntemin temeli döşeme kenarlarının sürekliliği kriterlerinin üzerine kurulmuştur. Bir döşemenin kenarının sürekli ya da süreksiz olduğunu belirleyen iki temel gösterge vardır.

1. Eğer bir kenara bitişik ve aynı düzlemde bir döşeme varsa o kenar sürekli kenar olarak nitelendirilir.
2. Eğer bir döşemenin bir kenarına komşu döşeme yoksa ve komşu kenarında döşeme olduğu halde aynı düzlem üzerinde değilse bu kenar süreksiz olarak nitelendirilir.



4.2.1-ÇİFT YÖNLÜ DÖŞEMELERDE KENAR ŞARTLARI



TSE 500 yönteminde döşemeler tek tek ele alınmaktadır. Bu yöntemde önemli olan döşeme kenarlarının sürekli olup olmamasıdır ve hesaplanan açıklık momentleri komşu döşeme açıklıklarından bağımsızdır. Bu yöntemle döşemenin birim genişliğine düşen eğilme momenti şu denklem ile hesaplanır.

$$M_d = \alpha \times P_d \times (lkn)^2$$

Eğilme momenti Moment kat sayısı Net kısa kenar

1.4 x G + 1.6 x Q

Moment katsayıları çizelgesinde 7 değişik sınır koşulu için açıklık ve mesnet moment katsayıları verilmiştir. Verilen mesnet moment katsayıları sürekli kenar içindir. Süreksiz kenarlardaki mesnet moment katsayısı için söz konusu döşemenin açıklık moment katsayısının %56'nın alınması gereklidir. Ara sürekli mesnetlerde 2 komşu döşemeden 2 ayrı mesnet momenti kullanılacaktır.

Donatı hesaplanırken genişliğin 100 cm faydalı yüksekliği d olan bir dikdörtgen kesit dikkate alınır.

$$d = h - P_p$$

Buradan moment katsayısı $J=0.862$ alınacaktır. Donatı yerleştirilirken 2 doğrultudaki donatı üst üste geleceğinden bir doğrultudaki faydalı yüksekliğin diğerinden değişik olması doğaldır. Ancak her iki doğrultuda da pas payının 2,5 cm alınması ve faydalı yüksekliğin her iki doğrultuda da aynı alınmasında da sakınca yoktur.

$$dx = dy = h - 2,5 \text{ cm}$$

4.2.2-ÇİFT YÖNLÜ DÖŞEMELERDE ÖN GÖRÜLEN MİNİMUM ŞARTLAR

1. Döşeme kalınlığı:

$$h \geq \frac{lun x (800 + 0.07 x fyd)}{3600 + 5000 x M x (1 + \alpha_p)} > 12,18$$

2. Donatı oranları:

$$B\check{C}1 \text{ için } = (\delta_x + \delta_y) \geq 0.004$$

$$B\check{C}2 \text{ için } = (\delta_x + \delta_y) \geq 0.0035$$

$$B\check{C}3 \text{ için } = (\delta_x + \delta_y) \geq 0.003$$

3. Donatı aralığı:

$$S \leq 1.5 h$$

$$S \leq 20 \text{ cm kısa doğrultuda}$$

$$S \leq 25 \text{ cm uzun doğrultuda}$$

4.2.3-ÇİFT YÖNLÜ DÖŞEMELERİN ÇÖZÜMÜNDE İZLENECEK YOL

1. Döşemenin çalışma yönü tespit edilir.
2. Döşeme kalınlığı hesaplanır ve seçilir.
3. Yük analizi yapılır hesap yükü bulunur.
4. Çözüm tablosu oluşturulur.
5. Kalıp planı çizilir.

ÖRNEK:

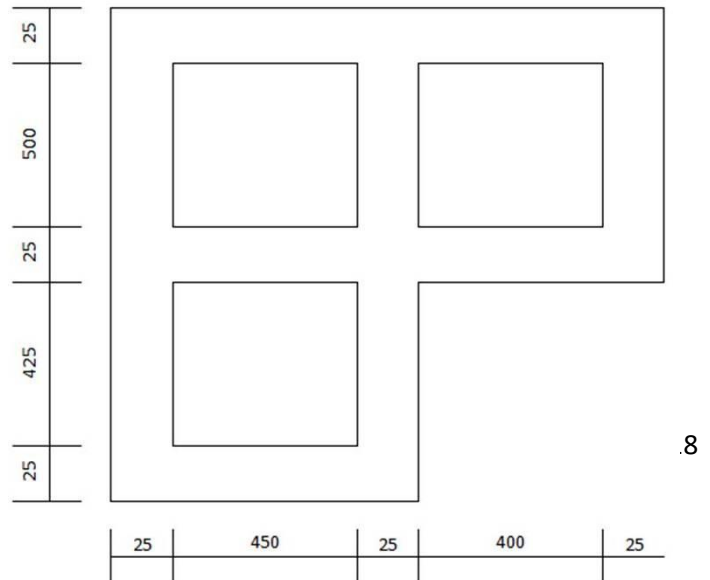
$$Q = 365 \text{ k/m}$$

$$G = \text{Karo} = 3 \text{ cm } 3200 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tes. Bet} = 2100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{BA Döş} = 2400 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tav. Siv.} = 8 \text{ cm } 2000 \text{ kg/m}^2$$



CÖZÜM:

1. Kademe :



$$M = \frac{lu}{lk} \Rightarrow \frac{525}{420} = 1.10 < 2 \text{ DGY}$$

$$\alpha_p = \frac{900+450}{2 \times (500+400)} = 0.5$$

$$h = \frac{500 \times (800 + 0.07 \times 1.910)}{3600 + 5000 \times 1.1 \times (1 + 0.5)} = 11.17 \text{ cm}$$



$$M = \frac{lu}{lk} \Rightarrow \frac{525}{425} = 1.235 < 2 \text{ DGY}$$

$$\alpha_p = \frac{500}{2 \times (500+400)} = 0.277$$

$$h = \frac{500 \times (800 + 0.07 \times 1.910)}{3600 + 5000 \times 1.235 \times (1 + 0.277)} = 10.63 \text{ cm}$$



$$M = \frac{lu}{lk} \Rightarrow \frac{475}{450} = 1.055 < 2 \text{ DGY}$$

$$\alpha_p = \frac{450}{2 \times (450+425)} = 0.257$$

$$h = \frac{450 \times (800 + 0.07 \times 1.910)}{3600 + 5000 \times 1.055 \times (1 + 0.257)} = 9.85 \text{ cm}$$

h= 11.50 cm seçildi.

$$d = 11.50 - 2 \Rightarrow d = 9.5$$

$$\begin{array}{l} \text{G} \quad 0.003 \times 3200 = 96 \\ \quad 0.10 \times 2100 = 210 \\ \quad 0.115 \times 2400 = 276 \\ \quad 0.03 \times 2000 = 60 \end{array}$$

$$\underline{\text{EG}} = 642 \text{ kg/cm}$$

$$P_d = 1.4 \times 0.642 + 1.6 \times 0.365 \Rightarrow P_d = 1.482 \text{ t/m}$$

		<i>lu</i>	<i>lk</i>	<i>M</i>	<i>a</i>	<i>M</i>	<i>K>Kl</i>	<i>As</i>	<i>Seçilen</i>	<i>Mevcut</i>	<i>Ek</i>
X doğrultusu					0.023	0.690	$K = \frac{100 \times 9.5^2}{182.4} 49.4 > Kl = 38$ Oldu boyut uygu	4.41		4.23	YOK
	D ₁₀₁	500	450	1.1	0.042	1.260		8.055	Ø10/19DP		
					0.056	1.680		10.74		4.28	2.76
					0.077	1.824		11.66		4.62	Ø8/18
	D ₁₀₂	500	400	1.235	0.058	1.37		8.75	Ø10/17DP		
					0.032	0.758		4.84		4.62	YOK
					0.024	0.642		4.10		3.93	YOK
	D ₁₀₃	450	425	1.058	0.044	1.177		7.52	Ø10/20DP		
				0.024	0.642	4.10			3.93	YOK	
Y Doğrultusu					0.020	0.600		3.83		3.59	YOK
		500	450	1.1	0.037	1.110		7.09	Ø8/14DP		
					0.049	1.470		9.398		3.59	3.16
					0.065	1.738		11.11		4.36	Ø10/24
		450	425		0.049	1.311		8.38	Ø10/18DP		
					0.027	0.722		4.61		4.36	YOK
					0.024	0.969		3.63		3.59	YOK
		400	425		0.044	1.043	6.66	Ø8/15DP			
					0.024	0.569	3.63		3.35	YOK	

$$M = 0.023 \times 1.482 \times 4.5_2 \Rightarrow M = 0.690 \text{ t m}$$

$$A_s = \frac{69000}{1900 \times 0.862 \times 9.5} \Rightarrow A_s = 4.41 \text{ cm}$$

$$(\delta_x \times \delta_y) \geq 0.004$$

$$D_{101} = \frac{8.055 + 7.09}{100 \times 9.5} = 0.015 > 0.004$$

$$D_{102} = \frac{8.75 + 6.66}{100 \times 9.5} = 0.016 > 0.004$$

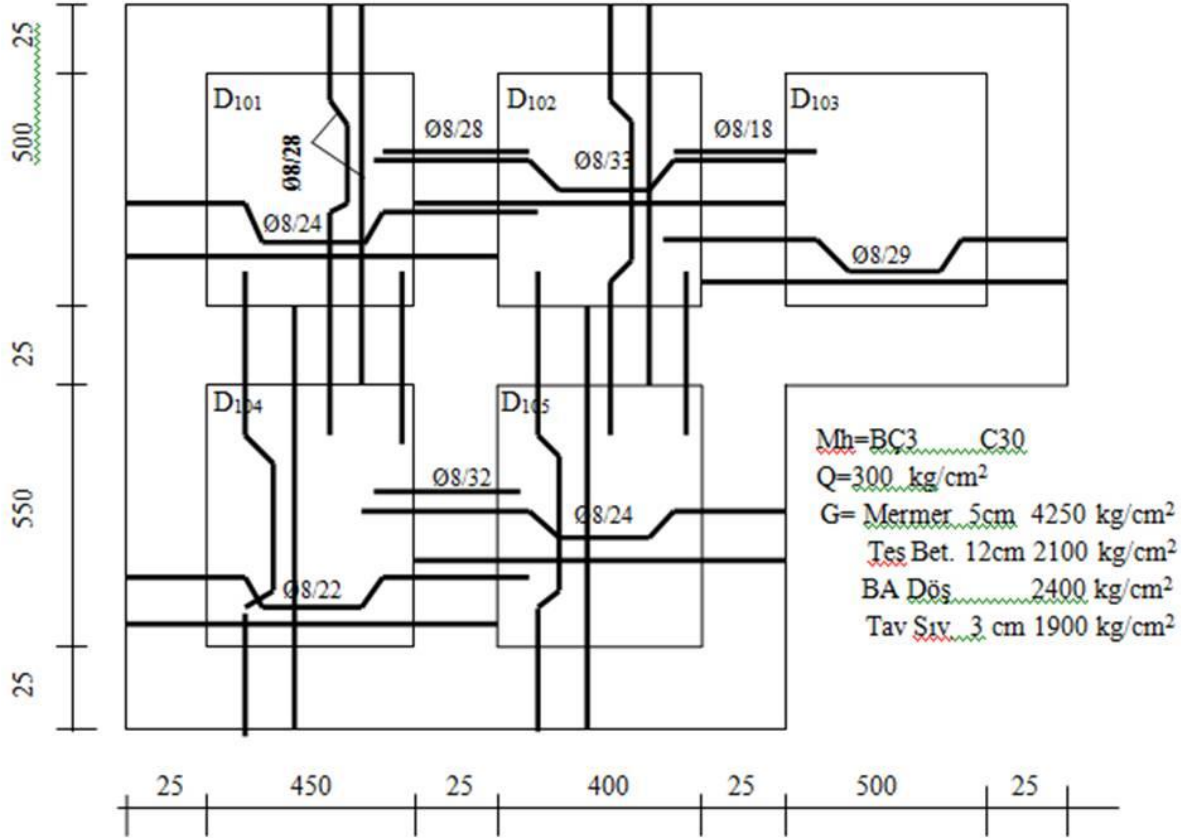
$$D_{103} = \frac{7.52 + 8.38}{100 \times 9.5} = 0.016 > 0.004$$

$$S \leq 1.5 \times 11.5 = 17.25$$

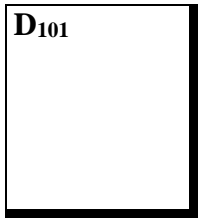
Kısa doğrultuda <20

Uzun doğrultuda <25 $S_{\max}=17.25$

ÖRNEK:

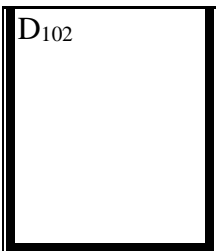


ÇÖZÜM:



$$M = \frac{525}{475} = 1.1 \quad \alpha p = 0,5$$

$$hf = \frac{500 \times (800 + 0,7 \times 3650)}{3600 + 5000 \times 1,1 \times (1 + 0,5)} = 11.92 \text{ cm}$$



$$M = \frac{525}{475} = 1.23 \quad \alpha p = \frac{500 \times 2 + 400}{2 \times (400 + 500)} = 0.77 \text{ cm}$$

$$hf = \frac{500 \times (800 + 0,7 \times 3650)}{3600 + 5000 \times 1,23 \times (1 + 0,23)} = 11.25 \text{ cm}$$

D₁₀₃

$$M = \frac{525}{525} = 1 \quad \alpha p = \frac{500}{2 \times (500 + 500)} = 0.25 \text{ cm}$$

$$hf = \frac{500 \times (800 + 0,7 \times 3650)}{3600 + 5000 \times 1 \times (1 + 0,25)} = 12.49 \text{ cm}$$

D₁₀₄

$$M = \frac{525}{475} = 1.21 \quad \alpha p = 0.5 \text{ cm}$$

$$hf = \frac{550 \times (800 + 0,7) \times 3650}{3600 + 5000 \times 1.21 \times (1 + 0,5)} = 12.87 \text{ cm}$$

D₁₀₅

$$M = \frac{525}{425} = 1.35 \quad \alpha p = 0.5 \text{ cm}$$

$$hf = \frac{550 \times (800 + 0,7) \times 3650}{3600 + 5000 \times 1.35 \times (1 + 0,5)} = 12.58 \text{ cm}$$

$$h = 13 \text{ cm seçildi} \quad d = 13 - 2 \Rightarrow d = 11 \text{ cm}$$

$$G = 0.05 \times 4250 = 212.5$$

$$0.12 \times 2100 = 252$$

$$0.13 \times 2400 = 312$$

$$0.03 \times 1900 = 57$$

+

$$\hline \varepsilon G = 833.5$$

$$Pd = 1.4 \times 0.8335 + 1.6 \times 0.3 = 1.646 \text{ t/m}$$

		<i>lu</i>	<i>lk</i>	<i>M</i>	<i>α</i>	<i>M</i>	<i>K>Kl</i>	<i>As</i>	<i>Seçilen</i>	<i>Mevcut</i>	<i>Ek</i>	
X DOĞRULTUSU					0,023	0,766	$K = \frac{100 \times 11^2}{238} = 50,84 > 24,7$ Boy uygun	2,213		2,10	YOK	
	D101	500	450	1,1	0,042	1,00		4,04	Ø8/24 DP			
	101-102				0,056	1,86		5,375			2,10	1,75
	102-101				0,053	1,76					1,52	Ø8/28
	D102	500	400	1,23	0,040	1,053		3,039	Ø8/33 DP			
	102-103				0,053	1,39					1,52	2,17
	103-102				0,58	2,38		6,87			2,65	Ø8/18
	D103	500	500	1,00	0,044	1,61		5,229	Ø8/19 DP			
	103-104				0,024	0,98		2,88			2,65	YOK
	104-103				0,026	0,86		2,48			2,29	YOK
	D104	550	450	1,21	0,047	1,56		4,5	Ø8/22 DP			
	104-105				0,062	2,06		5,95			2,29	1,56
	105-104				0,070	1,843					2,10	Ø8/32
	D105	550	400	1,35	0,053	1,355		4,030	Ø8/24 DP			
	105				0,029	0,763		2,20				
Y DOĞRULTUSU					0,020	0,66	BOYUTLAR UYGUN	1,90		1,800	YOK	
	D101	500	450	1,1	0,037	1,23		3,55	Ø8/28 DP			
					0,049	1,63					1,80	1,11
					0,049	1,63		4,71			1,80	Ø8/44
	D104	550	450	1,21	0,037	1,23		3,55	Ø8/28 DP			
					0,020	0,66		1,30			1,80	YOK
					0,042	0,455		1,31			1,29	YOK
	D102	500	400	1,23	0,031	0,816		2,35	Ø8/39 DP			
					0,017	1,106					1,29	1,00
					0,037	1,29		3,72			1,43	Ø8/50
	D105	550	400	1,35	0,049	0,97		2,80	Ø8/35 DP			
					0,020	0,52		1,5			1,43	YOK
					0,024	0,98		2,83			2,65	YOK
	D103	500	500	1	0,044	1,81		5,22	Ø8/19 DP			
					0,24	0,98		2,83			2,65	YOK

$$M = \alpha \times Pd \times lkn \Rightarrow 0,023 \times 1,646 \times 4,5^2 = 0,67$$

$$As = \frac{76600}{3650 \times 0,862 \times 11}$$

$$S \leq 1,5 \times h < 20$$

$$S \leq 1,5 \times 13 < 20$$

$$19,5 < 20$$

$$S_{\max} \times 19,5 \Rightarrow 39$$

$$M = 0,020 \times 1,646 \times (4,5)^2 = 0,66$$

$$D_{101} = \frac{4,04 + 3,35}{100 + 11} = 0,0069 > 0,035$$

$$D_{102} = \frac{2,35 + 3,033}{100 + 11} = 0,0048 > 0,035$$

$$D_{103} = \frac{5,22 + 5,229}{100 + 11} = 0,0090 > 0,035$$

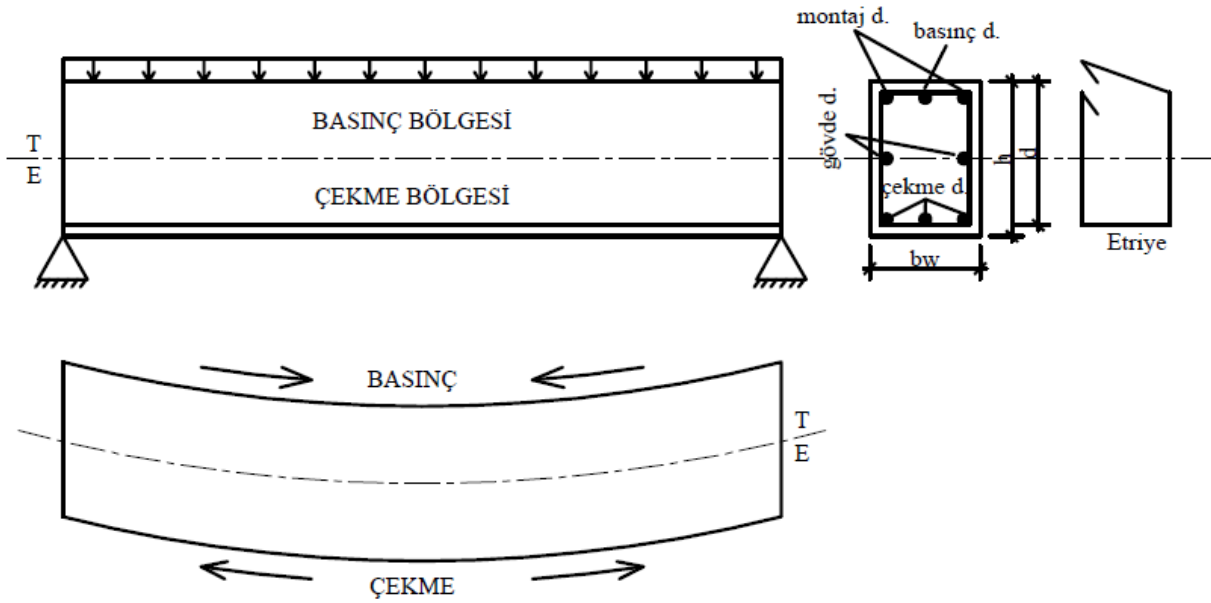
$$D_{104} = \frac{3,55 + 4,5}{100 + 11} = 0,0070 > 0,035$$

$$D_{105} = \frac{2,80 + 4,06}{100 + 11} = 0,0040 > 0,035$$

5.-KİRİŞLER

Basit eğilme etkisindeki elemanların taşıma gücü deyince döşeme ve kirişlerin akla gelir. Betonarme yapılardaki kiriş ve döşemeler yatay taşıyıcı elemanlardır. Yatay taşıyıcı elemanlar üzerine gelen yükler arasında eğilmeye ek olarak kesme kuvveti ve yüklerin durumuna ve sistemi oluşturan elemanların düzenlemesine bağlı olarak bulunma momenti ve aksenal kuvvete maruz kalabilir. Betonun çekme dayanımının çok düşük olması betonarme elemanlarda betonun yanında demirde kullanılarak eğilmeye karşı mukavemet elde etme gereğini ortaya çıkarmıştır.

Yatay taşıyıcı elemanlar olan kiriş ve döşemelerin tarafsız etkenden iki ayrı bölgeye üstte kalan kısma basınç bölgesi altta kalan kısma çekme bölgesi diyebiliriz. Çekme bölgesine donatı yerleştirilerek çekme gerilmeleri karşılanabilir. Basınç bölgesinde ki beton ise basınç gerilmelerini karşılayacaktır. Betonun basınç gerilmelerini karşılamakta yetersiz kaldığı durumlarda üst tarafa da donatı yerleştirilerek (bu donatılar basınç donatısı olarak adlandırılır) betonun basınç dayanımını karşılamasına yardımcı olur. Gerek çekme bölgesinde gerekse de basınç bölgesinde ki donatıların yerleştirme şekillerinin donatı şekillerinin donatıların yerlerinin gerilmelerin karşılanmasında son derece önemli olduğu unutulmamalıdır.



5.1.-KİRİŞLER İÇİN SINIR DEĞERLER

- 1- Kirişlerde pas payı 2-4 cm arasındadır. Genellikle uygulamada 3 cm seçilir. Yangına hassas bölgelerde cm alınmada yarar vardır.
- 2- Kirişlerde kullanılan boyuna donatıların çapları minimum
- 3- Donatı çubukları arasındaki mesafe ≥ 20 çapa kadar 2 cm ≥ 20 den daha büyük çapta demir kalınlığında demir çapı kadardır.
- 4- Yüksekliği 60 cm büyük olan kirişlerde her 30 cm de bir gövde donatısı kullanılmalıdır.
- 5- Gövde donatısının alanı çekme çekme donatısı alanının %8 inden az olmamalıdır. Gövde donatısı çapı ≥ 12 den az olamaz.

- 6- Tek açıklıklı basit kirişlerde çekme donatısının en az $\frac{1}{2}$ si sürekli kirişlerde en az $\frac{1}{3}$ ü bükülmeden mesnetten mesnede uzatılmalıdır.
- 7- Minimum donatı oranları BÇ1 için 0.006, BÇ2 için 0.003 eğer yapı deprem bölgesinde ise BÇ1 0.005, BÇ3 için 0.003
- 8- Maksimum donatı oranları BÇ1 için 0.025 BÇ3 için 0.020
- 9- Minimum kiriş genişliği 25 cm dir.
- 10- Kirişin yüksekliğinin genişliğine oranı maksimum 3,5 olabilir.
- 11- Kiriş yüksekliği, döşeme kalınlığının 3 katından ve 30 cm den az olmayacaktır.

5.2.-KİRİŞLERDE KESİT TAŞIMA GÜCÜNÜN HESABI

Kesitin taşıma gücü hesabına kesit tahkiki de denir. Bir kirişin kesit tahkiki yapılırken kırılma şekline bakılır. Bilindiği gibi malzemelerde iki tip söz konusudur.

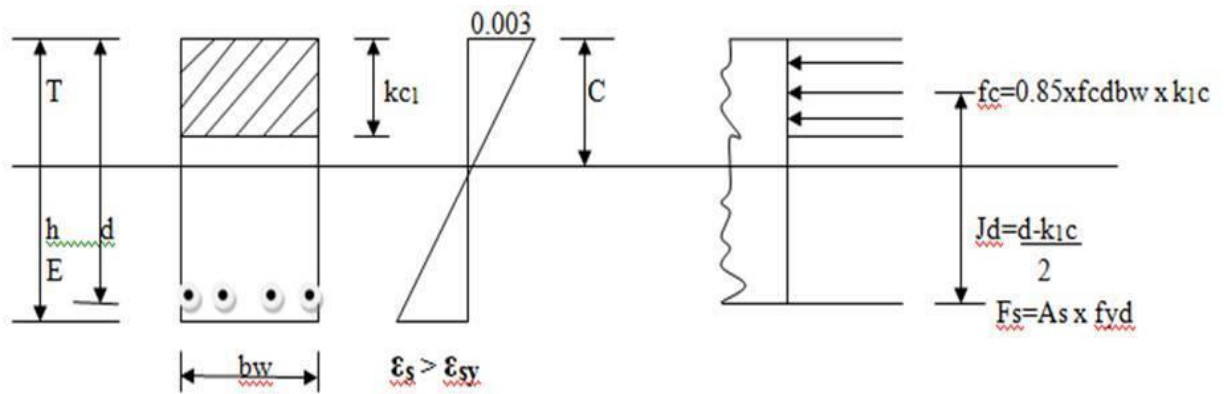
- A- Gevrek kırılma
- B- Sünek kırılma

Kirişlerdeki kırılma türü donatı oranına bağlıdır. Dengeli kırılmayı sağlayan donatı oranına dengeli donatı oranı denir ve δ_d ile gösterilir. Kirişlerde kırılma türü dengeli donatı oranı temel alınarak belirlenir. Buna göre karşımıza 3 tip dengeli donatı oranı donatı oranı karşılaştırması ortaya çıkar.

1. $\delta > \delta_b \Rightarrow$ Kiriş denge üstüdür. \Rightarrow Gevrek kırılma oluşur.
2. $\delta = \delta_b \Rightarrow$ Kiriş dengelidir. \Rightarrow Gevrek kırılma oluşur.
3. $\delta < \delta_b \Rightarrow$ Kiriş denge altıdır. \Rightarrow Sünek kırılma oluşur.

Eğer bir kirişin oranı denge üstü ve dengede ise yönetmelikler böyle bir kirişin yapımına izin vermez ancak denge altı kirişlerin yapımına izin verirler.

5.3.-BASİT DONATILI DİKDÖRTGEN KESİTLİ KİRİŞLERİN TAŞIMA GÜCÜ



$$d = h - pp \Rightarrow d = h - 3 \text{ cm}$$

f_{cd} = betonun basınç dayanımı

E_s = Elastisite modülü

k_{1c} = Betonun basınç mukavemeti boyu

J_d = Moment kolu

5.3.1.-İZLENECEK YOL

1. Kirişin donatı oranı hesaplanır. $\delta = A_s / b_w \times d$
2. Mevcut donatı oranı tablodan alınan donatı oranıyla mukayese edilir. Mukayese sonucunda kiriş denge üstü ve dengedeysse müsaade edilmez denge alttaysa müsaade edilir.

$$\delta < \delta_d$$

$$\delta = \delta_b$$

$$\delta > \delta_b \quad \text{Müsaade edilmez}$$

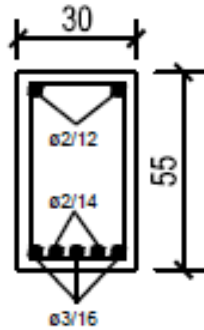
3. k_{1c} hesaplanır.
$$\frac{k_{1c}}{d} = \frac{A_s}{b_w \times d} \left(\frac{f_{yd}}{0.85 \times f_{cd}} \right)$$

4. Moment kolu $j = 1 - \frac{k_{1c}}{2 \times d}$ hesaplanır.

5. Kırılma momenti hesaplanır. $M_r = A_s \times f_{yd} \times j \times d$

6. Mevcut moment ile kırılma momenti mukayesesi yapılır. Eğer $M_r < M_d$ ise kiriş bu yükü taşır. Eğer $M_r > M_d$ ise taşımaz denir ve hüküm verilir.

- ÖRNEK 2 -



MLZ : BÇ III

C30

MR?

- ÇÖZÜM -

$$A_s = 3.08 + 6.03 = 9.11 \text{ cm}^2$$

$$d = h - 3 = 55 - 3 = 52 \text{ cm}$$

$$s = \frac{9.11}{30.52} = 0.0058 < 0.020 \text{ old, kiriş denge altındadır.}$$

$$\frac{k_{1c}}{d} = \frac{A_s}{b_w \cdot d} \left(\frac{f_{yd}}{0.85 \times f_{cd}} \right)$$

$$\frac{k_{1c}}{d} = \frac{9.11}{30.52} \left(\frac{3650}{0.85 \times 200} \right) = 0.125$$

$$j = 1 - \frac{k_{1c}}{2 \cdot d} \quad j = 1 - \frac{0.125}{2} = 0.937$$

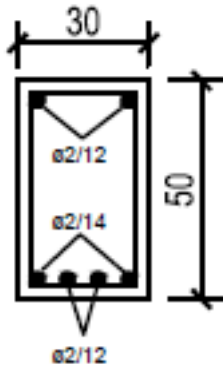
$$M_r = A_s \times f_{yd} \times j \times d$$

$$M_r = 9.11 \times 3650 \times 0.937 \times 52$$

$$M_r = 1620146 \text{ kgcm}$$

$$M_r = 16.2 \text{ tm}$$

- ÖRNEK -



MLZ : BÇ III
C25
MR?

- ÇÖZÜM -

$$A_s = 2,26 + 3,08 = 5,34 \text{ cm}^2$$

$$d = h - 3 = 50 - 3 = 47 \text{ cm}$$

$$s = \frac{5,34}{30,47} = 0,0037 < 0,020 \text{ old.kiriş denge altındadır.}$$

$$\frac{k_1 c}{d} = \frac{A_s}{b_w \cdot d} \left(\frac{f_{yd}}{0,85 \times f_{cd}} \right)$$

$$\frac{k_1 c}{d} = \frac{5,34}{30,47} \left(\frac{3650}{0,85 \times 170} \right) = 0,096$$

$$j = 1 - \frac{k_1 c}{2 \cdot d} \quad j = 1 - \frac{0,096}{2} = 0,952$$

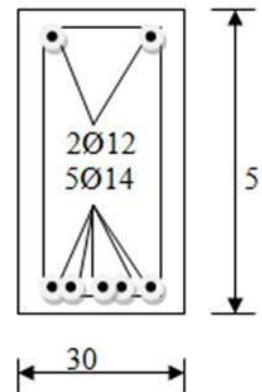
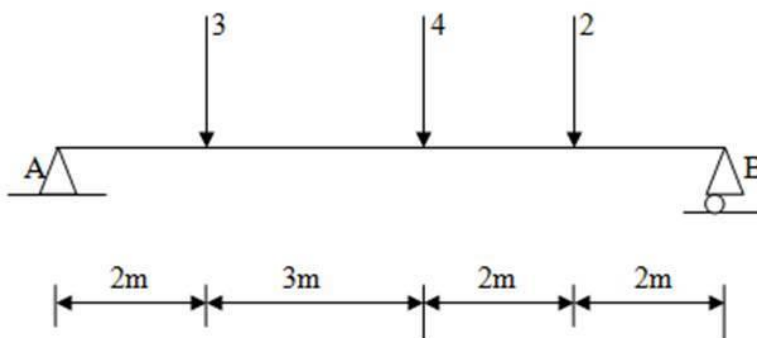
$$MR = A_s \times f_{yd} \times j \times d$$

$$MR = 5,34 \times 3650 \times 0,952 \times 47$$

$$MR = 872108 \text{ kgcm}$$

$$MR = 8,7 \text{ tm}$$

ÖRNEK:



MLz BÇ1

C20

Kiriş bu yükü taşıyarmı ?

STATİK ÇÖZÜM:

$$\epsilon y=0 \Rightarrow A_y + B_y \Rightarrow 3 + 4 + 2 = 0 \Rightarrow A_y + B_y = 9$$

$$\epsilon M_a = 0 \Rightarrow 3 \times 2 + 4 \times 5 + 2 \times 7 - B_y \times 3 = 0$$

$$40 - 9B_y = 0 \Rightarrow 9B_y = 40 \Rightarrow B_y = 4.44$$

$$A_y + B_y = 9 \Rightarrow A_y + 4.44 = 9 \Rightarrow A_y = 9 - 4.44 \Rightarrow A_y = 4.56$$

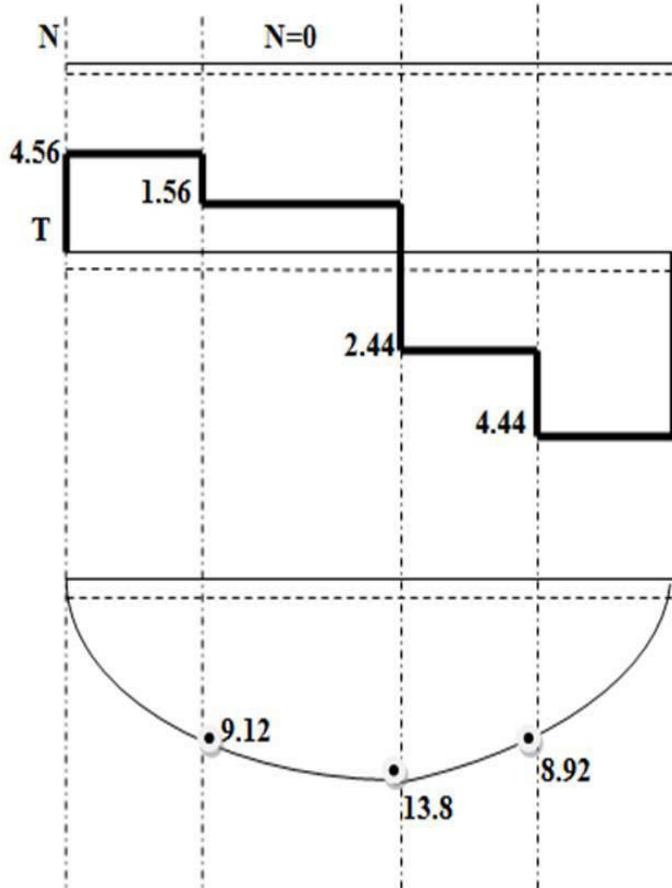
$$M_A = 0$$

$$M_c = 0 + (4.56 \times 2) = 9.12 \text{ t/m}$$

$$M_D = 9.12 + (1.56 \times 3) = 13.8 \text{ t/m}$$

$$M_E = 13.8 - (2.44 \times 2) = 8.92 \text{ t/m}$$

$$M_B = 8.92 - (4.44 \times 2) = 0$$



BETONARME ÇÖZÜM

$$\delta = \frac{7.70}{30.47} = 0.005 < 0.0373$$

Olduğuna göre kiriş denge altındadır.

$$\frac{k_1 c}{d} = \frac{7.70}{30.47} \times \left(\frac{1910}{0.85 \times 130} \right)$$

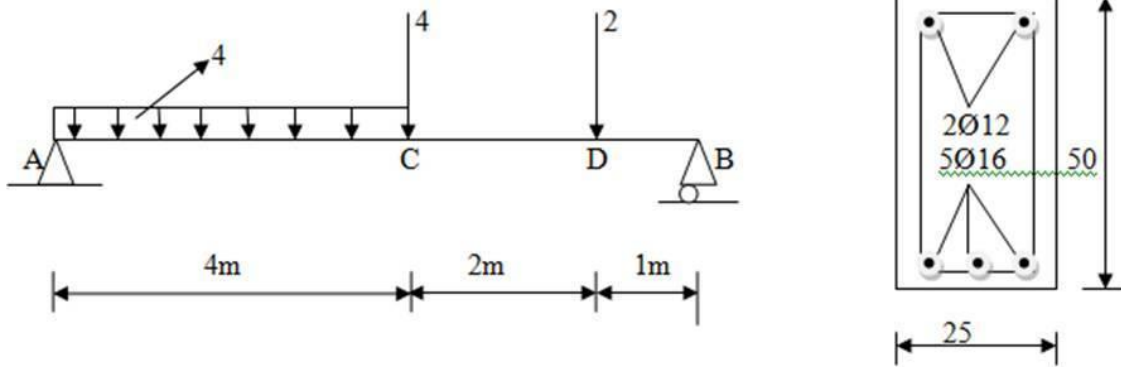
$$= 0.086$$

$$j = 1 - \frac{0.086}{2} = 0.957$$

$$M_r = 0.957 \times 7.70 \times 1910 \times 47 = 661506.15 \text{ kg/cm}$$

$M_r = 6.61 \text{ tm} < 13.8 \text{ old} = M_{\max}$ kiriş bu yükü taşımaz.

ÖRNEK:



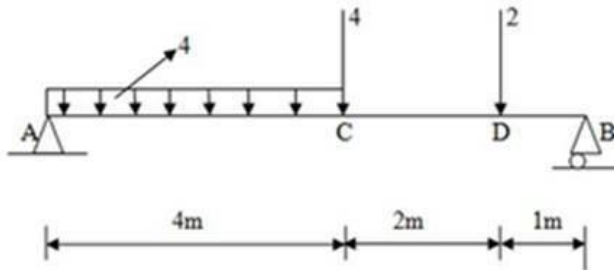
Mlz BÇ3 C25 Kiriş bu yükü taşır mı?

STATİK ÇÖZÜM:

$$\varepsilon_x = 0 \quad A_x = 0$$

$$\varepsilon_y = 0 \quad A_y + B_y = 9$$

$$\varepsilon M_A = 8 + 12 + 12 - 7B_y = 0 \Rightarrow 7B_y = 32 \Rightarrow B_y = 4.57 \quad A_y = 4.43$$



$$M_A = 0$$

$$M_C = 0 + \left(\frac{4.43 + 0.43}{2} \right) \times 2 = 9.72$$

$$M_D = 9.72 - (2.57 \times 2) = 4.58$$

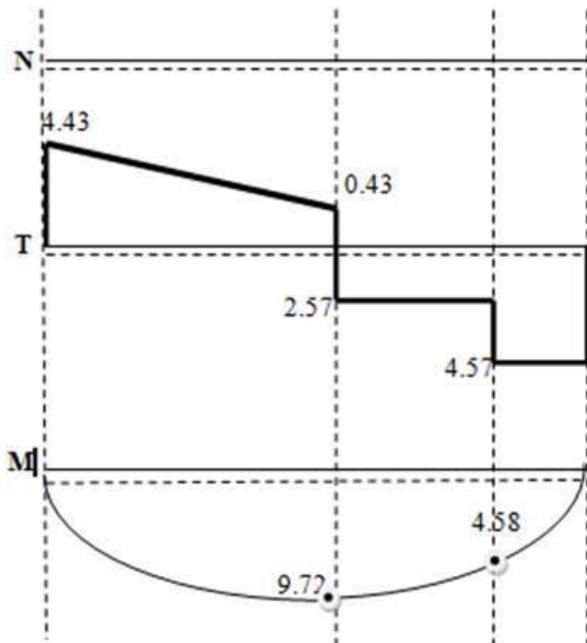
$$M_B = 4.58 - (4.57 \times 1) = 0$$

$$\delta = \frac{10.05}{25 \times 47} = 0.0085 < 0.0209$$

Old. Kiriş denge altındadır.

$$k_{1c} = \frac{10.05}{25.47} \times \left(\frac{3650}{0.85 \times 170} \right)$$

$$= 0.216$$



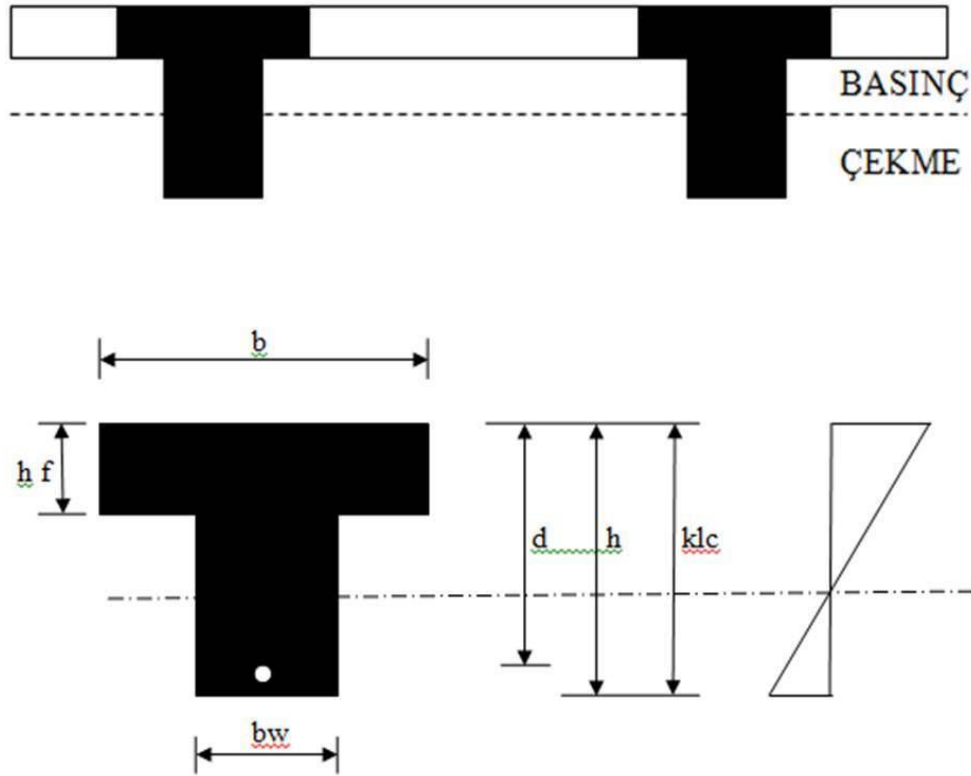
$$j = 1 - \frac{0.216}{2} = 0.892$$

$$M_r = 10.05 \times 3650 \times 0.892 \times 47 = 1537877.13 \frac{kg}{cm}$$

$M_r = 15.37 > 9.72 = M_{max}$ olduğundan bu yükü taşır.

5.4.-TABLALI KESİTLER

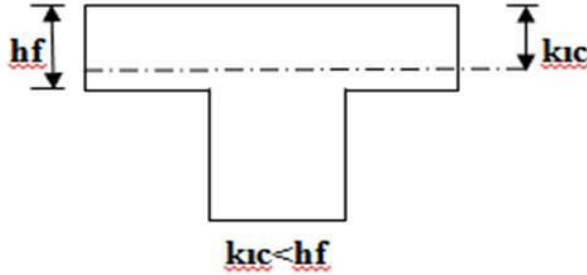
Betonarme inşaatın monolitik özelliğinden dolayı döşeme ve kiriş aynı anda çalışır. Bu nedenle kesit hesabı yapılırken döşeme parçası kirişin basınç bölgesinde rastlıyorsa o döşeme parçası da kirişe dahil edilir. Yani kirişin basınç mukavemeti arttırılmış olur. Bu şekilde elde edilen kesitlere tablalı kesitler denir.



Döşemenin de kesite tablo olarak dahil edilmesiyle basınç donatısına gerek olmadan büyük basınç kuvvetleri karşılanabilir. Betonun basınç bileşkesinin artmasının nedeni ise tarafsız eksen den tablo yüzeyine doğru kayması sonucu moment kolu büyüyeceğinden kesittir. Kırılma momenti gücüde artar. Tablanın oluşmasında mevcut döşemeden yararlandığında kesit kapasitesindeki artışı meydana getirmek için ek bir külfete gerek yoktur.

Tablalı kesitin taşıma gücü hesaplanırken eşdeğer basınç değer gerilmesi derinliği $k1c$ ve tablo genişliği hf arasındaki ilişkiye bağlı olarak üç alternatifli bir durumla karşılaşılır.

1.DURUM



$$1 - F_c = 0,85 \times f_d \times b \times X$$

$$f_s = A_s \times f_{yd}$$

$$F_c > F_s \text{ ise } k1c < hf$$

$$2 - k1c = \frac{A_s \times f_{yd}}{0,85 \times f_{cd} \times b}$$

$$3 - J = 1 - \frac{k1c}{2 \times d}$$

$$4 - M_r = A_s \times f_{yd} \times J \times d$$

2. DURUM

$$k1c = hf \text{ DURUMU}$$

$$f_c = f_s \text{ ise } k1c = hf \text{ dir.}$$

Çözüm 1. Durumda aynıdır.

3. DURUM

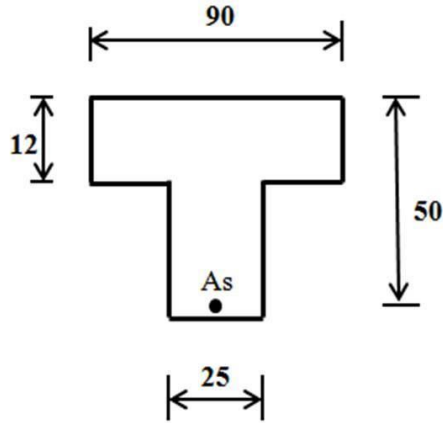
$$k1c > hf \text{ Durumu } F_c < F_s \text{ ise } k1c > hf$$

1 – Kesitin ağırlık merkezi hesaplanır.

$$2 - J^{(d)} = d - \bar{x}$$

$$3 - M_r = A_s \times f_{yd} \times J^{(d)}$$

ÖRNEK:1



$$A_s = 5 \text{ } \varnothing 16$$

$$M_l = \text{BC1} \quad C:20$$

$$M_r = ?$$

ÇÖZÜM:

$$f_c = 0,85 \times f_{cd} \times b \times h_f$$

$$f_c = 0,85 \times 130 \times 90 \times 12 = 119340 \text{ kg}$$

$$F_s = A_s \times f_{yd} \Rightarrow 10,05 \times 1910 = 19195$$

$$F_s = 19195 < 119340 \text{ ise } k_{1c} < h_f \text{ dir. (1. DURUM)}$$

$$k_{1c} = \frac{A_s \times f_{yd}}{0,85 \times f_{cd} \times b} = \frac{10,05 \times 1910}{0,85 \times 130 \times 90} = 1,930$$

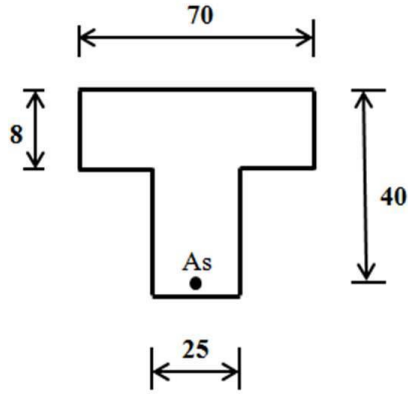
$$d = 50 - 3 = 47 \text{ cm}$$

$$J = 1 - \frac{k_{1c}}{2 \times d} \Rightarrow 1 - \frac{1,93}{2 \times 47} = 0,97$$

$$M_r = A_s \times f_{yd} \times J \times d \Rightarrow 10,05 \times 1910 \times 0,97 \times 47 \Rightarrow$$

$$M_r = 875122 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \Rightarrow M_r = 8,75 \text{ t/m}$$

ÖRNEK:2



$$A_s = 4 \text{ } \varnothing 24$$

$$M_{lz} = \text{BC3} \quad C:30$$

$$M_r = ?$$

CÖZÜM:

$$f_c = 0,85 \times f_{cd} \times b \times h_f$$

$$f_c = 0,85 \times 200 \times 70 \times 8 = 95200 \text{ kg}$$

$$F_s = A_s \times f_{yd} \Rightarrow 18,10 \times 3650 = 66065$$

$$F_s = 95200 < 66065 \text{ ise } k_{1c} < h_f \text{ dir. (1.DURUM)}$$

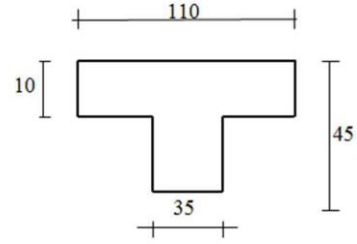
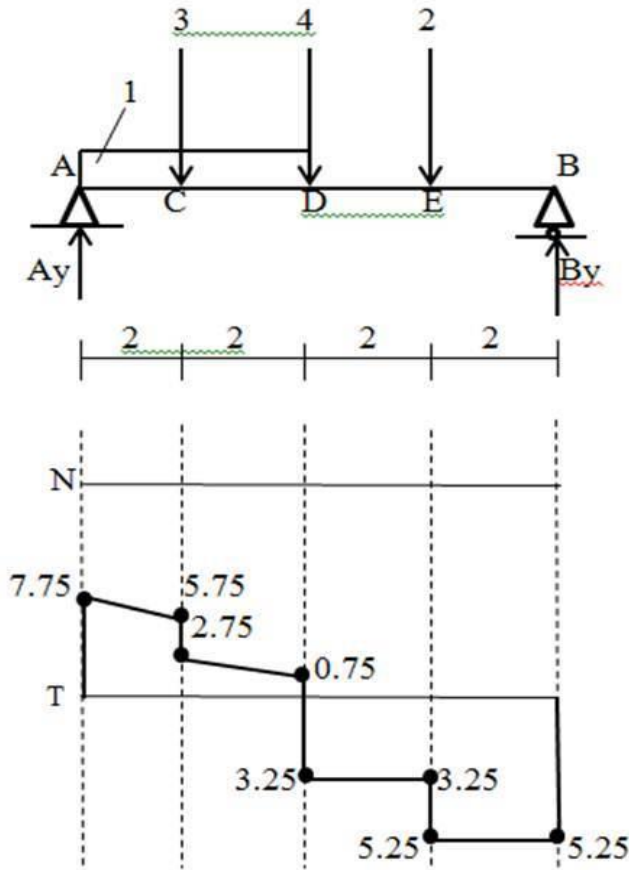
$$k_{1c} = \frac{A_s \times f_{yd}}{0,85 \times f_{cd} \times b} = \frac{18,10 \times 3650}{0,85 \times 200 \times 75} = 5,55$$

$$J = 1 - \frac{k_{1c}}{2 \times d} \Rightarrow 1 - \frac{5,55}{2 \times 37} = 0,925$$

$$M_r = A_s \times f_{yd} \times J \times d \Rightarrow 18,10 \times 3650 \times 0,925 \times 37 =$$

$$M_r = 2261074 \text{ kg/cm} \Rightarrow M_r = 22,61 \text{ t/m}$$

ÖRNEK 3:



$A_s = 9\text{Ø}18$
Mlz BÇ3 C20

Kiriş bu yükü taşırmı ?

ÇÖZÜM:

$$\varepsilon_x = 0 \quad A_x = 0 \quad \varepsilon_y = 0 \Rightarrow A_y + B_y = 4 + 3 + 4 + 2 = 13 \text{ t}$$

$$\varepsilon M_a = 3 \times 2^2 + 4 \times 2^2 + 4 \times 4 + 2 \times 6 + 8 \times B_y = 8B_y + 42 \Rightarrow B_y = 5.25 \text{ t} \quad A_y = 7.75 \text{ t}$$

$$M_A = 0$$

$$1- M_C = 0 + \left(\frac{7.75 + 5.75}{2} \times 2 \right) = 13.5$$

$$2- M_D = 0 + \left(\frac{7.75 + 0.75}{2} \times 2 \right) = 17$$

$$3- M_E = 17 - (3.25 \times 2) = 10.5$$

$$4- M_B = 10.5 + (5.25 \times 2) = 0$$

$$f_c = 0.85 \times 130 \times 110 \times 10 = 121550 \text{ kg}$$

$$F_s = 12.72 \times 3650 = 46428$$

$$f_c = 12550 > 46428$$

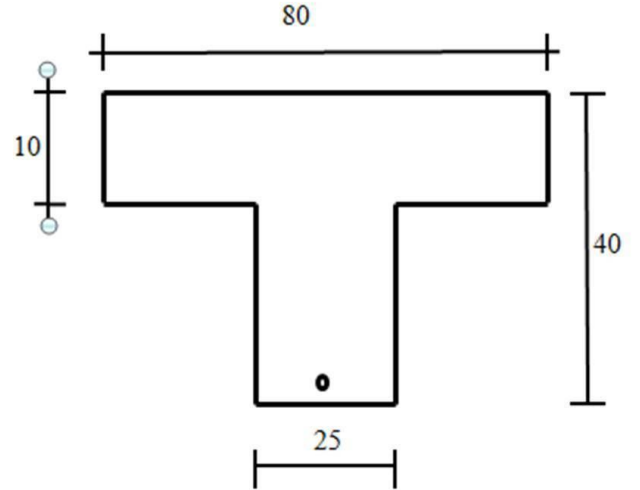
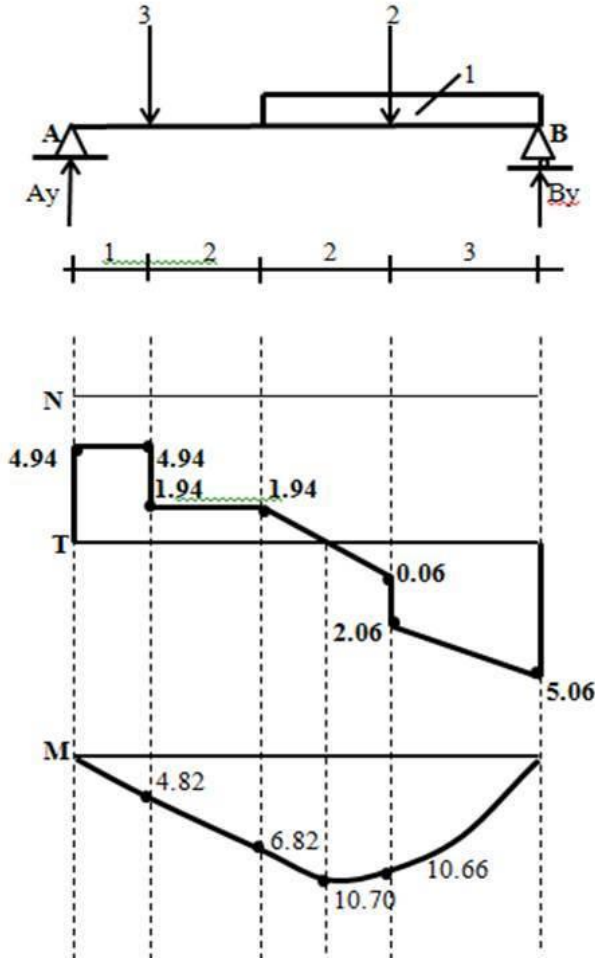
$$k_{1c} = \frac{12.72 \times 3650}{0.85 \times 130 \times 110} = 3.81$$

$$J = 1 - \frac{3.81}{2 \times 42} = 0.95$$

$$M_r = 12.72 \times 3650 \times 0.95 \times 42 = 1852477 \Rightarrow 18.52 \text{ t/m}$$

$17 < 18.52$ olduğundan kiriş bu yükü **TASIR.**

ÖRNEK 4:



As=32 CM²
 BÇ3 C20
Kiriş bu yükü taşırmı ?

CÖZÜM:

Fc=0.85 X 130 X 80 X 10 =88400 kg
 Fs=32 X 3650 =116800 kg

88400 < 116800 klc > hf oda

3. Durum dur.

PA	Xi	Yi	Axi	Ayi
800	40	35	32000	28000
750	40	15	30000	11250
1550			62000	39250

$$x = \frac{62000}{1550} = 40$$

$$y = \frac{39250}{1550} = 25.52 \text{ cm}$$

$$(J^d) = d \times \bar{x} \Rightarrow d = 40 - 3 = 37$$

$$J^d = 37 - 25.32 = 11.68$$

$$Mr = As \times f_{yd} \times (J^d) \Rightarrow 32 \times 3650 \times 11.68 \times 1364224 \text{ kg} \Rightarrow 13.64 \text{ t/m}$$

STATİK ÇÖZÜM

$$\epsilon_x=0 \Rightarrow A_x=0 \quad \epsilon_y=0 \Rightarrow A_y + B_y=10$$

$$\epsilon_{M_A}=0=3.1 + 2.5 + 5 \times 5 \times 5 - B_y - 8 = 0$$

$$8B_y=40.5 \Rightarrow B_y=5.06 \text{ t} \quad A_y=4.94 \text{ t}$$

$$M_A = 0 \rightarrow$$

$$M_C = (4.91 \times 1) = 4.91$$

$$M_D = 4.94 + (1.94 \times 2) = 8.82$$

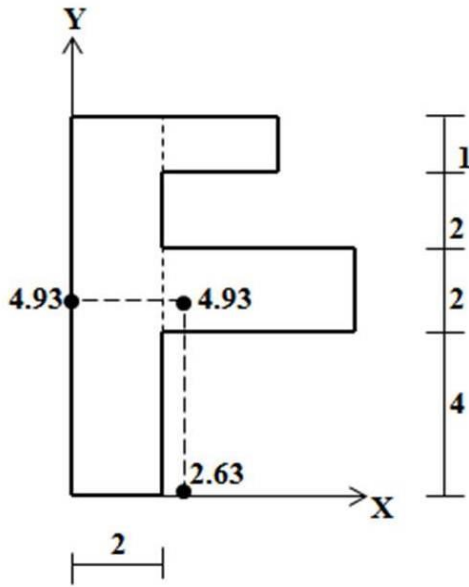
$$M_O = 8.82 + \left(\frac{1.94 \times 1.94}{2}\right) = 10.70$$

$$M_E = 10.70 - \left(\frac{0.06 \times 0.6}{2}\right) = 10.66$$

$$M_O = 10.66 - \left(\frac{2.06 + 5.06}{2} \times 3\right) = 0$$

10.66 < 13.64 olduğundan kesit bu yükü TASIR.

ÖRNEK 5:



Ağırlık (X , Y) merkezini bulunuz?

CÖZÜM:

$$Gx = \frac{Axi}{A} = \frac{84}{32} = 2.63$$

$$Gy = \frac{Ayi}{A} = \frac{168}{32} = 4.93$$

IA	A	Xi	Yi	Axi	Ayi
1	18	1	4.5	18	81
2	2	3	8.5	6	17
3	12	5	5	60	60
ε	32			84	158

5.5.-KİRİŞLERDE BOYUT HESABI VE TASARIMI

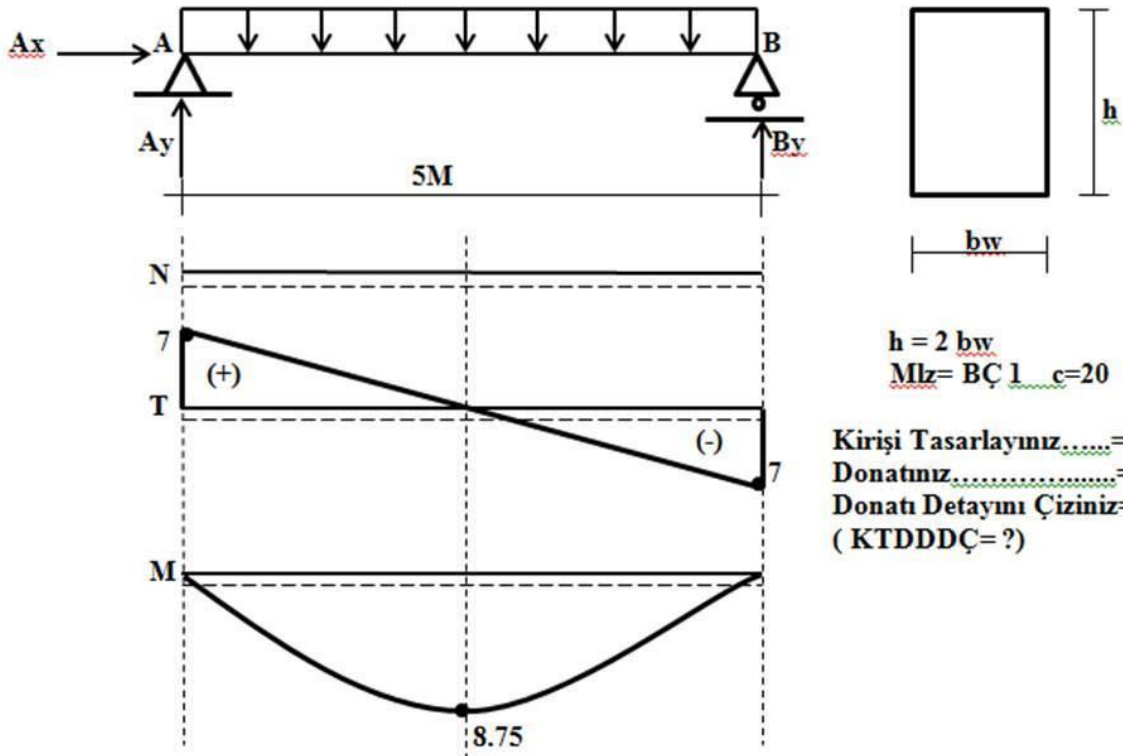
Kirişlerde boyut hesabı ve kirişlerin tasarımı iki aşamada gerçekleştirilir.

1-Ön tasarım: Kirişin gerekli hesapları yapılarak uygulamaya esas boyutları seçilir ve karar verilir. Ön tasarım aşamasında boyutlara karar verilirken bilinen yada hesaplanan kesit tesirleri ve ilgili şartnameler esas alınır. Ayrıca seçilen boyutların uygulanabilir boyutta olmasında zorunluluk vardır. Seçilen boyutlar mimari projeyi estetiklik ve kullanım alanında olumsuz etkilememelidir. Tabi ki bu aşamada teknik tecrübe önemli olmalıdır.

2-Kesin tasarım: Kirişlerin belirlenen boyutları tahkik edilir donatısı hesaplanır. Hesaplanan donatı şartnamelere uygun olarak tablodan seçilerek yerleştirilir. Kirişin detayı teknik resim kurallarına riayet edilerek çizilir. Çizilen detayların anlaşılır olmasına ve uygulayıcıların hiç bir tereddüde düşmeden projeyi okuyabilmelerine imkan verilecek şekilde çizilmesine dikkat edilmelidir.

9. Donatı detayı çizilir.

ÖRNEK 1:



STATİK ÇÖZÜM:

$$Pd = ((1.4 \times 1.2) + (1.6 \times 0.7)) = 2.8 \text{ t/m}$$

$$Ay=7 \quad By=7$$

$$M_A=0 \quad M_A = 0 + \left(\frac{7 \times 2 \times 5}{2}\right) = 8.75 \text{ t/m} \quad M_B = 8.75 - \left(\frac{7 \times 3}{2}\right) = 0$$

BETONARME ÇÖZÜM:

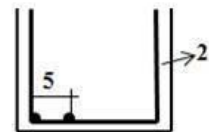
$$bw \times d^2 = KL \times Md \Rightarrow bw \times (2bw)^2 = 38 \times 875$$

$$bw \times 4bw = 38 \times 875 \Rightarrow 4bw^3 = \frac{38 \times 875}{4} \Rightarrow bw = \sqrt[3]{\frac{38 \times 875}{4}} = 20.25 \text{ cm}$$

$$h = 2 \times 20.25 = 40.50 \text{ cm} \quad bw=25, h=45 \text{ kiriş TASARLANDI.}$$

$$d = h - 3 \Rightarrow 45 - 3 = 42$$

$$A_s = \frac{Md}{f_{yd} \times J \times d} = \frac{875000}{1910 \times 0.862 \times 42} = 12.65$$



$$\delta = \frac{12.65}{25 \times 42} = 0.012 > 0.006 = \delta_{min}$$

5Ø18 → 2Ø18 Pilye

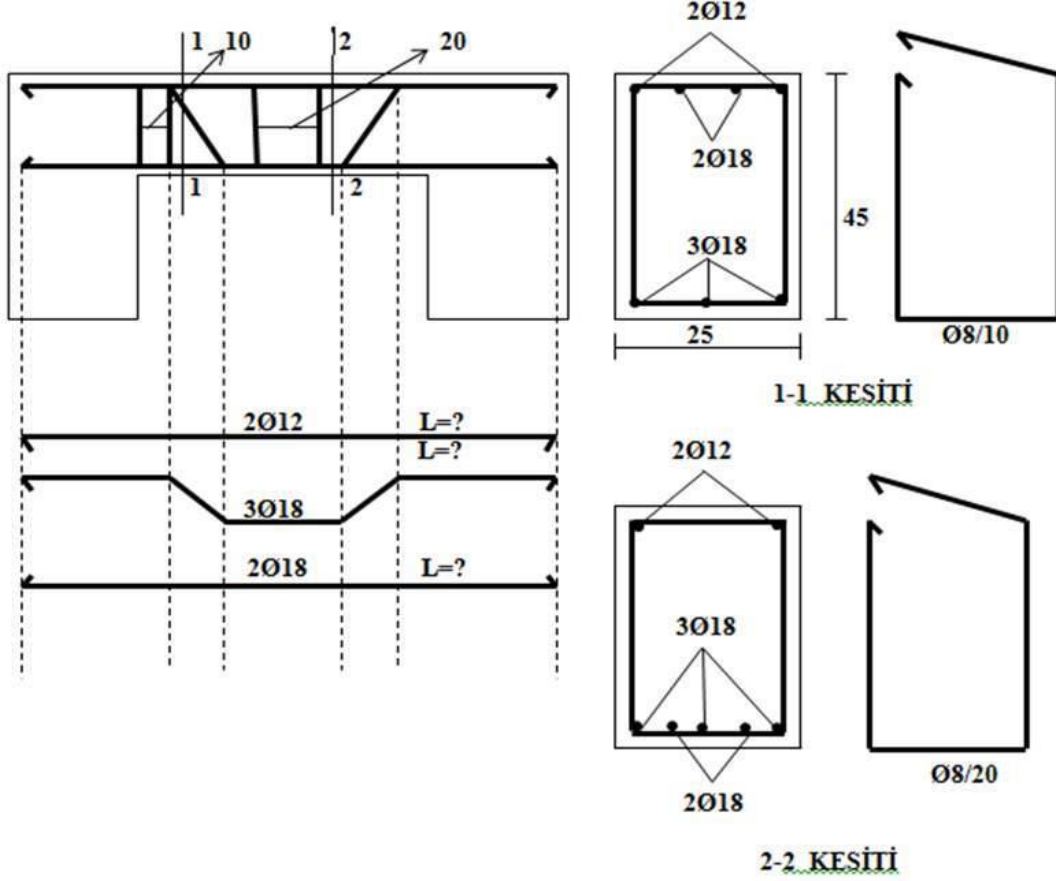
$$<0.025 = \delta_{max}$$

3Ø18 Düz

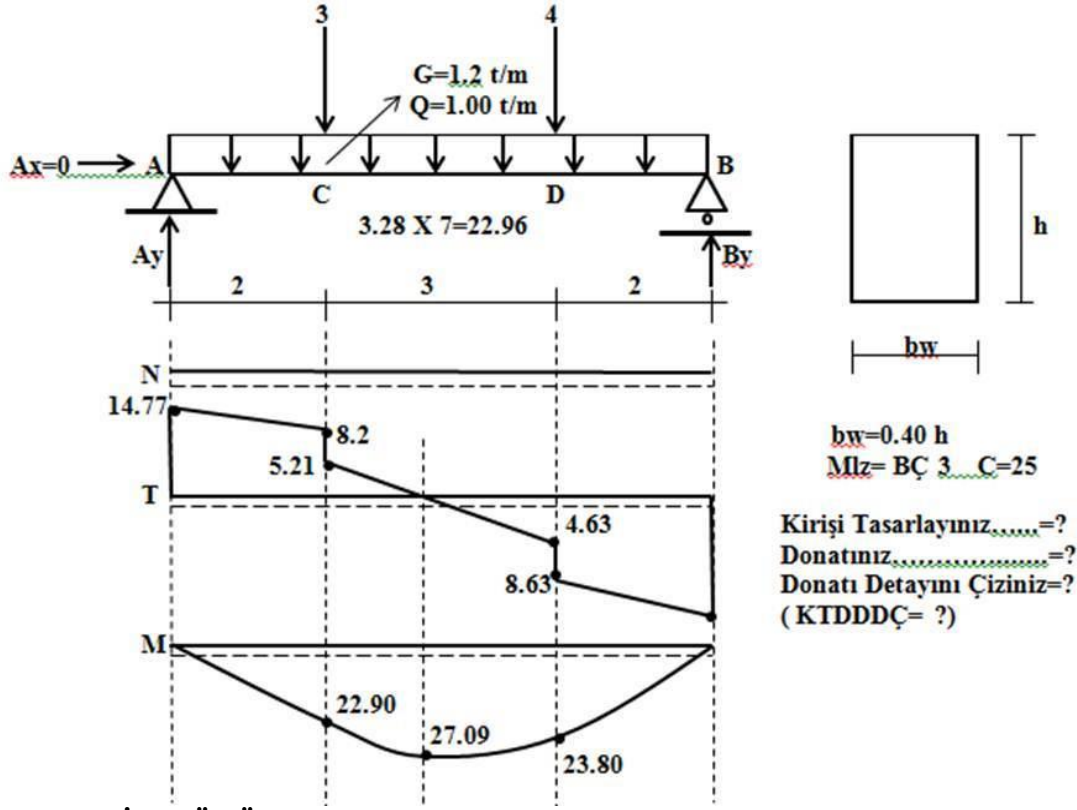
$$2 + (5 \times 1.8) + (4 \times 2) + 2 = 21 < 29 \text{ olduğundan sığar.}$$

ETRIYE:

$$S_M = \frac{d}{4} = \frac{42}{4} = 10.5 \quad \text{Ø8/10} \quad S_A = \frac{X}{2} = \frac{42}{2} = 21 \quad \text{Ø8/20}$$



ÖRNEK 5:



STATİK ÇÖZÜM:

$$Pd = (1.4 \times 40) + (1.6 \times 1) = 3.28$$

$$\epsilon_x = 0 \quad A_x = 0$$

$$\epsilon_y = A_y + B_y = 3 + 4 + 22.96 = 26.90$$

$$\epsilon M_A = 0 \Rightarrow 3 \times 2 + 22.96 + 3.5 + 4 \times 5 + B_y \times 7 = 0$$

$$B_y = 15.19$$

$$A_y = 14.77$$

$$\frac{x}{3-x} = \frac{5.21}{4.63} = 4.63x = 5.21 \times 3 - 5.21x = 9.84x = 15.63 \Rightarrow 1.57$$

$$M_A = 0$$

$$M_C = 0 + \left(\frac{14.77+8.21}{2} \right) \times 2 = 22.98 \text{ t/m}$$

$$M_D = 22.98 + \left(\frac{1.58 \times 5.21}{2} \right) = 27.09 \text{ t/m}$$

$$M_D = 27.09 - \left(\frac{4.63 \times 1.42}{2} \right) = 23.80 \text{ t/m}$$

$$M_B = 23.80 - \left(\frac{8.63+15.19}{2} \right) \times 2 = 0$$

$$M_{max} = M_d = 27.09$$

BETONARME ÇÖZÜM:

$$bw \times d^2 = KL \times Md \Rightarrow 40 \times h \times h^2 = 25.1 \times 2705$$

$$0.40 h^3 = 78831.9 \Rightarrow h^3 = \frac{78831.9}{0.40} = \sqrt{197079} \Rightarrow h = 58.19 \text{ cm}$$

$$bw \leq 0.40 \times 58.19 = 23.27 \quad h=60, bw=25 \text{ kiriş TASARLANDI.}$$

$$A_s = \frac{Md}{f_{yd} \times J \times d} = \frac{27.09}{3650 \times 0.862 \times 57} \Rightarrow A_s = 15.10 \text{ cm}^2$$

$$\delta = \frac{15.10}{25.57} = 0.01 \quad \begin{array}{l} 0.01 > 0.003 \\ 0.01 < 0.02 \text{ olduğundan} \end{array}$$

$$6\emptyset 18 \begin{array}{l} \rightarrow 3\emptyset 18 \text{ Pilye} \\ \rightarrow 3\emptyset 18 \text{ Düz} \end{array} \quad 2 + (6 \times 1.8) + 2 = 24.8 < 25 \text{ olduğundan sığar.}$$

ETRİYE HESABI:

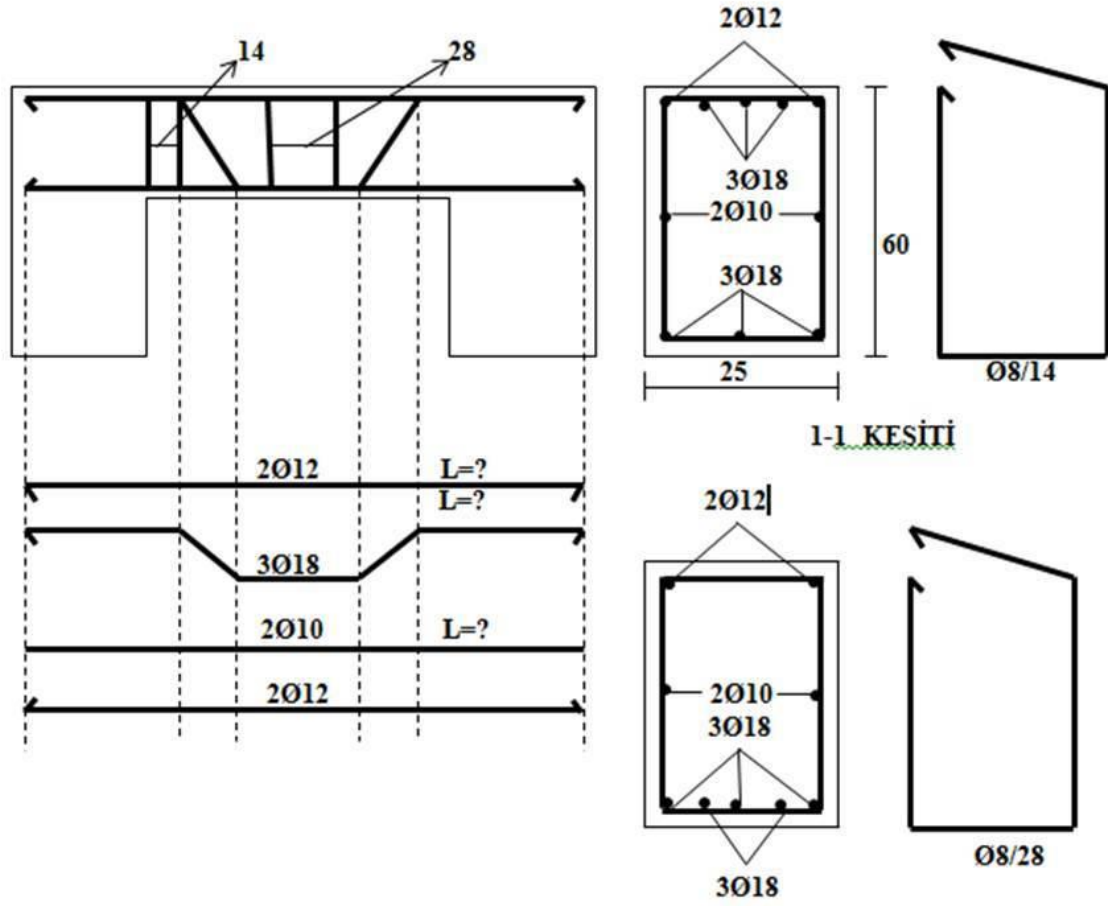
$$S_M = \frac{57}{4} = 14.25 \Rightarrow \emptyset 8/14$$

$$S_A = \frac{57}{2} = 28.5 \Rightarrow \emptyset 8/28$$

GÖVDE DONATISI:

$$A_s G = A_s \zeta \times 0.08 = 15.26 \times 0.08 = 1.22$$

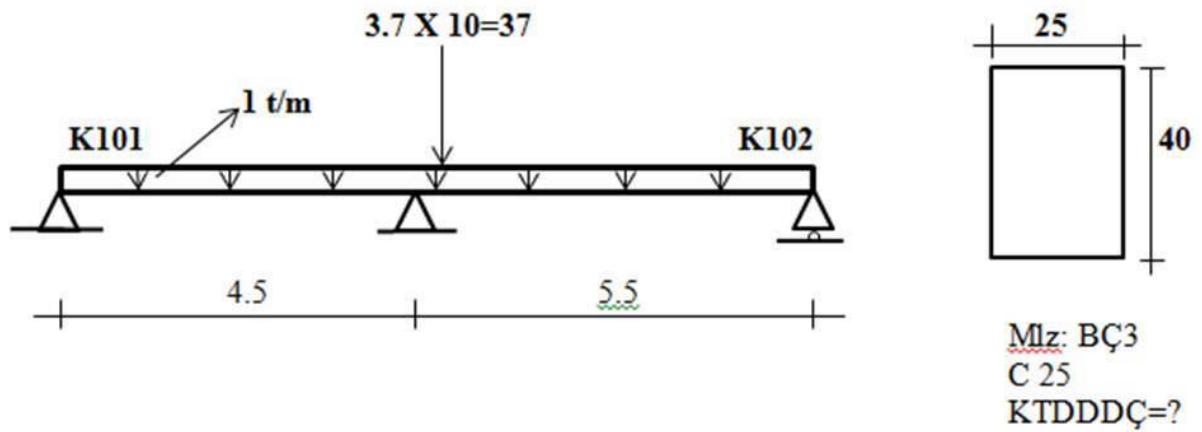
$$A_s G = \emptyset \Rightarrow \frac{1.22}{2} = 0.61 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2\emptyset 10$$



5.5.1.2.-DİKDÖRTGEN KESİTLİ SÜREKLİ KİRİŞLER

Bu tip kirişlerin çözümünde gerekli olan hesap momentleri TS500 de öngörülen ve döşemelerde kullandığımız moment katsayıları esas alınmıştır.

ÖRNEK



STATİK ÇÖZÜM:

$$P_d = (1.4 \times 1.5) + (1.6 \times 1) = 3.7 \text{ t/m}$$

$$M_1 = \frac{1}{24} \times 3.7 \times 4.5^2 = 3.12$$

$$M_2 = \frac{1}{11} \times 3.7 \times 4.5^2 = 6.81$$

$$M_3 = \frac{1}{8} \times 3.7 \times \left(\frac{4.5+5.5}{2}\right)^2 = 11.56$$

$$M_4 = \frac{1}{11} \times 3.7 \times 5.5^2 = 10.17$$

$$M_5 = \frac{1}{24} \times 3.7 \times 5.5^2 = 4.66$$

$$M_3 = M_{max} = 11.56$$

$$bwd^2 = Kl \times Md \Rightarrow 25 d^2 = 29.1 \times 11.87$$

$$d = \sqrt{\frac{29.1 \times 11.87}{25}} \Rightarrow d = 37.17 \quad bw = 25, \quad h = 40 \text{ Seçildi.}$$

BETONARME ÇÖZÜM:

$$K101 \text{ Kirişi } bw = 25, \quad h = 40 \quad M = 6.81$$

$$K = \frac{25 \times 37^2}{699} = 48.96 > 29.1 \text{ olduğundan uygundur.}$$

$$A_s = \frac{681000}{3650 \times 0.862 \times 37} = 5.84 \quad \delta = \frac{5.84}{25 \times 37} = 0.006$$

$$0.006 > 0.003$$

0.006 < 0.002 olduğundan uygundur.

$$4\emptyset 14 \begin{cases} \rightarrow 2\emptyset 14 \text{ Düz} \\ \rightarrow 2\emptyset 14 \text{ Pilye} \end{cases}$$

K101 Dış Mesnet (M=3.12)

$$A_s = \frac{312000}{3650 \times 0.862 \times 37} = 2.68 \text{ cm}^3$$

$$\underline{\text{Mesnet K101}} \quad \underline{P=2\emptyset 14} \quad \frac{-3.08}{0.34} \text{ olduğundan eke gerek yok.}$$

K102 Kirişi M = 10.45

$$A_s = \frac{1017000}{3650 \times 0.862 \times 37} = 8.73 \text{ cm}^2 \quad \delta = \frac{8.97}{25 \times 37} = 0.009$$

$$0.009 > 0.003$$

0.009 < 0.002 olduğundan uygun.

8Ø12 → 4Ø12 Pilye
 → 4Ø12 Düz

$$2 + 8 \times 1.2 + 7 \times 2 + 2 = 27.6 > 25 \text{ olduğundan sığmaz.}$$

3Ø20 → 1Ø20 Pilye
 → 2Ø20 Düz

$$2 + 3 \times 2 + 2 \times 2 + 2 = 14 < 25 \text{ olduğundan sığar.}$$

K101 K102 Arası (M = 11.56)

$$A_s = \frac{1156000}{3650 \times 0.862 \times 37} = 8.73 \text{ cm}^2$$

Mesnet K101 => 2Ø14 -3.08
 K102 => 1Ø20 3.14 İlave: 2Ø16

K102 Dış Mesnet

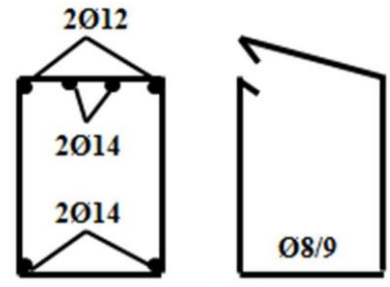
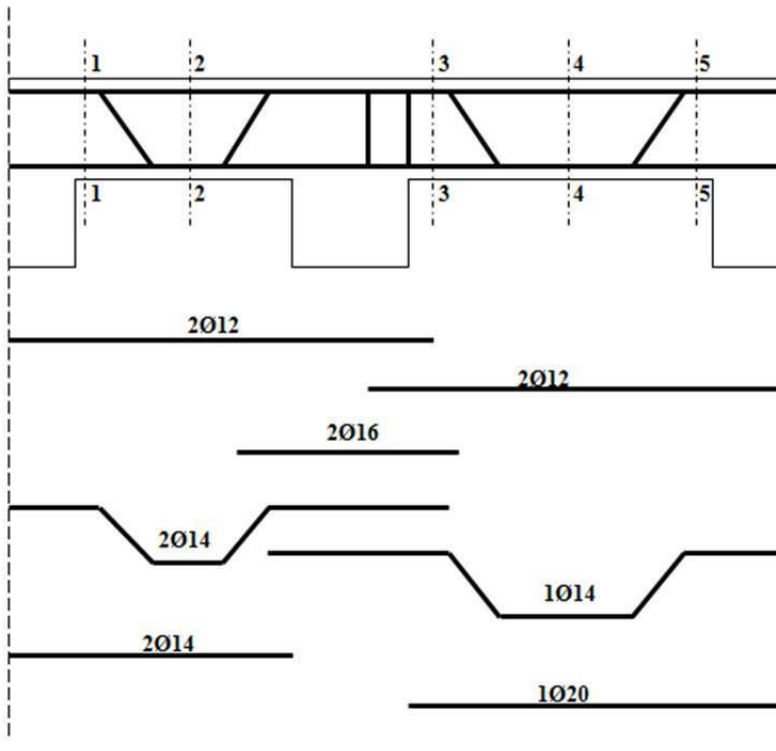
$$M=4.66 \quad A_s = \frac{466000}{3650 \times 0.826 \times 37} = 4.0$$

Mesnet K102 P 1Ø20 - 3.14 ilave + 0.86 ek = 1Ø12

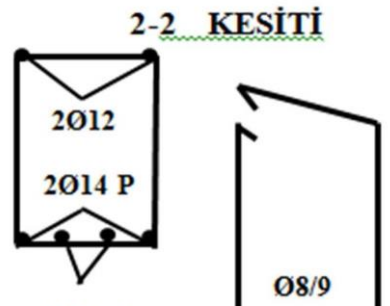
ETRİYE HESABI

$$S_m = \frac{d}{4} = \frac{37}{4} = 9.25 \text{ cm} \quad \emptyset 8/9$$

$$S_a = \frac{d}{2} = \frac{37}{2} = 18.5 \text{ cm} \quad \emptyset 8/18$$

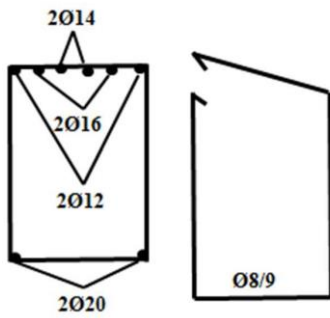


1-1 KESİTİ

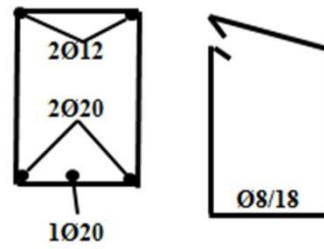


2-2 KESİTİ

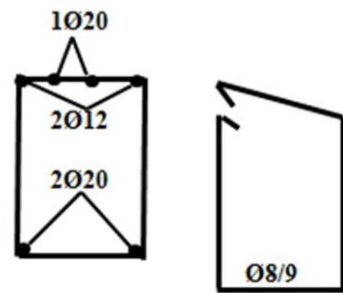
2014 D



3-3 KESİTİ

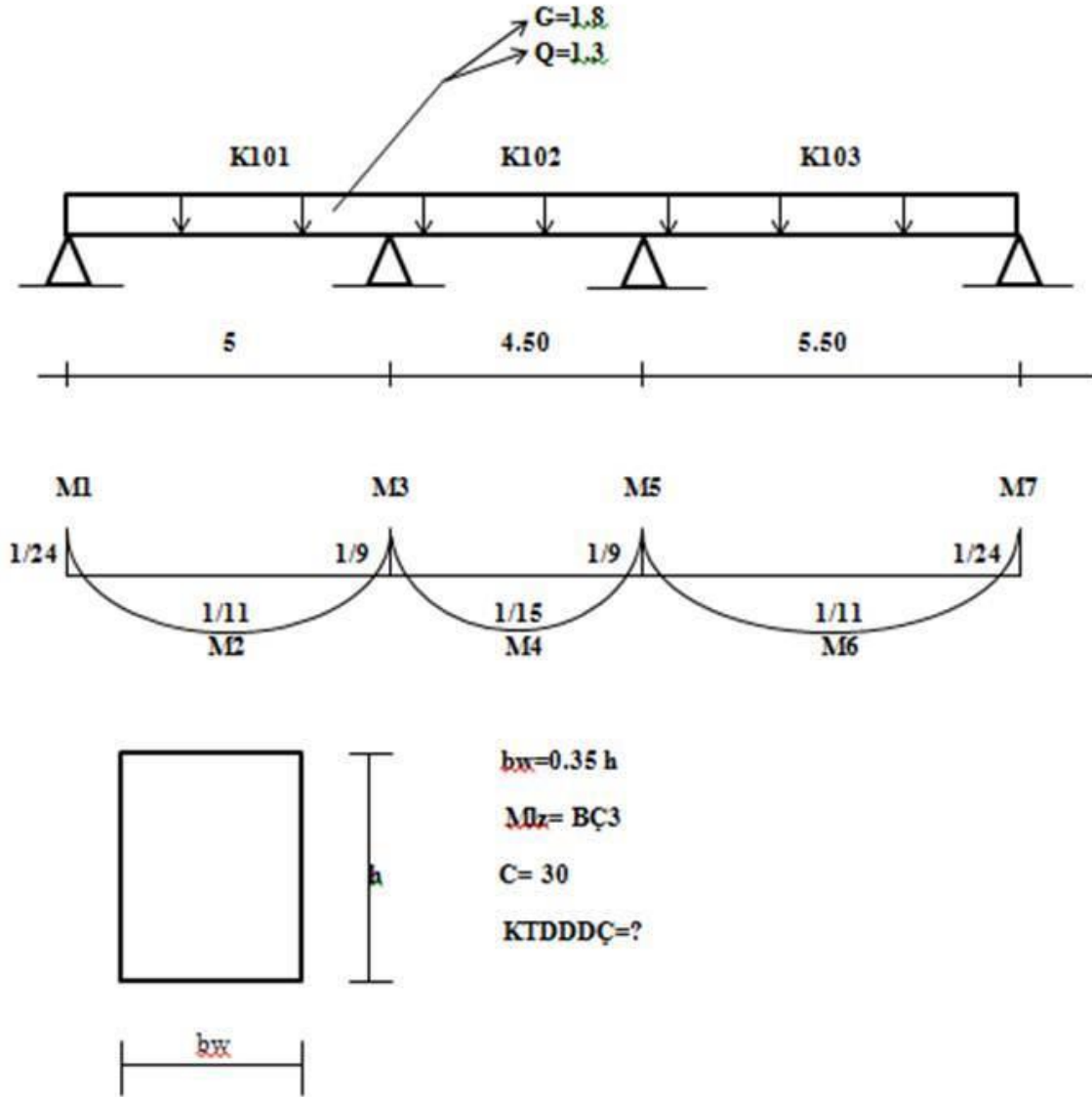


4-4 KESİTİ



5-5 KESİTİ

ÖRNEK



STATİK ÇÖZÜM:

$$Pd = (1.4 \times 1.8) + (1.6 \times 1.3) = 4.6 \text{ t/m} \quad M_1 = \frac{1}{24} \times 4.6 \times 5^2 = 4.79 \text{ t/m}$$

$$M_2 = \frac{1}{11} \times 4.6 \times 5^2 = 10.45 \text{ t/m} \quad M_3 = \frac{1}{9} \times 4.6 \times \left(\frac{5+4}{2}\right)^2 = 10.34 \text{ t/m}$$

$$M_4 = \frac{1}{15} \times 4.6 \times 4^2 = 4.90 \text{ t/m} \quad M_5 = \frac{1}{9} \times 4.6 \times \left(\frac{4+5.5}{2}\right)^2 = 11.53 \text{ t/m}$$

$$M_6 = \frac{1}{11} \times 4.6 \times 5.5^2 = 12.65 \text{ t/m} \quad M_7 = \frac{1}{24} \times 4.6 \times 5.5^2 = 5.79 \text{ t/m}$$

BETONARME ÇÖZÜM:

$$bw \times d^2 = Kl \times M_d = 0.35 h \times h^2 = 24.7 \times 1265 \Rightarrow$$

$$h^3 = \frac{24.7 \times 1265}{0.35} \Rightarrow h = 44.69 \text{ cm}$$

$$bw = 0.35 \times 44.69 = 15.69 \text{ cm} \quad bw = 25 \text{ cm}, h = 45 \text{ cm SEÇİLDİ}$$

$$As = \frac{1045000}{3650 \times 0.862 \times 42} = 7.9 \text{ cm}^2 \quad \delta = \frac{7.9}{25 \times 42} = 0.007$$

$$0.007 > 0.003, \quad 0.007 < 0.002 \quad \text{olduğundan uygun}$$

$$4\emptyset 16 \begin{cases} \rightarrow 2\emptyset 16 \text{ Düz} \\ \rightarrow 2\emptyset 16 \text{ Pilye} \end{cases}$$

$$2 + 4 \times 1.6 + 3 \times 2 + 2 = 16.4 < 25 \text{ olduğundan sığar.}$$

K101 KİRİŞİ

$$As = \frac{479000}{3650 \times 0.862 \times 42} = 3.62 \text{ cm}^2$$

Mesnet K101 P=> 2Ø16 -4.02=> -0.4 olduğundan eke gerek yok.

K 102 KİRİŞİ

$$As = \frac{490000}{3650 \times 0.862 \times 42} = 3.70 \text{ cm}^2 \quad \delta = \frac{3.70}{25 \times 42} = 0.0035$$

$$0.0035 > 0.003$$

$$0.0035 < 0.002 \quad \text{olduğundan uygun}$$

$$4\emptyset 12 \begin{cases} \rightarrow 2\emptyset 12 \text{ Düz} \\ \rightarrow 2\emptyset 12 \text{ Pilye} \end{cases}$$

$$2 + 4 \times 1.2 + 3 \times 2 + 2 = 14.8 < 25 \text{ olduğundan sığar.}$$

K101 - K102 ARASI

$$M=10.35 \quad As = \frac{1035000}{3650 \times 0.862 \times 42} = 7.83 \text{ cm}^2$$

Mesnet	K101	P=>2Ø16	- 4.02	
	K102	P=>2Ø12	- 2.26	
			+ 1.55	Ek=1Ø16

K103 KIRIŞI

$$M = 12.65 \quad As = \frac{1265000}{3650 \times 0.8612 \times 42} = 9.57$$

$$\delta = \frac{9.57}{25 \times 42} = 0.0009$$

0.009 > 0.003
< 0.02 olduğundan uygun.

5Ø16 $\begin{cases} \rightarrow 2Ø16 \text{ Düz} \\ \rightarrow 3Ø16 \text{ Pilye} \end{cases}$

2 + 5 X 1.6 + 4 X 2 + 2 = 20 < 25 olduğundan sığar.

K102 - K103 ARASI

$$M=11.53 \quad As = \frac{1153000}{3650 \times 0.862 \times 42} = 8.72$$

Mesnet K102 Pilye 2Ø12	-2.26	
K103 Pilye 2Ø16	<u>-4.02</u>	Ek 1Ø18
	+2.44	

K103 DIŞ

$$M=5.79 \quad As = \frac{579000}{3650 \times 0.862 \times 42} = 8.72$$

Mesnet K103 P 2Ø16	<u>-4.02</u>	
İlave	+0.36	Ek 1Ø12

ETRİYE HESABI

$$Sm = \frac{d}{4} = \frac{42}{4} = 10.5 \quad \emptyset 8/20$$

$$Sa = \frac{d}{2} = \frac{42}{2} = 21 \quad \emptyset 8/20$$

6.-EKSENEL YÜK ETKİSİNDEKİ ELEMENLAR

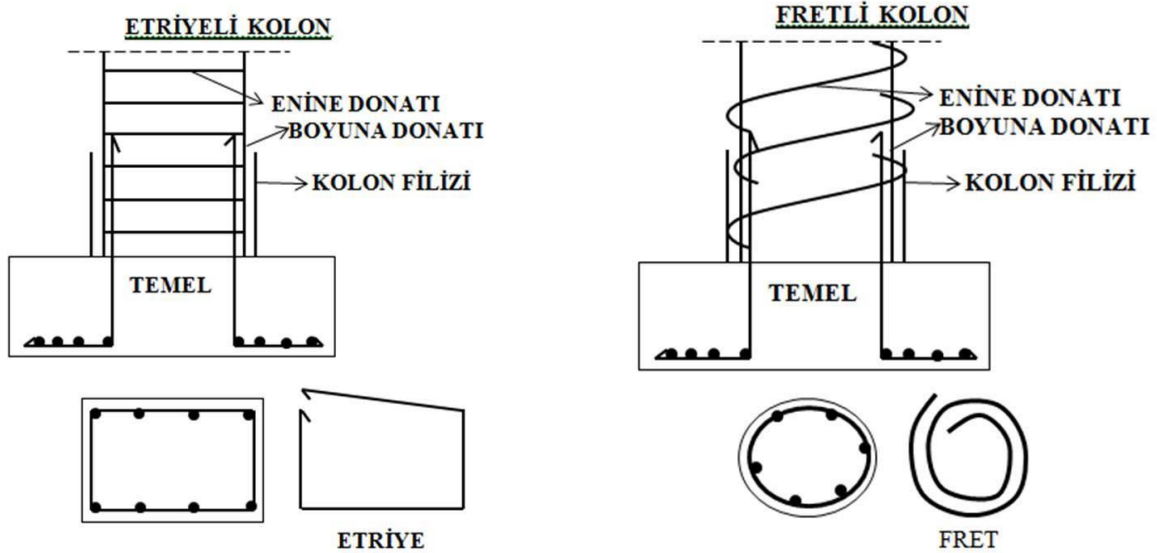
Betonarme yapı sistemlerinin monolitik özelliklerinden dolayı bir elemanın sadece eksenel yük taşıması mümkün değildir. Eksenel yük taşıyan her eleman küçükte olsa bir miktar kesme kuvveti ve momenti taşır. Özellikle topraklarının büyük bir bölümü deprem kuşağında olan ülkemizde depremin oluşturacağı yatay kuvvetler nedeniyle bir elemanın moment taşımadığı var sayılar olanaksızdır.

KOLONLAR : Bir betonarme elemanının sadece eksenel yük taşıyormuş gibi hesaplamaya şartnamelerin izin vermemesine rağmen bunun sınır durum olması nedeniyle sadece eksenel yük taşıyan elemanların davranış ve dayanımlarının bilinmesinde yarar vardır. Bu elemanlarının dayanımı belirleyen denklemler son derece basittir. Elemanların ön tasarım aşamasında yeni en kesit boyutlarında yaklaşık olarak saptanmasında yol gösterir.

En çok eksenel yük taşıyan elemanlar kolonlardır. Kolonların temel işleyişi döşemeden kirişe kirişten de kendilerine aktarılan yükleri taşıyıp temele aktarmaktadır. Kirişsiz döşemelerde döşeme yüklerinin ve yatay yüklerin karşılanmasında da varsa perde duvar ile birlikte önemli bir görev üslenirler.

KOLON TÜRLERİ: 2 tip kolon vardır. Kolon türleri belirlenirken kolonun boyuna donatısını saran enine donatısı referans alınır buna göre;

- A. Enine donatısı etriye olan kolonlara etriyeli kolonlar denir.
- B. Enine donatısı fret olan kolonlara fretli kolon denir.



Filiz uzunluğu demir çapı çarpı 40~50 ile bulunur.

6.1.-EKSENEL YÜKLÜ KOLONLARIN TAŞIMA GÜCÜ

Betonarme yapıların süneklik özelliği ve hiperstatik olması nedeniyle eğilme momenti mutlaka meydana gelmektedir. Dolayısıyla yönetmeliklerde kolonların aksenal basınca göre hesabına izin verilmemektedir. Ancak özellikle kolonların ön boyutların seçilmesinde aksenal basınç etkisi dikkate alınmaktadır.

Eksenal basınç etkisindeki etriyeli bir kolonda bu etki beton ve donatıda basınç gerilmeleri oluşturulmaktadır. Bu durumda betonda oluşan basınç gerilmesinden kaynaklanan bileşke kuvvet için brüt beton alanı (Ac) ile toplam donatı alanı (Ast) farkı betonun tasarım dayanımı ile çarpılmaktadır.

$$(Ac - Ast) \times f_{cd} =$$

Ancak toplam donatı alanı brüt beton alanına göre oldukça küçük olduğundan ihmal edilmektedir.

Diğer taraftan beton dayanımı belirlendiği silindirik numunelere göre kolonların daha narin olduğu ve bunlar sınırlı bir zaman aralığında deneye tabi tutulurken kolonlardaki etkinin daha uzun süreli olduğu düşünülerek dayanım 0.85 katsayısı ile çarpılarak azaltılmaktadır. Bu durumda betondaki bileşke basınç kuvveti;

$$0.85 \times (Ac - Ast) \times f_{ck}$$

kabul edilmektedir. Donatılardaki bileşke basınç kuvveti ise;

$$Ast \times f_{yk}$$

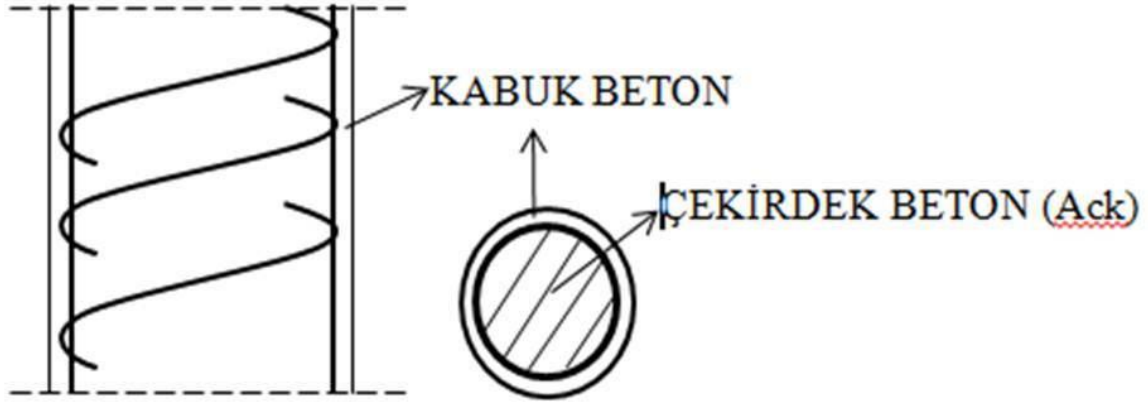
İfadesi ile belirlenmektedir. Buna göre kolonun kırılma anındaki aksenal kuvvet için şu bağıntı önerilmektedir.

$$N = 0.85 \times (Ac - Ast) \times f_{ck} + Ast \times f_{yk}$$

Ancak zaten kolonların basit basınca göre izin verilmediğinden uygulamalarda kolaylık için aksenal basınç etkisindeki etriyeli kolonların taşıma güçleri;

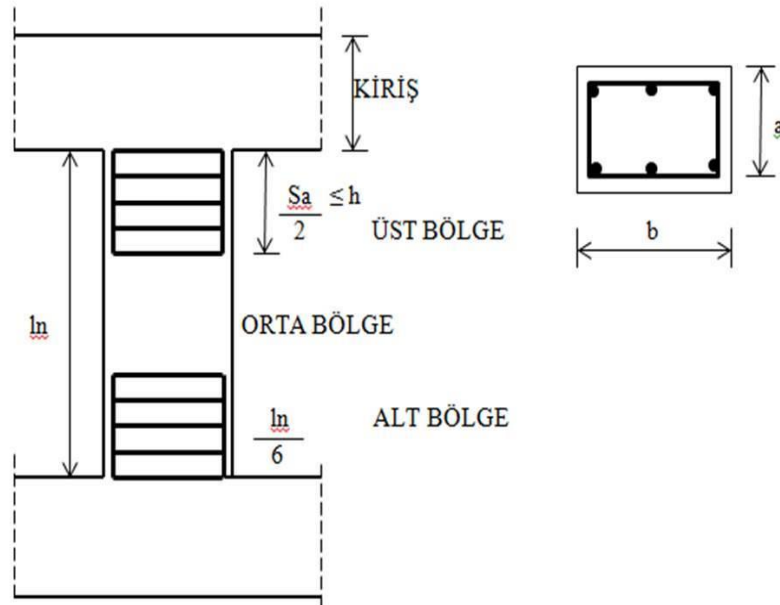
$$N_{or} = 0.85 \times Ac \times f_{cd} + Ast \times f_{yd}$$

(Nor: ortalama aksenal basınç kuvveti.) bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Fretli kolonlarda ise durum biraz daha farklıdır. Fretli kolonlarda etriyeli kolonda olduğu gibi basınç etkisi beton ve donatıda basınç gerilmeleri oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu etki betonda v donatıda oluşan basınç gerilme bileşkesi ile karşılanacaktır. Farklı olan beton tarafından karşılanabilecek olan basınç kuvvetinin değeridir. Çünkü fretli kolonlarda sargı etkisiyle çekirdek betonunda üç eksenli gerilme durumu ortaya çıkmakta ve betonun dayanımı artmaktadır. Diğer taraftan fretli kolon minimum donatının altında sargı donatısına sahip değilse fretli kolonlarda 2 tepe noktası oluşmaktadır. 1. Tepe noktasına göre taşıma gücü etriyeli kolonun aynısıdır. 2. Tepe noktası dikkate alındığında bu noktaya gelene kadar kolonda çekirdek betonun dışındaki kabuk betonu döküleceğinden etriyeli kolondaki brüt beton alanı (Ac) yerine çekirdek alanı (Ack) dikkate alınmalıdır.



TS 500 ün eski basımlarında fretli kolon durumlarında aksenal yük taşıma gücünün etriyeli duruma göre %10 artırılması önerilmekteydi ancak TS 500 ün 2000 ve sonrası basımlarında böyle bir öneri yoktur. Diğer taraftan genellikle de birinci tepe noktasına göre hesap yapılması önerilmektedir. Bu durumda fretli yani spiral donatılı kolonların aksenal yük taşıma güçleride etriyeli kolonlarda ki bağlantı ile belirlenebilir.

6.2.-KOLONLAR İÇİN ÖNGÖRÜLEN MİNİMUM ŞARTLAR



- 1- Minimum kolon genişliği 30 cm dir.
- 2- Kolondaki minimum düşey donatı çapı Ø14 dür.
- 3- Minimum donatı oranı 0.01, Maksimum 0.04 dür.
- 4- Maksimum etriye aralığı düşey donatı çapının 12 katı ve 20 cm yi geçemez.
- 5- Maksimum fret aralığı kolon çapının 1/5 ini ve 8 cm yi geçemez.
- 6- Minimum etriye çapı düşey donatı çapının 1/3 dür.
- 7- Dairesel kesitli kolonlarda en az 5 adet düşey donatı kullanılmaktadır.
- 8- Düşey donatı aralığı en fazla 20 cm dir.

- 9- Dairesel kesitli kolonlarda minimum kesit çapı 35 cm dir.
 10- Pas payı kenar kolonlarda 2,5 cm orta kolonlarda 2 cm dir.
 11- I, T, L gibi kesit şekline sahip kolonların en küçük kalınlığı 20 cm dir.
 12- Kolonların eni ile boyu arasındaki oran en fazla 7 dir. 7 ve 7 den büyük olması durumunda ortaya çıkan elemana betonarme perde denir.
 13- Kolonların etriye aralıkları bakımından üç bölümden incelenmeli alt üst bölgede etriye sıkılaştırmaları zorunludur. Orta bölgedeki etriye aralığının sıkıştırma bölgesindeki yarısı alınır.

6.3.-KOLONLARIN EKSENEL YÜKE GÖRE TASARIMINDA İZLENECEK YOL

- 1- malzeme cinsi kolona gelen aksenal yük donatı oranı ve kolonların kenarları arasındaki geometrik ilişkisi belirlenir.

$$Nor = 0.85 X fcd X Ac + Ast X fyd$$

$$\delta = \frac{Ast}{Ac} \quad Ast = Ac X \delta$$

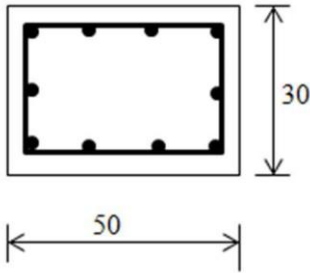
- 2- $Nor = 0.85 X fcd X Ac + \delta X Ac X fyd$ Ac bulunur ve boyutlar seçilir.

- 3- Seçilen boyutlardan yola çıkarak donatı hesaplanır.

$$Ast = \delta X Ac$$

- 4- Boyuna donatı seçilir ve gerekli tekkikler yapılır.
 5- Enine donatı hesabı yapılır ve aplikasyon planı seçilir.

ÖRNEK 1:



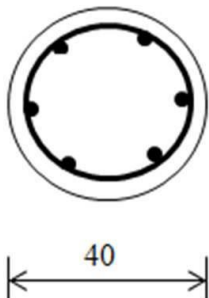
$Mlz = B\check{C} 1$
 $C = 20$
 $Nor = ?$
 (TAHKİK)

$$Nor = 0.85 X fcd X Ac + fyd Ast$$

$$Nor = 0.85 X 130 X 30 X 50 + 1910 X 15.39$$

$$Nor = 195144 \Rightarrow 195.14 \text{ ton}$$

ÖRNEK 2:



$Mlz = B\check{C} 3$
 $C = 25$
 $Nor = ?$
 (TAHKİK)

$$Nor = 0.85 X fcd X Ac + fyd X Ast$$

$$Nor = 0.85 X 170 X \frac{\pi X 40^2}{4} + 15.26 X 3650$$

$$Nor = 237181 \text{ kg} \Rightarrow 237.19 \text{ ton}$$

ÖRNEK 3:

Üzerine gelen aksenal yük 175 ton olan BÇ1 C=20 malzemeden yapılması düşünülen ve boyu eninin 2 katı olan betonarme kolon 0.0085 donatı oranıyla tasarlanacaktır. Tasarlayıp donatı detayını çiziniz.

$$Nor = 0.85 X fcd X Ac + Ast X fyd$$

$$175000 = 0.85 X 130 X Ac + 0.0085 X 1910$$

$$175000 = 110 X Ac + 16.235 X Ac$$

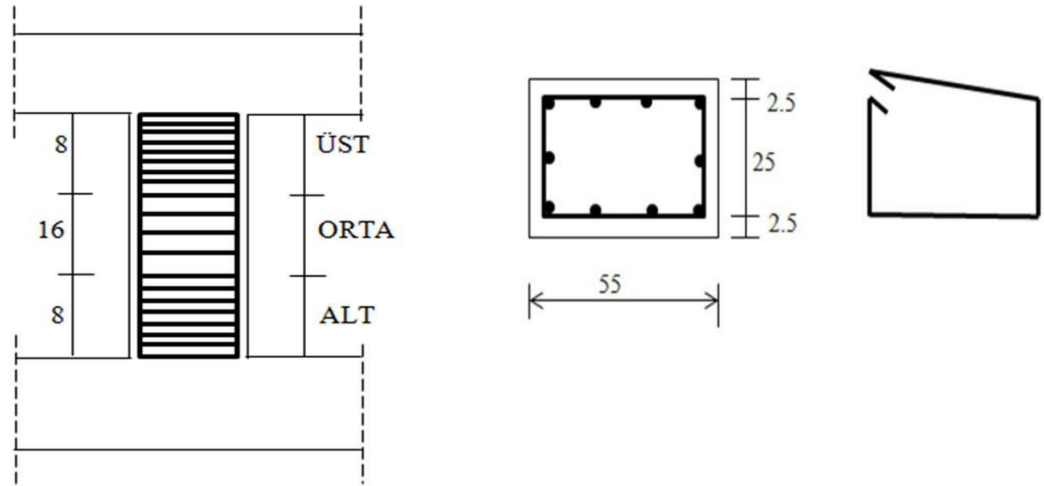
$$175000 = 1380.834$$

$$Ac = h X b \Rightarrow h X 2h = h^2$$

$$2h^2 = 1380.834 \Rightarrow h = \sqrt{\frac{1380.834}{2}} = h = 26.27 \sim 30 \text{ seçildi}$$

$$b = 26.27 X 2 \Rightarrow b = 52.54 \sim 55 \text{ seçildi.}$$

$$Ast = \delta X Ac = 0.0085 X 30.55 \Rightarrow Ast = 14.025 \text{ cm}^2$$



ETRİYE HESABI

$$\text{Etriye Arası} = 12 X 1.4 = 16.8 < 20 \text{ olduğundan Max} = 16 \text{ cm}$$

SIKIŞTIRMA HESABI

$$\text{Sık } S = \frac{16}{2} = 8 \text{ cm}$$

ETRİYE ÇAPI

$$\text{Minimum } \phi \epsilon = \frac{14}{5} = 4.66 \text{ mm} < 8 \text{ mm} \Rightarrow \text{Min } \phi \epsilon = 8 \text{ mm olur.}$$

ÖRNEK 4:

Üzerine gelen aksenal yük 012 ton olan dairesel kesitli etriyeli betonarme kolon BÇ3, C 25, Malzeme ve 0.009 donatı oranı ile yapılacaktır. Söz konusu kolonu tasarlayıp donatı detayını çiziniz.

CÖZÜM

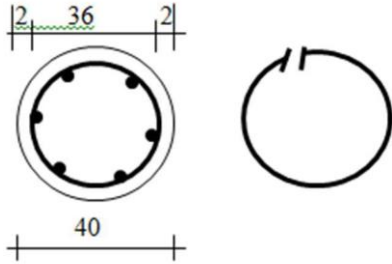
$$N_{or} = 0.85 \times 170 \times A_c + 0.009 \times 3650$$

$$212000 = 144.5 \times A_c + 32.85 \Rightarrow 177.35 \times A_c = 212000 \Rightarrow A_c = 1195.376$$

$$A_c = \frac{\pi \times D^2}{4} = 1195.376 \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times 1195.376}{\pi}}$$

$$D = 39.01 \text{ cm} \Rightarrow D = 40 \text{ cm seçildi}$$

$$A_{st} = \frac{\pi \times 40^2}{0.009} = 11.30 \text{ cm}^2$$



DONATI ARALIĞI

$$\frac{\pi \times 36}{20} = 5.65 \text{ adet Min} = 6 \text{ Adet}$$

ETRİYE

$$S_{max} = 12 \times 1.6 = 19.2 < 20 \Rightarrow S_{max} = 19$$

SIKIŞTIRMA

$$S_{sık} = 12/2 = 9.5$$

ETRİYE ÇAPI

$$16/3 = 5.35 < 8 \text{ olduğundan } \emptyset 8 \text{ lik demir.}$$

ÖRNEK 5:

Üzerine 310 ton eksenel yük gelen fretli kolon BÇ3 C20 Mlz 0.01 donatı oranı ile tasarlanmaktadır. Kolon kenar kolonu olup kolonu tasarlayıp donatınız.

ÇÖZÜM

$$310000 = 0.85 \times f_{cd} \times A_c + A_{st} \times f_{yd}$$

$$310000 = 0.85 \times 200 \times A_c + 0.01 \times 3650 \times A_c$$
$$\frac{175}{175} + \frac{36.5}{175}$$

$$206.5 A_c = 310000 \Rightarrow A_c = 1501.210$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 1501.210}{\pi}} = 43.75 = D = 45 \text{ cm seçildi}$$

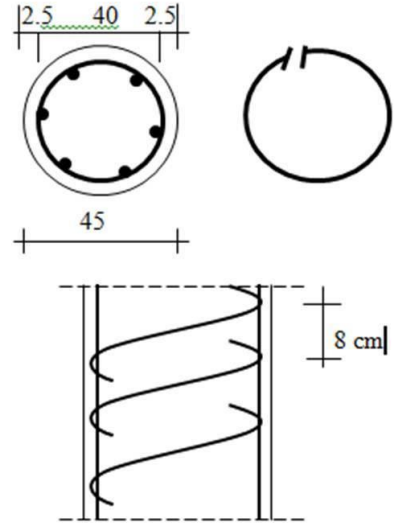
$$A_{st} = \frac{\pi \times 45^2}{4} \times 0.01 = 15.89 \text{ cm}^2$$

DÜŞEY DONATI ADEDİ

$$\pi \times \frac{40}{20} = 6.28 = 7 \text{ adet}$$

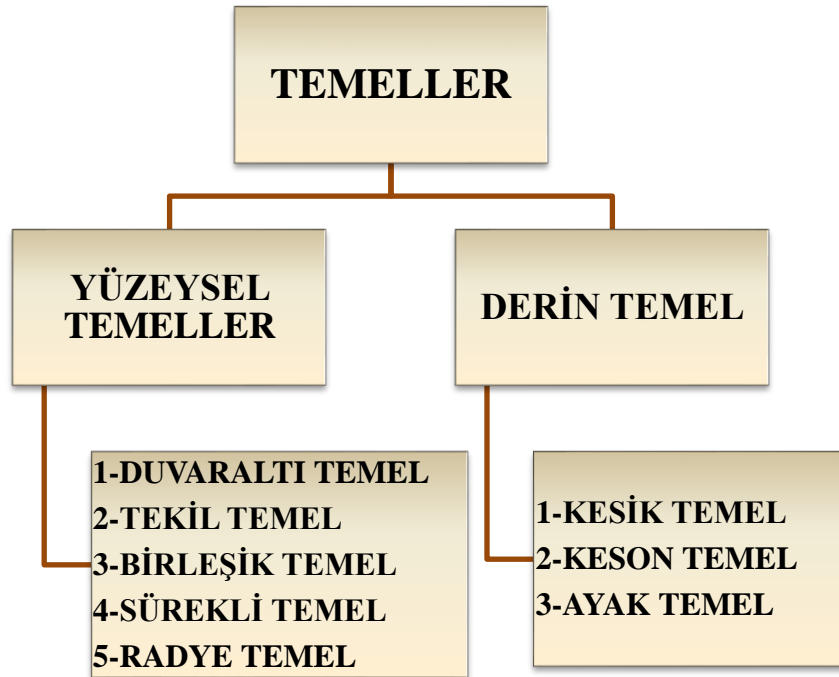
FRET ADEDİ

$$S_f = \frac{45}{5} = 9 > 8 \text{ cm olduğundan} = S_f = 8 \text{ cm}$$



7.-BETONARME TEMELLER

Bir yapıya etkiyen tüm yüklerin zemine aktarılması gerekir. Duvar perde kolon gibi elemanlardan gelen yüklerin zemine aktarmak amacıyla oluşturulan elemanlara temel denir. Temel zeminin taşıma gücü ölçü alınarak güvenli bir zemin gerilmesini aşılmamasına özen göstererek tasarlanır. Çağdaş yapılar betonarme temeller üzerine oturtulur. Temellerin tasarımında zeminin taşıma gücü tek kriter değildir. Temeller yapıya zararlı olabilecek oturmalara neden olmayacak bir biçimde düzenlenmeli ve boyutlanmalıdır. Zeminin taşıma gücü genelde üst yapıyı oluşturan malzemeninkinden daha düşük olduğundan temelin zeminle temas eden yüzeyi yapının kolon perde duvar gibi taşıyıcı elemanlarına oranla daha büyük olmalıdır. Zemin son derece karmaşık ve değişkenlik gösteren bir malzemedir. Homojen değildir davranışı zamana bağlıdır ve doğrusal elastik değildir. Bu nedenle temel tasarımını salt bir betonarme problemi olarak görmek yanlıştır. Tasarıma geçilmeden önce arazide ve laboratuvarında gerekli zemin etütleri yapılmalı bunlar uzmanlar tarafından değerlendirilmeli ve öneriler oluşturulmalıdır. Temelleri şematik olarak şu şekilde sınıflandırabiliriz.



DUVARALTI TEMEL:

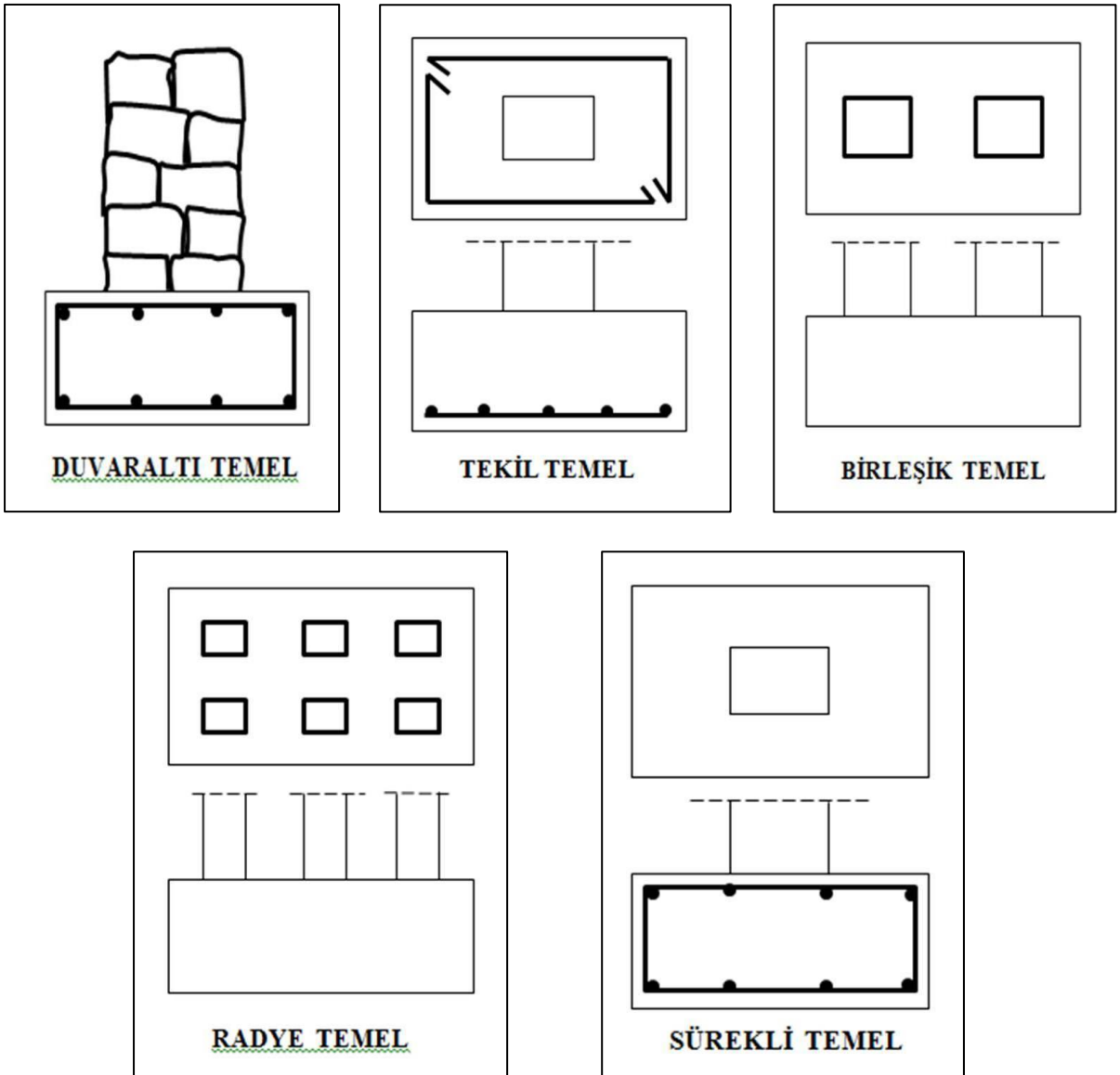
Taşıyıcı duvar yükünü zemine güvenli bir şekilde aktarmak amacıyla beton elemanlardır. Bunlar genelde donatısız beton gibi tasarlanır ve hesaplanır. Ancak oluşabilecek çökme ve oturmalar dikkate alınarak bir miktar boyuna donatı ve etriye bulundurulur.

TEKİL TEMEL:

Düşey taşıyıcı elemanları kolon olan yapılarda yüklerin hafif ve kolon aralıklarının büyük olduğunu ve zeminin zeminin zayıf olmadığı durumlarda uygulanır. Tekil temellerin birbirine yatayda bağ kirişleri ile bağlanması gerekir.

BİRLEŞİK TEMELLER:

Kolon yükünün büyük olduğu ve zeminin zayıf olduğu veya kolonların birbirine yakın olduğu durumlarda temeller çakışabilir. Bu gibi durumlarda iki temeli birleştiren bir birleşik temel oluşturulur ayrıca bir kolonun arsa sınırına yakın olduğu durumlarda temelin komşu arsaya uzamasını önler.



RADYE TEMEL:

Zeminin çok zayıf ve yapıdan gelen yüklerin büyük olduğu zeminin çok değişim gösterdiği durumlarda daha geniş bir alan elde etmek farklı oturmaları önlemek amacıyla oluşturulur. Tüm kolonlar bir radye yi yeni bir döşeme plağın üzerine oturtulur bazen bu plak sadece döşeme olabileceği gibi bazen de içinde her iki doğrultuda sürekli temel kirişleri olan bir plakta olabilir. Tabi ki kirişler kolon aksları doğrultusunda durulur.

SÜREKLİ TEMEL:

Yüklerin büyük kolonların birbirine yakın olduğu durumlarda kolon temelleri kiriş şeklinde birleştirilerek oluşturulur sürekli temel zeminin çok heterojen olduğu ve farklı oturma olasılığının olduğu en yaygın tercih edilen temel tipidir.

BETONARME ÇÖZÜMLERDE KULLANILAN TABLOLAR

ÇİZELGE B6
İKİ DOĞRULTUDA ÇALIŞAN DÖŞEMELER İÇİN MOMENT KATSAYILARI

Yapılan yön uzunsu m'den bağımsız. Küçük olan x 0,56

Döşemenin Sınır Koşulları	Kısa Açıklık Doğrultusunda								Uzun Açıklık Doğrultusunda (m'den bağımsız)
	m=1.0	m=1.1	m=1.2	m=1.3	m=1.4	m=1.5	m=1.75	m=2.0	
1) DÖRT KENAR SÜREKLİ Sürekli Mesnette Açıklıkta	-0.033 +0.025	-0.040 +0.030	-0.045 +0.034	-0.050 +0.038	-0.054 +0.041	-0.059 +0.045	-0.070 +0.053	-0.083 +0.062	-0.033 +0.025
2) BİR KENAR SÜREKSİZ Sürekli Mesnette Açıklıkta	-0.042 +0.031	-0.047 +0.035	-0.053 +0.040	-0.057 +0.043	-0.061 +0.046	-0.065 +0.049	-0.075 +0.056	-0.085 +0.064	-0.042 +0.031
3) İKİ KOMŞU KENAR SÜREKSİZ Sürekli Mesnette Açıklıkta	-0.049 +0.037	-0.056 +0.042	-0.062 +0.047	-0.066 +0.050	-0.070 +0.053	-0.073 +0.055	-0.082 +0.062	-0.090 +0.068	-0.049 +0.037
4) İKİ KISA KENAR SÜREKSİZ Sürekli Mesnette Açıklıkta	-0.056 +0.044	-0.061 +0.046	-0.065 +0.049	-0.069 +0.051	-0.071 +0.053	-0.073 +0.055	-0.077 +0.058	-0.080 +0.060	- +0.044
5) İKİ UZUN KENAR SÜREKSİZ Sürekli Mesnette Açıklıkta	- +0.044	- +0.053	- +0.060	- +0.065	- +0.068	- +0.071	- +0.077	- +0.080	-0.056 +0.044
6) ÜÇ KENAR SÜREKSİZ Sürekli Mesnette Açıklıkta	-0.058 +0.044	-0.065 +0.049	-0.071 +0.054	-0.077 +0.058	-0.081 +0.061	-0.085 +0.064	-0.092 +0.069	-0.098 +0.074	-0.058 +0.044
7) DÖRT KENAR SÜREKSİZ Açıklıkta	+0.050	+0.057	+0.062	+0.067	+0.071	+0.075	+0.081	+0.083	+0.050

ÇİZELGE B1
BETON DAYANIM ÖZELLİKLERİ

Beton Sınıfı	Karakteristik Dayanım N/mm ² (kg/cm ²)		Hesap Dayanımı N/mm ² (kg/cm ²)		Eşdeğer küp dayanımı	Elastisite Modülü
	f _{ck} (basınç)	f _{ctk} (çekme)	f _{cd} (basınç)	f _{ctd} (çekme)	N/mm ² (kg/cm ²)	N/mm ² (kg/cm ²)
BS 14 (Bn 140)	14 (140)	1.3 (13)	9 (90)	0.87 (8.7)	16 (160)	26.15 (261.5)
BS 16 (Bn 160)	16 (160)	1.4 (14)	11 (110)	0.90 (9.0)	20 (200)	27.00 (270.0)
BS 20 (Bn 200)	20 (200)	1.6 (16)	13 (130)	1.00 (10.0)	25 (250)	28.50 (285.0)
BS 25 (Bn 250)	25 (250)	1.8 (18)	17 (170)	1.15 (11.5)	30 (300)	30.25 (302.5)
BS 30 (Bn 300)	30 (300)	1.9 (19)	20 (200)	1.25 (12.5)	35 (350)	31.80 (318.0)
BS 35 (Bn 350)	35 (350)	2.1 (21)	23 (230)	1.35 (13.5)	40 (400)	33.20 (332.0)
BS 40 (Bn 400)	40 (400)	2.2 (22)	27 (270)	1.45 (14.5)	45 (450)	34.55 (345.5)
BS 45 (Bn 450)	45 (450)	2.3 (23)	30 (300)	1.55 (15.5)	50 (500)	35.80 (358.0)
BS 50 (Bn 500)	50 (500)	2.4 (24)	33 (330)	1.65 (16.5)	55 (550)	36.95 (369.5)

ÇİZELGE B2
DONATI ÇELİĞİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Donatı Sınıfı	Akma Dayanımı f _{yk} N/mm ² (kg/cm ²)	Hesap Dayanımı f _{yd} N/mm ² (kg/cm ²)	Çekme dayanımı f _{yd} N/mm ² (kg/cm ²)	Kopma Uzaması E _{su}	Yapım Yöntemi	Yüzey Geometrisi
BÇ I	220 (2200)	191 (1910)	340 (3400)	0.18	Doğal Sertlik	Düz
BÇ III a	420 (4200)	365 (3650)	500 (5000)	0.10	Doğal Sertlik	Nervürlü
BÇ III b	420 (4200)	365 (3650)	500 (5000)	0.10	Soğuk İşlem	Nervürlü
BÇ VI a	500 (5000)	435 (4350)	550 (5500)	0.08	Doğal Sertlik	Nervürlü
BÇ VI b	500 (5000)	435 (4350)	550 (5500)	0.08	Soğuk İşlem	Profilli veya Düz Hasır

NOT: a) E_s=2x10⁶ N/mm² (=2x10⁶ kg/cm²)

b) BÇ I, BÇ III, BÇ IV yerine sıra ile S 220, S 420, S 500 de kullanılabilir.

ÇİZELGE B3
DONATI ÇUBUKLARININ GEOMETRİK ÖZELLİKLERİ

Çap mm	Ağırlık kg/m	Kesit Çevresi mm	Kesit Alanı (cm ²)									
			Çubuk Sayısı									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	0.22	18.8	0.28	0.57	0.85	1.13	1.41	1.70	1.98	2.26	2.54	2.83
8	0.40	25.1	0.50	1.00	1.51	2.01	2.51	3.01	3.52	4.02	4.52	5.03
10	0.62	31.4	0.79	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	7.85
12	0.89	37.7	1.13	2.26	3.39	4.52	5.65	6.79	7.91	9.05	10.18	11.31
14	1.21	44.0	1.54	3.08	4.62	6.16	7.70	9.24	10.77	12.32	13.86	15.39
16	1.58	50.3	2.01	4.02	6.03	8.04	10.05	12.06	14.07	16.08	18.09	20.11
18	2.00	56.5	2.54	5.09	7.63	10.18	12.72	15.26	17.81	20.36	22.90	25.45
20	2.47	62.8	3.14	6.28	9.42	12.57	15.71	18.84	21.99	25.14	28.28	31.42
22	2.95	69.1	3.80	7.60	11.40	15.21	19.01	22.81	26.61	30.41	34.21	38.01
24	3.55	76.4	4.52	9.05	13.57	18.10	22.62	27.14	31.67	36.19	40.71	45.24
26	4.17	81.7	5.31	10.62	15.93	21.24	26.55	31.86	37.17	42.47	47.78	53.09
28	4.83	88.0	6.16	12.31	18.47	24.63	30.79	36.94	43.10	49.26	55.47	61.58
30	5.55	94.2	7.07	14.14	21.21	28.27	35.34	42.41	49.48	56.55	63.62	70.68
32	6.31	100.5	8.04	16.08	24.13	32.17	40.21	48.26	56.30	64.34	72.38	80.42
34	7.13	106.8	9.08	18.16	27.24	36.32	45.40	54.48	63.56	72.63	81.71	90.79
36	8.00	113.1	10.18	20.36	30.53	40.72	50.90	61.70	71.26	81.43	91.61	101.79
38	8.90	119.4	11.34	22.68	34.02	45.36	56.70	68.04	79.38	90.73	102.07	113.41
40	9.87	125.7	12.57	25.13	37.70	50.26	62.83	75.40	87.96	100.50	113.09	125.66

ÇİZELGE B5
KİRİSLER İÇİN SINIR DEĞERLER

Donatı	Beton	P _b için			P _m =0.85P _b için			P _i =0.235f _{cd} /f _{yd} için		
		J _b	P _b	K _b	J _m	P _m	K _m	J _i	P _i	K _i
BÇI	C14	0.678	0.0266	29.0	0.727	0.0227	32.0	0.862	0.0114	53.0
BÇI	C16	0.678	0.0316	24.5	0.727	0.0268	26.9	0.862	0.0135	44.9
BÇI	C20	0.678	0.0373	20.7	0.727	0.0317	22.8	0.862	0.0160	38.0
BÇI	C25	0.678	0.0488	15.8	0.727	0.0415	17.4	0.862	0.0209	29.1
BÇIII	C14	0.736	0.0114	32.6	0.776	0.0098	36.0	0.862	0.0061	53.0
BÇIII	C16	0.736	0.0135	27.6	0.776	0.0115	30.7	0.862	0.0071	44.9
BÇIII	C20	0.736	0.0160	23.3	0.776	0.0136	26.0	0.862	0.0084	38.0
BÇIII	C25	0.736	0.0209	17.8	0.776	0.0178	19.9	0.862	0.0109	29.1
BÇIII	C30	0.736	0.0237	15.7	0.786	0.0200	17.5	0.862	0.0129	24.7
BÇIII	C35	0.736	0.0263	14.2	0.793	0.0222	15.6	0.862	0.0148	21.5
BÇIII	C40	0.736	0.0297	12.5	0.802	0.0249	13.7	0.862	0.0174	18.3
BÇIII	C45	0.736	0.0317	11.7	0.809	0.0267	12.7	0.862	0.0193	16.5
BÇIII	C50	0.736	0.0334	11.1	0.816	0.0283	11.9	0.862	0.0212	15.0
BÇIV	C14	0.754	0.0089	34.0	0.791	0.0076	38.0	0.862	0.0050	53.0
BÇIV	C16	0.754	0.0106	28.8	0.791	0.0090	32.3	0.862	0.0059	44.9
BÇIV	C20	0.754	0.0125	24.4	0.791	0.0106	27.4	0.862	0.0070	38.0
BÇIV	C25	0.754	0.0164	18.6	0.791	0.0139	20.9	0.862	0.0092	29.1
BÇIV	C30	0.754	0.0186	16.4	0.800	0.0156	18.4	0.862	0.0108	24.7
BÇIV	C35	0.754	0.0206	14.8	0.807	0.0174	16.4	0.862	0.0124	21.5
BÇIV	C40	0.754	0.0232	13.1	0.816	0.0195	14.5	0.862	0.0146	18.3
BÇIV	C45	0.754	0.0248	12.3	0.822	0.0209	13.4	0.862	0.0162	16.5
BÇIV	C50	0.754	0.0262	11.6	0.829	0.0221	12.6	0.862	0.0178	15.0

K_b, K_m ve K_i cm²/t olarak verilmiştir

CİZELGE B1

PLAKLARDA 100 cm GENİŞLİK İÇİN DONATI ALANLARI (cm²)

Çubuk aralığı t(cm)	Q (mm olarak çubuk çapı)										m'de çubuk sayısı
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
7.0	4.04	7.18	11.22	16.16	21.99	28.73	36.36	44.87	54.30	64.63	14.3
7.5	3.77	6.70	10.47	15.08	20.52	26.81	33.93	41.88	50.81	60.32	13.3
8.0	3.53	6.28	9.82	14.14	19.24	25.14	31.81	39.26	47.51	56.55	12.5
8.5	3.33	5.91	9.24	13.31	18.11	23.89	29.94	36.95	44.72	53.22	11.8
9.0	3.14	5.59	8.73	12.57	17.10	22.34	28.28	34.90	42.23	50.27	11.1
9.5	2.98	5.29	8.27	11.90	16.20	21.17	26.79	33.06	40.01	47.62	10.5
10.0	2.83	5.03	7.85	11.31	15.39	20.11	25.45	31.41	38.01	45.24	10.0
10.5	2.69	4.79	7.48	10.77	14.66	19.15	24.24	29.91	36.20	43.09	9.5
11.0	2.57	4.57	7.24	10.28	13.99	18.28	23.14	28.55	34.55	41.13	9.1
11.5	2.46	4.37	6.83	9.84	13.39	17.49	22.13	27.31	33.05	39.34	8.7
12.0	2.36	4.19	6.54	9.42	12.83	16.76	21.21	26.17	31.67	37.70	8.3
12.5	2.26	4.02	6.23	9.05	12.32	16.09	20.36	25.13	30.41	36.19	8.0
13.0	2.17	3.87	6.04	8.70	11.84	15.47	19.58	24.16	29.24	34.80	7.7
13.5	2.09	3.72	5.82	8.38	11.40	14.90	18.85	23.27	28.16	33.51	7.4
14.0	2.02	3.59	5.61	8.08	11.00	14.36	18.18	22.44	27.15	32.31	7.1
14.5	1.95	3.47	5.42	7.80	10.62	13.87	17.55	21.66	26.21	31.20	6.9
15.0	1.89	3.35	5.24	7.54	10.26	13.41	16.97	20.04	25.34	30.16	6.7
15.5	1.82	3.24	5.07	7.30	9.93	12.97	16.42	20.27	24.52	29.19	6.5
16.0	1.77	3.14	4.91	7.07	9.62	12.57	15.90	19.64	23.79	28.28	6.3
16.5	1.71	3.05	4.76	6.85	9.33	12.19	15.42	19.04	23.04	27.41	6.1
17.0	1.66	2.96	4.62	6.65	9.05	11.83	14.97	18.48	22.36	26.61	5.9
17.5	1.62	2.87	4.49	6.48	8.79	11.49	14.54	17.95	21.72	25.85	5.7
18.0	1.57	2.79	4.36	6.28	8.55	11.17	14.14	17.46	21.12	25.13	5.6
18.5	1.53	2.72	4.25	6.11	8.32	10.87	13.76	16.94	20.55	24.45	5.4
19.0	1.49	2.65	4.23	5.95	8.10	10.58	13.39	16.54	20.01	23.81	5.3
19.5	1.45	2.58	4.03	5.80	7.89	10.31	13.05	16.11	19.49	23.20	5.1
20.0	1.41	2.51	3.93	5.65	7.69	10.05	12.72	15.72	19.01	22.62	5.0
21.0	1.34	2.40	3.74	5.39	7.33	9.58	12.12	14.96	18.10	21.55	4.8
22.0	1.28	2.29	3.57	5.12	7.00	9.14	11.57	14.28	17.27	20.57	4.6
23.0	1.23	2.19	3.41	4.92	6.70	8.75	11.07	13.66	16.52	19.67	4.4
24.0	1.18	2.10	3.27	4.71	6.41	8.38	10.61	13.09	15.83	18.85	4.2
25.0	1.13	2.01	3.14	4.53	6.16	8.05	10.18	12.57	15.21	18.10	4.0
26.0	1.09	1.94	3.02	4.35	5.92	7.74	9.79	12.08	14.62	17.40	3.8
27.0	1.05	1.85	2.91	4.19	5.7	7.45	9.43	11.64	14.08	16.76	3.7
28.0	1.01	1.80	2.80	4.04	5.50	7.18	9.09	11.22	13.58	16.16	3.6
29.0	0.98	1.74	2.71	3.90	5.31	6.94	8.78	10.83	13.11	15.60	3.4
30.0	0.95	1.66	2.62	3.77	5.13	6.71	8.49	10.47	12.67	15.08	3.3
31.0	0.91	1.62	2.53	3.65	4.96	6.48	8.21	10.13	12.26	14.59	3.2
32.0	0.88	1.57	2.45	3.53	4.81	6.28	7.95	9.82	11.88	14.14	3.1
33.0	0.85	1.52	2.38	3.42	4.66	6.09	7.71	9.52	11.52	13.70	3.0
34.0	0.83	1.48	2.31	3.32	4.52	5.91	7.48	9.24	11.18	13.30	2.9
35.0	0.81	1.43	2.24	2.74	4.39	5.74	7.27	8.52	10.86	12.92	2.8

FAYDALANILAN KAYNAKLAR

**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
TEKNİK BİLİMLER MYO**

İNŞAAT BÖLÜMÜ

İNŞAAT TEKNOLOJİSİ PROGRAMI

BETONARME

DERS NOTLARI

HAZIRLAYAN

**D.ALİ AÇIKEL
ÖĞR.GÖR.**

KONYA 2020