



54.yıl

ESKİŞEHİR OSMANGAZI ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK MİMARLIK FAKÜLTESİ

İnşaat Mühendisliği Bölümü



KOLONLAR

Davranış
Sınır değerler
Boyutlandırma

Kolon tipleri:

- Etriyeli
- Fretli

Kolon kesit tipleri:

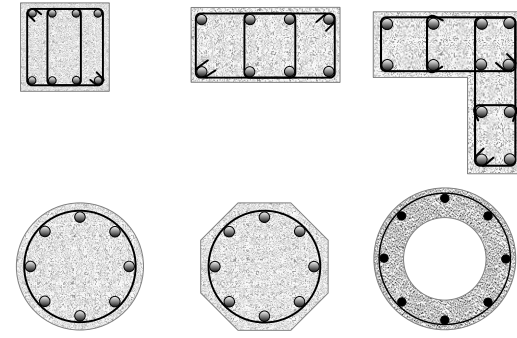
- Dikdörtgen
- Dairesel, sekizgen, halka
- Çokgen (L, I, T, C, kutu, ... kesitli)

Uygulamada en çok karşılaşılan kesit tipi dikdörtgendir. Diğerleri nadiren kullanılır.

Etriyeli kolon



Fretli kolon



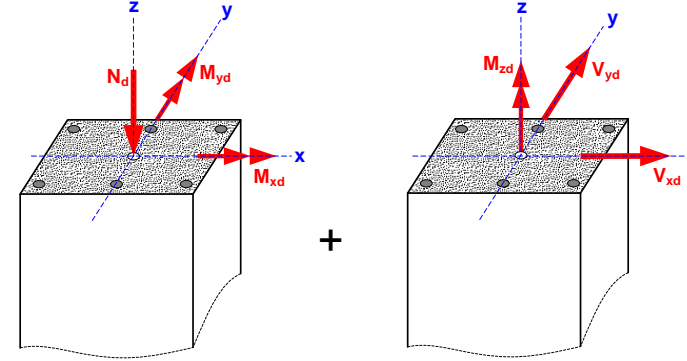
Kolon kesiti örnekleri

Etkiyen kuvvetler:

- Normal kuvvet (kolon eksenine yönünde, genelde basınç)
- Eğilme momenti (x eksenine etrafında)
- Eğilme momenti (y eksenine etrafında)
- Kesme kuvveti (x yönünde)
- Kesme kuvveti (y yönünde)
- Burulma momenti (kolon eksenine etrafında)

Bu altı kuvvetin hepsi kesite beraber etkir. Ancak en etkin olanları normal kuvvet, eğilme momentleri ve kesme kuvvetleridir. Burulma momenti nadiren, özellikle düzensiz yapılarda ve deprem sırasında, etkin olur.

Normal kuvvet genelde basınçtır, çekme olması istenmeyen bir durumdur. Çekme olması halinde taşıyıcı sistem değiştirilerek, örneğin kolon ekleyerek-kaldırarak, sorun giderilmeğe çalışılır.



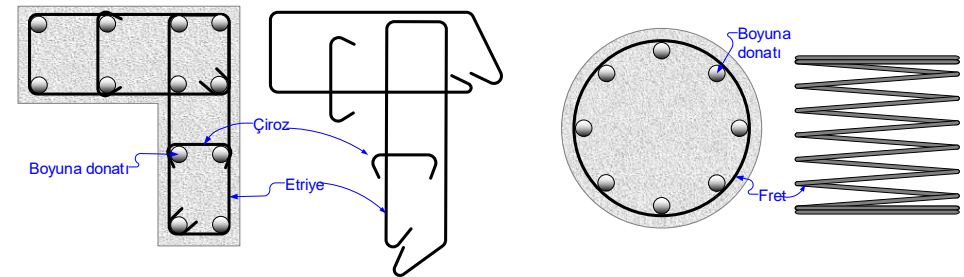
Kolon kuvvetleri

Donatı türleri:

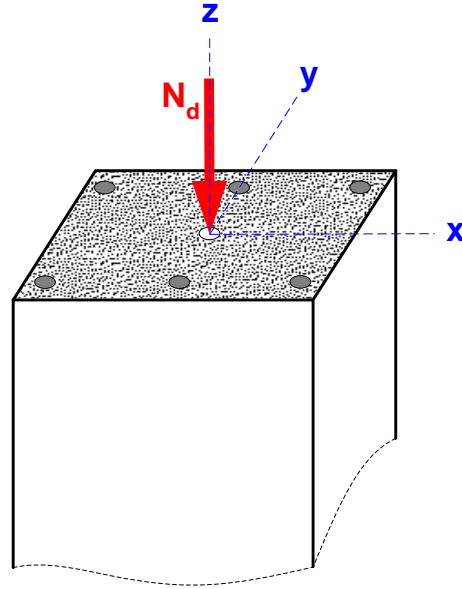
Boyuna donatı: Normal kuvvet ve eğilme momentlerini karşılar.

Etriye veya fret: Kesme kuvvetini ve burulma momentini karşılar. Betonun şişmesini, boyuna donatının yanal yer değiştirmesini ve burkulmasını önler. Ayrıca kolonun taşıma gücünü artırır ve sünekleştirir. Sargısı etriye olana **etriyeli kolon**, spiral olana **fretli kolon** denir.

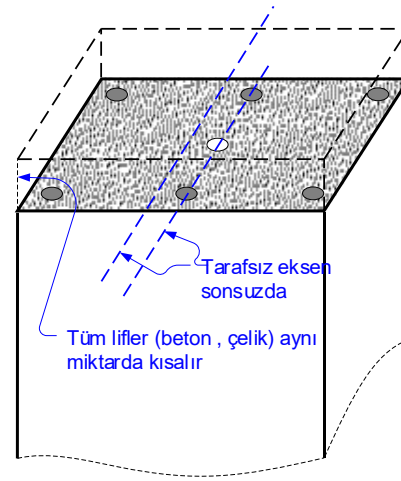
Çiroz: Etriyenin bombelenme boyunu azaltır, betonun şişmesini önler, boyuna donatının yanal yer değiştirmesini ve burkulmasını önler.



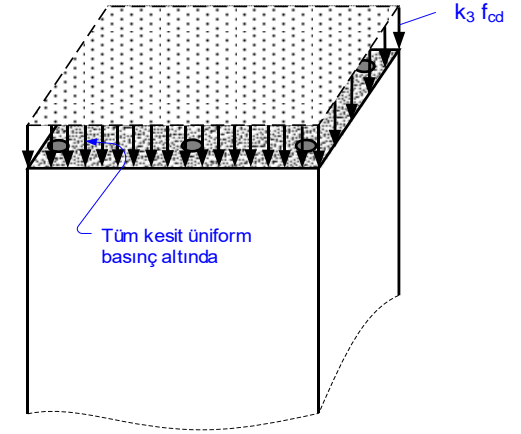
Boyuna donatılar ve sargı tipleri



Normal kuvvet
Basınç pozitif !



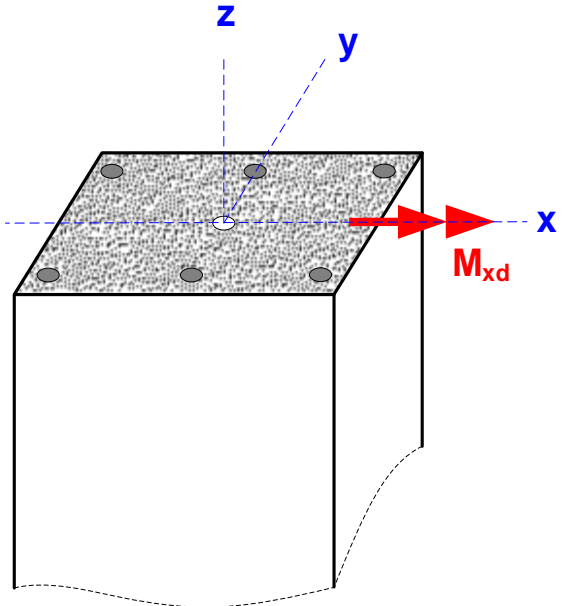
Şekil değiştirme
Tarafsız eksen sonsuzda



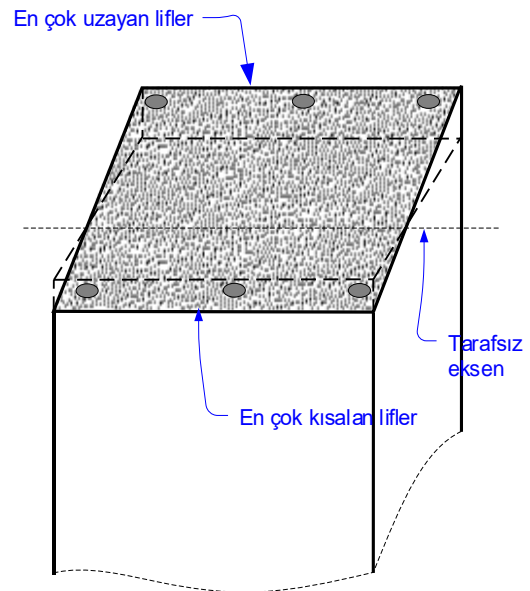
Gerilme

Salt normal kuvvet (basınç) etkisinde tüm lifler eşit miktarda kısalır. Deforme olmamış ve deforme olmuş düzlemler birbirine paraleldir. Tarafsız eksen sonsuzdadır. Tüm kesit basınç altındadır.

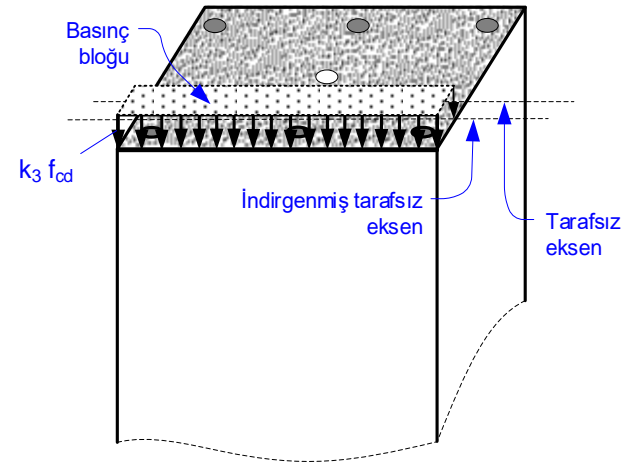
Normal kuvvetin çekme olması istenmeyen bir durumdur, taşıyıcı sistemin iyi olmadığına işaret eder. Çekme olması halinde taşıyıcı sistemde değişiklik yapılarak (örneğin: kolon eklenerek veya çıkarılarak) kolon eksenel kuvvetinin basınç olması sağlanmaya çalışılır.



Tek eksenli eğilme

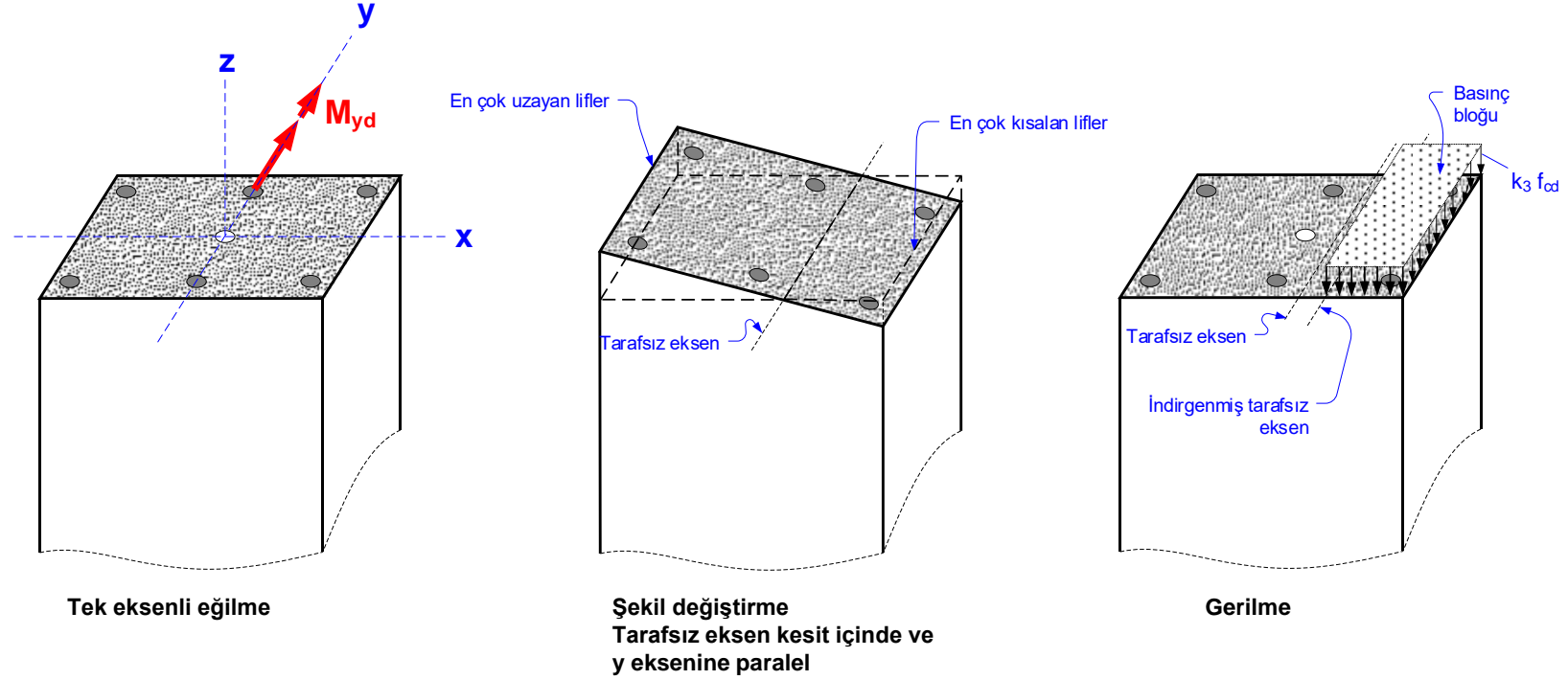


Şekil değiştirme
Tarafsız eksen kesit içinde ve
x eksenine paralel

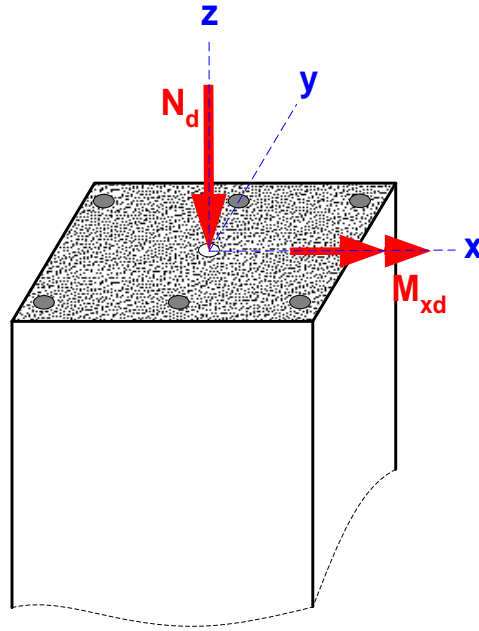


Gerilme

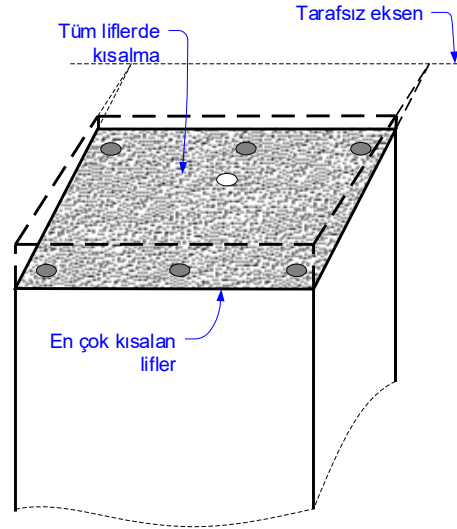
Kesitin bir tarafındaki lifler uzar diğer tarafındakiler kısalır. Kesit tarafsız eksen etrafında döner. Tarafsız eksen x eksenine paraleldir ve kesit içinde konumlanır. Basiñ alanı dikdörtgen olur. Kolon bir kiriş gibi davranır.



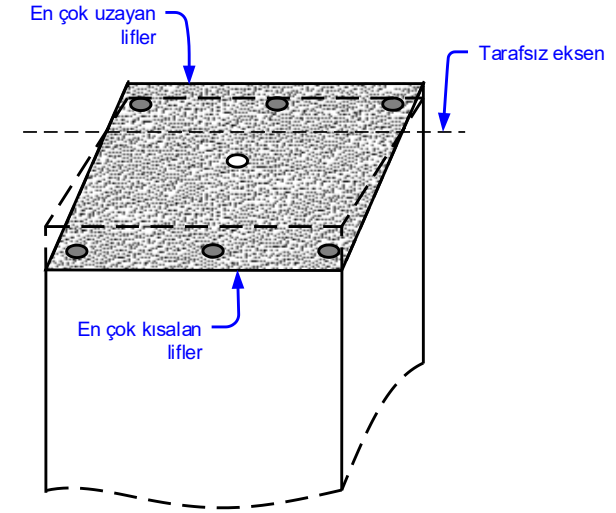
Kesitin bir tarafındaki lifler uzar diğer tarafındakiler kısalır. Kesit tarafsız eksen etrafında döner. Tarafsız eksen y eksenine paraleldir ve kesit içinde konumlanır. Basınç alanı dikdörtgen olur. Kolon bir kiriş gibi davranır.



Bileşik eğilme



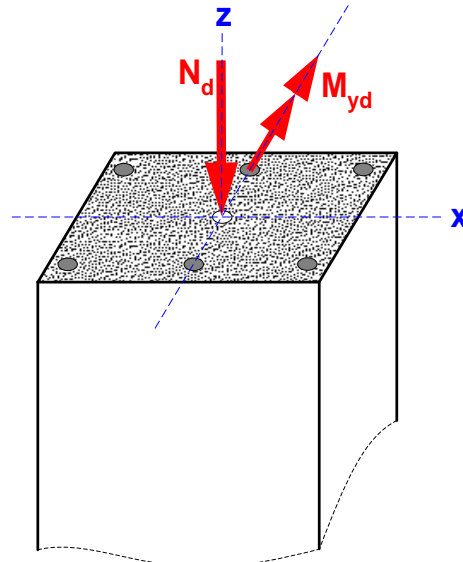
Şekil değiştirme
Tarafsız eksen kesit dışında ve
x eksenine paralel



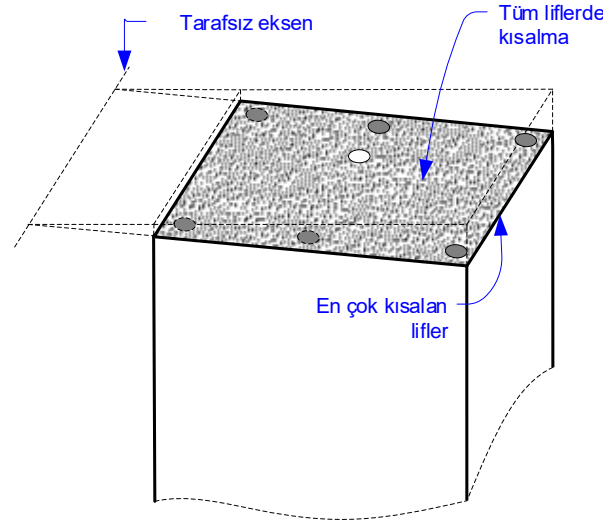
Şekil değiştirme
Tarafsız eksen kesit içinde ve
x eksenine paralel

Normal kuvvet tüm lifleri kısaltırken moment kesitin bir tarafındaki lifleri uzatır diğer tarafındakileri kısaltır. Normal kuvvet ve momentin değerlerine bağlı olarak:

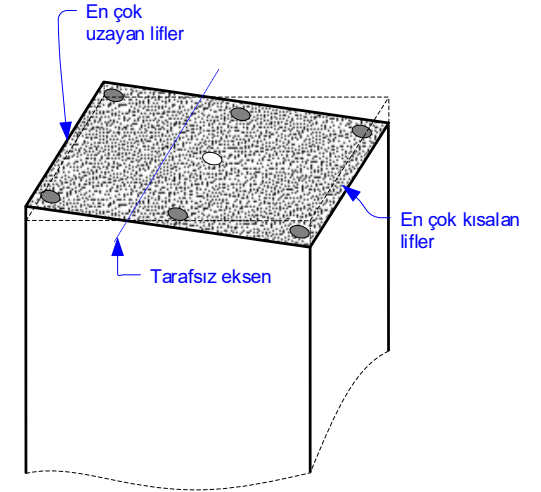
- Normal kuvvetin neden olduğu kışalma momentin oluşturduğu uzamadan daha büyükse, tüm liflerde kışalma vardır. Kesit tarafsız eksen etrafında döner. Tarafsız eksen x eksenine paralel ve kesit sınırı ile sonsuz arasında konumlanır.
- Normal kuvvetin neden olduğu kışalma momentin oluşturduğu uzamadan daha küçükse, kesitin bir tarafında uzama diğer tarafında kışalma vardır. Kesit tarafsız eksen etrafında döner. Tarafsız eksen kesit içinde ve x eksenine paraleldir.
- Basınç alanı dikdörtgen olur.



Bileşik eğilme



Şekil değiştirme
Tarafsız eksen kesit dışında ve
y eksenine paralel

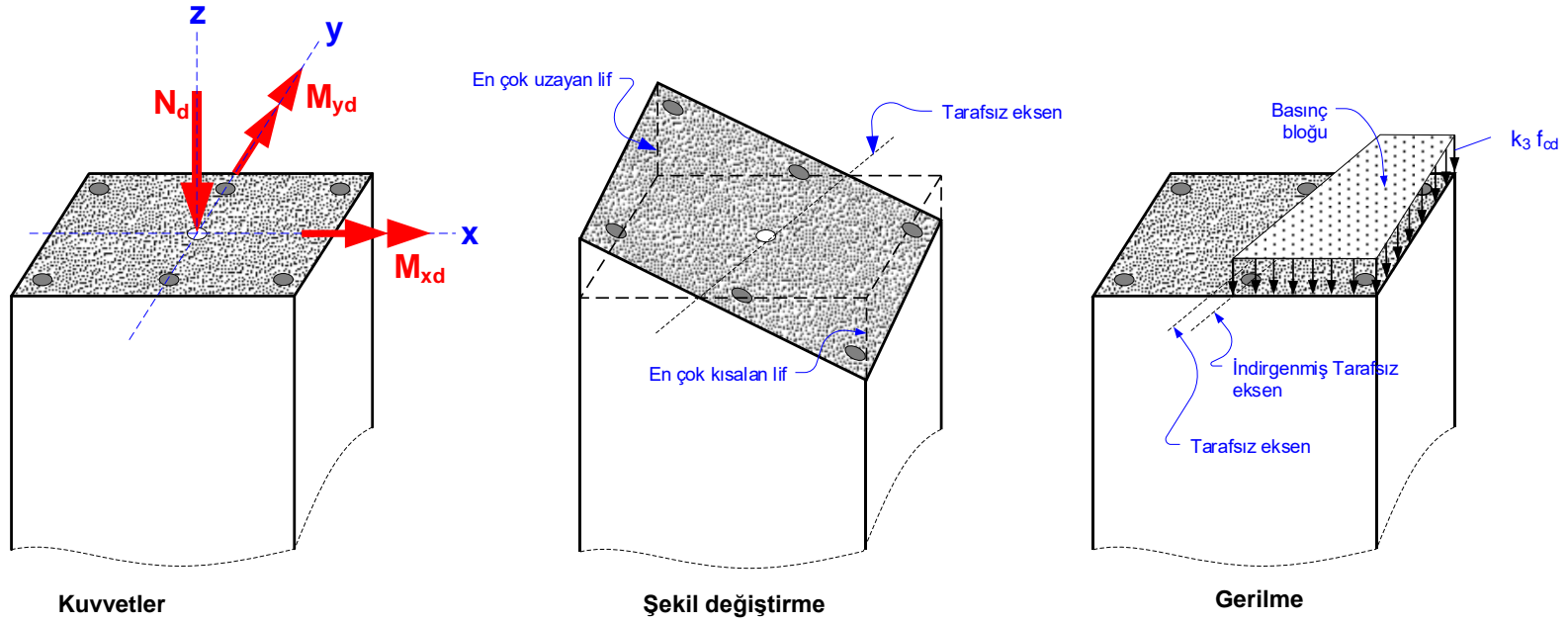


Şekil değiştirme
Tarafsız eksen kesit içinde ve
y eksenine paralel

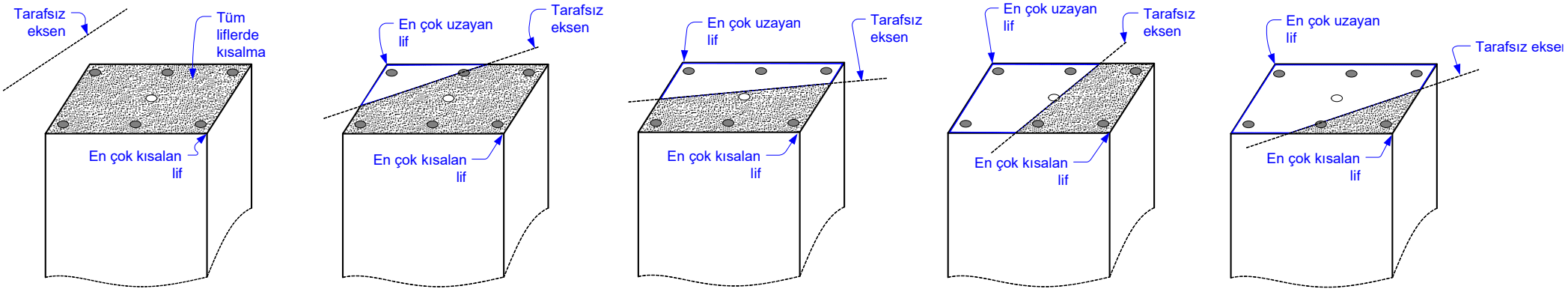
Normal kuvvet tüm lifleri kısaltırken moment kesitin bir tarafındaki lifleri uzatır diğer tarafındakileri kısaltır. Normal kuvvet ve momentin değerlerine bağlı olarak:

- Normal kuvvetin neden olduğu kılma momentin oluşturduğu uzamadan daha büyükse, tüm liflerde kılma vardır. Kesit tarafsız eksen etrafında döner. Tarafsız eksen y eksenine paralel ve kesit sınırı ile sonsuz arasında konumlanır.
- Normal kuvvetin neden olduğu kılma momentin oluşturduğu uzamadan daha küçükse, kesitin bir tarafında uzama diğer tarafında kılma vardır. Kesit tarafsız eksen etrafında döner. Tarafsız eksen kesit içinde ve y eksenine paraleldir.
- Basınç alanı dikdörtgen olur.

Davranış: Normal kuvvet ve iki eksenli eğilme (eğik eğilme)

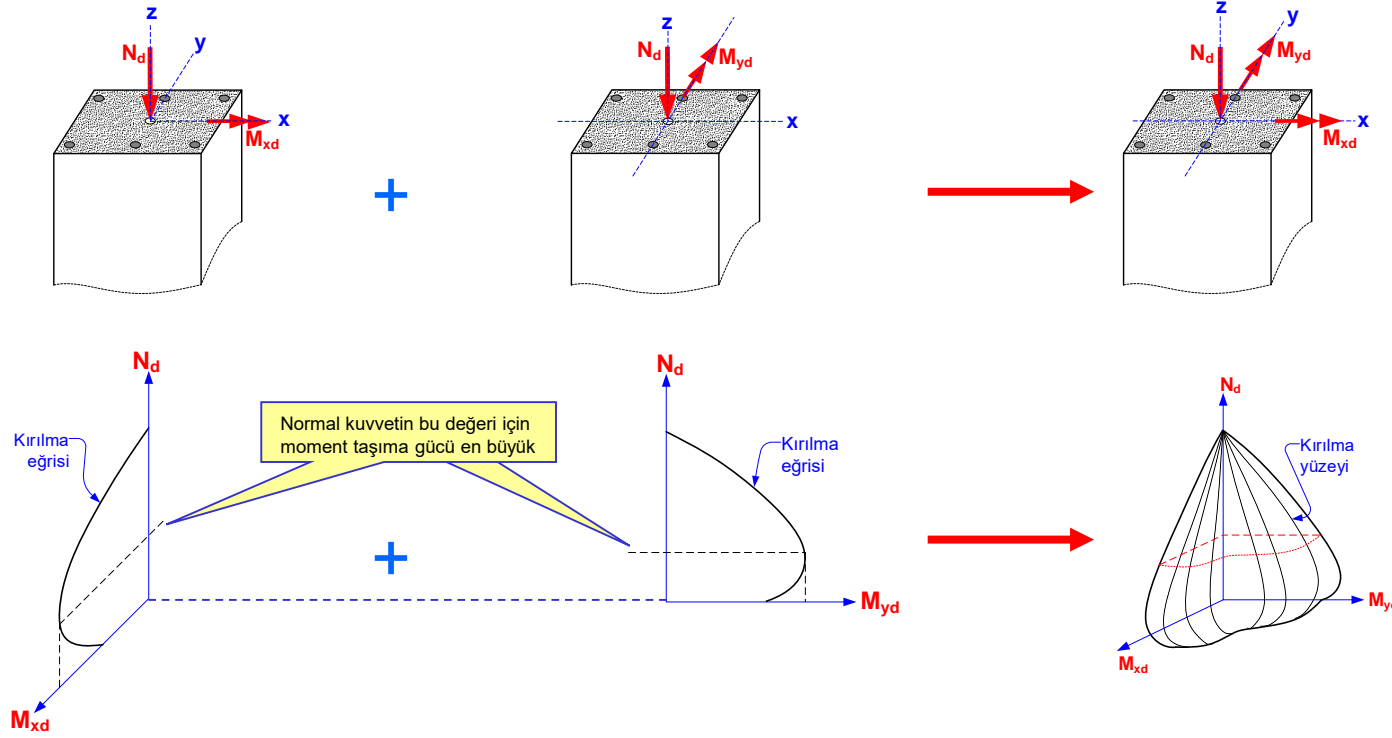


Normal kuvvet ve momentlerin değerlerine bağlı olarak tarafsız eksen kesit içinde veya dışında herhangi bir yerde olabilir. Genelde x veya y eksenlerine paralel değildir. Buna bağlı olarak; basınç alanının geometrisi de üçgen, dörtgen, yamuk, çokgen olabilir. Aşağıda, dikdörtgen kesit için, bazı örnekler verilmiştir:



Tarafsız eksenin sonsuz konumundan sadece bir tanesi doğrudur. Kesitin U, L, T, ... de olabileceği düşünülürse, çözümün ne denli zor olduğu anlaşılır.

Davranış: Normal kuvvet-moment karşılıklı etkileşim eğrileri



Kolonun kırılmasına neden olan normal kuvvet-moment değerlerine ait eğriler yukarıda verilmiştir. Bu eğrilere **karşılıklı etkileşim eğrileri** adı verilir. Eğriler incelenerek aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

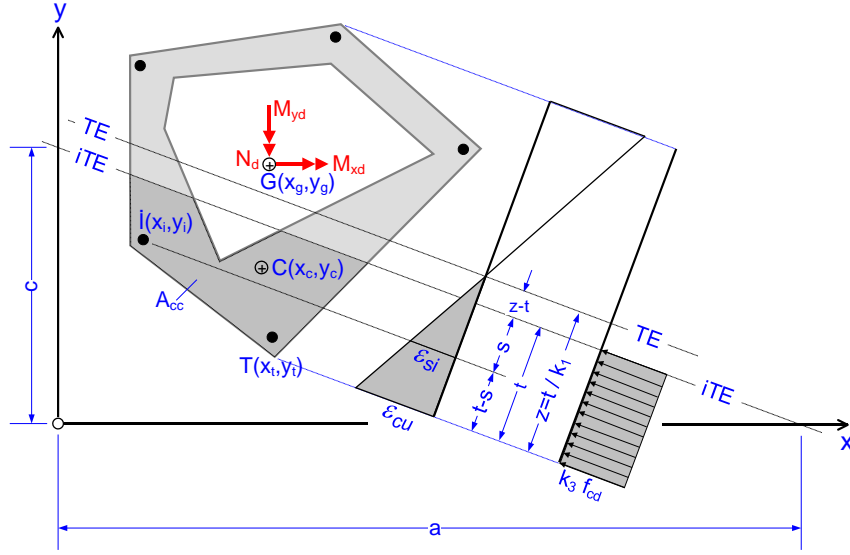
- Normal kuvvetin sıfır olması durumunda kolon sadece moment etkisindedir, tamamen bir kiriş gibi davranır ve kırılma kesin olarak sünek olacaktır.
- Normal kuvvet sıfırdan belli bir düzeye kadar artarken moment taşıma gücü de artar. Bu durumda kırılmaya daha çok moment hakim olur. Kırılmanın sünek olması beklenir.
- Normal kuvvet belli bir düzeyden sonra arttıkça moment taşıma gücü giderek düşer. Bu durumda kırılmaya daha çok normal kuvvet hakim olur. Kırılmanın gevrek olması muhtemeldir.
- Normal kuvvetin en büyük değerinde moment taşıma gücü sıfırdır ve kırılma kesin olarak gevrek olacaktır.
- Normal kuvvetin yüksek olması halinde tüm kesitte basınç oluşur, tüm lifler kısalır. Uzama değil; kısalma olduğundan donatı aksa bile çatlak oluşmaz, kırılma betonun ezilmesi sonucu olur ve gevrek (basınç kırılması). Kirişlerde olduğu gibi, dengeli donatı sınırlaması ile sünek kırılmayı sağlamak mümkün değildir. Sünekliği sağlamak için, normal kuvveti sınırlamak, kesit boyutlarında elden geldiğince cömert davranmak, sık sargı kullanmak zorunlu olur.

Bu bilgiler ışığında, kırılma türünü normal kuvvetin belirlediğini söyleyebiliriz. Bu nedenle, gevrek kırılmayı önlemek için, normal kuvvet sınırlandırılmalıdır. Yönetmelikler bu sınırlamayı aşağıdaki gibi vermektedirler.

$$\text{Max } N_d \leq 0.9f_{cd}A_c \quad (\text{TS 500:2000})$$

$$\text{Max } N_d \leq 0.4f_{ck}A_c \quad (\text{TBDY-2018})$$

Burada Max N_d yük etkilerinin birleşimlerinden hesaplanan tasarım aksel basınç kuvvetlerinden en büyük olanıdır. A_c kolon net kesit alanıdır(varsa boşluklar düşülmelidir). A_c bu iki koşulu sağlamak zorundadır, sağlamıyorsa büyütülmelidir.



Bilinenler: Malzeme, kesit geometrisi, donatı çubuklarının yeri, N_d , M_{xd} , M_{yd}

Aranan: Toplam donatı alanı A_{st}

Tanımlar:

A_{cc} : beton basınç alanı

$G(x_g, y_g)$: kesit ağırlık merkezi

$C(x_c, y_c)$: beton basınç alanı ağırlık merkezi

$I(x_i, y_i)$: i. çelik çubuğun bulunduğu nokta

$T(x_t, y_t)$: en çok kısalan beton lifinin bulunduğu nokta

a, c: indirgenmiş tarafsız eksenin konumunu belirleyen parametreler.

Kesitte n_s tane eşit çaplı donatı ve bunların toplam alanı A_{st} olsun:

Bir donatının alanı: A_{st}/n_s

i. donatıdaki gerilme: σ_{si}

i. donatıdaki kuvvet: $(A_{st}/n_s) \sigma_{si}$

i. donatıdaki şekil değiştirme (uzama-kısalma): ϵ_{si}

Beton basınç ve çelik kuvvetleri şekil üzerinde gösterilmemiştir.

Süreklilik ve denge denklemleri:

$$\epsilon_{si} = \epsilon_{cu} \left[1 - k_1 \left(1 - \frac{s}{t} \right) \right], \quad -f_{yd} \leq \sigma_{si} = E_s \epsilon_{si} \leq f_{yd} \quad (\text{i. çelikte birim şekil değiştirme ve gerilme})$$

$$k_3 f_{cd} A_{cc} + \frac{A_{st}}{n_s} \sum_{i=1}^{n_s} \sigma_{si} = N_d \quad (\text{Eksenel denge})$$

$$k_3 f_{cd} A_{cc} (y_g - y_c) + \frac{A_{st}}{n_s} \sum_{i=1}^{n_s} \sigma_{si} (y_g - y_i) = M_{xd} \quad (\text{x etrafında moment dengesi})$$

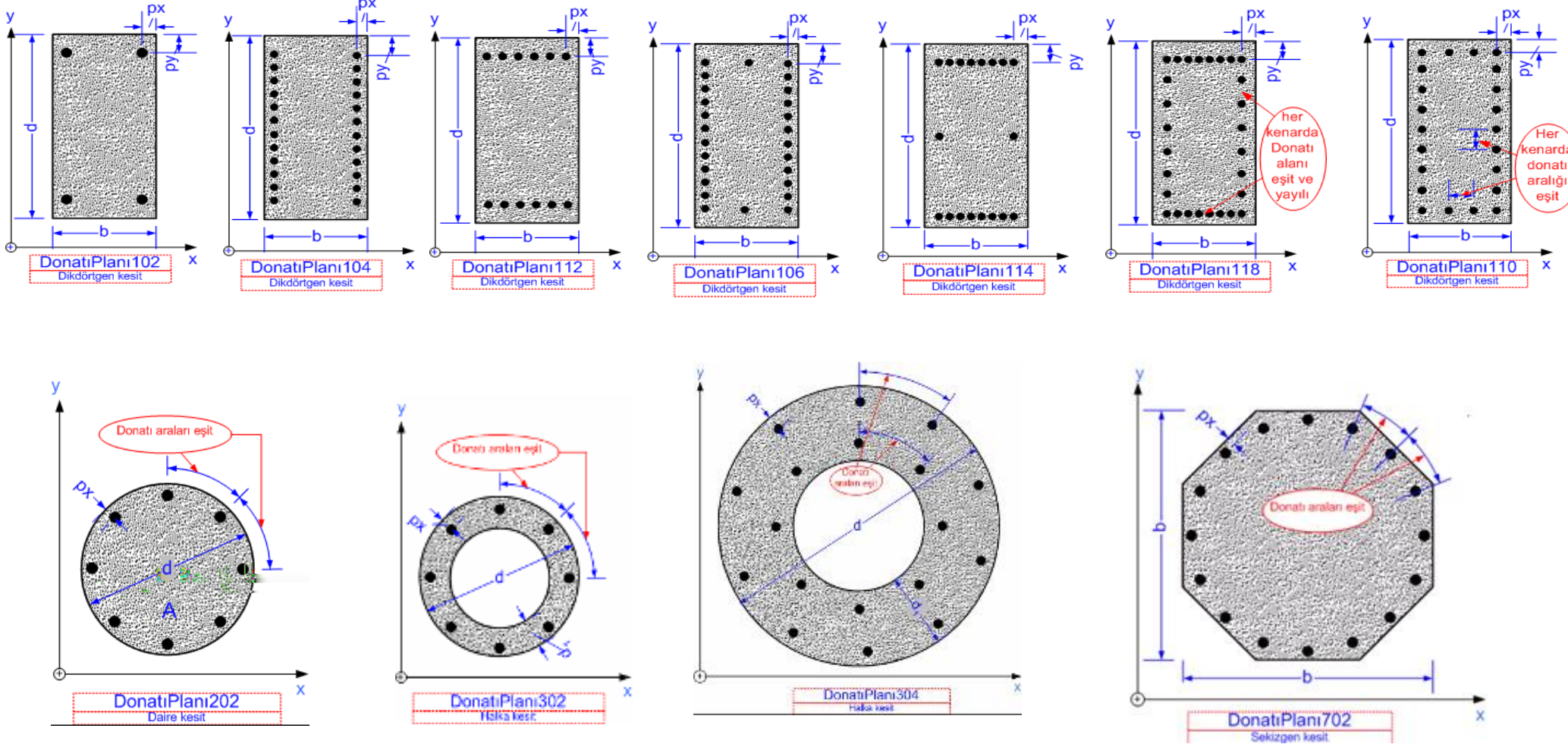
$$k_3 f_{cd} A_{cc} (x_g - x_c) + \frac{A_{st}}{n_s} \sum_{i=1}^{n_s} \sigma_{si} (x_g - x_i) = M_{yd} \quad (\text{y etrafında moment dengesi})$$

Bu üç bağıntıda üç bilinmeyen vardır: İndirgenmiş tarafsız eksenin konumunu belirleyen a, c parametreleri ve toplam donatı alanı A_{st} . Çünkü bağıntılarda görülen A_{cc} , x_c , y_c , gibi büyüklükler a ve c ye bağlıdır. Bu nedenle denklem sistemi doğrusal değildir. Denklem sisteminin çözümü (A_{st} nin hesabı) sayısal iterasyon (Newton-Raphson) metodu ile yapılır. a, c ve A_{st} için bir başlangıç değeri varsayılır ve sol taraf sağ tarafa yeterince yaklaşıncaya kadar a, c ve A_{st} değiştirilerek iterasyona devam edilir. Analitik çözüm mümkün değildir. Çözüm için bilgisayar kullanılır. El hesaplarında abak veya tablolardan yararlanır.

Kolon kesit tipleri, donatı planları

Kolon boyutlandırma hesabında, çözümü basitleştirmek için, önce donatı çubuklarının kesite nasıl yerleştirileceğine (**donatı planına**) karar verilir. Bunun için; kullanılan bilgisayar yazılımı, abak veya tabloda ön görülmüş olan **donatı planlarından** en uygun görülen biri seçilir. Donatı alanı, seçilen donatı planına bağımlı hesaplanır, çizimlerde ve kolonun inşasında da bu plana aynen uyulur. Deprem etkileri nedeniyle simetrik geometrilik kesitlerin tümünde donatı çubukları da simetrik yerleştirilir.

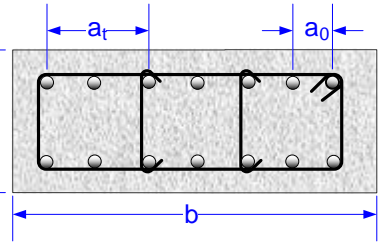
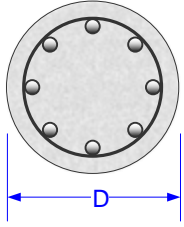
Benzerlikler olmasına rağmen, her yazarın abak-tablo ve yazılımda öngördüğü donatı planları farklıdır. Burada, örnek olması açısından, Betonarme2000¹ yazılımında kullanılan donatı planlarından bazıları verilmiştir.



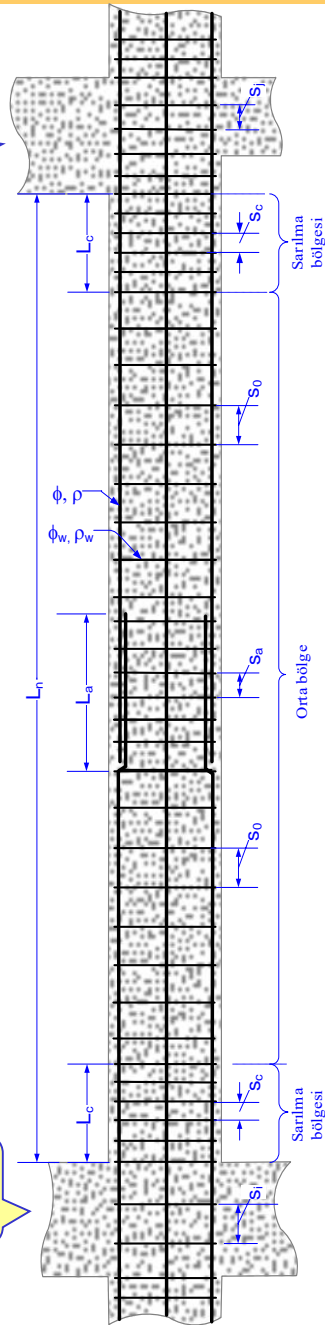
¹Betonarme2000 yazılımının güncel sürümünü ve teorisin detaylarını <http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu> sayfasından indirebilirsiniz.

Kolonlarda sınır değerler

Kuşatılmamış kolon-kiriş birleşim noktası:
Kolonun en az bir tarafında kiriş yok veya kiriş yükseklikleri farklı. Kiriş olmayan tarafa doğru kolon şişme eğilimindedir.



Kuşatılmış kolon-kiriş birleşim noktası:
Bu noktada kolon dört tarafından aynı yükseklikli kirişler ile kuşatılmıştır. Kirişler, sargı etkisi yapar, kolonun şişmesini zorlaştırır.



- L_n : Kolon net yüksekliği
- L_a : Boyuna donatı ek yerinde bindirme boyu
- L_c : Sarılma bölgesi
- S_0 : Orta bölgede sargı aralığı
- S_c : Sarılma bölgesinde sargı aralığı
- S_a : Boyuna donata bindirme bölgesinde sargı aralığı
- S_i : Kiriş yüksekliğince sargı aralığı (kuşatılmış birleşim bölgelerinde)
- S_j : Kiriş yüksekliğince sargı aralığı (kuşatılmamış birleşim bölgelerinde)
- ϕ : Boyuna donatı çapı
- ρ : Boyuna donatı oranı
- ϕ_w : Sargı donatısı çapı
- ρ_w : Sargı donatısı oranı
- a_0 : Boyuna donatı aralığı
- a_t : Yanal hareketi tutulmuş donatı aralığı (etriye bombelenme boyu)
- D : Dairesel kolon çapı

Bak: TBDY-2018, Şekil 7.3

Kuşatılmış-kuşatılmamış birleşim noktası nedir? Bir kolon dört tarafından aynı yükseklikte olan kirişler ile birleşiyorsa bu noktaya kuşatılmış, aksi halde kuşatılmamış birleşim noktası denir. Kuşatılmış noktada kolonun şişmesi, dağılması, boyuna donatıların burkulması daha zordur. Yani kirişler de sargı etkisi yapar.



Kuşatılmış kolon-kiriş birleşim noktası

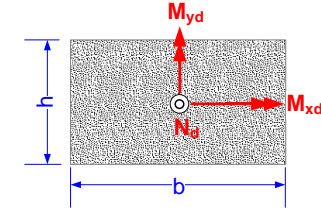
Kuşatılmamış kolon-kiriş birleşim noktası

Kuşatılmamış

Kolonlarda sınırlar değerler¹

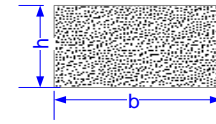
	TS 500-2000	TBDY-2018	Ek öneri	Açıklama
Min kenar (b veya h)	25 cm	30 cm	30 cm	1
Min A_c	$N_d / (0.9 f_{cd})$	$N_d / (0.4 f_{ck})$	1200 cm ²	1
Max L_n / kısa kenar	-	-	20	
Max uzunkenar/ kısa kenar	< 7	< 6	-	
Min L_c	-	Uzun kenarın 1.5 katı, $L_n/6$, 50 cm	-	4
Min L_a	-	$1.5 l_b$	60ϕ	2
Min ρ	0.01	0.01	-	
Max ρ	0.04	0.04	0.01~0.02	
Max a_t	30 cm	$25\phi_w$	$20\phi_w$, 20 cm	
Max a_0	-	-	15 cm	
Min a_0	4 cm, $1.5\phi_{max}$	-	-	
Max s_0	$12\phi_{min}$, 20 cm	Kısa kenar/2, 20 cm	-	4
Max s_a	-	Etriye: 15 cm, kısa kenar/3	-	
Max s_c	-	Etriye: 15 cm, kısa kenar/3, $6\phi_{max}$ Fıret: D/5, 8 cm	Etriye: 10 cm Fret: 4cm	4
Max s_i	-	15 cm	10 cm	4
Max s_j	-	10 cm	-	4
Min s_0, s_a, s_c, s_i, s_j	-	5 cm	-	
Min ϕ	14 mm	14 mm	-	
Max ϕ	-	-	22 mm	
Min ϕ_w	$\phi_{max}/3$	8 mm	10 mm	
Max ϕ_w	-	-	12 mm	
Min ρ_w	Bak: madde 8.1.5	-	-	
Max N_d	$0.9 f_{cd} A_c$	$0.4 f_{ck} A_c$	-	TBDY-2018, Madde 7.3.1.2 ve 7.6.1.1
Min M_{xd}	$(15 \text{ mm} + 0.03 h) N_d$	-	-	3
Min M_{yd}	$(15 \text{ mm} + 0.03 b) N_d$	-	-	3
Max $V_{xd}, \text{Max } V_{yd}$	$0.22 f_{cd} A_c$	$0.85 \sqrt{f_{ck}} A_c$	-	
Min etriye kancası	-	$6\phi_w$, 8 cm (nervürlü etriye) $10\phi_w$, 10 cm (düz etriye)	$10\phi_w$, 10 cm	
Min boyuna donatı sayısı	$6\phi_{14}$, $4\phi_{16}$ (dikdörtgen) $6\phi_{14}$ (daire)	$4\phi_{14}$ (dikdörtgen) $6\phi_{14}$ (daire)	$6\phi_{14}$ (dikdörtgen) $8\phi_{14}$ (daire)	
Min net beton örtüsü	2 cm (içte), 2.5 cm (dışta)	-	3 cm	
Min beton sınıfı	C16/20	C25/30	C30/37	5
Max beton sınıfı	C50/60	C80/95	-	5
çelik sınıfı(boyuna)	Her tür çelik	B420C, B500C	B500C	5
çelik sınıfı(sargı)	Her tür çelik	B420C, B500C	-	5

A_c : Beton kesit alanı
 l_b : Kenetlenme boyu
 ϕ_{min} : Boyuna donatının en küçük çapı
 ϕ_{max} : Boyuna donatının en büyük çapı
 N_d : Tasarım normal kuvveti
 M_{xd}, M_{yd} : Tasarım momentleri
 V_{xd}, V_{yd} : Tasarım kesme kuvvetleri



1. Farklı kesitlerde en küçük kenar:

Dikdörtgen Kesit:

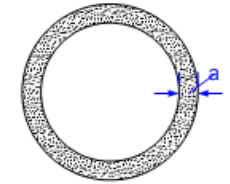
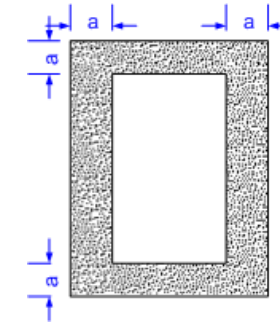
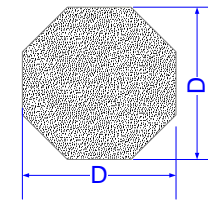
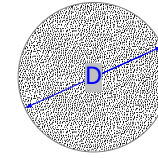


$b \geq 30 \text{ cm}$, $h \geq 30 \text{ cm}$, $b/h < 6$

Uzun kenarın kısa kenara oranı

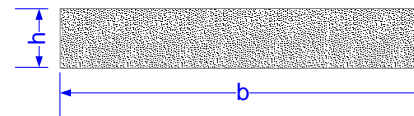
En küçük kolon kesit alanı $A_c = b \times h = 30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2$
 $A_c \geq 30 \times 40 = 1200 \text{ cm}^2$ (öneri)

Daire, sekizgen, kutu halka kesit:



$D \geq 35 \text{ cm}$
 $a \geq 12 \text{ cm}$

Perde (Betonarme duvar):



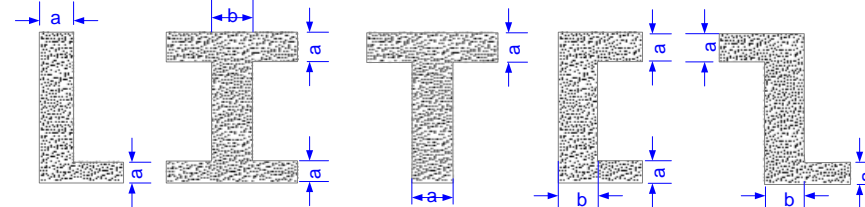
$h \geq 25 \text{ cm}$,
 $h \geq \text{kat yüksekliği} / 16$

$b/h \geq 6$

Uzun kenarın kısa kenara oranı

$A_c \geq N_d / (0.35 f_{ck})$

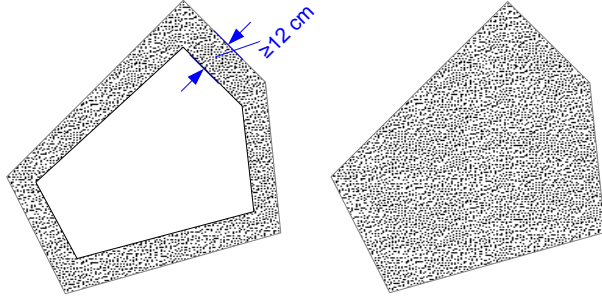
L, I, T, C, Z perde:



$a \geq 25 \text{ cm}$, $b \geq 25 \text{ cm}$
 $A_c \geq N_d / (0.35 f_{ck})$

¹ TS 500-2000 sınırlar değerlerinin TBDY-2018 den farklı olması durumunda TBDY-2018 uygulanacaktır(bak: TBDY-2018, madde 7.2.2)

Çokgen kesit:



Her tür kesitte:

$$\text{Min } A_c \geq N_d / (0.9f_{cd}) \quad (\text{TS 500:2000, Madde 7.4.1})$$

$$\text{Min } A_c \geq N_d / (0.4f_{ck}) \quad (\text{TBDY-2018, Madde 7.3.1.2})$$

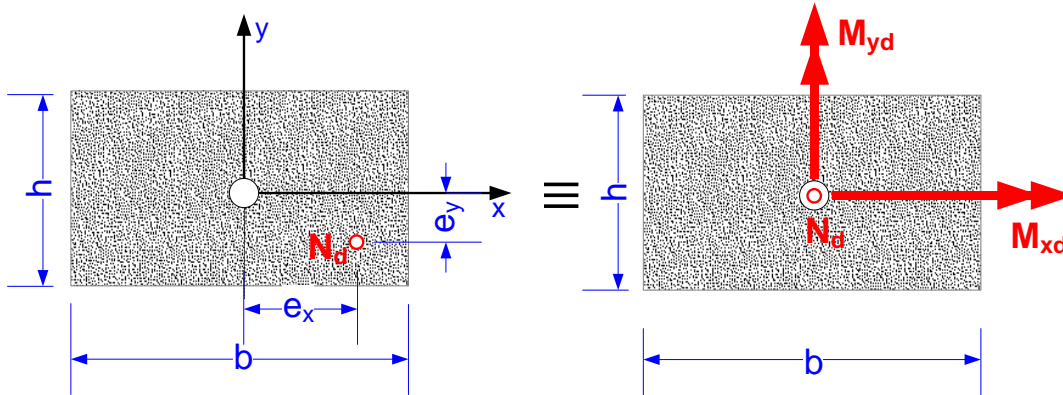
N_d : en büyük tasarım eksenel basınç kuvveti.

Bu sınırlamanın amacı, büyük kolon kesiti kullanımına zorlamak ve böylece sünek davranış etkisini artırmaktır.

2. Bak: TBDY-2018 şekil 7.3 ve TS 500:2000, Madde 9.1.2

3. Minimum dışmerkezlik (= eksantrisite=kaçıklık) ve minimum momentler(TS 500:2000, Madde 6.3.10):

Üstteki ile alttaki kolonun aksları çakışmadığında veya kirişlerin kolon eksenine oturmadığı durumda eksenel kuvvet kolon merkezinden e_x ve e_y kadar kaçık (dışmerkezlik, eksantrisite) olur. Kaçıklık nedeniyle ek momentler oluşur. Statik hesaplar eksenlerde yapıldığından dikkate alınamayan bu ek momentler yönetmeliğin bu maddesi ile düzeltilmeğe çalışılır.



Min dışmerkezlik (kaçıklık):

$$e_x \geq 15 + 0.03b$$

$$e_y \geq 15 + 0.03h$$

Min Moment:

$$M_{xd} \geq N_d e_y$$

$$M_{yd} \geq N_d e_x$$

b, h, e_x ve e_y mm cinsinden.
b: M_{yd} moment vektörüne dik kenar
h: M_{xd} moment vektörüne dik kenar

Bak: TS 500:2000, Madde 6.3.10

4. Bak: TBDY-2018, Madde 3.3.4 ve Şekil 3.3

5. Bak: TBDY-2018, Madde 7.2.5

Tablo veya abak ile kolon kesit hesabı(gerekli toplam donatı alanı hesabı)»

Yönetmelikler kolonların tek eksenli eğilme problemi olarak boyutlandırılmasına izin vermez. Minimum dışmerkezlik (eksantrisite) mutlaka dikkate alınmalıdır. Anlamı şudur: Boyuna donatı hesabı N_d , M_{xd} , M_{yd} üçlü tasarım etkisi için yapılmak zorundadır. Bu üçlüden hiç biri sıfır varsayılmaz!

Normal kuvvet ve iki eksenli eğilme etkisindeki **dikdörtgen kesitli kolonların** el çözümü için: EK11 de verilen M.R. AYDIN/Ö.R. AKGÜN/A. TOPÇU veya E. BAKIR/A.R. BAKIR tabloları¹,

Normal kuvvet ve iki eksenli eğilme etkisindeki **daire ve halka kesitli kolonların** el çözümü için EK12 de verilen: U. ERSOY abakları, veya başka kaynaklardaki herhangi bir benzeri tablo veya abak, öğrenim amaçlı el hesaplarında, kullanılabilir.

Sadece dikdörtgen, daire ve ya halka kesitlerin tablo veya abak çözümleri vardır. L, T C,.. gibi kesitlerin tablo veya abak çözümleri yoktur.

Günümüzde çözüm bilgisayar yazılımları ile yapılmaktadır. İzleyen örneklerde dikdörtgen kolonlar için M.R. AYDIN/Ö.R. AKGÜN/A. TOPÇU tabloları ve dairesel kolonlar için U. ERSOY abakları kullanılacaktır. Tablo ve abaklar için EKLER bölümüne bakınız.

ÖRNEK:

Solda kesiti ve tasarım kuvvetleri verilen kolonun boyuna donatılarını belirleyiniz., kesiti çiziniz. $\phi 10$ konstrüktif sargı kullanınız.. Malzeme: C25/30-B420C, Beton örtüsü: 4 cm, şantiye denetimi: iyi.

Bu örnek şekilde verilen tasarım üçlüsü için farklı donatı planları kullanılarak çözülecek, sonuçlar karşılaştırılarak tartışılacak ve donatı planı seçiminin önemi vurgulanmaya çalışılacaktır. Buradaki çözüm için EK11 deki AYDIN/AKGÜN/TOPÇU tabloları kullanılacaktır.

Tasarım kuvvetleri yönetmelik koşullarını sağlıyor mu? Kontrol:

$$f_{ck}=25 \text{ N/mm}^2, f_{cd}=25/1.5=16.67 \text{ N/mm}^2$$

$$N_d=1000 \cdot 10^3 < 0.9 \cdot 16.67 \cdot 350 \cdot 700 = 3776 \cdot 10^3 \text{ N} \quad \checkmark$$

$$N_d=1000 \cdot 10^3 < 0.4 \cdot 25 \cdot 350 \cdot 700 = 2450 \cdot 10^3 \text{ N} \quad \checkmark$$

$$M_{xd}=600 \cdot 10^6 > (15+0.03 \cdot 700) \cdot 1000 \cdot 10^3 = 36 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad \checkmark$$

$$M_{yd}=150 \cdot 10^6 > (15+0.03 \cdot 350) \cdot 1000 \cdot 10^3 = 25.5 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad \checkmark$$

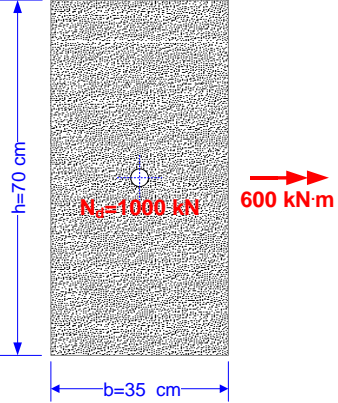
$$N_d \leq 0.9 f_{cd} A_c \text{ (TS 500:2000, Madde 7.4.1 koşulu)}$$

$$N_d \leq 0.4 f_{ck} A_c \text{ (TBDY-2018, Madde 7.3.1.2 koşulu)}$$

$$M_{xd} \geq (15+0.03h) N_d \text{ (TS 500:2000, Madde 6.3.10 koşulu)}$$

$$M_{xd} \geq (15+0.03b) N_d \text{ (TS 500:2000, Madde 6.3.10 koşulu)}$$

150 kN·m



Bu koşullar sağlanmasaydı ne yapardık?

N_d koşullarından biri sağlanmasaydı, sağlanacak şekilde kesiti büyütürdük.

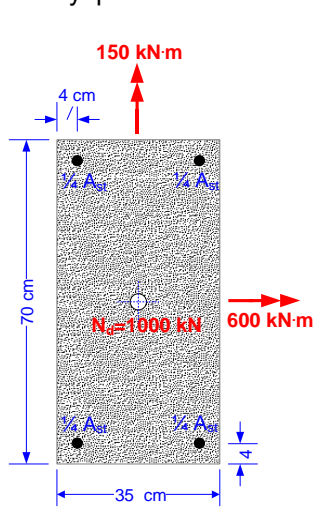
M_{xd} koşulu sağlanmasaydı, $M_{xd}=36 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$ alırdık.

M_{yd} koşulu sağlanmasaydı, $M_{yd}=25.5 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$ alırdık.

¹Bakır, E., Bakır, A., R. (1986). Kolon ve Perde Donatı Tabloları, (Taşıma Gücü Yöntemi), Ankara.

EI hesabı için Örnek (EK11 tabloları ile çözüm)

1. ÇÖZÜM: Toplam donatının ¼ ünün köşelere yerleştirildiği donatı planını seçerek çözüm yapalım.



Donatı planı ve kuvvetler

$$n = \frac{1000 \cdot 10^3}{350 \cdot 700 \cdot 16.67} = 0.24$$

$$n = \frac{N_d}{b h f_{cd}}$$

$$m_x = \frac{100 \cdot 600 \cdot 10^6}{350 \cdot 700^2 \cdot 16.67} = 21.0$$

$$m_x = \frac{100 M_{xd}}{b h^2 f_{cd}}$$

$$m_y = \frac{100 \cdot 150 \cdot 10^6}{350^2 \cdot 700 \cdot 16.67} = 10.5$$

$$m_y = \frac{100 M_{yd}}{b^2 h f_{cd}}$$

$$\omega = \left. \begin{matrix} 48 \\ 45 \end{matrix} \right\} = 47$$

n=0.2 ve n=0.3 tablosundan

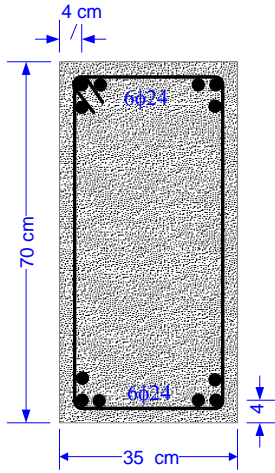
$$A_{st} = \frac{47}{100} \frac{16.67}{365.22} 350 \cdot 700 = 5256 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = \frac{\omega}{100} \frac{f_{cd}}{f_{yd}} b h$$

$$5256/4 = 1314 \text{ mm}^2$$

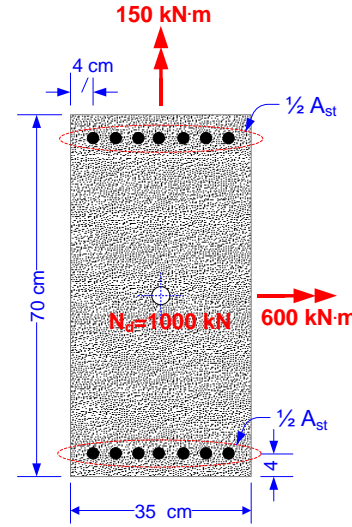
Seç.: 3φ24(1357 mm²) köşelere

$$0.01 < \rho = 4 \cdot 1357 / 350 / 700 = 0.022 < 0.04 \quad \checkmark$$



Etr. φ10/17
φ10/8

2. ÇÖZÜM: Toplam donatının ½ sinin kısa kenarlara yerleştirildiği donatı planını seçerek çözüm yapalım.



Donatı planı ve kuvvetler

$$n = \frac{1000 \cdot 10^3}{350 \cdot 700 \cdot 16.67} = 0.24$$

$$m_x = \frac{100 \cdot 600 \cdot 10^6}{350 \cdot 700^2 \cdot 16.67} = 21.0$$

$$m_y = \frac{100 \cdot 150 \cdot 10^6}{350^2 \cdot 700 \cdot 16.67} = 10.5$$

$$\omega = \left. \begin{matrix} 55 \\ 53 \end{matrix} \right\} = 54$$

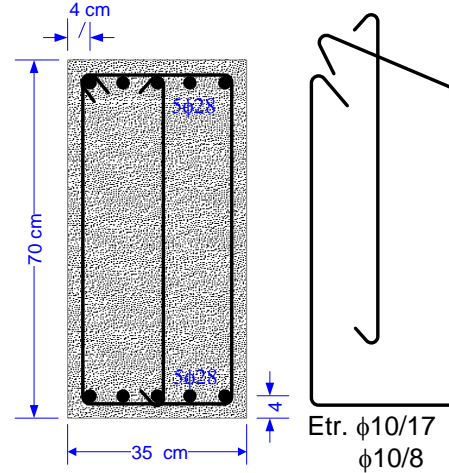
n=0.2 ve n=0.3 tablosundan

$$A_{st} = \frac{54}{100} \frac{16.67}{365.22} 350 \cdot 700 = 6039 \text{ mm}^2$$

$$6039/2 = 3020 \text{ mm}^2$$

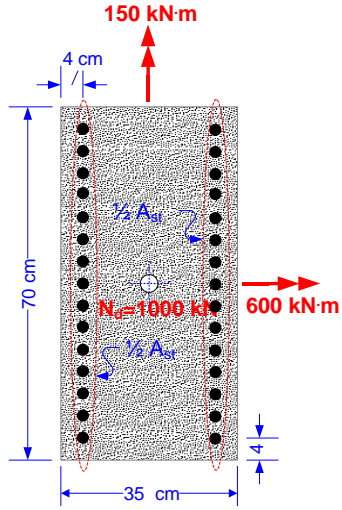
Seç.: 5φ28(3079 mm²) 600 kNm ye paralel kenarlara

$$0.01 < \rho = 2 \cdot 3079 / 350 / 700 = 0.025 < 0.04 \quad \checkmark$$



Etr. φ10/17
φ10/8

3. ÇÖZÜM: Toplam donatının 1/2 sinin uzun kenarlara yerleştirildiği donatı planını seçerek çözüm yapalım.



Donatı planı ve kuvvetler

$$n = \frac{1000 \cdot 10^3}{700 \cdot 350 \cdot 16.67} = 0.24 \quad \left[n = \frac{N_d}{bh f_{cd}} \right]$$

$$m_x = \frac{100 \cdot 150 \cdot 10^6}{700 \cdot 350^2 \cdot 16.67} = 10.5 \quad \left[m_x = \frac{100 M_{xd}}{bh^2 f_{cd}} \right]$$

$$m_y = \frac{100 \cdot 600 \cdot 10^6}{700^2 \cdot 350 \cdot 16.67} = 21 \quad \left[m_y = \frac{100 M_{yd}}{b^2 h f_{cd}} \right]$$

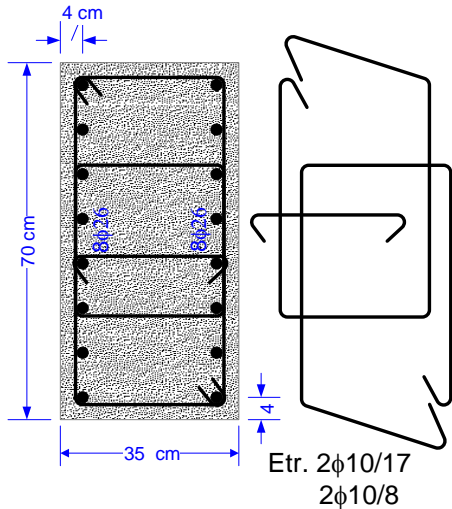
$$\omega = \frac{73}{73} = 73 \quad \left[n=0.2 \text{ ve } n=0.3 \text{ tablosundan} \right]$$

$$A_{st} = \frac{73}{100} \frac{16.67}{365.22} 700 \cdot 350 = 8163 \text{ mm}^2 \quad \left[A_{st} = \frac{\omega}{100} \frac{f_{cd}}{f_{yd}} bh \right]$$

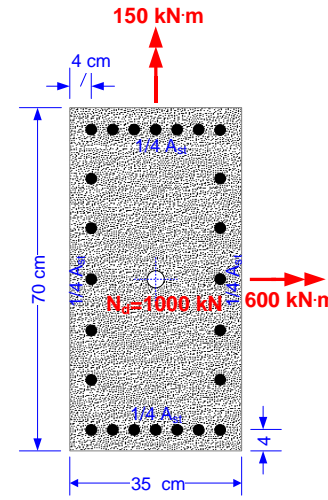
$$8163/2 = 4082 \text{ mm}^2$$

Seç.: 8φ26 (4247 mm²) 150 kNm ye paralel kenarlara

$$0.01 < \rho = 2 \cdot 4247 / 350 / 700 = 0.035 < 0.04 \quad \checkmark$$



4. ÇÖZÜM: Toplam donatının dört kenara eşit yerleştirildiği donatı planını seçerek çözüm yapalım.



Donatı planı ve kuvvetler

$$n = \frac{1000 \cdot 10^3}{350 \cdot 700 \cdot 16.67} = 0.24$$

$$m_x = \frac{100 \cdot 600 \cdot 10^6}{350 \cdot 700^2 \cdot 16.67} = 21.0$$

$$m_y = \frac{100 \cdot 150 \cdot 10^6}{350^2 \cdot 700 \cdot 16.67} = 10.5$$

$$\omega = \frac{54}{53} = 54 \quad \left[n=0.2 \text{ ve } n=0.3 \text{ tablosundan} \right]$$

$$A_{st} = \frac{54}{100} \frac{16.67}{365.22} 350 \cdot 700 = 6039 \text{ mm}^2$$

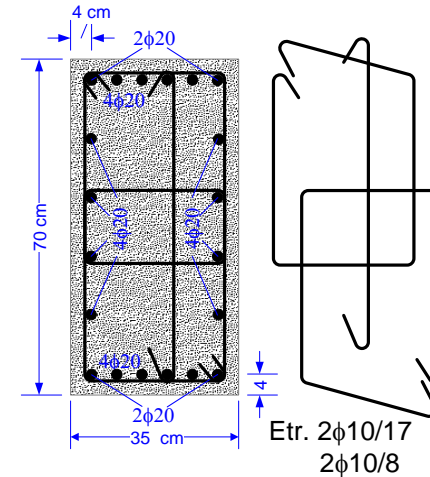
1φ20 (314 mm²) her bir köşeye

$$6039 - 4 \cdot 314 = 4783 \text{ mm}^2$$

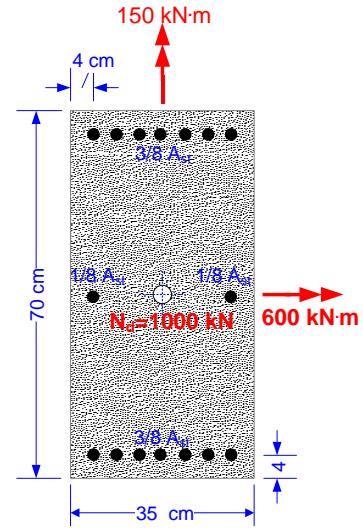
$$4783 / 4 = 1196 \text{ mm}^2$$

Seç.: 4φ20 (1256 mm²) her kenarın köşeleri arasında

$$0.01 < \rho = 4 \cdot (314 + 1256) / 350 / 700 = 0.026 < 0.04 \quad \checkmark$$



5. ÇÖZÜM: Toplam donatının 3/8 inin kısa kenarlara, 1/8 inin uzun kenarların ortasına yerleştirildiği donatı planını seçerek çözüm yapalım.



Donatı planı ve kuvvetler

$$n = \frac{1000 \cdot 10^3}{350 \cdot 700 \cdot 16.67} = 0.24 \quad \left\{ n = \frac{N_d}{b h f_{cd}} \right.$$

$$m_x = \frac{100 \cdot 600 \cdot 10^6}{350 \cdot 700^2 \cdot 16.67} = 21.0 \quad \left\{ m_x = \frac{100 M_{xd}}{b h^2 f_{cd}} \right.$$

$$m_y = \frac{100 \cdot 150 \cdot 10^6}{350^2 \cdot 700 \cdot 16.67} = 10.5 \quad \left\{ m_y = \frac{100 M_{yd}}{b^2 h f_{cd}} \right.$$

$$\omega = \left. \begin{matrix} 56 \\ 56 \end{matrix} \right\} = 56 \quad \left\{ n=0.2 \text{ ve } n=0.3 \text{ tablosundan} \right.$$

$$A_{st} = \frac{56}{100} \frac{16.67}{365.22} 350 \cdot 700 = 6262 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = \frac{\omega}{100} \frac{f_{cd}}{f_{yd}} b h$$

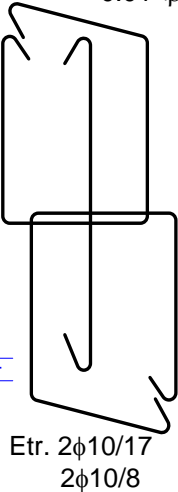
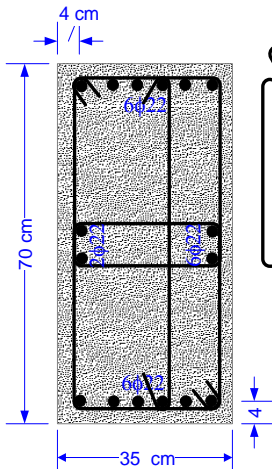
$$6262 \cdot 3/8 = 2348 \text{ mm}^2$$

Seç.: 6φ22(2281 mm²) 600 kNm ye paralel kenarlara

$$6262 \cdot 1/8 = 783 \text{ mm}^2$$

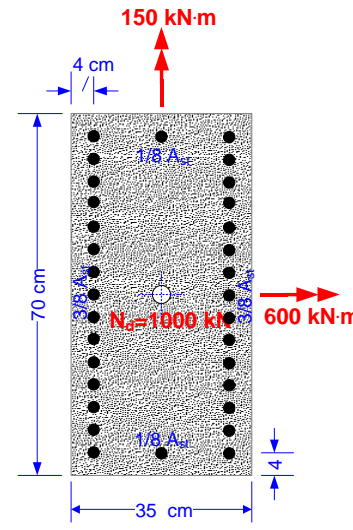
Seç.: 2φ22(760 mm²) 150 kNm ye paralel kenarların ortasına

$$0.01 < \rho = 2 \cdot (760 + 2281) / 350 / 700 = 0.025 < 0.04 \quad \checkmark$$



Etr. 2φ10/17
2φ10/8

6. ÇÖZÜM: Toplam donatının 3/8 inin uzun kenarlara, 1/8 inin kısa kenarların ortasına yerleştirildiği donatı planını seçerek çözüm yapalım.



Donatı planı ve kuvvetler

$$n = \frac{1000 \cdot 10^3}{700 \cdot 350 \cdot 16.67} = 0.24$$

$$m_x = \frac{100 \cdot 150 \cdot 10^6}{700 \cdot 350^2 \cdot 16.67} = 10.5$$

$$m_y = \frac{100 \cdot 600 \cdot 10^6}{700^2 \cdot 350 \cdot 16.67} = 21$$

$$\omega = \left. \begin{matrix} 61 \\ 59 \end{matrix} \right\} = 60 \quad \left\{ n=0.2 \text{ ve } n=0.3 \text{ tablosundan} \right.$$

$$A_{st} = \frac{60}{100} \frac{16.67}{365.22} 700 \cdot 350 = 6710 \text{ mm}^2$$

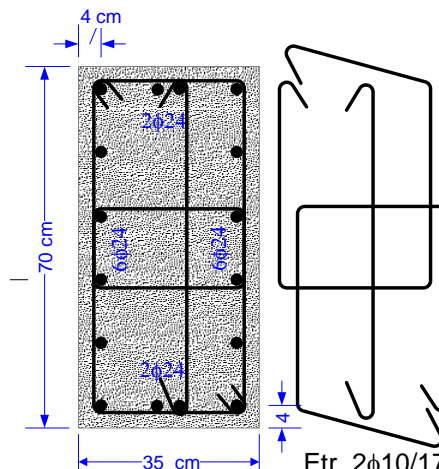
$$6710 \cdot 3/8 = 2516 \text{ mm}^2$$

Seç.: 6φ24(2714 mm²) 150 kNm ye paralel kenarlara

$$6710 \cdot 1/8 = 839 \text{ mm}^2$$

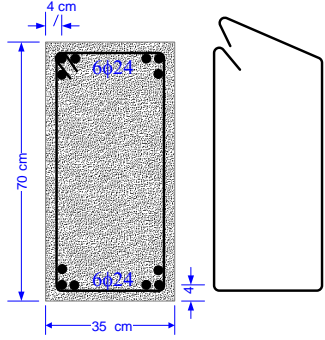
Seç.: 2φ24(905 mm²) 600 kNm ye paralel kenarların ortasına

$$0.01 < \rho = 2 \cdot (905 + 2714) / 350 / 700 = 0.030 < 0.04 \quad \checkmark$$



Etr. 2φ10/17
2φ10/8

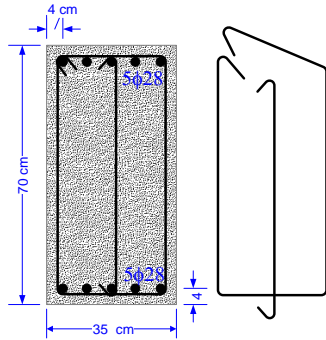
1. ÇÖZÜM



- $A_{st}=5256 \text{ mm}^2$ (hesaplanan)
- $A_{st}=5428 \text{ mm}^2$ (konulan)
- $\rho = 0.022$
- En ekonomik
- Etriye bombelenme boyu çok fazla

• İnşa edilemez.

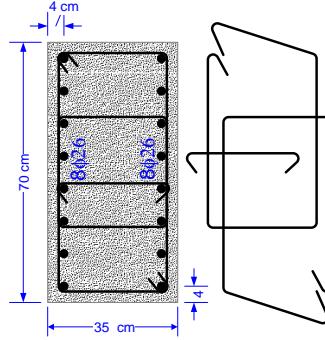
2. ÇÖZÜM



- $A_{st}=6039 \text{ mm}^2$ (hesaplanan)
- $A_{st}=6158 \text{ mm}^2$ (konulan)
- $\rho = 0.025$
- Ekonomik
- Etriye bombelenme boyu çok fazla
- Boyuna donatı çok kalın

• İnşa edilemez

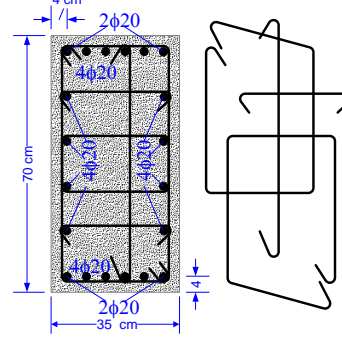
3. ÇÖZÜM



- $A_{st}=8163 \text{ mm}^2$ (hesaplanan)
- $A_{st}=8494^2$ (konulan)
- $\rho = 0.035$
- En pahalı
- Boyuna donatı çok kalın

• İnşa edilebilir

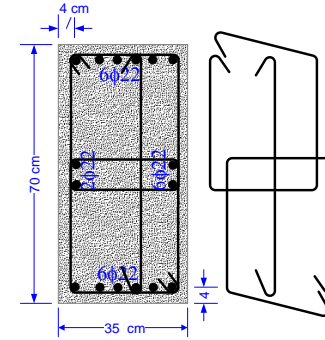
4. ÇÖZÜM



- $A_{st}=6039 \text{ mm}^2$ (hesaplanan)
- $A_{st}=6280 \text{ mm}^2$ (konulan)
- $\rho = 0.026$
- Ekonomik

• İnşa edilebilir

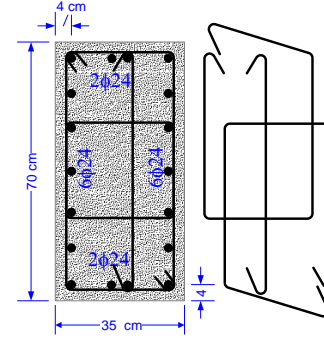
5. ÇÖZÜM



- $A_{st}=6262 \text{ mm}^2$ (hesaplanan)
- $A_{st}=6082 \text{ mm}^2$ (konulan)
- $\rho = 0.025$
- Ekonomik
- Etriye bombelenme boyu fazla

• İnşa edilemez.

6. ÇÖZÜM



- $A_{st}=6710 \text{ mm}^2$ (hesaplanan)
- $A_{st}=7238 \text{ mm}^2$ (konulan)
- $\rho = 0.030$
- Ekonomik değil

• İnşa edilebilir.

Yorum:

TBDY-2018 yanal hareketi önlenmiş donatılar arasını en fazla $25\phi_w$ ile sınırlamaktadır. ϕ_w etriye çapıdır. Örneklerdeki etriye ve çirozlar bu kısıtlama dikkate alınarak düzenlenmiş, ancak 1., 2. ve 5. çözümde bu koşul, boyuna donatıların zorunlu konumu nedeniyle, sağlanamamıştır.

• Çözümlerin tümü teorik olarak doğrudur, yani kolon kuvvetlerini taşırlar.

• 1., 2. ve 5. çözümlerde etriye bombelenme boyu çok fazla olduğu için uygulanamazlar. Bombelenme nedeniyle betonun şişme, ezilme, ufanma ve donatıların burkulma riski yüksektir.

• 3., 4. ve 6. çözümler uygulanabilir, inşa edilebilirler.

• 3. çözüm ekonomik değildir.

• 4. çözüm dışındakilerde kalın donatılar kullanılmıştır.

• Uygulanabilirlik ve ekonomi dikkate alındığında 4. çözümün en uygun olduğu anlaşılır. Kolonlarda donatı oranını 0.01~0.02 civarında tutmak ekonomiktir. Kolon boyutlarında cömert davranılarak bu sağlanabilir. Kolon boyutlarını büyük seçmek kolonun daha sünek davranmasını sağladığı gibi donatının da gereksiz yere basınca çalıştırılmasını önler.

Yapılan yorumlar sadece bu örnek için geçerlidir, genelleştirilmemelidir. Başka kesit ve kuvvetler için durum çok farklı olabilir.

Sorular:

• 1. Çözüm neden en az donatı gerektirmiştir?

• 3. çözüm neden en çok donatı gerektirmiştir?

• 1., 2. ve 5. çözümleri uygulanabilir kılmak için ne yapılabilir?

• Soruda beton örtüsü 4 cm olarak verilmiş fakat çözümlerde hiç kullanılmamıştır. Neden? Çözüme etkisi nedir?

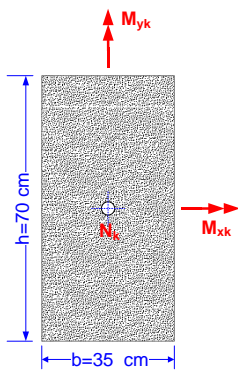
Çoklu tasarım kuvvetleri ve en elverişsiz çözüm

Önceki örnekte kolonun tek bir tasarım kuvveti üçlüsü; N_d , M_{xd} , M_{yd} vardı. Hesaplanan ve kesite yerleştirilen donatı sadece bu kuvvet üçlüsünü karşılar. Gerçekte yapının herhangi bir kolonunda çok sayıda tasarım kuvveti üçlüsü; N_d , M_{xd} , M_{yd} olur. Çünkü G, Q, E, ... yüklemelerinden kolonun üst ve alt ucunda farklı karakteristik etkiler oluşur. Bunları N_k , M_{xk} , M_{yk} ile gösterelim. Bu karakteristik kuvvetler yük katsayıları ile çarpılıp birleştirilince kolonun alt ve üst ucunda birbirinden farklı çok sayıda tasarım kuvveti üçlüsü; N_d , M_{xd} , M_{yd} ile karşılaşırız. Kolon donatı alanı öyle hesaplanmalı ki her tasarım kuvveti üçlüsünü de taşıyın. Soru şudur: bu çok sayıda tasarım kuvvetlerinden en elverişsiz olanı, yani en büyük donatı alanı gerektireni, nasıl anlayacağız?

Tasarım kuvvetlerinin büyüklüğüne, küçüklüğüne ve işaretine bakarak bu soruya cevap bulamayız. En elverişsiz olan durum ne en büyük, ne en küçük aksel kuvvet içerendir; nede en büyük moment nede en küçük moment içerendir. Çünkü aksel kuvvet ile momentler etkileşim içindedir.

En elverişsiz durumu belirlemenin tek yolu vardır: Bir donatı planı seçmek ve her tasarım kuvveti üçlüsü için gereken donatı alanını ayrı ayrı hesaplamak ve kolonu bulunan en büyük donatı alanı ile donatmak.

Bir örnekle açıklamaya çalışalım: Aşağıda kesiti görülen kolonun sabit(G), hareketli(Q), x-yönü deprem(Ex), y-yönü deprem(Ey) ve diğer(T) yüklemelerinden oluşan karakteristik kuvvetleri tabloda verilmiştir. Depremin etkin olduğu için yük birleşimleri 10 tane olacaktır. Her yük birleşiminden bir N_d , M_{xd} , M_{yd} üçlüsü üstte bir de altta hesaplanacağından toplam 20 tasarım kuvveti üçlüsü vardır. Bunlar sağdaki tabloda verilmiştir.

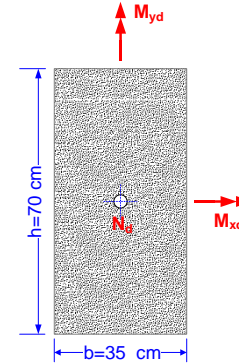


Kolonun üst ve alt ucunda oluşan karakteristik etkiler:

		G den	Q dan	Ex den	Ey den	T den
Üst uca	N_k (kN)	480	200	50	50	0
	M_{xk} (KNm)	100	50	150	80	0
	M_{yk} (KNm)	30	20	80	150	0
Alt uca	N_k (kN)	500	200	50	50	0
	M_{xk} (KNm)	150	75	200	100	0
	M_{yk} (KNm)	50	25	100	200	0

Yük birleşimleri:

- 1) $F_d=1.4G+1.6Q$
- 2) $F_d=1.0G+1.2Q+1.2T$
- 3) $F_d=1.0G+1.0Q+1.0Ex$
- 4) $F_d=1.0G+1.0Q-1.0Ex$
- 5) $F_d=0.9G+1.0Ex$
- 6) $F_d=0.9G-1.0Ex$
- 7) $F_d=1.0G+1.0Q+1.0Ey$
- 8) $F_d=1.0G+1.0Q-1.0Ey$
- 9) $F_d=0.9G+1.0Ey$
- 10) $F_d=0.9G-1.0Ey$



Tasarım kuvvetleri:

	N_d (kN)	M_{xd} (kN.m)	M_{yd} (kN.m)	
1-üst	992	220	74	1) $F_d=1.4G+1.6Q$ dan üstte
1-alt	1020	330	110	1) $F_d=1.4G+1.6Q$ dan altta
2-üst	720	160	54	.
2-alt	740	240	80	.
3-üst	730	300	130	3) $F_d=1.0G+1.0Q+1.0Ex$ den üstte
3-alt	750	425	175	3) $F_d=1.0G+1.0Q+1.0Ex$ den altta
4-üst	630	0	-30	.
4-alt	650	25	-25	.
5-üst	482	240	107	.
5-alt	500	335	145	.
6-üst	382	-60	-53	.
6-alt	400	-65	-55	.
7-üst	730	230	200	.
7-alt	750	325	275	.
8-üst	630	70	-100	.
8-alt	650	125	-125	.
9-üst	482	170	177	.
9-alt	500	235	245	.
10-üst	382	10	-123	.
10-alt	400	35	-155	.

Bu 20 farklı kuvvet üçlüsünden en elverişsiz olanı (en büyük donatı alanı gerektireni) hangisidir? Yukarıda belirtildiği gibi kuvvetlerin büyüklüğüne bakarak cevap bulamayız. Tek yol her biri için gereken donatı alanını hesaplamak ve en büyük alana göre kolonu donatmaktır. 20 kez donatı alanı hesaplamak, tablo kullansak bile, çok ağır hesap yükü gerektirir. Bu nedenle yazılım kullanmaktan başka çare yoktur. Kaldı ki bu örnekte rüzgar (W) gibi diğer etkiler yoktur. En genel halde tasarım kuvvetlerinin sayısı 40-50 tane olur.

Bu örnek [Betonaarme2000](#) yazılımı ile hesaplanarak en elverişsiz durum belirlenmiştir. Detaylar bir sonraki sayfadadır.

Kolonun her kenarda 6 çubuk olacak bir donatı planı seçilmiştir. Beton örtüsü 4 cm, malzeme C25/30-B420C, malzeme katsayısı $\gamma_{mc}=1.5$ alınmıştır.

Betonarme2000 yazılımının ekran görüntüsü aşağıdadır. Yazılım her bir tasarım kuvveti üçlüsü için gerekli toplam donatı alanı A_{st} yi hesaplamıştır. En elverişsiz tasarım kuvvetleri üçlüsü kolonun alt ucunda $F_d=1.0G+1.0Q+1.0E_y$ birleşiminden oluşmuştur: $N_d=750$ kN, $M_{xd}=325$ kNm, $M_{yd}=275$ kNm. Bu üçlünün gerektirdiği toplam donatı alan $A_{st}=6177$ mm² diğerlerinden büyüktür. Yazılım bu alana karşılık 20φ20(6283 mm²) donatı önermiştir. Bu şekilde donatılan kolon tüm diğer tasarım kuvvetlerini de karşılayacaktır.

Kolon boyuna donatı hesabı C:\Betonarme2000\TEST.bet

Normal boyut x 1

Kuvvetler Ölçüler Alan-atalet Sesli mesaj Yazılı Mesaj

Örnek05

Ac=0.245 m², Xg=0.175 m, Yg=0.35 m
lxg=0.0100041667 m⁴, lyg=0.0025010417 m⁴, lxyg=0 m⁴

Malzeme:C25/30-B420C(fcd=16670 kN/m², fyd=365220 kN/m², Gmc=1.5, k1=0.85)
Hesaplanan Ast=6177 mm²
Seçilen: 20Ø20(6283 mm²), Oran=0.0256

Kesit	Karakteristik kuvvetler	Tasarım kuvvetleri	Koordinatlar						
Örnek05									
	Nd(kN)	Mxd(kN.m)	Myd(kN.m)	Vxd(kN)	Vyd(kN)	Mbd(kN.m)	Ast(mm ²)	Seçilen donatı	Açıklama
1-üst	992	220	74	0	0	0	276		Min donatı
1-alt	1020	330	110	0	0	0	2139		Min donatı
2-üst	720	160	54	0	0	0	0		Min donatı
2-alt	740	240	80	0	0	0	1012		Min donatı
3-üst	730	300	130	0	0	0	2587		
3-alt	750	425	175	0	0	0	4780		
4-üst	630	0	-30	0	0	0	0		Min donatı
4-alt	650	25	-25	0	0	0	0		Min donatı
5-üst	482	240	107	0	0	0	1991		Min donatı
5-alt	500	335	145	0	0	0	3561		
6-üst	382	-60	-53	0	0	0	0		Min donatı
6-alt	400	-65	-55	0	0	0	0		Min donatı
7-üst	730	230	200	0	0	0	3547		
7-alt	750	325	275	0	0	0	6177	20Ø20(6283 mm ²)	En elverişsiz durum
8-üst	630	70	-100	0	0	0	356		Min donatı
8-alt	650	125	7)Fd=1.0G+1.0Q+1.0Ey	0	0	0	1162		Min donatı
9-üst	482	170	177	0	0	0	2992		
9-alt	500	235	245	0	0	0	5048		
10-üst	382	10	-123	0	0	0	1364		Min donatı
10-alt	400	35	-155	0	0	0	2074		Min donatı

Tasarım kuvvetleri:

Normal Nd (kN) Moment Mxd (kN.m) Moment Myd (kN.m) Kesme Vd (kN) Burulma Mbd (kN.m)

750 325 275 0 0

Test Tasarım Hesapla RAPOR DUR ÇIK

İterasyon bilgileri:

Ast=0.00617726688166802
Eps=0.424875307868245

YAKINSADI:
EpsKuvvet=10 EpsMoment=10
Pas=1 İter=5
a=0.202945482218727
t=0.195822401792443
b1=-0.403769862870669
b2=0.0104289658592262
b3=0.131833841424135
Ast=0.00617726688166802
Eps=0.424875307868245

Çaplar Malzeme Yük birleşimleri Birimler

1)Fd=1.4G+1.6Q
2)Fd=1.0G+1.2Q+1.2T
3)Fd=1.0G+1.0Q+1.0Ex
4)Fd=1.0G+1.0Q-1.0Ex
5)Fd=0.9G+1.0Ex
6)Fd=0.9G-1.0Ex
7)Fd=1.0G+1.0Q+1.0Ey
8)Fd=1.0G+1.0Q-1.0Ey
9)Fd=0.9G+1.0Ey
10)Fd=0.9G-1.0Ey

İşaret kuralı

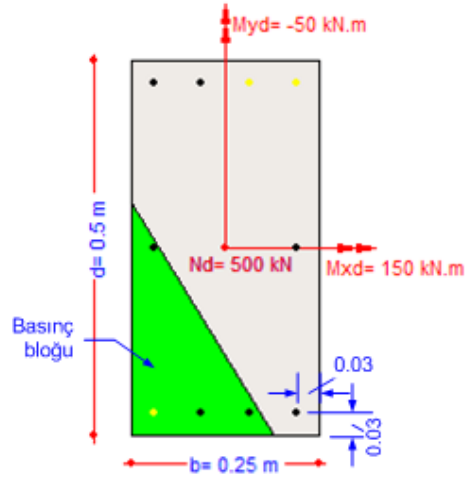
Simetrik kesitlerde momentin işareti donatı alanını değiştirmez.

Kesit tipi ve donatı planları:

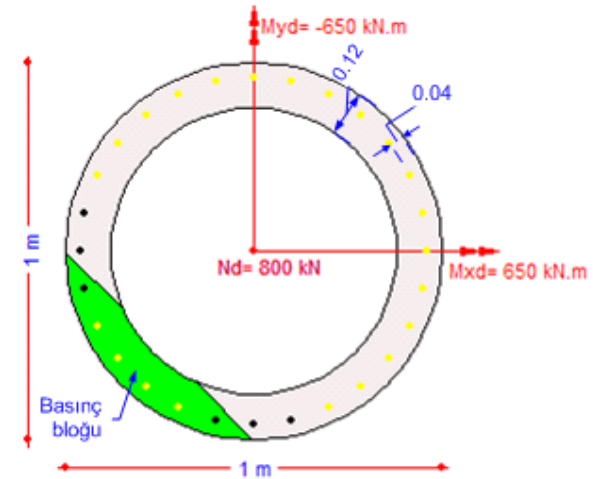
b kenarında donatı aralığı: 0.06
d kenarında donatı aralığı: 0.13
Toplam çubuk sayısı: 20

HATA veya UYARI bildimi:

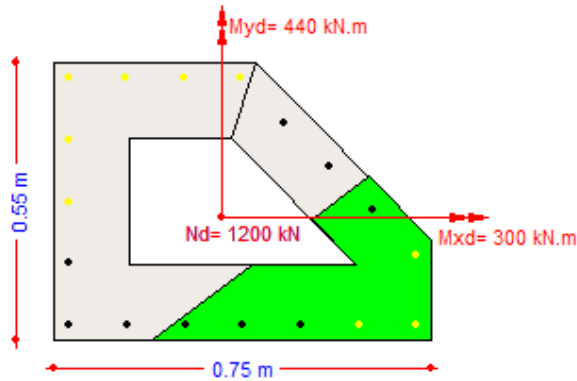
Ahmet TOPÇU, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 1999, 2000, 2001, 2013



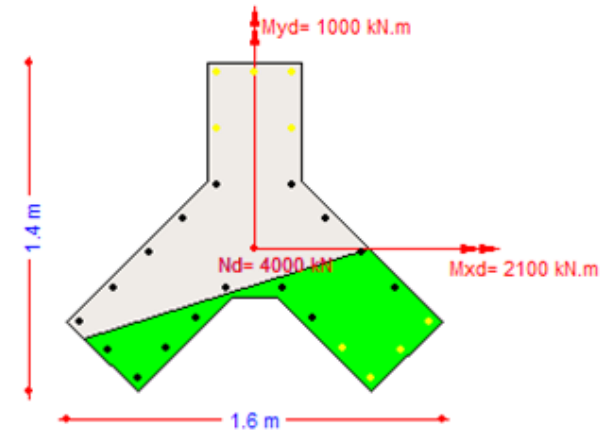
Malzeme: C35/45-B420C ($f_{cd}=23330 \text{ kN/m}^2$, $f_{yd}=365220 \text{ kN/m}^2$, $G_{mc}=1.5$, $k_1=0.79$)
 Hesaplanan Ast=1383 mm²
 Seçilen: 10Ø14(1539 mm²), Oran=0.0123



Malzeme: C40/50-B420C ($f_{cd}=26670 \text{ kN/m}^2$, $f_{yd}=365220 \text{ kN/m}^2$, $G_{mc}=1.5$, $k_1=0.76$)
 Hesaplanan Ast=3918 mm²
 Seçilen: 28Ø14(4310 mm²), Oran=0.013



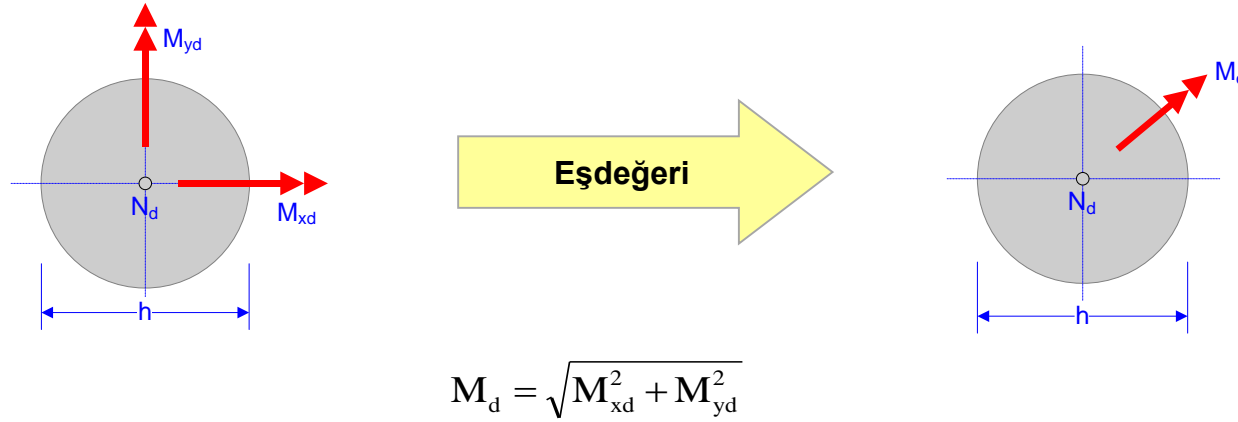
Malzeme: C25/30-B420C ($f_{cd}=16670 \text{ kN/m}^2$, $f_{yd}=365220 \text{ kN/m}^2$, $G_{mc}=1.5$, $k_1=0.85$)
 Hesaplanan Ast=2808 mm²
 Seçilen: 18Ø16(3619 mm²), Oran=0.0134



Malzeme: C20/25-B420C ($f_{cd}=13330 \text{ kN/m}^2$, $f_{yd}=365220 \text{ kN/m}^2$, $G_{mc}=1.5$, $k_1=0.85$)
 Hesaplanan Ast=9113 mm²
 Seçilen: 25Ø22(9503 mm²), Oran=0.01
 Min donatı

Dairesel ve halka kesitli kolonların boyutlandırılması

U. ERSOY abakları¹



İki eksenli moment etkisindeki dairesele veya halka kesitli kolonlar N_d ve M_d momenti dikkate alınarak U. ERSOY abakları ile tek eksenli olarak çözülebilir. Abaklar için EKLER bölümünde EK12 e bakınız.

¹ ERSOY, U. , v. d. Taşıma gücü El Kitabı, ODTÜ, Ankara, 1980

ÖRNEK

Aşağıda solda kesiti verilen fretli kolonun boyuna donatı hesabını yapınız. Malzeme: C25/30-B420C, beton örtüsü: 4 cm, denetim: iyi

ERSOY abakları (EK12) ile çözüm:

$$A_c = \rho \cdot 500^2 / 4 = 196350 \text{ mm}^2$$

$$N_d = 1700 < 0.9 \cdot 16.67 \cdot 196350 = 2946 \text{ kN} \checkmark$$

$$N_d = 1700 < 0.4 \cdot 25 \cdot 196350 = 1963.5 \text{ kN} \checkmark$$

$$M_{xd} = 150 \cdot 10^6 > (15 + 0.03 \cdot 500) \cdot 1700 \cdot 10^3 = 51 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} \checkmark$$

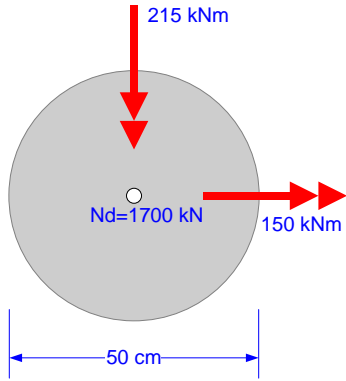
$$M_{yd} = 215 \cdot 10^6 > (15 + 0.03 \cdot 500) \cdot 1700 \cdot 10^3 = 51 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} \checkmark$$

$$N_d \leq 0.9 f_{cd} A_c \text{ (TS 500:2000, Madde 7.4.1 koşulu)}$$

$$N_d \leq 0.4 f_{ck} A_c \text{ (TBDY-2018, Madde 7.3.1.2 koşulu)}$$

$$M_{xd} \geq (15 + 0.03h) N_d \text{ (TS 500:2000, Madde 6.3.10 koşulu)}$$

$$M_{yd} \geq (15 + 0.03b) N_d \text{ (TS 500:2000, Madde 6.3.10 koşulu)}$$



Kesit ve kuvvetler

$$d/h = 42/50 = 0.84$$

En uygun abak:
EK12, ABAK 8-62

$$M_d = \sqrt{150^2 + 215^2} = 262 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

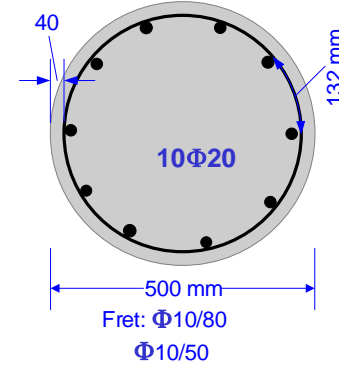
$$M_d = \sqrt{M_{xd}^2 + M_{yd}^2}$$

$$\frac{1700 \cdot 10^3}{196350 \cdot 16.67} = 0.52$$

$$\frac{N_d}{A_c f_{cd}}$$

$$\frac{262 \cdot 10^6}{196350 \cdot 500 \cdot 16.67} = 0.16$$

$$\frac{M_d}{A_c h f_{cd}}$$



$$\rho_m = 0.33$$

$$\rho \frac{365.22}{16.67} = 0.33 \rightarrow \rho = 0.015$$

$$A_{st} = 0.015 \cdot 196350 = 2957 \text{ mm}^2$$

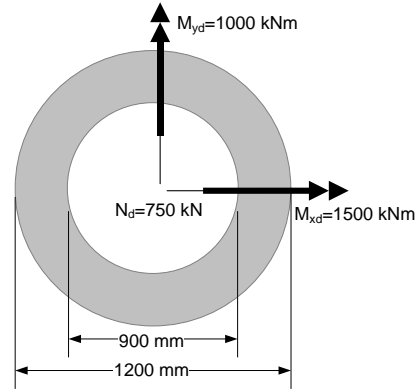
Bu donatı alanını karşılamak için çubuk çapı ve sayısına nasıl karar verilir? En az 8φ14 olmalı.
• Çubukların yerleştirileceği çevre hesaplanır: $3.14 \cdot 42 = 132 \text{ cm}$
• Yaklaşık 10-15 cm de bir çubuk uygundur, çubuk sayısı: $132/15 \approx 9$
• EK4 tablosundan 10 çubuk için 2957 mm² alanı karşılayan uygun çap aranır: 10φ20 (3142 mm²)

Çubuk sayısının mutlaka hesaplanan kadar olması gerekmez, biraz az, biraz çok da olabilir. Önemli olan alanın karşılanması ve çubuklar arasının 10-15 cm civarında olmasıdır. Örneğin, 8φ22 (3041 mm²) de seçilebilirdi. Bu durumda donatılar arası $1320/8 = 165 \text{ mm}$ olurdu.

$$\text{Seç.}: 10\phi 20 \text{ (3142 mm}^2\text{)}$$

$$0.01 < \rho = 3142/196350 = 0.016 < 0.04 \checkmark$$

1. Şekildeki fretli kolonun boyuna donatılarını hesaplayınız, kesiti çiziniz. $\Phi 10$ konstrüktif fret kullanınız. Malzeme C25/30-B420C, şantiye iyi denetimli, beton örtüsü 30 mm



ÇÖZÜM (ERSOY abakları EK12 ile):

$$f_{cd} = 25/1.5 = 16.67 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = 420/1.15 = 365.22 \text{ N/mm}^2$$

$$A_c = \pi \cdot 1200^2 / 4 = 1130973 \text{ mm}^2$$

$$A_{cn} = \pi (1200^2 - 900^2) / 4 = 494801 \text{ mm}^2$$

$$N_d = 750 \cdot 10^3 < 0.9 \cdot 16.67 \cdot 494801 = 7423 \cdot 10^3 \text{ N} \checkmark$$

$$N_d = 750 \cdot 10^3 < 0.4 \cdot 25 \cdot 494801 = 4948 \cdot 10^3 \text{ N} \checkmark$$

$$M_{yd} = 1000 \cdot 10^6 > (15 + 0.03 \cdot 1200) \cdot 750 \cdot 10^3 = 38.3 \cdot 10^6 \text{ Nmm} \checkmark$$

En uygun abak:
EK12, ABAK 8-78

$$h_i/h = 900/1200 = 0.75$$

$$d/h = 1140/1200 = 0.95$$

$$M_d = \sqrt{1000^2 + 1500^2} = 1803 \text{ kNm}$$

$$\frac{750 \cdot 10^3}{1130973 \cdot 16.67} = 0.04$$

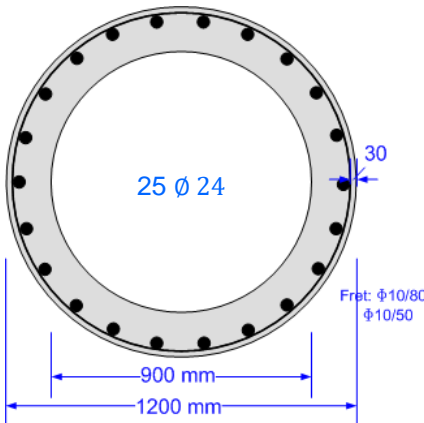
$$\frac{1803 \cdot 10^6}{1130973 \cdot 1200 \cdot 16.67} = 0.08$$

$$\rho_m = 0.5$$

$$\rho \frac{365.22}{16.67} = 0.5 \rightarrow \rho = 0.023$$

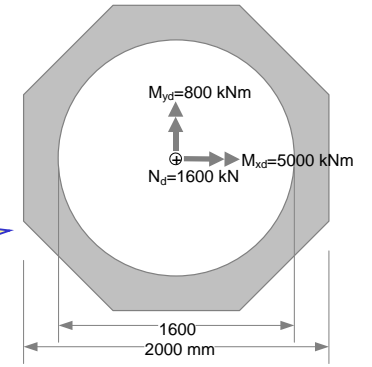
$$A_{st} = 0.023 \cdot 494801 = 11380 \text{ mm}^2$$

Seç: 25 Φ 24 (11310 mm²)
0.01 < ρ = 0.023 < 0.04 \checkmark

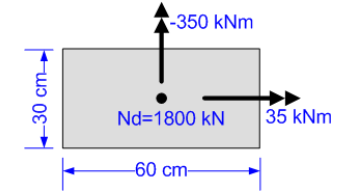


2. Kesiti verilen kolon iyi denetimli bir şantiyede C25/30-B420C malzemesi ile etriyeli olarak inşa edilecektir. Boyuna donatılar dış yüzeyden 5 cm içeriye yerleştirilecektir. Boyuna donatıları belirleyiniz, kesiti ve etriye açılımını çiziniz ($\Phi 10$ konstrüktif sargı kullanınız).

Dış çapı 2000 mm olan halka kolon olarak modelleyiniz.

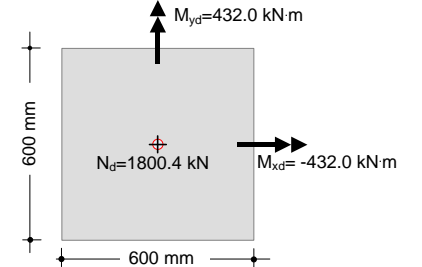


3. Aşağıdaki kolonun boyuna donatılarını belirleyiniz, kesiti çiziniz ($\Phi 10$ konstrüktif sargı kullanınız). Basınç bölgesini tarayarak tahmini olarak gösteriniz. Malzeme C25/30-B420C, beton örtüsü 3 cm, iyi denetimli şantiye.



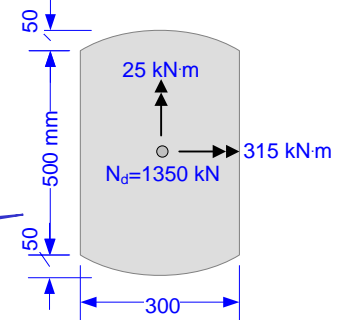
4. Aşağıdaki kolonda malzeme C25/30-B420C, beton örtüsü 60 mm ve şantiye denetimi iyidir.

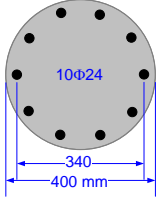
1) Şantiyeye gidecek çizimi hazırlayınız ($\Phi 10$ konstrüktif sargı kullanınız). 2) Basınç bölgesini tarayarak tahmini olarak gösteriniz.



5. Şekilde görülen kolon C30/37-B420C malzemesi ile Eskişehir'de inşa edilecektir. Boyuna donatılar kenarlara eşit dağıtılacaktır. Beton örtüsü 50 mm olacaktır. Konstrüktif sargı kullanarak şantiyeye gidecek çizimi hazırlayınız.

300x500 mm boyutlu dikdörtgen kolon olarak modelleyin

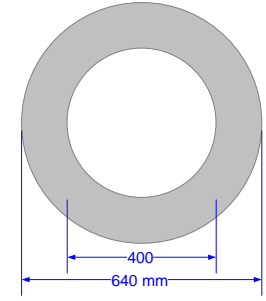




6. Eskişehir'deki eski bir yapının solda kesiti görülen bir kolonunun malzemesi C16/20-S420 olduğu belirlenmiştir. Bu kolonun $N_d=1000$ kN, $M_{xd}=300$ kNm, $M_{yd}=400$ kNm tasarım yüklerini taşıması gerekmektedir.

a) Mevcut kolonun bu yükleri taşıyıp taşıyamayacağını belirleyiniz.

b) Mevcut kolonun bu yükleri **taşıyamaması durumunda**, kolon etrafına sağda kesiti görülen yeni halka kolon yapılacaktır (mantolama). Malzeme C30/37-B420C, beton örtüsü 30 mm olacaktır. Yeni kolonun gerekli donatısı belirlenirken içteki eski kolon yok varsayılacaktır. Yeni kolonun boyuna donatısını belirleyiniz, kesitin uygulama çizimini veriniz.



ÇÖZÜM: (ERSOY abakları EK12 ile):

a) Eski kolon verilen yükleri taşır mı?

$$f_{cd}=16/1.5=10.67 \text{ N/mm}^2, f_{yd}=420/1.15=365.22 \text{ N/mm}^2$$

$$d/h=340/400=0.85$$

En uygun abak:
EK12, ABAK 8-62

$$A_c=\pi \cdot 400^2 / 4=125664 \text{ mm}^2$$

$$A_s=4520 \text{ mm}^2$$

$$\rho=4520/125664=0.036$$

$$m=365.22/10.67=34.23$$

$$\rho m=0.036 \cdot 34.23=1.23$$

$$M_d=\sqrt{300^2+400^2}=500 \text{ kNm}$$

$$e=\frac{M_d}{N_d}=\frac{500}{1000}=0.5 \text{ m}$$

$$\frac{e}{h}=\frac{0.5}{0.4}=1.25$$

$$\frac{e}{h}=1.25 \text{ doğrusu ile } \rho m=1.23 \text{ eğrisinin}$$

kesiştği notaya karşılık gelen

$$\frac{N_r}{A_c f_{cd}}=0.32 \text{ ve } \frac{M_r}{A_c h f_{cd}}=0.39 \text{ abaktan okundu.}$$

$$\frac{N_r \cdot 10^3}{125664 \cdot 10.67}=0.32 \rightarrow N_r=429 \text{ kN}$$

$$\frac{M_r \cdot 10^6}{125664 \cdot 400 \cdot 10.67}=0.39 \rightarrow M_r=209 \text{ kNm}$$

$$N_r=429 \text{ kN} < N_d=1000 \text{ kN}$$

$$M_r=209 \text{ kNm} < M_d=500 \text{ kNm}$$

Olduğundan kesit yetersizdir, verilen yükleri taşımaz.

b) Yeni (halka) kolonun boyuna donatı hesabı:

$$f_{cd}=30/1.5=20 \text{ N/mm}^2, f_{yd}=420/1.15=365.22 \text{ N/mm}^2$$

$$A_c=\pi \cdot 640^2 / 4=321699 \text{ mm}^2$$

$$A_{cn}=\pi(640^2-400^2)/4=196035 \text{ mm}^2$$

Brüt beton alanı

Net beton alanı

$$N_d \leq 0.9 f_{cd} A_{cn} \text{ kontrol (TS 500:2000)}$$

$$N_d \leq 0.4 f_{ck} A_{cn} \text{ kontrol (TBDY-2018)}$$

$$N_d=1000 \cdot 10^3 < 0.9 \cdot 20 \cdot 196035=3529 \cdot 10^3 \text{ kN} \checkmark$$

$$N_d=1000 \cdot 10^3 < 0.4 \cdot 30 \cdot 196035=2352 \cdot 10^3 \text{ kN} \checkmark$$

$$M_{yd}=300 \cdot 10^6 > (15+0.03 \cdot 6400) \cdot 1000 \cdot 10^3=34.2 \cdot 10^6 \text{ Nmm} \checkmark$$

Min moment kontrolü

$$h_r/h=400/640=0.63$$

$$d/h=580/640=0.91$$

En uygun abak:
EK12, ABAK 8-74

$$M_d=500 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_d}{A_c f_{cd}}=\frac{1000 \cdot 10^3}{321699 \cdot 20}=0.16$$

$$\frac{M_d}{A_c h f_{cd}}=\frac{500 \cdot 10^6}{321699 \cdot 640 \cdot 20}=0.12$$

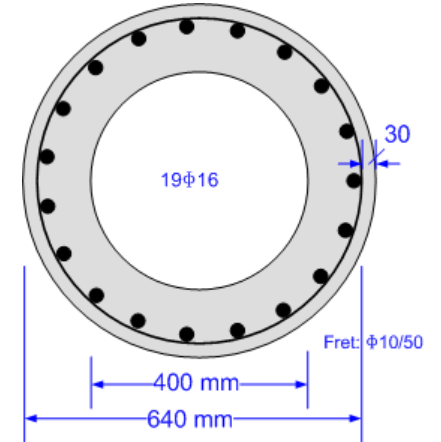
$\rho m=0.35$ abaktan okundu

$$\rho \frac{365.22}{20}=0.35 \rightarrow \rho=0.019$$

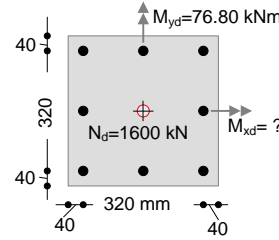
$$A_{st}=\rho A_{cn}=0.019 \cdot 196035=3725 \text{ mm}^2$$

Seç.: 19φ16(3819 mm²)

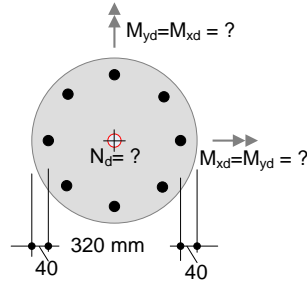
Fret.: Φ10/50 (Konstrüktif-kolon yüksekliğince sık sarılacak)



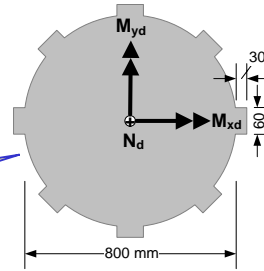
7. Şekilde görülen kolonun boyuna donatıları $8\phi 20$ dir. N_d basınç kuvvetidir. Kolonun taşıyabileceği M_{xd} momentini bulunuz. Malzeme C25/30-B420C, Şantiye denetimi iyidir.



8. Şekilde görülen kolonun boyuna donatıları $8\phi 20$ dir. N_d yönetmeliklerin izin verdiği en büyük basınç kuvvetidir. Kolonun taşıyabileceği $M_{xd} = M_{yd}$ momentini bulunuz. Malzeme C30/37-B420C, Şantiye denetimi iyidir.

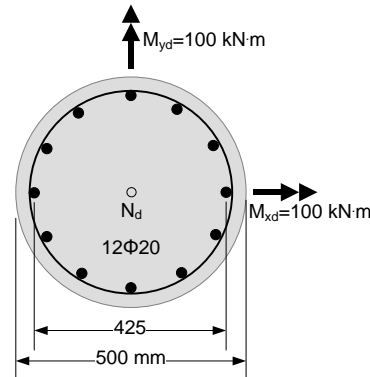


9. Fretli bir kolon mimari nedenlerle kesitte görüldüğü gibi imal edilecektir. Gerekli donatıyı hesaplayarak kesiti çiziniz. $\phi 10$ konstrüktif sargı kullanınız. $N_d = 2000$ kN, $M_{xd} = 50$ kN-m, $M_{yd} = 1000$ kN-m, malzeme: C25/30 ve B420C, beton örtüsü: 40 mm, şantiye: iyi denetimli.



Çıkıntıları ihmal ederek dairesel kolon olarak modelleyiniz.

10. Kesiti görülen kolon mevcut bir yapıya aittir. Yerinde yapılan ölçüm ve inceleme sonucunda malzemenin C16/20-S 420, şantiyenin iyi denetimli olduğu belirlenmiştir. Kolonun taşıyabileceği N_d tasarım kuvvetini bulunuz.

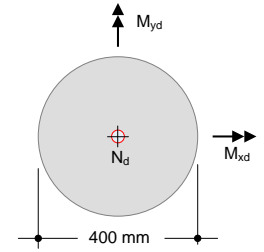


11. Kesiti görülen kolon Eskişehir'de C30/37-B420C malzemesi ile inşa edilecektir. Beton örtüsü 50 mm olacaktır. Kolonun aşağıdaki tasarım kuvvetlerini taşıması gerekmektedir. Gerekli çizimi hazırlayınız.

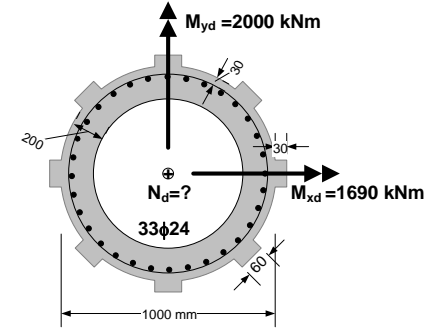
$$N_d = 1500 \text{ kN}, M_{xd} = 106.7 \text{ kNm}, M_{yd} = 106.7 \text{ kNm}$$

$$N_d = 1500 \text{ kN}, M_{xd} = -134 \text{ kNm}, M_{yd} = 70 \text{ kNm}$$

$$N_d = 1500 \text{ kN}, M_{xd} = -134 \text{ kNm}, M_{yd} = -70 \text{ kNm}$$

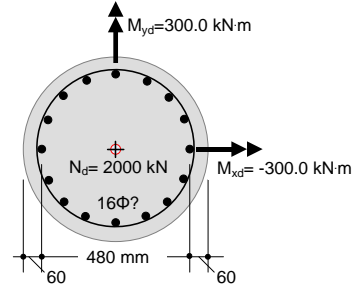


12. Şekildeki betonarme halka kolon C25/30 beton ve B420C çeliği ile Eskişehir merkezde inşa edilmiştir. Kolonun taşıyabileceği tasarım eksenel basınç kuvvetini bulunuz.

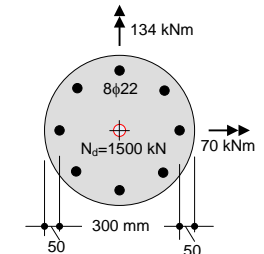


13. Sağdaki kolonda N_d basınç kuvvetidir. Malzeme C25/30-B420C, şantiye denetimi iyidir.

1) Donatı çapını belirleyiniz. 2) Basınç bölgesini tarayarak tahmini olarak gösteriniz.

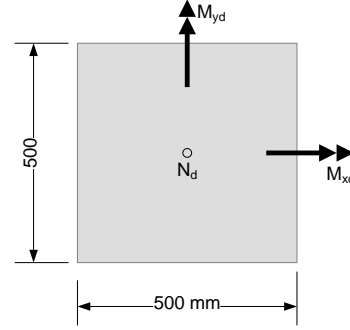


14. Aşağıda kesiti görülen kolon Eskişehir'de C30/37-B420C malzemesi ile inşa edilmiştir. Şekilde verilen tasarım kuvvetlerini güvenle taşıyıp taşımayacağını belirleyiniz.

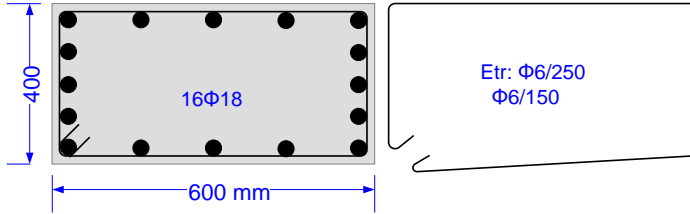


15. Kesiti görülen kolona aşağıdaki tabloda verilen 4 farklı tasarım kuvveti üçlüsü etkimektedir. Malzeme C25/30-B420C, beton örtüsü 50 mm dir. Kolon iyi denetimli olduğu varsayılan bir şantiyede imal edilecektir. Boyuna donatıları her kenarda eşit olacak şekilde belirleyiniz, kesiti çiziniz ve $\Phi 10$ sargı kullanarak açılımını veriniz.

	N_d (kN)	M_{xd} (kN.m)	M_{yd} (kN.m)
1	2085	375	62.55
2	2085	37.5	375
3	2085	62.55	-375
4	2085	-37.5	-37.5

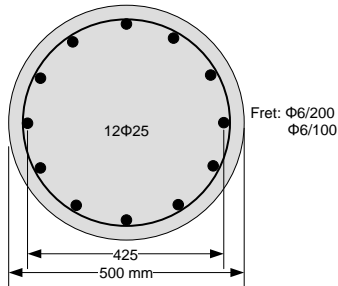


16. Bir uygulama projesinin kontrolü sonucunda aşağıdaki kolon sargısının yönetmelik koşullarını sağlamadığı anlaşılmıştır. Yönetmelikleri sağlayan sargı öneriniz.



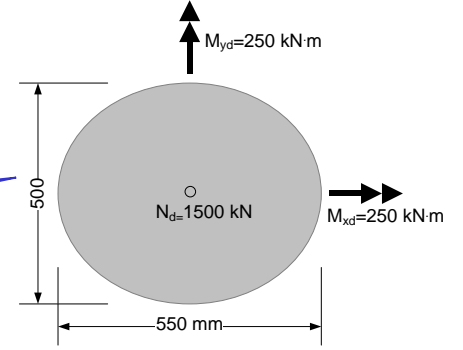
17. Bir uygulama projesinin kontrolü sonucunda aşağıdaki kolon sargısının yönetmelik koşullarını sağlamadığı anlaşılmıştır. Ayrıca, $\Phi 25$ çaplı çelik temin edilememiştir.

a) Yönetmelikleri sağlayan sargı öneriniz. b) Şantiyede aynı dayanımlı $\Phi 24$ çaplı çelik olduğuna göre çubuk sayısını belirleyiniz c) Uygulanacak kesiti çiziniz.



18. Aşağıdaki kolon mimari nedenlerle kesitte görüldüğü gibi imal edilecektir. Gerekli donatıyı hesaplayarak kesiti çiziniz. $\phi 10$ konstrüktif sargı kullanınız. Malzeme: C25/30 ve B420C, beton örtüsü : 40 mm, şantiye: iyi denetimli.

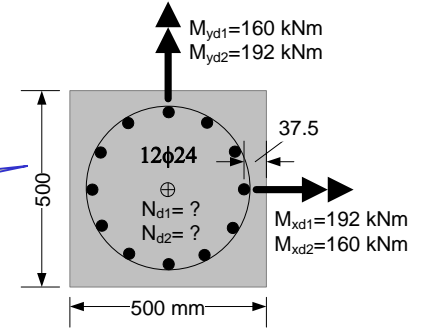
Dairesel kolon olarak modelleyiniz



19. Şekilde görülen betonarme kolon C30/37-B420C ve iyi şantiye denetiminde inşa edilmiştir. Farklı zamanlarda etkiyeceği varsayılan

a) M_{xd1} , M_{yd1} momentlerini taşıyabilmesi için N_{d1} ne olmalıdır?
b) M_{xd2} , M_{yd2} momentlerini taşıyabilmesi için N_{d2} ne olmalıdır?

Dairesel kolon olarak modelleyiniz

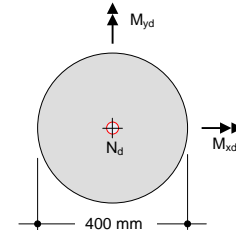


20. Kesiti verilen kolon Eskişehir'de C25/30-B420C malzemesi ile inşa edilecektir. Beton örtüsü 50 mm olacaktır. Kolonun aşağıdaki tasarım kuvvetlerini taşıması gerekmektedir. Gerekli çizimi hazırlayınız.

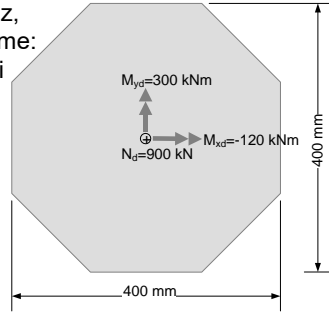
$N_d=1500$ kN, $M_{xd}=106.7$ kNm, $M_{yd}=106.7$ kNm

$N_d=1500$ kN, $M_{xd}= -134$ kNm, $M_{yd}=70$ kNm

$N_d=1500$ kN, $M_{xd}= -134$ kNm, $M_{yd}= -70$ kNm

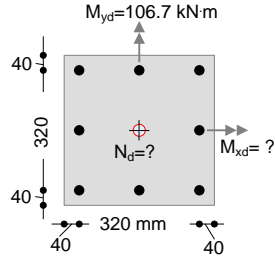


21. Sağdaki kolonun boyuna donatısını hesaplayınız, kesiti çiziniz. $\phi 10$ konstrüktif sargı kullanınız. Malzeme: C25/30 ve B420C, beton örtüsü : 40 mm, şantiye: iyi denetimli.

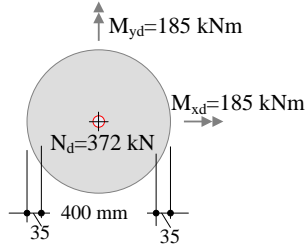


Dairesel kolon olarak modelleyiniz

22. Solda kesiti görülen kolonun boyuna donatıları $8\phi 20$ dir. N_d yönetmeliklerin izin verdiği en büyük basınç kuvvetidir. Kolonun taşıyabileceği M_{xd} momentini bulunuz. Malzeme C25/30-B420C, şantiye denetimi iyidir.



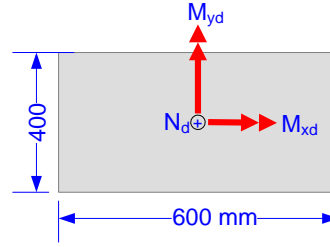
23. Kesiti ve tasarım kuvvetleri verilen betonarme kolon C30/37-B420C malzemesi ile öndöküm(prefabrik) olarak üretilecektir. Beton örtüsü 35 mm olacaktır.



a) Gerekli boyuna donatıyı hesaplayınız

b) Kesitin çizimini veriniz

24. Kesiti görülen kolona ait çoklu tasarım kuvvetleri tabloda verilmiştir. Kolon boyuna donatısını belirleyerek gerekli çizimi hazırlayınız. Malzeme C25/30-B420C. Sargı donatısını konstrüktif olarak öneriniz. İyi denetimli şantiye.



N_d (kN)	M_{xd} (kNm)	M_{yd} (kNm)
1120	15	500
1120	290	25
1120	179	290

ÇÖZÜM:

Tasarım kuvvetleri yönetmelik koşullarını sağlıyor mu? Kontrol:

$$f_{ck}=25 \text{ N/mm}^2=25000 \text{ kN/m}^2, f_{cd}=25/1.5=16.667 \text{ N/mm}^2 =16667 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{yd}=420/1.15=365.22 \text{ N/mm}^2 =365220 \text{ kN/m}^2, A_c=0.6 \cdot 0.4=0.24 \text{ m}^2$$

$$N_d=1120 < 0.9 \cdot 16667 \cdot 0.24 =3600 \text{ kN} \checkmark$$

$$N_d=1120 < 0.4 \cdot 25000 \cdot 0.24 =2400 \text{ kN} \checkmark$$

$$\text{min } M_{xd}=(0.015+0.03 \cdot 0.4) \cdot 1120=30.2 \text{ kNm. Tablodaki } M_{xd}=15 \text{ sağlamıyor!, } M_{xd}=30.2 \text{ kNm alınacak} \checkmark$$

$$\text{min } M_{yd}=(0.015+0.03 \cdot 0.6) \cdot 1120=37 \text{ kNm. Tablodaki } M_{yd}=25 \text{ sağlamıyor!, } M_{yd}=37 \text{ kNm alınacak} \checkmark$$

Aydın/Akgün/Topçu tabloları(EK11) kullanılacak, donatı kenarlara eşit yerleştirilecek.

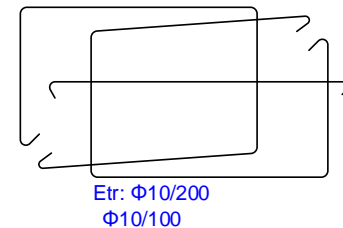
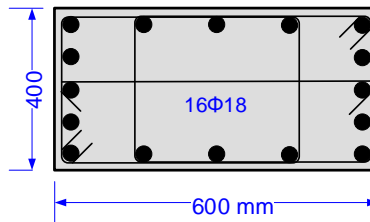
$$n=1120/0.24/16667=0.28 \approx 0,3 \text{ alınacak}$$

N_d (kN)	M_{xd} (kNm)	M_{yd} (kNm)	n	m_x	m_y	w	A_{st} (mm ²)
1120	15 30.2	500	0.28	1.9	20.8	37	4052
1120	290	25 37	0.28	18.1	1.5	26	
1120	179	290	0.28	11.2	12.1	27	

En büyük w en büyük A_{st} yi verir. Diğer w lar için A_{st} hesaplanması gerekmez

Gerekli donatı alanı $A_{st}=4052 \text{ mm}^2$. Köşelere $1\phi 18(254 \text{ mm}^2)$ konursa, her kenar ortasına $(4052-4 \cdot 254)/4=759 \text{ mm}^2 \rightarrow 3\phi 18(762 \text{ mm}^2)$ gerekir. Toplam donatı sayısı $16\phi 18 (4064 \text{ mm}^2)$ olur.

$$\rho=4064/600/400=0.017, \text{ min } \rho=0.01 < \rho < \text{max } \rho=0.04 \checkmark$$



Etr: $\phi 10/200$
 $\phi 10/100$

Betonarme I SON

İnşaat mühendisliğinde kesin çözüm yoktur. Hesap yaparken bir sürü varsayım yaparız .
İyi mühendis, yaptığı varsayımların ve bunların mertebesinin bilincindedir.

Kötü mühendis, çoğu kez hesapların, yaptığı varsayımlar nedeni ile kesin olmadığının farkında değildir. Bu nedenle de oluşabilecek hata oranı hakkında da hiçbir fikri yoktur.

R.C. REESE

(ABD'nin ünlü bir mühendisi)

Yukarıdaki ifade "ERSOY, U., Ustalarımın Öğrendiklerim, İnşaat Mühendisleri Odası, ANKARA, 1999" dan alınmıştır.

Yapı Mühendisliği, kesin olarak belirlenemeyen yükler etkisinde, özellikleri ancak tahmin edilebilen malzemeler kullanılarak, sadece yaklaşık olarak analiz edilebilen gerçek yapılar yapma sanatıdır.

Edward L. Wilson, SAP 2000 nin babası.

Kullandığınız malzemenin dilini konuşun. Aguste Perret, Fransız, (1874-1954), betonarmenin ilklerindedir.

Özet: Betonarmede iki kere iki, üç aşığı beş yukarı dört eder

İYİ MÜHENDİS OLMANIZ DİLEĞİ İLE...

Boş bir çuvalın dik durması zordur. *Benjamin Franklin*

Duyuyorum ve unutuyorum. Görüyorum ve hatırlıyorum.
Yapıyorum ve anlıyorum. *Konfüçyüs*

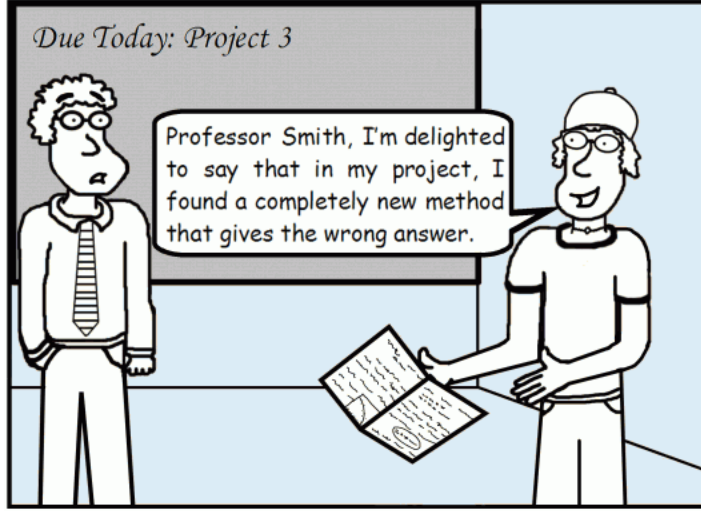
Ezberleme yeteneğim yok. Çünkü Mühendisim.

Çoğu şeyi yaşayarak öğreniriz. Ancak sadece yaşayarak öğrenmek, bedeli en ağır olan öğrenme yöntemidir.

Öğrenmek yetmez, bilginin üretime dönüştürülmesi gerekir. Zor olan da budur.

RELAX

© AcademicKeys.com



"Student ingenuity!"

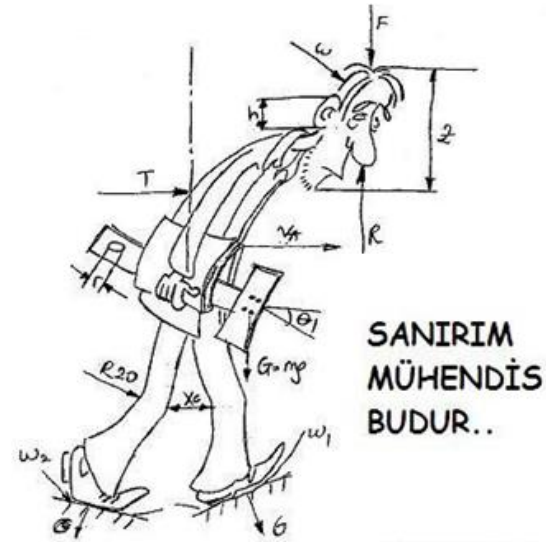
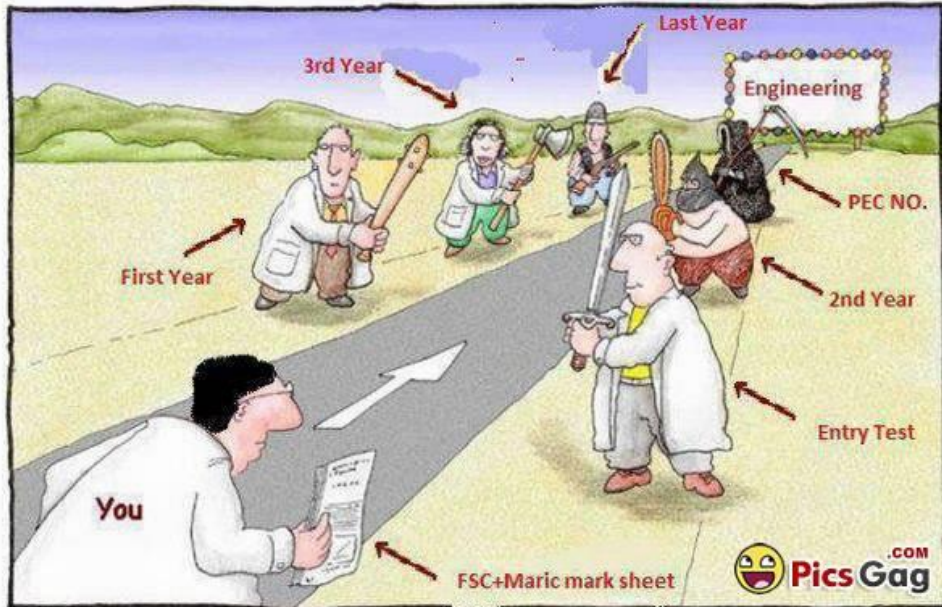
12 reasons why I choose to be in ENGINEERING

1. I hate sleeping.
2. I have enjoyed my life in childhood.
3. I can't live without tension.
4. I wanted to have disturbed family life.
5. I hate to look like a smart person.
6. I wanted to take revenge from myself.
7. I love dreaming and see client dream come true.
8. I wanted social boycott.
9. I wanted to break up with my friends.
10. I love to work on holidays.
11. I can't live without mobile.
12. I love begging for payment.

Albert Einstein was visited by a student. "The questions on this year's exam are the same as last year's!" the young man exclaimed. "Yes," Einstein answered, "but this year all the answers are different."



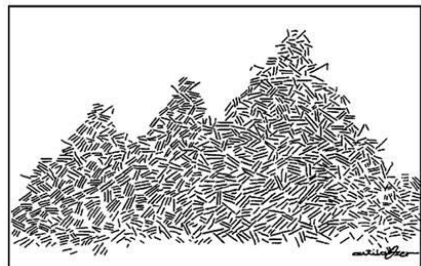
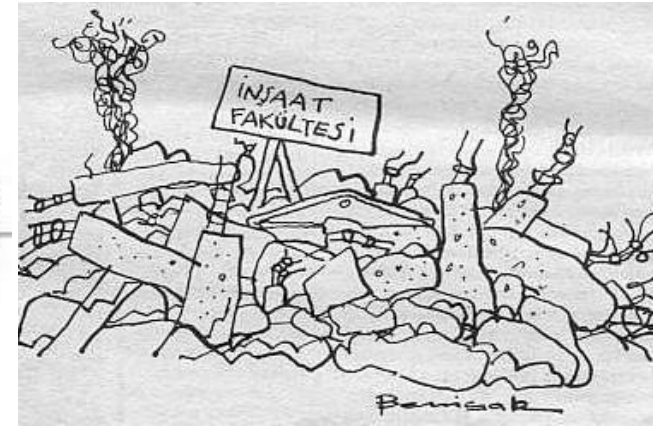
Serkan Altuniğne © www.komikaze.net



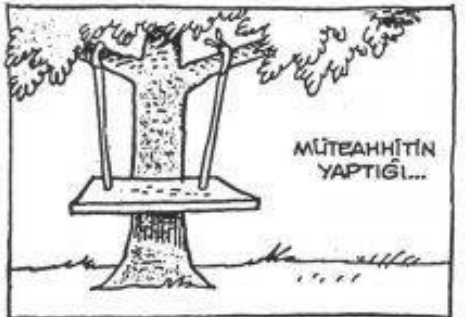
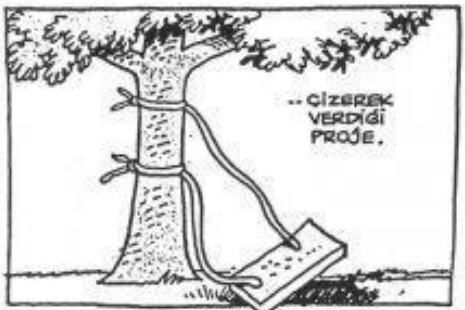
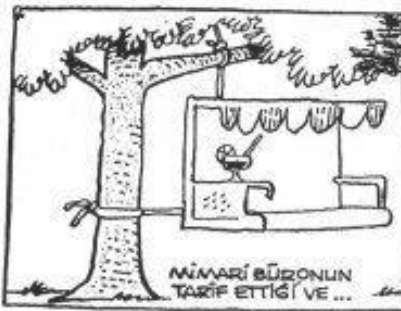
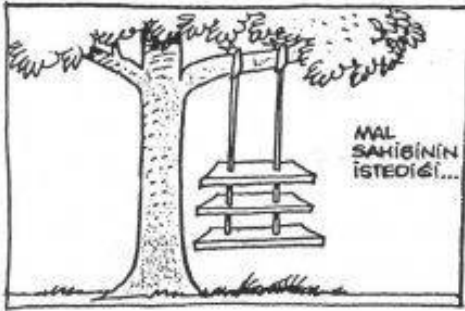
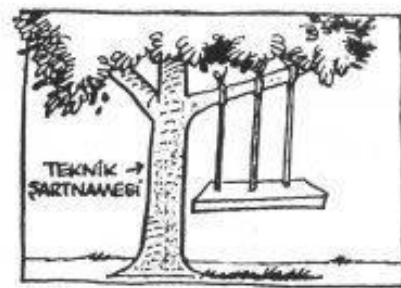
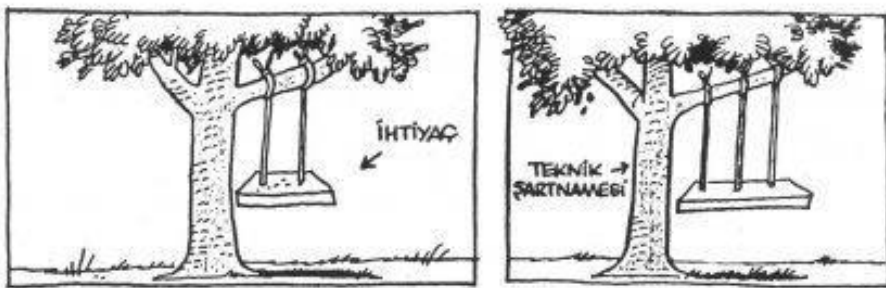


"Well, there's your problem - you were holding the plans wrong."

Bakış yönü



Depreme hazırız



SCIENTISTS DREAM ABOUT DOING GREAT THINGS. ENGINEERS DO THEM.

James A Michener
PICTUREQUOTES.COM

"Projects we have completed demonstrate what we know - future projects decide what we will learn."

Dr. Mohsin Twana

Art without engineering is dreaming. Engineering without art is calculating.

- Steven Roberts

"ENGINEERS LIKE TO SOLVE PROBLEMS. IF THERE ARE NO PROBLEMS HANDILY AVAILABLE, THEY WILL CREATE THEIR OWN PROBLEMS."

SCOTT ADAMS

© Lifehack Quotes

NO STUDY = FAIL
STUDY = NO FAIL
NO STUDY + STUDY = FAIL + NO FAIL
(NO + I) STUDY = (NO + I) FAIL
∴ STUDY = FAIL

©Marty Bucella www.martybucella.com



"Herkesin suçunu üzerine alabilecek birini arıyoruz. Bugün işe başlayabilir misiniz?"



Erdil Yaşaroğlu © www.komikaze.net

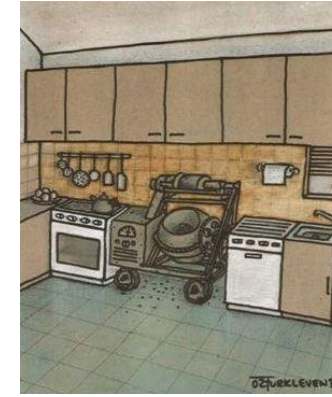


search ID: ifon229



BIGGEST ENGINEERING TRUTH:

Your Family Members will not consider you an Engineer...!! Unless you don't repair any of Home Appliance



İnşaat Mühendisinin mutfağı

