

Çelik Yapı Elemanları

GKT/YDKT

Ders Notları

7-EKSENEL ÇEKME KUVVETİ

Prof.Dr. Zeki AY
SDÜ İnş. Müh. Böl.
Isparta 2019

www.zekiay.com.tr

7. EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

7.1. GİRİŞ

7.2 ÇEKME ÇUBUKLARINDA NET ENKESİT ALANI(A_n) HESABI

7.2.1 Levhalar

7.2.2 Köşebent ve T Profiller

7.2.3 [ve I Profiller

ÖRNEK 7.1

ÖRNEK 7.2

ÖRNEK 7.3

ÖRNEK 7.4

7.3 "U" GERİLME DÜZENSİZLİĞİ ETKİ KATSAYISI HESABI

ÖRNEK 7.5

ÖRNEK 7.6

7.4. ÇEKME ÇUBUĞU ÇÖZÜM ŞEMASI

7.5 KARAKTERİSTİK ÇEKME KUVVETİ DAYANIMI

7.5.1. Akma Sınır Durumu İçin:

7.5.2. Kırılma Sınır Durumları İçin

7.5.3. Blok kırılma sınır durumu

7.6 GEREKLİ ÇEKME ÇUBUĞU ALANI

7.6.1 Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT)

7.6.2 Güvenlik Katsayıları ile Tasarım(GKT)

7.7 ÇEKME ÇUBUĞU ENKESİTİ İÇİN İŞLEM SIRASI

7.8 YAPMA ENKESİTLİ ÇEKME ELEMANLARI

7.9 ÇEKME ELEMANLARININ MİL BİRLEŞİMLERİ

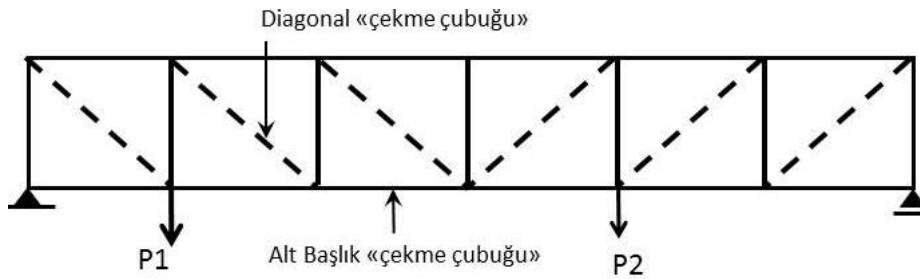
7. EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

7.1. GİRİŞ

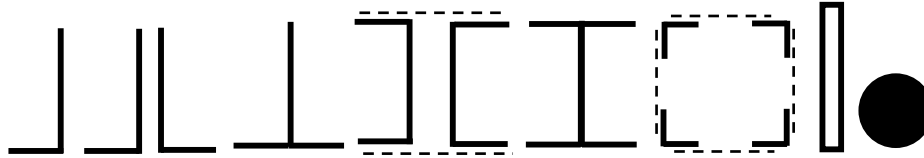
Boylama eksenini doğrultusunda çekme kuvveti taşıyan elemanlara çekme çubuğu adı verilir. Çelik yapılarda en çok kafes kiriş elemanı olarak karşımıza çıkarlar. En kesitleri tek parçalı olduğu gibi çok parçalıda olabilir. Çok parçalı olduğu zaman her 1,5-2 m'de bir elemanlar birbirlerine bağlanırlar. Bu bağlantı çubuk boyunun en az 1/3'ünde olmak üzere yapılmalıdır. Rüzgar, deprem, montaj vb. yüklemelerde yapıya gelen yükler yön değiştirir. Yön değiştiren yükler altında çekme kuvvetine çalışan bir çubuk basınca çalışabilir. Bu nedenle sadece çekmeye çalışacağı öngörülen çekme çubukları, yön değiştiren yükler altında basınca çalıştığında burkulmaktadır. Uygulamada, özellikle uzay çatı sistemlerinin montajında burkulanan eleman problemi ile sıkça karşılaşmaktadır. Bunu önlemek için, sistemin montajının nasıl olacağına önceden karar vermek ve buna göre oluşacak montaj yükleri için sistemin tasarımını yapmak gerekir.



Şekil 7.1 Paralel başlıklı 3D kafes kiriş



Şekil 7.2 Paralel başlıklı 2D kafes sistem



Şekil 7.3 Çekme çubuğu enkesit örnekleri

Çekme çubuklarının hesabında "blok kesme" olarak tanımlanan, çubuğun bulonlu veya kaynaklı birleşim ya da ekinden oluşan çubukta meydana gelen "kesit kaybından" dolayı çekme çubuğunun kısmen ya da tamamen kesilerek kopmasıdır. Bu nedenle çekme çubuklarının hesabında en önemli hususlardan biri net çubuk en kesit alanının hesabıdır. Bulonlu ek ya da birleşimlerde çekme çubuğunda mutlaka kesit kaybı olurken kaynaklı ek ya da birleşimde kesit kaybı detaya göre olabilir ya da olmayabilir. Çelik kablolar ve miller hariç olmak üzere tüm

çekme çubuklarında $L/i < 300$ olmalıdır. Burada (L) çekme çubuğu boyu, (i) minimum atalet yarıçapıdır.

7.2 ÇEKME ÇUBUKLARINDA NET ENKESİT ALANI(A_n) HESABI

$$A_n = \left[A_g - \sum_{i=1}^m d_{ei} t_i + \sum_{j=1}^k \left(\frac{s^2}{4g} \right) t_j \right] \quad (\text{ÇYTY D-5.3})$$

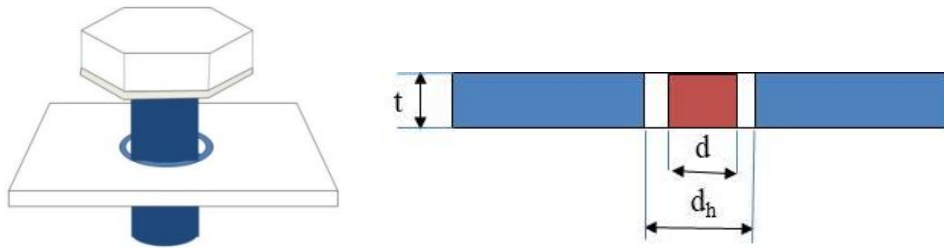
i = kesilme hattındaki kırık çizgi sayısı, t =levha kalınlığı, j =kesilme hattı boyunca delik sayısı,

d_e =etkin delik çapı

$$d_e = d_h + 2 \text{ mm}$$

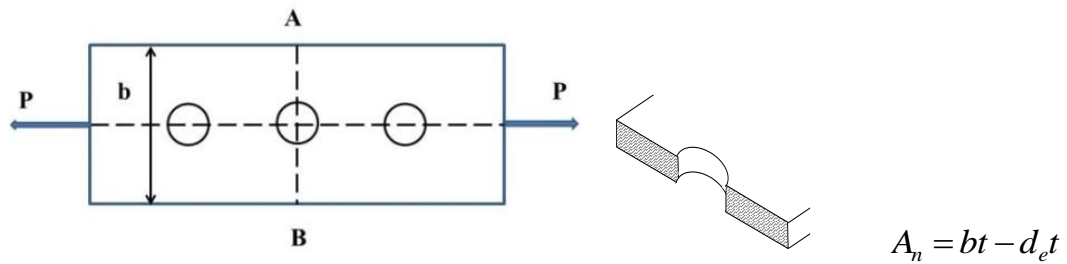
d = bulon çapı,

d_h = karakteristik bulon deliği çapı(TÇY-2016 Tablo 13.8'den alınır)

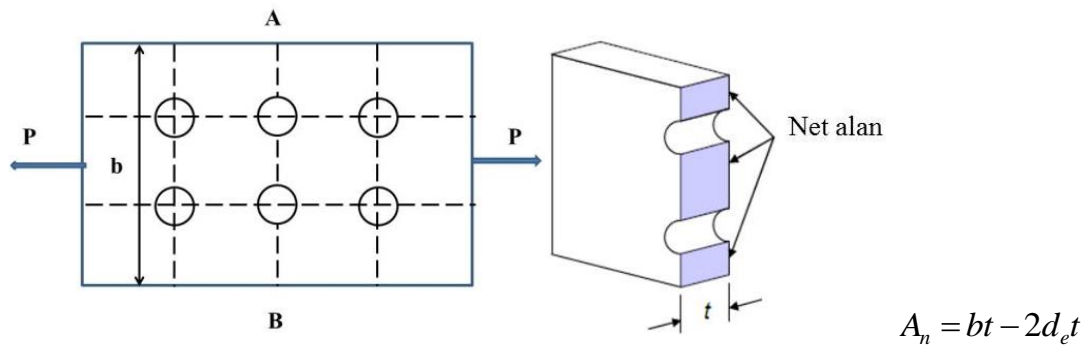


Şekil 7.4

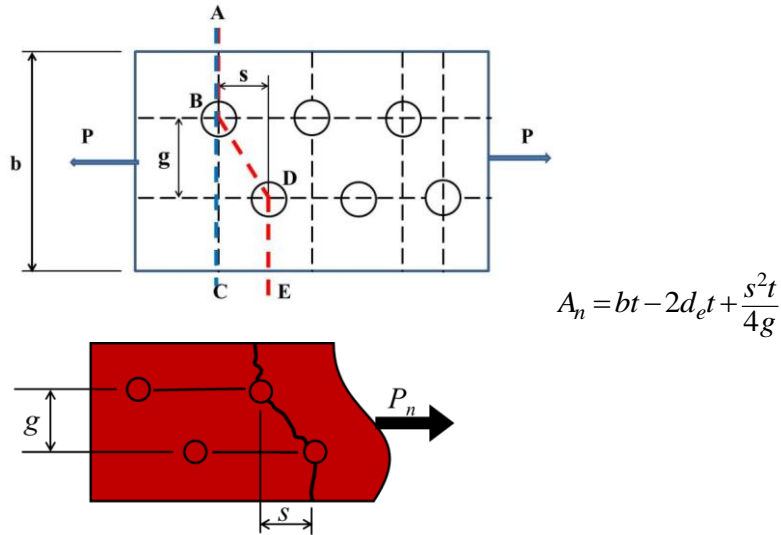
7.2.1 Levhalar



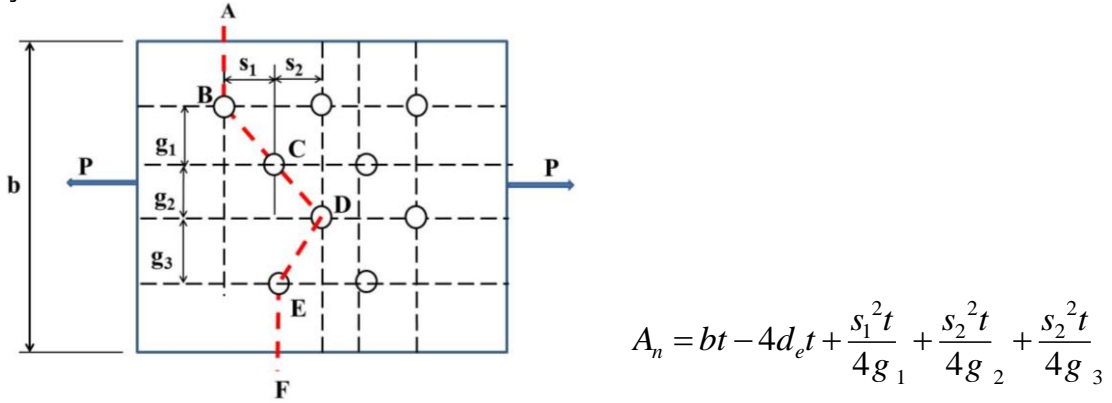
Şekil 7.5 A-B kırılma hattı (t=levha kalınlığı)



Şekil 7.6 A-B kırılma hattı(t=levha kalınlığı)

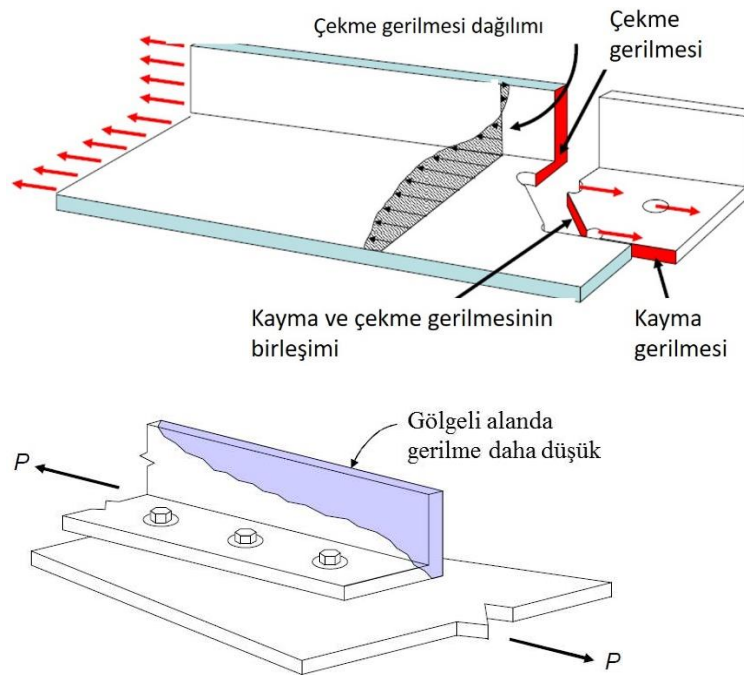


Şekil 7.7 A-B-D-E kırılma hattı

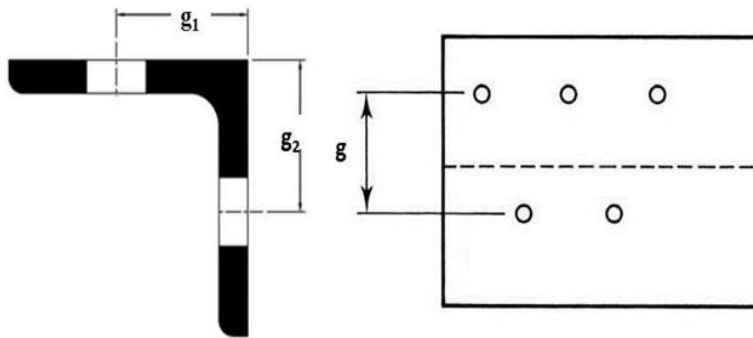


Şekil 7.8 A-B-C-D-E-F kırılma hattı

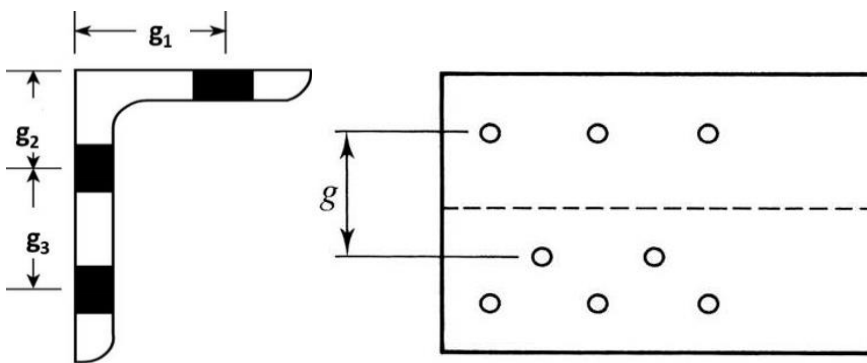
7.2.2 Köşebent ve T Profiller



Şekil 7.9



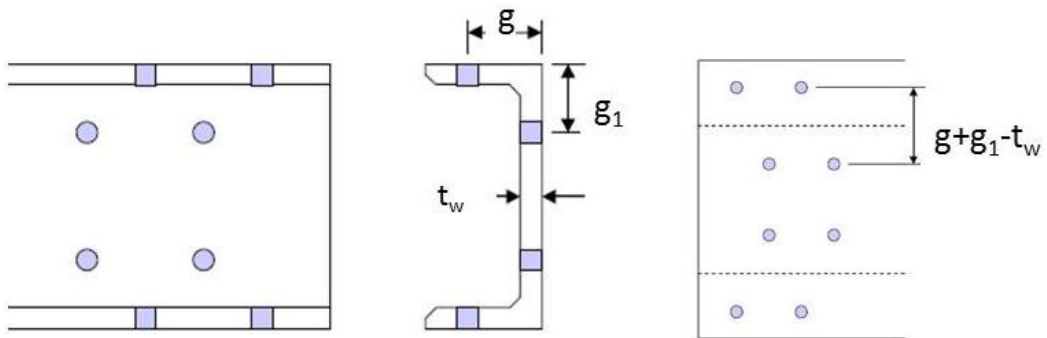
Şekil 7.10



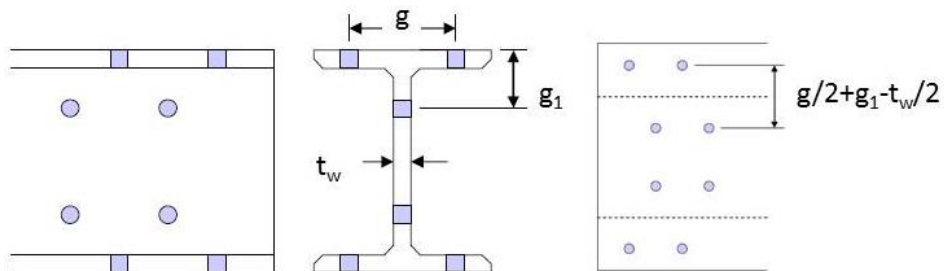
Şekil 7.11

Yukarıdaki köşebent örneklerinde, $\left(\frac{s^2}{4g}\right)$ teriminde $g=g_1+g_2-t$ (t =köşebent et kalınlığı) olur.

7.2.3 [ve I Profiller



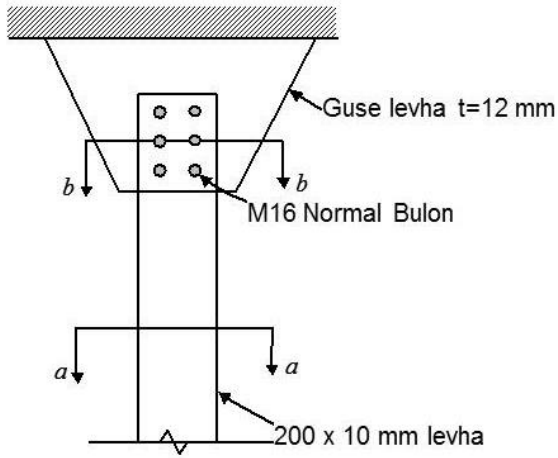
Şekil 7.12



Şekil 7.13

ÖRNEK 7.1

Aşağıda verilen çekme çubuğu için net enkesit alanını hesaplayınız.



Bulon M16, Bulon çapı $d = 16$ mm

Karakteristik delik çapı $d_h = 18$ mm (ÇYTY-Tablo 13.8)

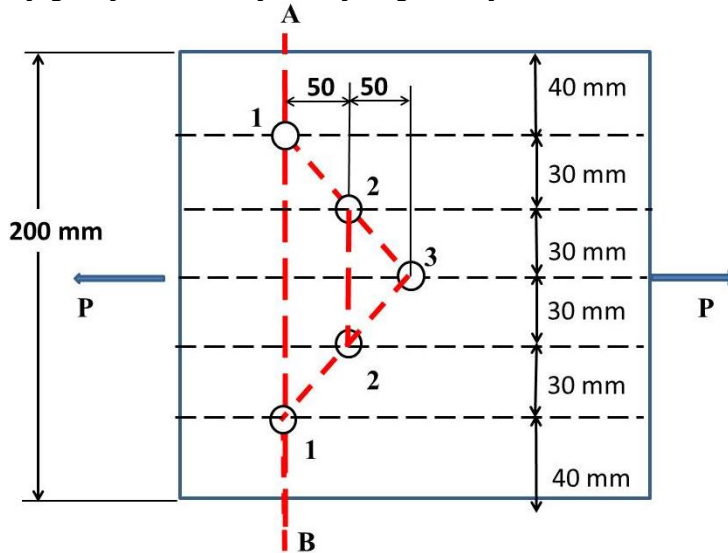
Etkin delik çapı $d_e = 18 + 2 = 20$ mm

Kayıpsız enkesit alanı $A_g = 200 \times 10 = 2000$ mm²

Net enkesit alanı $A_n = 2000 - 2 \times 20 \times 10 = 1600$ mm²

ÖRNEK 7.2

Aşağıda şekli verilen çekme çubuğunun için net enkesit alanını hesaplayınız. Bulon M20.



M20 bulon, levha $t = 10$ mm

$d = 20$ mm, $d_h = 22$ mm, $d_e = 22 + 2 = 24$ mm

$A_n(A-1-1-B) = (200 \times 10 - 2 \times 24 \times 10) = 1520$ mm²

$A_n(A-1-2-2-1-B) = 200 \times 10 - 4 \times 24 \times 10 + 2 \times \left(\frac{50^2}{4 \times 30} \right) \times 10 = 1456.67$ mm²

Prof.Dr. Zeki AY

zekiay İnşaat Mühendislik Ders Notları / Çelik Yapı Elemanları/2019

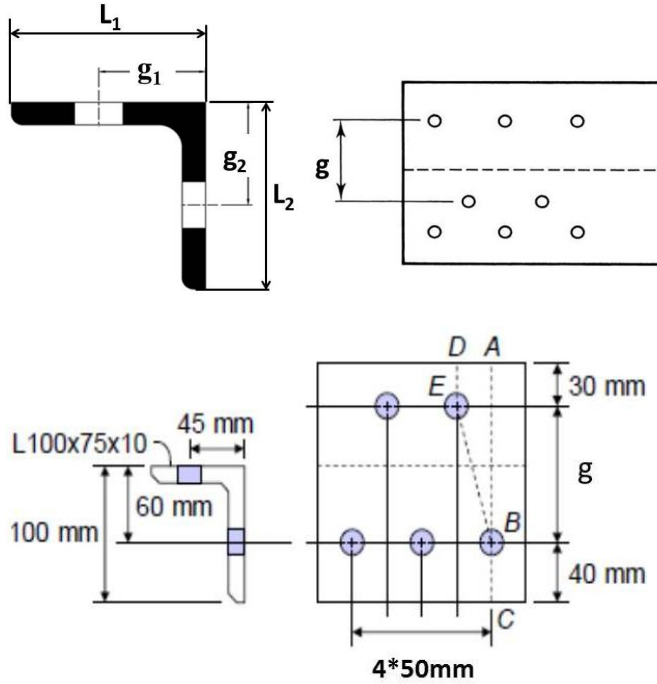
$$A_n(A-1-2-3-2--B)=2000-5*24*10+4*((50^2)/4*30)*10=1633.34 \text{ mm}^2$$

$$A_n=\min[A_n(1-1), A_n(1-2-2-1), A_n(1-2-3-2-1)]$$

$$A_n=1456.67 \text{ mm}^2$$

ÖRNEK 7.3

Aşağıda şekli çekme çubuğunun için net enkesit alanını hesaplayınız. Bulon M20.



Köşebent hesabında min boy hesabı yapılırken kesim hattı için yukarıdaki gibi kollar açılarak oluşturulmuş şekil göz önüne alınır.

M20 bulon , $d=20 \text{ mm}$, $d_h=22 \text{ mm}$, $d_e=22+2=24 \text{ mm}$

$$\frac{s^2}{4g} \text{ terimi } g = g_1 + g_2 - t \text{ olur.}$$

$$g_1=45, g_2=60, t=10, g = 45 + 60 - 10 = 95 \text{ mm}$$

$$ABC = (L_1 - g_1) + (L_2 - g_2) - \sum_n d_e + \sum_i \frac{s_i^2}{4g_i}$$

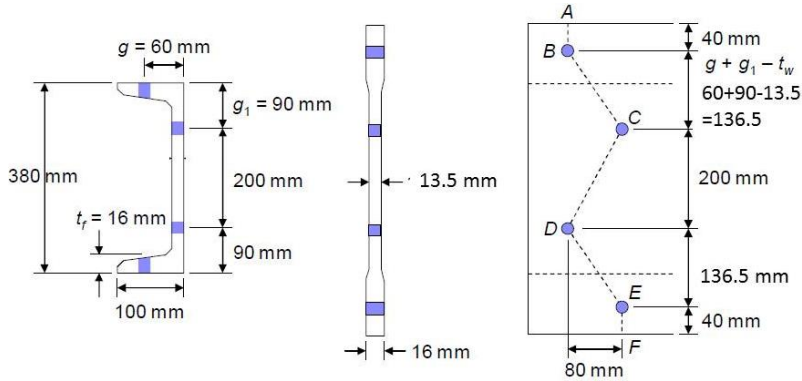
$$DEBC = \sum_n d_e + \sum_i \frac{s_i^2}{4g_i} = 100 + 75 - 10 - 2(24) + 50^2/(4*95) = 123.6 \text{ mm}$$

$$\text{min yol}=123.6 \text{ mm}$$

$$A_n = A_g + \sum t d_e, A_n = (123.6)(10) = 1236 \text{ mm}^2 = 12.36 \text{ cm}^2$$

ÖRNEK 7.4

Aşağıda şekli verilen çekme çubuğunun A_n hesaplayınız.



$$t_w = 13.5, t_f = 16, A_g = 80.4 \text{ cm}^2, M16, d_h = 18, d_e = 20$$

Not: Başlık ve gövde kalınlıkları farklı olduğunda (burada B-C ve D-E arasında olduğu gibi) gövde ve başlık kalınlıklarının ortalaması alınır. Yukarıda gövde kalınlığına göre (g) mesafesi verilmiştir.

B-C ve D-E arası:

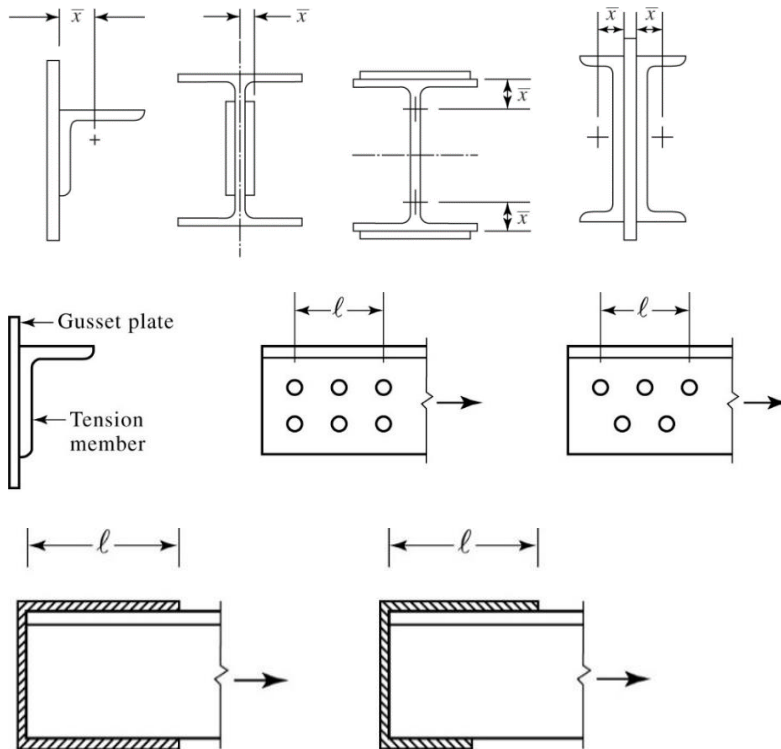
$$60 + 90 - (13.5 + 16) / 2 = 135.25 \text{ mm}$$

ABCDEF hattı için;

$$A_n = 80.4 - 2(2.0)1.35 - 2(2.0)1.6 + \frac{8^2}{4 \cdot 20} 1.35 + (2) \frac{8^2}{4 \cdot (13.525)} \left(\frac{1.6 + 1.35}{2} \right) = 73.17 \text{ cm}^2$$

7.3 "U" GERİLME DÜZENSİZLİĞİ ETKİ KATSAYISI HESABI

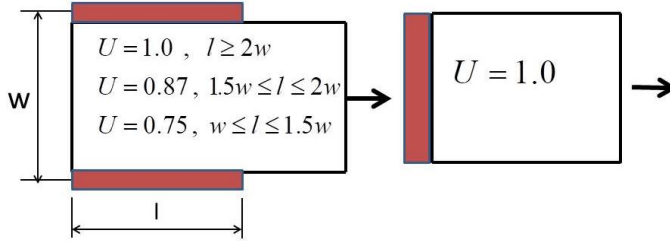
1. $l \geq 1.3D$ olan levhalar ve boru profiller hariç her türlü çekme elemanı için genel kategori



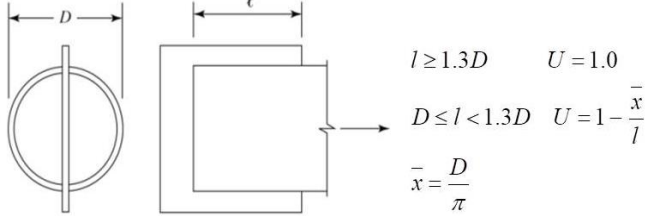
2. Levhalar

Genel olarak, levhaya sadece bir eleman bağlandığı zaman $U = 1.0$ alınır. Fakat eğer eleman kuvvet doğrultusunda kaynakla levhaya bağlanmış ise bu durumlar için aşağıdaki bazı özel durumlara dikkat etmek gerekir.

- Kaynaklar sadece kuvvet doğrultusunda ve kuvvet doğrultusuna dik doğrultuda yapılmış ise U değerleri:

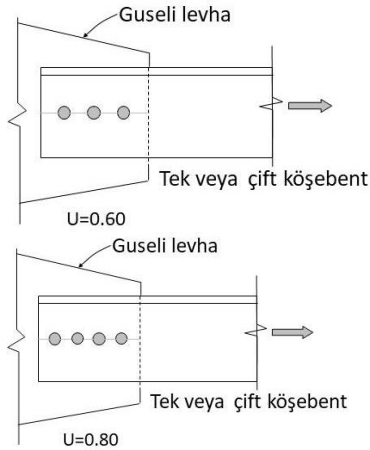


- $l \geq 1.3 D$ olan boru profiller U değerleri:

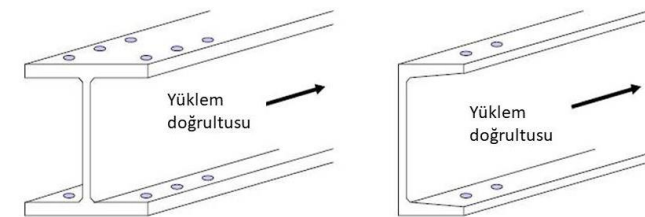


- Tek köşebentler için alternatif U değerleri:

Yükleme doğrultusunda 2 veya 3 bulon(perçin) kullanılmış ise, $U=0.60$, 4 bulon(perçin) kullanılmış ise $U=0.80$.




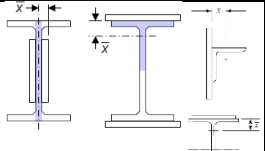

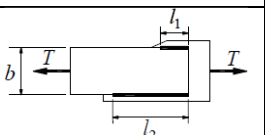
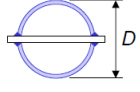
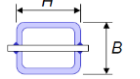
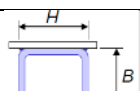
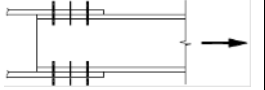
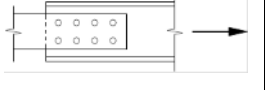
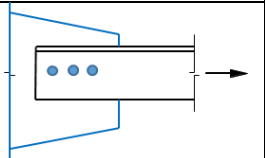
- IPE, NPI, HEA, [profilleri için alternatif U değerleri:



Yükleme doğrultusunda başlıktan
3 bulonla bağlı ise: $U=0.90$ veya 0.85

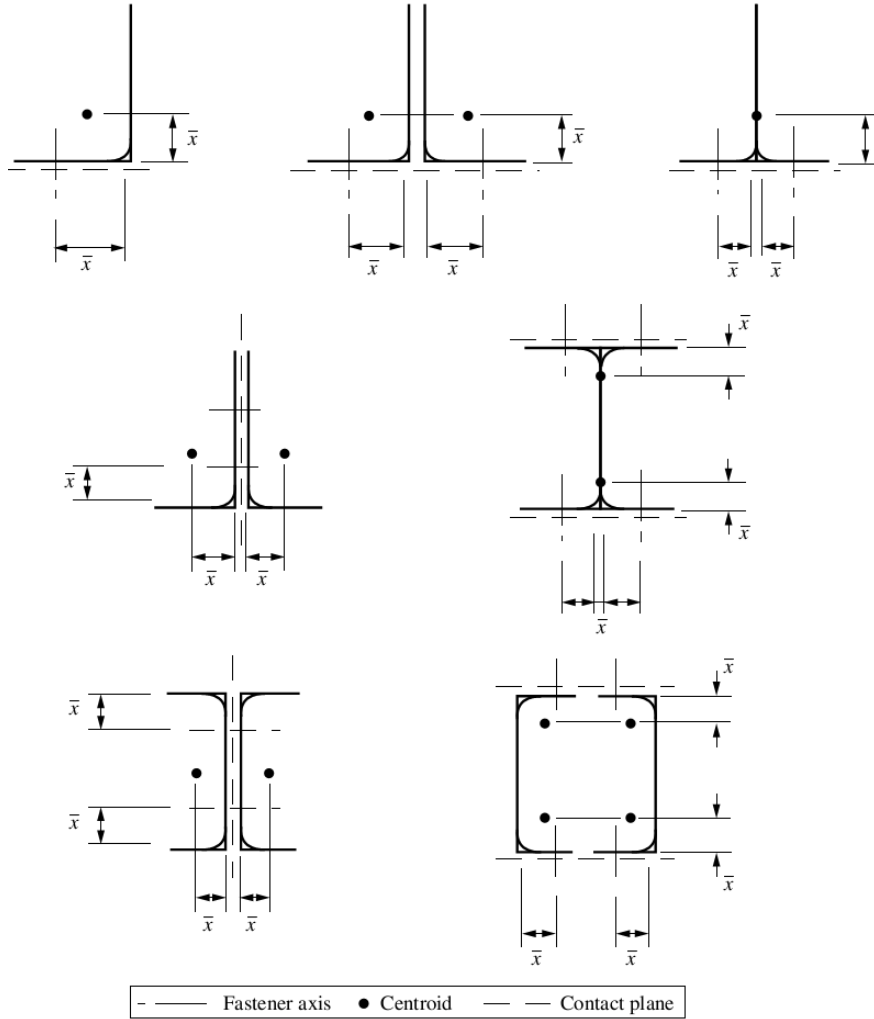
Yükleme doğrultusunda başlıktan
2 bulonla bağlı ise: $U=0.75$

Tablo 7.1. Gerilme Dzensizliđi Etki Katsayısı(U)(ÇYTY T-7.1)

Durum	Çekme Elemanı tanımı	Gerilme Dzensizliđi Etki Katsayısı	Örnek	
1	Çekme elemanlarının birleşim bölgesine tüm enkesit parçalarıyla bağlanması durumu	$U = 1$		
2	I, U ve T- enkesitli çekme elemanlarının tüm enkesit parçalarıyla bağlanmaması durumu	$U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$		
3	Kuvvetin çekme doğrultusuna dik kaynaklarla aktarıldığı birleşim	$U = 1$, A_n : doğrudan birleşen enkesit parçasının alanı		
4 ^[a]	Çekme kuvvetinin sadece boyuna doğrultudaki kaynaklarla aktarıldığı levhalar, korniyerler, U-profiller, T-enkesitli elemanlar ve birleşim elemanları ile bağlanan I-profillerin birleşimi .(\bar{x} nin tanımı için Durum 2 ye bakınız)	$U = \frac{3l^2}{(3l^2 + b^2)} \left(1 - \frac{\bar{x}}{l}\right)$		
5	Bir birleşim levhasına bağlanan boru enkesitli profiller ^[b]	$l \geq 1.3D$ $U = 1.0$ $D \leq l < 1.3D$ $U = 1 - \bar{x}/l$ $\bar{x} = D/\pi$		
6	Birleşim levhasına bağlanan kutu enkesitli profiller ^(b)	Bir adet merkezi birleşim levhası kullanılması durumu	$l \geq H$ $U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$ $\bar{x} = \frac{B^2 + 2BH}{4(B+H)}$	
		Yan kenarlarda iki adet birleşim levhası kullanılması durumu	$l \geq H$ $U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$ $\bar{x} = \frac{B^2}{4(B+H)}$	
7	I ve 1/2 I enkesitli profiller ^[c]	Başlıkların kuvvet doğrultusunda bir sırada 3 veya daha fazla bulonla bağlandığı birleşim	$b_f/d \geq 2/3 \rightarrow U = 0.90$ $b_f/d < 2/3 \rightarrow U = 0.85$	
		Gövdenin kuvvet doğrultusunda bir sırada 4 veya daha fazla bulonla bağlandığı birleşim	$U = 0.70$	
8	Tek ve çift korniyer ^[c]	Kuvvet doğrultusunda bir sırada 4 veya daha fazla bulon bulunan birleşim	$U = 0.80$	
		Kuvvet doğrultusunda bir sırada 2 veya 3 bulon bulunan birleşim	$U = 0.60$	

Not: \bar{x} : Birleşim etki alanı ağırlık merkezinin birleşim düzlemine dik uzaklığı (dışmerkezlik etkisi) , l : *Yük* doğrultusundaki etkin birleşim uzunluğu (bulonlu birleşimlerde en uzun bulon sırasındaki en dış bulon merkezleri arasındaki uzunluk) , b_f : Başlık genişliği, d : Enkesit yüksekliği.

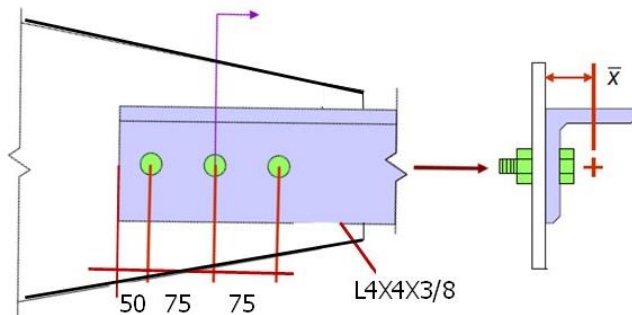
[a] $l = (l_1 + l_2)/2$, [b] Kaynak uzunluğu, l , kutu profilin genişliği, H veya boru profilin çapı, D den küçük olamaz. [c] Bulonlu çekme elemanlarının ön boyutlandırılması aşamasında, gerilme düzensizliği etki katsayısı için Tablo 4.1 de verilen ortalama değerler kullanılabilir. Birleşimin tasarımından sonra, Tablo 4.1 de verilen ifadeler ile hesaplanan daha büyük U değerlerinin kullanılmasına izin verilmektedir.



Şekil 7.14 Gerilme Düzensizliği Etki Katsayısı(U) hesabı için \bar{x} değerleri

ÖRNEK 7.5

Aşağıda şekli verilen çekme çubuğunun A_e değerini hesaplayınız. $d=15$ mm. (Delik çapı ÇYTY-2016'ya göre değildir-aşağıda verilmiştir)



$$A_g = 1850 \text{ mm}^2, t = 9.5 \text{ mm}, d_e = 15 + 3.2 = 18.2 \text{ mm.}$$

$$A_n = A_g - 18.2 \times 9.5 = 1850 - 172.9 = 1677.1 \text{ mm}^2$$

$$\bar{x} = 28.7 \text{ mm}$$

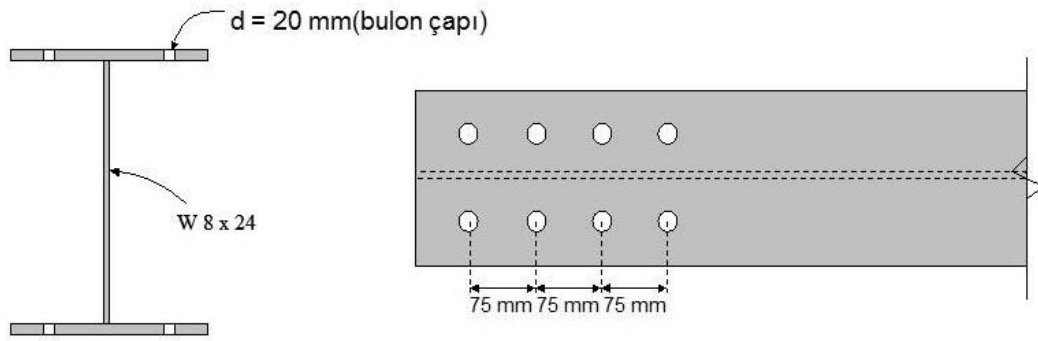
L is the length of the connection, which for this case will be equal to $2 \times 75 = 150 \text{ mm}$.

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{28.7}{150} = 0.809$$

$$A_e = U \cdot A_n = 0.809 \times 1677.1 \text{ mm}^2 = 1357 \text{ mm}^2$$

ÖRNEK 7.6

Aşağıda şekli verilen çekme çubuğunun "U" gerilme düzensizliği katsayısını hesaplayınız. (Delik çapı ÇYTY-2016'ya göre değildir-aşağıda verilmiştir)



W8 x 24 profili enkesit için;

$$A_g = 4570 \text{ mm}^2, \quad d = 201 \text{ mm (profil enkesit yüksekliği)}$$

$$t_w = 6.2 \text{ mm}, \quad t_f = 10.2 \text{ mm}, \quad b_f = 165 \text{ mm}.$$

$$A_e = U A_n, \quad r_y = 40.9 \text{ mm}, \quad L = 75 \times 3 = 225 \text{ mm}$$

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} \leq 0.9$$

\bar{x} 1/2 I kesitin (T kesitin) ağırlık merkezinden başlık kenarına olan uzaklıktır.

$$\bar{x} = \frac{(b_f \times t_f) \times \frac{t_f}{2} + \left(\frac{d - 2t_f}{2} \times t_w \right) \times \left(\frac{d + 2t_f}{4} \right)}{b_f \times t_f + \frac{d - 2t_f}{2} \times t_w}$$

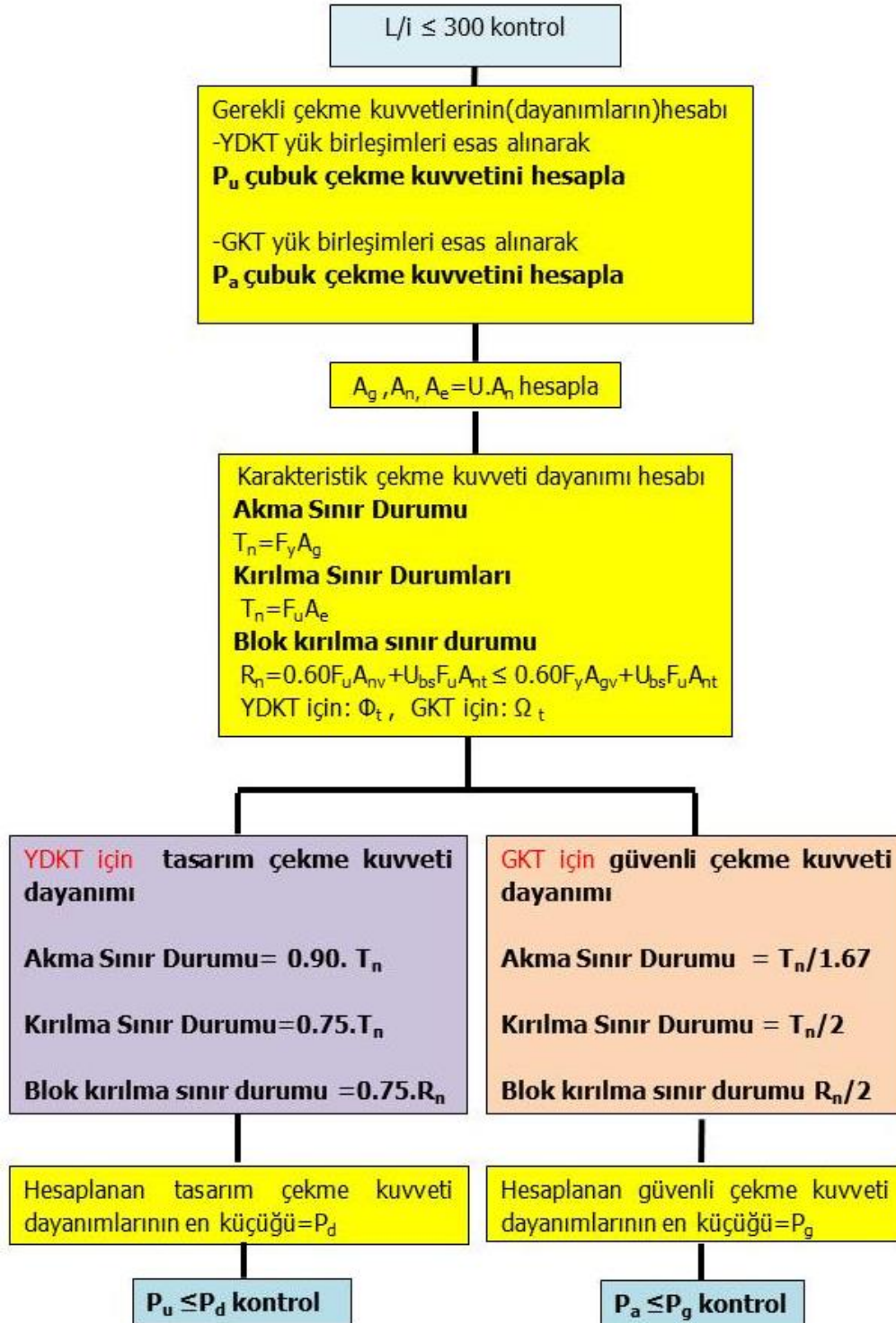
$$\bar{x} = \frac{165 \times 10.2 \times 5.1 + \left(\frac{201 - 2 \times 10.2}{2} \right) \times 6.2 \times \left(\frac{201 + 2 \times 10.2}{4} \right)}{165 \times 10.2 + \left(\frac{201 - 2 \times 10.2}{2} \right) \times 6.2} = 17.6 \text{ mm}.$$

ÇYTY T-7.1 2.ci satırdan;

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{17.6}{225} = 0.922$$

Hesaplanan değer, $U \leq 0.90$ şartını sağlamadığı için $U = 0.90$ alınacaktır.

7.4. ÇEKME ÇUBUĞU ÇÖZÜM ŞEMASI



Şekil 7.15 Çekme Çubuğu Çözüm Şeması

Çekme çubuğu dayanımı hesaplamak için öncelikle, akma sınır durumu, kırılma sınır durumu ve blok kırılma sınır durumlarına göre karakteristik dayanımlar hesaplanır. Daha sonra, YDKT ve GKT için ayrı ayrı, her bir sınır durumu için yönetmeliğin öngördüğü dayanım ve yük faktörleri kullanılarak Tasarım ve Güvenli Çekme Kuvveti Dayanımları hesaplanır. Tasarım çekme kuvveti dayanımlarının en küçüğü (P_d) YDKT için dayanım kuvveti, güvenli çekme kuvveti dayanımlarının en küçüğü (P_g) ise GKT için dayanım kuvvetidir.

P_u =YDKT için gerekli çekme kuvveti dayanımı,

P_d YDKT için tasarım çekme kuvveti dayanımı

$$P_u \leq P_d, P_a \leq P_g$$

P_a = GKT için gerekli çekme kuvveti dayanımı

P_g = GKT için güvenli çekme kuvveti dayanımı

ϕ_t : YDKT için "Dayanım Faktörü" , Ω_t : GKT için "Güvenlik Faktörü

Dayanım ve Güvenlik Faktörleri:

Akma Sınır Durumu: $\phi_t = 0.90$, $\Omega_t = 1.67$

Kırılma Sınır Durumları: $\phi_t = 0.75$, $\Omega_t = 2.00$

Blok kırılma sınır durumu: $\phi = 0.75$, $\Omega = 2.00$

YDKT için; $P_d = \min(0.90 T_{n(\text{akma})}, 0.75 T_{n(\text{kırılma})}, 0.75 R_{n(\text{blok kırılma})})$

GKT için; $P_g = \min(T_{n(\text{akma})} / 1.67, T_{n(\text{kırılma})} / 2, R_{n(\text{blok kırılma})} / 2)$

7.5 KARAKTERİSTİK ÇEKME KUUVETİ DAYANIMI

7.5.1. Akma Sınır Durumu İçin:

$$T_n = F_y A_g$$

F_y : Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi. (Tablo 2.1A veya 2.1B)

A_g : Elemanın kayıpsız enkesit alanı: Yerel burkulma nedeniyle etkin olmayan enkesit parçalarının veya açılan delikler nedeniyle oluşan kayıpların göz önüne alınmadığı toplam enkesit alanı olarak tanımlanır.

7.5.2. Kırılma Sınır Durumları İçin

$$T_n = F_u A_e$$

F_u = Yapısal çelik karakteristik çekme dayanımı (Tablo 2.1A veya 2.1B)

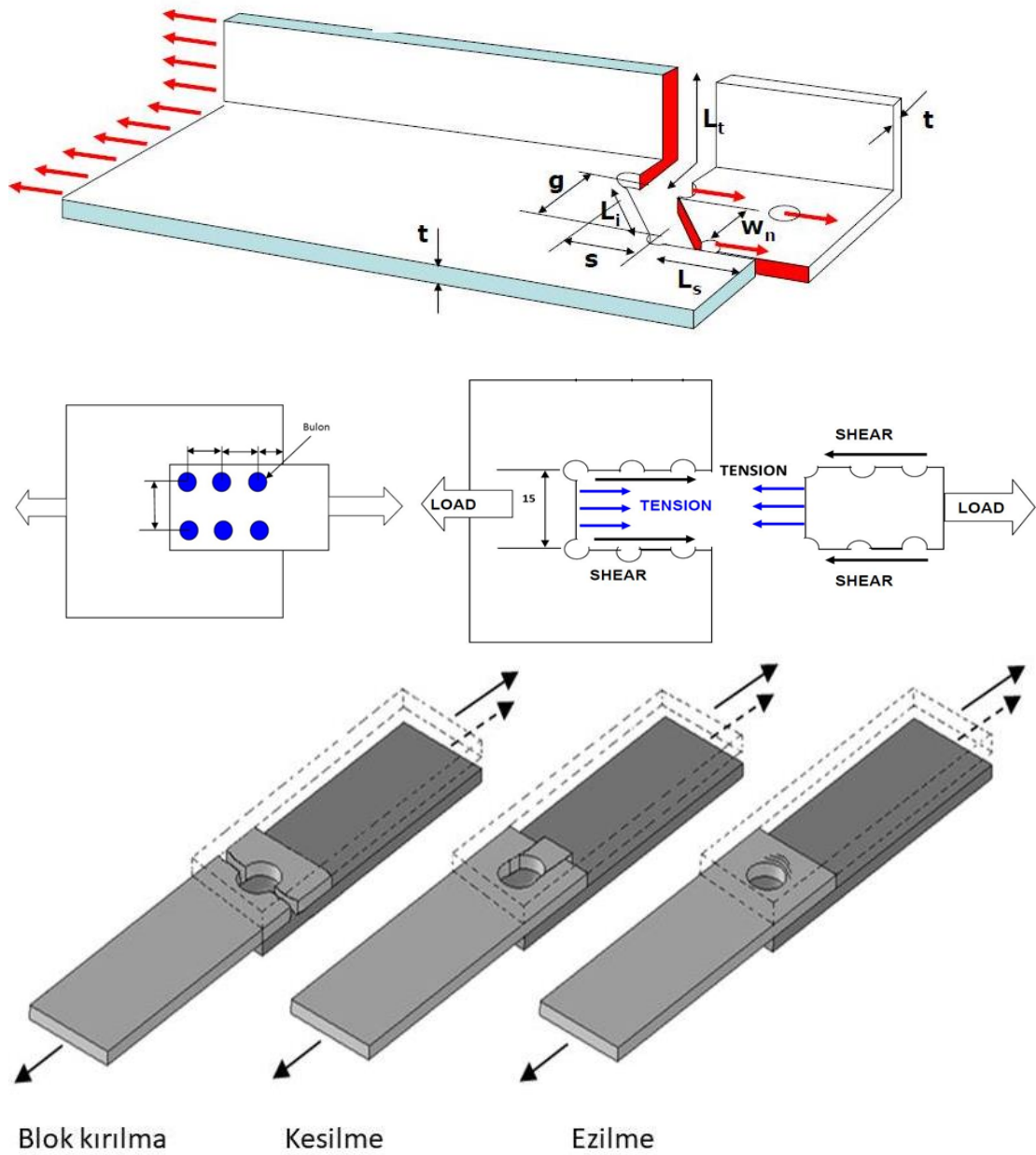
A_e : Etkin net enkesit alanı

$$A_e = U A_n$$

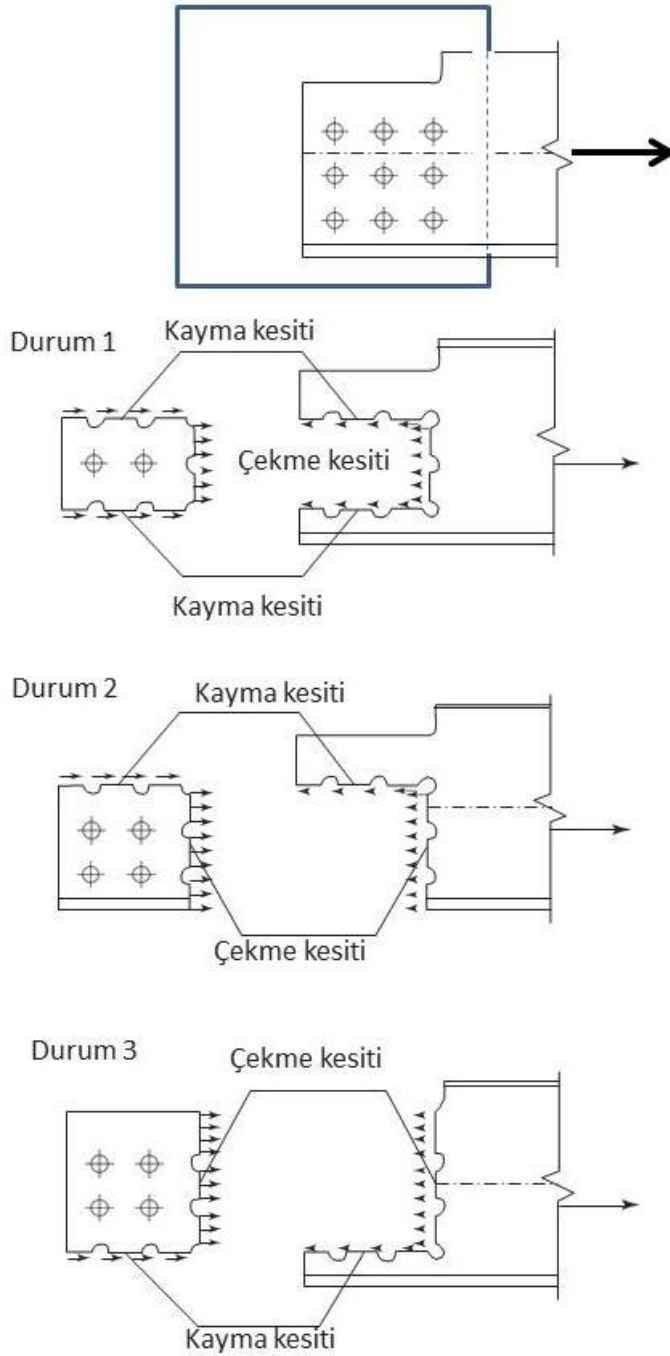
U: Gerilme düzensizliği etki katsayısı. Tablo 4,1'den alınır veya özel durumlar incelenmelidir(şekil VIII)

A_n : Net (kayıplı) enkesit alanı: Elemanın kırılma çizgisi üzerinde yer alan bulon deliklerinin veya konstrüktif nedenlerden dolayı oluşan kesit kayıplarının çıkarılması ile elde edilir.

7.5.3. Blok kırılma sınır durumu



Şekil 7.16



Şekil 7.17 Blok kırılma

Karakteristik blok kırılma dayanımı, R_n , kesme yüzeyi veya yüzeyleri boyunca akma ve kırılma sınır durumları ile dik çekme yüzeyi boyunca kopma sınır durumları esas alınarak, Denk.(3.5) ile hesaplanır. (TÇY Bölüm 13.4.3)

$$R_n = 0.6F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0.6F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}$$

A_{nt} : Çekme gerilmesi etkisindeki net alan.

U_{bs} : Çekme gerilmeleri yayılışını gözönüne alan bir katsayı.

A_{gv} : Kayma gerilmesi etkisindeki kayıpsız alan.

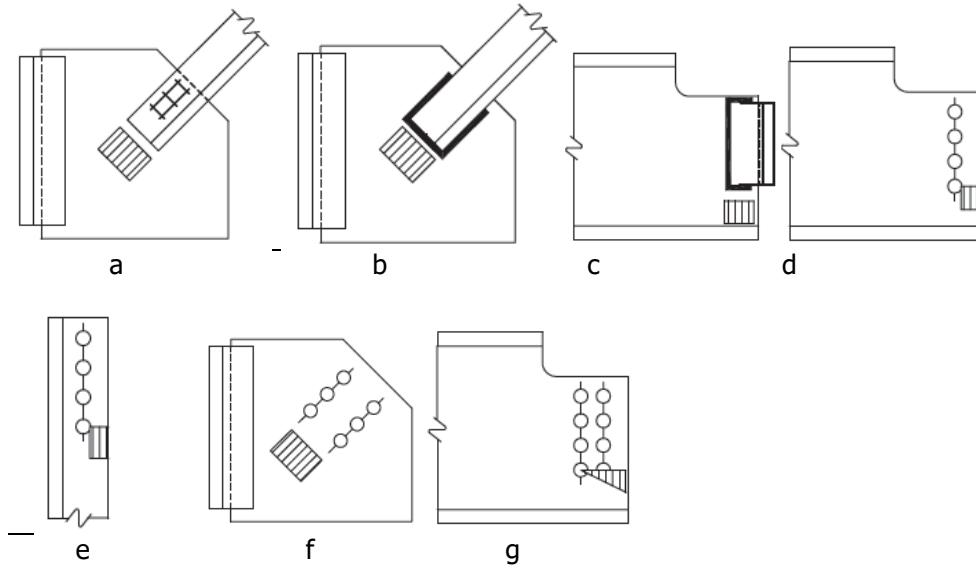
A_{nv} : Kayma gerilmesi etkisindeki net alan.

Çekme gerilmeleri yayılışının Üniform olduğu yüzeylerde(köşebentler, guse levhalar vb)

$$U_{bs} = 1.0$$

Köşebent ve guse levhalar için:

$$R_n = 0.6F_u A_{nv} + F_u A_{nt}$$



Şekil 7.18(ÇYTY Ş.13.9) Blok kırılma sınır durumunda çekme gerilmelerinin yayılışı(a,b,c,d,e,f için $U_{bs}=1$, g için $U_{bs}=0.5$) a)Korniyerin Bulonlu Birleşimi, b) Korniyerin Kaynaklı Birleşimi c)Korniyerin Kaynaklı Birleşimi, d)Tek Sıra Bulonlu Kiriş Uç Birleşimi e)Korniyerin Bulonlu Uç Birleşimi, f)Düğüm Noktası Levhasına, g)Çok Sıra Bulonlu Kiriş Uç Birleşimi. $U_{bs}=0.5$ durumu için (EXAMPLE II.A-19/page IIA-64)

7.6 GEREKLİ ÇEKME ÇUBUĞU ALANI

7.6.1 Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT)

Akma sınır durumu:

$$P_u \leq 0.90F_y A_g \Rightarrow A_g \geq \frac{P_u}{0.9F_y}$$

Kırılma sınır durumu:

$$P_u \leq 0.75F_u A_e \Rightarrow A_e \geq \frac{P_u}{0.75F_u}$$

Eğer akma kontrol edilecekse:

$$0.90F_y A_g \leq 0.75F_u A_e \text{ veya } \frac{A_e}{A_g} \geq 1.2 \frac{F_y}{F_u}$$

7.6.2 Güvenlik Katsayıları ile Tasarım(GKT)

Prof.Dr. Zeki AY

zekiay İnşaat Mühendislik Ders Notları / Çelik Yapı Elemanları/2019

Akma sınır durumu:

$$\frac{P_a}{0.6} \leq F_y A_g \Rightarrow A_g \geq \frac{P_a}{0.6 F_y}$$

Kırılma sınır durumu:

$$\frac{P_a}{0.5} \leq F_u A_e \Rightarrow A_e \geq \frac{P_a}{0.5 F_u}$$

Eğer akma kontrol edilecekse:

$$\frac{F_y A_g}{1.67} \leq \frac{F_u A_e}{2} \text{ veya } \frac{A_e}{A_g} \geq 1.2 \frac{F_y}{F_u}$$

7.7 ÇEKME ÇUBUĞU ENKESİTİ İÇİN İŞLEM SIRASI

-Yükün hesaplanması

-Birleşimin bulonlu ya da kaynaklı olacağına karar verilmesi

- U=0.75 olarak elemanın kayıpsız alanını belirlenmesi

$$-A_n = 0.75 A_g$$

$$A_g \geq \left\{ \frac{P_u}{0.9 F_y} \right.$$

$$A_g \approx \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_u}{0.45 F_u} \text{ bulonlu ise} \\ \frac{P_u}{0.45 F_u} \text{ kaynaklı ise} \end{array} \right.$$

A_g alanından biraz daha büyük olan en hafif kesiti seçilmesi

- A_g , A_n , U ve A_e seçilen kesit için hesaplanması

$$P_u \leq \left\{ \begin{array}{l} 0.9 A_g F_y \\ 0.75 A_e F_u \end{array} \right. \text{ ve } \lambda_{\max} = \frac{L}{i_{\min}} \leq 300 \text{ kontrol}$$

7.8 YAPMA ENKESİTLİ ÇEKME ELEMANLARI

Yapma enkesitli çekme elemanları, çekme çubuğu olarak yaygın bir şekilde kullanılır. Aşağıdaki uygulama koşulları gözönüne alınarak, çekme kuvveti aktaran elemanların iki veya daha çok sayıda profil ve/veya levhanın birbirlerine bulonlu veya kaynaklı olarak birleştirilmesiyle oluşmasına izin verilir. Uç noktalar arasında en az iki adet ara bağlantı teşkil edilecektir.

-Yapma enkesitler, profiller arasında küçük boşluk (bağlantı levhası veya pul kalınlığı) bırakılarak oluşturulduğunda (sırt sırta yerleştirilen korniyer veya U-profiller veya köşeleme yerleştirilen korniyerler, vb.), birbirleriyle temasta olmayan profillerin ara bağlantı noktaları arasındaki uzaklığın en büyük değeri, her bir profilin minimum atalet yarıçapının 300 katını aşmayacaktır, (Şekil 7.19a).

-Yapma enkesitler, profiller arasında boşluk bırakmadan oluşturulduğunda (sırt sırta yerleştirilen korniyer veya U-profiller, vb.) birbirleriyle temasta olan profillerin ara bağlantı noktaları arasındaki uzaklık 600mm yi aşmayacaktır, (Şekil 7.19b).

-Levhanın profile birleştirilmesiyle teşkil edilen yapma enkesitlerde, birbirleriyle temasta olan parçaların bağlantısı için kullanılan bulonların kuvvet doğrultusundaki aralığıyla ilgili uygulanacak koşullar Bölüm 13.3.8 de verilmiştir. Parçaların bağlantısında süreksiz köşe kaynak kullanıldığında, Bölüm 13.2.2.2 de verilen koşullar uygulanacaktır, (Şekil 7.19c).

-Parçalar arasındaki uzaklık daha geniş seçilerek teşkil edilen çekme elemanlarının parçaları aşağıda verilen koşulları sağlayan bağ levhaları ile birbirlerine bağlanacaktır, (Şekil 7.19d).

-Bağ levhalarının çubuk boyunca uzunluğu, L_p , bağ levhası genişliğinin 2/3 ünden küçük olamaz, ($L_p \geq (2/3)b_p$).

-Bağ levhalarının kalınlığı, t_p , bağ levhası genişliğinin 1/50 sinden küçük olamaz, ($t_p \geq b_p / 50$).

-Bağ levhalarındaki bulonların veya belirli aralıklarla düzenlenen süreksiz kaynakların arasındaki uzaklık 150mm den küçük olacaktır, ($s \leq 150\text{mm}$).

-Bağ levhaları arasındaki uzaklığın en büyük değeri, a_{maks} , bir parçanın minimum atalet yarıçapının 300 katını aşmayacaktır, ($a_{\text{maks}} \leq 300i$).

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

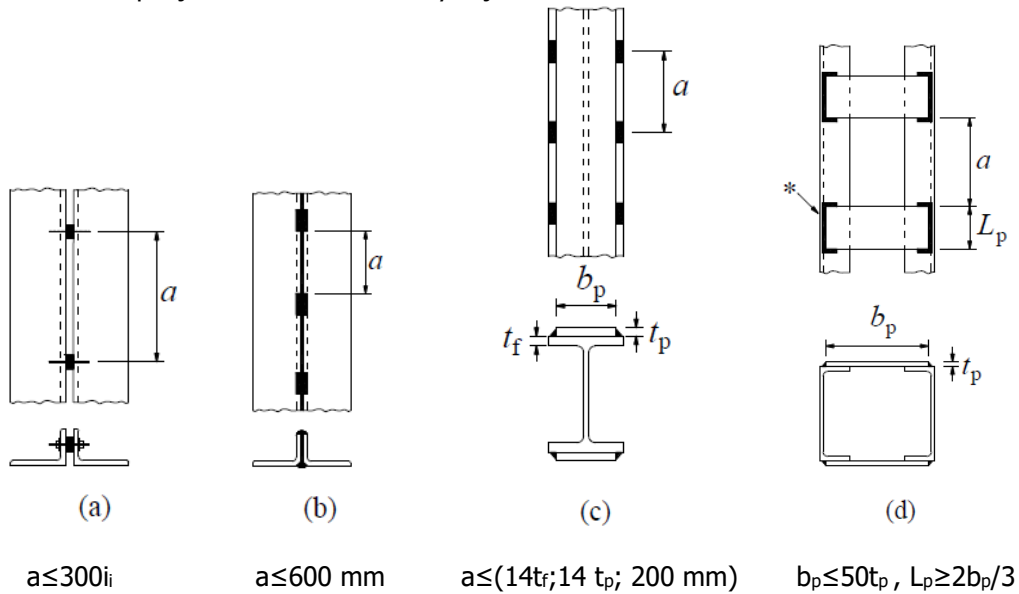
L_p : Bağ levhalarının çubuk boyunca uzunluğu.

t_p : Bağ levhası kalınlığı.

b_p : Bağ levhası genişliği.

s : Bağ levhalarındaki bulonların veya belirli aralıklarla düzenlenen süreksiz kaynakların arasındaki uzaklık.

i : Bir parçanın minimum atalet yarıçapı



Şekil 7.19 Çok parçalı çekme çubuğu örnekleri

7.9 ÇEKME ELEMANLARININ MİL BİRLEŞİMLERİ

Çekme elemanlarının mil birleşimlerinde *tasarım çekme kuvveti dayanımı*, $\phi_t T_n$ (YDKT) veya *güvenli çekme kuvveti dayanımı*, T_n/Ω_t (GKT) çekme kırılması sınır durumu, kesme kırılması sınır durumu, ezilme ve akma sınır durumları esas alınarak hesaplanan mevcut dayanımların en küçüğüdür.

(a) Çekme kırılması sınır durumu:

Karakteristik çekme kuvveti dayanımı: $T_n = F_u(2t b_e)$

Tasarım çekme kuvveti dayanımı = $\Phi_t T_n$ (YDKT)

Güvenli çekme kuvveti dayanımı = T_n/Ω_t (GKT),

$\Phi_t = 0.75$ (YDKT) veya $\Omega_t = 2.00$ (GKT)

(b) Kesme kırılması sınır durumu:

Karakteristik kesme kuvveti dayanımı: $T_n = 0.6F_u A_{sf}$

Tasarım çekme kuvveti dayanımı = $\Phi_t T_n$ (YDKT)

Güvenli çekme kuvveti dayanımı = T_n/Ω_t (GKT),

$\Phi_t = 0.75$ (YDKT) veya $\Omega_t = 2.00$ (GKT)

Kırılma çizgisi alanı = $A_{sf} = 2t(a+d/2)$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

F_u : Karakteristik çekme dayanımı.

t : Levha kalınlığı.

b_e : Etkin genişlik.

$b_e = 2t + 16\text{mm} \leq b$

b : Delik kenarından eleman kenarına olan, kuvvete dik doğrultudaki uzaklık.

A_{sf} : Kırılma çizgisi alanı.

a : Delik kenarından eleman kenarına olan, kuvvet doğrultusundaki uzaklık.

(c) Ezilme sınır durumu:

ÇYTY Bölüm 13.6(a) de verilen koşullar uygulanacaktır.

(d) Kayıpsız alanda akma sınır durumu:

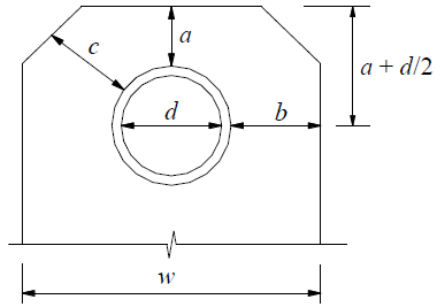
ÇYTY Bölüm 7.2.1 de verilen koşullar esas alınacaktır.

Mil deliğinin açılacağı birleşim elemanının boyutları için gerekli koşullar şunlardır .

(a) Mil deliği, delik açılacak birleşim elemanının çekme kuvveti doğrultusuna dik boyutunun iki kenarına göre eşit uzaklıkta açılmalıdır.

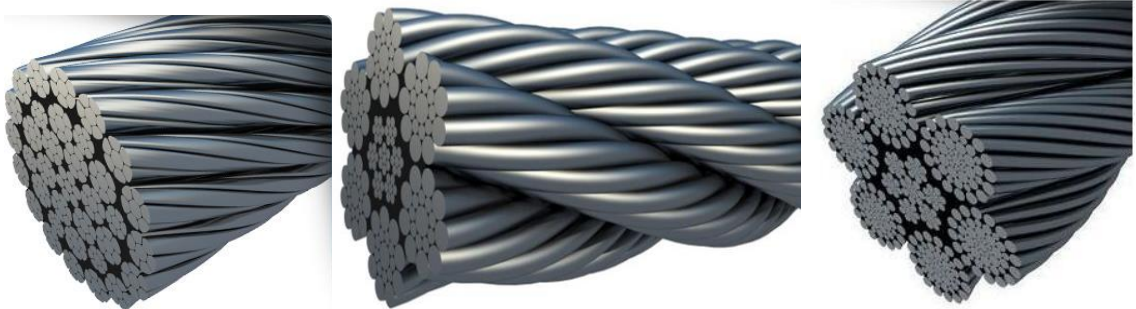
(b) Çekme elemanının mil birleşiminde, maksimum yük etkisi altında birleşen parçaların birbirine göre hareketinin önlenmesi için, mil deliğinin çapı mil çapından en fazla 1mm büyük olmalıdır.

(c) Mil birleşim elemanın geometrisi Şekil 3.25 da verilen boyutlara uygun olmalıdır.

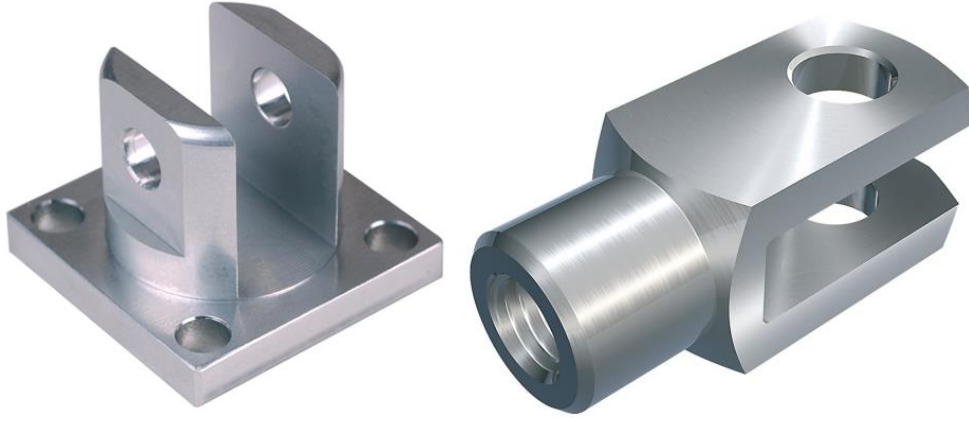


$$a \geq 4/3b_e, w \geq 2b_e + d, c \geq a$$

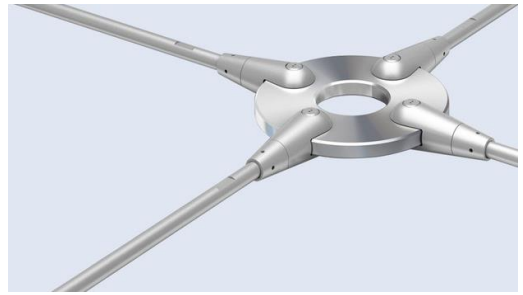
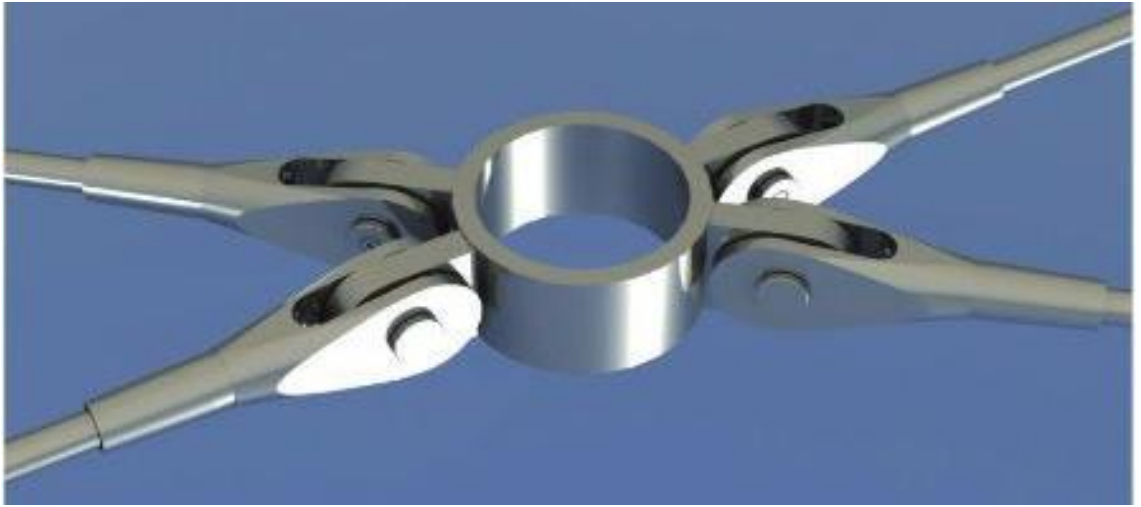
Şekil 7.20 Çekme Elemanlarının Mil Birleşimleri için Boyutlar



Şekil 7.21 Halatlar



7.22 Klavisler



Şekil 7.23 Değişik formatlarda çekme çubukları