ideCAD Çelik & Betonarme 8.6 ile Basınç Elemanlarında Eğilmeli Burkulma Durumu

Hazırlayan: Nurgül KAYA

www.idecad.com.tr

Konu Başlıkları

I. Basınç Elemanlarının Tanımı
II. Burkulma Sınır Durumları
III. Eğilmeli Burkulma Sınır Durumu
IV. Eksenel Basınç Altında Elemanların Farklı Yönetmelikler ile Tasarımı
V. Örnek Hesap

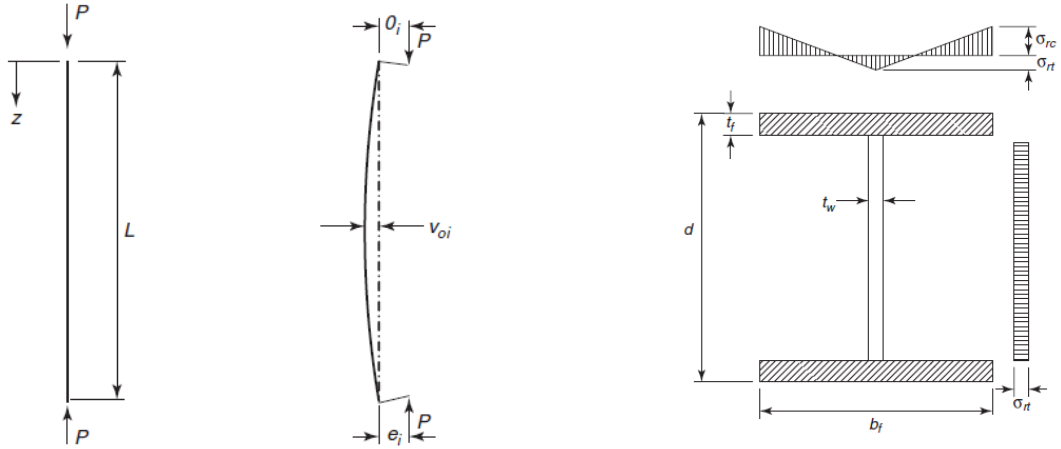
Basınç Elemanlarının Tanımı

- Eksenel basınç kuvvetini taşıyan kolon ve çapraz gibi yapısal elemanlara basınç elemanı denir.
- Eksenel basınç kuvveti etkisindeki elemanlarda yerel ve genel burkulma olmak üzere 2 ana tip burkulma mevcuttur.

Burkulma Sınır Durumları

-Eksenel basınç etkisindeki elemanlar, yüklemeler sonucunda eğilme momenti oluşmamasına rağmen çeşitli sebepler ile eleman ideal basınç elemanı olarak çalışamaz. Sebeplerden en önemlileri ise şunlardır:

- Başlangıç Kusurları (Başlangıç Eğriliği)
- Yük dışmerkezliliği
- Artık Gerilmeler

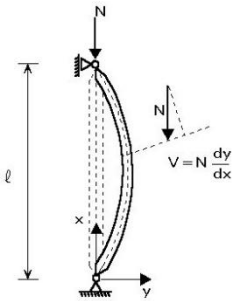


(a) İdeal Kolon Davranışı (b) Gerçek Kolon Davranışı

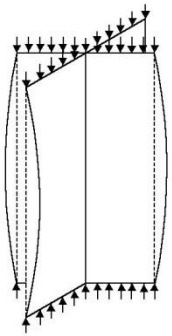
Burkulma Sınır Durumları

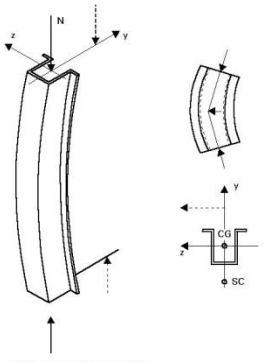
Genel Burkulma

- Eğilmeli Burkulma
- Burulmalı Burkulma
- Eğilmeli Burulmalı Burkulma



Eğilmeli Burkulma

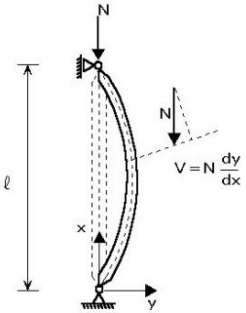

Burulmalı Burkulma



Eğilmeli Burulmalı Burkulma

Eğilmeli Burkulma Sınır Durumları

- Eğilmeli Burkulma; çift simetri eksenli H, kutu ve boru kesitler ile tek simetri eksenli U ve T kesitlerde görülen kesitin asal eksenlerinden biri etrafında eğilmesi ile ortaya çıkan burkulma sınır durumudur.



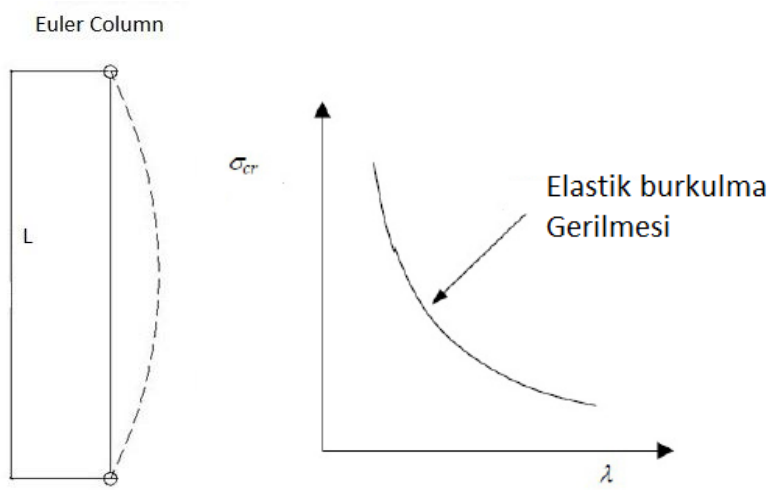
Eğilmeli Burkulma

Eğilmeli Burkulma Sınır Durumları

Elastik Burkulma (Euler Burkulma)

- Elastik Burkulma teorisi için yapılan kabuller şunlardır:

- İki ucu mafsallı, çift simetri eksenli enkesit
- Malzeme elastik ve Hooke yasası geçerli
- Eksenel yük, kolon enkesiti ağırlık merkezine etkimekte (Yük dışmerkezliliği mevcut değil.)
- Kolon ekseni tam doğrusaldır. (Başlangıç eğriliği mevcut değil.)
- Artık gerilme mevcut değil.

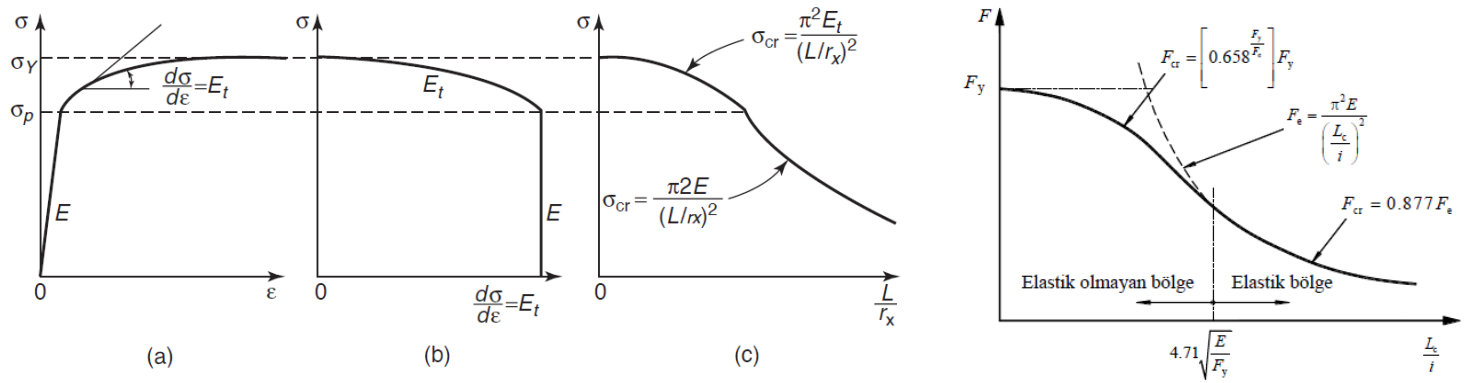


$$P_n = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$$

Eğilmeli Burkulma Sınır Durumları

Elastik Olmayan Burkulma

- Elastik Burkulma teorisinde malzeme elastik yani gerilme – şekil değiştirme eğrisi doğrusaldır. Malzeme gerilme – şekil değiştirme eğrisinin doğrusal olmadığı bölgede basınç kapasitesi farklıdır ve Elastik burkulma kapasitesinden azdır.



- Uzun basınç elemanlarında elastik burkulma görülür iken, kısa basınç elemanlarında malzeme akma dayanımına ulaşabilir hatta pekleşme bölgesine kadar yüklenebilir.

Eksenel Basınç Altındaki Elemanların Farklı Yönetmelikler ile Tasarımı

ÇYTHYE (TÇY 2016)

- Eksenel kuvvetin kesit ağırlık merkezinden etkimesi durumuna göre, elemanların basınç dayanımı belirlenir.

8.2.1 – Eğilmeli Burkulma Sınır Durumu

Eğilmeli burkulma sınır durumu, enkesit özelliklerinden bağımsız olarak, tüm basınç elemanlarında dikkate alınacaktır. Buna göre basınç kuvveti etkisindeki elemanların eğilmeli burkulma sınır durumu için, *elastik burkulma gerilmesi*, F_e, **Denk.(8.4)** ile hesaplanacaktır.

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{i}\right)^2} \qquad \textbf{(8.4)}$$

$\frac{L_c}{i} \le 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (veya $\frac{F_y}{F_e} \le 2.25$) için

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right] F_y \qquad \textbf{(8.2)}$$

$\frac{L_c}{i} > 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (veya $\frac{F_y}{F_e} > 2.25$) için

$$F_{cr} = 0.877 F_e \qquad \textbf{(8.3)}$$

$$P_n = F_{cr} A_g \qquad \textbf{(8.1)}$$

$\phi_c = 0.90$ (YDKT) veya $\Omega_c = 1.67$ (GKT)

Eksenel Basınç Altındaki Elemanların Farklı Yönetmelikler ile Tasarımı

AISC 360 -10

- Eksenel kuvvetin kesit ağırlık merkezinden etkimesi durumuna göre, elemanların basınç dayanımı belirlenir.

The *nominal compressive strength*, P_n, shall be determined based on the *limit state* of *flexural buckling*.

$$P_n = F_{cr} A_g \qquad \text{(E3-1)}$$

The *critical stress*, F_{cr}, is determined as follows:

(a) When $\frac{KL}{r} \le 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (or $\frac{F_y}{F_e} \le 2.25$)

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right] F_y \qquad \text{(E3-2)}$$

(b) When $\frac{KL}{r} > 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (or $\frac{F_y}{F_e} > 2.25$)

$$F_{cr} = 0.877 F_e \qquad \text{(E3-3)}$$

where

F_e = elastic *buckling* stress determined according to Equation E3-4, as specified in Appendix 7, Section 7.2.3(b), or through an elastic buckling analysis, as applicable, ksi (MPa)

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \qquad \text{(E3-4)}$$

$$\phi_c = 0.90 \text{ (LRFD)} \qquad \Omega_c = 1.67 \text{ (ASD)}$$

Eksenel Basınç Altındaki Elemanların Farklı Yönetmelikler ile Tasarımı

TS EN 1993-1-1

- Eksenel kuvvetin kesit ağırlık merkezinden etkimesi durumuna göre, elemanların basınç dayanımı belirlenir.

(1) A compression member should be verified against buckling as follows:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1{,}0 \qquad (6.46)$$

where N_{Ed} is the design value of the compression force;

$N_{b,Rd}$ is the design buckling resistance of the compression member.

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \qquad \text{for Class 1, 2 and 3 cross-sections} \qquad (6.47)$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}} \qquad \text{for Class 4 cross-sections} \qquad (6.48)$$

Eksenel Basınç Altındaki Elemanların Farklı Yönetmelikler ile Tasarımı

TS EN 1993-1-1

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \text{but } \chi \le 1{,}0 \qquad (6.49)$$

where $\Phi = 0{,}5\left[1 + \alpha\left(\bar{\lambda} - 0{,}2\right) + \bar{\lambda}^2\right]$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} \quad \text{for Class 1, 2 and 3 cross-sections}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}} \quad \text{for Class 4 cross-sections}$$

(1) The non-dimensional slenderness $\bar{\lambda}$ is given by:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i}\frac{1}{\lambda_1} \quad \text{for Class 1, 2 and 3 cross-sections} \qquad (6.50)$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i}\frac{\sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}}{\lambda_1} \quad \text{for Class 4 cross-sections} \qquad (6.51)$$

where L_{cr} is the buckling length in the buckling plane considered

i is the radius of gyration about the relevant axis, determined using the properties of the gross cross-section

$$\lambda_1 = \pi\sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93{,}9\varepsilon$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (f_y \text{ in N/mm}^2)$$

Table 6.1: Imperfection factors for buckling curves

Buckling curve	a_0	a	b	c	d
Imperfection factor α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Eksenel Basınç Altındaki Elemanların Farklı Yönetmelikler ile Tasarımı

Yönetmeliklerin Kolon Formülleri

TABLE 3.2 Modern Column Formulas

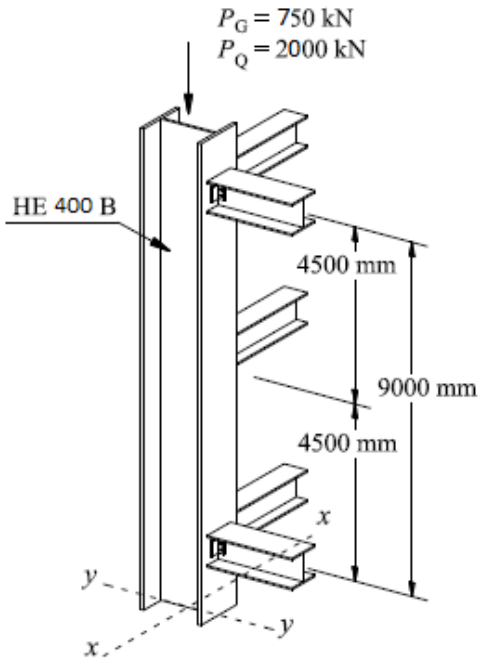
Code Authority	Resistance Factor ϕ	Column formula $\frac{P_{cr}}{P_y}$	Comments
AISC, AISI, AASHTOUSA	0.9	0.658^{λ^2}	$\lambda \le 1.5$
		$\frac{0.877}{\lambda^2}$	$\lambda > 1.5$
CSA, CANADA, SOUTH AFRICA	0.9	$\left[1+\lambda^{2n}\right]^{\frac{-1}{n}}$	SSRC Curve: I, n = 2.24; II, n = 1.34; II, n = 1.00
EC, EUROPE	0.909	$\frac{1}{Q+\sqrt{Q^2-\lambda^2}} \le 1.0$	$Q = 0.5\left[1+\alpha(\lambda-0.2)+\lambda^2\right]$; European Column Curve: a, α = 0.21; b, 0.34; c, 0.49; d, 0.76
AS, AUSTRALIA	0.9	$\xi\left[1-\sqrt{1-\left(\frac{90}{\xi\bar{\lambda}}\right)^2}\right]$	$\bar{\lambda} = \pi\lambda\sqrt{800}$; $\eta = 0.00326(\bar{\lambda}-13.5) \ge 0$; $\xi = \frac{(\bar{\lambda}/90)^2+1+\eta}{2(\bar{\lambda}/90)^2}$
AIJ, JAPAN	0.9	1.0	$\lambda \le 0.15$
	$0.9-0.05\left[\frac{\lambda-0.15}{\frac{1}{\sqrt{0.6}}-0.15}\right]$	$1.0-0.5\left[\frac{\lambda-0.15}{\frac{1}{\sqrt{0.6}}-0.15}\right]$	$0.15 < \lambda \le \frac{1}{\sqrt{0.6}}$
	0.85	$\frac{1.0}{1.2\lambda^2}$	$\lambda \le \frac{1}{\sqrt{0.6}}$

$$\lambda = \frac{L}{\pi r}\sqrt{\frac{F_y}{E}} \qquad (3.102)$$

Kaynak: Galambos, T. V., Surovek A.E. (2008). Structural Stability and Steel: Concepts and Applications for Structural Engineers, 1st Wiley,2008.

Örnek Hesap

- Şekilde özellikleri verilen eksenel basınç etkisi altındaki kolonu 3 yönetmeliği kullanarak tasarlayınız.

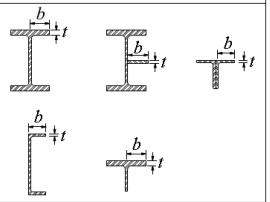
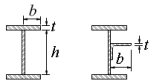
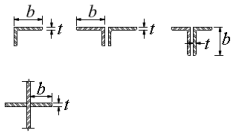
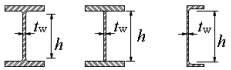
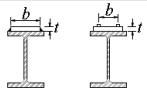


S 355 $F_y = 355$ N/mm^2 $F_u = 510$ N/mm^2 (*Yönetmelik* Tablo 2.1A)

Örnek Hesap

ÇYTHYE (TÇY 2016) ile GKT ve YDKT Çözümleri:

TABLO 5.1A – EKSENEL BASINÇ KUVVETİ ETKİSİNDEKİ ENKESİT PARÇALARI İÇİN GENİŞLİK / KALINLIK ORANLARI

	Durum	Tanım	Genişlik / Kalınlık Oranı, λ	Genişlik / Kalınlık Oranı Sınır Değeri, λ_r	Enkesit
Rijitleştirilmemiş Enkesit Parçası	1	Hadde I-profillerinin başlıkları, bu profillere bağlanan levhalar, boşluksuz olarak sürekli birleştirilen çift korniyerlerin dış kolları, U- ve T-profillerin başlıkları	b/t	$0.56\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	2	Yapma I-profillerin başlıkları, bu profillere bağlanan levhalar ve korniyerlerin dış kolları	b/t	$0.64\sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$ [a]	
	3	Tek korniyerlerin kolları, birbirlerine boşluklu olarak bağlanan çift korniyerlerin kolları ve tüm rijitleştirilmemiş elemanlar	b/t	$0.45\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	4	T-profillerin gövdeleri	d/t	$0.75\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Rijitleştirilmiş Enkesit Parçası	5	U-profillerin ve çift simetri eksenli I-profillerin gövdeleri	h/t_w	$1.49\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	6	Üniform kalınlıklı dikdörtgen ve kare kutu enkesitlerin gövde ve başlıkları	b/t	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	7	Birleşim araçları arasında kalan takviye levhaları ve diyafram levhaları	b/t	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	8	Tüm diğer rijitleştirilmiş enkesit parçaları	b/t	$1.49\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	9	Boru enkesitli elemanlar	D/t	$0.11\frac{E}{F_y}$	

Örnek Hesap

ÇYTHYE (TÇY 2016) ile GKT ve YDKT Çözümleri:

- Yerel Burkulma Kontrolü

a) Başlık için:

$$\frac{b}{2\times t_f}=\frac{300}{2\times 24}=6.25\leq 0.56\times\sqrt{\frac{E}{F_y}}=0.56\times\sqrt{\frac{200000}{355}}=13.29$$

b) Gövde için:

$$\frac{h}{t_w}=\frac{400}{13.5}=29.63\leq 1.49\times\sqrt{\frac{E}{F_y}}=1.49\times\sqrt{\frac{200000}{355}}=35.28$$

Örnek Hesap

ÇYTHYE (TÇY 2016) ile GKT ve YDKT Çözümleri:

- Eğilmeli Burkulma Dayanımı

Yönetmeliğin 6.4.3(a) maddesine göre K= 1.0

$$L_{cx} = K_x \times L_x = 1.0 \times 9000 = 9000mm$$

$$L_{cy} = \left[L_{cy1}; L_{cy2}\right]_{\max} = \left[1.0 \times 4500; 1.0 \times 4500\right]_{\max} = 4500mm$$

Narinlik oranları - Yönetmeliğin 8.1.1 maddesi gereği basınç elemanları narinlik oranı 200' ü geçemez.

$$\lambda_x = \frac{9000}{170.8} = 52.7 \le 200$$

$$\lambda_y = \frac{4500}{74} = 60.8 \le 200$$

$$L_{ci,\max} = 60.8 \le 4.71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \times \sqrt{\frac{200000}{355}} = 111.79$$

$$F_E = \frac{\pi^2 \times E}{\lambda_{cr}{}^2} = \frac{\pi^2 \times 200000}{60.8^2} = 533.97$$

$$F_{cr} = 0.658^{\frac{F_y}{F_E}} \times F_y = 0.658^{\frac{355}{533.97}} \times 355 = 268.77$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g = 268.77 \times 19780 \times 10^{-3} = 5316.27kN$$

Örnek Hesap

ÇYTHYE (TÇY 2016) ile GKT ve YDKT Çözümleri:

- Eğilmeli Burkulma Dayanımı

YDKT : $P_d = \Phi_c \times P_n = 0.90 \times 5316.27 = 4784.64kN$

GKT : $P_d = \dfrac{P_n}{\Omega_c} = \dfrac{5316.27}{1.67} = 3183.4kN$

Gerekli Basınç Kuvveti Dayanımı

YDKT : $P_u = 1.2P_G + 1.6P_Q = 1.2 \times 750 + 1.6 \times 2000 = 4100kN$

GKT : $P_a = P_G + P_Q = 750 + 2000 = 2750kN$

PMM Oranları :

YDKT

$$\frac{P_u}{P_d} = \frac{4100}{4784.64} = 0.86$$

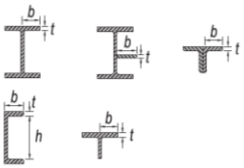
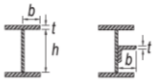
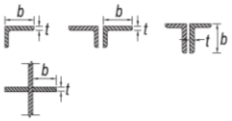
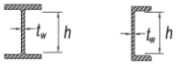
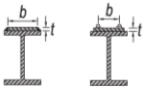
GKT

$$\frac{P_a}{P_d} = \frac{2750}{3183.4} = 0.86$$

Örnek Hesap

AISC 360 – 10 ile ASD ve LRFD Çözümleri:

TABLE B4.1a
Width-to-Thickness Ratios: Compression Elements Members Subject to Axial Compression

	Case	Description of Element	Width-to-Thickness Ratio	Limiting Width-to-Thickness Ratio λ_r (nonslender/slender)	Examples
Unstiffened Elements	1	Flanges of rolled I-shaped sections, plates projecting from rolled I-shaped sections; outstanding legs of pairs of angles connected with continuous contact, flanges of channels, and flanges of tees	b/t	$0.56\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	2	Flanges of built-up I-shaped sections and plates or angle legs projecting from built-up I-shaped sections	b/t	$0.64\sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$ [a]	
	3	Legs of single angles, legs of double angles with separators, and all other unstiffened elements	b/t	$0.45\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	4	Stems of tees	d/t	$0.75\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Stiffened Elements	5	Webs of doubly-symmetric I-shaped sections and channels	h/t_w	$1.49\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	6	Walls of rectangular HSS and boxes of uniform thickness	b/t	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	7	Flange cover plates and diaphragm plates between lines of fasteners or welds	b/t	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	8	All other stiffened elements	b/t	$1.49\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	9	Round HSS	D/t	$0.11\frac{E}{F_y}$	

* Yerel burkulma ve eğilmeli burkulma formülleri ve güvenlik katsayılarının aynı olması sebebi ile sonuçlarda LRFD = YDKT; ASD = GKT 'dir.

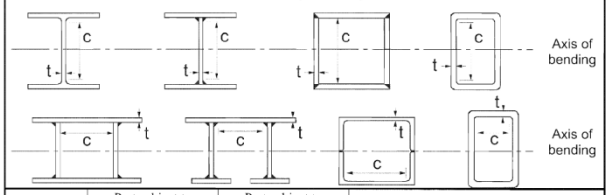
Örnek Hesap

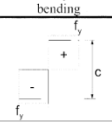
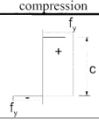
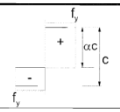
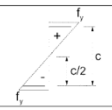
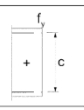
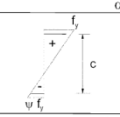
TS EN 1993 – 1 – 1 Çözümü

BS EN 1993-1-1:2005
EN 1993-1-1:2005 (E)

Table 5.2 (sheet 1 of 3): Maximum width-to-thickness ratios for compression parts

Internal compression parts



Class	Part subject to bending	Part subject to compression	Part subject to bending and compression
Stress distribution in parts (compression positive)			
1	$c/t \le 72\varepsilon$	$c/t \le 33\varepsilon$	when $\alpha > 0{,}5$: $c/t \le \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \le 0{,}5$: $c/t \le \frac{36\varepsilon}{\alpha}$
2	$c/t \le 83\varepsilon$	$c/t \le 38\varepsilon$	when $\alpha > 0{,}5$: $c/t \le \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \le 0{,}5$: $c/t \le \frac{41{,}5\varepsilon}{\alpha}$
Stress distribution in parts (compression positive)			
3	$c/t \le 124\varepsilon$	$c/t \le 42\varepsilon$	when $\psi > -1$: $c/t \le \frac{42\varepsilon}{0{,}67 + 0{,}33\psi}$ when $\psi \le -1$*): $c/t \le 62\varepsilon(1-\psi)\sqrt{(-\psi)}$

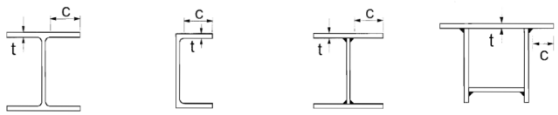
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

*) $\psi \le -1$ applies where either the compression stress $\sigma \le f_y$ or the tensile strain $\varepsilon_y > f_y/E$

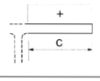
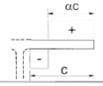
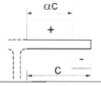
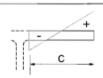
BS EN 1993-1-1:2005
EN 1993-1-1:2005 (E)

Table 5.2 (sheet 2 of 3): Maximum width-to-thickness ratios for compression parts

Outstand flanges



Rolled sections — Welded sections

Class	Part subject to compression	Part subject to bending and compression: Tip in compression	Part subject to bending and compression: Tip in tension
Stress distribution in parts (compression positive)			
1	$c/t \le 9\varepsilon$	$c/t \le \frac{9\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \le \frac{9\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
2	$c/t \le 10\varepsilon$	$c/t \le \frac{10\varepsilon}{\alpha}$	$c/t \le \frac{10\varepsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
Stress distribution in parts (compression positive)			
3	$c/t \le 14\varepsilon$	$c/t \le 21\varepsilon\sqrt{k_\sigma}$ For k_σ see EN 1993-1-5	

$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Örnek Hesap

TS EN 1993 – 1 – 1 Çözümü

- Enkesit Sınıflandırma

a) Başlık için (Tablo 2.22):

$$\frac{c}{t} = \frac{298}{13.5} = 22.07 \leq 33\varepsilon = 33 \times 0.81 = 26.73$$

Class 1

b) Gövde için:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{\left(\frac{300}{2} - \frac{13.5}{2} - 27\right)}{24} = 4.84 \leq 9\varepsilon = 9 \times 0.81 = 7.29$$

Class 1

Örnek Hesap

TS EN 1993 – 1 – 1 Çözümü

- Eğilmeli Burkulma Dayanımı

$$\lambda_1 = \pi \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = \pi \times \sqrt{\frac{200000}{355}} = 74.57$$

$$\lambda_x = \frac{1 \times 9000}{170.8} = 52.7 \qquad \bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\lambda_1} = 0.71$$

$$\lambda_y = \frac{1 \times 4500}{74} = 60.8 \qquad \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.82$$

Tablo 3.4

- χ_{min}' in Belirlenmesi

$\frac{h}{b} = 1.33 \geq 1.2$ ve $t_f = 24$ mm < 40 mm

x için Eğri a (α=0.21)

y için Eğri b (α=0.34)

$\bar{\lambda}_y > \bar{\lambda}_x$ ve Eğri b daha kritik olduğundan $\chi_{min} = \chi_y$

$$\theta_z = 0.5 * \left[1 + 0.34 * (0.82 - 0.2) + 0.82^2\right] = 0.94$$

$$\chi_z = \frac{1}{0.94 + \sqrt{0.94^2 - 0.82^2}} = 0.714 \leq 1.0$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * F_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0.714 * 197.8 * 10^{-4} * 355 * 10^3}{1.0} = 5013.6 kN \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 1.35 P_G + 1.5 P_Q = 1.35 \times 750 + 1.5 \times 2000 = 4012.5 kN$$

PMM Oranları : $\frac{N_{ed}}{N_{br,d}} = \frac{4012.5}{5013.6} = 0.80$

Örnek Hesap

Karşılaştırma

TÇY 2016 (GKT)

Kesit özellikleri :

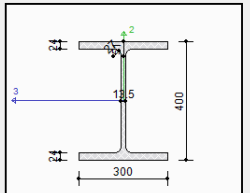
HE 400 B A = 197.788 [cm²] J = 356.996 [cm4]

Iy = 10819.077 [cm4] Ix = 57683.238 [cm4] iy = 7.396 [cm] ix = 17.078 [cm]

Wey = 721.272 [cm³] Wex = 2884.162 [cm³] Wpy = 1104.052 [cm³] Wpx = 3231.902 [cm³]

Malzeme özellikleri :

S 355 Fy = 355000 [kN/m²] Fu = 469999.991 [kN/m²] E = 205939650 [kN/m²]



Komb. : G+Q

Kuvvetler ve Momentler :

Konum [m]	Pr [kN]	Mrx [kNm]	Mry [kNm]	Vry [kN]	Vrx [kN]	Tr [kNm]
4.25	-2750	0	0	0	0	0

İhtiyaç/Kapasite Oranı :

Oran = 0.857

Etkileşim Denklemi = (11.1a)

Kayma Kontrolü :

	Vr Etki	Vc Kapasite		Oran
Major (2)	0	766.8	[kN]	0
Minor (3)	0	1836.647	[kN]	0

Eksenel Kuvvet ve İki Eksenli Eğilme Kontrolü

	Pr Etki	Pc Kapasite	Pt Kapasite	
Eksenel	2750	3207.594	4204.467	[kN]

	Mr Moment	Mc Kapasite	
Major (3-3)	0	687.021	[kNm]
Minor (2-2)	0	234.694	[kNm]

	Tr Moment	Tc Kapasite	
Burulma	0	0	[kNm]

Tasarım Değişkenleri :

	K Faktör	L Faktör	L [m]
Major (3-3)	1	1	9
Minor (2-2)	1	0.5	9

	Cb Faktör	L Faktör	L [m]
LTB	1.769	0.5	9

AISC 360-10 (ASD)

Kesit özellikleri :

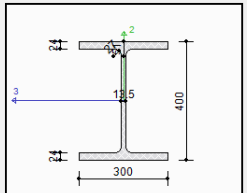
HE 400 B A = 197.788 [cm²] J = 356.996 [cm4]

Iy = 10819.077 [cm4] Ix = 57683.238 [cm4] iy = 7.396 [cm] ix = 17.078 [cm]

Wey = 721.272 [cm³] Wex = 2884.162 [cm³] Wpy = 1104.052 [cm³] Wpx = 3231.902 [cm³]

Malzeme özellikleri :

S 355 Fy = 355000 [kN/m²] Fu = 469999.991 [kN/m²] E = 205939650 [kN/m²]



Komb. : G+Q

Kuvvetler ve Momentler :

Konum [m]	Pr [kN]	Mrx [kNm]	Mry [kNm]	Vry [kN]	Vrx [kN]	Tr [kNm]
4.25	-2750	0	0	0	0	0

İhtiyaç/Kapasite Oranı :

Oran = 0.857

Etkileşim Denklemi = (H1-1a)

Kayma Kontrolü :

	Vr Etki	Vc Kapasite		Oran
Major (2)	0	766.8	[kN]	0
Minor (3)	0	1836.647	[kN]	0

Eksenel Kuvvet ve İki Eksenli Eğilme Kontrolü

	Pr Etki	Pc Kapasite	Pt Kapasite	
Eksenel	2750	3207.594	4204.467	[kN]

	Mr Moment	Mc Kapasite	
Major (3-3)	0	687.021	[kNm]
Minor (2-2)	0	234.694	[kNm]

	Tr Moment	Tc Kapasite	
Burulma	0	0	[kNm]

Tasarım Değişkenleri :

	K Faktör	L Faktör	L [m]
Major (3-3)	1	1	9
Minor (2-2)	1	0.5	9

	Cb Faktör	L Faktör	L [m]
LTB	1.769	0.5	9

Örnek Hesap

Karşılaştırma

TÇY 2016 (YDKT)

Kesit özellikleri :

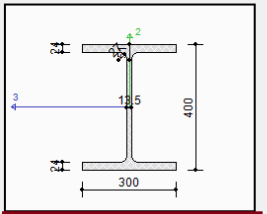
HE 400 B A = 197.788 [cm²] J = 356.996 [cm4]

Iy = 10819.077 [cm4] Ix = 57683.238 [cm4] iy = 7.396 [cm] ix = 17.078 [cm]

Wey = 721.272 [cm³] Wex = 2884.162 [cm³] Wpy = 1104.052 [cm³] Wpx = 3231.902 [cm³]

Malzeme özellikleri :

S 355 Fy = 355000 [kN/m²] Fu = 469999.991 [kN/m²] E = 205939650 [kN/m²]



Komb. : 1.2G+1.6Q

Kuvvetler ve Momentler :

Konum [m]	Pr [kN]	Mrx [kNm]	Mry [kNm]	Vry [kN]	Vrx [kN]	Tr [kNm]
4.25	-4100	0	0	0	0	0

İhtiyaç/Kapasite Oranı :

Oran = 0.85

Etkileşim Denklemi = (11.1a)

Kayma Kontrolü :

	Vr Etki	Vc Kapasite		Oran
Major (2)	0	1150.2	[kN]	0
Minor (3)	0	2760.48	[kN]	0

Eksenel Kuvvet ve İki Eksenli Eğilme Kontrolü

	Pr Etki	Pc Kapasite	Pt Kapasite	
Eksenel	4100	4821.013	6319.313	[kN]

	Mr Moment	Mc Kapasite	
Major (3-3)	0	1032.593	[kNm]
Minor (2-2)	0	352.745	[kNm]

	Tr Moment	Tc Kapasite	
Burulma	0	0	[kNm]

Tasarım Değişkenleri :

	K Faktör	L Faktör	L [m]
Major (3-3)	1	1	9
Minor (2-2)	1	0.5	9

	Cb Faktör	L Faktör	L [m]
LTB	1.769	0.5	9

AISC 360-10 (LRFD)

Kesit özellikleri :

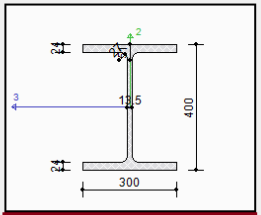
HE 400 B A = 197.788 [cm²] J = 356.996 [cm4]

Iy = 10819.077 [cm4] Ix = 57683.238 [cm4] iy = 7.396 [cm] ix = 17.078 [cm]

Wey = 721.272 [cm³] Wex = 2884.162 [cm³] Wpy = 1104.052 [cm³] Wpx = 3231.902 [cm³]

Malzeme özellikleri :

S 355 Fy = 355000 [kN/m²] Fu = 469999.991 [kN/m²] E = 205939650 [kN/m²]



Komb. : 1.2G+1.6Q

Kuvvetler ve Momentler :

Konum [m]	Pr [kN]	Mrx [kNm]	Mry [kNm]	Vry [kN]	Vrx [kN]	Tr [kNm]
4.25	-4100	0	0	0	0	0

İhtiyaç/Kapasite Oranı :

Oran = 0.85

Etkileşim Denklemi = (H1-1a)

Kayma Kontrolü :

	Vr Etki	Vc Kapasite		Oran
Major (2)	0	1150.2	[kN]	0
Minor (3)	0	2760.48	[kN]	0

Eksenel Kuvvet ve İki Eksenli Eğilme Kontrolü

	Pr Etki	Pc Kapasite	Pt Kapasite	
Eksenel	4100	4821.013	6319.313	[kN]

	Mr Moment	Mc Kapasite	
Major (3-3)	0	1032.593	[kNm]
Minor (2-2)	0	352.745	[kNm]

	Tr Moment	Tc Kapasite	
Burulma	0	0	[kNm]

Tasarım Değişkenleri :

	K Faktör	L Faktör	L [m]
Major (3-3)	1	1	9
Minor (2-2)	1	0.5	9

	Cb Faktör	L Faktör	L [m]
LTB	1.769	0.5	9

Örnek Hesap

Karşılaştırma

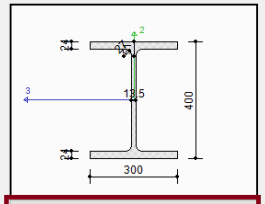
TS EN 1993-1-1

Kesit özellikleri :

HE 400 B Sınıf = Class 1 A = 197.788 [cm²] It = 356.996 [cm4]

Iz = 10819.077 [cm4] Iy = 57683.238 [cm4] iz = 7.396 [cm] iy = 17.078 [cm]

Wel,z = 721.272 [cm³] Wel,y = 2884.162 [cm³] Wpl,z = 1104.052 [cm³] Wpl,y = 3231.902 [cm³]



Malzeme özellikleri :

S 355 Fy = 355000 [kN/m²] Fu = 469999.991 [kN/m²] E = 205939650 [kN/m²]

Komb. : 1.35G+1.5Q

Kuvvetler ve Momentler :

Konum [m]	Ned [kN]	My,ed [kNm]	Mz,ed [kNm]	Vz,ed [kN]	Vy,ed [kN]	Ted [kNm]
4.25	-4012.5	0	0	0	0	0

İhtiyaç/Kapasite Oranı :

Oran = 0.792

Etkileşim Denklemi = (6.62)

Kesme Dizaynı :

	Ved Etki	Vc,rd Kapasite		Oran
Majör (2)	0	1434.461	[kN]	0
Minör (3)	0	3079.875	[kN]	0

Eksenel Kuvve Dizaynı :

	Ned Etki	Nc,rd Kapasite	Nt,rd Kapasite	
Eksenel	4012.5	7021.459	7021.46	[kN]

	Burkulma Eğrisi	Alpha	Ncr [kN]	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,rd [kN]	K Faktör	L Faktör	L [m]
Majör (3-3)	a	0.21	14474.525	0.696	0.795	0.849	5963.912	1	1	9
Minör (2-2)	b	0.34	10859.377	0.804	0.926	0.722	5068.928	1	0.5	9
Burulma	b	0.34	10859.377	0.804	0.926	0.722	5068.928			

Moment Dizaynı :

	Med Moment	Med, max Moment	Mc,rd Kapasite	Mv,rd Kapasite	Mn,rd Kapasite	Mb,rd Kapasite	
Majör (3-3)	0	0	1147.325	1147.325	569.047	1063.593	[kNm]
Minör (2-2)	0	0	391.939	391.939	325.605		[kNm]

	Burkulma Eğrisi	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr [kNm]	L Faktör	L [m]
LTB	a	0.21	0.491	0.651	0.927	1.769	4757.597	0.5	9

Eklileşim Değişkenleri Yöntemi:

Method 1 (Annex A) kyy = 1.849 kyz = 0.627 kzy = 1.106 kzz = 1.208

BİZE ULAŞIN

- Telefon ve internet aracılıyla teknik destek
- Program eğitimleri ve kullanıcı seminerleri
- Yardım menüleri ve kullanım kitapları
- Kullanıcı forumu
- Web üzerinden program güncelleme imkanı

Web sitesi: http://www.idecad.com.tr
Kullanıcı forum sitesi: http://www.idecadsupport.com/forum/
Bilgi: ideyapi@ideyapi.com.tr
Satış: satis@ideyapi.com.tr
Teknik destek: destek@ideyapi.com.tr

Şimdi siz de ideCAD® ailesiyle tanışın, planlarınızı gerçeğe dönüştürme fırsatını yakalayın.