ideCAD Çelik & Betonarme 8.6
ideCAD Çelik & Betonarme ile Basınç ve Eğilme Elemanlarında Yerel Burkulma Durumu

Hazırlayan: Oğuzcan HADİM

www.idecad.com.tr

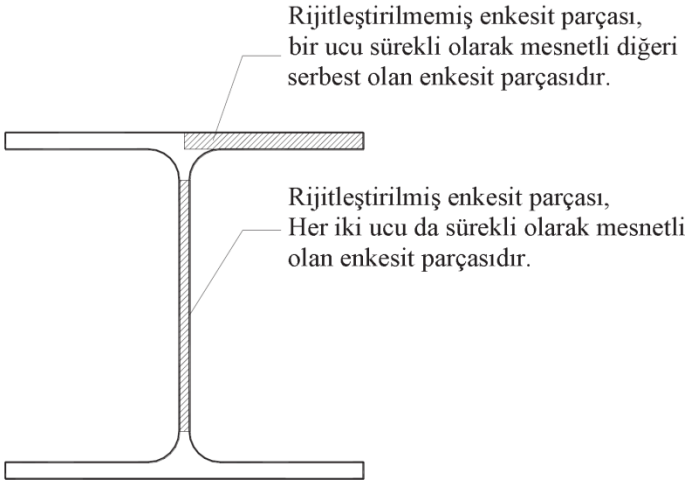
Konu Başlıkları

I. Yerel Burkulmanın Tanımı
II. Yerel Burkulma Sınır Durumu İçin Enkesit Sınıflandırılması
III. Karaktesistik Eğilme Momenti Dayanımı
IV. Karakteristik Eksenel Basınç Dayanımı
V. Örnek Hesap

Burkulma ve Yerel Burkulmanın Tanımı

Burkulma: Kritik yük etkisinde, yapıda veya bir yapısal elemanda ani geometri değişimi ile oluşan sınır durum.

Yerel Burkulma: Enkesitin basınç etkisindeki elemanlarının (örneğin, başlık veya gövde elemanı) burkulması ile ortaya çıkan sınır durumu.



Yerel Burkulma Sınır Durumu İçin Enkesit Sınıflandırılması

Eksenel basınç kuvveti etkisindeki enkesitler;

- Narin enkesitler
- Narin olmayan enkesitler

Eğilme momentinden oluşan basınç gerilmeleri etkisindeki enkesit parçaları;

- Kompakt enkesit parçaları
- Kompakt olmayan enkesit parçaları
- Narin enkesit parçaları

Yerel burkulma sınır durumu için enkesitlerin sınıflandırılmasında sınır değerler *Yönetmelik 5.4* 'te,

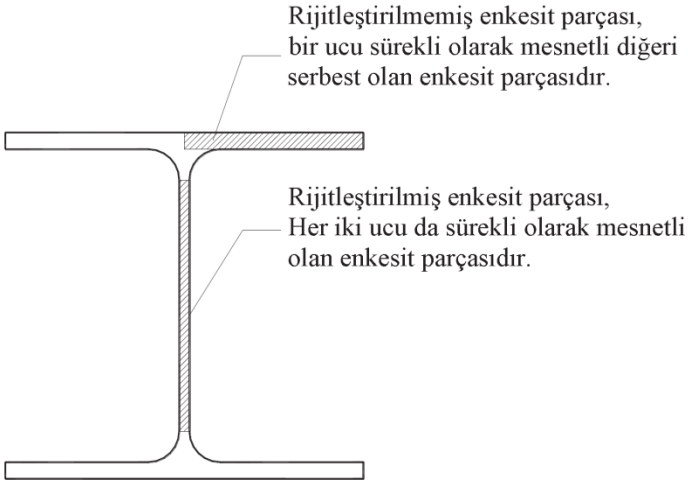
- Eksenel basınç kuvveti etkisindeki enkesitler için Tablo 5.1A
- Eğilme momentinden oluşan basınç gerilmeleri etkisindeki enkesit parçaları için Tablo 5.1B

'de verilmeltedir.

Yerel Burkulma Sınır Durumu İçin Enkesit Sınıflandırılması

Rijitleştirilmemiş Enkesit Parçası: Basınç kuvveti doğrultusuna paralel sadece bir kenarı boyunca enkesitin diğer bir parçası ile bağlanan, basınç etkisindeki enkesit parçalarıdır.

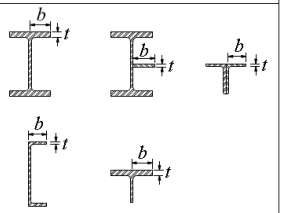
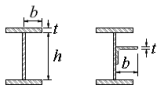
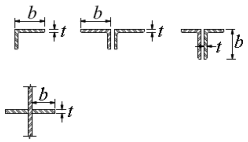
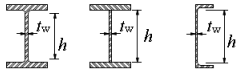
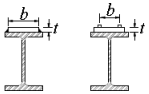
Rijitleştirilmiş Enkesit Parçası: Basınç kuvveti doğrultusuna paralel iki kenarı boyunca enkesitin diğer bir parçası ile bağlanan, basınç etkisindeki enkesit parçalarıdır.



Yerel Burkulma Sınır Durumu İçin Enkesit Sınıflandırılması

Eksenel basınç kuvveti etkisindeki enkesit parçaları;
(Çelik yapıların tasarım,hesap ve yapım esasları)

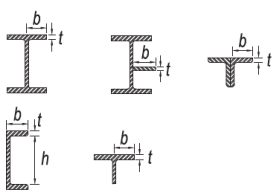
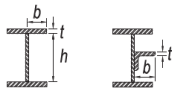
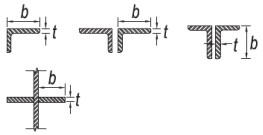
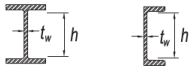
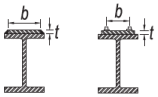
TABLO 5.1A – EKSENEL BASINÇ KUVVETİ ETKİSİNDEKİ ENKESİT PARÇALARI İÇİN GENİŞLİK / KALINLIK ORANLARI

	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	$0.11\frac{E}{F_y}$	

Yerel Burkulma Sınır Durumu İçin Enkesit Sınıflandırılması

Eksenel basınç kuvveti etkisindeki enkesit parçaları;
(AISC 360-10)

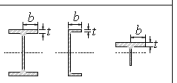
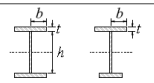
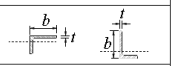
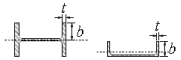
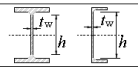
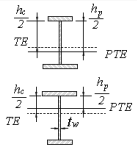
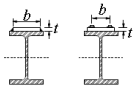
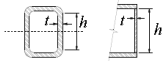
TABLE B4.1a
Width-to-Thickness Ratios: Compression Elements Members Subject to Axial Compression

	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 Sınır Durumu İçin Enkesit Sınıflandırılması

Eğilme momentinin basınç bileşeni etkisindeki enkesit parçaları;
(Çelik yapıların tasarım,hesap ve yapım esasları)

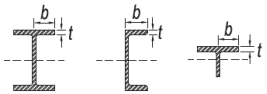
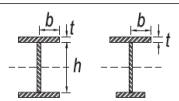
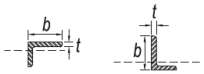
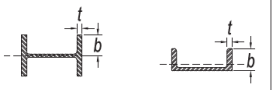
TABLO 5.1B – EĞİLME MOMENTİNİN BASINÇ BİLEŞENİ ETKİSİNDEKİ ENKESİT PARÇALARI İÇİN GENİŞLİK / KALINLIK ORANLARI

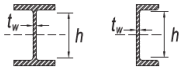
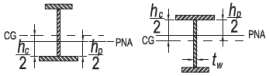
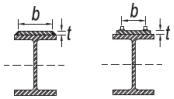
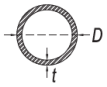
	Durum	Tanım	Genişlik/ Kalınlık Oranı, λ	Genişlik / Kalınlık Oranı Sınır Değerleri		Enkesit
				λ_p (kompakt / kompakt olmayan)	λ_r (kompakt olmayan / narin)	
Rijitleştirilmemiş Enkesit Parçası	10	Hadde I-profiller, U-profiller ve T-enkesitli elemanların başlıkları	b/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.00\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11	Tek ve çift simetri eksenli yapma I-enkesitli elemanların başlıkları	b/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	[a] [b] $0.95\sqrt{\frac{k_c E}{F_L}}$	
	12	Tek korniyerlerin kolları	b/t	$0.54\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.91\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13	Zayıf eksen etrafında eğilme etkisindeki tüm I-enkesitli elemanlar ve U-profiller	b/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.00\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14	T-enkesitli elemanların gövdeleri	d/t	$0.84\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.03\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Enke	15	U-profillerin ve çift simetri eksenli I-profillerin gövdeleri	h/t_w	$3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	16	Tek simetri eksenli I-enkesitli elemanların gövdeleri	h_c/t_w	[c] $\frac{\frac{h_c}{h_p}\sqrt{\frac{E}{F_y}}}{\left(0.54\frac{M_p}{M_y}-0.09\right)^2} \le \lambda_r$	$5.70\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	17	Üniform cidar kalınlıklı kutu enkesitli elemanların başlıkları	b/t	$1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18	Takviye levhaları ve birleşim araçları arasında kalan diyafram levhaları	b/t	$1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19	Kutu enkesitli elemanların gövdeleri	h/t	$2.42\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	20	Boru enkesitli elemanlar	D/t	$0.07\frac{E}{F_y}$	$0.31\frac{E}{F_y}$	
	21	Yapma kutu enkesitlerin başlıkları	b/t	$1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.49\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Yerel Burkulma Sınır Durumu İçin Enkesit Sınıflandırılması

Eğilme momentinin basınç bileşeni etkisindeki enkesit parçaları;
(AISC 360-10)

TABLE B4.1b
Width-to-Thickness Ratios: Compression Elements Members Subject to Flexure

	Case	Description of Element	Width-to-Thickness Ratio	Limiting Width-to-Thickness Ratio: λ_p (compact/ noncompact)	Limiting Width-to-Thickness Ratio: λ_r (noncompact/ slender)	Examples
Unstiffened Elements	10	Flanges of rolled I-shaped sections, channels, and tees	b/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11	Flanges of doubly and singly symmetric I-shaped built-up sections	b/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.95\sqrt{\frac{k_c E}{F_L}}$ [a] [b]	
	12	Legs of single angles	b/t	$0.54\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.91\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13	Flanges of all I-shaped sections and channels in flexure about the weak axis	b/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14	Stems of tees	d/t	$0.84\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.03\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

	Case	Description of Element	Width-to-Thickness Ratio	λ_p (compact/ noncompact)	λ_r (noncompact/ slender)	Examples
Stiffened Elements	15	Webs of doubly-symmetric I-shaped sections and channels	h/t_w	$3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	16	Webs of singly-symmetric I-shaped sections	h_c/t_w	$\frac{\frac{h_c}{h_p}\sqrt{\frac{E}{F_y}}}{\left(0.54\frac{M_p}{M_y}-0.09\right)^2} \le \lambda_r$ [c]	$5.70\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	17	Flanges of rectangular HSS and boxes of uniform thickness	b/t	$1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18	Flange cover plates and diaphragm plates between lines of fasteners or welds	b/t	$1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19	Webs of rectangular HSS and boxes	h/t	$2.42\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	20	Round HSS	D/t	$0.07\frac{E}{F_y}$	$0.31\frac{E}{F_y}$	

[a] $k_c = 4/\sqrt{h/t_w}$ but shall not be taken less than 0.35 nor greater than 0.76 for calculation purposes.
[b] $F_L = 0.7F_y$ for major axis bending of compact and noncompact web built-up I-shaped members with $S_{xt}/S_{xc} \ge 0.7$;
$F_L = F_y S_{xt}/S_{xc} \ge 0.5F_y$ for major-axis bending of compact and noncompact web built-up I-shaped members with $S_{xt}/S_{xc} < 0.7$.
[c] M_y is the moment at yielding of the extreme fiber. M_p = plastic bending moment, kip-in. (N-mm)
E = modulus of elasticity of steel = 29,000 ksi (200 000 MPa)
F_y = specified minimum yield stress, ksi (MPa)

Yerel Burkulma Sınır Durumu İçin Enkesit Sınıflandırılması

Enkesit sınıflandırması;
(EN 1993-1-1)

- **Sınıf 1:**

Kesitin dayanımında azalma olmaksızın yapılan analizde plastik mafsal oluşturabilen kesitlerdir.

- **Sınıf 2:**

Plastik moment oluşturulabilen fakat yerel burkulmadan dolayı sınırlı dönme kapasitesine sahip kesitlerdir.

- **Sınıf 3:**

Çelik elemanın elastik gerilme dağılımı akma dayanımına ulaştığı anda, yerel burkulma kesitin plastik moment dayanımına ulaşmasına engel olan kesit sınıfıdır.

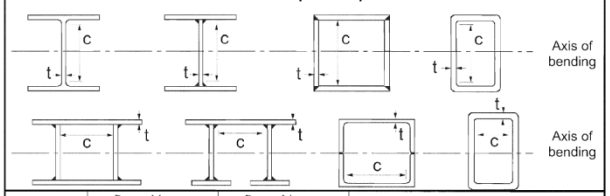
Yerel Burkulma Sınır Durumu İçin Enkesit Sınıflandırılması

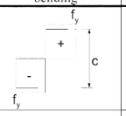
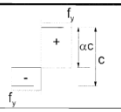
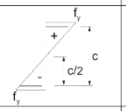
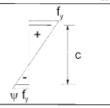
Enkesit sınıflandırması;
(EN 1993-1-1)

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 $\psi \le -1$*): $c/t \le 62\varepsilon(1-\psi)\sqrt{(-\psi)}$

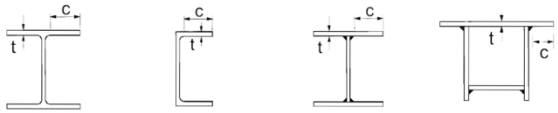
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ε	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

*) $\psi \le -1$ 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



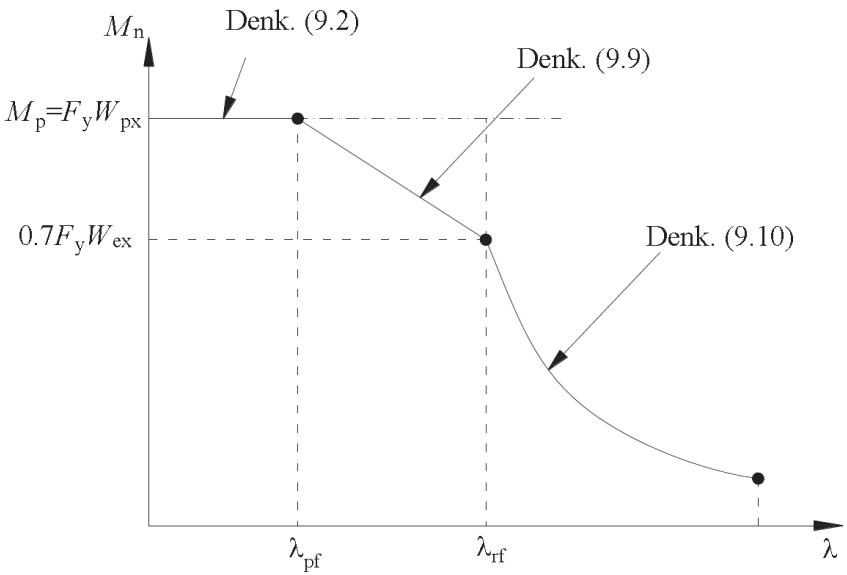
Rolled sections — Welded sections

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

Karakteristik Eğilme Momenti Dayanımı

Kuvvetli eksen etrafında eğilme etikisindeki çift simetri eksenli I-enkesitli elemanlar için yerel burkulma sınır durumunda, karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n 'nin, enkesitin başlık parçası narinliği λ_f e bağlı olarak değişimi;



$$M_n = M_p = F_y W_{px} \tag{9.2}$$

$$M_n = M_p - \left(M_p - 0.7 F_y W_{ex}\right)\left(\frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}}\right) \tag{9.9}$$

$$M_n = \frac{0.9 E k_c W_{ex}}{\lambda_f^2} \tag{9.10}$$

Karakteristik Basınç Kuvveti Dayanımı

Narin olmayan enkesitli *(Yönetmelik* Tablo 5.1A 'ya göre narin enkesit parçası içermeyen) elemanarın eksenel basınç kuvveti altında karaktesitik eksenel basınç kuvveti dayanımı, P_n , *Yönetmelik* 8.2 esas alınarak hesaplanırsa;

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

Burada, *kritik burkulma gerilmesi*, F_{cr}, **Denk.(8.2)** veya **Denk.(8.3)** ile elde edilecektir.

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

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

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

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

Karakteristik Basınç Kuvveti Dayanımı

Eksenel basınç kuvveti altında, *Yönetmelik* Tablo 5.1A 'ya göre narin enkesit parçalarına sahip basınç elemanlarında karakteristik baınç kuvveti dayanımı, P_n , *Yönetmelik* 8.5 esas alınarak hesaplanırsa;

$$P_n = F_{cr} A_e \qquad \textbf{(8.23)}$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

A_e : Etkin alan.

F_{cr} : Kritik burkulma gerilmesi.

Eksenel basınç kuvveti etkisindeki elemanın, asal eksenlerinden herhangi biri etrafında eğilmeli burkulma sınır durumu, burulmalı burkulma sınır durumu ve eğilmeli-burulmalı burkulma sınır durumlarında, *kritik burkulma gerilmesi*, F_{cr}, **Bölüm 8.2.1** veya **Bölüm 8.2.2** de verilen esaslar ile belirlenecektir. Tek korniyer enkesitlerde, *kritik burkulma gerilmesi*, F_{cr}, **Bölüm 8.2.1** ile sadece eğilmeli burkulma sınır durumu için hesaplanacaktır.

8.5.1– Narin Enkesit Parçalarında Etkin Alan

Etkin alan, A_e, her bir narin enkesit parçası için $(b-b_e)t$ alınarak, kayıpsız alanda yapılan azaltma ile belirlenecektir. Narin enkesit parçalarında etkin genişlik, b_e, (T-enkesitler için d_e, gövde elemanları için h_e) aşağıda tanımlanmaktadır.

Karakteristik Basınç Kuvveti Dayanımı

Eksenel basınç kuvveti altında, *Yönetmelik* Tablo 5.1A 'ya göre narin enkesit parçalarına sahip basınç elemanlarında karakteristik baınç kuvveti dayanımı, P_n , *Yönetmelik* 8.5 esas alınarak hesaplanırsa;

$$\lambda \le \lambda_r \sqrt{\frac{F_y}{F_{cr}}} \qquad \text{için} \qquad b_e = b \qquad \textbf{(8.24a)}$$

$$\lambda > \lambda_r \sqrt{\frac{F_y}{F_{cr}}} \qquad \text{için} \qquad b_e = b\left(1 - c_1\sqrt{\frac{F_{el}}{F_{cr}}}\right)\sqrt{\frac{F_{el}}{F_{cr}}} \qquad \textbf{(8.24b)}$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

A_e : Enkesit parçalarının azaltılmış etkin genişliği ile hesaplanan etkin alanların toplamı.

b : Enkesit parçasının genişliği (T-enkesitlerde d, gövde elemanlarında h).

c_1, c_2 : **Tablo 8.2** de verilen etkin genişlik hata düzeltme katsayısı.

λ : **Bölüm 5.4.1** de tanımlanan enkesit parçası genişlik / kalınlık oranı.

λ_r : **Tablo 5.1A** da verilen enkesit parçası genişlik / kalınlık oranı sınır değeri.

F_y : Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi.

F_{el} : **Denk.(8.25)** ile hesaplanan yerel elastik burkulma gerilmesi.

$$F_{el} = \left(c_2 \frac{\lambda_r}{\lambda}\right) F_y \qquad \textbf{(8.25)}$$

Örnek

HE 450 B enkesitli L = 4.0 m boyundaki elemanın karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı ve elemanın tasarım basınç kuvveti dayanımının bulunması;

Ag = 21798.76 mm^2 $\quad$ i_{yy} = 73.329 mm
Fy = 355 N/mm^2 $\quad$ K = 2

Yerel burkulma sınır durumu başlık parçası;

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2\times 26} = 5.77 \le \lambda_r = 0.56\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.56\sqrt{\frac{200000}{355}} = 13.29$$

Yerel burkulma sınır durumu gövde parçası;

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{344}{14} = 24.57 \le \lambda_r = 1.49\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.49\sqrt{\frac{200000}{355}} = 35.28$$

Tablo 5.1A ‘da verilen λ_f sınır değerlerini aşmadığından narin olmayan enkesit olarak değerlendirilir.

Örnek

$$L_{cy} = K_y \times L_y = 2 \times 4000 = 8000mm \qquad \frac{L_{cy}}{i_y} = \frac{8000}{73.30} = 109.097 \le 200 \qquad F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_{cy}}{i_y}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{109.097^2} = 165.845 N/mm^2$$

Yönetmelik 8.2 uyarınca,

$$109.097 \le 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 111.795 \qquad F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right] F_y = \left[0.658^{\frac{355}{165.845}}\right] 355 = 144.921 N/mm^2$$

Karakteristik basınç kuvveti dayanımı,

$$P_n = F_{cr} A_g = 144.921 \times 21798.76 \times 10^{-3} = 3159.09 kN$$

YDKT tasarım kuvveti,

$$P_d = \phi P_n = 0.90 \times 3159.09 = 2843.181 kN$$

Örnek

Yapma enkesitli L = 4.0 m boyundaki elemanın karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı ve elemanın tasarım basınç kuvveti dayanımının bulunması;

Ag = 9440 mm^2 $\qquad$ i_{yy} = 69.057 mm
Fy = 355 N/mm^2 $\qquad$ K = 2

Yerel burkulma sınır durumu başlık parçası;

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2\times 10} = 15 \geq \lambda_r = 0.56\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.56\sqrt{\frac{200000}{355}} = 13.29$$

Yerel burkulma sınır durumu gövde parçası;

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{344}{8} = 43 \geq \lambda_r = 1.49\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.49\sqrt{\frac{200000}{355}} = 35.28$$

Tablo 5.1A ‘da verilen λ_f sınır değerlerini aştığından narin enkesit olarak değerlendirilir.

Örnek

Narin enkesitlerin eksenel basınç dayanımını bulmak için *Yönetmelik* 8.5 'te açıklanan karakteristik basınç kuvvetinin bulunması,

8.5 NARİN ENKESİTLİ BASINÇ ELEMANLARI

Eksenel basınç kuvveti altında, **Tablo 5.1A** ya göre *narin* enkesit parçalarına sahip basınç elemanlarında *karakteristik basınç kuvveti dayanımı*, P_n, aşağıda verilen esaslar doğrultusunda **Denk.(8.23)** ile belirlenecektir.

$$P_n = F_{cr} A_e \qquad \textbf{(8.23)}$$

$$\lambda \le \lambda_r \sqrt{\frac{F_y}{F_{cr}}} \quad \text{için} \quad b_e = b \qquad \textbf{(8.24a)}$$

$$\lambda > \lambda_r \sqrt{\frac{F_y}{F_{cr}}} \quad \text{için} \quad b_e = b\left(1 - c_1\sqrt{\frac{F_{el}}{F_{cr}}}\right)\sqrt{\frac{F_{el}}{F_{cr}}} \qquad \textbf{(8.24b)}$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

A_e : Enkesit parçalarının azaltılmış etkin genişliği ile hesaplanan etkin alanların toplamı.

b : Enkesit parçasının genişliği (T-enkesitlerde d, gövde elemanlarında h).

c_1, c_2 : **Tablo 8.2** de verilen etkin genişlik hata düzeltme katsayısı.

λ : **Bölüm 5.4.1** de tanımlanan enkesit parçası genişlik / kalınlık oranı.

λ_r : **Tablo 5.1A** da verilen enkesit parçası genişlik / kalınlık oranı sınır değeri.

F_y : Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi.

F_{el} : **Denk.(8.25)** ile hesaplanan yerel elastik burkulma gerilmesi.

$$F_{el} = \left(c_2 \frac{\lambda_r}{\lambda}\right) F_y \qquad \textbf{(8.25)}$$

Örnek

Başlık için,

$$\lambda = 30 \le \lambda_r \sqrt{\frac{F_y}{F_{cr}}} = 13.29\sqrt{\frac{355}{129.271}} = 22.027$$

Gövde için,

$$\lambda = 43 \le \lambda_r \sqrt{\frac{F_y}{F_{cr}}} = 35.28\sqrt{\frac{355}{129.271}} = 58.465$$

Başlık ve gövde için etkili genişliklerde azaltma yapılmayacaktır,

$$A_e = A_g = 9440mm^2$$

Karakteristik basınç kuvveti dayanımı,

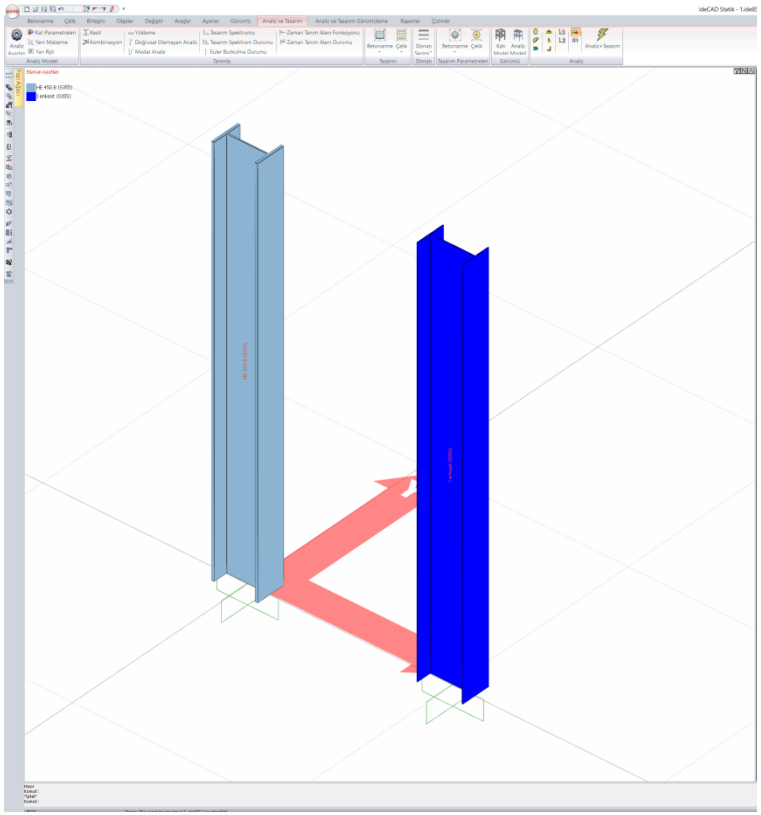
$$P_n = F_{cr}A_e = 129.271 \times 9440 \times 10^{-3} = 1220.317kN$$

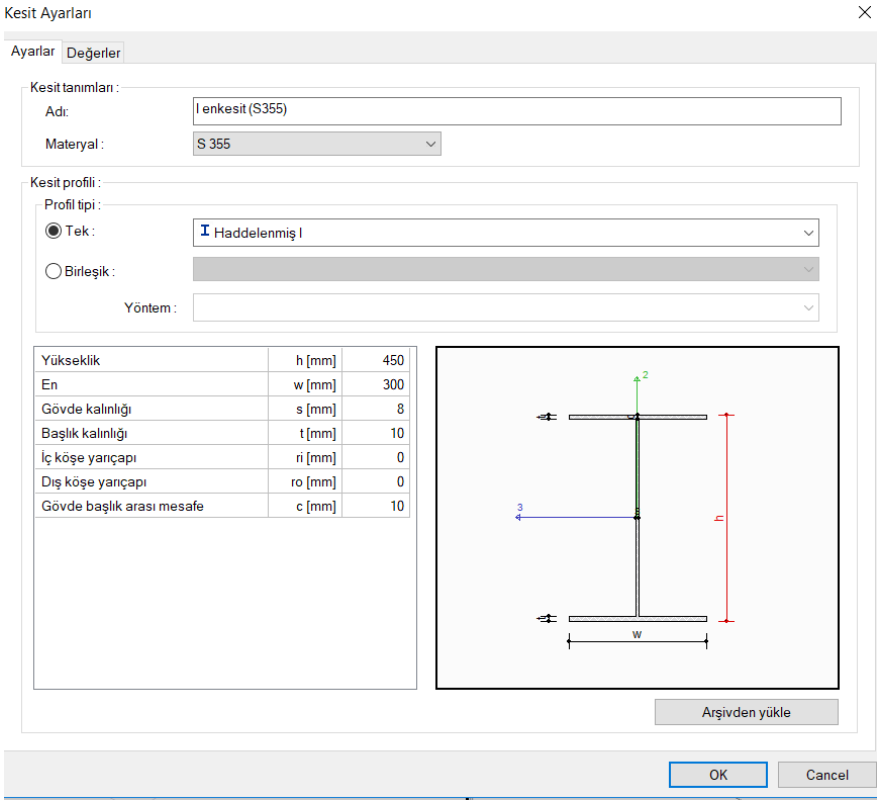
YDKT tasarım kuvveti,

$$P_d = \phi P_n = 0.90 \times 1220.317 = 1098.285kN$$

Örnek

Program sonuçları ile karşılaştırma,





Örnek

Program sonuçları ile karşılaştırma,

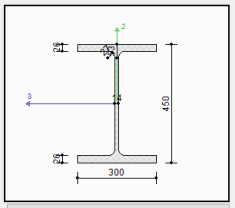
TÇY 2016 (YDKT)

Kesit özellikleri :

HE 450 B (S355) A = 21798.759 [mm²] J = 4419170.61 [mm4]

Iy = 117213653.4 [mm4] Ix = 798910805.5 [mm4] iy = 73.329 [mm] ix = 191.44 [mm]

Wey = 781424.358 [mm³] Wex = 3550714.69 [mm³] Wpy = 1197672.95 [mm³] Wpx = 3982555.36 [mm³]



Malzeme özellikleri :

S 355 Fy = 355000 [kN/m²] Fu = 469999.991 [kN/m²] E = 200000000 [kN/m²]

Komb. : 1.2G+Q-Ey

Kuvvetler ve Momentler :

Konum [m]	Pr [kN]	Mrx [kNm]	Mry [kNm]	Vry [kN]	Vrx [kN]	Tr [kNm]
0	-8.054	0.732	1.926	-0.183	-0.481	0

İhtiyaç/Kapasite Oranı :

Oran = 0.007

Etkileşim Denklemi = (11.1b)

Kayma Kontrolü :

	Vr Etki	Vc Kapasite		Oran
Major (2)	0.183	1341.9	[kN]	0
Minor (3)	0.481	2990.52	[kN]	0

Eksenel Kuvvet ve İki Eksenli Eğilme Kontrolü

	Pr Etki	Pc Kapasite	Pt Kapasite	
Eksenel	8.054	2843.152	6964.703	[kN]

	Mr Moment	Mc Kapasite	
Major	0.732	1272.426	[kNm]
Minor	1.926	382.656	[kNm]

	Tr Moment	Tc Kapasite	
Burulma	0	0	[kNm]

Tasarım Değişkenleri :

	K Faktör	L Faktör	L [m]
Major	2	1	4
Minor (2-2)	2	1	4

	Cb Faktör	L Faktör	L [m]
LTB	1.667	1	4

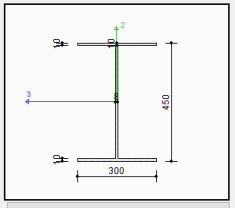
TÇY 2016 (YDKT)

Kesit özellikleri :

I enkesit (S355) A = 9440 [mm²] J = 273532.202 [mm4]

Iy = 45018346.6 [mm4] Ix = 343454666.4 [mm4] iy = 69.057 [mm] ix = 190.743 [mm]

Wey = 300122.311 [mm³] Wex = 1526465.18 [mm³] Wpy = 456880 [mm³] Wpx = 1689800 [mm³]



Malzeme özellikleri :

S 355 Fy = 355000 [kN/m²] Fu = 469999.991 [kN/m²] E = 200000000 [kN/m²]

Komb. : 1.2G+Q-Ey

Kuvvetler ve Momentler :

Konum [m]	Pr [kN]	Mrx [kNm]	Mry [kNm]	Vry [kN]	Vrx [kN]	Tr [kNm]
0	-3.488	0.317	0.822	-0.079	-0.205	0

İhtiyaç/Kapasite Oranı :

Oran = 0.009

Etkileşim Denklemi = (11.1b)

Kayma Kontrolü :

	Vr Etki	Vc Kapasite		Oran
Major (2)	0.079	690.12	[kN]	0
Minor (3)	0.205	1150.2	[kN]	0

Eksenel Kuvvet ve İki Eksenli Eğilme Kontrolü

	Pr Etki	Pc Kapasite	Pt Kapasite	
Eksenel	3.488	1095.926	3016.08	[kN]

	Mr Moment	Mc Kapasite	
Major	0.317	459.224	[kNm]
Minor	0.822	113.929	[kNm]

	Tr Moment	Tc Kapasite	
Burulma	0	0	[kNm]

Tasarım Değişkenleri :

	K Faktör	L Faktör	L [m]
Major	2	1	4
Minor (2-2)	2	1	4

	Cb Faktör	L Faktör	L [m]
LTB	1.667	1	4

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.