ideCAD Çelik 8
Kullanılan Yönetmelikler

Hazırlayan: Nihan Yazıcı

www.idecad.com.tr

ideCAD Çelik 8
Kullanılan Yönetmelikler

Yönetmelik	Versiyon	Webinar tarihi
Aisc 360-10 (LRFD-ASD)	8.103	23.03.2016
Türk Çelik Yönetmeliği 2016 (YDKT-GKT)	8.5	23.03.2016
En 1993-1 1:Eurocode3	8.5	Tarihi duyurulacaktır.
En 1991-1-4:2005 Wind Actions	8.5	https://attendee.gotowebinar.com/register/7602030364528829954
Kren kirişlerde:Mbma 2010, Aisc Steel Design Guide 7,Asce 07-10	8.103	Tarihi duyurulacaktır.
Petek kirişlerde: Aisc 360-10	8.103	Tarihi duyurulacaktır.

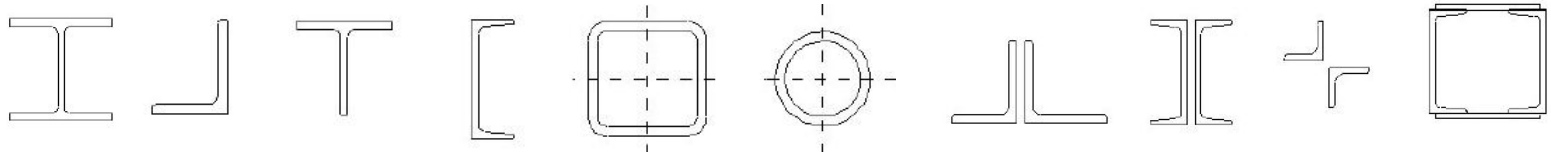
Türk Çelik Yönetmeliği 2016 (YDKT-GKT) ile tasarım ile ilgili webinar sunumumuz
Aisc 360-10 (LRFD-ASD) ile tasarım ile ilgili webinar sunumumu

Konu başlıkları

I. Eksenel çekme kuvveti etkisindeki elemanlar
II. Eksenel basınç kuvveti etkisindeki elemanlar
III. Eğilme etkisindeki elemanlar
-Kuvvetli Eksende Eğilme Etkisi
-Zayıf Eksende Eğilme Etkisi
IV. Birleşik etkiler altındaki elemanlar

Eksenel Çekme Kuvveti Etkisindeki Elemanlar

Çekme Elemanı Tanımı



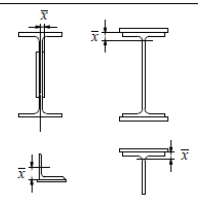
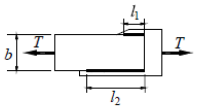
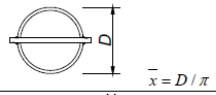
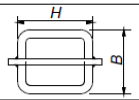
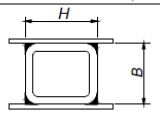
Eksenel çekme kuvveti etkisindeki elemanların taşıyan yapısal elemanlar çekme elemanı olarak isimlendirilir.

- **Narinlik Oranı Sınırı:** Çekme kuvveti etkisindeki elemanlarda stabilite bir tasarım kriteri olmamasına karşın, bu tür elemanlarda narinlik oranı (*L/i) 300 den küçük olmalıdır.*
- **Kayıpsız ve Net Enkesit Alanları:** Çekme etkisi altındaki elemanların bu bölümde tanımlanacak olası göçme sınır durumları için, *kayıpsız enkesit alanı, Ag, ve net (kayıplı) enkesit alanı, An,* belirlenecektir.
- **Etkin Net Enkesit Alanı:** Çekme elemanının tüm enkesit parçalarıyla bulonlu veya kaynaklı olarak bağlanmadığı durumda, gerilme yayılışındaki düzensizliğin hesaba katıldığı *etkin net enkesit alanı, Ae, hesaplanacaktır.*

$$Ae = U \times An$$

Eksenel Çekme Kuvveti Etkisindeki Elemanlar

TABLO - 7.1 GERİLME DÜZENSİZLİĞİ ETKİ KATSAYISI

Durum	Çekme elemanı tanımı		Gerilme düzensizliği etki katsayısı, U	Örnek
1	Çekme elemanlarının tüm enkesit parçalarıyla bağlanması durumu		U=1.0	–
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=1.0	
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		$l \geq 1.3D \rightarrow U = 1.0$ $D \leq l \leq 1.3D$ $\rightarrow U = 1 - \bar{x}/l$	 $\bar{x} = D/\pi$
6	Birleşim levhasına bağlanan kutu enkesitli profiller	Bir adet merkezi birleşim levhası kullanılması durumu	$l \geq H \rightarrow U = 1 - \bar{x}/l$ $\bar{x} = \frac{B^2 + 2BH}{4(B+H)}$	
		Yan kenarlarda iki adet birleşim levhası kullanılması durumu	$l \geq H \rightarrow U = 1 - \bar{x}/l$ $\bar{x} = \frac{B^2}{4(B+H)}$	

$$Ae = U \times An$$

Eksenel Çekme Kuvveti Etkisindeki Elemanlar

- Akma Sınır Durumu

  Çekme elemanlarında akma sınır durumu için karekteristik çekme kuvveti dayanımı, *Tny,* kayıpsızenkesit alanı kullanılarak hesaplanacaktır.

D2. TENSILE STRENGTH

The *design tensile strength*, $\phi_t P_n$, and the *allowable tensile strength*, P_n/Ω_t, of tension members shall be the lower value obtained according to the *limit states* of *tensile yielding* in the gross section and *tensile rupture* in the net section.

(a) For tensile yielding in the gross section:

$$P_n = F_y A_g \qquad \text{(D2-1)}$$

$$\phi_t = 0.90 \text{ (LRFD)} \qquad \Omega_t = 1.67 \text{ (ASD)}$$

7.2.1 – Akma Sınır Durumu

Çekme elemanlarında akma sınır durumu için karakteristik çekme kuvveti dayanımı, T_n, kayıpsız enkesit alanı kullanılarak **Denk.(7.2)** ile hesaplanacaktır.

$$T_n = F_y A_g \qquad \textbf{(7.2)}$$

Tasarım çekme kuvveti dayanımı, $\phi_t T_n$, (YDKT) veya elemanının güvenli çekme kuvveti dayanımı, T_n/Ω_t, (GKT),

$$\phi_t = 0.90 \text{ (YDKT)} \qquad \text{veya} \qquad \Omega_t = 1.67 \text{ (GKT)}$$

alınarak belirlenecektir.

Eksenel Çekme Kuvveti Etkisindeki Elemanlar

- Kırılma Sınır Durumu

  Çekme elemanlarında akma sınır durumu için karekteristik çekme kuvveti dayanımı, *Tnu,* etkin net enkesit alanı kullanılarak hesaplanacaktır.

(b) For tensile rupture in the net section:

$$P_n = F_u A_e \qquad \text{(D2-2)}$$

$$\phi_t = 0.75 \text{ (LRFD)} \qquad \Omega_t = 2.00 \text{ (ASD)}$$

7.2.2 – Kırılma Sınır Durumu

Çekme elemanlarında kırılma sınır durumu için, karakteristik çekme kuvveti dayanımı, T_n, etkin net enkesit alanı kullanılarak **Denk.(7.3)** ile hesaplanacaktır.

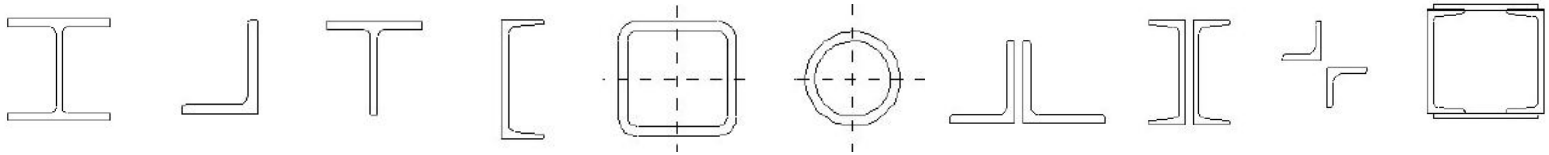
$$T_n = F_u A_e \qquad \textbf{(7.3)}$$

Tasarım çekme kuvveti dayanımı, $\phi_t T_n$, (YDKT) veya *güvenli çekme kuvveti dayanımı*, T_n/Ω_t, (GKT),

$$\phi_t = 0.75 \text{ (YDKT)} \qquad \text{veya} \qquad \Omega_t = 2.00 \text{ (GKT)}$$

Eksenel Basınç Kuvveti Etkisindeki Elemanlar

- Basınç Elemanı Tanımı



Eksenel çekme kuvveti etkisindeki elemanların taşıyan yapısal elemanlar çekme elemanı olarak isimlendirilir.

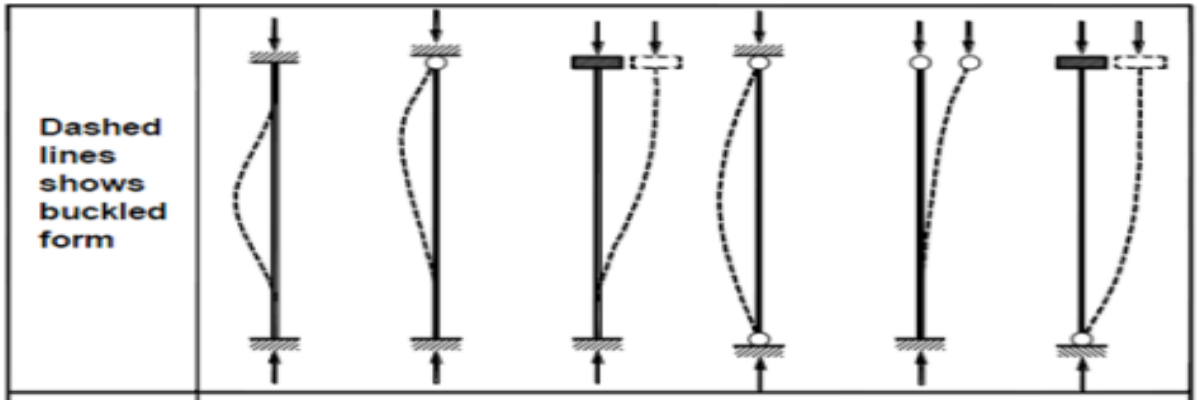
- **Narinlik Oranı Sınırı Değeri:** Basınç elemanlarının (Türk çelik yönetmeliği ve AISC 360-10 a göre belirlenen) burkulma boyu (Lc= KL) hesaplanarak elde edilen narinlik oranı Lc/i ≤ 200 olacaktır.
- **Tasarım Esasları:** Çekme etkisi altındaki elemanların bu bölümde tanımlanacak olası göçme sınır durumları için, *kayıpsız enkesit alanı, Ag, ve net (kayıplı) enkesit alanı, An,* belirlenecektir.

Eksenel Basınç Kuvveti Etkisindeki Elemanlar

- Narinlik Oranı Sınır Durumu

Basınç elemanlarının (Türk çelik yönetmeliği ve AISC 360-10 a göre belirlenen) burkulma boyu (Lc= KL) hesaplanarak elde edilen narinlik oranı Lc/i ≤ 200 olacaktır.

NARİNLİK KONTROLÜ (DBYBHY 2007)



K_T	0.50	0.70	1.00	1.00	2.00	2.00
K_R	0.65	0.80	1.20	1.00	2.10	2.00

Dönme ve öteleme önlenmis.
Dönme serbest, öteleme önlenmis.
Dönme önlenmis, öteleme serbest.
Dönme ve öteleme serbest.

Eksenel Basınç Kuvveti Etkisindeki Elemanlar

- Tasarım Esasları

Karekteristik eksenel başınç kuvveti dayanımı, Pn eksenel basınç etkisindeki elemanın enkesit asal eksenlerinden herhangi biri etrafında eğilmeli burkulma, burulmalı burkulma, eğilmeli burulmalı burkulma sınır durumlarına göre hesaplanacak dayanımların en küçüğü olarak alınacaktır.

E1. GENERAL PROVISIONS

The *design compressive strength*, $\phi_c P_n$, and the *allowable compressive strength*, $P_n \Omega_c$, are determined as follows.

The *nominal compressive strength*, P_n, shall be the lowest value obtained based on the applicable *limit states* of *flexural buckling*, *torsional buckling*, and *flexural-torsional buckling*.

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

8.1.2 – Tasarım Esasları

Karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı, P_n, eksenel basınç etkisindeki elemanın enkesit asal eksenlerinden herhangi biri etrafında *eğilmeli burkulma*, *burulmalı burkulma* ve/veya *eğilmeli burulmalı burkulma sınır durumlarına* göre hesaplanacak dayanımların en küçüğü olarak alınacaktır.

Tasarım basınç kuvveti dayanımı, $\phi_c P_n$, (YDKT) veya *güvenli basınç kuvveti dayanımı*, P_n/Ω_c, (GKT) tüm basınç elemanlarında,

$$\phi_c = 0.90 \text{ (YDKT)} \qquad \text{veya} \qquad \Omega_c = 1.67 \text{ (GKT)}$$

olmak üzere, bu bölümde tanımlanan kurallara uygun olarak hesaplanacaktır.

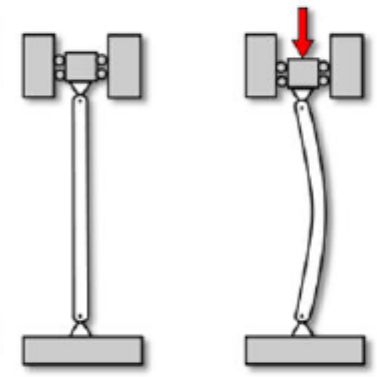
Eksenel Basınç Kuvveti Etkisindeki Elemanlar

- Burkulma Sınır Durumları

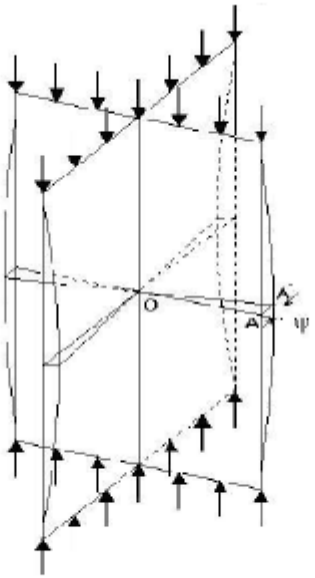
  Eğilmeli burkulma sınır durumu

  Burulmalı burkulma

  Eğilmeli burulmalı burkulma



Tipik Eğilmeli Burulma



Burulmalı Burkulma

Eğilmeli burulmalı burkulma

Eksenel Basınç Kuvveti Etkisindeki Elemanlar

- Akma Sınır Durumu

  Çekme elemanlarında akma sınır durumu için karekteristik çekme kuvveti dayanımı, *Tny,* kayıpsız enkesit alanı kullanılarak hesaplanacaktır.

D2. TENSILE STRENGTH

The *design tensile strength*, $\phi_t P_n$, and the *allowable tensile strength*, P_n/Ω_t, of tension members shall be the lower value obtained according to the *limit states* of *tensile yielding* in the gross section and *tensile rupture* in the net section.

(a) For tensile yielding in the gross section:

$$P_n = F_y A_g \qquad \text{(D2-1)}$$

$$\phi_t = 0.90 \text{ (LRFD)} \qquad \Omega_t = 1.67 \text{ (ASD)}$$

7.2.1 – Akma Sınır Durumu

Çekme elemanlarında akma sınır durumu için karakteristik çekme kuvveti dayanımı, T_n, kayıpsız enkesit alanı kullanılarak **Denk.(7.2)** ile hesaplanacaktır.

$$T_n = F_y A_g \qquad \textbf{(7.2)}$$

Tasarım çekme kuvveti dayanımı, $\phi_t T_n$, (YDKT) veya elemanının güvenli çekme kuvveti dayanımı, T_n/Ω_t, (GKT),

$$\phi_t = 0.90 \text{ (YDKT)} \qquad \text{veya} \qquad \Omega_t = 1.67 \text{ (GKT)}$$

alınarak belirlenecektir.

Eksenel Basınç Kuvveti Etkisindeki Elemanlar

- Eğilmeli Burkulma Sınır durumu

Eğilmeli burkulma , kesitin asal eksenlerinden biri etrafında meydana gelen eğilme deformasyonu şeklinde ortaya çıkar. Asal eksen etrafında dönme sözkonusu değildir. Bu tür burkulma , çift simetri eksenli kutu ve boru kesitler ile I kesitler ve tek simetri eksenli T ve U kestlerde görülen en basit burkulma sınır durumudur. Enkesit özelliklerinden bağımsız olarak, tüm basınç elemanlarında dikkate alınacaktır. Basınç kuvveti etkisi altındaki eğilmeli burkulma sınır durumu için, elastik burkulmagerilmesi şu denklemle hesaplanır.

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.

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

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)

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

Eksenel Basınç Kuvveti Etkisindeki Elemanlar

- Burulmalı Burkulma Sınır Durumu

Burulmalı burkulma, elemanın boyuna ekseni etrafında meydana gelen dönme deformasyonu ile ortaya çıkar. Burulmalı burkulma sınır durumu çok narin enkesit elemanlarına sahip, çift simetrili, I enkesitli, + enkesitli veya sırt sırta yerleştirilmiş dört korniyerden oluşan açık enkesitli basınç elamanlarında görülür. Elastik burkulma gerilmesi şu formül ile hesaplanır.

F_{ez} : Burulmalı burkulma sınır durumunda elastik burkulma gerilmesi.

$$F_{ez} = \left(\frac{\pi^2 E C_w}{(L_{cz})^2} + GJ \right) \frac{1}{A_g \bar{i}_o^2} \qquad \textbf{(8.10)}$$

$$H = 1 - \frac{x_o^2 + y_o^2}{\bar{i}_o^2} \qquad \textbf{(8.11)}$$

$$F_{ez} = \left(\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right) \frac{1}{A_g \bar{r}_o^2} \qquad \text{(E4-9)}$$

G = shear modulus of elasticity of steel = 11,200 ksi (77 200 MPa)

$$H = 1 - \frac{x_o^2 + y_o^2}{\bar{r}_o^2} \qquad \text{(E4-10)}$$

Eksenel Basınç Kuvveti Etkisindeki Elemanlar

- Eğilmeli Burulmalı Burkulma Sınır durumu

Simetri ekseni y-ekseni olmak üzere , y-ekseni etrafında burkulmanın, elemanın eğilmesi ve boyuna ekseni etrafında dönmesiyle oluşan duruma eğilmeli-burulmalı burkulma sınır denir.

Çift korniyerler, T enkesitler, U profiller, ve eşit kollu tek korniyer gibi tek simetri eksenine sahip enkesitlerden oluşan basınç elamanlarının simetri eksenleri etrafında dönmesiyle oluşur. Elastik burkulma gerilmesi şu formülle hesaplanır.

8.2.2 – Eğilmeli Burulmalı Burkulma Sınır Durumu

$$F_e = \left(\frac{F_{ey} + F_{ez}}{2H}\right)\left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{ey}F_{ez}H}{\left(F_{ey} + F_{ez}\right)^2}}\right] \qquad \textbf{(8.6)}$$

TORSIONAL AND FLEXURAL-TORSIONAL BUCKLING OF MEMBERS

$$F_e = \left(\frac{F_{ey} + F_{ez}}{2H}\right)\left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{ey}F_{ez}H}{(F_{ey} + F_{ez})^2}}\right] \qquad \text{(E4-5)}$$

Eksenel Basınç Kuvveti Etkisindeki Elemanlar

Diğer Basınç Elemanları

Tek korniyerden oluşan basınç elemanları
Yapma enkesitli basınç elemanları
Narin enkesitli basınç elemanları

Şeklinde listelenen basınç elemanları ile ilgili Türk Çelik yönetmeliğin ilgili bölümlerinden inceleyebilirsiniz. (bknz.8.3, 8.4 ve 8.5)

Eksenel Basınç Kuvveti Etkisindeki Elemanlar

Basınç Elemanı Tasarım Sonucu-LRFD

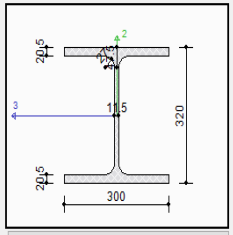
Tasarım Detayları

Kesit özellikleri :

HE 320 B L = 3.3 [m] A = 161.353 [cm²]

I2 = 9238.856 [cm4] I3 = 30825.197 [cm4] r2 = 7.567 [cm] r3 = 13.822 [cm]

S2 = 615.924 [cm³] S3 = 1926.575 [cm³] Z2 = 939.112 [cm³] Z3 = 2149.367 [cm³]



Malzeme özellikleri :

Fy = 235000 [kN/m²] E = 205939650 [kN/m²] G = 79207557.692 [kN/m²]

Yönetmelik AISC 360-10 (LRFD) Komb. : 1.2G+Ey+Q

Kuvvetler ve Momentler :

Konum [m]	P [kN]	M33 [kNm]	M22 [kNm]	V2 [kN]	V3 [kN]	T [kNm]
0	-4.918	0.375	1.084	0.114	0.328	0

İhtiyaç/Kapasite Oranı :

Oran = 0.007

Etkileşim Denklemi = P/2Pc + (M33/Mc33 + M22/Mc22)

Kayma Kontrolü :

	V Etki	Vc Kapasite		Oran
Major	0.114	518.88	[kN]	0
Minor	0.328	1560.87	[kN]	0

Eksenel Kuvvet ve İki Eksenli Eğilme Kontrolü

	P Etki	Pc Kapasite		Pt Kapasite
Eksenel	4.918	3112.542	[kN]	3412.607

	M Moment	Mc Kapasite		K Faktör	L Faktör	Lb Faktör	Cb Faktör
Major Eğilme	0.375	454.591	[kNm]	1	1	1	1
Minor Eğilme	1.084	198.622	[kNm]	1	1		

	T Moment	Tc Kapasite	
Burulma	0	0	[kNm]

BASINÇ - ASD - LRFD

HE 320 B

$A = 161.353\ cm^2$
$t_w = 11.5\ mm$
$t_f = 20.5\ mm$
$d = 320\ mm$
$b = 300\ mm$
$h_w = 320 - 2(20.5) = 279\ mm$

$F_y = 235\ N/mm^2$
$E = 205939.65\ N/mm^2$
$r_x = 13.822\ cm$
$r_y = 7.567\ cm$
$L = 330\ cm$

Narinlik Kontrolü

Flanş: $\frac{b}{2t_f} = \frac{300}{2(20.5)} = 7.317 < 0.56\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 16.576$ ✓

Web: $\frac{b}{t_w} = \frac{279}{11.5} = 24.26 < 1.49\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 44.104$ ✓

$\lambda_x = \frac{K_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1 \cdot 330}{13.822} = 23.875$

$\lambda_y = \frac{K_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{1 \cdot 330}{7.567} = 43.61$

$\lambda_x < \lambda_y$

λ_y kontrolü yapılır.

$\lambda = 43.61 < 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 139.416$ ✓

$F_e = \frac{\pi^2 E}{(\lambda_y)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 205939.65}{(43.61)^2} = 1068.73\ N/mm^2$

$F_{cry} = [0.658^{F_y/F_e}] F_y = 214.337\ N/mm^2$

$P_n = F_{cry} \cdot A = 214.337 \times 161.353 \times 10^{-2} = 3458{,}39\ kN$

$P_d = \frac{P_n}{1.67} = 2070{,}89\ kN$ (ASD)

$P_d = 0.9 P_n = 3112{,}55\ kN$ (LRFD)

Eksenel Basınç Kuvveti Etkisindeki Elemanlar

Basınç Elemanı Tasarım Sonucu-ASD

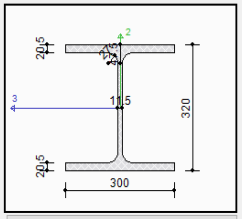
Tasarım Detayları

Kesit özellikleri :

HE 320 B L = 3.3 [m] A = 161.353 [cm²]

I2 = 9238.856 [cm4] I3 = 30825.197 [cm4] r2 = 7.567 [cm] r3 = 13.822 [cm]

S2 = 615.924 [cm³] S3 = 1926.575 [cm³] Z2 = 939.112 [cm³] Z3 = 2149.367 [cm³]



Malzeme özellikleri :

Fy = 235000 [kN/m²] E = 205939650 [kN/m²] G = 79207557.692 [kN/m²]

Yönetmelik : AISC 360-10 (ASD) Komb. : G+0.7Ey

Kuvvetler ve Momentler :

Konum [m]	P [kN]	M33 [kNm]	M22 [kNm]	V2 [kN]	V3 [kN]	T [kNm]
0	-4.098	0.263	0.759	0.08	0.23	0

İhtiyaç/Kapasite Oranı :

Oran = 0.008

Etkileşim Denklemi = P/2Pc + (M33/Mc33 + M22/Mc22)

Kayma Kontrolü :

	V Etki	Vc Kapasite		Oran
Major	0.08	345.92	[kN]	0
Minor	0.23	1038.503	[kN]	0

Eksenel Kuvvet ve İki Eksenli Eğilme Kontrolü

	P Etki	Pc Kapasite		Pt Kapasite
Eksenel	4.098	2070.886	[kN]	2270.53

	M Moment	Mc Kapasite		K Faktör	L Faktör	Lb Faktör	Cb Faktör
Major Eğilme	0.263	302.456	[kNm]	1	1	1	1
Minor Eğilme	0.759	132.15	[kNm]	1	1		

	T Moment	Tc Kapasite	
Burulma	0	0	[kNm]

BASINÇ - ASD - LRFD

HE 320 B

$A = 161.353\ cm^2$
$t_w = 11.5\ mm$
$t_f = 20.5\ mm$
$d = 320\ mm$
$b = 300\ mm$
$h_w = 320 - 2(20.5) = 279\ mm$

$F_y = 235\ N/mm^2$
$E = 205939.65\ N/mm^2$
$r_x = 13.822\ cm$
$r_y = 7.567\ cm$
$L = 330\ cm$

Narinlik Kontrolü

Flanş: $\frac{b}{2t_f} = \frac{300}{2(20.5)} = 7.317 < 0.56\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 16.576$ ✓

Web: $\frac{b}{t_w} = \frac{279}{11.5} = 24.26 < 1.49\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 44.104$ ✓

$\lambda_x = \frac{K_x \cdot L_x}{r_x} = \frac{1 \cdot 330}{13.822} = 23.875$

$\lambda_y = \frac{K_y \cdot L_y}{r_y} = \frac{1 \cdot 330}{7.567} = 43.61$

$\lambda_x < \lambda_y$

λ_y kontrolü yapılır.

$\lambda = 43.61 < 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 139.416$ ✓

$F_e = \frac{\pi^2 E}{(\lambda_y)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 205939.65}{(43.61)^2} = 1068.73\ N/mm^2$

$F_{cry} = [0.658^{F_y/F_e}] F_y = 214.337\ N/mm^2$

$P_n = F_{cry} \cdot A = 214.337 \times 161.353 \times 10^{-2} = 3458{,}39\ kN$

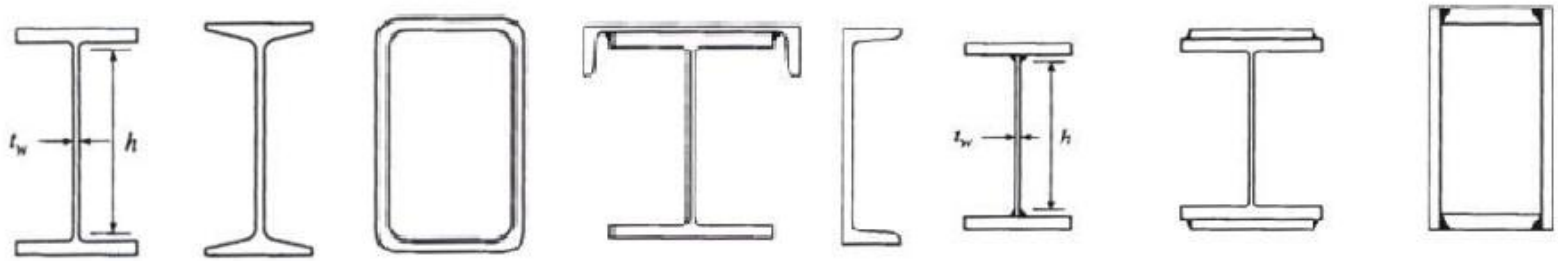
$P_d = \frac{P_n}{1.67} = 2070{,}89\ kN$ (ASD)

$P_d = 0.9 P_n = 3112{,}55\ kN$ (LRFD)

Eğilme Etkisindeki Elemanlar

Eğilme Etkisindeki Elemanların Tanımı

Basit eğilme etkisindeki elemanlarda, yükler kayma merkezinden geçen asal eksene paralel olan düzlemde etkimeli veya eleman, yük etkime noktalarında ve mesnetlerde burulmaya karşı desteklenmelidir. Eğilme elemanları uzun doğrultudaki eksenlerine dik gelen yükleri taşıyan yapısal elemanlardır ve kiriş olarak adlandırılırlar. Mesnetlendikleri elemanlara yükleri eğilme momenti ve kesme kuvveti olarak aktarırlar.



Eğilme Etkisindeki Elemanlar

Eğilme Elemanlarında Genel Esaslar

Eğilme elemanının karekteristk eğilme momenti dayanımı, Mn, olası her bir göçme sınır durumu için belirlenecek dayanımların en küçüğü olarak anılacaktır. Tüm eğilme elemanları için, aşağıdaki katsayılar alınarak, eğilme elemanının tasarım eğilme momenti dayanımı veya güvenli eğilme momenti dayanımı belirlenir.

Eğilme elemanının *karakteristik eğilme momenti dayanımı*, M_n, olası her bir göçme sınır durumu için belirlenecek dayanımların en küçüğü olarak alınacaktır. Burada, tüm eğilme elemanları için,

$$\phi_t = 0.90 \text{ (YDKT)} \qquad \text{veya} \qquad \Omega_t = 1.67 \text{ (GKT)}$$

alınarak, eğilme elemanının *tasarım eğilme momenti dayanımı*, $\phi_b M_n$, (YDKT) veya *güvenli eğilme momenti dayanımı*, M_n/Ω_b, (GKT) aşağıdaki koşullar esas alınarak belirlenecektir.

F1. GENERAL PROVISIONS

The *design flexural strength*, $\phi_b M_n$, and the *allowable flexural strength*, M_n/Ω_b, shall be determined as follows:

(1) For all provisions in this chapter

$$\phi_b = 0.90 \text{ (LRFD)} \qquad \Omega_b = 1.67 \text{ (ASD)}$$

and the *nominal flexural strength*, M_n, shall be determined according to Sections F2 through F13.

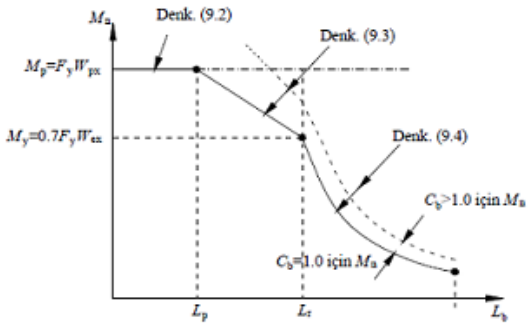
Eğilme Etkisindeki Elemanlar

Kuvvetli Eksende Eğilme Etkisi

- **Yanal Burulmalı Burkulma Sınır Durumu:** Yanal burulmalı burkulmalı durum için göçme sınır durumları basınç başlığının yanal olarak desteklenmeyen uzunluğu Lb ye bağlı olarak değişir ve moment düzeltme katsayısı Cb kullanılır.

9.2.2 – Yanal Burulmalı Burkulma Sınır Durumu

Yanal burulmalı burkulma sınır durumu için, aşağıda (a), (b) ve (c) maddelerinde tanımlanan göçme sınır durumları için karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n nin basınç başlığının yanal olarak desteklenmeyen uzunluğu, L_b ye bağlı olarak değişimi ve moment düzeltme katsayısı, C_b nin etkisi **Şekil 9.1** de gösterilmiştir.



Şekil 9.1 – Basınç başlığının yanal olarak desteklenmeyen uzunluğuna bağlı olarak karakteristik eğilme momenti dayanımı

2. Lateral-Torsional Buckling

(a) When $L_b \le L_p$, the *limit state* of *lateral-torsional buckling* does not apply.
(b) When $L_p < L_b \le L_r$

$$M_n = C_b\left[M_p - \left(M_p - 0.7F_yS_x\right)\left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right)\right] \le M_p \qquad \text{(F2-2)}$$

(c) When $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr}S_x \le M_p \qquad \text{(F2-3)}$$

where

L_b = length between points that are either braced against lateral displacement of the compression flange or braced against twist of the cross section, in. (mm)

$$F_{cr} = \frac{C_b\pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}\sqrt{1 + 0.078\frac{Jc}{S_x h_o}\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \qquad \text{(F2-4)}$$

and where
E = modulus of elasticity of steel = 29,000 ksi (200 000 MPa)
J = torsional constant, in.^{4} (mm^4)
S_x = elastic section modulus taken about the x-axis, in.^{3} (mm^3)
h_o = distance between the flange centroids, in. (mm)

Eğilme Etkisindeki Elemanlar

Kuvvetli Eksende Eğilme Etkisi

- **Akma Sınır Durumu:** Akma sınır durumu için karakteristik eğilme momenti dayanımı Mn hesaplanır. Bu eğilme momenti aynı zamanda malzemenin plastik momentine eşittir. Plastik moment ise bütün liflerin birim şekil değiştirmesi $\varepsilon y = Fy/E$ değerine eşit veya büyük olursa plastikleşme meydana gelir ve oluşan bu momente denir.

9.2.1 – Akma Sınır Durumu

Akma sınır durumu için karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n, **Denk.(9.2)** ile hesaplanacaktır.

1. Yielding

$$M_n = M_p = F_y Z_x \qquad \text{(F2-1)}$$

where

F_y = *specified minimum yield stress* of the type of steel being used, ksi (MPa)

Z_x = plastic section modulus about the x-axis, in.^{3} (mm^3)

Eğilme Etkisindeki Elemanlar

Lb ≤Lp durumunda

Eğilme etkisindeki eleman yanal burulmalı burkulma sınır durumuna karşı güvenlidir.

(a) $L_b \leq L_p$ ise bu sınır durumun gözönüne alınmasına gerek yoktur.

Akma sınır durumu için karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n, **Denk.(9.2)** ile hesaplanacaktır.

$$M_n = M_p = F_y W_{px} \qquad \textbf{(9.2)}$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

M_n : Karakteristik eğilme momenti dayanımı.

M_p : Plastik eğilme momenti.

F_y : Karakteristik akma gerilmesi.

W_{px} : x-ekseni etrafında plastik mukavemet momenti.

(a) When $L_b \leq L_p$, the *limit state* of *lateral-torsional buckling* does not apply.

$$M_n = M_p = F_y Z_x \qquad \text{(F2-1)}$$

F_y = *specified minimum yield stress* of the type of steel being used, ksi (MPa
Z_x = plastic section modulus about the x-axis, in.^{3} (mm^3)

Eğilme Etkisindeki Elemanlar

Lp<Lb ≤ durumunda

Karekteristik eğilme momenti formülü aşağıda verildiği şekilde hesaplanır.

(b) $L_p < L_b \leq L_r$ olması durumunda karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n, **Denk.(9.3)** ile hesaplanacaktır.

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 F_y W_{ex}) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \qquad \textbf{(9.3)}$$

(b) When $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - \left(M_p - 0.7 F_y S_x \right) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \qquad \text{(F2-2)}$$

Eğilme Etkisindeki Elemanlar

Lb>Lr durumunda

Karakteristik eğilme momenti dayanımı elastik yanal burulmalı burkulma için kritik eğilme momentine eşit olur.

(c) $L_b > L_r$ olması durumunda karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n, **Denk.(9.4)** ile belirlenecektir.

$$M_n = F_{cr} W_{ex} \leq M_p \qquad \textbf{(9.4)}$$

Kritik gerilme, F_{cr}, **Denk.(9.5)** ile hesaplanacaktır.

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{i_{ts}}\right)^2} \qquad \textbf{(9.5)}$$

L_p ve L_r sınır uzunlukları ise sırasıyla **Denk.(9.6a)** ve **Denk.(9.6b)** ile belirlenecektir.

$$L_p = 1.76 i_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \qquad \textbf{(9.6a)}$$

$$L_r = 1.95 i_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{W_{ex} h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{W_{ex} h_o}\right)^2 + 6.76\left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}} \qquad \textbf{(9.6b)}$$

(c) When $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \qquad \text{(F2-3)}$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x h_o}\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \qquad \text{(F2-4)}$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \qquad \text{(F2-5)}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76\left(\frac{0.7F_y}{E}\right)^2}} \qquad \text{(F2-6)}$$

Eğilme Etkisindeki Elemanlar

Zayıf Eksende Eğilme Etkisi

- **Akma Sınır Durumu:** Akma sınır durumu için karakteristik eğilme momenti dayanımı Mn hesaplanır. Bu eğilme momenti aynı zamanda malzemenin plastik momentine eşittir.

9.6.1 – Akma Sınır Durumu

Akma sınır durumu için karakteristik moment dayanımı, M_n, **Denk.(9.39)** ile belirlenecektir.

$$M_n = M_p = W_{py} F_y \leq 1.6 W_{ey} F_y \qquad \textbf{(9.39)}$$

1. Yielding

$$M_n = M_p = F_y Z_y \leq 1.6 F_y S_y \qquad \text{(F6-1)}$$

Eğilme Etkisindeki Elemanlar

Zayıf Eksende Eğilme Etkisi

- **Yerel Burkulma Sınır Durumu:** Yerel burkulma sınır durumunu incelerken başlıkların kompakt olma durumunda bu sınır durum göz önüne alınmazken, narin olması koşulunda şu şekilde hesaplanmaktadır.

9.6.2 – Yerel Burkulma Sınır Durumu

(a) Enkesitin başlık parçalarının **Tablo 5.1B** ye göre, *kompakt* olma koşulunu sağlaması durumunda, bu sınır durum gözönüne alınmayacaktır.

(b) Başlık parçaları **Tablo 5.1B** ye göre *kompakt olmayan* enkesitler için karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n, **Denk.(9.40)** ile belirlenecektir.

$$M_n = M_p - \left(M_p - 0.7F_yW_{py}\right)\left(\frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}}\right) \qquad \textbf{(9.40)}$$

(c) Başlık parçaları **Tablo 5.1B** ye göre *narin* enkesitler için karakteristik eğilme momenti dayanımı, M_n, **Denk.(9.41)** ile hesaplanacaktır.

$$M_n = F_{cr}W_{ey} \qquad \textbf{(9.41)}$$

Burada *kritik gerilme*, F_{cr}, **Denk.(9.42)** ile verilmektedir.

$$F_{cr} = \frac{0.69E}{(\lambda_f)^2} \qquad \textbf{(9.42)}$$

2. Flange Local Buckling

(a) For sections with compact flanges the *limit state* of flange *local buckling* does not apply.

(b) For sections with noncompact flanges

$$M_n = \left[M_p - \left(M_p - 0.7F_yS_y\right)\left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}}\right)\right] \qquad \text{(F6-2)}$$

(c) For sections with slender flanges

$$M_n = F_{cr}S_y \qquad \text{(F6-3)}$$

where

$$F_{cr} = \frac{0.69E}{\left(\frac{b}{t_f}\right)^2} \qquad \text{(F6-4)}$$

$$\lambda = \frac{b}{t_f}$$

Eğilme Etkisindeki Elemanlar

Kirişlerin Tasarımında Diğer Esaslar

Çekme başlığındaki deliklerin eğilme momenti dayanıma etkisi

Tek simetri eksenli I-enkesitli eğilme elemanları

Yapma I-enkesitli kirişlerin gövde elemanının ve takviye levhalarının başlık levhalarına birleşimi

Yapma enkesitli eğilme elemanları

Kirişlerde yeniden dağılım için yanal olarak desteklenmeyen uzunluk

Türk çelik yönetmeliğinin 9.13 nolu bölünden detaylı inceleyebilirsiniz

Eğilme Etkisindeki Elemanlar

Eğilme Elemanı Tasarım Sonucu-LRFD

EĞİLME - ASD - LRFD

HE 450 B

$A = 217.988\ cm^2$ $\quad F_y = 235\ N/mm^2$

$t_w = 14\ mm$ $\quad E = 205939.65\ N/mm^2$

$t_f = 26\ mm$ $\quad r_x = 19.144\ cm$

$d = 450\ mm$ $\quad r_y = 7.33\ cm$

$b = 300\ mm$ $\quad S_x = 3550.715\ cm^3$

$L = 1000\ cm$ $\quad Z_x = 3982.555\ cm^3$

$h_w = 344\ mm$

Narinlik Kontrolü

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 26} = 5.769 < \lambda_{pf} = 0.38\sqrt{E/F_y} = 11.249$$

Gövdede

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{344}{14} = 24.57 < \lambda_{pw} = 3.76\sqrt{E/F_y} = 111.307$$

→ Başlık ve gövde kompaktır.

a) Akma Sınır Durumu

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x = 235\,(3982.5) \times 10^3 = 935.7 \times 10^6$$

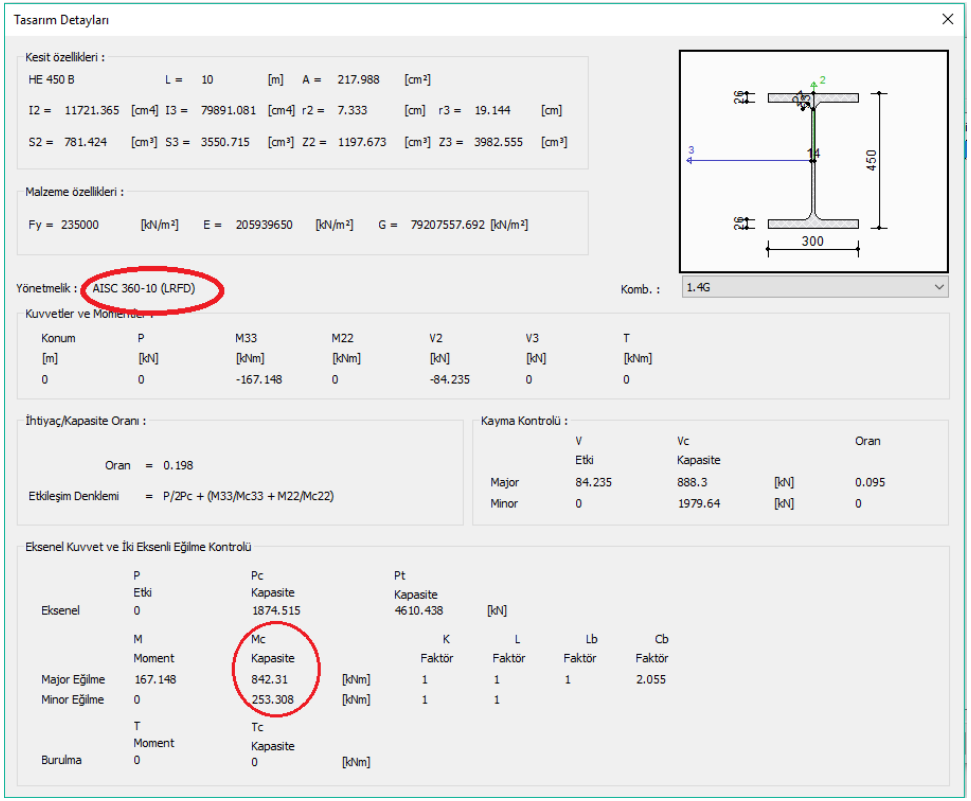
b) $L_b = 1000\ cm$

$$L_p = 1.76\,(73.3)\sqrt{\frac{205939}{235}} = 3819.02$$

→ $L_p = 3819.02 \gg L_b = 1000$

$$M_n = M_p = 235\,(3982.5) \times 10^3 = 935.887 \times 10^6$$

LRFD → $0.9\,M_p = 0.9 \times 935.887 = 842.3\ kNm$



Tasarım Detayları

Kesit özellikleri :

HE 450 B L = 10 [m] A = 217.988 [cm²]

I2 = 11721.365 [cm4] I3 = 79891.081 [cm4] r2 = 7.333 [cm] r3 = 19.144 [cm]

S2 = 781.424 [cm³] S3 = 3550.715 [cm³] Z2 = 1197.673 [cm³] Z3 = 3982.555 [cm³]

Malzeme özellikleri :

Fy = 235000 [kN/m²] E = 205939650 [kN/m²] G = 79207557.692 [kN/m²]

Yönetmelik : AISC 360-10 (LRFD)

Komb. : 1.4G

Kuvvetler ve Momentler :

Konum [m]	P [kN]	M33 [kNm]	M22 [kNm]	V2 [kN]	V3 [kN]	T [kNm]
0	0	-167.148	0	-84.235	0	0

İhtiyaç/Kapasite Oranı :

Oran = 0.198

Etkileşim Denklemi = P/2Pc + (M33/Mc33 + M22/Mc22)

Kayma Kontrolü :

	V Etki	Vc Kapasite		Oran
Major	84.235	888.3	[kN]	0.095
Minor	0	1979.64	[kN]	0

Eksenel Kuvvet ve İki Eksenli Eğilme Kontrolü

	P Etki	Pc Kapasite		Pt Kapasite	
Eksenel	0	1874.515		4610.438	[kN]

	M Moment	Mc Kapasite		K Faktör	L Faktör	Lb Faktör	Cb Faktör
Major Eğilme	167.148	842.31	[kNm]	1	1	1	2.055
Minor Eğilme	0	253.308	[kNm]	1	1		

	T Moment	Tc Kapasite	
Burulma	0	0	[kNm]

Eğilme Etkisindeki Elemanlar

Eğilme Elemanı Tasarım Sonucu-ASD

Tasarım Detayları

Kesit özellikleri :

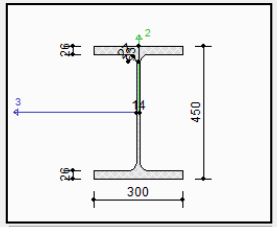
HE 450 B L = 10 [m] A = 217.988 [cm²]

I2 = 11721.365 [cm4] I3 = 79891.081 [cm4] r2 = 7.333 [cm] r3 = 19.144 [cm]

S2 = 781.424 [cm³] S3 = 3550.715 [cm³] Z2 = 1197.673 [cm³] Z3 = 3982.555 [cm³]

Malzeme özellikleri :

Fy = 235000 [kN/m²] E = 205939650 [kN/m²] G = 79207557.692 [kN/m²]



Yönetmelik : AISC 360-10 (ASD)

Komb. : G+Q

Kuvvetler ve Momentler :

Konum [m]	P [kN]	M33 [kNm]	M22 [kNm]	V2 [kN]	V3 [kN]	T [kNm]
0	0	-119.392	0	-60.168	0	0

İhtiyaç/Kapasite Oranı :

Oran = 0.213

Etkileşim Denklemi = P/2Pc + (M33/Mc33 + M22/Mc22)

Kayma Kontrolü :

	V Etki	Vc Kapasite		Oran
Major	60.168	592.2	[kN]	0.102
Minor	0	1317.126	[kN]	0

Eksenel Kuvvet ve İki Eksenli Eğilme Kontrolü

	P Etki	Pc Kapasite		Pt Kapasite	
Eksenel	0	1247.182		3067.49	[kN]

	M Moment	Mc Kapasite		K Faktör	L Faktör	Lb Faktör	Cb Faktör
Major Eğilme	119.392	560.419	[kNm]	1	1	1	2.055
Minor Eğilme	0	168.535	[kNm]	1	1		

	T Moment	Tc Kapasite	
Burulma	0	0	[kNm]

EĞİLME - ASD - LRFD

HE 450 B

$A = 217.988\ cm^2$ $F_y = 235\ N/mm^2$

$t_w = 14\ mm$ $E = 205939.65\ N/mm^2$

$t_f = 26\ mm$ $r_x = 19.144\ cm$

$d = 450\ mm$ $r_y = 7.33\ cm$

$b = 300\ mm$ $S_x = 3550.715\ cm^3$

$L = 1000\ cm$ $Z_x = 3982.555\ cm^3$

$h_w = 344\ mm$

Narinlik Kontrolü

$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 26} = 5.769 < \lambda_{pf} = 0.38\sqrt{E/F_y} = 11.249$

Gövdede

$\frac{h_w}{t_w} = \frac{344}{14} = 24.57 < \lambda_{pw} = 3.76\sqrt{E/F_y} = 111.307$

→ Başlık ve gövde kompaktır.

a) Akma Sınır Durumu

$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x = 235\,(3982.5) \times 10^3 = 935.7 \times 10^6$

b) $L_b = 1000\ cm$

$L_p = 1.76\,(73.3)\sqrt{\frac{205939}{235}} = 3819.02$

→ $L_p = 3819.02 \geq L_b = 1000$

$M_n = M_p = 235\,(3982.5) \times 10^3 = 935.887\ kNm$

ASD → $M_p/1.67 = \frac{935.887}{1.67} = 560.41\ kNm$

Bileşik Etkiler Altındaki Elemanlar

Bileşik Etkiler Altında Elemanlarda Sınır Durumlar

Eğilme momenti ve eksenel kuvvet etkisinde elemanlarda göçme oluşturabilecek sınır durumlar;

- Eksenel çekme ve eğilmeetkisindeki elemanlar akma sınır durumunda göçebilir.
- Bir eksendeki eksenel basınç ve eğilme, kesitte eğilmeden kaynaklı çarpılma olmadan stabilite kaybına neden olur.
- Güçlü eksendeki eğilme ve eksenel basınç etkisinde yanal burulmalı burkulma kritiktir.
- Eksenel basınç ve iki eksenli eğilme burulma bakımından rijit kesitlerde ana eksenlerden biri üzerindeki stabilite kaybından kaynaklı eleman göçmesine neden olur.
- Eksenel basınç ve iki eksenli eğilmenin etkisi altında açık enkesitli ince cidarlı elemanlarda dayanımı birarada etkiyen eğilme ve burulma durumu belirler.
- Eksenel basınç kuvveti iki doğrultuda eğilme ve burulma ortak etkisinde dayanım kayma merkezi eğilme düzleminde değilse birlikte etkiyen eğilme ve burulma durumu kritiktir.

Bileşik Etkiler Altındaki Elemanlar

Eğilme Momenti Ve Eksenel Kuvvet Etkisindeki Çift Ve Tek Simetri Eksenli Elemanlar

Eğilme momenti ve basınç etkisinde tek ve çift simetri eksenli elemanlar

11.1.1 – Eğilme ve Basınç Etkisindeki Çift ve Tek Simetri Eksenli Elemanlar

Geometrik eksenleri (x ve/veya y) etrafında eğilme etkisindeki çift ve tek simetri eksenli elemanlarda eğilme momenti ve eksenel basınç kuvveti etkileşimi **Denk.(11.1a)** ve **Denk. (11.1b)** ile sınırlandırılacaktır.

(a) $\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$ için

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9}\left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}}\right) \leq 1.0 \qquad \textbf{(11.1a)}$$

(b) $\frac{P_r}{P_c} < 0.2$ için

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}}\right) \leq 1.0 \qquad \textbf{(11.1b)}$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

P_r : (YDKT) veya (GKT) yük birleşimleri için gerekli eksenel kuvvet dayanımı.

P_c : **Bölüm 8** e göre mevcut eksenel basınç kuvveti dayanımı, (= $\phi_c P_n$ veya P_n/Ω_c).

M_r : (YDKT) veya (GKT) yük birleşimleri için gerekli eğilme momenti dayanımı.

M_c : **Bölüm 9** a göre mevcut eğilme momenti dayanımı, (= $\phi_b M_n$ veya M_n/Ω_b).

1. Doubly and Singly Symmetric Members Subject to Flexure and Compression

The interaction of flexure and compression in doubly symmetric members and singly symmetric members for which $0.1 \leq (I_{yc}/I_y) \leq 0.9$, constrained to bend about a *geometric axis* (x and/or y) shall be limited by Equations H1-1a and H1-1b, where I_{yc} is the moment of inertia of the compression flange about the y-axis, in.^{4} (mm^4).

User Note: Section H2 is permitted to be used in lieu of the provisions of this section.

(a) When $\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9}\left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}}\right) \leq 1.0 \qquad \text{(H1-1a)}$$

(b) When $\frac{P_r}{P_c} < 0.2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}}\right) \leq 1.0 \qquad \text{(H1-1b)}$$

Bileşik Etkiler Altındaki Elemanlar

Eğilme Ve Çekme Etkisindeki Çift Ve Tek Simetri Eksenli Elemanlar

Eğilme ve çekme etkisinde tek ve çift simetri eksenli elemanlarda eğilme momentinde kullanılan cb katsayısı aşağıda verilen formül ile çarpılır.

11.1.2 – Eğilme ve Çekme Etkisindeki Çift ve Tek Simetri Eksenli Elemanlar

Çift simetri eksenli elemanlar için, eğilme momentinin eksenel çekme kuvveti ile birlikte etkimesi durumunda, **Bölüm 9.1** de tanımlanan moment düzeltme katsayısı, C_b, değeri $\sqrt{1+\frac{\alpha P_r}{P_{ey}}}$ katsayısı ile çarpılabilir.

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

$$P_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{L_b^2}$$

α = 1.0 (YDKT); α = 1.6 (GKT)

Eğilme momenti ve eksenel çekme kuvveti etkileşiminin sınırlandırılmasında **Denk.(11.1a)** ve **Denk.(11.1b)** yerine daha detaylı bir analiz de yapılabilir.

2. Doubly and Singly Symmetric Members Subject to Flexure and Tension

$M_c = M_n/\Omega_b$ = *allowable flexural strength* determined in accordance with Chapter F, kip-in. (N-mm)
Ω_t = *safety factor* for tension (see Section D2)
Ω_b = safety factor for flexure = 1.67

For doubly symmetric members, C_b in Chapter F may be multiplied by $\sqrt{1+\frac{\alpha P_r}{P_{ey}}}$ for axial tension that acts concurrently with flexure

where

$$P_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{L_b^2}$$

and

α = 1.0 (LRFD); α = 1.6 (ASD)

A more detailed analysis of the interaction of flexure and tension is permitted in lieu of Equations H1-1a and H1-1b.

Bileşik Etkiler Altındaki Elemanlar

Tek Eksenli Eğilme Ve Basınç Etkisindeki Çift Simetri Eksenli Kompakt Elemanlar

Tek eksenli eğilme ve basınç etkisindeki çift simetri eksenli kompakt elemanlarda oluşan sınır durumlar aşağıdaki gibi incelenebilir.

11.1.3 – Tek Eksenli Eğilme ve Basınç Etkisindeki Çift Simetri Eksenli Kompakt Enkesitli Hadde Elemanlar

Kuvvetli asal ekseni etrafındaki eğilme momentinin etkin olduğu (M_{ry} / M_{cy} < 0.05), $L_{cz} \leq L_{cy}$ koşulunu sağlayan eğilme momenti ve basınç kuvveti etkisindeki çift simetri eksenli kompakt hadde elemanlar için **Bölüm 11.1.1** de verilen yaklaşım yerine, iki bağımsız sınır durumun, düzlem içi stabilite kaybı ve düzlemine dik burkulma veya yanal burulmalı burkulma olarak ayrı ayrı aşağıda açıklandığı şekilde dikkate alınmasına izin verilir.

(a) Düzlem içi stabilite kaybını esas alan sınır durumda **Denk.(11.1a)** veya **Denk.(11.1b)** kullanılacaktır.

(b) Düzlemine dik burkulma ve yanal burulmalı burkulma sınır durumu için **Denk.(11.2)** kullanılacaktır.

$$\frac{P_r}{P_{cy}}\left(1.5-0.5\frac{P_r}{P_{cy}}\right)+\left(\frac{M_{rx}}{C_b M_{cx}}\right)^2 \leq 1.0 \qquad \textbf{(11.2)}$$

M_{ry} / M_{cy} ≥ 0.05 olan elemanlar için **Bölüm 11.1.1** de verilen esaslar uygulanacaktır.

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

P_c : Eğilme düzlemi içindeki mevcut eksenel basınç kuvveti dayanımı.

M_{cx} : Akma sınır durumu için mevcut eğilme momenti dayanımı.

L_{cz} : Eleman boyuna ekseni etrafındaki burkulma boyu (= $K_z L_z$).

L_{cy} : y-ekseni etrafındaki burkulma boyu (= $K_y L_y$).

P_{cy} : Eğilme düzlemine dik doğrultuda mevcut basınç kuvveti dayanımı, (= $\phi_c P_n$ veya P_n/Ω_c).

3. Doubly Symmetric Rolled Compact Members Subject to Single Axis Flexure and Compression

For doubly symmetric rolled compact members with $(KL)_z \leq (KL)_y$ subjected to flexure and compression with moments primarily about their major axis, it is permissible to consider the two independent *limit states*, *in-plane instability* and *out-of-plane buckling* or *lateral-torsional buckling*, separately in lieu of the combined approach provided in Section H1.1.

For members with $M_{ry}/M_{cy} \geq 0.05$, the provisions of Section H1.1 shall be followed.

(a) For the limit state of in-plane instability, Equations H1-1 shall be used with P_c, M_{rx} and M_{cx} determined in the plane of bending.

(b) For the limit state of out-of-plane buckling and lateral-torsional buckling:

$$\frac{P_r}{P_{cy}}\left(1.5-0.5\frac{P_r}{P_{cy}}\right)+\left(\frac{M_{rx}}{C_b M_{cx}}\right)^2 \leq 1.0 \qquad \text{(H1-2)}$$

where

P_{cy} = *available compressive strength* out of the plane of bending, kips (N)

C_b = lateral-torsional buckling modification factor determined from Section F1

M_{cx} = *available lateral-torsional strength* for *strong axis* flexure determined in accordance with Chapter F using C_b = 1.0, kip-in. (N-mm)

User Note: In Equation H1-2, $C_b M_{cx}$ may be larger than $\phi_b M_{px}$ in LRFD or M_{px}/Ω_b in ASD. The yielding resistance of the *beam-column* is captured by Equations H1-1.

Bileşik Etkiler Altındaki Elemanlar

Eğilme Momenti Ve Eksenel Kuvvet Etkisindeki Diğer Elemanlar

Tek eksenli eğilme ve basınç etkisindeki herhangi bir kesite sahip elemanlarda oluşan sınır durumlar aşağıdaki gibi incelenebilir.

11.2 EĞİLME MOMENTİ VE EKSENEL KUVVET ETKİSİNDEKİ DİĞER ELEMANLAR

Bölüm 11.1 in kapsamadığı enkesitler için eksenel kuvvet ve eğilme momentinden oluşan gerilmelerin etkileşimi, **Denk.(11.3)** ile sınırlandırılacaktır. Herhangi bir enkesite sahip elemanlar için **Bölüm 11.1** de verilen esaslar yerine, bu bölümde belirtilen kurallar esas alınabilir.

$$\left|\frac{f_{ra}}{F_{ca}}+\frac{f_{rbw}}{F_{cbw}}+\frac{f_{rbz}}{F_{cbz}}\right|\leq 1.0 \qquad \textbf{(11.3)}$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

f_{ra} : (YDKT) veya (GKT) yük birleşimleri için, dikkate alınan noktadaki en büyük *eksenel gerilme.*

F_{ca} : Dikkate alınan noktadaki *eksenel kuvvet mevcut sınır gerilmesi.*

(YDKT) için basınç etkisinde **Bölüm 8** ($=\phi_c F_{cr}$) veya çekme etkisinde **Bölüm 7** ye göre belirlenen *tasarım eksenel gerilmesi.*

(GKT) için basınç etkisinde **Bölüm 8** $(=F_{cr}/\Omega_c)$ veya çekme etkisinde **Bölüm 7** ye göre belirlenen *eksenel kuvvet güvenlik gerilmesi.*

f_{rbw}, f_{rbz} : (YDKT) veya (GKT) yük birleşimleri için, dikkate alınan noktadaki en büyük *eğilme gerilmesi.*

F_{cbw}, F_{cbz}: Dikkate alınan noktadaki *eğilme momenti mevcut sınır gerilmesi.*

(YDKT) için dikkate alınan noktadaki *eğilme momenti tasarım gerilmesi*, $(=\phi_b M_n / W_e)$.

(GKT) için dikkate alınan noktadaki *eğilme momenti güvenlik gerilmesi*, $\left(=\dfrac{M_n}{\Omega_b W_e}\right)$

YDKT için

ϕ_c : Basınç etkisi için dayanım katsayısı, (= 0.90).

ϕ_t : Çekme kuvveti etkisi için dayanım katsayısı, (Bkz. **Bölüm 7**).

H2. UNSYMMETRIC AND OTHER MEMBERS SUBJECT TO FLEXURE AND AXIAL FORCE

This section addresses the interaction of flexure and axial *stress* for shapes not covered in Section H1. It is permitted to use the provisions of this Section for any shape in lieu of the provisions of Section H1.

$$\left|\frac{f_{ra}}{F_{ca}}+\frac{f_{rbw}}{F_{cbw}}+\frac{f_{rbz}}{F_{cbz}}\right|\leq 1.0 \qquad \text{(H2-1)}$$

where

f_{ra} = *required axial stress* at the point of consideration using *LRFD* or *ASD load combinations*, ksi (MPa)

F_{ca} = *available axial stress* at the point of consideration, ksi (MPa)

f_{rbw}, f_{rbz} = required flexural stress at the point of consideration using LRFD or ASD load combinations, ksi (MPa)

F_{cbw}, F_{cbz} = *available flexural stress* at the point of consideration, ksi (MPa)

w = subscript relating symbol to major principal axis bending

z = subscript relating symbol to minor principal axis bending

For design according to Section B3.3 (LRFD):

f_{ra} = required axial stress at the point of consideration using LRFD load combinations, ksi (MPa)

F_{ca} = $\phi_c F_{cr}$ = *design axial stress*, determined in accordance with Chapter E for compression or Section D2 for tension, ksi (MPa)

f_{rbw}, f_{rbz} = required flexural stress at the point of consideration using LRFD or ASD load combinations, ksi (MPa)

F_{cbw}, F_{cbz} = $\dfrac{\phi_b M_n}{S}$ = *design flexural stress* determined in accordance with Chapter F, ksi (MPa). Use the section modulus for the specific location in the cross section and consider the sign of the stress.

ϕ_c = *resistance factor* for compression = 0.90

ϕ_t = resistance factor for tension (Section D2)

ϕ_b = resistance factor for flexure = 0.90

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.