

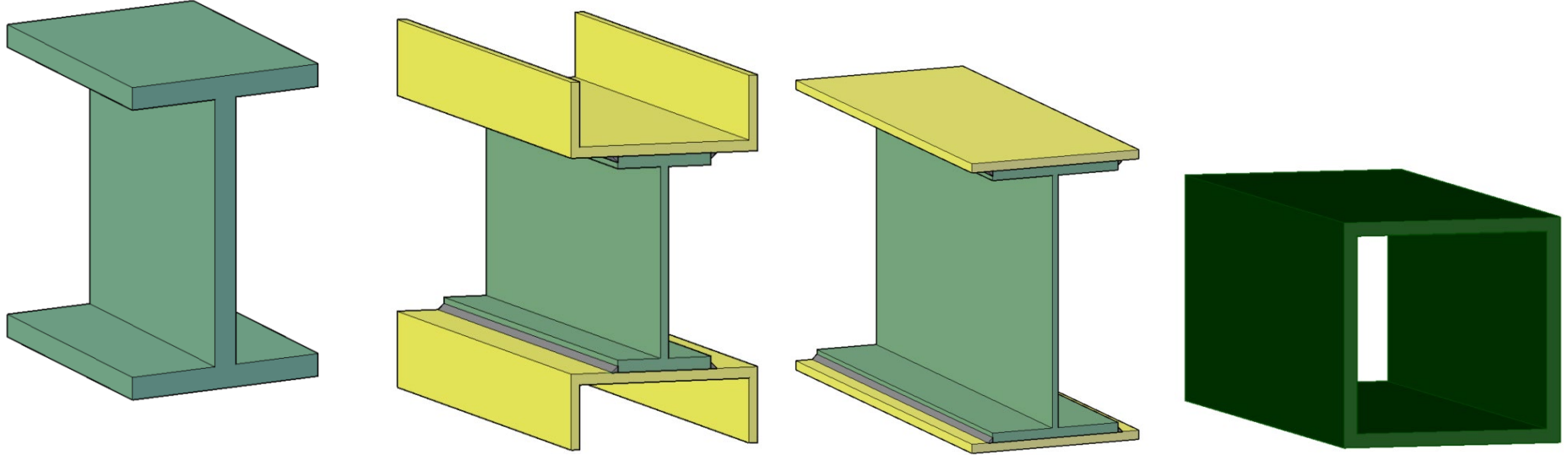
İNM304
ÇELİK YAPILAR-UYGULAMA
5. HAFTA-21.03.2024
EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Arş. Gör. Dr. Elif Firuze ERDİL

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi
Akdeniz Üniversitesi

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

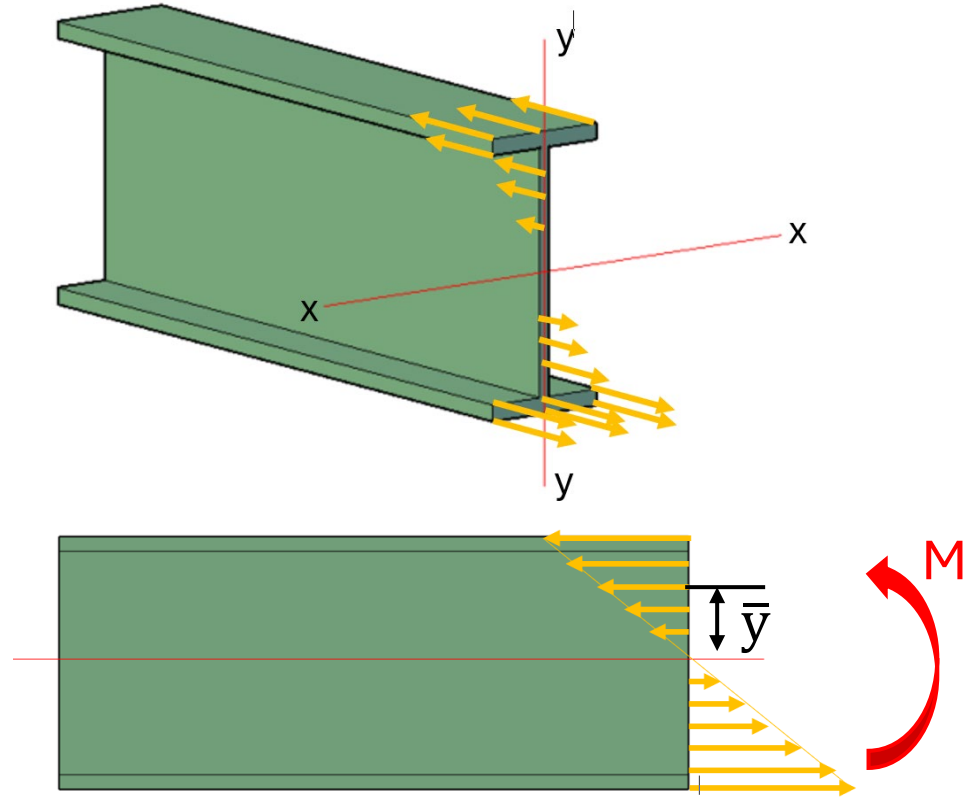
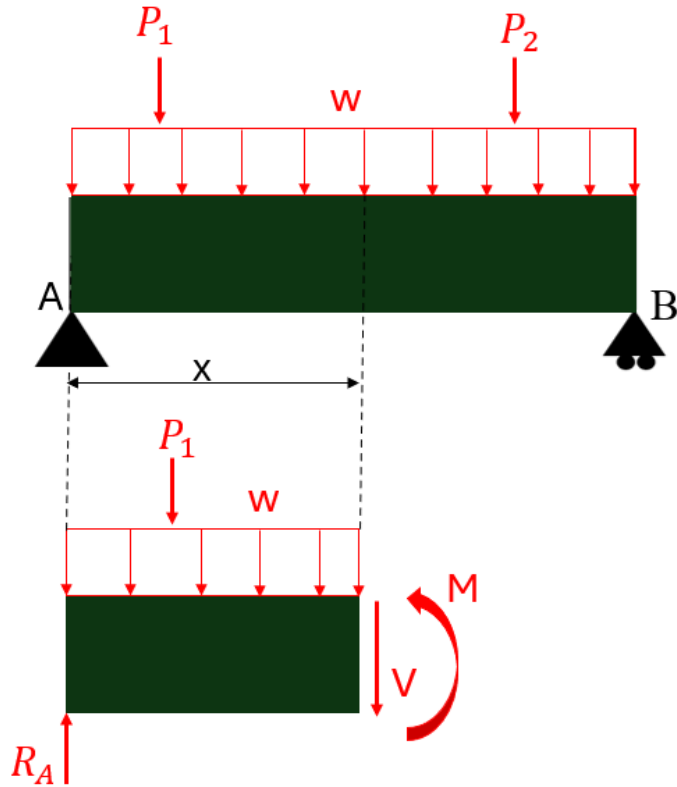
Eğilme elemanları boyuna eksenlerine dik etkiyen yükleri taşıyan yapısal elemanlardır ve genel olarak kiriş olarak isimlendirilirler. Mesnetlendikleri kiriş, kolon, duvar v.b. diğer yapısal elemanlara yükleri aktarırlar.



EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

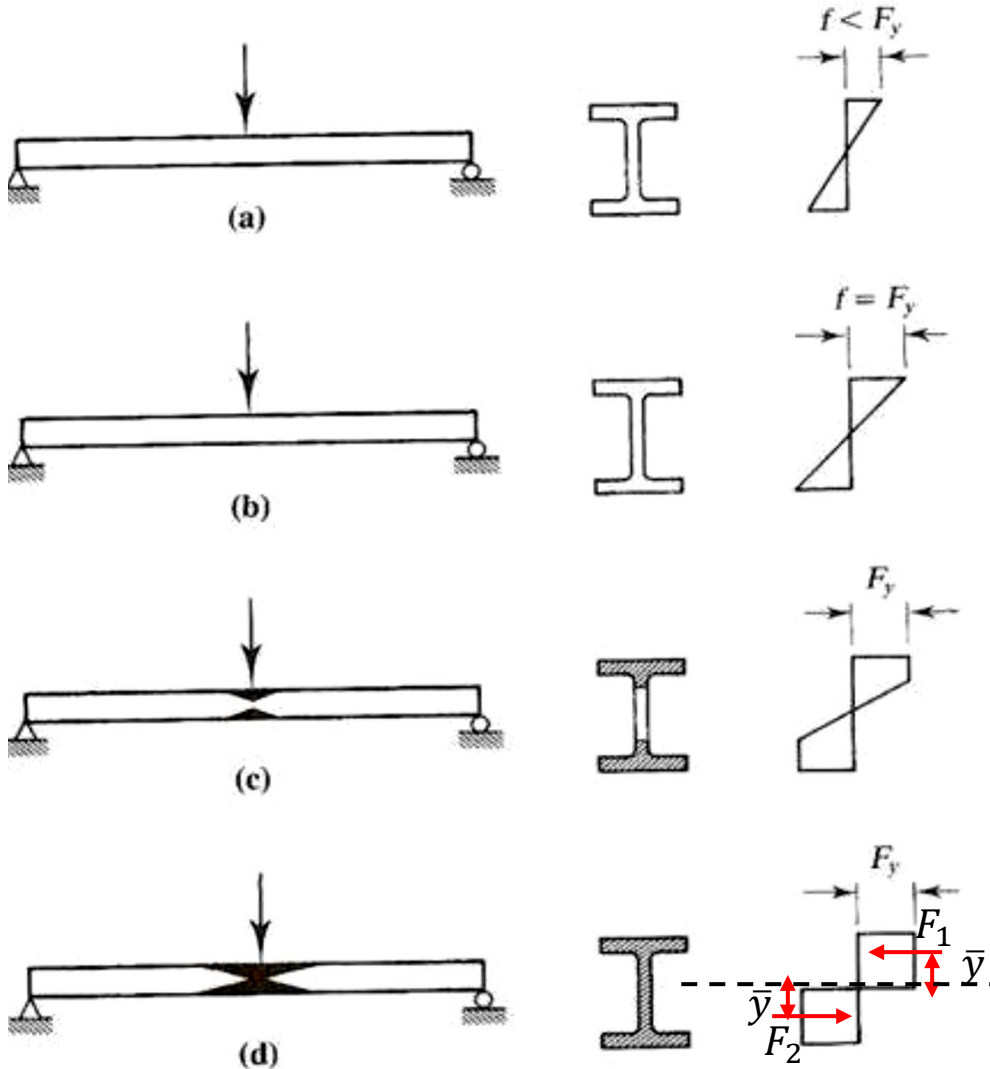
X-ekseninde eğilme etkisi altındaki I-enkesitli eleman boyunca tarafsız eksenin altında ve üstünde kalan eleman lifleri boy değiştirir.

Göz önüne alınan kiriş enkesitinde uygulanan eğilme momenti için alt lifler çekme etkisinde iken, üst lifler basınç etkisinde olacaktır.



EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Akma Momenti ve Plastik Moment



Elastik Moment Kapasitesi
(Akma Momenti):

$$M_{ex} = F_y W_{ex}$$

M_{ex} : x-ekseninde eğilme etkisindeki enkesitin en dış lifinde akma gerilmesine ulaşıldığı akma momenti

Plastik Moment Kapasitesi

$$M_{px} = F_y W_{px}$$

$$W_{px} = \frac{A}{2} a$$

$$a = 2\bar{y}$$

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Akma Momenti ve Plastik Moment

Şekil Faktörü:

$$\xi = \frac{M_{px}}{M_{ex}} = \frac{W_{px}}{W_{ex}}$$

- Akma momentinden sonra enkesitin sahip olduğu ilave eğilme momenti dayanımının bir göstergesidir.
- 1 (Bir) değerine yaklaştıkça enkesitin eğilme etkisindeki etkinliği artmaktadır.

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Stabilite-Kuvvetli eksen etrafında eğilme etkisindeki hadde I-profil elemanın stabilitesi

Kuvvetli ekseninde eğilmede hadde I kirişlerin karakteristik moment dayanımı, M_n , aşağıdaki göçme sınır durumlarına karşı gelen moment dayanımlarının küçüğü ile belirlenir:

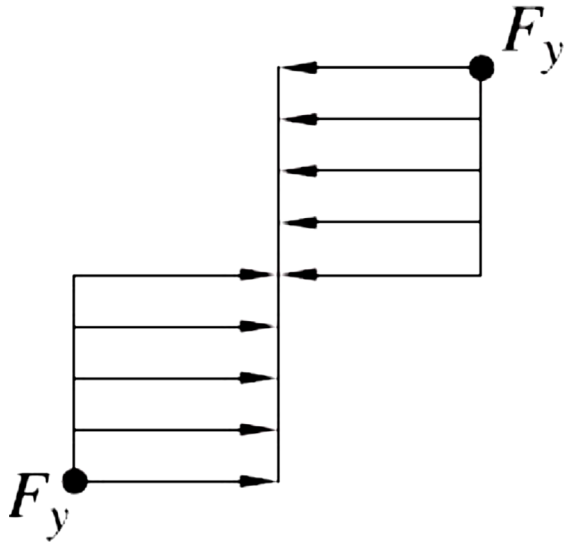
- Akma sınır durumu
- Yerel burkulma sınır durumu
- Yanal burulmalı burkulma sınır durumu

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Akma Sınır Durumu

Kiriş enkesiti tam olarak plastikleşene kadar stabil kalacak şekilde (yerel ve yanal burkulma sınır durumuna ulaşmadan) boyutlandırılırsa, kiriş enkesitinde plastik moment dayanımına ulaşabilir.

Bu durumda, kirişin karakteristik moment dayanımı plastik moment dayanımına eşit alınabilir.

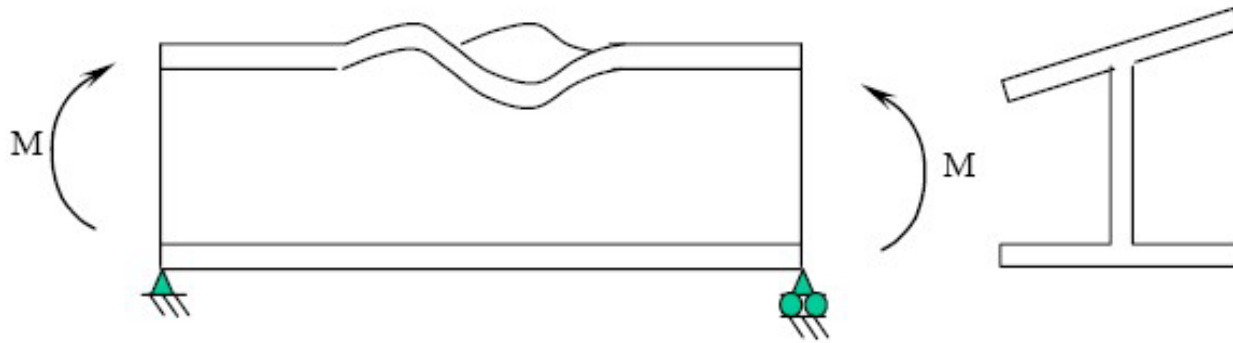


$$M_n = M_p = F_y W_p$$

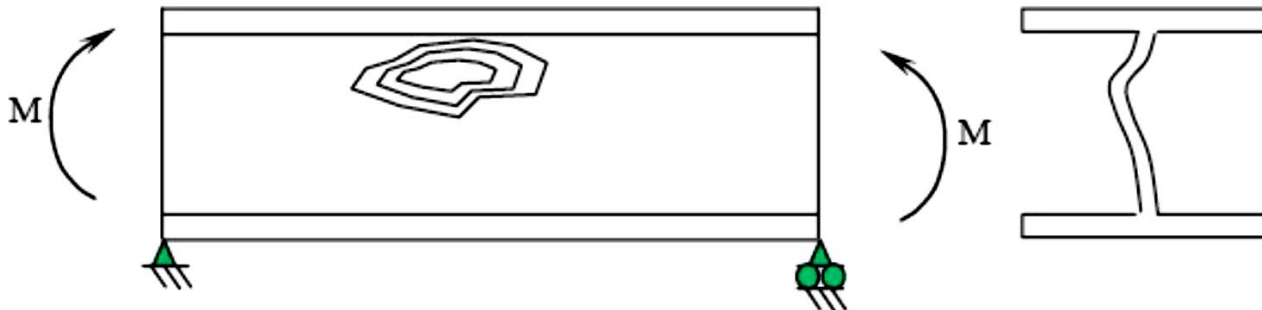
EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Yerel Burkulma Sınır Durumu

- Başlık elemanında yerel burkulma

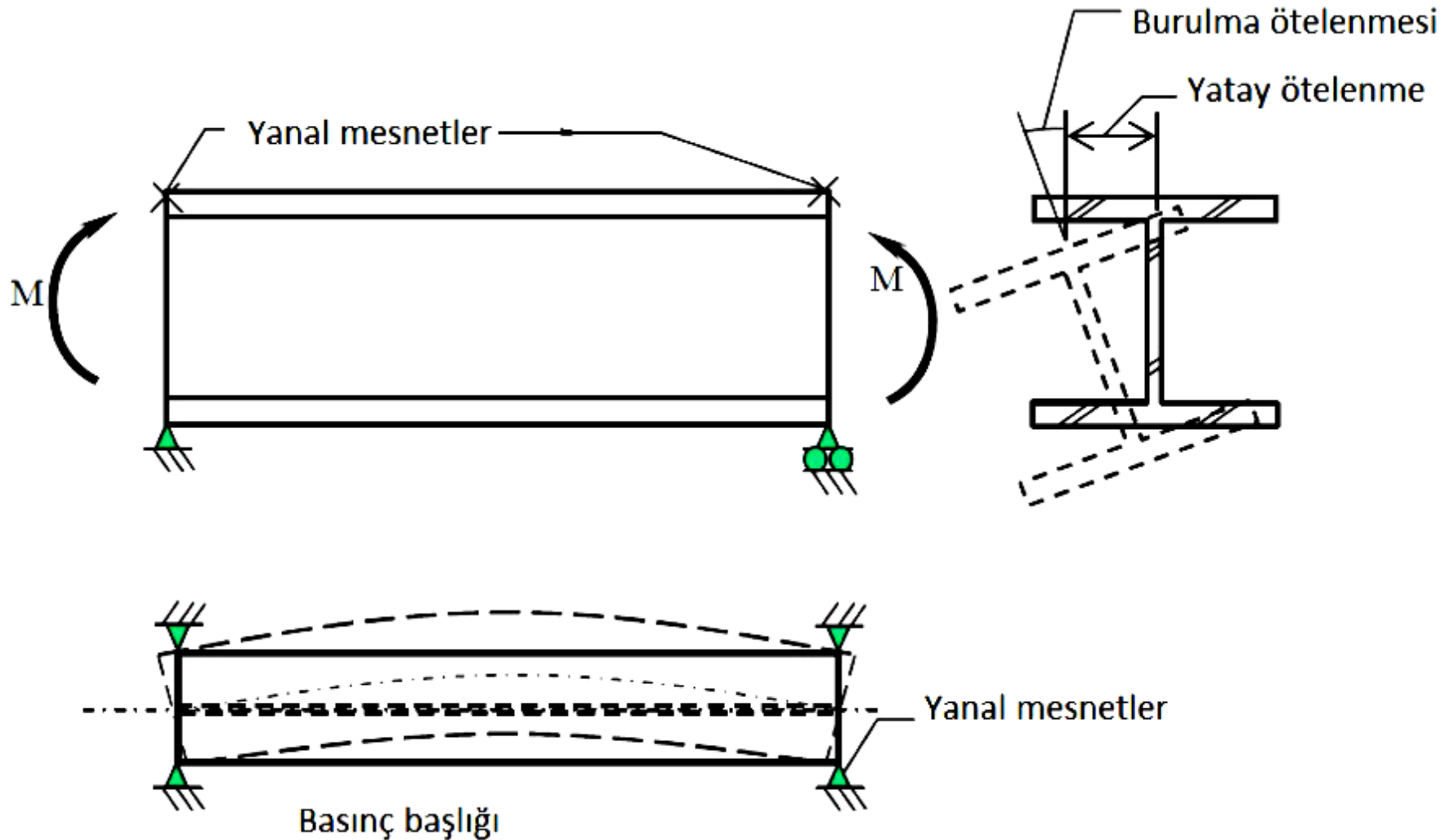


- Gövde elemanında yerel burkulma



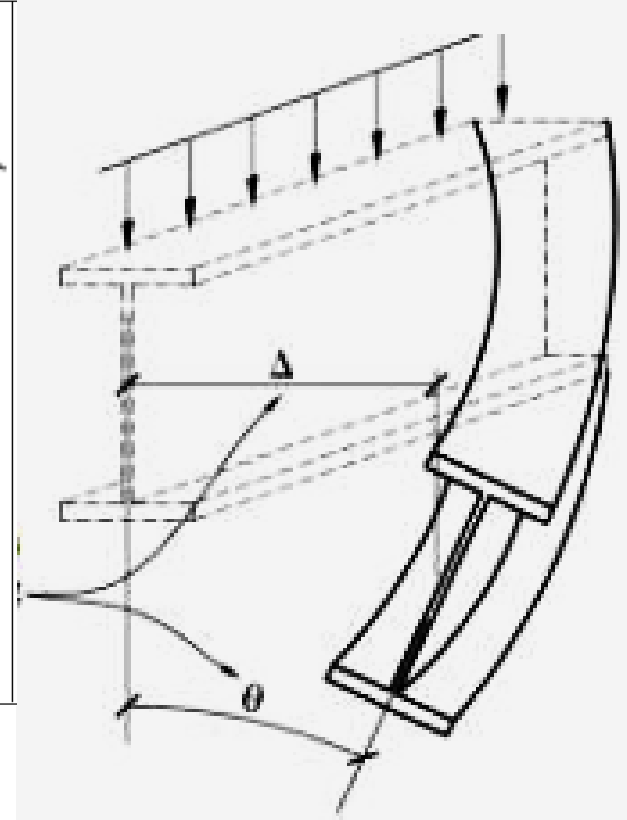
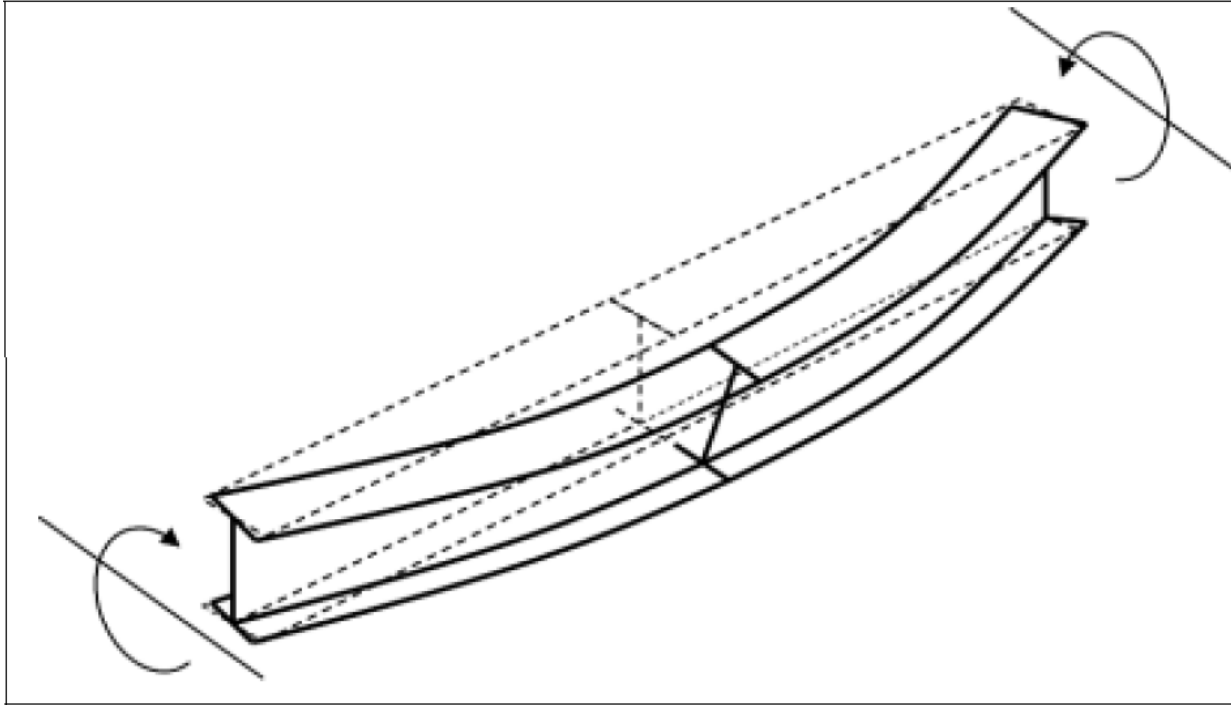
EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Yanal Burulmalı-Burkulma Sınır Durumu



EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Yanal Burulmalı-Burkulma Sınır Durumu



EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Yanal Burulmalı-Burkulma Sınır Durumu



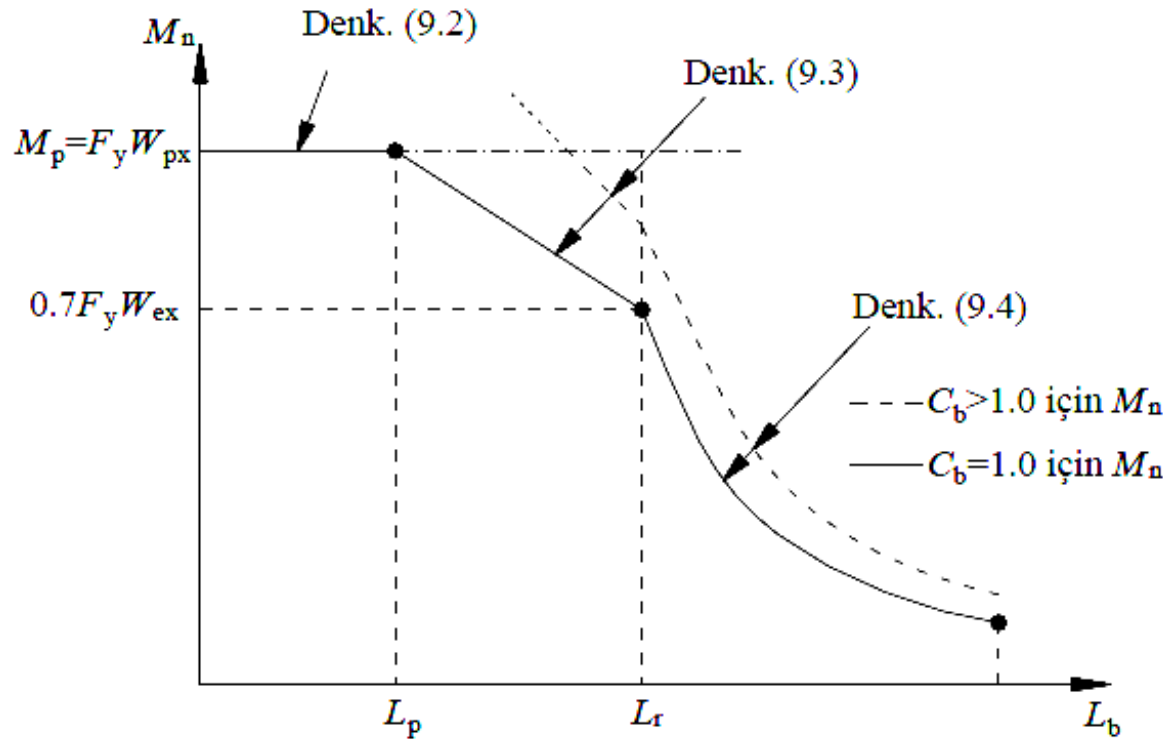
EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Yönetmelik- Bölüm 9

9.2.2 – Yanal Burulmalı Burkulma Sınır Durumu

9.2.1 – Akma Sınır Durumu

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



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

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Yönetmelik- Bölüm 9

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.

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

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

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

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

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

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

9.2.2 – Yanal Burulmalı Burkulma Sınır Durumu

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

J: Burulma Sabiti

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{i_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{W_{ex} h_o} \left(\frac{L_b}{i_{ts}}\right)^2} \quad (9.5)$$

Kök içindeki ifade güvenli tarafta kalan bir yaklaşımla 1 e eşit olarak alınabilir.

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

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

J: Burulma Sabiti

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

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

9.2.2 – Yanal Burulmalı Burkulma Sınır Durumu

Denk.(9.5) ve **Denk.(9.6b)** de kullanılan c katsayısı aşağıda tanımlanmıştır.

(i) Çift simetri eksenli I-enkesitlerde:

$$c = 1.0 \quad (9.7a)$$

(ii) U-enkesitlerde:

$$c = \frac{h_o}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}} \rightarrow C_w: \text{Çarpılma Sabiti} \quad (9.7b)$$

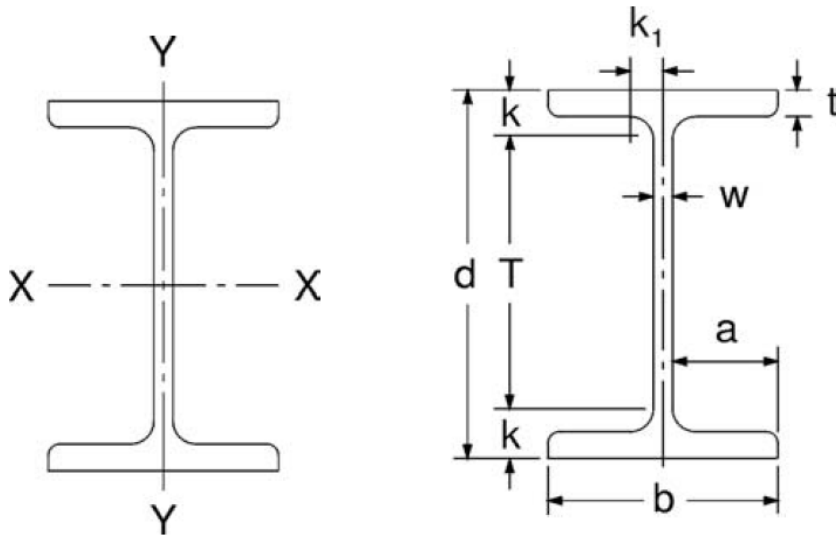
Etkin atalet yarıçapı, i_{ts} , **Denk.(9.8a)** ile hesaplanacaktır.

$$i_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{W_{ex}} \rightarrow C_w: \text{Çarpılma Sabiti} \quad (9.8a)$$

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Burulma Sabiti (J) & Çarpılma Sabiti (C_w)

1. Çift Simetri Eksenine Sahip Geniş Başlıklı I Profiller için:



Burulma Sabiti

$$J = \frac{2bt^3 + d'w^3}{3} \quad (\text{Galambos 1968})$$

$$d' = d - t$$

Çarpılma Sabiti

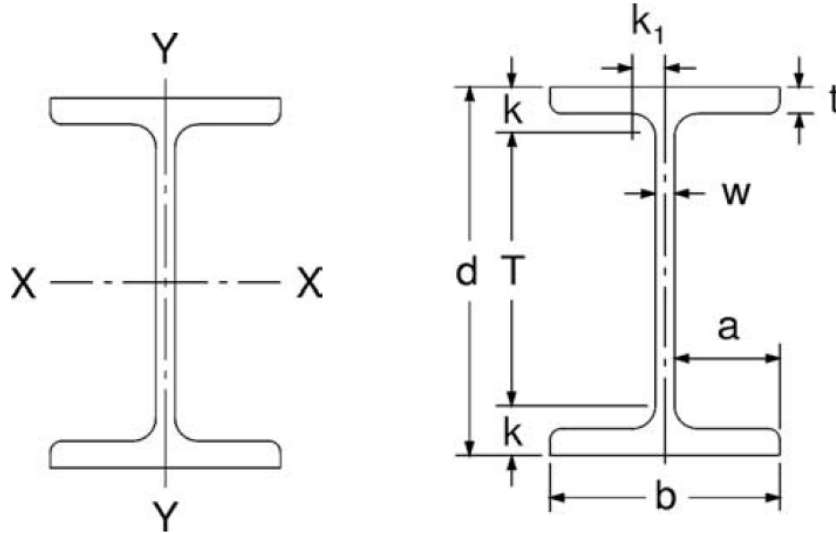
$$C_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} \quad (\text{Galambos 1968, Picard and Beaulieu 1991})$$

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Burulma Sabiti (J) & Çarpılma Sabiti (C_w)

1. Çift Simetri Eksenine Sahip Geniş Başlıklı I Profiller için:

ÖRNEK-1:



$$d = 612 \text{ mm}, b = 229 \text{ mm}$$

$$t = 19.6 \text{ mm}, w = 11.9 \text{ mm}$$

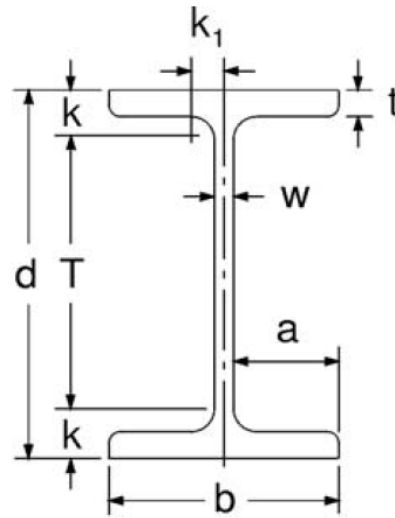
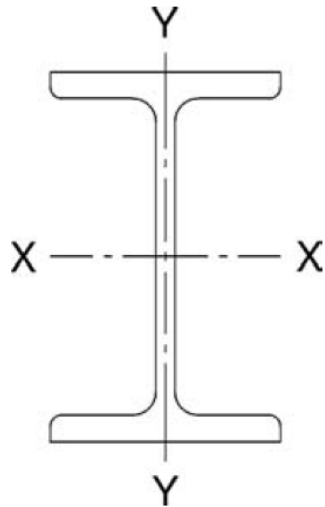
Şekildeki kesit için burulma ve çarpılma sabitlerini hesaplayınız.

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Burulma Sabiti (J) & Çarpılma Sabiti (C_w)

1. Çift Simetri Eksenine Sahip Geniş Başlıklı I Profiller için:

ÇÖZÜM-1:



$$d = 612 \text{ mm}, b = 229 \text{ mm}$$

$$t = 19.6 \text{ mm}, w = 11.9 \text{ mm}$$

$$d' = d - t \longrightarrow d' = 592 \text{ mm}$$

Burulma Sabiti

$$J = \frac{2bt^3 + d'w^3}{3} \longrightarrow J = 1480 \times 10^3 \text{ mm}^4$$

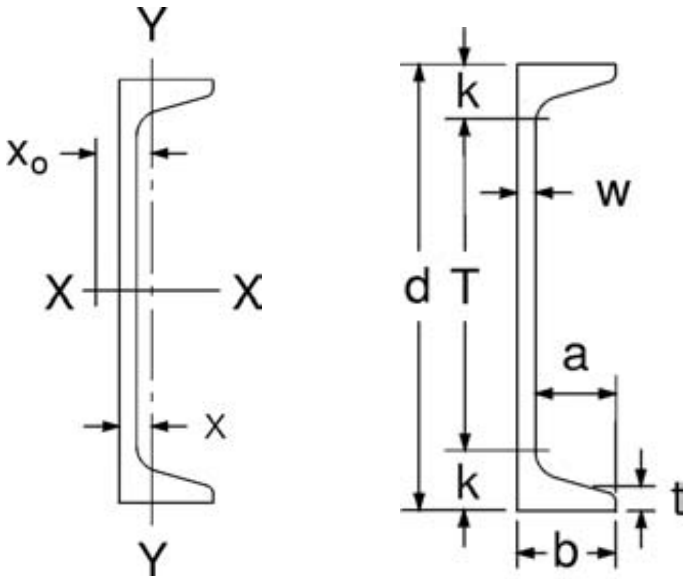
Çarpılma Sabiti

$$C_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} \longrightarrow C_w = 3440 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Burulma Sabiti (J) & Çarpılma Sabiti (C_w)

2. U Profiller için:



Burulma Sabiti

$$J = \frac{2b't^3 + d'w^3}{3} \quad (\text{SSRC 1998})$$

$$d' = d - t, \quad b' = b - w/2$$

$$\alpha = \frac{1}{2 + \frac{d'w}{3b't}}$$

Çarpılma Sabiti

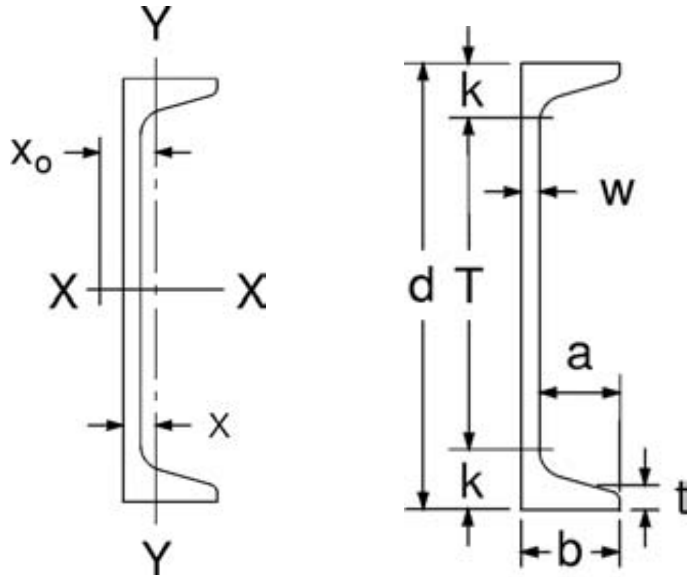
$$C_w = (d')^2 (b')^3 t \left[\frac{1 - 3\alpha}{6} + \frac{\alpha^2}{2} \left(1 + \frac{d'w}{6b't} \right) \right] \quad (\text{Galambos 1968, SSRC 1998})$$

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Burulma Sabiti (J) & Çarpılma Sabiti (C_w)

2. U Profiller için:

ÖRNEK-2:



$$d = 305 \text{ mm}, b = 74 \text{ mm}$$

$$t = 12.7 \text{ mm}, w = 7.2 \text{ mm}$$

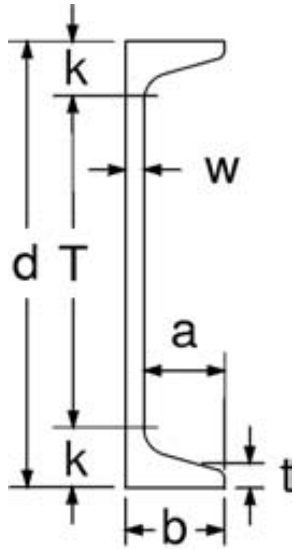
Şekildeki kesit için burulma ve çarpılma sabitlerini hesaplayınız.

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Burulma Sabiti (J) & Çarpılma Sabiti (C_w)

2. U Profiller için:

ÇÖZÜM-2: $d = 305 \text{ mm}$, $b = 74 \text{ mm}$ $t = 12.7 \text{ mm}$, $w = 7.2 \text{ mm}$



$$d' = d - t, \quad b' = b - w/2$$

$$d' = 292 \text{ mm}, \quad b' = 70.4 \text{ mm}$$

Burulma Sabiti $J = \frac{2b't^3 + d'w^3}{3} \Rightarrow J = 132 \times 10^3 \text{ mm}^4$

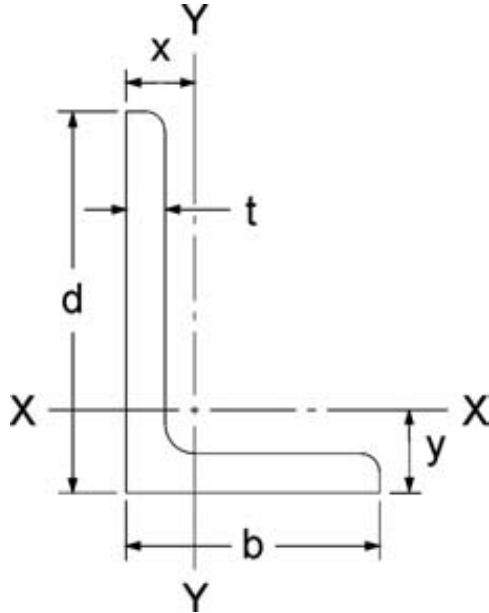
Çarpılma Sabiti $C_w = (d')^2 (b')^3 t \left[\frac{1 - 3\alpha}{6} + \frac{\alpha^2}{2} \left(1 + \frac{d'w}{6b't} \right) \right]$

$$\alpha = \frac{1}{2 + \frac{d'w}{3b't}} \Rightarrow \alpha = 0.359 \Rightarrow C_w = 29.0 \times 10^9 \text{ mm}^6$$

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Burulma Sabiti (J) & Çarpılma Sabiti (C_w)

3. Korniyerler için:



Burulma Sabiti

$$J = \frac{(d' + b')t^3}{3}$$

$$d' = d - \frac{t}{2}, \quad b' = b - \frac{t}{2}$$

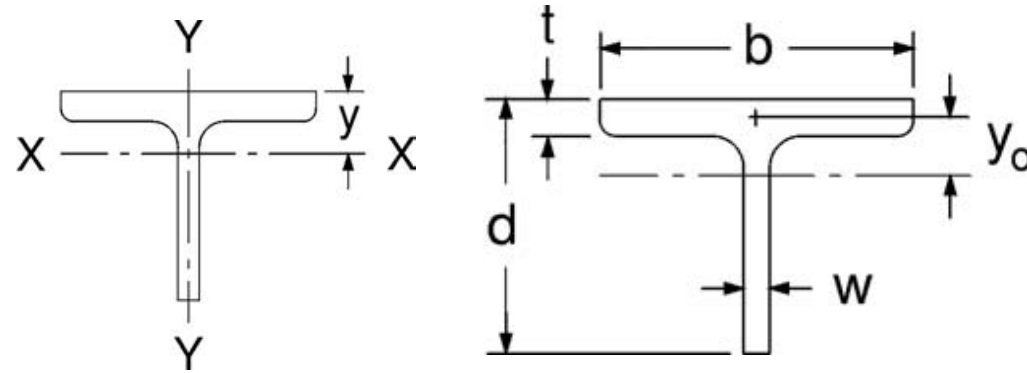
Çarpılma Sabiti

$$C_w = \frac{t^3}{36} \left[(d')^3 + (b')^3 \right] \quad (\text{Bleich 1952, Picard and Beaulieu 1991})$$

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Burulma Sabiti (J) & Çarpılma Sabiti (C_w)

4. T Profiller için:



Burulma Sabiti

$$J = \frac{bt^3 + d'w^3}{3}$$

$$d' = d - \frac{t}{2}$$

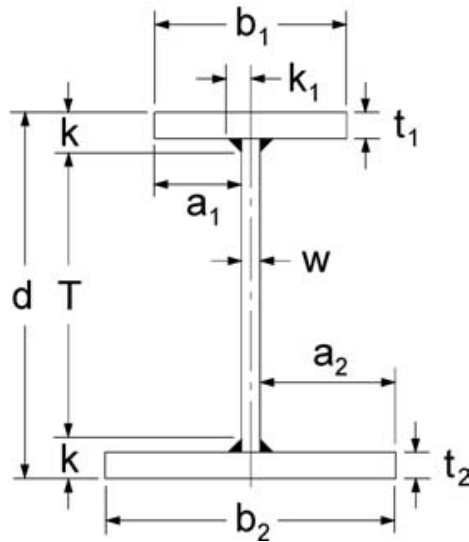
Çarpılma Sabiti

$$C_w = \frac{b^3 t^3}{144} + \frac{(d')^3 w^3}{36} \quad (\text{Bleich 1952, Picard and Beaulieu 1991})$$

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Burulma Sabiti (J) & Çarpılma Sabiti (C_w)

5. Tek Simetri Eksenine Sahip Geniş Başlıklı I Profiller için:



Burulma Sabiti

$$J = \frac{b_1 t_1^3 + b_2 t_2^3 + d' w^3}{3} \quad (\text{SSRC 1998})$$

$$d' = d - \frac{(t_1 + t_2)}{2}$$

Çarpılma Sabiti

$$\alpha = \frac{1}{1 + (b_1/b_2)^3 (t_1/t_2)}$$

$$C_w = \frac{(d')^2 b_1^3 t_1 \alpha}{12} \quad (\text{SSRC 1998, Picard and Beaulieu 1991})$$

EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Burulma Sabiti (J) & Çarpılma Sabiti (C_w)

6. Boru Profiller için:

Atalet Momenti

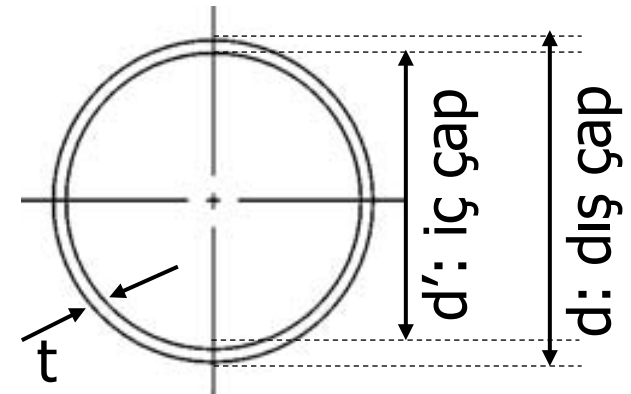
$$I = \frac{\pi}{64} [d^4 - (d - 2t)^4]$$

Burulma Sabiti

$$J = 2I = \frac{\pi}{32} [d^4 - (d - 2t)^4] \quad (\text{Stelco 1981, Seaburg and Carter 1997})$$

Çarpılma Sabiti

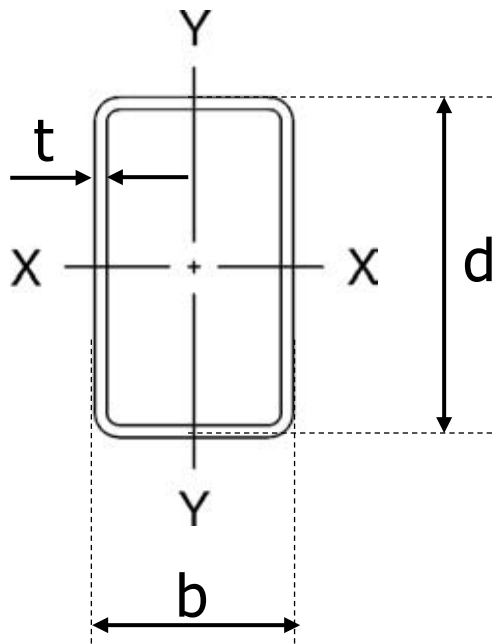
$$C_w = 0$$



EĞİLME MOMENTİ ETKİSİ

Burulma Sabiti (J) & Çarpılma Sabiti (C_w)

7. Kutu Profiller için:



Burulma Sabiti

$$J \approx \frac{4 A_P^2 t}{p} \quad (\text{Salmon and Johnson 1980})$$

$$p = 2[(d - t) + (b - t)] - 2R_c(4 - \pi)$$

$$R_c = \frac{R_o + R_i}{2} \approx 1.5t$$

$$A_P = (d - t)(b - t) - R_c^2(4 - \pi)$$

Çarpılma Sabiti

$$C_w = 0$$