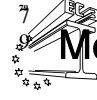


ÇELİK YAPILAR I

Dr. Kağan YEMEZ
KY.IU2008@gmail.com

78



Member Design - Columns

Background and design according to EC3



Member Design - Columns

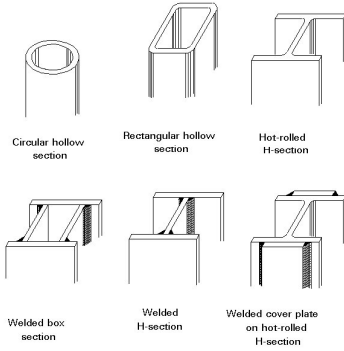
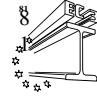


Figure 1 Simple compression members



Member Design - Columns

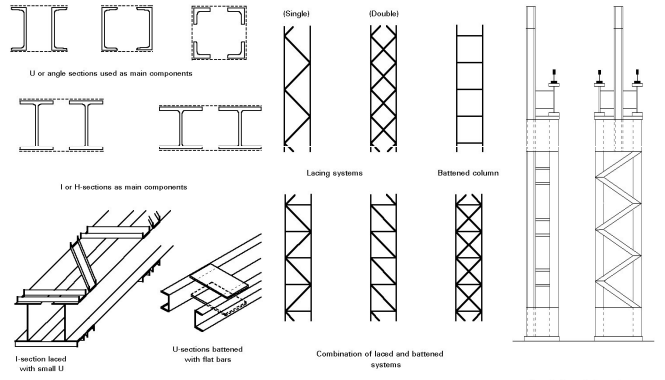


Figure 4 Built-up columns

Figure 5 Laced and banded columns

Figure 6 Stepped built-up columns



Member Design - Columns

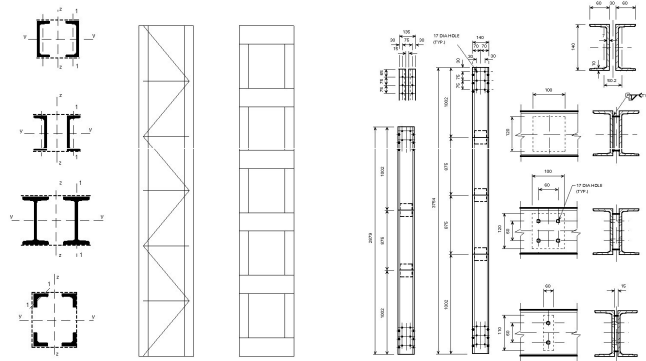
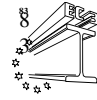


Figure 1 Built-up columns

Figure 2 Built-up columns



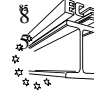
Introduction

- ◆ Bu bölümün konusu sadece Basınç elemanları (örn. Uçları mafsallı çubuklar)
 - Sadece eksenel basınç
 - Eğilme yok
- ◆ Uygulamada gerçek kolon
 - Eksenel yüklerin dış merkezi dağılımı
 - Ters kuvvetler
- ◆ Uygulama
 - Kalın/Tıknaz kolonlar, ve
 - Narin kolonlar



Kalın/Tıknaz Kolonlar

- ◆ Kalın/tıknaz kolonların özellikleri
 - çok düşük narinlik
 - genel burkulma olmaz
- ◆ Kalın/tıknaz kolonların basınç dayanımı
 - kesite bağlı
 - kesit sınıfına bağlı



Lokal burkulma olmayan kesitler

- ◆ Kesit sınıfı 1, 2, 3 lokal burkulma olmaz
- ◆ Tasarım basınç dayanımı $N_{c,Rd} =$ plastik dayanıma $N_{pl,Rd}$

$$N_{c,Rd} = Af_y / \gamma_{M0} \quad 5.4.4(1) a$$

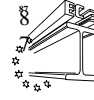


Lokal burkulma olmayan kesitler – Kesit sınıfı 4

- ◆ lokal burkulma plastik basınç dayanıma ulaşmayı engeller
- ◆ tasarım basınç dayanımı lokal burkulma dayanımı ile sınırlıdır,

$$N_{c,Rd} = N_{o,Rd} = A_{eff} f_y / \gamma_{M1} \quad 5.4.4.(1) b$$

$$A_{eff} \Rightarrow \text{etkili kesit alanı} \quad 5.3.5$$



Narin Çelik Kolonlar

- ◆ Narin kolonlar yarı elastik burkulma davranışı gösterirler

- ◆ Euler kritik gerilmesi

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

$$\lambda = \ell_{cr} / i, \text{ where } i = \text{atalet yarıçapı}$$

$$\ell_{cr} \text{ burkulma boyu}$$



Burkulma Boyu

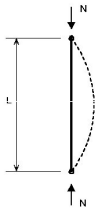


Figure 1 Buckling of a pin-ended column

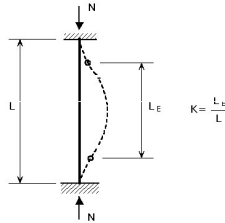
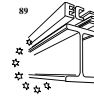
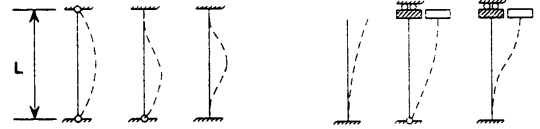


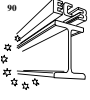
Figure 2 Equivalent column length



Burkulma Boyu



	With lateral restraint			Without lateral restraint		
	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)
Ideal buckling conditions						
Theoretical K-values	1,0	0,7	0,5	2,0	2,0	1,0
Recommended K-values when ideal conditions are approximated	1,0	0,8	0,65	2,0	2,0	1,2



Burkulma Boyu

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{L^2}$$

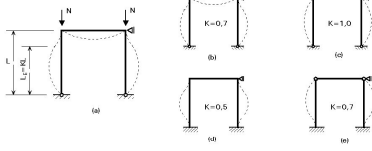


Figure 4 Buckling of a column in a non-sway frame

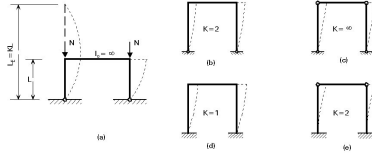
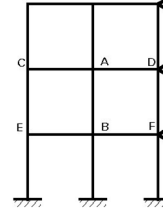


Figure 5 Buckling of a column in a sway frame



Burkulma Boyu

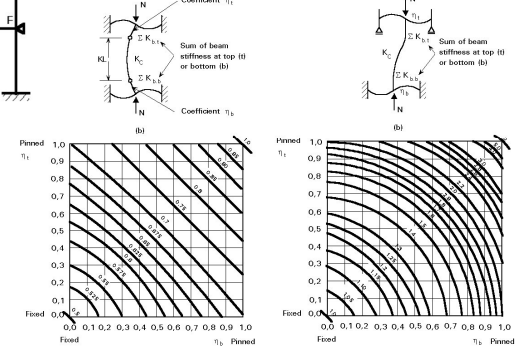
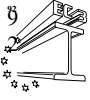
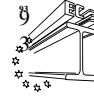
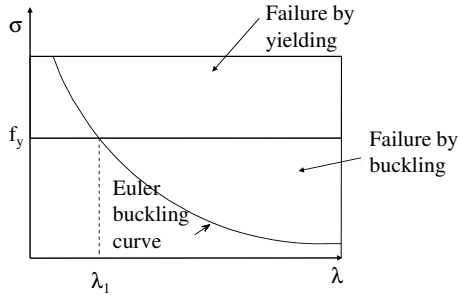


Figure 9 Effective length factor for a column in a non-sway frame

Figure 11 Effective length factor for a column in a sway frame



Euler burkulma eğrisi ve göçme modları



Narinlik sınırı λ1

◆ $\sigma_{cr} = f_y$ olması için λ_1 değeri - cl 5.5.1.2 (I)

$$\lambda_1 = \pi [E / f_y]^{0.5} = 93,9 \epsilon$$

$$\epsilon = [235 / f_y]^{0.5}$$

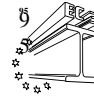
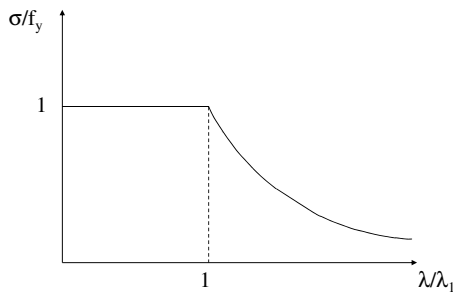
where

◆ λ_1 is equal to
93,9 for steel grade S275
76,4 for steel grade S355



Birimsiz burkulma eğrisi

Euler eğrisi σ_{cr}/f_y vs λ/λ_1 olarak çizilebilir. – tüm λ and f_y değerleri için bir eğri



Çelik kolonların gerçek davranışı

◆ Bazı kusurlardan dolayı Elastik olmayan burkulma Euler burkulma yükünden önce gerçekleşir

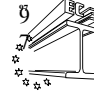
- Kolonun doğrusallığı
- Artık gerilmeler
- Uygulanan yükün dışmerkezliliği
- pekleşme

◆ Orta narinlikte kolonlar bu tip kusurlarına karşı çok hassastır.



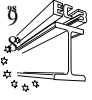
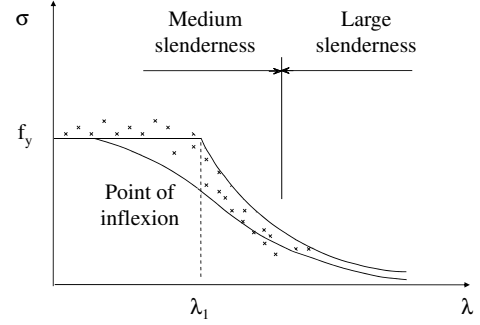
Kusurların etkisi

- ◆ Orta λ için yapısal kusurlar önemlidir. (NB Euler λ_1 narinliği)
- ◆ Çoğu uygulanan kolonlar bu gruba girer.
- ◆ Eğri alt sınırı test sonuçlarına göre istatistiki olarak elde edilmiştir.



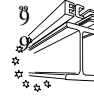
DeneySEL çalışmalar

2 bölge: narin (beyond point of inflexion) & orta



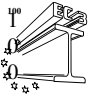
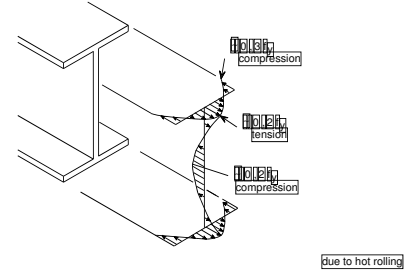
Kusurların etkisinin narinlik ile ilişkisi

- ◆ Büyük narinliğe sahip kolonlar
 - Çoğunlukla kusurlardan etkilenmez
 - Max. Göçme yükü \approx Euler yükü (N_{cr})
 - Akma gerilmesinden bağımsız
- ◆ Orta narinliğe sahip kolonlar
 - Kusurlar önemli
 - Max. Göçme yükü $<$ Euler yükü (N_{cr})
 - Doğrusallık ve artık gerilmeler en önemli kusurlardır



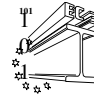
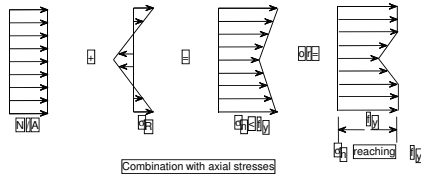
Artık gerilme paterni

Typical residual stress pattern



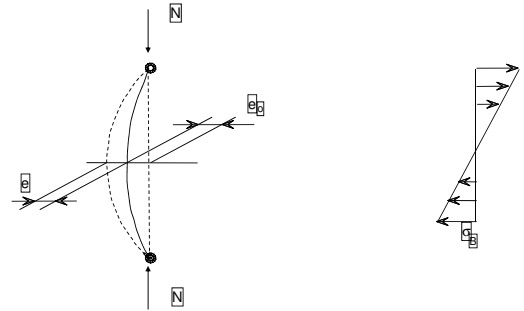
Artık gerilmeler

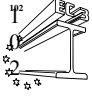
- ◆ Eksenel gerilmelerle kombinasyonu ile akma erken olur
- ◆ Etkili alan azalır



Doğrusallık e_0

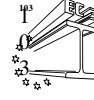
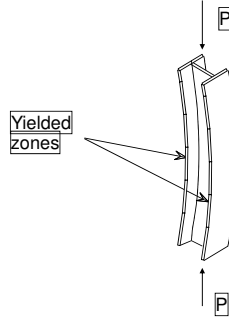
- ◆ Eğilme momentine neden olur





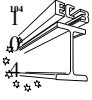
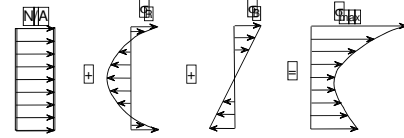
Doğrusallık e_0

- ◆ $\sigma_{max} > f_y \Rightarrow$ kesit kısmen plastik



Kusur etkisi ile aksenal gerilmelerin kombinasyonu

- ◆ Max. gerilme - combination of
 - Eğilme gerilmesi σ_B
 - Artık gerilme, σ_R
 - Uygulanan aksenal gerilme, N/A



Birimsiz narinlik $\bar{\lambda}$

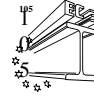
$$\bar{\lambda} = \left[\beta_A \frac{Af_y}{N_{cr}} \right]^{0.5}$$

Cl. 5.5.1.2.(1)

$$\bar{\lambda} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_1} \right) [\beta_A]^{0.5}$$

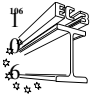
$\beta_A = 1$ for class 1-3 sections

$\beta_A = A_{eff}/A$ for class 4 sections



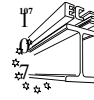
EC Burkulma eğrileri (ECCS)

- ◆ Deneyle dayananak
 - > 1000 tests
 - (I H T [⊥ O) sections
 - Narinlik oranı 55 – 160 arası
- ◆ Sayısal çalışma ile desteklenerek



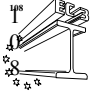
EC Burkulma eğrileri

- ◆ Kolon dayanımı akma dayanımına f_y uygulanan azaltma katsayısı χ ile hesaplanır.
- ◆ χ narinlik ile ilişkili bir katsayı
- ◆ Burkulma eğrileri χ 'e karşılık referans narinlik oranı olarak çizilir.

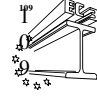
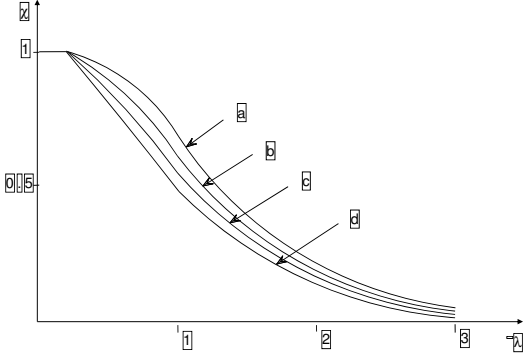


Varsayımlar

- ◆ Geometrik kusur olarak yarım sin-eğrisi = $L/1000$
- ◆ Artık gerilmeler kesit tipine göre
- ◆ Farklı kusur katsayılarına (α) karşılık farklı kesit tiplerine uygulanan 4 eğri



EC Burkulma eğrileri



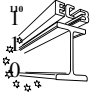
EC Burkulma eğrileri

◆ Eğriler matematiksel olarak:

$$\chi = \frac{1}{\phi + [\phi^2 - \bar{\lambda}^2]^{0.5}} \leq 1$$

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

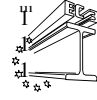
-5.5.1.2.(1) (5.46)



Kusur katsayısı α

- ◆ α aşağıdakilere bağlı;
 - Kolon kesit şekline
 - Burkulma yönüne (y or z axis)
 - İmalat sürecine (hadde, kaynaklı veya soğuk çekme)
- ◆Kusur katsayıları *Table 1'de verilmistir*

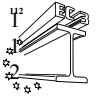
Burkulma eğrisi	a	b	c	d
Kusur katsayısı	0,21	0,34	0,49	0,76



Uygun burkulma eğrisinin seçimi

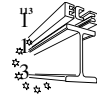
Extract from Table 2

- ◆Table 2 helps with the selection of the appropriate buckling curve



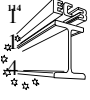
Tasarım Adımları

- ◆Burkulma boyunun her iki ana aks yönüne göre hesaplanması
 - Mesnetler veya destekler arası mesafe
 - Birleşim detayı
- ◆referans narinlik, $\bar{\lambda}$
 - Şekilin geometrik özellikleri
 - Akma dayanımı



Tasarım adımları (2)

- ◆Uygun burkulma eğrisinin seçilmesi
 - Üretim prosesi
 - Kesit kalınlığı
- ◆ $\bar{\lambda}$ değeri için determine χ 'nin bulunması



Tasarım adımları (3)

- ◆Burkulma dayanımının tasarımı

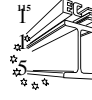
$$N_{b,Rd} = \chi \beta_A \frac{A f_y}{\gamma_{M1}}$$

– $\beta_A = 1$ for section classes 1,2,3

– $\beta_A = A_{eff} / A$ for section class 4

- ◆ $N_{b,Rd} >$ tasarım eksenel yükü => ok

- ◆ $N_{b,Rd} <$ tasarım eksenel yükü => daha büyük kesit seçerek tekrar dene...



Summative test

- ◆ calculate the reduction factor χ from EC3 equation 5.46. for

– a rolled H section (not class 4)

– $t < 100$

– S275

– minor axis slenderness ratio $\lambda = 130$

- ◆ Verify the result with EC3 table 5.5.2



Özet - kalın/tıknaz kolonlar

- ◆ Kalın/tıknaz kolonlar ($\bar{\lambda} \leq 0,2$) kesitin tam plastik dayanıma ulaşabilir

–Burkulma tahkikine gerek bile yok.

–Lokal burkulma kesit sınıfı 4 profillerinin kapasitesini azaltır.



Özet – Narin kolonlar

- ◆ $\bar{\lambda} > 0,2$ => yük dayanımı burkulmadan dolayı azalır

–Orta narinlikteki kolonlar elastik olmayan burkulmadan dolayı göçer

–Narin kolonlar elastik burkulmadan dolayı göçer.

- ◆Tasarım burkulma dayanımı = tasarım basınç dayanımı * burkulma katsayısı, χ .



Özet – burkulma eğrileri

- ◆EC burkulma eğrileri => azaltma katsayısı

–Kesitin şekline

–İmalat prosesi

–Referans narinlik değeri

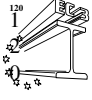
–Burkulma eksenine.

- ◆Burkulma eğrileri deneysel ve teorik yaklaşımlar ile elde edilmiş, güvenli sonuçlar vermektedir.



Eleman Tasarımı Eğilmeye çalışan Kolonlar

Background and design according to EC3



Eleman Tasarımı Eğilmeye çalışan Kolonlar

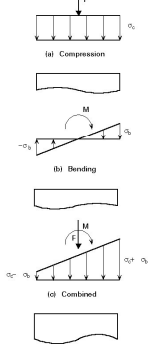
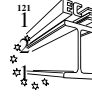
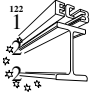


Figure 1 Elastic behaviour of cross-section in compression and bending



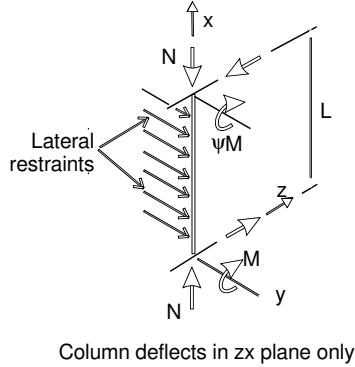
Introduction

- ◆ Bu bölüm eğilmeye çalışan kolonları kapsar
- ◆ Eğilme ve basınca maruz kalan elemanların tasarımı
- ◆ Uygulamada çerçevelerin çoğu kolon elemanları
- ◆ Uygulama
 - tek eksenel eğilme durumunda
 - Yatay tutulu elemanlarda kesit tahkiki
 - Yatay tutulu elemanlarda genel burkulma burkulma tahkiki
 - Yatay tutulu elemanlarda yanal burkulma burkulma tahkiki
 - çift eksenel eğilme durumu özellikle H, I profil kolonlu çelik tasarımda çok tercih edilmemelidir.

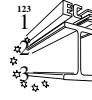


Eğilmeye çalışan kolonlar – tek eksenel eğilme

- ◆ Kuvvetli aks doğrultusunda eğilme

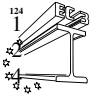


Column deflects in xz plane only



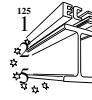
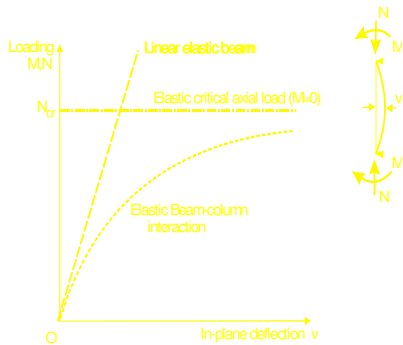
Eğilmeye çalışan kolonlar – tek eksenel eğilme

- ◆ Yük-yerdeğiştirme eğrisi davranışı belirler
- ◆ Teorik davranışı varsayımına göre değişir
 - örn. Doğrusal elastik veya plastik davranış
- ◆ Davranış karşılaştırılabilir
 - kirişler (eksenel yük yok)
 - Kolonlar (eğilme yok)



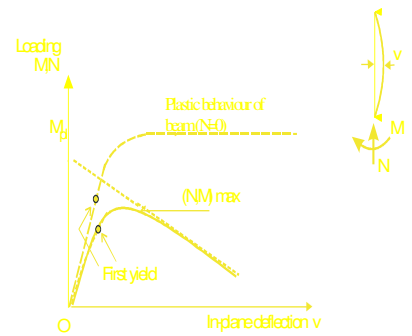
Elastik davranış

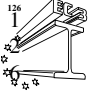
- ◆ Yük artışı ile yerdeğiştirme oranı artar
- ◆ Bu eğilerek şekil değiştiren elemanda eksenel yükün oluşturduğu eğilme etkisidir.
- ◆ Eğri kritik basınç yüküne asimtot oluşturur.



Elastik olmayan davranış

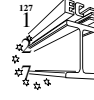
- ◆ Başlangıçta yük artışı ile yerdeğiştirme oranı artar
- ◆ Eksenel yük etkin olarak kesitin plastik moment kapasitesini azaltır
- ◆ Tepe yükün ötesinde eğri azalarak devam eder





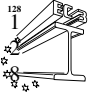
Kesit davranışı – kesit sınıfı 1 ve 2

- ◆ Burkulma olmazsa kesit tam plastikleşmeye ulaşır
- ◆ Çeşitli eğilme momenti (M) ve aksenal yük (N) kombinasyonları vardır
 - $N=0$, $M=M_{ply.Rd}$, tam plastik moment -
 - $M=0$, $N=N_{ply.Rd}$, kritik aksenal yük.



Kesit davranışı – kesit sınıfı 1 ve 2

- ◆ M ve N ilişkisi kesit şekline asal eksenin yerine bağlıdır.
- ◆ I kesitleri için asal eksen gövdede veya başlıkta olabilir.

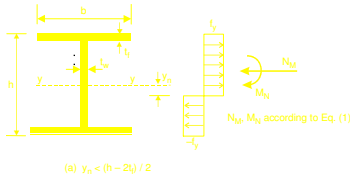


Kesit davranışı – kesit sınıfı 1 ve 2

- ◆ Asal eksen gövdede ise (equation 1)

$$N_M = 2f_y t_w y_n$$

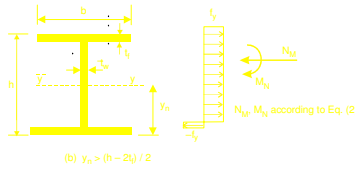
$$M_N = f_y b t_f (h - t_f) + f_y \left\{ (h - 2t_f)^2 / 4 - y_n^2 \right\} t_w$$



- ◆ Asal eksen başlıkta ise (equation 2)

$$N_M = f_y \{ t_w (h - 2t_f) + 2b(t_f - h/2 + y_n) \}$$

$$M_N = f_y b (h/2 - y_n)(h - y_n) t_f$$



- ◆ EC3'ün basitleştirmesi

$$- M_{NyRd} = M_{pl,y}(1-n)(1-0,5a) \text{ but } \leq M_{pl,yRd} \text{ (eq 3)}$$

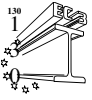
where $n = N_{Sd} / N_{pl,Rd}$ and $a = (A - 2bt_f) / A \leq 0,5$

- ◆ Yaygın kesitler için buna benzer basitleştirmeler mevcut.

- ◆ Örn., I kesitler için:

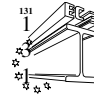
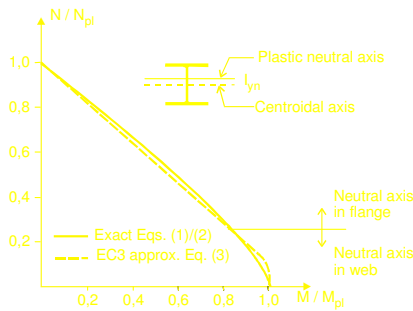
$$- \text{Kuvvetli aks eğilmesi} - M_{N,y} = 1,11 M_{pl,y}(1-n)$$

$$- \text{Zayıf aks eğilmesi} - M_{N,z} = 1,56 M_{pl,z}(1-n)(0,6+n)$$



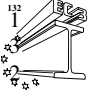
Kesit davranışı – kesit sınıfı 1 ve 2

- ◆ The simplified EC3 relationships are quite precise



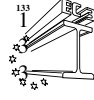
Kesit davranışı – kesit sınıfı 3

- ◆ Kesit sınıfı 3 elastik davranış ile sınırlı
- ◆ Göçme öncelikle akma.
- ◆ Bu en büyük basınç eğilmesi noktasında olur
- ◆ Max gerilme $\Rightarrow \sigma_c + \sigma_b$
- ◆ $f_{yd} = \sigma_c + \sigma_b \Rightarrow$ ilk akma



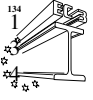
Kesit davranışı – kesit sınıfı 4

- ◆ Kesit sınıfı 4 profillerinde akmadan önce lokal burkulma olur
- ◆ Gerilmeleri hesaplamak için azaltılmış kesit özellikleri kullanılır
- ◆ Bunlar narin basınç elemanların etkili genişliklerine bağlıdır
- ◆ $\sigma_c + \sigma_b \leq f_{yd}$



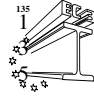
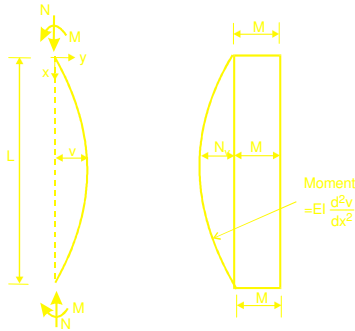
Genel Stabilite

- ◆ Kesit davranışı ile çözüme ulaşılır
- ◆ Genel stabilite de hesaba katılmalıdır



Genel Stabilite

- ◆ Eğileye çalışan kolonda toplam moment
 - ana moment M
 - ikincil moment Nv toplamıdır.

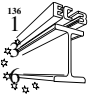


Genel Stabilite - elastik analiz

- ◆ Max. sehim, v_{max} , ve moment, M_{max} , Euler kritik yükü P_{Ey} ile ilişkilidir -

$$v_{max} = \frac{M}{N} \sec \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{N}{P_{Ey}} - 1}$$

$$M_{max} = M \sec \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{N}{P_{Ey}}}$$



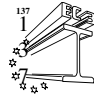
Genel Stabilite – ilk seviye yaklaşım

- ◆ 1. seviye sehim (sadece momentten kaynaklanan) ve moment $1/(1-N/P_{Ey})$ katsayısı ile büyütülerek

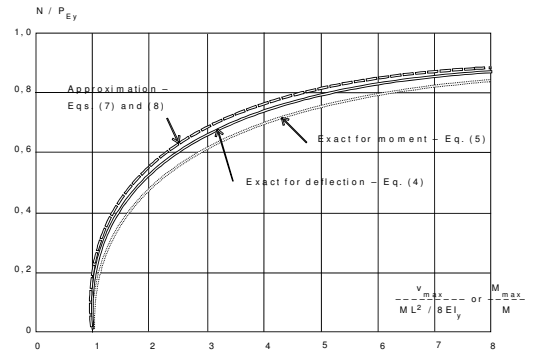
- ◆ =>

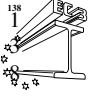
$$v_{max} = \frac{ML^2}{8EI_y} \frac{1}{1 - N/P_{Ey}}$$

$$M_{max} = M \frac{1}{1 - N/P_{Ey}}$$



Gerçek ve yaklaşım karşılaştırması





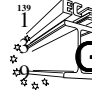
Genel Stabilité

- ◆ Max. Elastik gerilme σ_{\max} :

$$\sigma_{\max} = \sigma_c + \sigma_b \frac{M_{\max}}{M}$$

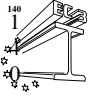
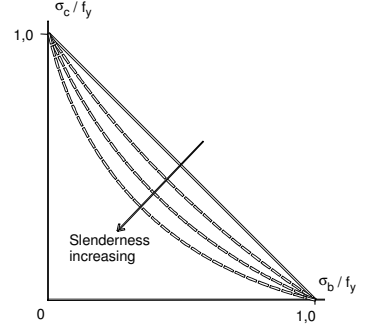
- ◆ $\sigma_{\max} = f_y \Rightarrow$

$$\frac{\sigma_c}{f_y} + \frac{\sigma_b}{f_y(1 - N/P_{Ey})} = 1,0$$



Genel Stabilité- σ_c , σ_b ve λ ilişkisi

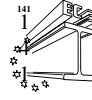
- ◆ σ_c ve σ_b 'nin farklı değerleri için ve narinlik oranları ilişkilendirilebilir.
- ◆ Grafik olarak =>



Eksenel yük altında burkulma için düzenleme

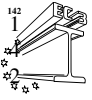
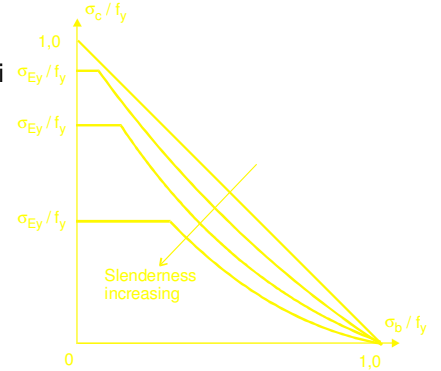
- ◆ $\sigma_b \rightarrow 0$, $\sigma_c \rightarrow f_y$
- ◆ Euler gerilmesi σ_{Ey}

$$\sigma_{Ey} = \frac{P_{Ey}}{A} = \frac{\pi^2 EI_y}{AL^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_y^2}$$



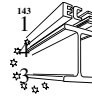
Genel Stabilité

- ◆ $\sigma_{\max} = f_y$ ve Euler gerilmesi yandaki eğriyi verir.



Genel Stabilité - EC3 çözümü

- ◆ EC3 yukarıdaki yaklaşıma kullanılarak
- ◆ Doğrusallık ve artık gerilmeler gibi uygulamaları dikkate alarak
- ◆ Gerilmeler yerine kuvvet ve moment olarak ifade edilir
- ◆ Daha sade eğilme paternleri için



EC3 kuralları

- ◆ N_{Sd} ve M_{ySd} etkileşim bağıntısı olarak ifade edilir
- ◆ χ_y kolon burkulma azaltma katsayısını hesaba katar
- ◆ Eğilme moment dağılımını dikkate almak için β katsayısı
- ◆ Farklı kesit sınıfları için farklı ifadeler



EC3 kuralları - kesit sınıfı 1 & 2

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_y A f_y} + \frac{k_y M_{ySd}}{W_{ply} f_y} \leq 1$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y N_{Sd}}{\chi_y A f_y} \dots \text{but} \dots k_y \leq 1,5$$

$$\mu_y = \bar{\lambda} (2\beta_{My} - 4) + \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}} - 1 \dots \text{but} \dots \mu_y \leq 0,9$$



EC3 kuralları – kesit sınıfı 3 & 4

◆ Class 3 sections

– Aynı ifadeye W_{ply} yerine W_{ely}

◆ Class 4 sections

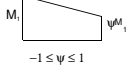
– Etkili kesit parametreleri A_{eff} , $W_{eff,y}$

– lokal burkulmadan dolayı asal eksenin kaymasını hesaba katmak için ek dışmerkezlilik



Eşdeğer düzgün yayılı moment katsayısı

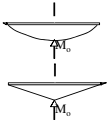
◆ Uç momentleri



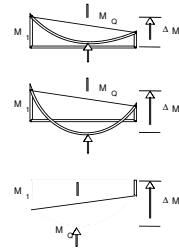
$$-1 \leq \psi \leq 1$$

$$\beta_m \psi = 1,8 - 0,7\psi$$

◆ Yatay yüklerden dolayı momentler - udl $\beta_m = 1,3$ noktasal yükler $\beta_m = 1,4$



Eşdeğer düzgün yayılı moment katsayısı



◆ Yatay yükler ve uç momentleri

$$\beta_M = \beta_{M\psi} + M_Q(\beta_{MQ} - \beta_{M\psi})/\Delta M$$

where

$$M_Q = |\max M| \text{ sadece yatay yükler altında}$$

◆ İşaret değiştirilmeden moment diyagramı

$$\Delta M = |\max M|$$

◆ İşaret değiştirerek moment diyagramı

$$\Delta M = |\max M| + |\min M|$$



Yatay tutulu olmayan kolonlar

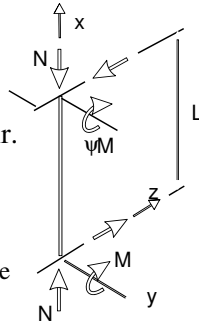
◆ Eğilmeye çalışan kolonlar yatay yerdeğiştirme ve burulmadan (normal profillerde) dolayı burkulabilir.

◆ Kolon zx düzleminde yerdeğiştirir

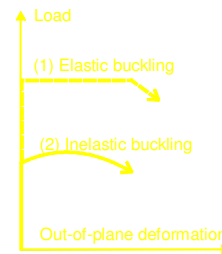
◆ Kolon burkulur

–yx düzleminde yerdeğiştirir ve –x eksenin etrafında burulur

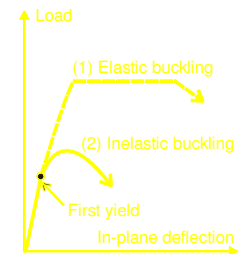
◆ Elastik veya biraz akmadan sonra (plastik)



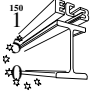
Eğilmeye çalışan kolonların yanal burulma davranışı



(a) Out-of-plane behaviour



(b) In-plane behaviour



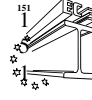
Elastik yanıl burulma burkulması - temel bağıntılar

- ◆ N & M kritik kombinasyonları:

$$\frac{M^2}{i_0^2 P_E P_{E0}} = \left(1 - \frac{N}{P_{Ez}}\right) \left(1 - \frac{N}{P_{E0}}\right)$$

where

- i_0 , polar atalet yarıçapı
- P_{Ez} , zayıf aks kritik yükü
- P_{E0} , burulma burkulma yükü



Elastik yanıl burulma burkulması - bağıntılar

- ◆ Polar atalet yarıçapı

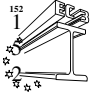
$$i_0 = \sqrt{\frac{I_y + I_z}{A}}$$

- ◆ Zayıf aks kritik yükü

$$P_{Ez} = \frac{\pi^2 EI_z}{L^2}$$

- ◆ Burulma burkulma yükü

$$P_{E0} = \frac{GI_t}{i_0^2} \left(1 + \frac{\pi^2 EI_w}{GI_t L^2}\right)$$



Eğilmeye çalışan kolonların Elastik yanıl burulma davranışı

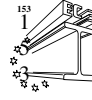
- ◆ Eksenel yük ile düzlem içi momentlerin büyütmesine izin verilmez.

- ◆ Yaklaşım;

$$\frac{M}{1 - N/P_{Ey}}$$

- ◆ Etkileşim bağıntısı

$$\frac{N}{P_{Ez}} + \frac{1}{1 - N/P_{Ey}} \frac{M}{M_{cr}} = 1$$



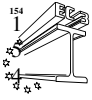
Yatay tutulu olmayan kolonlar için EC3 kuralları

- ◆ Düzlem içi davranışla benzer olarak, kesit sınıfı 1 & 2:

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_z A f_y} + \frac{k_{LT} M_{ySd}}{\chi_{LT} W_{ply} f_y} \leq 1$$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} N_{Sd}}{\chi_z A f_y} \dots \text{but} \dots k_{LT} \leq 1,0$$

$$\mu_{LT} = 0,15(\bar{\lambda}_c 2\beta_{MLT} - 1) \dots \text{but} \dots \mu_{LT} \leq 0,9$$



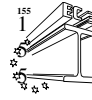
The factor k_{LT}

- ◆ k_{LT} nelere bağlıdır ?

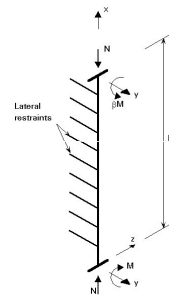
- Eksenel yük seviyesine
- Eleman narınlığına λ_c
- Ana moment paternine – β

- ◆ Max. $k_{LT} = 1,0$

- ◆ Gövde düzlemindeki aşırı yerdeğiştirmeden dolayı oluşabilecek göçme tahkiki yapılmalıdır.



Eğilmeye çalışan kolonların çift eksen yüklenme durumu



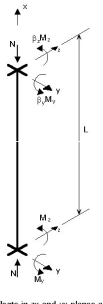
Column deflects in z: plane only

Figure 1a In-plane behaviour



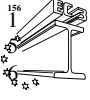
Column deflects in z: plane, then buckles by deflecting in y: plane and twisting about x: axis

Figure 1b Flexural-torsional behaviour



Column deflects in z: and y: planes and twists about x: axis

Figure 1c Biaxial bending



Eğilmeye çalışsan kolonların çift eksen yüklenme durumu

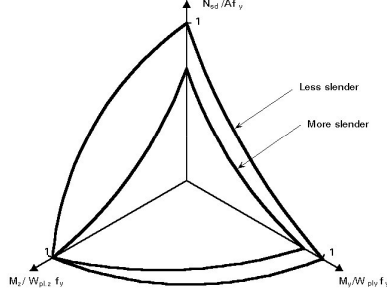
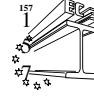


Figure 4 Interaction diagram for biaxial bending - case 1c



Eğilmeye çalışsan kolonların çift eksen yüklenme durumu

- ◆ Cift eksen yükleme için 3-D analizi biraz karmaşıktır
- ◆ EC3 tek eksen eğilmesindeki kuralları yarı-ampirik yaklaşımla adapte eder, örn. Kesit sınıfı 1 & 2 için:

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{\min} A f_y} + \frac{k_y M_{y sd}}{W_{ply} f_y} + \frac{k_z M_{z sd}}{W_{plz} f_y} \leq 1$$



Çift eksen durumu – kesit tahkiki

- ◆ Eğer genel tahkiklerde azaltılmış eşdeğer moment katsayısı, $\beta < 1$, kullanılıyorsa lokal kesit tahkikleri gerekir:
- ◆ EC3: $\{M_{ySd} / M_{NyRd}\}^\alpha + \{M_{zSd} / M_{NzRd}\}^\beta \leq 1$
where α and β depend on type of section
- ◆ Daha basit konservatif ;
 $N_{Sd} / N_{pIRd} + M_{ySd} / M_{NyRd} + M_{zSd} / M_{NzRd} \leq 1$



ÇELİK YAPILAR I

Dr. Kağan YEMEZ
KY.IU2008@gmail.com