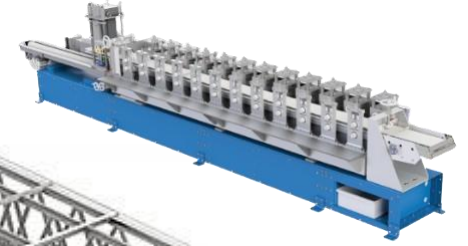
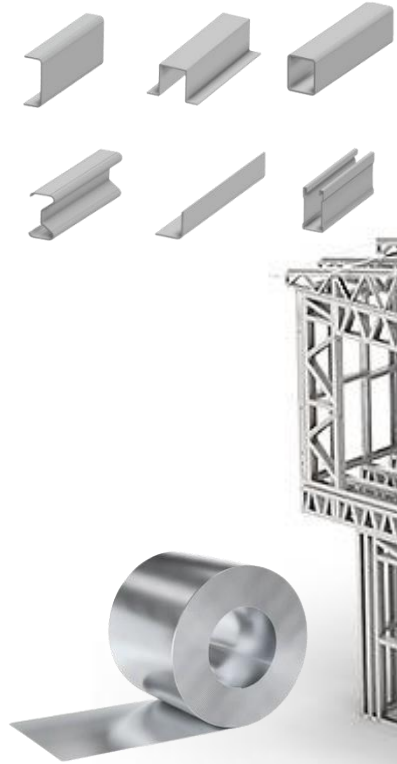




HAFİF ÇELİK YAPILARIN YÖNETMELİKLERE GÖRE İNCELENMESİ



Doç. Dr. Fatih ALEMDAR
Yıldız Teknik Üniversitesi



Katkılarıyla...

- Giriş ve İlgili Yönetmelikler
- Hafif Çelik Profiller
- Hafif Çelik Yapı Sistemleri
- Eksenel Basınç Altında Kesit Analizi
- DeneySEL Çalışmalar
- Sonuç & Değerlendirmeler





HAMÇELİK

YAPISAL ÇELİK

HAFİF ÇELİK



1. HAM ÇELİK — ÜRETİM VE TÜKETİM (2024, MİLYON TON)

Bölge / Ülke	Üretim (Mt)	Tüketim (Mt)	Dünya Üretim Payı	Denge
 Dünya Toplam	1.882,6	~1.750	%100	—
CN Çin	1.005,1	~880	%53,4	+125 (ihracatçı)
US Amerika (ABD)	79,5	~82	%4,2	-2,5 (ithalatçı)
EU Avrupa (AB-27)	126,0	~118	%6,7	+8 (ihracatçı)
TR Türkiye	36,9	~35	%2,0	+1,9 (ihracatçı)

* Tüketim: Apparent Steel Use (ASU) — worldsteel verileri (2023 baz, 2024 tahmin). Üretim: worldsteel resmi 2024 yıl sonu verisi.



HAMÇELİK

YAPISAL ÇELİK

HAFİF ÇELİK



2. YAPISAL ÇELİK (STRUCTURAL STEEL) — ÜRETİM VE TÜKETİM (2024, MİLYON TON)

Bölge / Ülke	Üretim (Mt)	Tüketim (Mt)	Toplam Çelik İçindeki Pay	Not
 Dünya Toplam	~400-430	~390-420	%~23	—
CN Çin	~200-220	~175-195	%-55 (pazar payı)	Altyapı odaklı
US Amerika (ABD)	~28-32	~30-34	%-7-8	İnşaat %30
EU Avrupa (AB-27)	~30-36	~28-34	%-8	ArcelorMittal lider
TR Türkiye	~14-18	~10-13	%-4-5	%42 ihracat payı

* Yapısal çelik: I-profil, H-profil, kirişler, kolonlar, açılar dahil uzun ürünlerin inşaat kullanımı. Küresel pazar değeri 2024'te ~116 Milyar USD. Rakamlar sektör raporları ve worldsteel uzun ürün verilerinden hesaplanmıştır.



HAMÇELİK

YAPISAL ÇELİK

HAFİF ÇELİK



3. HAFİF ÇELİK (LIGHT GAUGE STEEL / SOĞUK ŞEKİLLENDİRİLMİŞ ÇELİK) — ÜRETİM VE TÜKETİM (2024, MİLYON TON)

Bölge / Ülke	Üretim (Mt)	Tüketim (Mt)	Global Pay	Not
 Dünya Toplam	~38-42	~38	%100	Pazar: ~28-33 Milyar USD
CN Çin (Asya-Pasifik)	~15-18	~17	%-45	Modüler yapı odaklı
US Amerika (Kuzey Amerika)	~10-12	~11	%-29	%30 yeni konut
EU Avrupa	~8-10	~9,2	%-24	18 ülkede zorunlu
TR Türkiye	~1,0-1,5	~0,8-1,2	%-2-3	Büyüyen segment

* Hafif çelik: ≤3 mm et kalınlıklı soğuk şekillendirilmiş profiller (LGSF). ABD'de ClarkDietrich, Avrupa'da Hadley/Metek lider. Türkiye'de Arkitech öne çıkan oyuncu.



HAMÇELİK

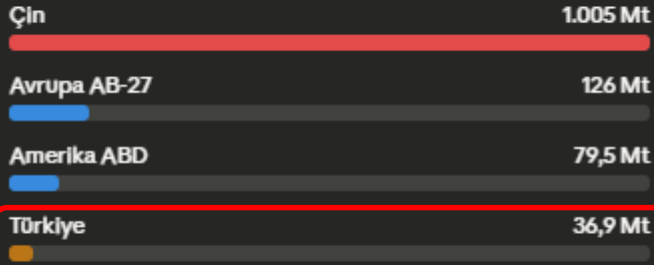
YAPISAL ÇELİK

HAFİF ÇELİK

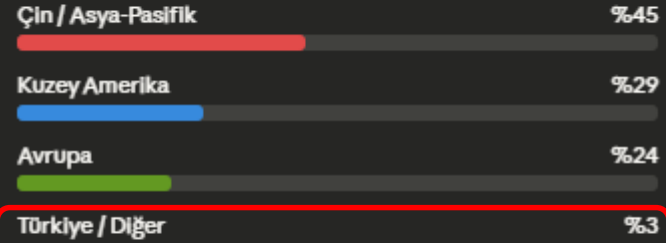


ÜRETİM KARŞILAŞTIRMASI — GÖRSEL ÖZET

Ham çelik üretimi (2024, Mt)



Hafif çelik tüketimi — global pay (2024)

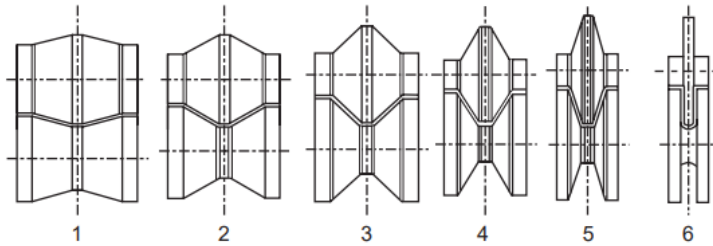
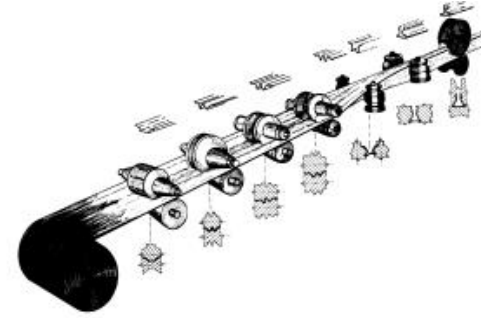
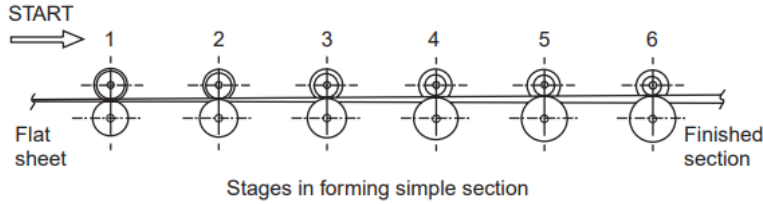


Kaynaklar: World Steel Association (worldsteel) — World Steel in Figures 2024 & 2025 | OECD Steel Outlook 2025 | Grand View Research Structural Steel Market | Emergen Research LGSF Market | BIR World Steel Recycling H1 2024 | USGS Mineral Commodity Summaries 2024

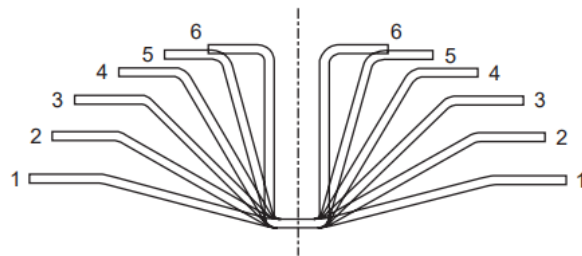
Not: Tüketim verileri "Apparent Steel Use (ASU)" metodolojisi ile hesaplanmıştır. Yapısal ve hafif çelik rakamları sektör raporlarından türetilen tahminlerdir.



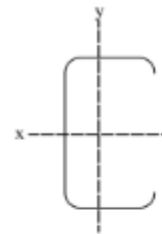
ÜRETİM



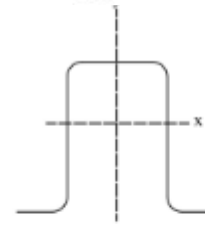
Roller shapes at each stage



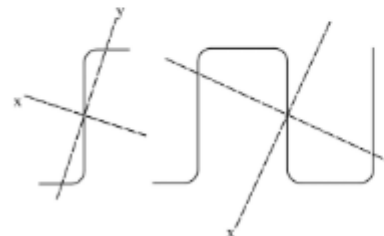
Profile at each stage



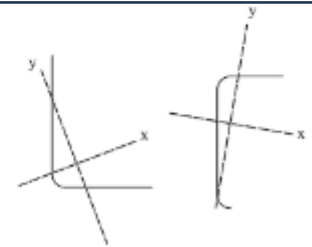
Tek Simetri Eksenli Kesitler



Çift Simetri Eksenli Kesitler

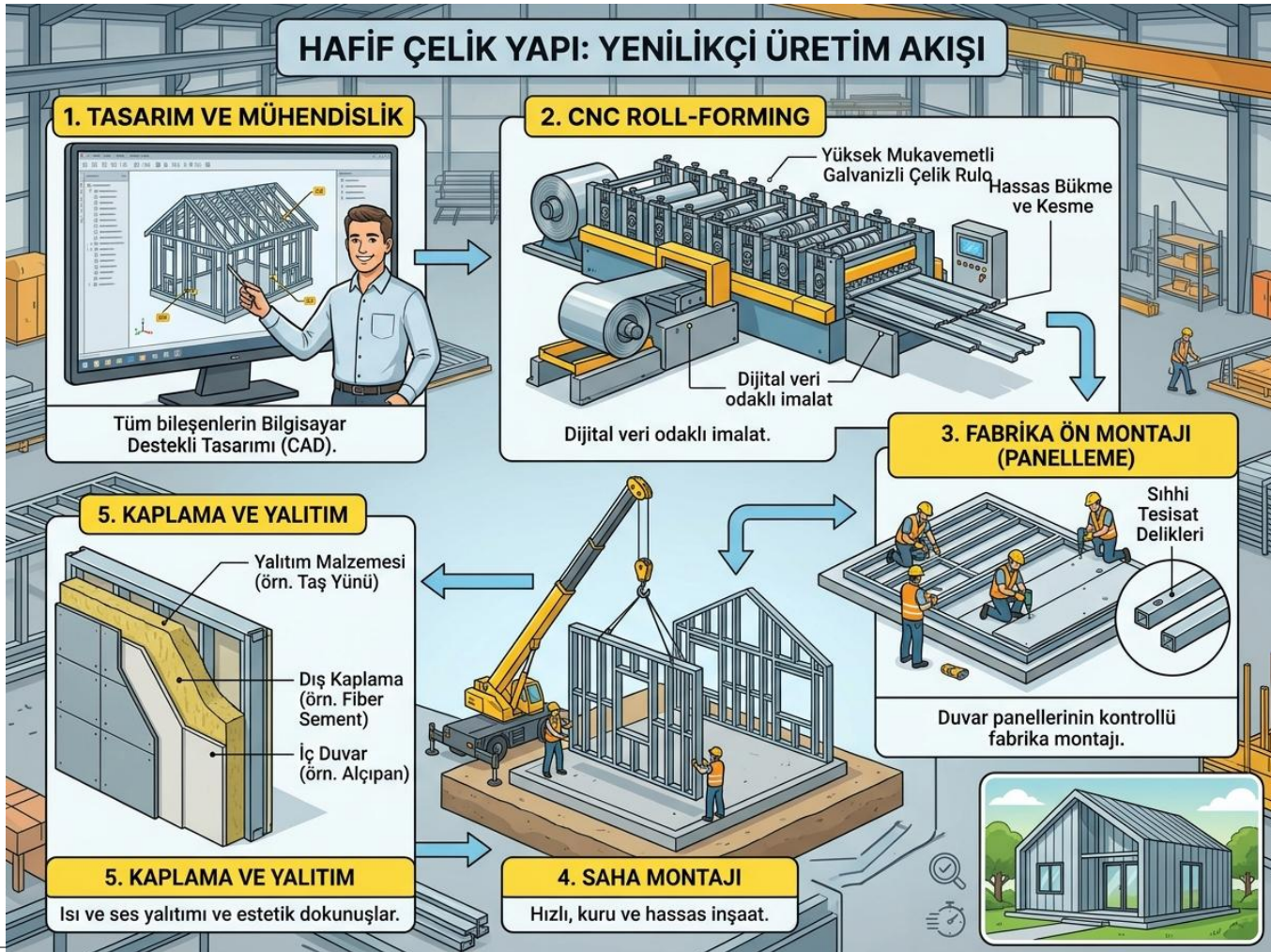


Nokta Simetri Eksenli Kesitler

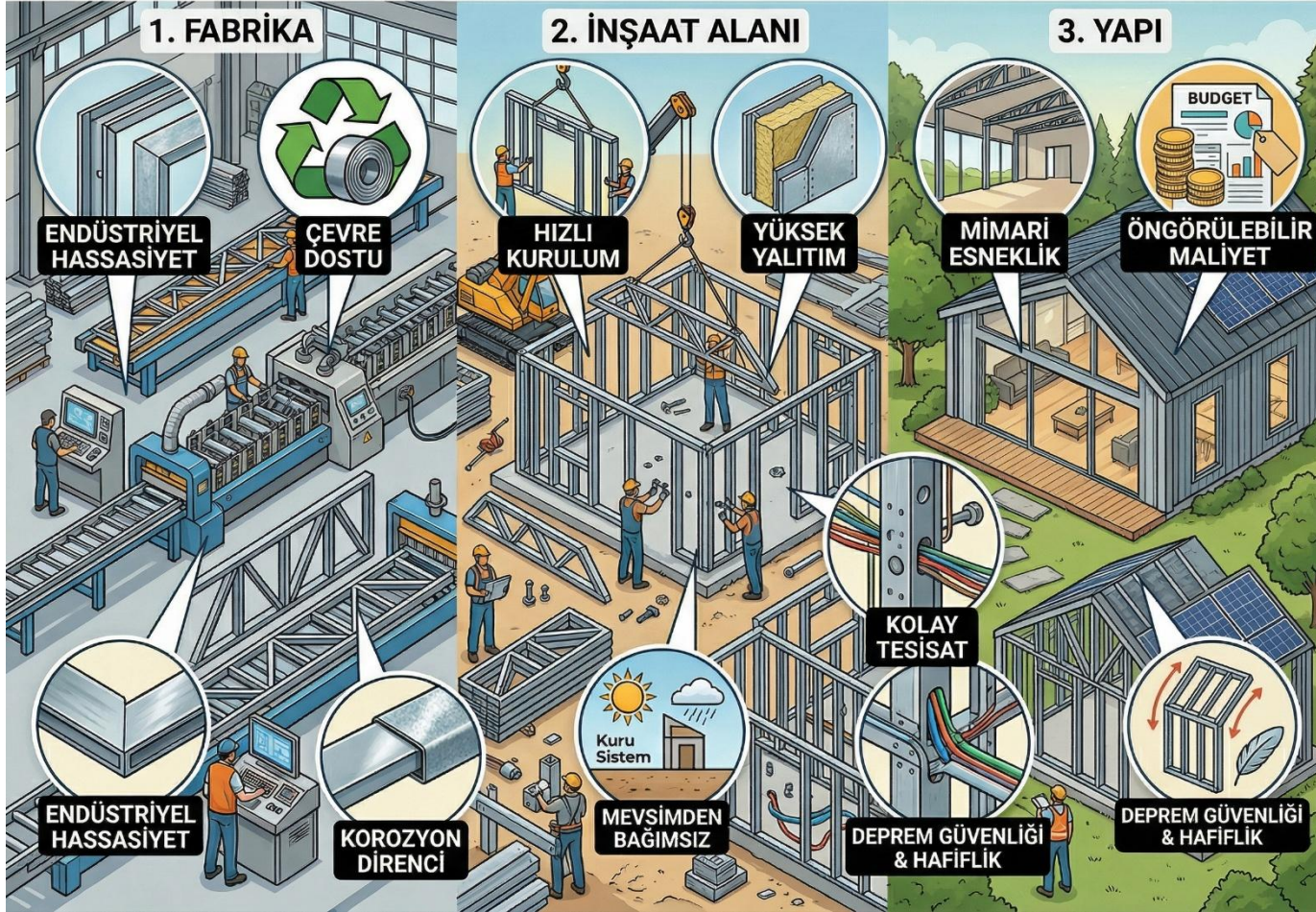


Simetri Eksensiz Kesitler

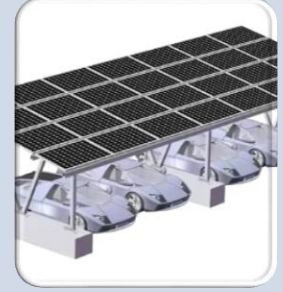




HAFİF ÇELİK: GELECEĞİN İNŞAAT TEKNOLOJİSİ



KULLANIM ALANLARI



KONUT YAPILARI

Taşıyıcı Duvar İskeletleri
Döşeme Kirişleri
Çatı Makasları ve Aşıklar
Merdiven Konstrüksiyonları
Modüler ve Prefabrik Konutlar

TİCARİ VE OFİS YAPILARI

İç Bölme Duvarları
Asma Tavan Taşıyıcıları
Küçük Ölçekli Tek Katlı Yapılar

ENDÜSTRİYEL YAPILAR

Depo ve Lojistik Bina Duvarları
Fabrika Bina Cephe ve Çatı
Soğuk Hava Deposu Duvarları
Mezanin Katlar ve Ara Platformlar
Z-Purlin Çatı Aşıkları

RAF & DEPOLAMA SİSTEMLERİ

Yük Rafı Depo Sistemleri
Orta Yük Rafı Sistemler
Mağaza & Perakende Raf Konstrüksiyonları
Arşiv & Kütüphane Raf Sistemleri
Soğuk Zincir & Gıda Depo Rafları

EĞİTİM & SAĞLIK YAPILARI

Okul & Üniversite Binaları
Hastane Ek Binaları ve Modüller
Spor Salonu & Tribün Yapıları

ALTYAPI & MÜHENDİSLİK

Köprü Koruyucu Geçiş Tünelleri
Otobüs Durağı & Otopark Yapıları
Sera ve Tarımsal Yapılar
Güneş Enerjisi Yapıları





AMERİKA

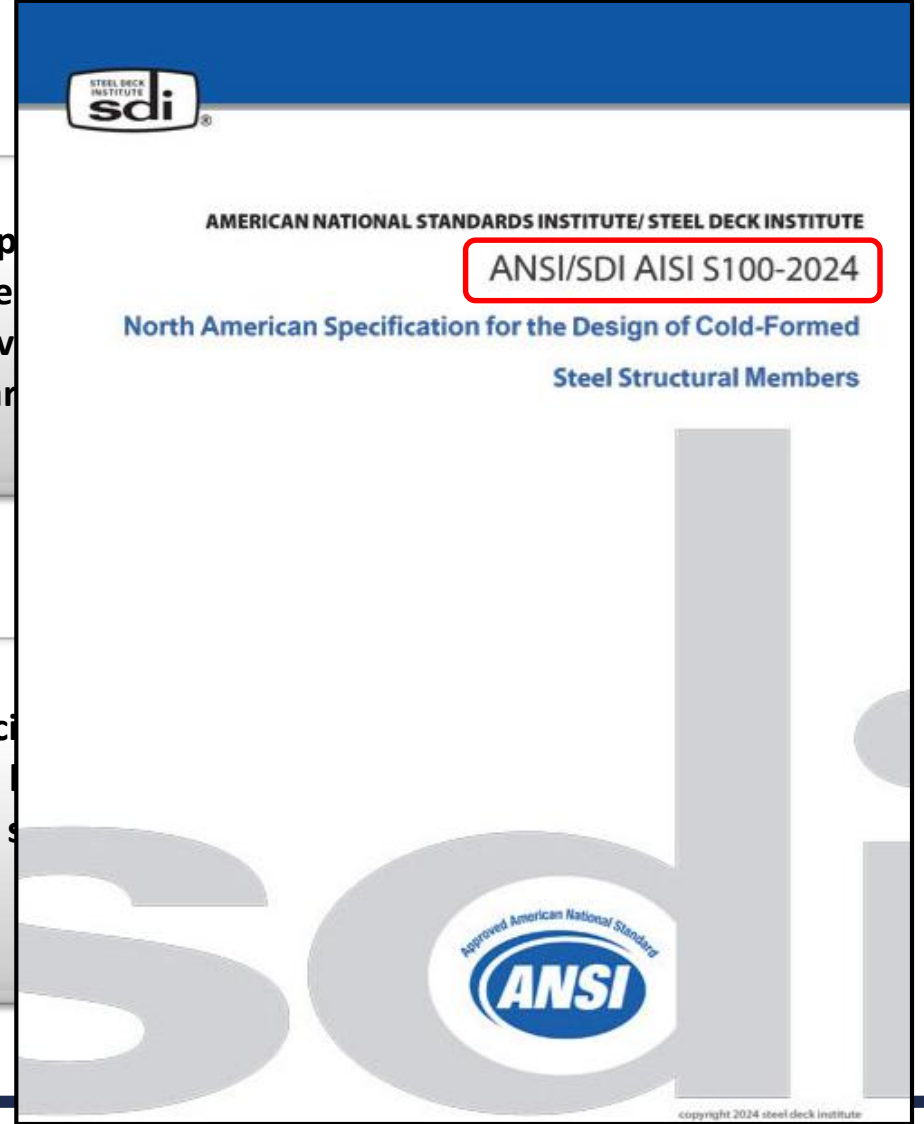
- AISI S100: Soğuk Bükümlü Çelik Yapılar Tasarım Standardı (2016 – 2024)
- AISI S220: Yapısal Olmayan Hafif Çelik Çerçeveleme Standardı (2020)
- AISI S240: Yapısal Hafif Çelik Çerçeveleme Kuzey Amerika Standardı (2020)
- AISI S400: Yapısal Hafif Çelik Yapıların Sismik Dizaynı (2020)
- IBC 2024



AVRUPA

- EN 1993-1-3: Soğuk bükümlü ince cidarlı elemanlar ve levhalar
- EN 1993-1-2: Yangına karşı tasarım kuralları
- EN 1090-2: İmalat ve montaj kalite standartları





GİRİŞ & İLGİLİ YÖNETMELİKLER



AMERİKA

- AISI S100
- AISI S220
- AISI S240
- AISI S400
- IBC 2024



AVRUPA

- EN 1993-1-3
- EN 1993-1-2
- EN 1090-2



İNGİLTERE

- SCI P402
- NHBC Standards



AVUSTRALYA

- AS 4100
- AS/NZS 4600



KANADA

- CSA S136
- NBCC



ÇİN

- GB 50018



GİRİŞ & İLGİLİ YÖNETMELİKLER



AMERİKA

- AISI S100
- AISI S220
- AISI S240
- AISI S400
- IBC 2024



AVRUPA

- EN 1993-1-3
- EN 1993-1-2
- EN 1090-2



İNGİLTERE

- SCI P402
- NHBC Standards



AVUSTRALYA

- AS 4100
- AS/NZS 4600



KANADA

- CSA S136
- NBCC



ÇİN

- GB 50018

HANGİ AŞAMADAYIZ?





1970-2000

TS 648 (1980)

TS11372 (1994)





1970-2000

2000-2016

TS 648 (1980)
TS11372 (1994)

TS EN 1993-1-3





1970-2000

2000-2016

2016-2018

TS 648 (1980)
TS11372 (1994)

TS EN 1993-1-3

ÇYTHYE-2016
(TS648 Yerine
Eurocode 3 ve AISI)

TBDY-2018
(Bölüm 9)





1970-2000

2000-2016

2016-2018

2024-2026

TS 648 (1980)
TS11372 (1994)

TS EN 1993-1-3

ÇYTHYE-2016
(TS648 Yerine
Eurocode 3 ve AISI)

TBDY-2018
(Bölüm 9)

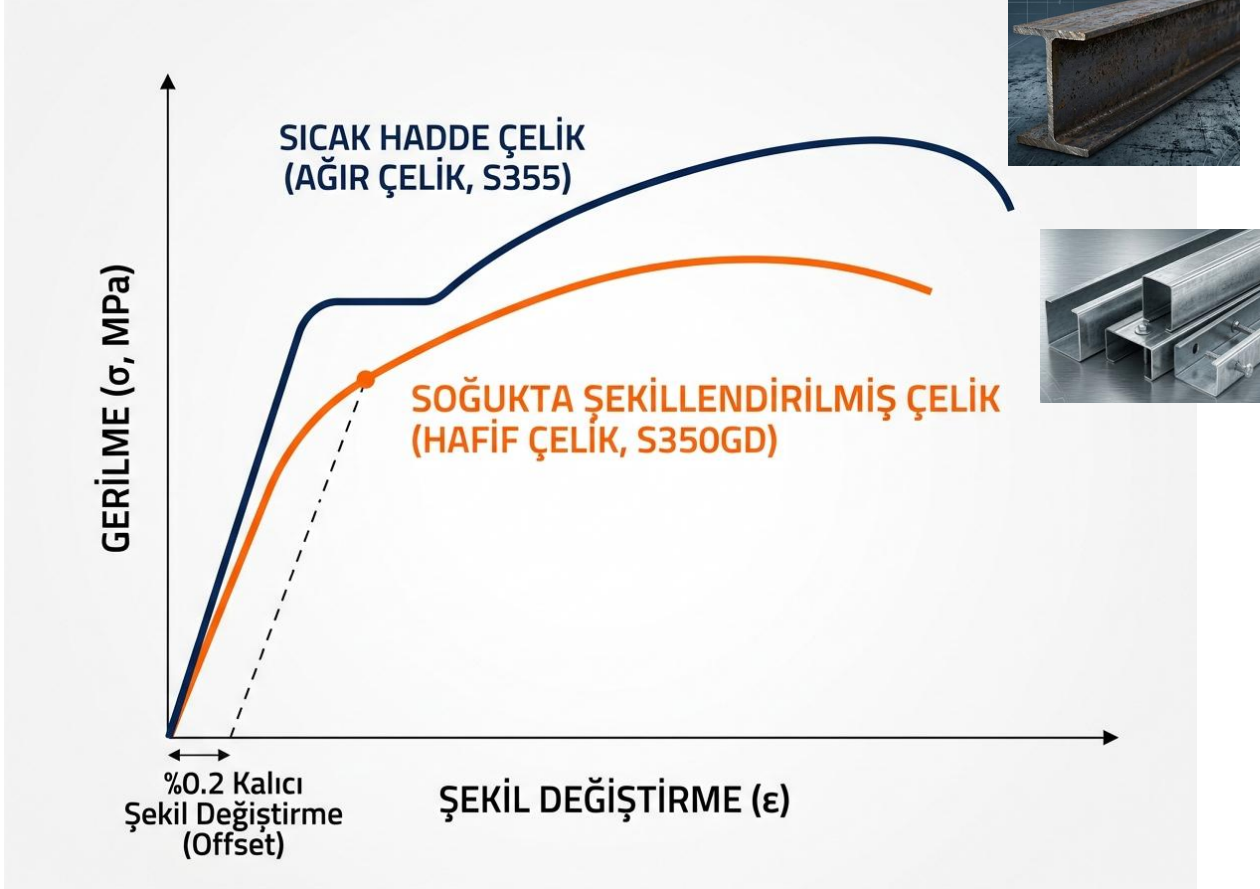
**HAFİF ÇELİK
BİNALARIN
TASARIMI İÇİN
ESASLAR 2026**
(Yürürlüğe Girmesi
Bekleniyor)



HAFİF ÇELİK PROFİLLER



NEDEN FARKLI BİR YÖNETMELİK İHTİYACIMIZ VAR? NEDEN SICAK HADDE (AĞIR) ÇELİK YÖNETMELİKLERİ **YETERSİZ**?



MALZEME

Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

**Yeni
Eklenen
Bilgiler**

2 MALZEME

Soğuk şekillendirilmiş çelik elemanların malzemesi, **TS EN 10346** ile tanımlanmış, et kalınlıkları **0.45 mm ile 4 mm** arasında değişen çelik yassı mamullerin şekillendirme makinelerinde bükülmesi ile elde edilen yapı malzemesidir.

Kullanılacak çelik sınıfları **Tablo 2.1**'de verilmiştir. **S220GD çelik sınıfı aşıklarda kullanılabilir**
DX5*D türü çelikler hafif çelik bina imalatında kullanılmayacaktır

Kullanılması gereken durumlarda sıcak haddelenmiş çelik, TS EN 10025 uyarınca belirlenmiş malzemelerden olacaktır.



MALZEME

Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

Table 1 — Chemical composition (cast analysis) of low carbon steels for cold forming

Designation			Chemical composition % by mass max.					
Steel grade		Symbols for the types of available coatings	C	Si	Mn	P	S	Ti ^a
Steel name	Steel number							
DX51D	1.0917	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	0,18	0,50	1,20	0,12	0,045	0,30
DX52D	1.0918	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS						
DX53D	1.0951	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS						
DX54D	1.0952	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS						
DX55D	1.0962	+AS						
DX56D	1.0963	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS						
DX57D	1.0853	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AS						

^a By agreement at the time of enquiry and order, the content of Ti for the steel grades mentioned in this Table may be lowered to < 0,05% which means that the steel grade is non alloyed.

EN 10346:2015
Tablo 1

KULLANILMASI
YASAKLANACAKTIR



MALZEME

Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

Tablo 2.1: Çelik sınıfları ve mekanik özellikler

Çelik Sınıfı	Akma Dayanımı (MPa)	Kopma Dayanımı (MPa)	Kopma Birim Uzama Oranı (%)
S250GD	250	330	19
S280GD	280	360	18
S320GD	320	390	17
S350GD	350	420	16

Kopma dayanımı 550 MPa ve üzerinde olan malzemelerde; kopma dayanımının akma dayanımına oranının en az 1.08 olması, kopma birim uzama oranının minimum %10 olması (bu durumda malzeme normal sünek malzeme olarak adlandırılır) gerekmektedir. Bu oranın %16 ve üzerinde olması durumunda ise yüksek sünek malzeme olarak kabul edilmesi gerekmektedir. Normal sünek malzemeler yalnızca aşıklar, cephe kuşakları ve taşıyıcı olmayan dikmelerde kullanılabilir. Bu koşulların tamamı deneysel olarak kontrol edilmelidir.



MALZEME

EN 10346:2015
Tablo 2

Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

Table 2 — Chemical composition (cast analysis) of steels for construction

Designation			Chemical composition % by mass max.				
Steel grade		Symbols for the types of available coatings	C	Si	Mn	P	S
Steel name	Steel number						
S220GD	1.0241	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ					
S250GD	1.0242	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS					
S280GD	1.0244	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS					
S320GD	1.0250	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS					
S350GD	1.0529	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	0,20	0,60	1,70	0,10	0,045
S390GD	1.0238	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ					
S420GD	1.0239	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ					
S450GD	1.0233	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ					
S550GD	1.0531	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ					

By agreement at the time of enquiry and order, if other chemical elements are added, they shall be mentioned on the inspection document which may need a change of classification.

**TASLAK
YÖNETMELİKTE
İZİN VERİLEN
MALZEME
SINIFLARI**



MALZEME

EN 10346:2015
Tablo 2

Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

Table 2 — Chemical composition (cast analysis) of steels for construction

Designation			Chemical composition % by mass max.				
Steel grade		Symbols for the types of available coatings	C	Si	Mn	P	S
Steel name	Steel number						
S220GD	1.0241	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ					
S250GD	1.0242	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS					
S280GD	1.0244	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS					
S320GD	1.0250	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS					
S350GD	1.0529	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ,+AS	0,20	0,60	1,70	0,10	0,045
S390GD	1.0238	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ					
S420GD	1.0239	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ					
S450GD	1.0233	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ					
S550GD	1.0531	+Z,+ZF,+ZA,+ZM,+AZ					

By agreement at the time of enquiry and order, if other chemical elements are added, they shall be mentioned on the inspection document which may need a change of classification.

**TASLAK
YÖNETMELİKTE
İZİN VERİLEN
MALZEME
SINIFLARI**

**PROJE
MALİYETLERİNDE
ARTIŞ**

**KULLANILMASI
YASAKLANACAKTIR** SONUCUNDA **BİNA DIŞINDA Kİ YAPILARDA KULLANILAN HAFİF ÇELİK
PROJELERİNİN DENETLENMESİNDE KULLANILMASI
DURUMUNDA KESİTLERİN ARTIŞI ZORUNLU KILINACAK**



MALZEME

Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

Taslak
Yönetmelikte

f_{ya} (Ortalama Akma Gerilmesi Kavramı)

Eksiklik

$$f_{ya} = f_{yb} + (f_u - f_{yb}) \frac{kn t^2}{A_g} \quad \text{but} \quad f_{ya} \leq \frac{(f_u + f_{yb})}{2}$$

... (3.1) **TS EN 1993 1-3**

(5) The average yield strength f_{ya} may be utilised in determining:

- the cross-section resistance of an axially loaded tension member;

EKSENEL YÜKLÜ BİR ÇEKME ÇUBUĞUNUN (ÇEMKE ELEMANNININ) KESİT MUKAVEMETİ DAYANIMI

- the cross-section resistance and the buckling resistance of an axially loaded compression member with a **TAM ETKİLİ (FULLY EFFECTIVE) BİR KESİTE SAHİP, EKSENEL YÜKLÜ BİR BASINÇ ÇUBUĞUNUN KESİT MUKAVEMETİ VE** fully effective cross-section;

BURKULMA MUKAVEMETİ (ÖZELLİKLE BOY DOĞRULTUSUNDA DELİKSİZ BİR KESİTTEN BAHSEDİLİYOR)

- the moment resistance of a cross-section with fully effective flanges.

FLANŞLARI (BAŞLIKLARI) TAM ETKİLİ OLAN BİR KESİTİN MOMENT MUKAVEMETİ

YEREL BURKULMA İHTİMALİ DÜŞÜK KESİT



MALZEME

Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

**Taslak
Yönetmelikte**

f_{ya} (Ortalama Akma Gerilmesi Kavramı)

Eksiklik

$$f_{ya} = f_{yb} + (f_u - f_{yb}) \frac{kn t^2}{A_g} \quad \text{but} \quad f_{ya} \leq \frac{(f_u + f_{yb})}{2} \quad \dots (3.1)$$

TS EN 1993 1-3

(5) The average yield strength f_{ya} may be utilised in determining:

- the cross-section resistance of an axially loaded tension member;

EKSENEL YÜKLÜ BİR ÇEKME ÇUBUĞUNUN (ÇEMKE ELEMANNININ) KESİT MUKAVEMETİ DAYANIMI

- the cross-section resistance and the buckling resistance of an axially loaded compression member with a **TAM ETKİLİ (FULLY EFFECTIVE) BİR KESİTE SAHİP, EKSENEL YÜKLÜ BİR BASINÇ ÇUBUĞUNUN KESİT MUKAVEMETİ VE fully effective cross-section;**

BURKULMA MUKAVEMETİ (ÖZELLİKLE BOY DOĞRULTUSUNDA DELİKSİZ BİR KESİTTEN BAHSEDİLİYOR)

- the moment resistance of a cross-section with fully effective flanges.

FLANŞLARI (BAŞLIKLARI) TAM ETKİLİ OLAN BİR KESİTİN MOMENT MUKAVEMETİ

**BU KAVRAM AISI S100:2024
(ABD) YÖNETMELİĞİNDE**

Dikkat : f_{ya} kavramında EUROCODE formülü Türkiye deki malzeme sınıflandırmasına daha uygundur!!!

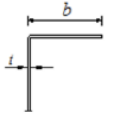
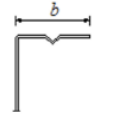
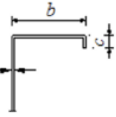
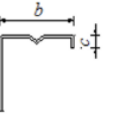
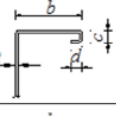
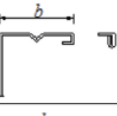
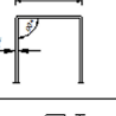
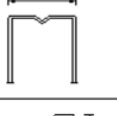


(3) Computed in accordance with Eq. A3.3.2-1:

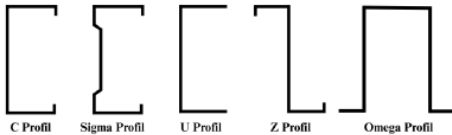
$$F_{ya} = CF_{yc} + (1 - C) F_{yf} \leq F_{uv} \quad (\text{Eq. A3.3.2-1})$$



KESİT

Tablo 3.1: Enkesit Koşulları

ENKESİT ÖZELLİKLERİ		Sınır Değerler
		$b/t < 50$
		$b/t < 60$ $c/t < 50$
		$b/t < 90$ $c/t < 60$ $d/t < 50$
		$b/t < 500$
		$h_1/t < 500 \cdot \sin(\phi)$ $45 < \phi < 90$



Şekil 3.1: Profil çeşitleri

Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

Tablo 3.1'de verilen koşulların yanında, kenar rijitleştiricilerin etkin katkısının sağlanması için aşağıdaki koşullara da uyulacaktır.

$$0.20 \leq c/b \leq 0.60$$

$$0.10 \leq d/b \leq 0.30$$

$c/b < 0.20$ veya $d/b < 0.10$ olması durumunda kenar rijitleştiricilerin katkısı gözardı edilecektir ($c = 0$ veya $d = 0$ olarak alınacaktır).

$c/b > 0.60$ veya $d/b > 0.30$ olması durumunda etkin enkesit özellikleri Bölüm 4.9 ve Bölüm 4.10 uyarınca hesaplanacak ve Bölüm 1.4 uyarınca deneyle doğrulanacaktır.

Profillerin iç büküm yarıçapları $r_p < 5t$ ve $r_p < 0.1b$ olması durumunda, bunların enkesit özelliklerine etkisi, $r_p = 0$ alınarak gözardı edilecektir.

Profillerin minimum başlık genişliği aşağıdaki sınır değerleri sağlayacaktır.

(a) C ve/veya Σ profillere bağlanacak kaplamaların vidalanabilmesini sağlamak için başlık genişliği minimum 30 mm olacaktır (Şekil 3.1).



(b) U profillerde başlık genişliği minimum 20 mm olacaktır (Şekil 3.1).

TBDY 2018 BÖLÜM 9 DA DEĞİNİLMİŞTİ!

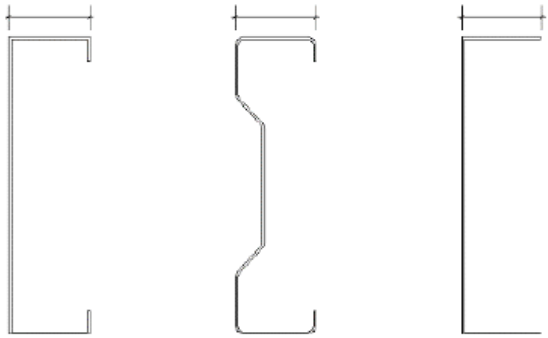


KESİT

Tablo 3.1: Enkesit Koşulları

ENKESİT ÖZELLİKLERİ		Sınır Değerler
		

min. 30 mm min. 30 mm min. 20 mm

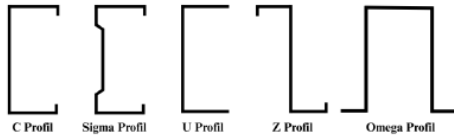


C Profil

Sigma Profil

U Profil

Şekil 10.3



C Profil

Sigma Profil

U Profil

Z Profil

Omega Profil

Şekil 3.1: Profil çeşitleri

Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

Tablo 3.1'de verilen koşulların yanında, kenar rijitleştiricilerin etkin katkısının sağlanması için aşağıdaki koşullara da uyulacaktır.

$$0.20 \leq c/b \leq 0.60$$

$$0.10 \leq d/b \leq 0.30$$

$c/b < 0.20$ veya $d/b < 0.10$ olması durumunda kenar rijitleştiricilerin katkısı gözardı edilecektir ($c = 0$ veya $d = 0$ olarak alınacaktır).

$c/b > 0.60$ veya $d/b > 0.30$ olması durumunda etkin enkesit özellikleri Bölüm 4.9 ve Bölüm 4.10 uyarınca hesaplanacak ve Bölüm 1.4 uyarınca deneyle doğrulanacaktır.

Profillerin iç büküm yarıçapları $r_p < 5t$ ve $r_p < 0.1b$ olması durumunda, bunların enkesit özelliklerine etkisi, $r_p = 0$ alınarak gözardı edilecektir.

Profillerin minimum başlık genişliği aşağıdaki sınır değerleri sağlayacaktır.

(a) C ve/veya Σ profillere bağlanacak kaplamaların vidalanabilmesini sağlamak için başlık genişliği minimum 30 mm olacaktır (Şekil 3.1).

(b) U profillerde başlık genişliği minimum 20 mm olacaktır (Şekil 3.1).

TBDY 2018 BÖLÜM 9 DA DEĞİNİLMİŞTİ!



KESİT

Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

TASARIM METODOLOJİSİ ÖNCESİNDE
KESİTLERİN İNCELENMESİ

Taslak
Yönetmelikte
Eksiklik

HANGİ
YÖNTEMİ
KONTROLLÜ
KULLANABİLİRİZ?

AISI S100:2024

Table B4.1-1
Limits of Applicability for Member Design by
the Effective Width Method and the Direct Strength Method

Criteria	Limiting Variables ^a	Effective Width Method ^b	Direct Strength Method ^c
Stiffened element in compression	w/t^d	≤ 500	≤ 500
Edge-stiffened element in compression	b/t	≤ 90 for $I_s \geq I_a$ ≤ 60 for $I_s < I_a$	≤ 160
Unstiffened element in compression	d/t^d	≤ 60	≤ 60
Stiffened element in bending (e.g. a web)	h/t	≤ 300	≤ 300
Inside bend radius	R/t	$\leq 10^e$	≤ 20
Simple edge stiffener length/width ratio	d_o/b_o	≤ 0.7	≤ 0.7
Edge stiffener type		Simple lip only	Simple and complex
Maximum number of intermediate stiffeners in w	n_f	4	4
Maximum number of intermediate stiffeners in b	n_{fe}	2	2
Maximum number of intermediate stiffeners in h	n_w	0	4
Nominal yield stress	F_y	≤ 80 ksi (552 MPa) ^f	≤ 95 ksi (655 MPa) ^f

TABLO
AMERİKA DA
GERÇEKLEŞTİRİLEN
DENEY
SONUÇLARINA
GÖRE BELİRLENMİŞ
FORMÜLLER İÇİN
GEÇERLİ!!!

KULLANILACAK
KESİTİN UYGUNLUK
KONTROLÜ
AMERİKA DAKİ
DENEY
NUMUNELERİNE
BENZERLİĞİNİ
ÖLÇÜYOR



KESİT

Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

TASARIM METODOLOJİSİ ÖNCESİNDE
KESİTLERİN İNCELENMESİ

AISI S100:2024

Table B4.1-1
Limits of Applicability for Member Design by
the Effective Width Method and the Direct Strength Method

Criteria	Limiting Variables ^a	Effective Width Method ^b	Direct Strength Method ^c
Stiffened element in compression	w/t^d	≤ 500	≤ 500
Edge-stiffened element in compression	b/t	≤ 90 for $I_s \geq I_a$ ≤ 60 for $I_s < I_a$	≤ 160
Unstiffened element in compression			
Stiffened element (e.g. a web)			
Inside bend radius			
Simple edge stiffener length/width			
Edge stiffener			
Maximum number of intermediate stiffeners			
Maximum number of intermediate stiffeners			
Maximum number of intermediate stiffeners			
Nominal yield stress		$\geq 50 \text{ ksi (345 MPa)}$	$\geq 50 \text{ ksi (345 MPa)}$

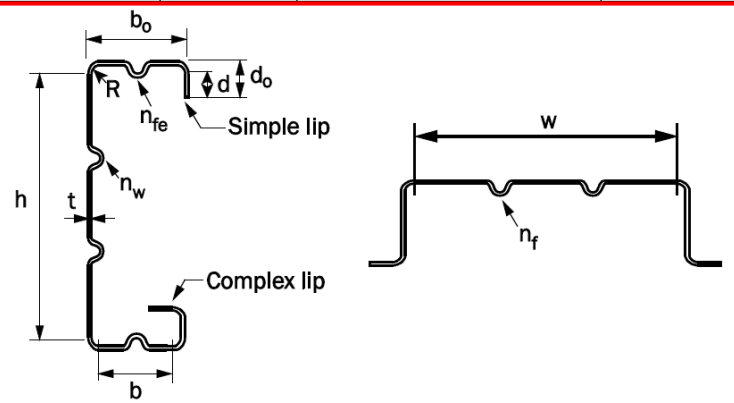


Figure B4.1-1 Illustration of Variables in Table B4.1-1

(Note: The figures are only illustrations of many possible shapes.)

**TABLO
AMERİKA DA
GERÇEKLEŞTİRİLEN
DENEY
SONUÇLARINA
GÖRE BELİRLENMİŞ
FORMÜLLER İÇİN
GEÇERLİ!!!**

**KULLANILACAK
KESİT, AMERİKA
DAKİ DENEY
NUMUNELERİNE
BENZERLİĞİNİN
ÖLÇÜSÜ**

**Taslak
Yönetmelikte
Eksiklik**

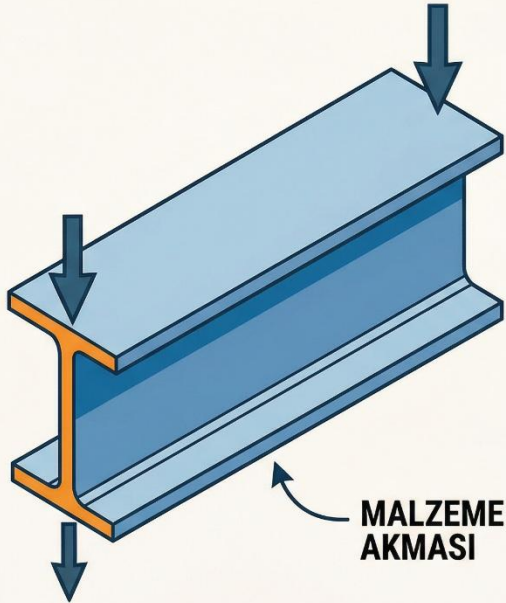
**HANGİ
YÖNTEMİ
KONTROLLÜ
KULLANABİLİRİZ?**



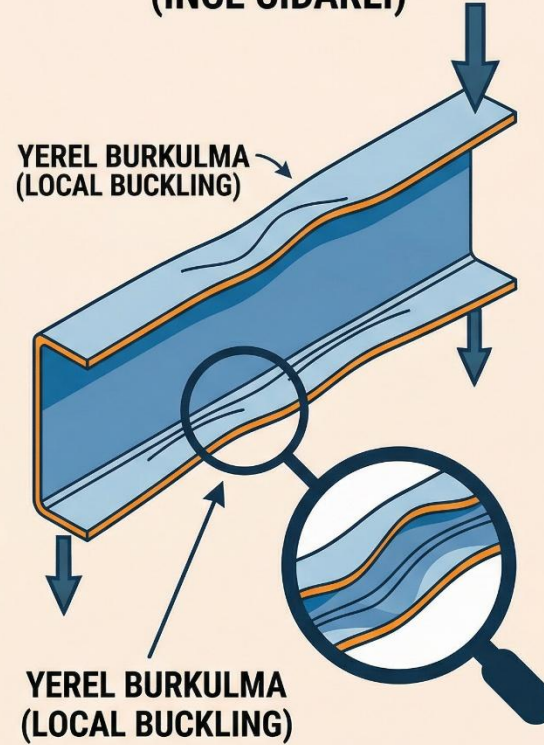
NEDEN FARKLI BİR YÖNETMELİK İHTİYACIMIZ VAR? NEDEN SICAK HADDE (AĞIR) ÇELİK YÖNETMELİKLERİ **YETERSİZ?**

SORUMUZA
GERİ
DÖNELİM

SICAK HADDE (AĞIR) ÇELİK

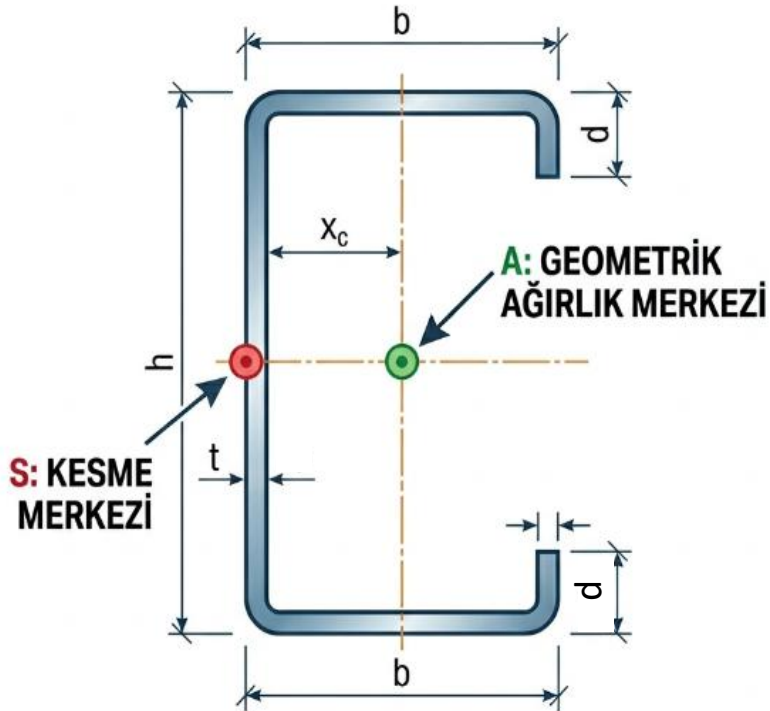


HAFİF ÇELİK
(İNCE CİDARLI)



KESİT ANALİZİ

HAFİF ÇELİK C-KESİTİNDE MERKEZLERİN KONUMU



ANA PROBLEM

KESİT ANALİZİNDE GEREKLİ KONTROLLER

- 1 – AKMA
- 2 – GENEL BURKULMA
EĞİLMELİ BURKULMA
BURULMALI BURKULMA
EĞİLMELİ-BURULMALI BURKULMA
- 3 – DİSTORSİYONEL BURKULMA
- 4 – YEREL BURKULMA

Taslak

Yönetmelikte Bahsediliyor



KESİT ANALİZİ

ANA PROBLEM

TASARIM YÖNTEMLERİ

KESİT ANALİZİNDE GEREKLİ KONTROLLER

- 1 – AKMA
- 2 – GENEL BURKULMA
EĞİLMELİ BURKULMA
BURULMALI BURKULMA
EĞİLMELİ-BURULMALI BURKULMA
- 3 – DİSTORSİYONEL BURKULMA
- 4 – YEREL BURKULMA

Mevcut soğuk şekillendirilmiş çelik tasarım spesifikasyonlarında, örneğin Kuzey Amerika'da, soğuk şekillendirilmiş çelik elemanlar için iki temel tasarım yöntemi mevcuttur:
Etkili Genişlik Yöntemi (*EWM*) ve Doğrudan Mukavemet Yöntemi (*DSM*)

1.2.2 Hafif Çelik Elemanların Tasarım Metodolojisi

Hafif çelik elemanların tasarımı için iki temel yöntem kullanılmaktadır:

- (1) Etkin Genişlik Metodu (EGM)
- (2) Doğrudan Dayanım Metodu (DDM)

*Taslak
Yönetmelikte
Bahsediliyor*



KESİT ANALİZİ

TASARIM YÖNTEMLERİ

ETKİN GENİŞLİK METODU

Eleman bazlı bir yaklaşım kullanır.

Ampirik formüllere dayanır.

Daha fazla iş gücü gerektirir.

Geleneksel kesitler için uygundur.

Muhafazakar (Garanti tarafta) olabilir.

Eski standartlarda yer alır.

DOĞRUDAN DAYANIM METODU

Eleman bütünlüğü bazlı bir yaklaşım kullanır.

Elastik burkulma gerilmelerini kullanır.

Hesaplama açısından verimli ve hızlıdır.

Daha çok yönlüdür: Berkitmeli (stiffener), delikli veya düzensiz şekilli karmaşık enkesitleri kolayca işleyebilir.

Genellikle daha doğrudur.

Modern standartlarda yer alır.



KESİT ANALİZİ

TASARIM YÖNTEMLERİ

ETKİN GENİŞLİK METODU

Eleman bazlı bir yaklaşım kullanır.

Ampirik formüllere dayanır.

Daha fazla iş

Geleneksel k

Muhafazakar (G

Eski standartlarda yer alır.

**ETKİN ALAN HESABI
ÜZERİNE
YOĞUNLAŞIRKEN**

DOĞRUDAN DAYANIM METODU

Eleman bütünlüğü bazlı bir yaklaşım kullanır.

Elastik burkulma gerilmelerini kullanır.

Hesapla

Daha ç (örneğin), delikli veya düz (örneğin) kolayca işleyebilir.

Genellikle daha doğrudur.

Modern standartlarda yer alır.

**BÜTÜNSEL
KAPASİTE HESABI
ÜZERİNE
KURULUDUR**



KESİT ANALİZİ

ANA PROBLEMLER

KESİT ANALİZİNDE GEREKLİ

1 – AKMA

2 – GENEL BURKULMA

EĞİLMELİ BURKULMA

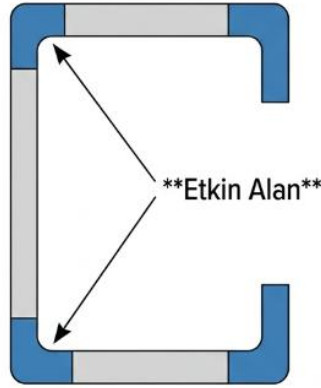
BURULMALI BURKULMA

EĞİLMELİ-BURKULMA

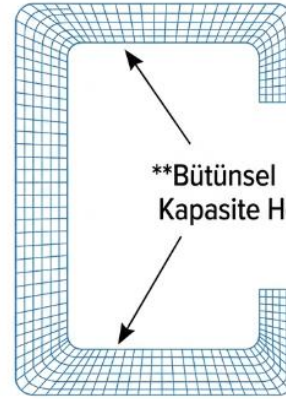
3 – DİSTORSİYONEL BURKULMA

4 – YEREL BURKULMA

ETKİN GENİŞLİK METODU (EGM)



DOĞRUDAN DAYANIM METODU (DDM)



YÖNTEMLERİ

İllendirilmiş çelik
yonlarında, örneğin

miş çelik elemanlar
ım yöntemi

temi (EWM) ve

Doğrudan Mukavemet Yöntemi (DSM)

1.2.2 Hafif Çelik Elemanların Tasarım Metodolojisi

Hafif çelik elemanların tasarımı için iki temel yöntem kullanılmaktadır:

(1) Etkin Genişlik Metodu (EGM)

(2) Doğrudan Dayanım Metodu (DDM)

*Taslak
Yönetmelikte
Bahsediliyor*



KESİT ANALİZİ

TASARIM YÖNTEMLERİ

DOĞRUDAN DAYANIM METODU

Doğrudan Dayanım Metodu'nun uygulanma adımları aşağıdaki gibidir:

- Elastik Burkulma Yükünün Hesaplanması: Genel, distorsiyonel ve yerel burkulma türleri için hesaplamalar yapılır.
- Göçme Dayanımının Belirlenmesi: Elastik burkulma, elastik olmayan burkulma ve akma durumu karşılaştırılarak kritik yük belirlenir.
- Kontrol eden Limit Durumun Belirlenmesi: **Bölüm 4 – YAPISAL ELEMANLARIN TASARIM ESASLARI** bölümünde belirtilen hesaplamalar sonucunda, en düşük dayanımı veren burkulma modu belirlenerek tasarımda dikkate alınır.
- Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) Kullanılarak Tasarımın Yapılması: Belirlenen kritik göçme moduna göre dayanım faktörleri uygulanarak güvenli tasarım gerçekleştirilir.

Bu süreç, hafif çelik elemanların tasarımında doğrudan ve hesaplama açısından sistematik bir yaklaşımın kullanılmasını gerektirmektedir.

Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

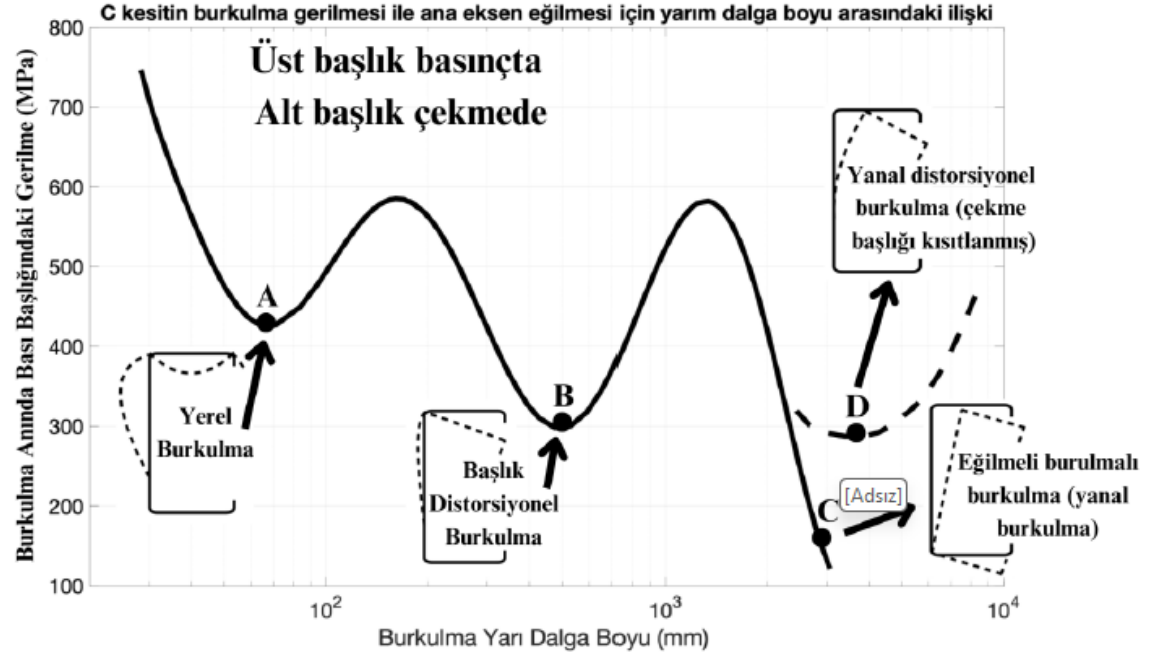


KESİT ANALİZİ

ANA PROBLEM

KESİT ANALİZİNDE GEREKLİ KONTROLLER

- 1 – AKMA
- 2 – GENEL BURKULMA
EĞİLMELİ BURKULMA
BURULMALI BURKULMA
EĞİLMELİ-BURULMALI BURKULMA
- 3 – DİSTORSİYONEL BURKULMA
- 4 – YEREL BURKULMA

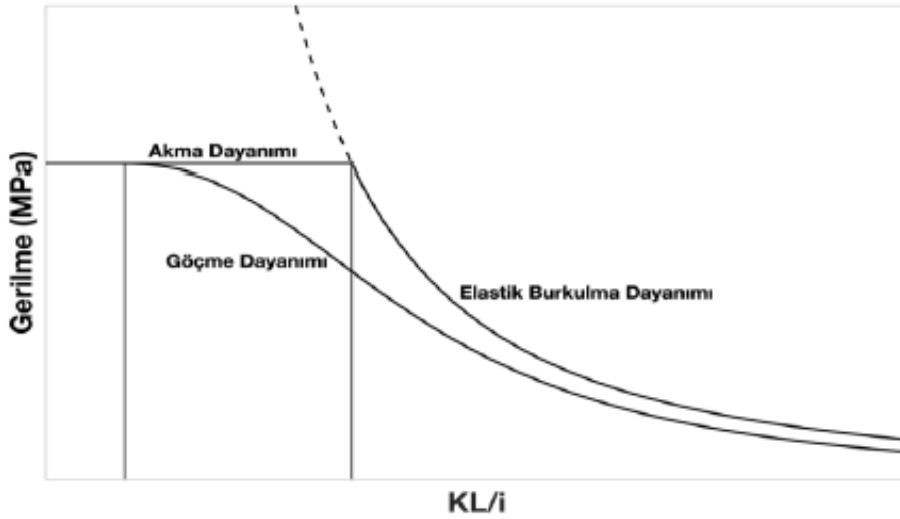


Şekil 1.1: Gerilme-burkulma yarı dalga boyu arasındaki ilişki

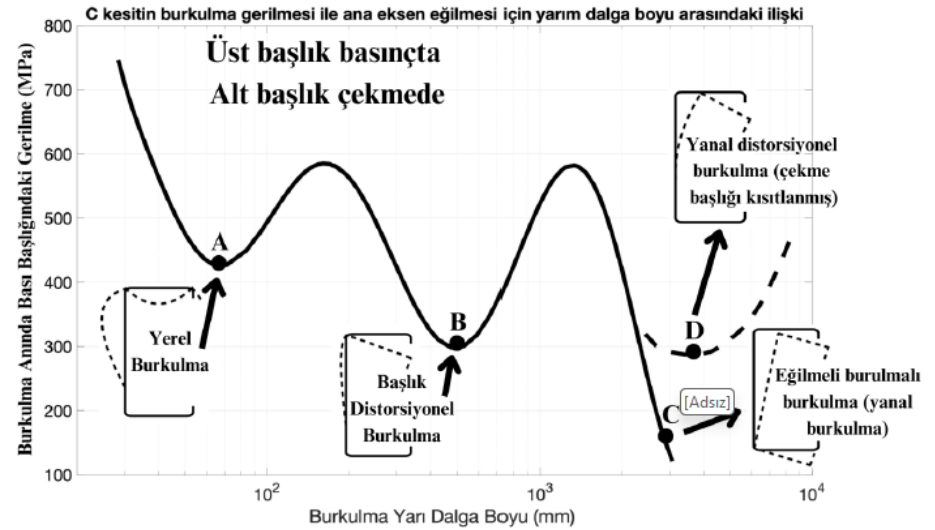
Taslak Yönetmelikte Bahsediliyor



KESİT ANALİZİ



Şekil 1.2: Gerilme ve narinlik oranı arasındaki ilişki

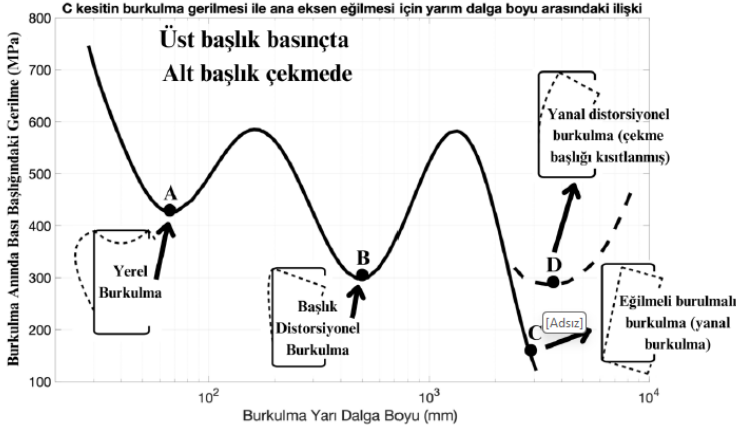


Şekil 1.1: Gerilme-burkulma yarı dalga boyu arasındaki ilişki

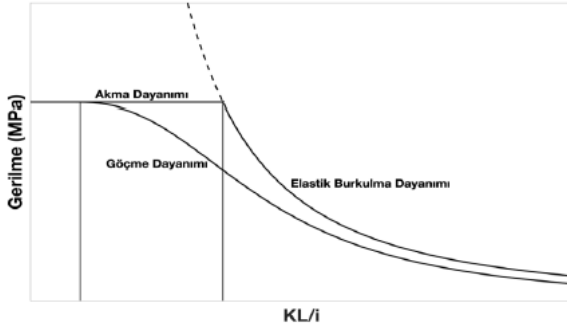
Taslak Yönetmelikte Bahsediliyor



KESİT ANALİZİ



Sekil 1.1: Gerilme-burkulma yarı dalga bovu arasındaki ilişki



Şekil 1.2: Gerilme ve narinlik oranı arasındaki ilişki

Bu eğri, hafif çelik elemanların akma dayanımı, elastik burkulma dayanımı ve göçme dayanımı arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır.

- Düşük narinlik oranına sahip eleman, burkulmadan önce akma dayanımına ulaşmakta ve bu bölgede malzeme kapasitesi belirleyici olmaktadır.
- Narinlik oranı arttıkça, burkulma etkisi baskın hale gelmekte ve elemanın yük taşıma
- Göçme dayanımı, elemanın elastik olmayan burkulmaya maruz kaldığı bölgeyi ifade etmekte ve bu noktadan sonra taşıma kapasitesi hızla düşmektedir.
- Daha yüksek narinlik değerlerinde dayanım, elastik burkulma dayanımı tarafından belirlenmektedir.



KESİT ANALİZİ

ANA PROBLEM

KESİT ANALİZİNDE GEREKLİ KONTROLLER

- 1 – AKMA
- 2 – GENEL BURKULMA
EĞİLMELİ BURKULMA
BURULMALI BURKULMA
EĞİLMELİ-BURULMALI

BURKULMA

- 3 – DİSTORSİYONEL BURKULMA
- 4 – YEREL BURKULMA

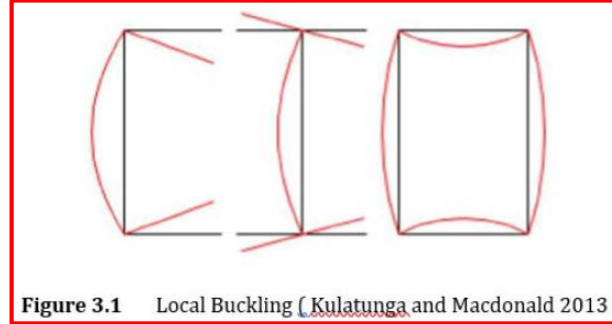
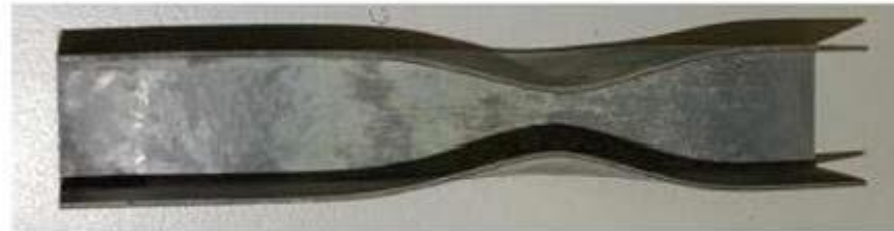


Figure 3.1 Local Buckling (Kulanunga and Macdonald 2013)

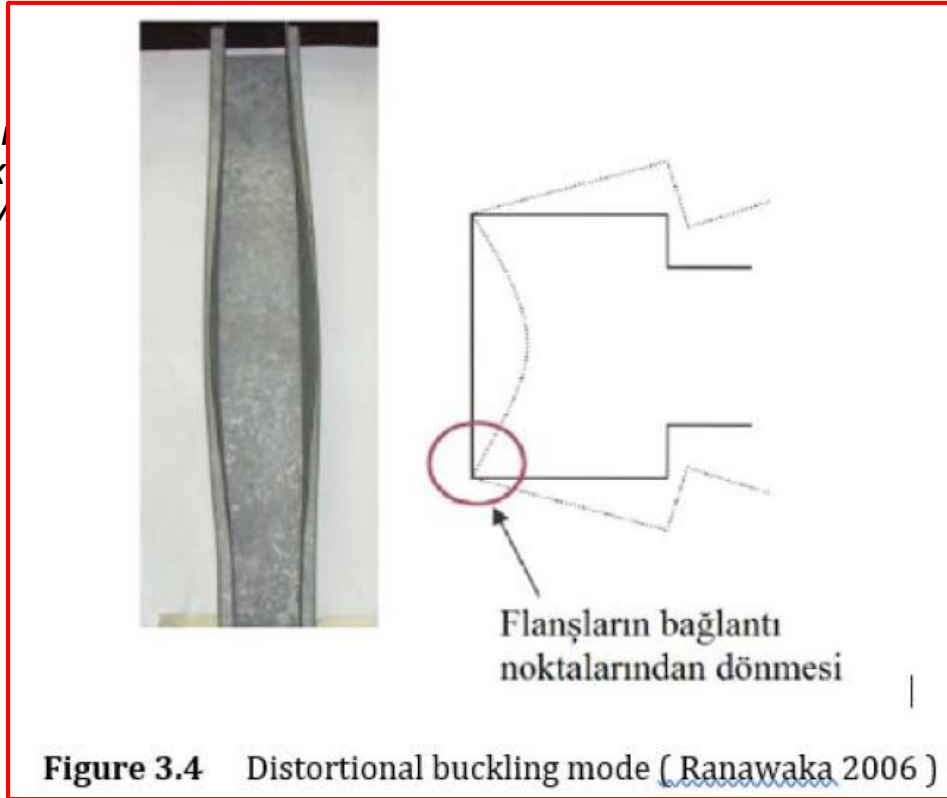


KESİT ANALİZİ

ANA PROBLEM

KESİT ANALİZİNDE GEREKLİ KONTROLLER

- 1 – AKMA
- 2 – GENEL BURKULMA
EĞİLMELİ BURKULMA
BURULMALI BURKULMA
EĞİLMELİ-BURULMALI BURKULMA
- 3 – DİSTORSİYONEL BURKULMA
- 4 – YEREL BURKULMA

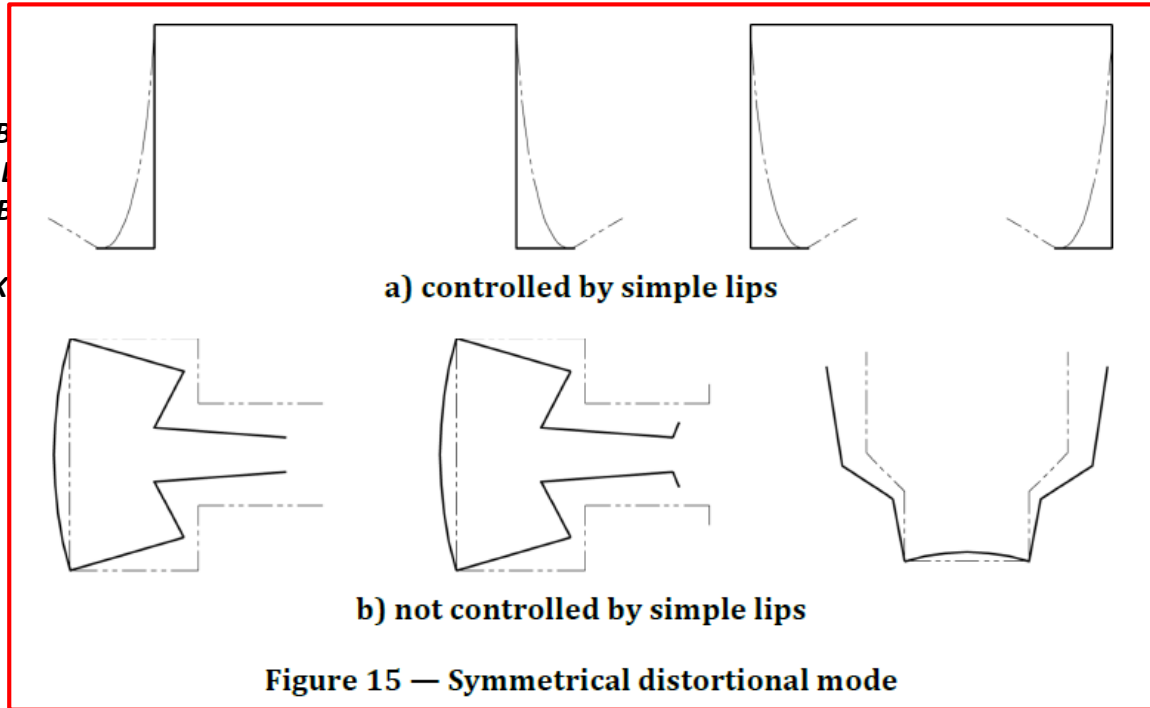


KESİT ANALİZİ

ANA PROBLEM

KESİT ANALİZİNDE GEREKLİ KONTROLLER

- 1 – AKMA
- 2 – GENEL BURKULMA
EĞİLMELİ BURKULMA
BURULMA
EĞİLMELİ-BURKULMA
- 3 – DİSTORSİYONEL BURKULMA
- 4 – YEREL BURKULMA

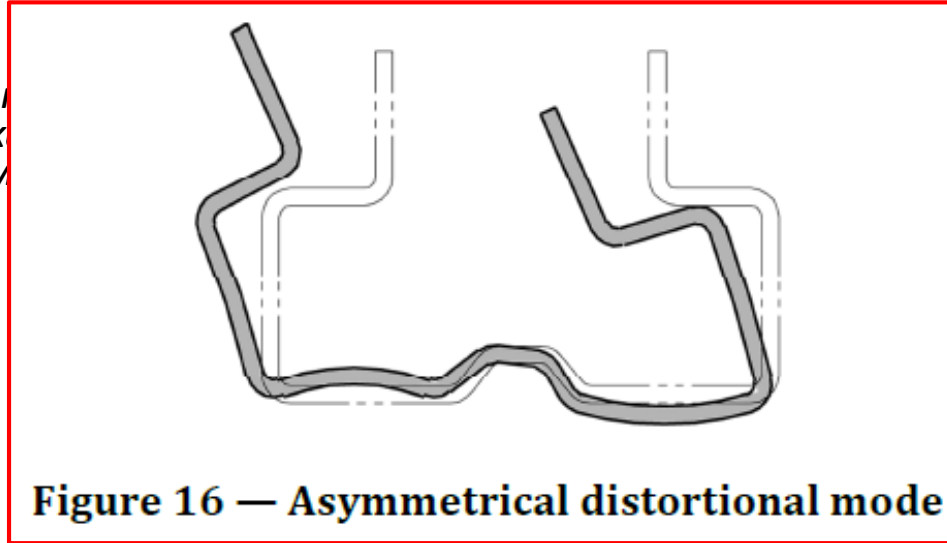


KESİT ANALİZİ

ANA PROBLEM

KESİT ANALİZİNDE GEREKLİ KONTROLLER

- 1 – AKMA
- 2 – GENEL BURKULMA
EĞİLMELİ BURKULMA
BURULMALI BURKULMA
EĞİLMELİ-BURULMALI BURKULMA
- 3 – DİSTORSİYONEL BURKULMA
- 4 – YEREL BURKULMA



KESİT ANALİZİ

ANA PROBLEM

KESİT ANALİZİNDE GEREKLİ KONTR

- 1 – AKMA
- 2 – GENEL BURKULMA
EĞİLMELİ BURKULMA
BURULMALI BURKULMA
EĞİLMELİ-BURULMA

- BURKULMA**
- 3 – DİSTORSİYONEL BURKULMA
 - 4 – YEREL BURKULMA



Figure 3.5 Flexural-torsional buckling in C-section part (Kang et al 2013)



KESİT ANALİZİ

CUFSM YAZILIMI

KESİT ANALİZİNDE GEREKLİ KONTROLLER

- 1 – AKMA
- 2 – GENEL BURKULMA
 - EĞİLMELİ BURKULMA
 - BURULMALI BURKULMA
 - EĞİLMELİ-BURULMALI
- BURKULMA
- 3 – DİSTORSİYONEL BURKULMA
- 4 – YEREL BURKULMA

DSM METHOD

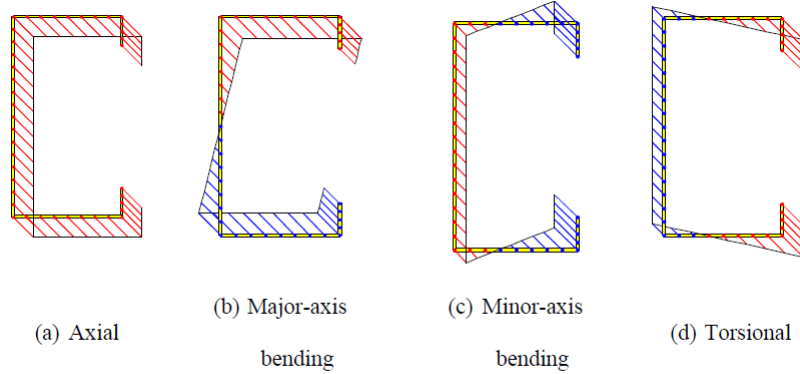
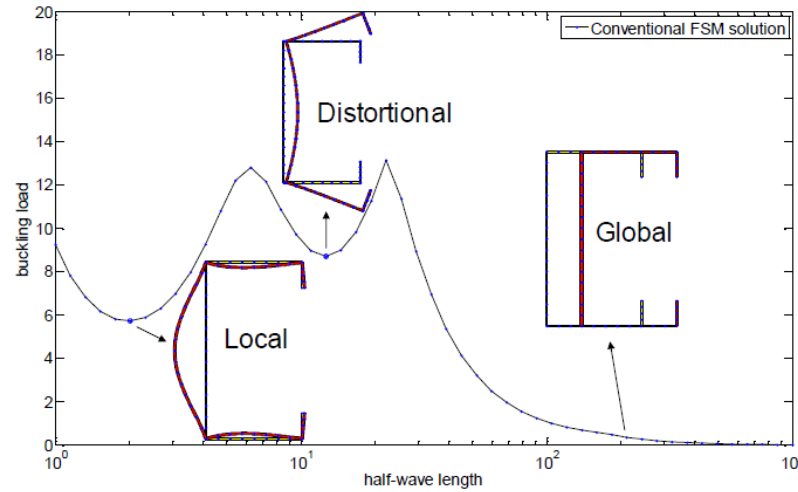
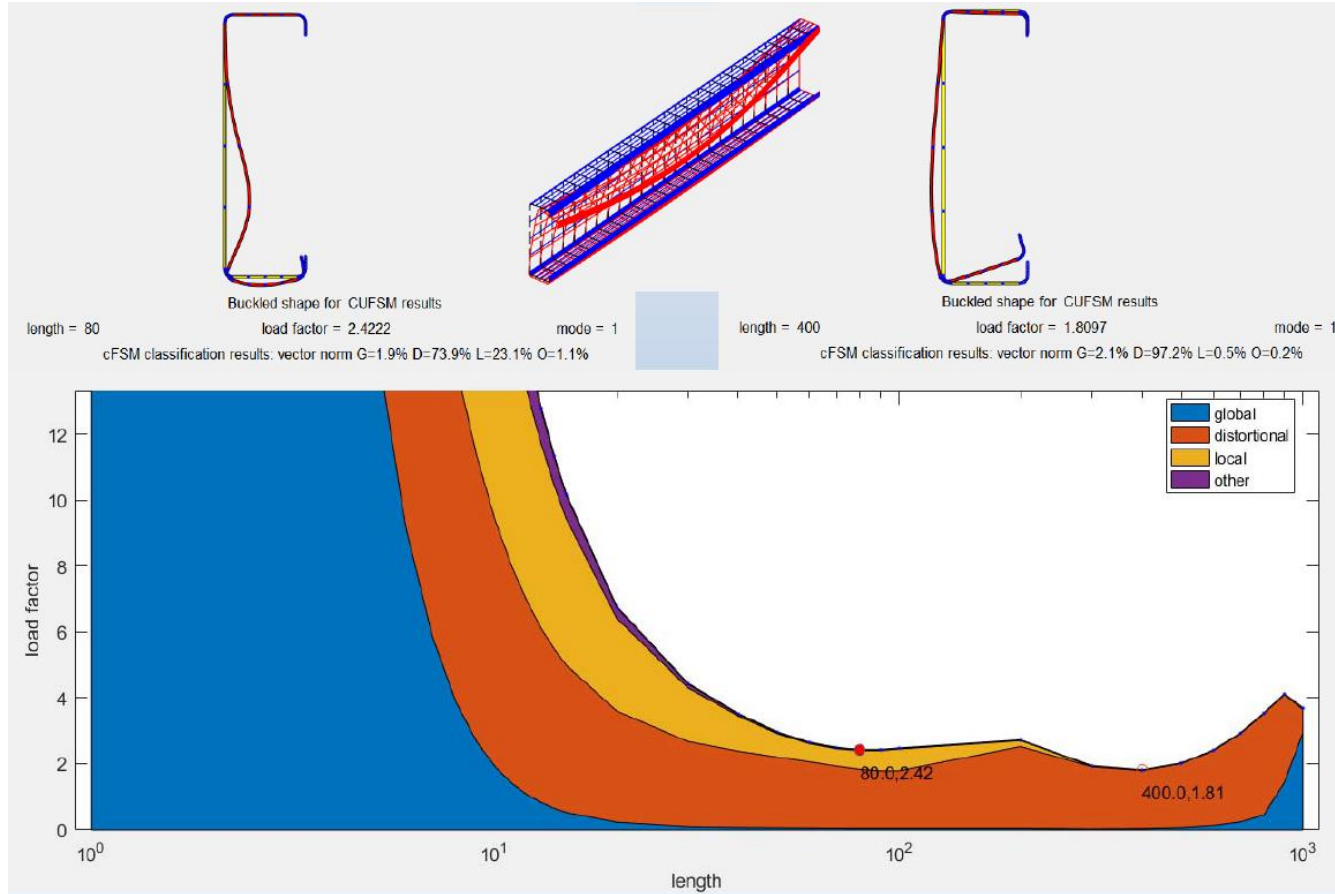


Figure 3-3 Warping vectors of four global modes



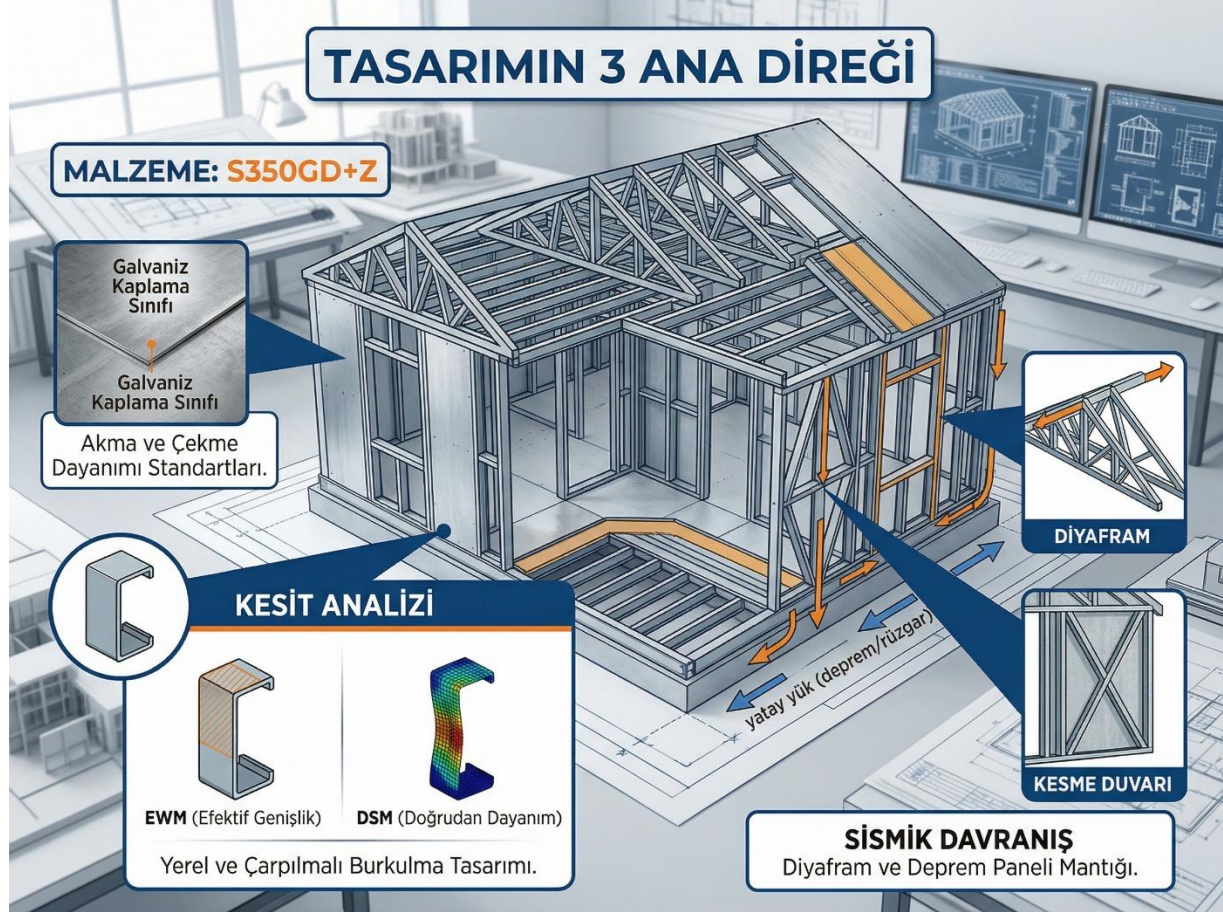
KESİT ANALİZİ



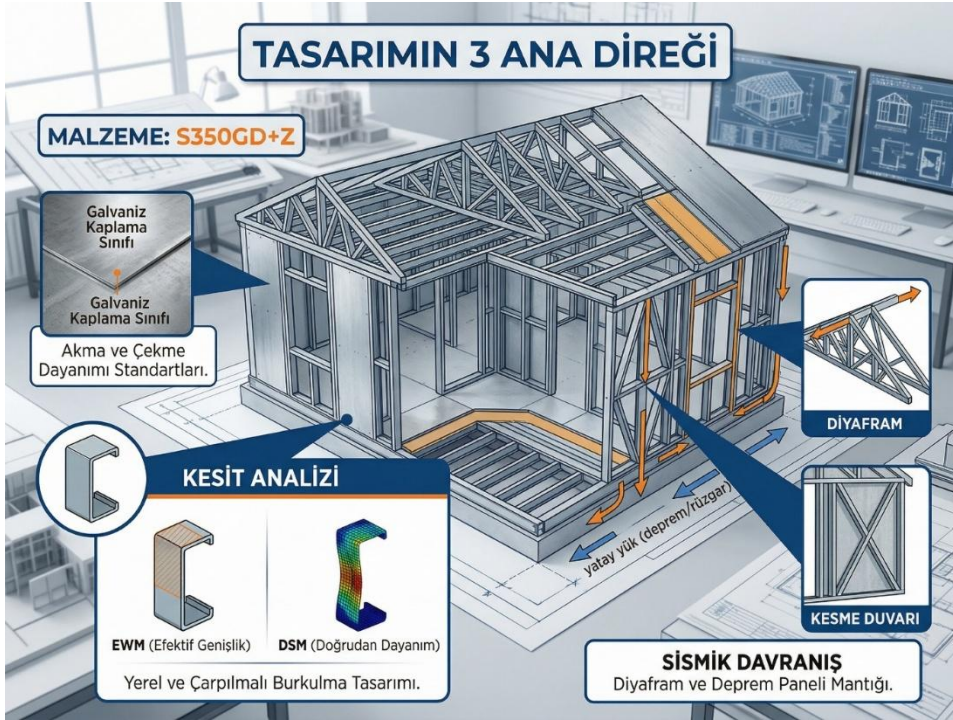
HAFİF ÇELİK YAPI SİSTEMLERİ



NEDEN FARKLI BİR YÖNETMELİK İHTİYACIMIZ VAR? NEDEN SICAK HADDE (AĞIR) ÇELİK YÖNETMELİKLERİ **YETERSİZ**?



**NEDEN FARKLI BİR YÖNETMELİK İHTİYACIMIZ VAR?
NEDEN SICAK HADDE (AĞIR) ÇELİK YÖNETMELİKLERİ YETERSİZ?**



**KESİTLERİN GÖÇME MODLARI
KAYNAKLI SİSTEMİN DAVRANIŞSAL
GEREKİNİMLERİ DE FARKLIDIR.**

**R KATSAYISI
FARKLI OLACAKTIR!!!**



TBDY 2018

10.2.6. Deprem Hesabı

10.2.6.1 – Deprem hesabında 4.7’de verilen *Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemi* kullanılacak ve elastik tasarım spektral ivmesinin hesabı için $T=0.2s$ alınarak 4.7.1’e göre bulunan eşdeğer deprem yükü esas alınacaktır. Eşdeğer deprem yükü, kaplama malzemelerinin veya çaprazlı panellerine birim boya ait yatay yük taşıma kapasitelerine ve plandaki konumlarına bağlı olarak taşıyıcı sistem elemanlarına dağıtılacaktır.



TBDY 2018

Tablo 4.1 (devamı)

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı <i>R</i>	Dayanım Fazlalığı Katsayısı <i>D</i>	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları <i>BYS</i>
D. HAFİF ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
D1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
Deprem etkilerinin tamamının vidalı, bulonlu sac, OSB veya kontiplak (plywood) duvar panelleri ile karşılandığı süneklik düzeyi yüksek hafif çelik binalar	4	2	BYS = 8
D2. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz.4.3.4.1)			
Deprem etkilerinin tamamının alçı levhalar içeren kaplamalı veya çaprazlı panellerle karşılandığı süneklik düzeyi sınırlı hafif çelik binalar	3	2	BYS = 8

2026 TASLAK YÖNETMELİK

Tablo 1.2: Bina taşıyıcı sistem türlerine göre izin verilen yükseklik sınıfları ve davranış katsayıları

Bina Taşıyıcı Sistemi	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları <i>BYS</i>		Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı <i>R</i>	Dayanım Fazlalığı Katsayısı <i>D</i>
	DTS = 1,2	DTS = 3,4		
Sınırlı Süneklik	7	10.5	3	2
Yüksek Süneklik	10.5	14	4	2
Modüler Yapı*	10.5	14	4	2
Hibrit Yapı*	14	17.5	4	2

(*) Yalnızca süneklik düzeyi yüksek hafif çelik taşıyıcı sistemler için geçerlidir.



2026 TASLAK YÖNETMELİK

Bu yük birleşimlerinde yer alan yükler aşağıda tanımlanmıştır:

- G : Sabit yük,
- Q : Hareketli yük,
- Q_r : Çatı hareketli yükü,
- S : Kar yükü,
- R : Yağmur yükü,
- W : Rüzgâr yükü,
- E : Deprem etkisi,
- F : Akışkan madde basınç yükü,
- T : Sıcaklık değişmesi ve/veya mesnet çökmesi etkileri,
- H : Yatay zemin basıncı, zemin suyu basıncı veya yığılmış madde basıncı.

4.3.1 Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) için Yük Birleşimleri

Bu tasarım yönteminde gerekli dayanım, R_u , aşağıdaki yük birleşimleri ile belirlenecektir:

- (1) $1.4G$
- (2a) $1.2G + 1.6(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$
- (2b) $1.2G + 1.6Q + 0.5(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$
- (3) $1.2G + 1.6(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + (Q \text{ veya } 0.8W)$
- (4) $1.2G + 1.0Q + 0.5(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + 1.6W$
- (5) $1.2G + 1.0Q + 0.2S + 1.0E$
- (6) $0.9G + 1.6W$
- (7) $0.9G + 1.0E$

**TBDY 2018 NİN DE BU KONUDA GÜNCELLENMESİ
BEKLENİYOR!**



2026 TASLAK YÖNETMELİK

5 STABİLİTE TASARIMI

Sistem stabilitesi, yapının bütünü ve onu oluşturan her bir yapısal eleman için ayrı ayrı sağlanacaktır.

Yapının ve elemanlarının stabilitesi değerlendirilirken aşağıdaki etkiler göz önünde bulundurulacaktır:

- (a) Eğilme, kesme ve eksenel kuvvet etkileriyle oluşan eleman deformasyonları ile birlikte yapı yer değiştirmelerine katkı sağlayan tüm eleman ve bağlantı deformasyonları,
- (b) İkinci mertebeye etkiler ($P-\Delta$ ve $P-\delta$ etkileri dahil),
- (c) Geometrik başlangıç kusurları,
- (d) Artık gerilmeler ve kesit içerisindeki kısmi akma etkileri dahil olmak üzere elastik olmayan davranışlara bağlı rijitlik azalmaları,
- (e) Kesit şekil değiştirmeleri ile yerel ve distorsiyonel burkulma kaynaklı rijitlik azalmaları,
- (f) Sistem, eleman ve bağlantıların rijitlik ve dayanım değerlerindeki belirsizlikler.

Yukarıda belirtilen tüm yüke bağlı etkiler, YDKT esas alınarak değerlendirilecektir.

Alternatif olarak, C kesitleri ve Z kesitleri, gövdede düzlem içinde yüklenmiş kirişler olarak kullanıldığında burulmalarını sınırlamak amacıyla yalnızca şu durumlarda uygulanmalıdır:

- (1) Bağlı başlığın yanal ötelenmesini etkili bir şekilde sınırlayacak şekilde hiçbir başlığın döşeme veya kaplama malzemesine bağlanmamış olması durumunda,
- (2) Sadece üst başlık böyle bir bağlantıya sahipse, her iki başlık, döşeme veya kaplama malzemelerine bağlı ve bu bağlantılar bağlı başlığın yanal ötelenmesini etkili bir şekilde sınırlıyorsa,

ek stabilite bağlantısı gerekli değildir.

STABİLİTE TASARIM GEREKLİLİKLERİ

İKİNCİ MERTEBE ETKİLER ZORUNLU

RİJİTLİK AZALTMASI ZORUNLU

YDKT KULLANILACAKTIR



DOÇ. DR. FATİH ALEMDAR

HAFİF ÇELİK YAPILARIN YÖNETMELİKLERE GÖRE İNCELENMESİ – IMOSEM 2026



2026 TASLAK YÖNETMELİK

5 STABİLİTE TASARIMI

Sistem stabilitesi, yapının bütünü ve onu oluşturan her bir yapısal eleman için ayrı ayrı sağlanacaktır.

Yapının ve elemanlarının stabilitesi değerlendirilirken aşağıdaki etkiler göz önünde bulundurulacaktır:

- (a) Eğilme, kesme
- ya da yer değiştirme
- (b) İkinci mertebeli
- (c) Geometrik başlı
- (d) Artık gerilmeye
- olmayan davranışla
- (e) Kesit şekli d
- azalmaları,
- (f) Sistem, eleman

Yukarıda belirtilen tüm yükler
Alternatif olarak, C kesit
kullanıldığında burulmalar

- (1) Bağlı başlığın y
- döşeme veya kapla
- (2) Sadece üst baş
- malzemelerine bağlı ve bu bağlamda bağlı başlığın yanal ötelenmesinin etkin bir şekilde
- sınırlıyorsa,

ek stabilite bağlantısı gerekli değildir.

STABİLİTE TASARIM GEREKLİLİKLERİ

(1) *Notional loads* shall be applied as lateral loads at all levels. The *notional loads* shall be additive to other lateral loads and shall be applied in all load combinations, except as indicated in (3), below. The magnitude of the *notional loads* shall be:

$$N_i = (1/240)\alpha Y_i \quad (\text{Eq. C1.1.1.2-1})$$

where

$$\alpha = 1.0 \text{ (LRFD or LSD)}$$
$$= 1.6 \text{ (ASD)}$$

N_i = *Notional load* applied at level i

Y_i = *Gravity load* applied at level i from LRFD, LSD, or ASD load combinations, as applicable

Where the applicable project or other quality assurance criteria stipulate a more stringent imperfection criteria, (1/240) in the above equation is permitted to be replaced by a lesser value.

Bu Kısım Dikkate Alınmalıdır!

ORUNLU

UNLU

TIR



TBDY 2018

Tablo 10.5 – Panellerin Birim Boya Ait Kayma Dayanımları^(*,) (kN/m)**

Panel Malzemesi	h/l	Panel kenar dikmeleri için/ ara dikmeler için kaplama vida aralıkları (mm)				Dikme minimum et kalınlığı (mm)	Minimum vida çapı (mm)
		Birim boya ait kayma dayanımı (kN/m)					
12.5 mm Alçı Levha	2:1	200/300	150/300	100/300	100/100	0.9	3.5
		2.7	3.1	3.4	-		
12 mm kontrplak	2:1	150/300	100/300	75/300	50/300	0.9	4.2
		11.4	14.4	-	-		
		13.0	19.4	25.9	32.0		
11 mm OSB	2:1	150/300	100/300	75/300	50/100	0.9	4.2
		10.2	13.4	-	-		
		12.0	18.0	22.6	30.0		
		18.0	27.0	33.7	45.0		
		150/300	100/300	75/300	50/300		
0.46 mm sac	2:1	5.7	-	-	-	0.9	4.2
0.68 mm sac	4:1		14.6	15.8	17.1	0.9	4.2

* Bu tabloda yer alan ancak kaplama vida aralıklarına göre değerleri yer almayan panel malzemeleri ile bu tabloda yer almayan diğer malzemeler için Ek 10.C'ye göre deney yapılacak ve karakteristik dayanım değerleri, deneyden elde edilen sonuçlara uygun olarak, 10.3.2.3(a), (b) ve (c) paragraflarında belirtilen durumlarda dikkate alınacaktır.

** Bu tabloda yer alan değerler Ek 10.C'ye göre yapılan deneylerle doğrulanması durumunda kullanılacaktır. Deney sonuçlarının tablodaki değerlerden farklı olması durumunda deneyden elde edilen değerler kullanılacaktır.



TBDY 2018

Tablo 10.5 – Panellerin Birim Boya Ait Kayma Dayanımları^(*,**) (kN/m)

Panel Malzemesi	h/l	Panel kenar dikmeleri için/ ara dikmeler için kaplama vida aralıkları (mm)				Dikme minimum et kalınlığı (mm)	Minimum vida çapı (mm)
		Birim boya ait kayma dayanımı (kN/m)					
12.5 mm Alçı Levha	2:1	200/300	150/300	100/300	100/100	0.9	3.5
		2.7	3.1	3.4	-		
		150/300	100/300	75/300	50/300		

* Bu tabloda yer alan ancak kaplama vida aralıklarına göre değerleri yer almayan panel malzemeleri ile bu tabloda yer almayan diğer malzemeler için Ek 10.C'ye göre deney yapılacak ve karakteristik dayanım değerleri, deneyden elde edilen sonuçlara uygun olarak, 10.3.2.3(a), (b) ve (c) paragraflarında belirtilen durumlarda dikkate alınacaktır.

** Bu tabloda yer alan değerler Ek 10.C'ye göre yapılan deneylerle doğrulanması durumunda kullanılacaktır. Deney sonuçlarının tablodaki değerlerden farklı olması durumunda deneyden elde edilen değerler kullanılacaktır.

		12.0	18.0	22.6	30.0	1.1	4.2
		18.0	27.0	33.7	45.0	1.4	4.8
		150/300	100/300	75/300	50/300		
0.46 mm sac	2:1	5.7	-	-	-	0.9	4.2
0.68 mm sac	4:1		14.6	15.8	17.1	0.9	4.2

* Bu tabloda yer alan ancak kaplama vida aralıklarına göre değerleri yer almayan panel malzemeleri ile bu tabloda yer almayan diğer malzemeler için Ek 10.C'ye göre deney yapılacak ve karakteristik dayanım değerleri, deneyden elde edilen sonuçlara uygun olarak, 10.3.2.3(a), (b) ve (c) paragraflarında belirtilen durumlarda dikkate alınacaktır.

** Bu tabloda yer alan değerler Ek 10.C'ye göre yapılan deneylerle doğrulanması durumunda kullanılacaktır. Deney sonuçlarının tablodaki değerlerden farklı olması durumunda deneyden elde edilen değerler kullanılacaktır.



TBDY 2018

EK 10C – PANEL DENEYİ ESASLARI

10C.0. SİMGELER

D_{maks} = En büyük yerdeğiştirme

10C.1. KAPSAM VE GENEL HUSUSLAR

10.C.1.1 – Bu bölümde kayma ve çekme ankrajlarının da bulunduğu panel sistemlerin dayanımlarının belirlenmesi için 1.4'e göre yapılacak deneylerin esasları yer almaktadır.

10.C.1.2 – Panellerin dayanımı yerdeğiştirme kontrollü deneylerle ve en az üç adet panel deneyinin sonuçlarının ortalaması alınarak belirlenecektir. Panellerin *yükseklik / genişlik* oranı 2/1 olacaktır.

10.C.1.3 – Eşit Enerji Elastik-Plastik (EEEP) kuralı uygulanacaktır. Bu kurala göre zarf eğrisi ile idealize edilmiş eğrinin altında kalan alanlar birbirine eşittir.

10.C.1.4 – Deneyin nasıl yapılacağı aşağıda açıklanmış ve her bir deney yapılırken uygulanacak deney adımları ve çevrim sayıları **Tablo 10.C.1**'de verilmiştir.

(a) Her adımda ilk çevrimden sonraki çevrimlerin büyüklüğü ilk çevrim büyüklüğünün %75'i olarak alınacaktır. D_{maks} tahmin edilen en büyük yerdeğiştirmedir ve bu değer ilk çevrimde uygulanan kuvvetin deney boyunca elde edilen en büyük kuvvetin % 80'inin altına düşmediği noktada elde edilir.

(b) D_{maks} değeri ayrıca, panel yüksekliğinin %2.5'inden daha büyük olamaz.

(c) Yükleme sabit frekansta (0.2-0.5 aralığında) veya hızda (1.0-63.5 mm/s) olacaktır.

(d) Modelin göçmesi, uygulanan kuvvetin en büyük kuvvete oranının 0.8 olduğu nokta olarak kabul edilir.

Tablo 10.C.1- Deney Adımları ve Çevrim Sayıları

Adım	Çevrim Sayısı	İlk Çevrim Büyüklüğü (% D_{maks})
1	6	5
2	7	7.5
3	7	10
4	4	20
5	4	30
6	3	40
7	3	70
8	3	100
9	3	100+50
10	3	Model göçmesine kadar ek 50 artırımları



DOÇ. DR. FATİH ALEMDAR

HAFİF ÇELİK YAPILARIN YÖNETMELİKLERE GÖRE İNCELENMESİ – IMOSEM 2026



2026 TASLAK YÖNETMELİK

7.5 SEHİM SINIRLARI VE TİTREŞİM

Kısa ve uzun vadeli sehimler, kullanım amacına uygun olarak Tablo 7.1'e göre kontrol edilmelidir:

Tablo 7.1: Maksimum sehim sınırları

Eleman / Kullanım Durumu	Maksimum Sehim Sınırı
Genel kullanım (döşeme, kiriş vb.)	$L/200$
Sadece hareketli yük altında	$L/250$
Dolgu duvarları veya kırılğan kaplama taşıyan	$L/300$
Süneklik göstermeyen elemanlara oturan döşeme	$L/360$
Tek katlı yapılarda kolon başı yatay ötelenme	$H/300$
Çok katlı yapılarda her kat yüksekliği için	Kat yüksekliği / 300
Çatı kirişleri (yalıtımsız, kırılğan olmayan)	$L/250$
Çatı kirişleri (kırılğan kaplama taşıyan)	$L/300$



10 İMALAT VE MONTAJ

10.1 ELEMANLARDA AÇILACAK DELİKLER İÇİN KURALLAR

Bu bölümde, mekanik ve elektrik tesisatları için veya diğer nedenlerle taşıyıcı elemanlarda açılacak deliklerle ilgili olarak, uyulması gereken koşullar verilmiştir.

Profil gövdelerine delik açılması gerektiğinde, aşağıdaki kurallara uyulacaktır.

(a) Profilin gövdelerinde açılacak delikler mutlaka gövdenin düşey eksenini ortalayacaktır.

(b) Profildeki dairesel delik çapı, d_h ve profilin düz olan gövde yüksekliği, h olmak üzere $d_h/h < 0.40$ olacaktır.

(c) Delik açılması durumunda $h/t < 200$ enkesit koşulu sağlanacaktır.

(d) Delikler arasındaki uzaklık merkezden merkeze en az 600 mm olacaktır.

(e) Delikler arası net uzaklık en az 450 mm olacaktır.

(f) Dairesel deliklerin çapı en çok 150 mm olacaktır.

(g) Delikler profillerin ucundan en az 300 mm net uzaklıkta açılacaktır.

(h) Dairesel olmayan deliklerde, delik yüksekliği en fazla 65 mm, delik boyu ise en fazla 115 mm olacaktır.

(i) Dairesel olmayan deliklerde köşelerin iç büküm yarı çapları $r_d > 2t$ koşulunu sağlayacaktır.

(j) Rijitleştirilmiş gövde kesiti için $1 \leq a/h \leq 2$,

2026 TASLAK YÖNETMELİK

**TASARIM KISMINDA
DİKKATE ALINMASI
GEREKİYOR**

**KESİTLERİN
GEREKLİ
SINIR
ŞARTLARI
SAĞLAMASI
GEREKMEKTEDİR!**



2026 TASLAK YÖNETMELİK

Tablo 10.1: İmalat ve Montaj Kontrol Listesi

Kontrol Maddesi	Kontrol Detayı	Uygun ✓	Uygun Değil	Açıklama
1	Malzeme Kontrolü			
1.1	Çelik Kalitesi	Kullanılan çelik, TS EN 10346 ve TS EN ISO 1461 standartlarına uygun		
1.2	Galvaniz Kaplama	Galvaniz kaplama kalınlığı ≥ 275 g/m ² mi?		
1.3	Vida ve Bağlantılar	Vidalar ASTM C1513 standardına uygun mu?		
1.4	Sahada Açılan Delikler	Sahada açılan delikler ve kesimler, çinko esaslı boya ile tamir edildi mi?		
2	Enkesit Koşulları Kontrolü			
2.1	Profil Ölçüleri	Başlık, gövde ve rijitleştirici boyutları sınır değerleri sağlıyor mu?		
2.2	Profil Büküm Yarıçapları	İç büküm yarıçapları Yönetmelikte belirtilen sınır değerleri sağlıyor mu?		
2.3	Başlık Genişliği	Başlık genişliği minimum sınır değerleri sağlıyor mu?		
3	Yapısal Elemanların Projeye Uygunluk Kontrolü			
3.1	Profillerin Üretimi	Profillerin projeye doğruluğu ve uygunluğu kontrol edildi mi?		
3.2	Kesitlerin Kontrolü	Profillerin şekil, boyut ve yüzey düzgünlüğü projeye karşılaştırıldı ve		
3.3	Vida Delikleri	Vida deliklerinin çapları, konumları ve sıklıkları projeye uygun mu?		
4	Montaj Kontrolleri			
4.1	Elemanların Yerleşimi	Elemanların konumlandırılması ve hizalanması doğru mu?		
4.2	Birleşimler	Elemanların birleşim yerlerinde belirtilen sayıda vida kullanıldı mı?		
4.3	Ankraj Uygulaması	Ankrajlar, belirtilen çap ve aralıklarda yerleştirildi mi?		
4.4	Bağlantı Köşebentleri	Köşebentler, belirtilen sayı ve ölçülerde vidalarla bağlandı mı?		
5	Panel Sistemleri Kontrolü			
5.1	Kaplama Paneli Yerleşimi	Dikme aralığı en çok 625 mm ve dikmeler ≥ 0.9 mm kalınlığında mı?		
5.2	Panel Çerçevesi	Üst ve alt başlıklar ≥ 0.8 mm kalınlığında profillerden oluşuyor mu?		
5.3	Vida Bağlantıları	Kaplama panelleri dört kenarından yeterli sıklıkta vidalanmış mı?		
5.4	Yatay Kuşaklar	Panel yükseklığının yarısını geçmeyecek şekilde kuşaklar yerleştirilmiş		
6	Döşeme Sistemi Kontrolü			
6.1	Döşeme Kirişleri	Eleman seçim tablolarına uygun döşeme kirişleri yerleştirilmiş mi?		
6.2	Gövde Takviyeleri	Gövde takviyeleri ve bağlantı elemanları doğru şekilde yeterli oranda		
6.3	Döşeme Bağlantıları	Döşeme kirişlerinin gövdeleri ve birleşimleri projeye uygun vidalarla		
7	Yangın Tasarımı Kontrolü			
7.1	Pasif Yangın Koruma	Yönetmeliğe uygun pasif yangın koruma malzemeleri uygulandı mı?		
7.2	Aktif Yangın Koruma	Yangın koruma sistemleri yönetmeliğe göre eksiksiz ve çalışır durumda		



EKSENEL BASINÇ ALTINDA KESİT ANALİZİ



KESİT ANALİZİ VE BURKULMA MODLARI

ANA PROBLEM

KESİT ANALİZİNDE GEREKLİ KONTROLLER

1- AKMA

2- GENEL BURKULMA

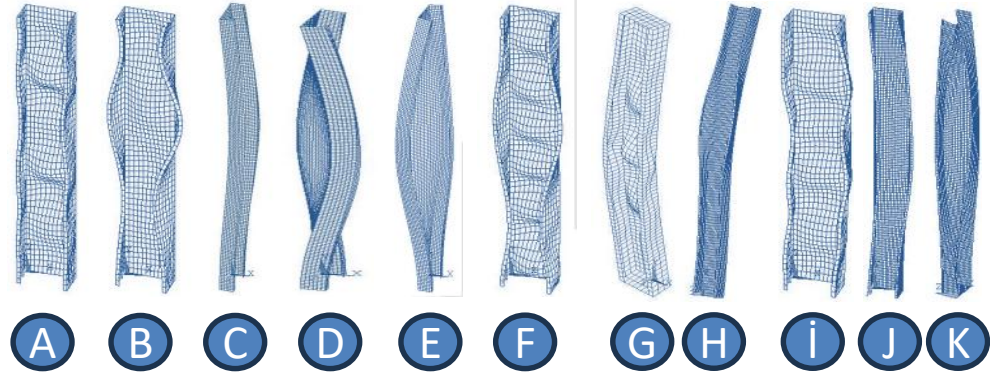
EĞİLMELİ BURKULMA

BURULMALI BURKULMA

EĞİLMELİ-BURULMALI BURKULMA

3- DİSTORSİYONEL BURKULMA

4- YEREL BURKULMA



BURKULMA ŞEKLİ	BURKULMA MODU
A	YEREL (Y)
B	DİSTORSİYONEL (D)
C	EĞİLMELİ (E)
D	BURULMALI (B)
E	EĞİLMELİ BURULMALI (EB)

ŞEKİL	MOD
F	(Y) + (D)
G	(E) + (Y)
H	(E) + (D)
İ	(EB) + (Y)
J	(EB) + (D)
K	(E) + (EB)



Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

4.5 EKSENEL BASINÇ KUVVETİ ETKİSİ

Eksenel basınç kuvveti etkisindeki elemanların tasarımı bu bölümde belirtilen kurallara göre yapılacaktır.

4.5.1 Genel Esaslar

Eksenel basınç kuvveti etkisindeki elemanlar için, *karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı*, P_n , uygun sınır durumlar dikkate alınarak **Bölüm 4.5.2 - 4.5.4'e** göre hesaplanacak dayanımların en küçüğü olarak alınacaktır. *Tasarım eksenel basınç kuvveti dayanımı*, $\phi_c P_n$, tüm basınç elemanlarında

$$\phi_c = 0.85$$

olmak üzere, bu bölümde tanımlanan kurallara uygun olarak hesaplanacaktır.

ϕ_c : Eksenel basınç kuvveti etkisi için dayanım katsayısı

Dışmerkez olarak yüklenen elemanlar, eğilme momenti ve eksenel basınç kuvvetinin ortak etkisi altında **Bölüm 4.8'e** göre boyutlandırılacaktır.



Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

4.5.2 Akma ve Genel Burkulma Sınır Durumu

Akma ve genel burkulma (eğilmeli, burulmalı veya eğilmeli burulmalı) sınır durumu için karakteristik aksenal basınç kuvveti dayanımı, P_{ne} , bu bölümde belirtilen yöntemlere göre hesaplanacaktır.

$$P_{ne} = A_g F_n \quad (4.5.1)$$

A_g : Kayıpsız enkesit alanı

F_n : Burkulma gerilmesi

Burada burkulma gerilmesi F_n Denk. (4.5.2) veya Denk. (4.5.3) ile hesaplanacaktır.

$\lambda_r \leq 1.5$ için

$$F_n = (0.658^{\lambda_c^2}) F_y \quad (4.5.2)$$

$\lambda_c > 1.5$ için

$$F_n = \left(\frac{0.877}{\lambda_c^2} \right) F_y \quad (4.5.3)$$

Burada λ_c Denk. (4.5.4) ile ifade edilmektedir.

$$\lambda_c = \sqrt{\left(\frac{F_y}{F_{cre}} \right)} \quad (4.5.4)$$

F_{cre} : Kritik elastik genel burkulma gerilmesi (Bölüm 4.10)

F_y : Çelik karakteristik akma gerilmesi



Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

4.5.3 Akma ve Genel Burkulma ile Birlikte Yerel Burkulma Sınır Durumu

Akma ve genel burkulma (eğilmeli, burulmalı veya eğilmeli burulmalı) ile birlikte yerel burkulma sınır durumu için *karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı*, P_{nl} , **Bölüm 4.5.3.1**'de verilen *etkin genişlik yöntemi* veya **Bölüm 4.5.3.2**'de verilen *doğrudan dayanım yöntemi* ile hesaplanacaktır.

4.5.3.1 Etkin genişlik yöntemi

Etkin genişlik yönteminde yerel burkulma için *karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı*, P_{nl} , Denk. (4.5.5) ile hesaplanacaktır.

$$P_{nl} = A_e F_n \leq P_{ne} \quad (4.5.5)$$

A_e : Etkin enkesit alanı

F_n : **Bölüm 4.5.2**'ye göre hesaplanan burkulma gerilmesi

P_{ne} : **Bölüm 4.5.2**'ye göre hesaplanan akma ve genel burkulma sınır durumu için karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı

Etkin enkesit alanı, A_e , enkesiti oluşturan her bir elemanın kalınlığı ile etkin genişliğinin çarpımlarının toplamı ile belirlenir. Tüm elemanların etkin genişliği *burkulma gerilmesi*, F_n , esas alınarak **Bölüm 4.9**'a göre hesaplanacaktır.

4.5.3.2 Doğrudan dayanım yöntemi

Doğrudan dayanım yönteminde yerel burkulma için *karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı*, P_{nl} , aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır.

$$\lambda_l \leq 0.776 \text{ için}$$

$$P_{nl} = P_{ne} \quad (4.5.6)$$

$$\lambda_l > 0.776 \text{ için}$$

$$P_{nl} = \left[1 - 0.15 \left(\frac{P_{cr1}}{P_{ne}} \right)^{0.4} \right] \left(\frac{P_{cr1}}{P_{ne}} \right)^{0.4} P_{ne} \quad (4.5.7)$$

Burada λ_l Denk. (4.5.8) ile ifade edilmektedir.

$$\lambda_l = \sqrt{\left(\frac{P_{ne}}{P_{cr1}} \right)} \quad (4.5.8)$$

P_{ne} : **Bölüm 4.5.2**'ye göre hesaplanan genel burkulma dayanımı

P_{cr1} : Kritik elastik yerel burkulma yükü (Bölüm 4.10)



Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

4.5.3.2 Doğrudan dayanım yöntemi

Doğrudan dayanım yönteminde yerel burkulma için *karakteristik aksel basınç kuvveti dayanımı*,

P_{nl} , aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır.

$\lambda_l \leq 0.776$ için

$$P_{nl} = P_{ne} \quad (4.5.6)$$

$\lambda_l > 0.776$ için

$$P_{nl} = \left[1 - 0.15 \left(\frac{P_{cr1}}{P_{ne}} \right)^{0.4} \right] \left(\frac{P_{cr1}}{P_{ne}} \right)^{0.4} P_{ne} \quad (4.5.7)$$

Burada λ_l Denk. (4.5.8) ile ifade edilmektedir.

$$\lambda_l = \sqrt{\left(\frac{P_{ne}}{P_{cr1}} \right)} \quad (4.5.8)$$

P_{ne} : Bölüm 4.5.2'ye göre hesaplanan genel burkulma dayanımı

P_{cr1} : Kritik elastik yerel burkulma yükü (Bölüm 4.10)

4.5.4 Distorsiyonel Burkulma Sınır Durumu

Distorsiyonel burkulma sınır durumu için *karakteristik aksel basınç kuvveti dayanımı*, P_{nd} , bu bölümde belirtilen yöntemlere göre hesaplanacaktır. Bu bölümdeki ifadeler, başlıkları kenar rijitleştiricilere sahip **I, Z, C, U, Omega** ve ara rijitleştiricilere sahip açık enkesitli elemanlar için geçerlidir.

$\lambda_d \leq 0.561$ için

$$P_{nd} = P_y \quad (4.5.9)$$

$\lambda_d > 0.561$ için

$$P_{nd} = \left[1 - 0.25 \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0.6} \right] \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0.6} P_y \quad (4.5.10)$$

Burada

$$\lambda_d = \sqrt{\left(\frac{P_y}{P_{crd}} \right)} \quad (4.5.11)$$

$$P_y = F_y A_g \quad (4.5.12)$$

A_g : Kayıpsız enkesit alanı

F_y : Çelik karakteristik akma gerilmesi

P_{crd} : Kritik elastik distorsiyonel burkulma yükü (Bölüm 4.10)



Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

4.5.3.2 Doğrudan dayanım yöntemi

Doğrudan dayanım yönteminde yerel burkulma için *karakteristik aksel basınç kıvrıveti dayanımı*,

P_{nl} , aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır.

$\lambda_l \leq 0.776$ için

$$P_{nl} = P_{ne} \quad (4.5.6)$$

$\lambda_l > 0.776$ için

$$P_{nl} = \left[1 - 0.15 \left(\frac{P_{cr1}}{P_{ne}} \right)^{0.4} \right] \left(\frac{P_{cr1}}{P_{ne}} \right)^{0.4} P_{ne} \quad (4.5.7)$$

Burada λ_l Denk. (4.5.8) ile ifade edilmektedir.

$$\lambda_l = \sqrt{\left(\frac{P_{ne}}{P_{cr1}} \right)} \quad (4.5.8)$$

P_{ne} : Bölüm 4.5.2'ye göre hesaplanan genel burkulma dayanımı

P_{cr1} : Kritik elastik yerel burkulma yükü (Bölüm 4.10)

4.5.4 Distorsiyonel Burkulma Sınır Durumu

Distorsiyonel burkulma sınır durumu için *karakteristik aksel basınç kıvrıveti dayanımı*, P_{nd} , bu bölümde belirtilen yöntemlere göre hesaplanacaktır. Bu bölümdeki ifadeler, başlıkları kenar rijitleştiricilere sahip **I, Z, C, U, Omega** ve ara rijitleştiricilere sahip açık enkesitli elemanlar için geçerlidir.

$\lambda_d \leq 0.561$ için

$$P_{nd} = P_y \quad (4.5.9)$$

$\lambda_d > 0.561$ için

$$P_{nd} = \left[1 - 0.25 \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0.6} \right] \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0.6} P_y \quad (4.5.10)$$

Burada

$$\lambda_d = \sqrt{\left(\frac{P_y}{P_{crd}} \right)} \quad (4.5.11)$$

$$P_y = F_y A_g \quad (4.5.12)$$

A_g : Kayıpsız enkesit alanı

F_y : Çelik karakteristik akma gerilmesi

P_{crd} : Kritik elastik distorsiyonel burkulma yükü (Bölüm 4.10)

Bu Bölüm AISI S100:16 (2020) Versiyonundan Alınmıştır



AMERİKA DA FORMÜLLER GÜNCELLENDİ

Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

AISI / SDI S100:2024

4.5.3.2 Doğrudan dayanım yöntemi

Doğrudan dayanım yönteminde yerel burkulma için karakteristik aksel basınç kırveti dayanımı,

P_{nl} , aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır.

$\lambda_l \leq 0.776$ için

$$P_{nl} = P_{ne} \quad (4.5.6)$$

$\lambda_l > 0.776$ için

$$P_{nl} = \left[1 - 0.15 \left(\frac{P_{crl}}{P_{ne}} \right)^{0.4} \right] \left(\frac{P_{crl}}{P_{ne}} \right)^{0.4} P_{ne} \quad (4.5.7)$$

Burada λ_l Denk. (4.5.8) ile ifade edilmektedir.

$$\lambda_l = \sqrt{\left(\frac{P_{ne}}{P_{crl}} \right)} \quad (4.5.8)$$

P_{ne} : Bölüm 4.5.2'ye göre hesaplanan genel burkulma dayanımı

P_{crl} : Kritik elastik yerel burkulma yükü (Bölüm 4.10)

Bu Bölüm AISI S100:16 (2020) Versiyonundan Alınmış

E3.2 Direct Strength Method

For the Direct Strength Method, the nominal axial strength [resistance], P_{nl} , for local buckling shall be determined as follows for $\lambda_l \leq 5$:

$$P_{nl} = 1.2P_{ne} \left(\frac{1 + 0.10\lambda_l^2}{1 + 0.55\lambda_l^2} \right) \leq P_{ne} \quad (Eq. E3.2-1)$$

where

$$\lambda_l = \sqrt{P_{ne}/P_{crl}} \quad (Eq. E3.2-2)$$

P_{ne} = Nominal global column strength [resistance] as defined in Section E2

P_{crl} = Critical elastic local column buckling load, determined in accordance with Appendix 2, including the influence of holes if applicable

User Note:

It is rare for a section to have local buckling slenderness λ_l greater than 5. The Commentary provides some rational methods to approximate the strength for high slenderness applications.

For members with holes, P_{nl} shall be the lesser of Eq. E3.2-1 and Eq. E3.2-3. Eq. E3.2-1 shall use the lesser of P_{ne} at the gross or net section. Eq. E3.2-3 shall use P_{crl} at the net section.

$$P_{nl} = 1.2P_{ynet} \left[\frac{1 + 0.10\lambda_l^2}{1 + 0.55\lambda_l^2 \left(\frac{P_{ynet}}{P_{ne}} \right)} \right] \leq P_{ynet} \quad (Eq. E3.2-3)$$

where

$$P_{ynet} = A_{net}F_y \quad (Eq. E3.2-4)$$

where

A_{net} = Net area of cross-section at the location of a hole

F_y = Yield stress

Bu Bölüm AISI S100:2024 Versiyonundan Alınırsa!



AMERİKA DA FORMÜLLER GÜNCELLENDİ

Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)

AISI / SDI S100:2024

4.5.4 Distorsiyonel Burkulma Sınır Durumu

Distorsiyonel burkulma sınır durumu için *karakteristik aksenal basınç kıvrıveti dayanımı*, P_{nd} , bu bölümde belirtilen yöntemlere göre hesaplanacaktır. Bu bölümdeki ifadeler, başlıkları kenar rijitleştiricilere sahip I, Z, C, U, Omega ve ara rijitleştiricilere sahip açık enkesitli elemanlar için geçerlidir.

$\lambda_d \leq 0.561$ için

$$P_{nd} = P_y \quad (4.5.9)$$

$\lambda_d > 0.561$ için

$$P_{nd} = \left[1 - 0.25 \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0.6} \right] \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0.6} P_y \quad (4.5.10)$$

Burada

$$\lambda_d = \sqrt{\left(\frac{P_y}{P_{crd}} \right)} \quad (4.5.11)$$

$$P_y = F_y A_g \quad (4.5.12)$$

A_g : Kayıpsız enkesit alanı

Bu Bölüm AISI S100:16 (2020) Versiyonundan Alınmıştır

F_y : Çelik karakteristik akma gerilmesi

P_{crd} : Kritik elastik distorsiyonel burkulma yükü (Bölüm 4.10)

E4 Distorsiyonel Burkulma

The *nominal axial strength [resistance]*, P_{nd} , for *distorsiyonel burkulma* shall be calculated in accordance with this section for $\lambda_d \leq 5$. The provisions of this section shall apply to I-, Z-, C-, Hat, and other open cross-section members that employ *flanges* with edge stiffeners or any cross-section with intermediate stiffeners.

Exception: The provisions of this section do not apply to *distorsiyonel burkulma* modes involving only intermediate stiffeners if P_{nt} is determined using Section E3.1 and the intermediate stiffener provisions of Appendix 1 Section 1.4. *Distorsiyonel burkulma* modes involving edge-stiffened *flanges* are not part of this exception.

The applicable *safety factor and resistance factors* given in this section shall be used to determine the *available axial strength [factored resistance]* ($\phi_c P_{nd}$ or P_{nd}/Ω_c) in accordance with the applicable design method in Section B3.2.1, B3.2.2, or B3.2.3.

$$\Omega_c = 1.80 \quad (ASD)$$

$$\phi_c = 0.85 \quad (LRFD)$$

$$= 0.80 \quad (LSD)$$

$$P_{nd} = 1.2P_y \left(\frac{1 + 0.05\lambda_d^2}{1 + 0.67\lambda_d^2} \right) \leq P_y \quad (Eq. E4-1)$$

where

$$\lambda_d = \sqrt{P_y / P_{crd}} \quad (Eq. E4-2)$$

P_{crd} = Critical elastic *distorsiyonel burkulma* force, determined in accordance with Appendix 2

$$P_y = A_g F_y \quad (Eq. E4-3)$$

where

A_g = Gross area

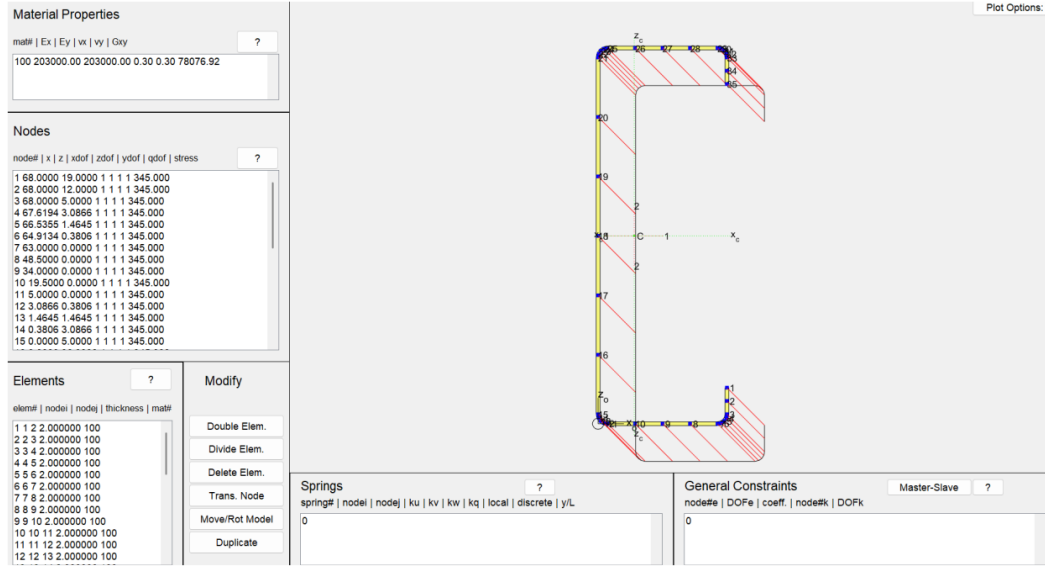
F_y = Yield stress

Bu Bölüm AISI S100:2024 Versiyonundan Alınır!



EKSENEL BASINÇ ALTINDA KESİT ANALİZİ

Kesit Özellikleri :
C 200x70x20x2 MM
Malzeme Özellikleri :
 $f_y : 345$



The screenshot displays the software interface for a cross-section analysis. On the left, the 'Material Properties' section shows 'mat# | Ex | Ey | vx | vy | Gxy' with values for material 100. The 'Nodes' section lists 15 nodes with their coordinates and stress values. The 'Elements' section lists 12 elements with their node numbers and thickness. The 'Skins' and 'General Constraints' sections are also visible. On the right, a 3D diagram of the C-channel cross-section is shown with a coordinate system (x_c, z_c) and nodes numbered 1 through 15.

	L(m)	Pnl20	Pnl24	Pnd20	Pnd24	Mn20(kNm)	Mn24(kNm)
0	2.5	36.1068	40.79557	6.550923	23.48262	13.84683	14.62195
1	3	34.61812	38.08171	6.550923	23.48262	13.84683	14.62195
2	4	31.09696	31.96409	6.550923	23.48262	13.84683	14.62195

L m	Pne kN	lambda c	Pcrl	Pcrl	Pnl 2020	Pnl 2024	Pnd 2020	Pnd 2024
2.5	224.1502	0.61205	0.33799	0.571892	16.48214	40.75534	6.593035	23.48266
3	209.2079	0.73446	0.33799	0.571892	15.80883	38.03861	6.593035	23.48266
4	175.5146	0.97928	0.33799	0.571892	14.21589	31.91272	6.593035	23.48266



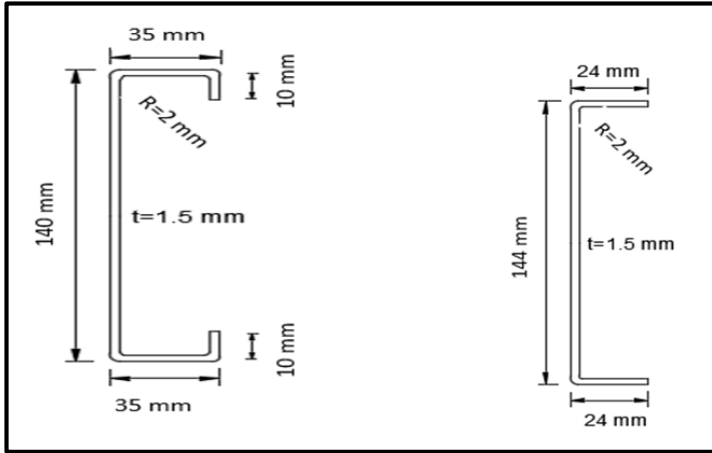
DENEYSEL ÇALIŞMALAR



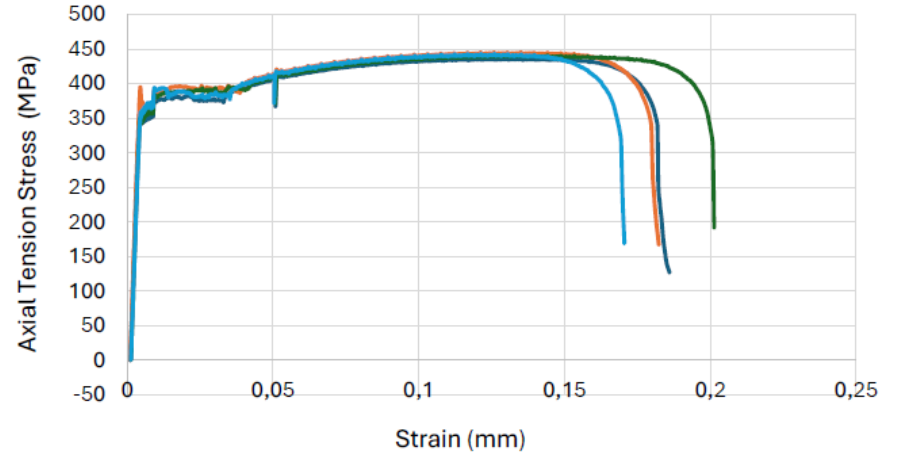
KISA KOLON TESTLERİ

Kesit Özellikleri :
C 140x35x10x1.5 MM
Malzeme Özellikleri :
S355GD

Kesit Özellikleri :
U 144x24x1.5 MM
Malzeme Özellikleri :
S345GD

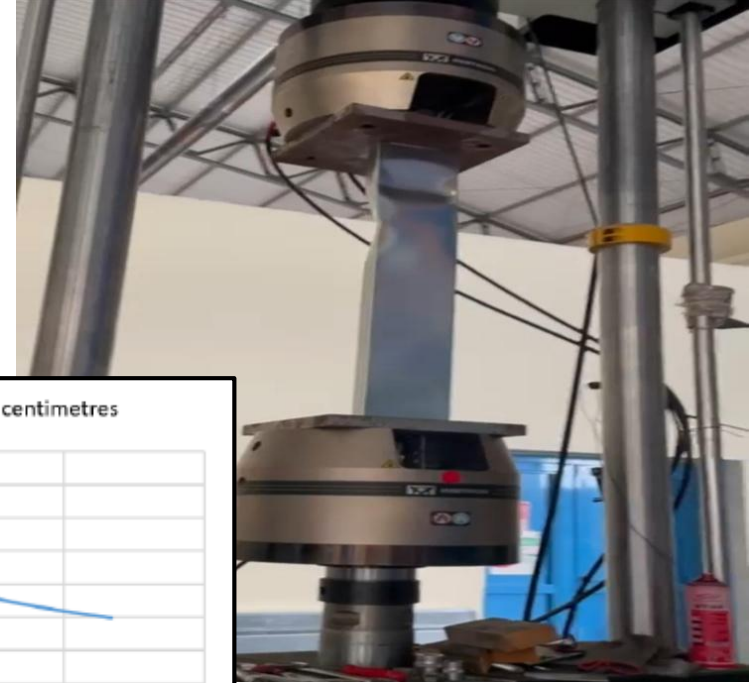
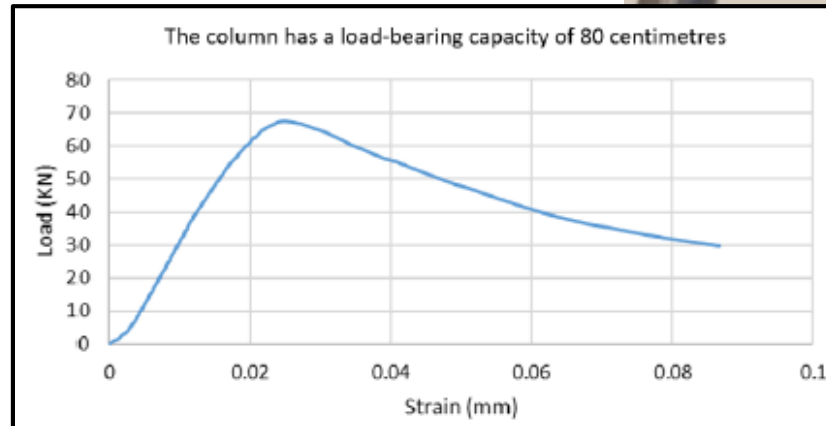
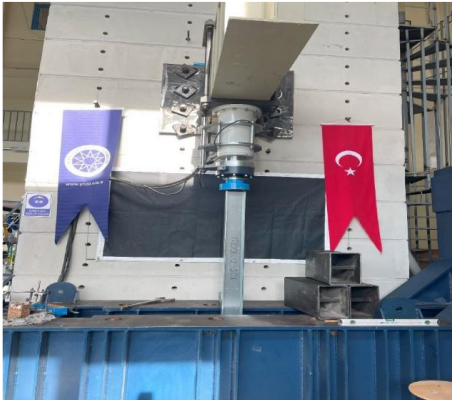
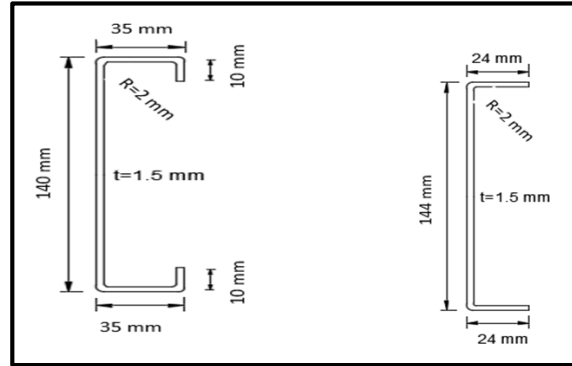
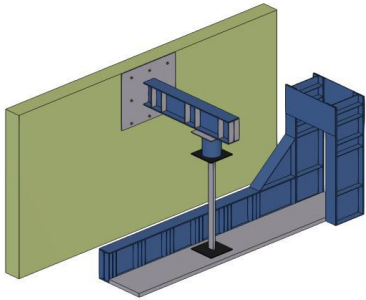


Stress-Strain Graphic



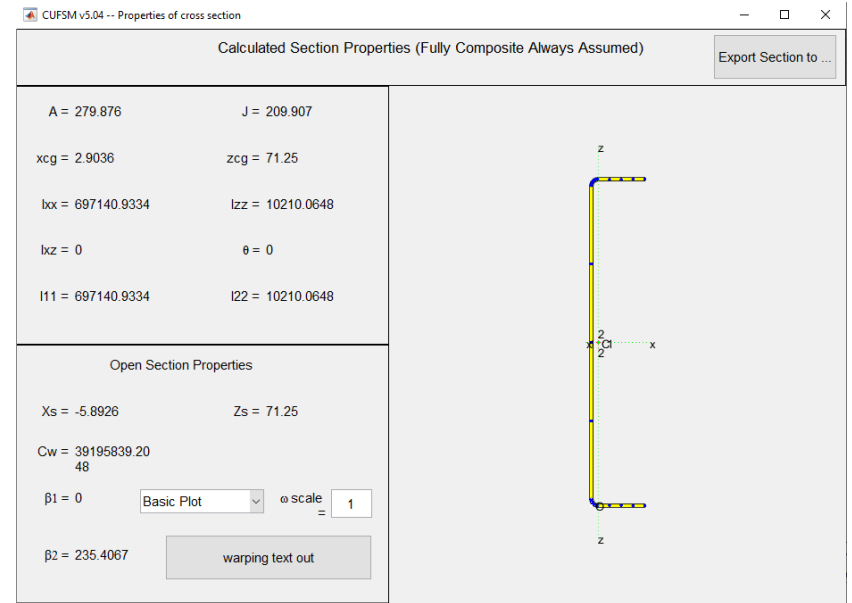
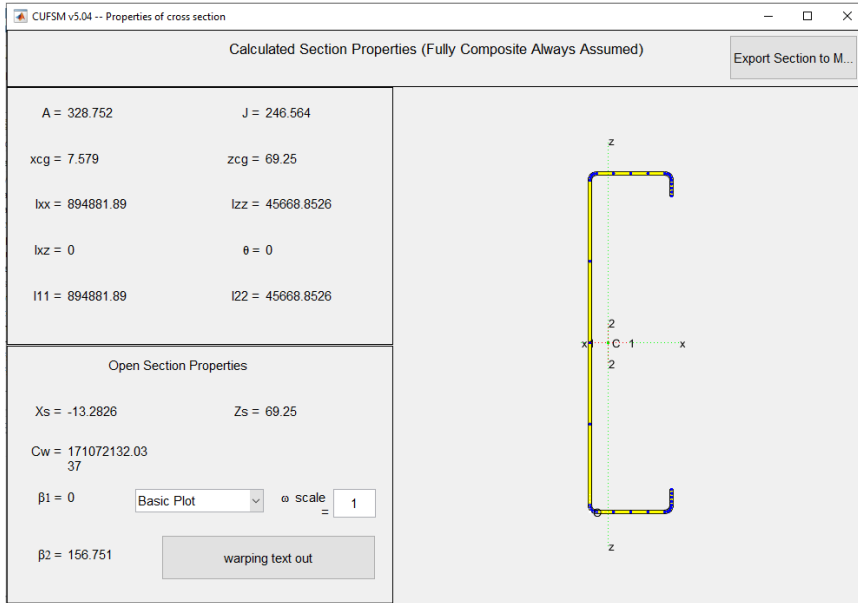
KISA KOLON TESTLERİ

NUMUNE TESTLERİ



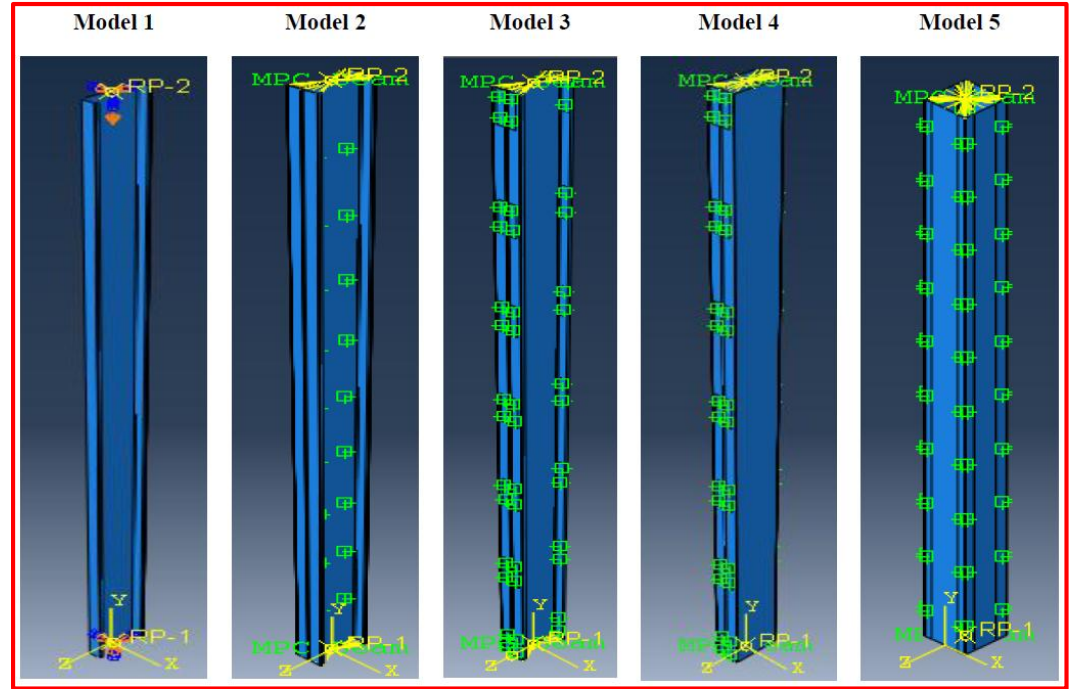
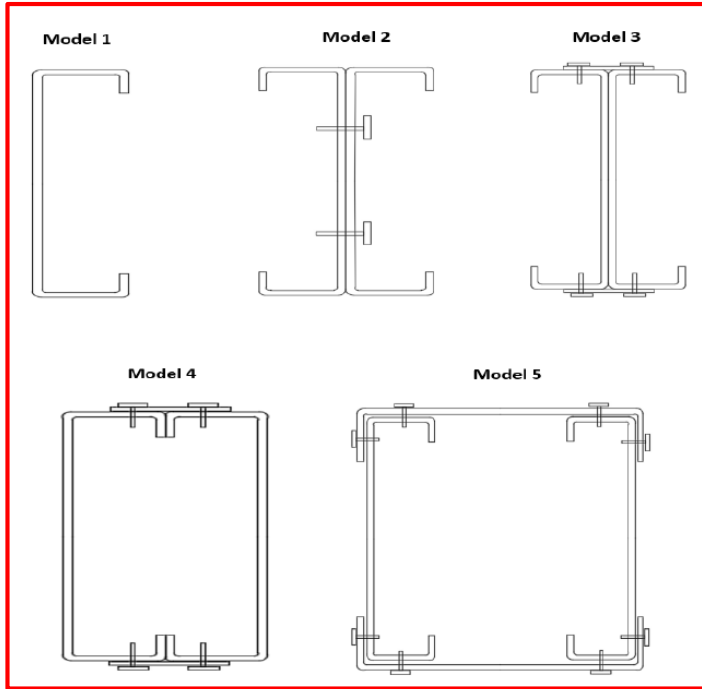
KISA KOLON TESTLERİ

CIFSM ANALİZLERİ

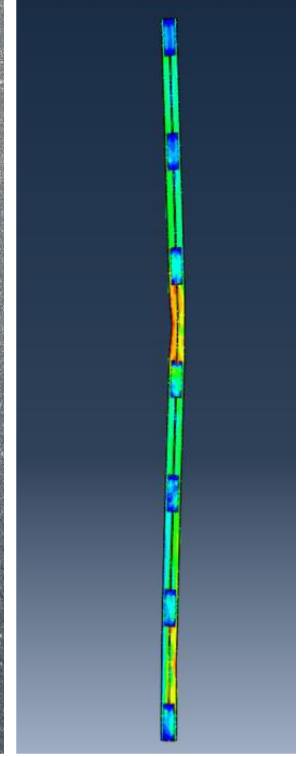
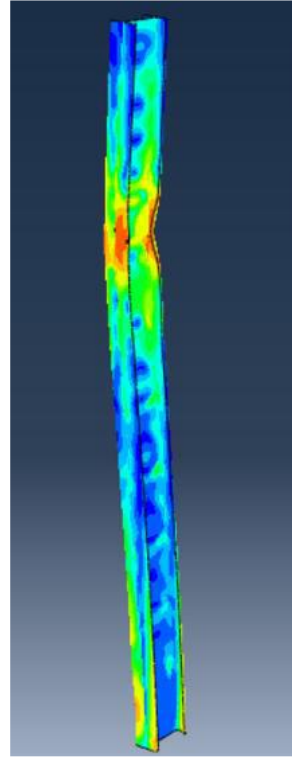
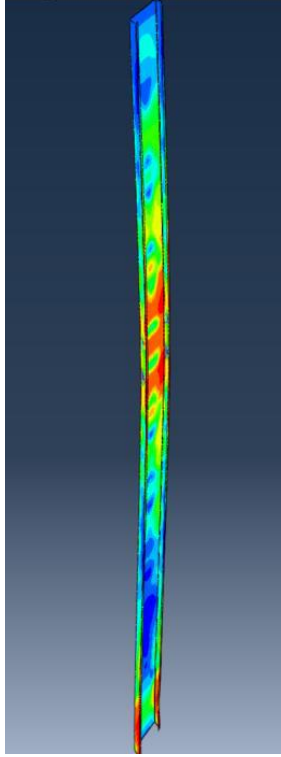


KISA KOLON TESTLERİ

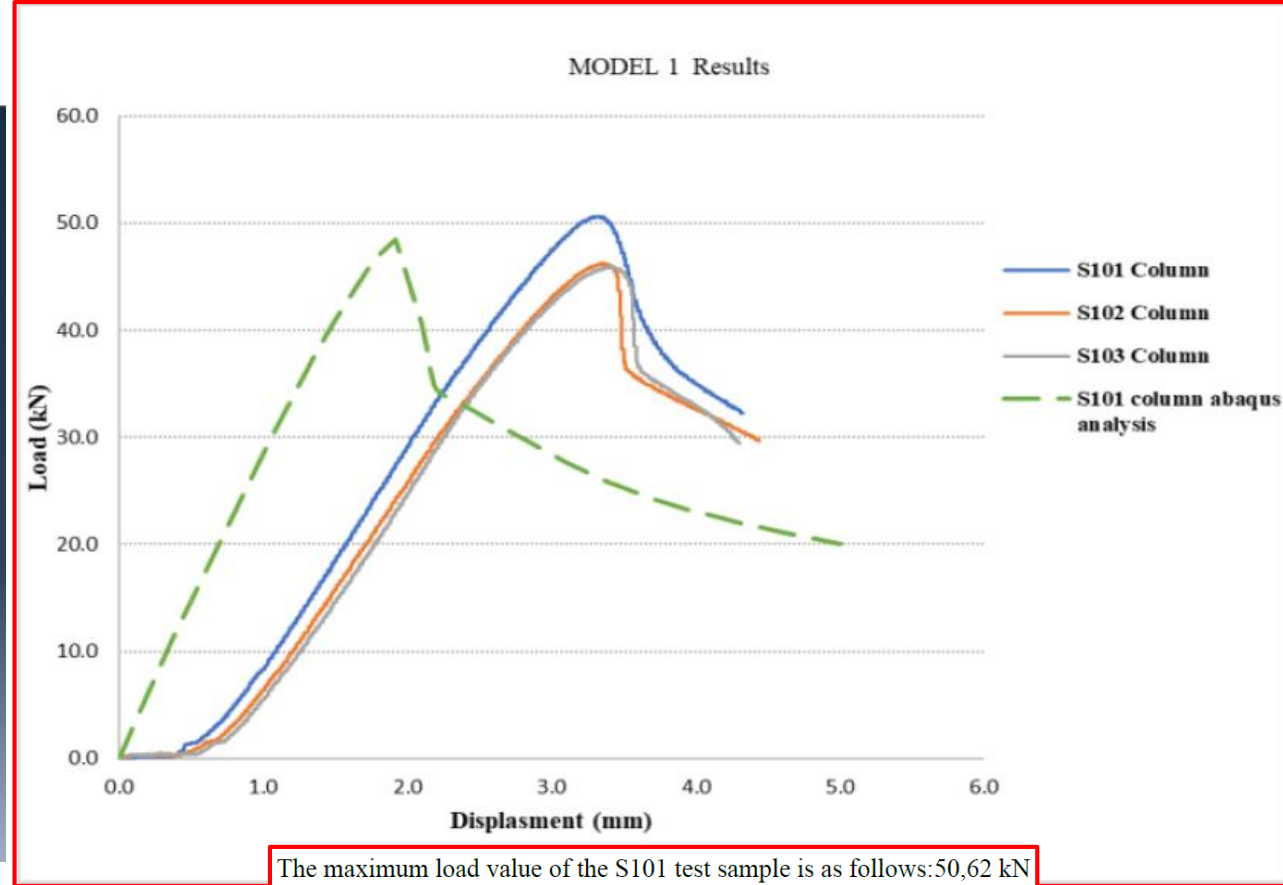
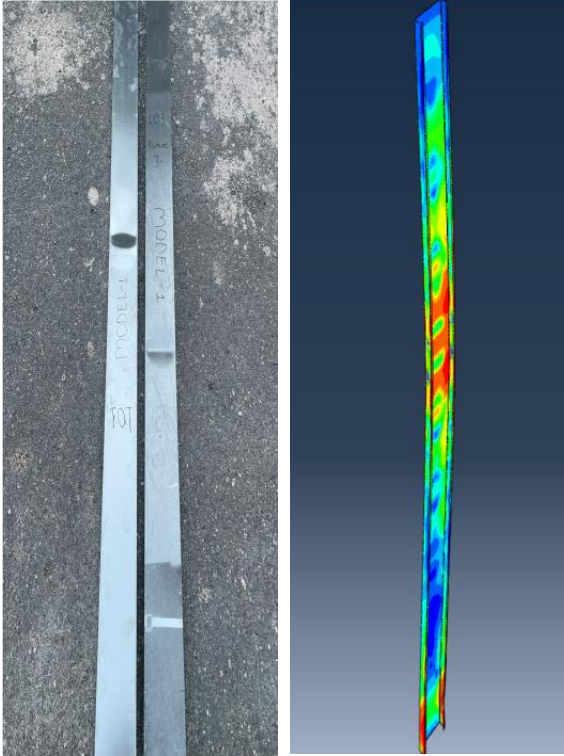
ABAQUS ANALİZLERİ



KISA KOLON TESTLERİ



KISA KOLON TESTLERİ



The maximum load value of the S101 test sample is as follows: 50,62 kN
The maximum load value of the S102 test sample is as follows: 46,24 kN
The maximum load value of the S103 test sample is as follows: 45,9 kN
Maximum load value of the S101 Abaqus model: 48,43 kN



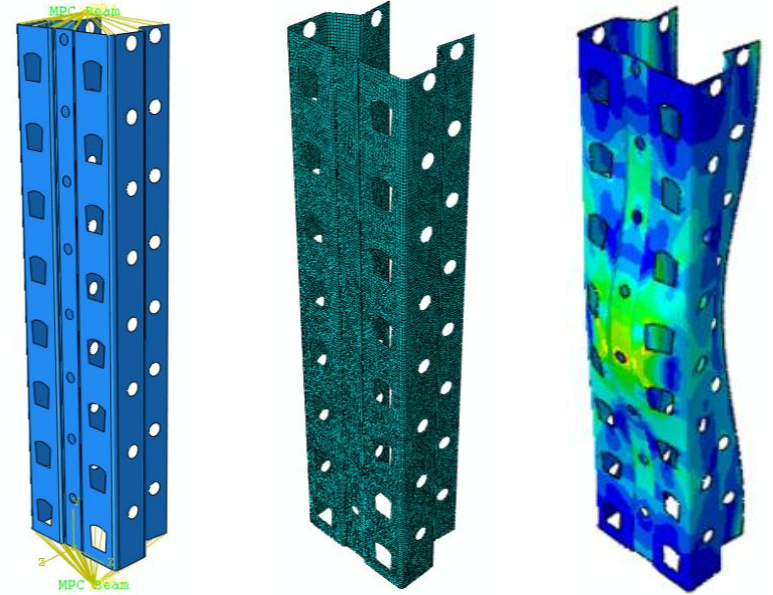
KISA KOLON TESTLERİ ETKİN ALAN HESABI

EN15512 'e göre
Boy doğrultusunda
düzenli deliklere sahip
endüstriyel raf sistemi
kolon profillerinin
deneysel çalışmaları
yürütülmüştür.
Numuneler **300-400 mm**
uzunluğunda farklı kesit
tiplerindedir.



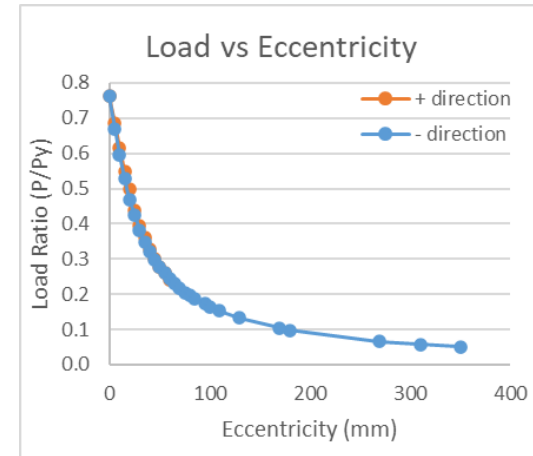
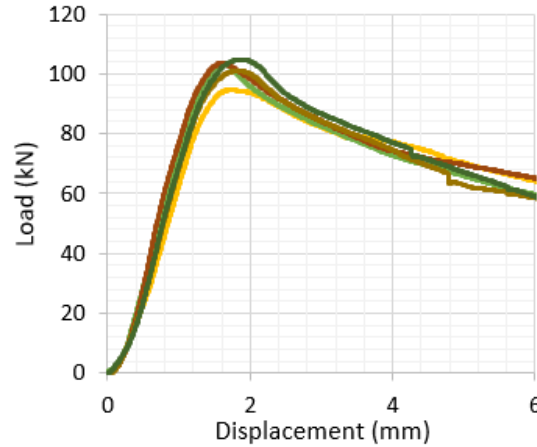
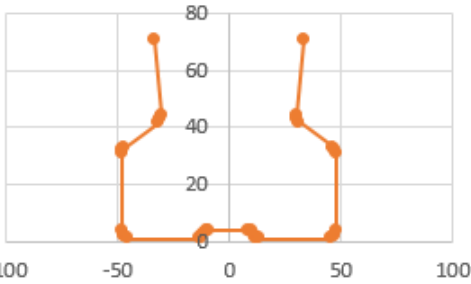
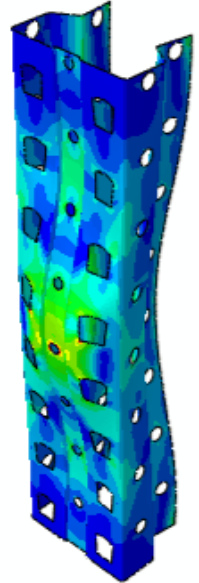
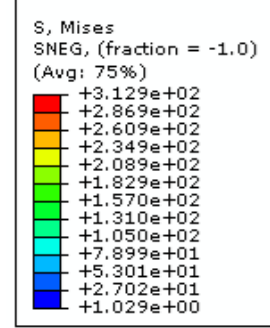
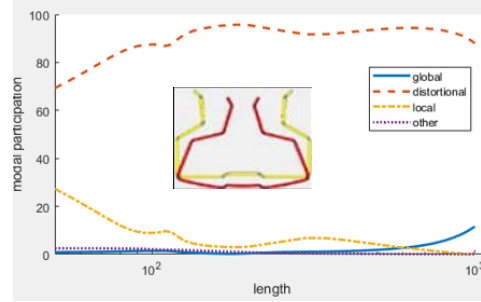
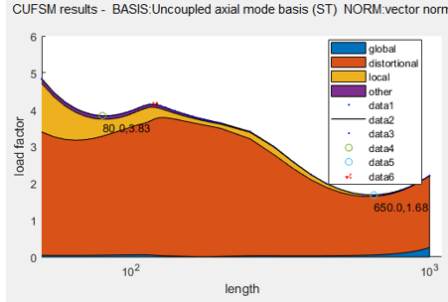
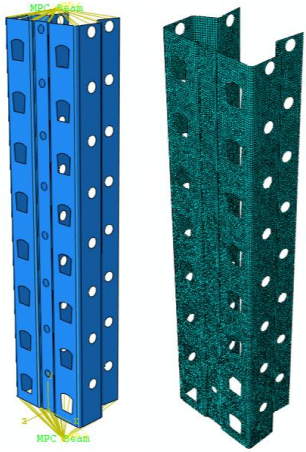
KISA KOLON TESTLERİ ETKİN ALAN HESABI

EN15512 'e göre gerçekleştirilen testlerin doğrulaması nümerik analiz ve sonlu eleman modelleri ile desteklenmiştir.



KISA KOLON TESTLERİ ETKİN ALAN HESABI

EN15512 'e göre gerçekleştirilen testlerin doğrulaması nümerik analiz ve sonlu eleman modelleri ile desteklenmiştir.



SONUÇ & DEĞERLENDİRMELER



Yönetmeliklerin Önemi ve Eksikliklerin Giderilmesi: Türkiye'de hafif çelik yapı tasarımı için hazırlanan "Hafif Çelik Binaların Tasarımı İçin Esaslar (Taslak)" yönetmeliğinin, sektördeki standart boşluğunu doldurmada kritik bir adımdır.

Ortalama Akma Gerilmesi Kavramı: Özellikle malzeme dayanımı hesaplarında (f_{ya} kavramı), Türkiye'deki malzeme sınıflandırmasına daha uygun olan EUROCODE formüllerinin tercih edilmesi ile yönetmeliğe eklenebilir.

Kesit Analizinde Hassasiyet (Burkulma Modları): Hafif çelik profiller ince cidarlı oldukları için, geleneksel ağır çelikten farklı olarak yerel, distorsiyonel ve genel burkulma modlarına karşı çok hassastır. Tasarım aşamasında sadece akma gerilmesi değil, bu burkulma modlarının etkileşimini içeren kapsamlı analizlerin (CUFSM vb. yazılımlarla) yapılması zorunluluktur. Kesit tipine göre etkili alan hesaplamaları içinde deneysel çalışmaların yapılması zorunluluktur.



DSM (Doğrudan Dayanım Metodu) Avantajı: Sunumda vurgulandığı üzere, Doğrudan Dayanım Metodu (DSM), karmaşık kesitlerin bütünsel kapasitesini hesaplamada ve elemanlar arası etkileşimi dikkate almada Etkin Genişlik Yöntemi'ne (EWM) göre daha hızlı ve güvenilir sonuçlar sunmaktadır . Taslak yönetmelikte bu yöntemin yer alması, optimize edilmiş modern kesitlerin kullanımı için büyük bir avantajdır

DeneySEL ve Nümerik Uyumluluk: Yapılan kısa kolon testleri ve deneysel çalışmaların, nümerik analizler ve sonlu eleman modelleri ile desteklendiği görülmüştür . Bu durum, önerilen tasarım metodolojilerinin deneysel olarak doğrulandığını ve güvenle kullanılabileceğini kanıtlamaktadır .



Tasarımın Üç Ana Direği ve Uygulama Kontrolü: Başarılı bir hafif çelik yapı için sadece doğru hesap yeterli değildir; malzeme kalitesi (S350GD+Z), doğru kesit analizi ve sismik davranış (diyafram ve deprem paneli mantığı) bir bütün olarak ele alınmalıdır . Ayrıca, imalat ve montaj aşamasındaki delik toleransları ve bağlantı detayları gibi kriterlerin (Tablo 10.1) tasarım aşamasındaki kabullerle örtüşmesi hayati önem taşır .

Gelecek Perspektifi: Türkiye'nin dünya ham çelik üretimindeki %2'lik payı ve hafif çelik segmentindeki büyüme potansiyeli göz önüne alındığında, yönetmeliklere uygun mühendislik çözümlerinin yaygınlaşması sektörün global rekabet gücünü artıracaktır .





HAFİF ÇELİK YAPILARIN YÖNETMELİKLERE GÖRE İNCELENMESİ



TEŞEKKÜRLER

*Doç. Dr. Fatih ALEMDAR
Yıldız Teknik Üniversitesi*



Katkılarıyla...