



INSA 473 Çelik Tasarım Esasları



İÇERİK

- Yapı Malzemesi Olarak Çelik
- Birleşim Araçları
- Çekme Çubukları
- Basınç Çubukları
- Eğilmeye Çalışan Elemanlar-Kirişler
- Kiriş-kolonlar
- Birleşimler



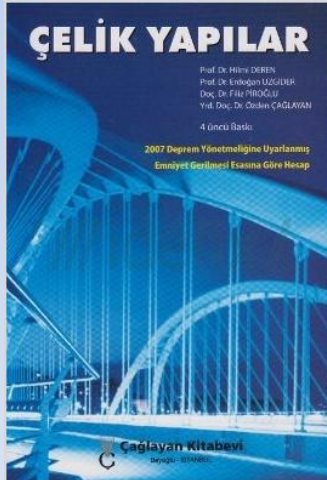


INSA 473 Çelik Tasarım Esasları



Yararlanılabilecek Kaynaklar

- Çelik Yapılar
Prof. Dr. Hilmi Deren,
Prof. Dr. Erdoğan Uzgider,
Doç. Dr. Filiz Piroğlu,
Yrd. Doç. Dr. Özden Çağlayan
Çağlayan Kitabevi
- Çelik Yapılar ve
Kısa Bilgi ve Çözülmüş
Problemler
Prof. Dr. A. Zafer Öztürk
Birsen Yayınevi
- Çelik Yapılar
M. Ruhi Aydın
Ayten Günaydın
Birsen Yayınevi





Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Çeliğin Tanımı ve Özellikleri

Çelik mekanik olarak işlenebilen (dövme, presleme ve haddeleme) demir alaşımıdır. Kristal bir yapıya sahip olan çelik homojen ve izotrop bir malzeme karakteri gösterir.

Çeliğin bünyesinde



karbon (C)

kükürt (S)

fosfor (P)

azot (N)

manganez (Mn)

bakır (Cu) vb. elementler belirli oranlarda bulunur.

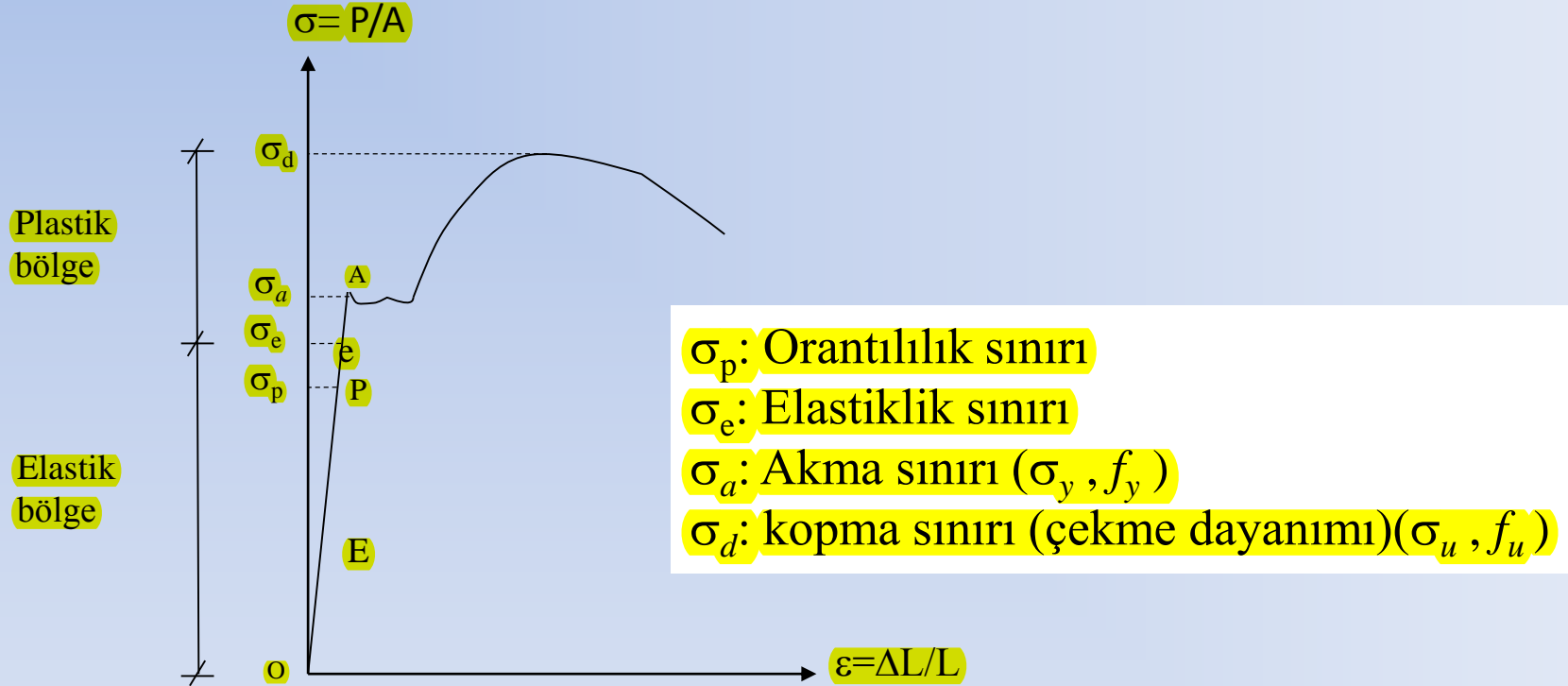
Karbon miktarının artmasıyla çelik sertleşir ve dayanımı artar. Ancak daha kırılgan ve gevrek bir malzeme meydana gelir.



Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Çeliğin gerilme – şekil değiştirme ($\sigma - \epsilon$) diyagramı





Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Üretim yöntemi ve alaşımlara bağlı olarak değişik inşaat çelikleri üretilmektedir. Yapı çelikleri kopma mukavemetleri ile adlandırılabilir.

St37(Fe 37) Normal yapı çeliği ($\sigma_d \geq 37 \text{ kg/mm}^2$)

St52(Fe 52) Yüksek mukavemetli çelik ($\sigma_d \geq 52 \text{ kg/mm}^2$)

Burada 37 ve 52 kg/mm² cinsinden çeliğin kopma mukavemetini gösterir.

Diğer bir adlandırma S 235 şeklindedir, burada 235 akma mukavemetidir ($\sigma_a \geq 235 \text{ N/mm}^2$)

Her tür çelik için diğer mekanik özellikler,

Özellik	Simge	Değer	Birim
Elastisite modülü	E	210000	MPa
Kayma modülü	G	81000	MPa
Poisson oranı	ν	0.3	-
Yoğunluk	ρ	7850	kg/m ³
Isıl genleşme katsayısı	α_t	0.000012	1/°C



Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Çelik Yapıların Üstünlükleri

- Homojen bir malzemedir
- Büyük kapasiteli kaldırma araçlarıyla kısa sürede montajı yapılabilmektedir. Bu şekilde zamandan ve işçilikten tasarruf sağlanır
- Montaj tamamlandığı anda tam yükü yüklenebilir
- Kalıp işçiliği gerektirmez
- İklim şartlarından etkilenmez
- Çelik yapı elemanları ile büyük açıklıklı ve yüksek yapılar yapılabilir
- Öz ağırlığı azdır
- Sünük davranış gösterdiğinden büyük şekil değiştirmeler yapabilir
- Çelik yapı elemanları değiştirilebilir, güçlendirilebilir ve sökülüp tekrar kullanılabilir



Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Çelik Yapıların Dezavantajları

- Korozyona dayanıksızdır ve bu nedenle sürekli bakım gerektirir. Boyama, betona gömme, özel alaşımlı çelik kullanma alınacak önlemlerdir



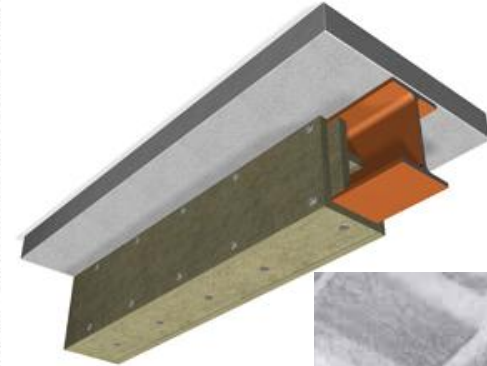
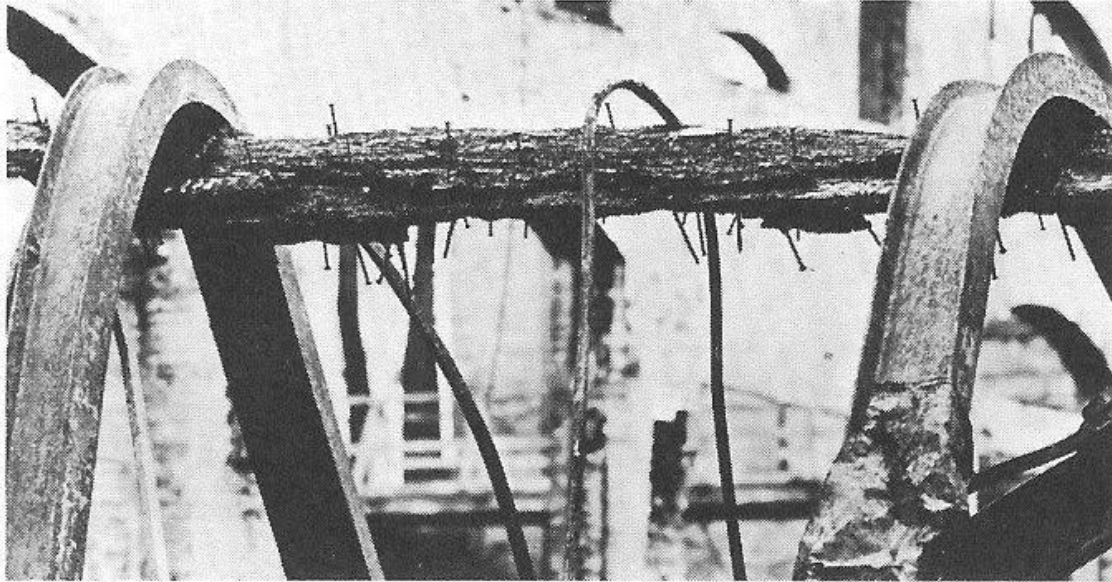


Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Çelik Yapıların Dezavantajları

- Yanıcı olmamakla birlikte yüksek sıcaklıklarda mukavemetinde ve elastisite modülünde hızlı düşüşler meydana gelir. 600°C'den sonra kullanılamaz hale gelir. Elemanın kaplanması, püskürtme sıva, yangına dayanıklı şişen boya gibi önlemler alınabilir.





Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Çelik Yapıların Dezavantajları

- Yorulma (Fatigue): Tekrarlı etkiyen statik veya dinamik yükler altında metallerde bulunan mikro çatlakların gelişmesiyle oluşur. Metal yorulması metalin ani kırılmasıyla sonuçlanır.



J. A. Birney and J. C. W. Huntley

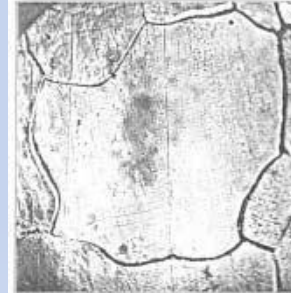


Fig. 7. Specimen after 1000 reversals of a stress of 12.4 tons per sq. inch. $\times 1000$.

Phil. Trans., A, vol. 200, Plate 9.

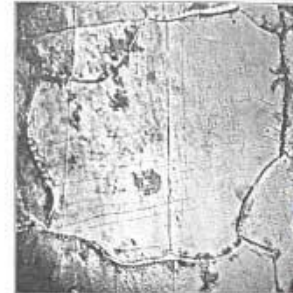


Fig. 10. Same after 5000 reversals. $\times 1000$.



Fig. 11. Same after 10,000 reversals. $\times 1000$.

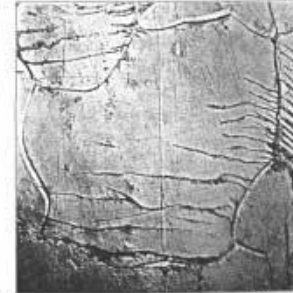


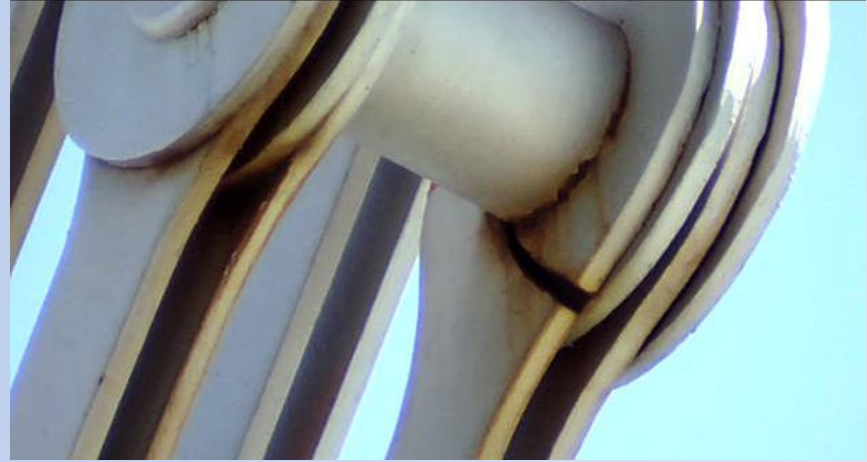
Fig. 13. Same after 40,000 reversals. $\times 1000$.



Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Yorulma (Fatigue)





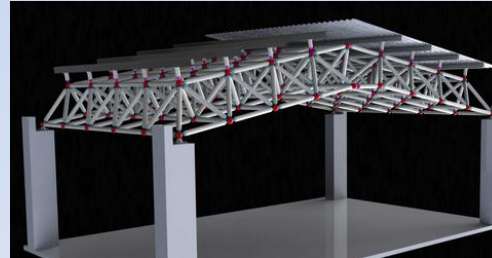
Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Çelik Yapıların Uygulama Alanları

1. Yüksek yapılar
 - Çok katlı çerçeveler,
 - T.V. kuleleri,
 - Enerji nakil hatları
2. Büyük açıklıklar

- Köprüler,
- Kubbe ve kabuk tipi yapılar
- Fabrika çerçeveleri
- Izgaralar
- Kafes sistemler
- v.b.





Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Projelendirme İlkeleri

Emniyet, ekonomi, estetik,

- 1) Taşıyıcı sistem seçimi
- 2) Yüklerin belirlenmesi
- 3) Yapının analizi
- 4) Elemanların boyutlandırılması
- 5) Çalışma esnasında yapının davranışının kontrolü

Çelik yapıların projelendirmesi için kullanılan temel standartlardan bazıları

- ✓TS648 Çelik Yapılar Hesap ve Yapım Kuralları, 1982.
- ✓TS EN 1993-1-1 Çelik yapıların tasarımı-Bölüm 1-1:Genel kurallar ve binalara uygulanacak kurallar (Eurocode 3) , 2005.
- ✓TS3357 Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Hesap ve Yapım Kuralları, 1979.
- ✓TS498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, 1997.
- ✓TS EN 1991-1-3 Yapılar üzerindeki etkiler-Bölüm 1-3:Genel etkiler-Kar yükleri (Eurocode 1), 2007.



Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Yapılarda Yükler

- Yapının öz ağırlığı
- Yapıda bulunan eşyalar, makineler, insanların ağırlığı
- Köprülerde ya da otoparklarda trafik ağırlığı
- Kar yükü
- Hareketli yüklerden kaynaklanan dinamik etkiler
- Rüzgar ve deprem yükleri
- Depolarda sıvı basıncı
- Sıcaklık değişiminden kaynaklanan kuvvetler
- Toprak basıncı ... v.b.



Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Yapılarda Yükler

ölü yükler (sabit yükler) : Etkidiğı yer ve büyüklüğü belli olan yükler. Yapının kendi ağırlığı, duvarların, döşemelerin, çatı yükü, tesisat ağırlıkları örnek olarak verilebilir.

hareketli yükler (Sabit olmayan yükler) : Yeri ve büyüklüğü değişen yükler. Taşıt yükleri, rüzgar, deprem, kar, kren yükleri örnek olarak verilebilir.

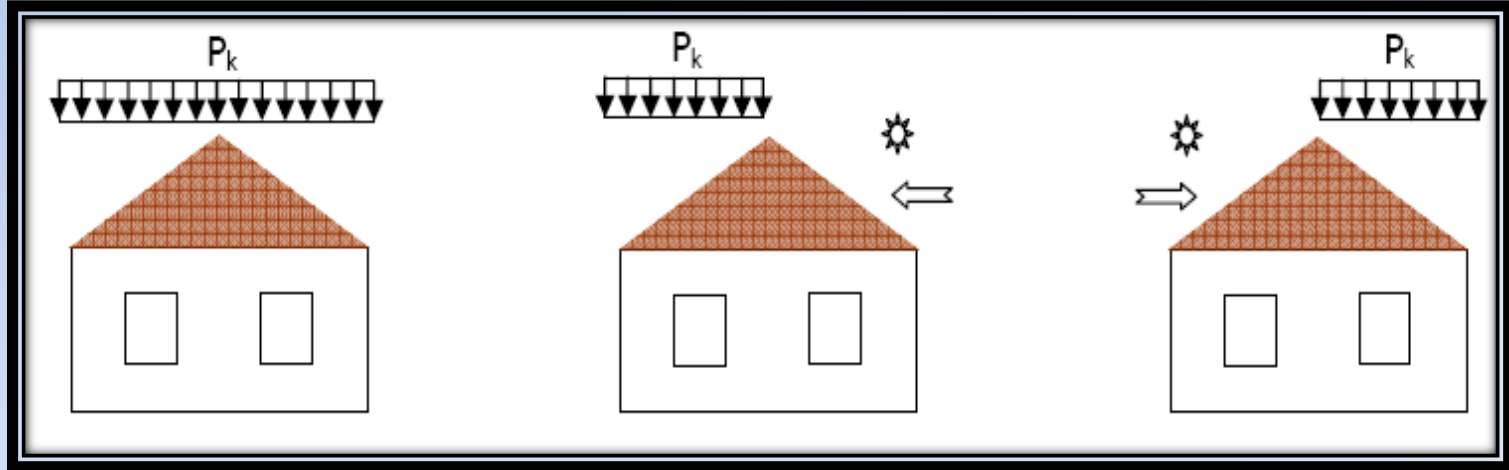


Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Kar Yükleri

Çatı kar yükleri, P_k , zemin kar yüküne, P_{k0} , çatının eğimi ve şekline göre hesaplanır. En elverişsiz iç kuvvetleri oluşturacak kar yükleri belirlenmelidir. $P_k = m \cdot P_{k0} \text{ (kN/m}^2\text{)}$



Tam kar yüklemesi

Sol yarım kar yüklemesi

Sağ yarım kar yüklemesi

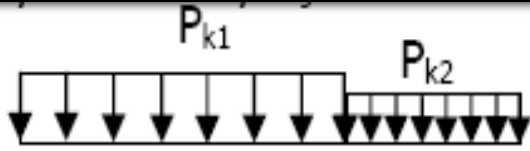


Yapı Malzemesi Olarak Çelik



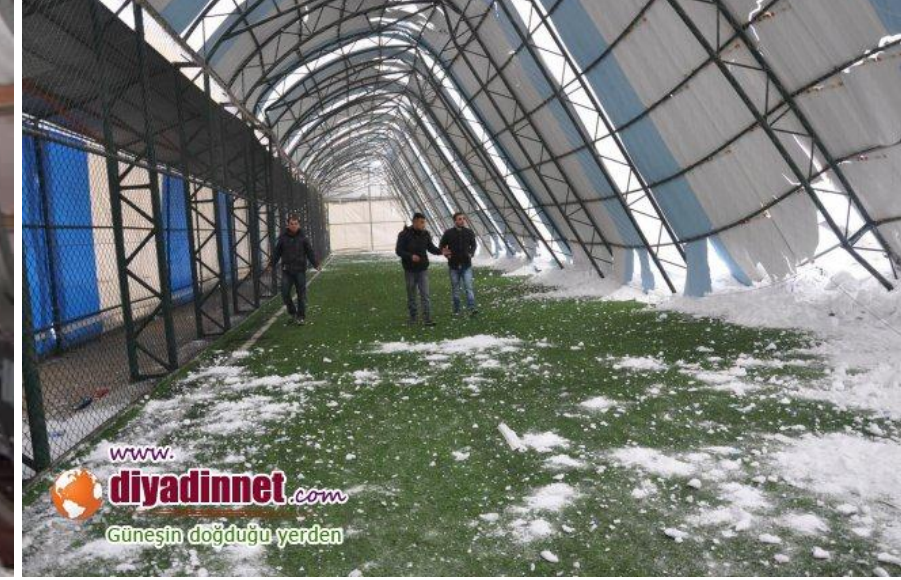
Kar Yükleri

Simetrik olmayan çatılarda farklı kar yükleri oluşabilir.



Çatı geometrisi kar birikimine neden olacak tarzda ise yine aynı çatının farklı kısımlarında farklı kar yükleri dikkate alınmalıdır.





Öz ağırlık küçük ve kesitler narin olduğu için çelik yapılarda kar yüklerinin etkisi çok fazladır.





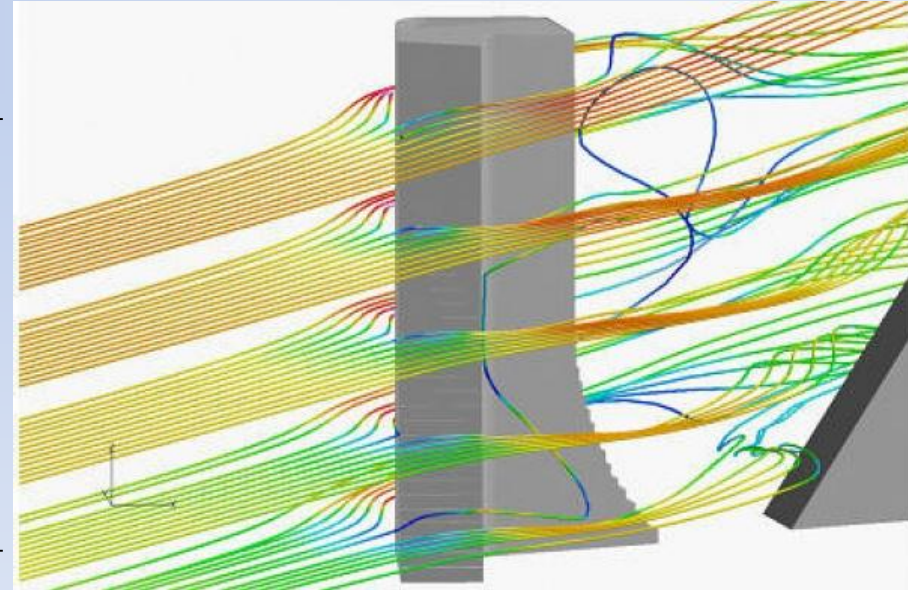
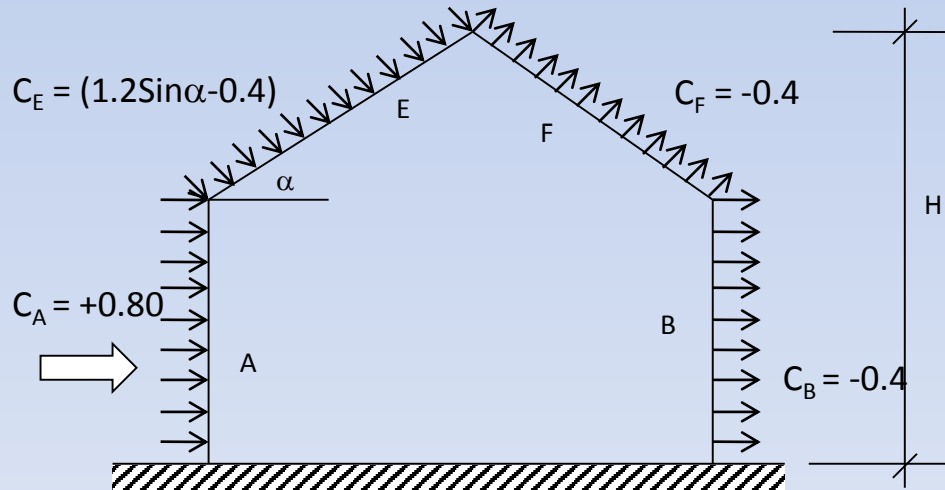
Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Rüzgar Yüğü (TS 498)

Rüzgar yüğü, P_r , rüzgarın yönüne, yapının yüksekliğı ve geometrisine bağılı olarak

$P_r = C \cdot q$ şeklinde hesaplanır.





Yapı Malzemesi Olarak Çelik

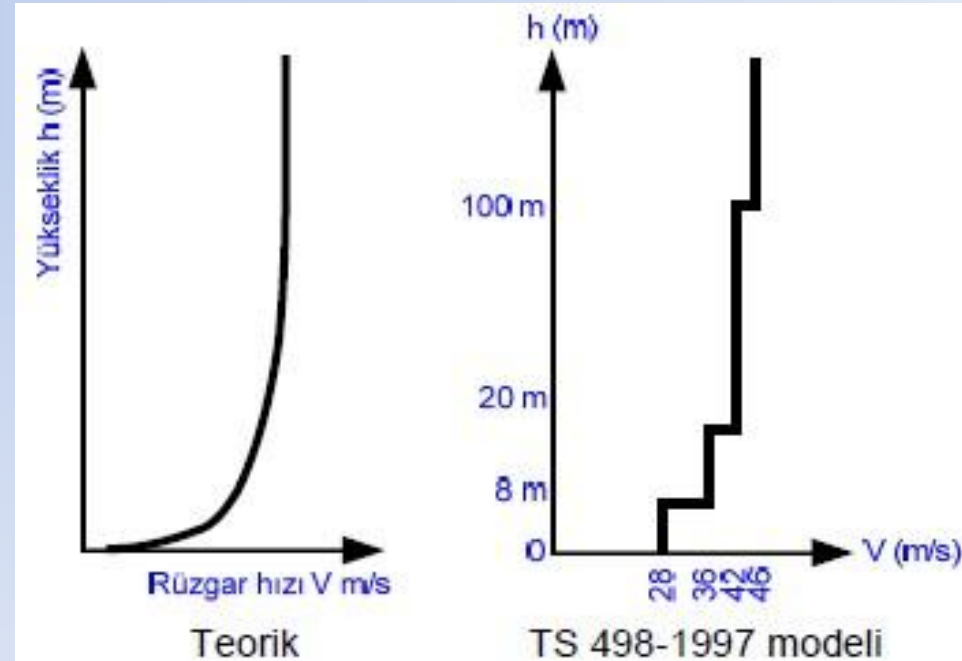


Rüzgar şiddeti q (kN/m^2), $q=V^2/1600$

Burada $V(\text{m/sn})$ cinsinden rüzgar hızını gösterir,

Rüzgar hızı ve şiddeti yapı yüksekliğine (H) bağlı olarak değişir.

Yapı Yüksekliği $H(\text{m})$	Rüzgar Hızı $V(\text{m/sn})$	Rüzgar Şiddeti $q(\text{kN/m}^2)$
0-8	28	0.5
9-20	36	0.8
21-100	42	1.1
>100	46	1.3





Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Deprem Yükleri

Deprem yükleri için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Deprem etkileri eşdeğer statik yüklere dönüştürülerek yapının ağırlığı ile orantılı şekilde dikkate alınabilir. Bu yöntem az katlı yapılar için yeterli bir yaklaşım olsa da, gökdelenler, asma köprüler gibi önemli yapılarda tam bir dinamik analiz mutlaka gereklidir.

2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nin (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik) dördüncü bölümü deprem bölgelerinde yapılacak tüm çelik binaların depreme dayanıklı olarak tasarımına yönelik kuralları içermektedir.



Yapı Malzemesi Olarak Çelik

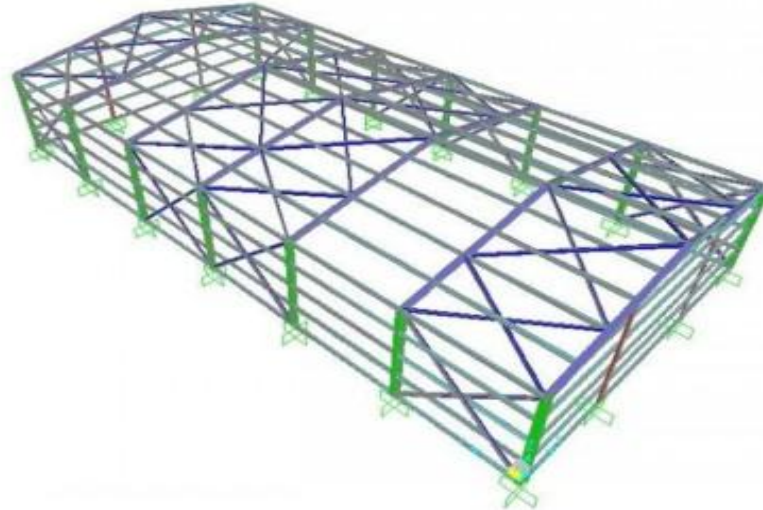


Çelik Yapılarda Hesap Yöntemleri

Çelik yapıların hesabında **emniyet gerilmeleri yöntemi** (elastik teori) ve **taşıma gücü yöntemi** (elastik-plastik teori) kullanılabilmektedir.

Emniyet gerilmeleri yöntemi (TS 648 Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları)

Taşıma gücü yöntemi (TS EN 1993-1-1 Çelik Yapıların Tasarımı-Genel Kurallar)





Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Emniyet gerilmeleri yöntemi (TS 648 Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları)

Emniyet gerilmeleri yöntemi → malzeme lineer elastik olarak dikkate alınır

$$\sigma_{em} = \frac{1}{n} \sigma_a$$

n : güvenlik katsayısı ($n=1.67$)

$$\tau_{em} = \frac{\sigma_{em}}{\sqrt{3}}$$

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{em} \quad \tau_{max} \leq \tau_{em}$$

sağlanmalıdır.





Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Yükleme Durumları ve Emniyet Gerilmeleri (TS 648)

TS648 de yapıya etkiyen yükler esas ve ilave yükler olarak ikiye ayrılmaktadır.

•**Esas Yükler (EY):** Yapı üzerinde kalıcı olan yüklerdir. Öz ağırlık, insanların, eşyaların ve makinelerin yükleri, kar yükü, kren yükü, köprülerde trafik yükü, v.b.

•**İlave Yükler (IY):** Seyrek etkiyen ve sürekli olmayan yüklerdir. Rüzgar etkisi, deprem etkisi, fren kuvvetleri, montaj aşamasındaki yükler, darbe ve sıcaklık değişimleri, v.b.

Çelik yapılarda hesap ve denetimler için **EY** yüklemesi olarak esas yüklerin toplamı, **EIY** yüklemesi olarak esas ve ilave yüklerin toplamı (**EY+IY**) dikkate alınmaktadır.



Yapı Malzemesi Olarak Çelik



St37 için alınan emniyet gerilmeleri, (TS648)

$$\sigma_{em}(EY) = 0.6\sigma_a = 0.6 \times 2400 = 1440 \text{ kg/cm}^2 \quad \left(\sigma_{em} = \frac{\sigma_a}{n}, \quad n = 1.67 \right)$$

$$\sigma_{em}(EIY) = 1.15\sigma_{em}(EY) = 1.15 \times 1440 = 1656 \text{ kg/cm}^2$$

Gerilme Türü	EY	EIY
Normal (σ)	1440 kg/cm ² 141 N/mm ² (MPa)	1656 kg/cm ² 162 N/mm ² (MPa)
Kayma (τ)	831 kg/cm ² 82 N/mm ² (MPa)	956 kg/cm ² 94 N/mm ² (MPa)

σ ve τ 'nin birlikte bulunması durumunda (bileşik mukavemet hali) kıyaslama gerilmesi, σ_v , hesaplanır.

$$TS648' \text{ egöre düzlemde } \sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \sigma_{v,em} = \begin{cases} 0.75 \sigma_a(EY) \\ 0.80 \sigma_a(EIY) \end{cases} \text{ olmalıdır}$$



Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Taşıma gücü yöntemi (TS EN 1993-1-1 Çelik Yapıların Tasarımı-Genel Kurallar)

Temel yükler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir,

G : sabit yük

Q : normal katlardaki hareketli yük

Q_r : çatı katı hareketli yükü

P_k : kar yükü

W : rüzgar yükü

E : deprem yükü

Analizde yukarıdaki semboller ile tanımlanan yüklerin farklı katsayılar ile çarpılması sonucu elde edilen yük birleşimleri kullanılır.



Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Yük ve Dayanım Katsayıları

TS EN 1993-1-1 (EC3) yönetmeliğinde yük birleşimleri sabit ve hareketli yükler için 1.35 ve 1.50 olarak alınmaktadır.

Yükler için tasarım değerleri, F_d

$$F_d = \gamma_F F_k$$

$F_k \rightarrow$ karakteristik yük değeri
 $\gamma_F \rightarrow$ kısmi güvenlik katsayısı

sabit yükler 1.35
hareketli yükler için 1.50

Enkesitlerin taşıma gücü, X_d

$$X_d = X_k / \gamma_m$$

$X_k \rightarrow$ karakteristik dayanım

$\gamma_m \rightarrow$ malzeme için kısmi güvenlik katsayısı



Yapı Malzemesi Olarak Çelik



Yük ve Dayanım Katsayıları

TS EN 1993-1-1 (EC3) yönetmeliğinde anma gerilmeleri kullanılarak bulunacak olan kesit taşıma güçleri $\gamma \geq 1.0$ gibi bir katsayıya bölünerek bulunur.

Eleman için tasarım taşıma gücü, R_d

$$R_d = R_k / \gamma_M$$

R_k → en-kesitin karakteristik dayanımı

γ_M → eleman için kısmi güvenli katsayısı

Taşıma gücü sınır durumları için (TS EN 1993-1-1)

Sınıftan bağımsız olarak enkesitlerin dayanımı için

$$\rightarrow \gamma_{M0} = 1.0$$

Burkulmaya karşı enkesitlerin dayanımı için

$$\rightarrow \gamma_{M1} = 1.0$$

Çekmeye maruz enkesitlerin çatlamaya karşı dayanımı

$$\rightarrow \gamma_{M2} = 1.25$$

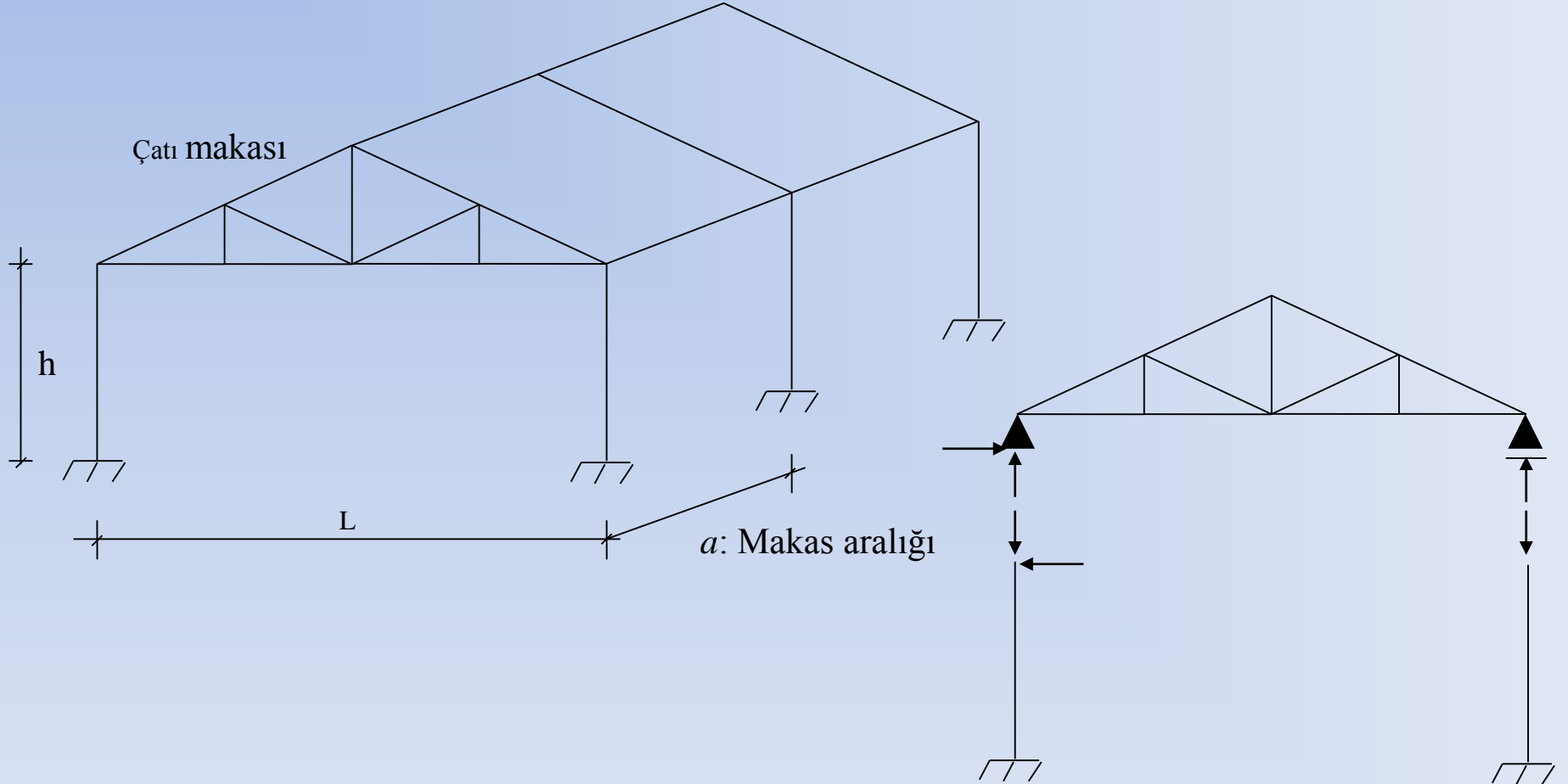


Çelik Çatılarda Yük Hesabı





Kafes Sistem Yük Hesabı

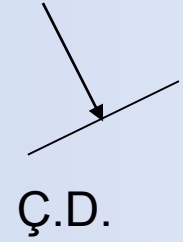
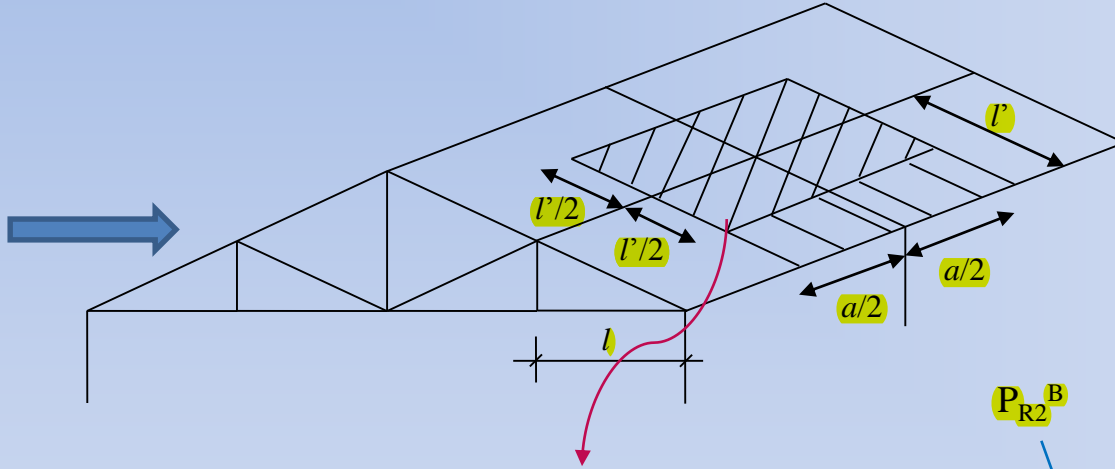




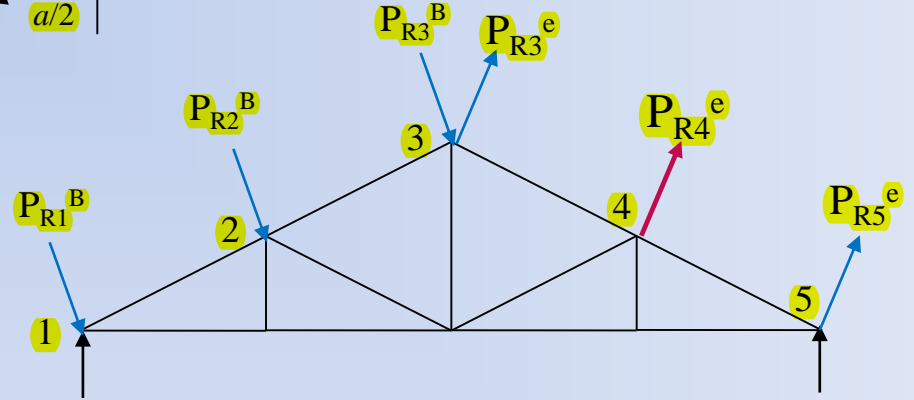
Kafes Sistem Hesabı



Rüzgar yükü (Çatı Düzleminde ÇD)



$$P_{R4}^e = P_R \times a \times \left(\frac{l'}{2} + \frac{l'}{2} \right) \text{ kN}$$
$$P_R \rightarrow \text{kN} / \text{m}^2$$



En elverişsiz iç kuvvetler hesaplanmalıdır



INSA 473 Çelik Tasarım Esasları

