



TÜRK STANDARDI
TURKISH STANDARD

TS 648
Aralık 1980

1.Baskı.Baskı

ICS 91.080.10

ÇELİK YAPILARIN HESAP VE YAPIM KURALLARI
Building Code for Steel Structures

TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ
Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA

- Bugünkü teknik ve uygulamaya dayanılarak hazırlanmış olan bu standardın, zamanla ortaya çıkacak gelişme ve değişikliklere uydurulması mümkün olduğundan ilgililerin yayınları izlemelerini ve standardın uygulanmasında karşılaştıkları aksaklıkları Enstitümüze iletmelerini rica ederiz.
- Bu standardı oluşturan Hazırlık Grubu üyesi değerli uzmanların emeklerini; tasarılar üzerinde görüşlerini bildirmek suretiyle yardımcı olan bilim, kamu ve özel sektör kuruluşları ile kişilerin değerli katkılarını şükranla anarız.



Kalite Sistem Belgesi

İmalât ve hizmet sektörlerinde faaliyet gösteren kuruluşların sistemlerini TS EN ISO 9000 Kalite Standardlarına uygun olarak kurmaları durumunda TSE tarafından verilen belgedir.



Türk Standardlarına Uygunluk Markası (TSE Markası)

TSE Markası, üzerine veya ambalâjına konulduğu malların veya hizmetin ilgili Türk Standardına uygun olduğunu ve mamulle veya hizmetle ilgili bir problem ortaya çıktığında Türk Standardları Enstitüsü'nün garantisi altında olduğunu ifade eder.



Kalite Uygunluk Markası (TSEK Markası)

TSEK Markası, üzerine veya ambalâjına konulduğu malların veya hizmetin henüz Türk Standardı olmadığından ilgili milletlerarası veya diğer ülkelerin standardlarına veya Enstitü tarafından kabul edilen teknik özelliklere uygun olduğunu ve mamulle veya hizmetle ilgili bir problem ortaya çıktığında Türk Standardları Enstitüsü'nün garantisi altında olduğunu ifade eder.

DİKKAT!

TS işareti ve yanında yer alan sayı tek başına iken (TS 4600 gibi), mamulün Türk Standardına uygun üretildiğine dair üreticinin beyanını ifade eder. **Türk Standardları Enstitüsü tarafından herhangi bir garanti söz konusu değildir.**

Standardlar ve standardizasyon konusunda daha geniş bilgi Enstitümüzden sağlanabilir.

TÜRK STANDARDLARININ YAYIN HAKLARI SAKLIDIR.

İÇİNDEKİLER

0 - KONU, TANIM, KAPSAM.....	4
1 - PROJE ESASLARI.....	20
2 - HESAP ESASLARI.....	125
3 - ÖZEL SOYUTLANDIRMA KURALLARI.....	257
4 - EMNİYET GERİLMELERİ.....	997
5 - BİRLEŞİM ARAÇLARI.....	1021
6 - TERTİP KURALLARI.....	1062

ÇELİK YAPILARIN HESAP VE YAPIM KURALLARI

0 - KONU, TANIM, KAPSAM

0.1 - KONU

Bu standard, çelik yapıların hesap ve yapım kurallarını belirler.

0.2 - TANIMLAR

0.2.1 - Normal Yapı Çeliği

Normal yapı çeliği fiziksel ve kimyasal özellikleri TS 908 ¹⁾, TS 909, TS 910, TS 911, TS 912, TS 913 ve TS 2162 deki Ç 37 (Fe 37) işaretli mamullere uyan çeliklerdir.

0.2.2 - Yüksek Dayanımlı Çelikler

Yüksek dayanımlı çelikler, fiziksel ve kimyasal özellikleri TS 908, TS 909, TS 910, TS 911, TS 912 TS 913 ve TS 2162 deki Ç 50 (Fe 50) ve daha yukarı akma sınırı olan mamullere uyan çeliklerdir.

0.3 - KAPSAM

Bu standard, kalınlığı en az 4 mm olan bütün taşıyıcı çelik yapı eleman ve bileşenleri ile portatif yapılar ve kalıp iskeleleri gibi hertürlü geçici çelik yapıları kapsar. Yüksek gerilim hatlarının pylonları, kreyn, demiryolu, karayollarında kullanılan köprüler ve benzeri özel çelik yapıları kapsamaz.

1 - PROJE ESASLARI

Bir çelik yapı projesi aşağıda belirtilen dayanım hesapları ile konstrüksiyon resimlerini içine almalıdır.

1.1 - Hesaplarda bütün taşıyıcı yapı kısımları için gerekli gerilme ve diğer emniyet tahkikleri, açık ve kolaylıkla incelenebilecek bir şekilde gösterilmeli ve her bir yapı kısmında kullanılması öngörülen malzeme cinsi de bildirilmelidir. Çelik yapıların proje, hesap ve uygulama işlerini bu teknik konularda yetkili uzman veya yükleniciler yapabilir.

1.2 - Konstrüksiyon resimlerinde taşıyıcı sistemlerinin tümü ve kısımları uygun ölçekle gösterilmeli, imalatın ve dayanım hesaplarının kontrolü için gerekli boyutlar da yazılmış olmalıdır. Yük taşıyan diğer yapı kısımları da (döşemeler, duvarlar gibi) resimlerde gösterilmelidir.

Konstrüksiyon resimlenilme bundan başka aşağıdaki bilgiler de verilmelidir.

Ölçek, malzeme, birleşim vasıtaları, ilgili diğer resimlere atıflar, gereken hallerde yükleme ve temel planları ile yapılan değişikliklere ait notlar.

1) Atıf yapılan Türk Standardlarının numaraları ve yayım tarihleri bu metnin sonunda belirtilmiştir.

1.3 - KULLANILAN SEMBOLLER

C = Atalet momenti değişken çubuklarda, sabit atalet momenti elde etmek için kullanılan yardımcı değer,

C_b = Moment değişiminin burkulma üzerindeki etkisini belirleyen bir katsayı,

C_m = Eksenel basınç ve eğilmenin etkidiği sistemlerde, kolonun şeklini gözönüne alan bir katsayı,

d = Örgülü çubuklarda bir diyagonelin sistem uzunluğu,

d = I profillerinde başlıklar arası dıştan dışa mesafe,

d = Perçin veya civata çapı,

d_1 = Perçin veya civata deliği çapı,

D = Örgülü çubuklarda diyagonelere gelen kuvvet,

e = Dolu kesitin tarafsız ekseninin başlık kenarına mesafesi,

e = Çok parçalı çubuklarda münferit çubukların eksenleri arasındaki uzaklık,

E = Çeliğin elasisite modülü ($E = 2100000 \text{ kgf/cm}^2$),

EY = Esas yüklerin toplamı,

E1Y = Esas ve ilave yüklerin toplamı,

F = En kesit alanı,

F = Örgülü çubuklarda münferit bir diyagonelin kayıpsız en kesit alanı,

F_b = Basınç başlığının en kesit alanı,

F_n = Faydalı en kesit alanı.

F_i = Çok parçalı çubuklarda, münferit bir çubuğun en kesit alanı,

F_c = (veya) Çe Çeliğin kalitesini belirtmek için kullanılan bir sembol,

g = Perçin veya civata delikleri arasında tatbik edilen kuvvete dik doğrultudaki mesafe,

G = Çeliğin kayma modülü ($G = 810000 \text{ kgf/cm}^2$),

G = Çerçevelerdeki kolonların burkulma boyu hesabında kullanılan bir katsayı,

I_x, I_y = Asal eksenler «x» ve «y» ye göre atalet yarı çapı,

ii = Çok parçalı çubuklarda, münferit bir çubuğun en küçük atalet yarıçapı,

iy = I profilinde basınç başlığı ve gövdenin basınç bölgesinin üçte birinin gövde simetri eksenine göre atalet yarıçapı,

io = Korniyerlerden meydana gelen çok parçalı çubuklarda ortak en kesitin korniyerlerin uzun kollarına paralel ağırlık eksenine göre atalet yarıçapı,

I = En kesitin atalet momenti,

I_0 = Çerçevelerde gözönüne alınan noktaya rijit olarak bağlanmış ve burkulma boyunun hesaplanacağı düzlemdeki kolonların atalet momenti,

I_g = Çerçevelerde gözönüne alınan noktaya rijit olarak bağlanmış ve burkulma boyunun hesaplanacağı düzlemdeki kirişlerin atalet momenti,

I_n = Eğilme hesabında en kesitin faydalı atalet momenti,

I = Atalet momenti değişken çubuklarda en küçük atalet momenti (I_{mi}),

I_l = Atalet momenti değişken çubuklarda en büyük atalet momenti (I_m),

I_l = Çok parçalı çubuklarda münferit bir çubuğun en küçük atalet momenti,

k = Burkulma boyunu belirleyen bir katsayı;

m = Çok parçalı çubuklarda aynı biçimde oluşturulmuş ve bir enleme bağlantısının aracılığı ile diğerleri ile birlikte çalışan bir çubuk haline getirilmiş olan münferit çubukların veya yerlerin münferit çubuklar konulabilecek durumda oları çubuk gruplarının sayısı,

n = Çok parçalı çubuklarda bağlantıların çubuğu böldüğü parçaların sayısı,

n = Emniyet katsayısı,

Q = Keşide gelen kesme kuvveti,

Q_1 = Çok parçalı çubuklarda itibari makaslama kuvveti,

s = Kirişin basınç başlığında dönmeye ve yanal deplasmana karşı mesnetleri arasındaki mesafe,

s = Basınç çubuğunun boyu,

s_0 = Çerçevelerde gözönüne alınan noktaya rijit bağlanmış kolonların boyu,

s_g = Çerçevelerde gözönüne alınan noktaya rijit bağlanmış kirişlerin boyu,

S_k = Çubuğun burkulma boyu,

s = Perçin veya civata delikleri arasında tatbik edilen kuvvete paralel mesafe,

s_1 = Çok parçalı çubuklarda enleme bağlantıları arasındaki en büyük aralık,

S = Çubukta meydana gelen en büyük basınç kuvveti,

t = Yapıyı meydana getiren çelik parçaların kalınlığı.

T = Çok parçalı çubuklarda bir enleme levhasına düşen, itibari kesme kuvveti,

W_n = En kesit dayanım momenti,

Z = Çok parçalı çubuklarda paralel düzlemler içinde yan yana bulunan enleme bağlantılarının sayısı,

α = Çok parçalı çubuklarda diyagonelin çubuk eksenine ile yaptığı açı (Şekil - 1),

α_t = Isı genleşme katsayısı,
 Δ_F = Kesit zayıflama alanı,
 Δ_F = Eğilmede çekme başlıklarında en elverişsiz yırtılma çizgisi üzerine düşen deliklerin dolu kiriş kesitinin tarafsız eksenine göre atalet momenti,
 Δ_s = Çekme çubuklarında net genişlik hesabında ilave edilecek genişlik.
 λ = Narinlik modülü,
 λ_p = Plastik narinlik sınırı (kritik narinlik),
 λ_l = Çok parçalı çubuklarda kullanılan yardımcı bir narinlik modülü,
 σ_a = Malzemenin akma sınırı,
 σ_b = Yalnız eğilme momenti etkisi altında hesaplanan basınç gerilmesi,
 σ_B = yalnız eğilme momenti etkisi altında müsaade edilecek basınç eğilme gerilmesi,
 σ_{bem} = Yalnız basınç kuvveti etkisi altında müsaade edilecek basınç gerilmesi,
 $\sigma_{\text{çem}}$ = Çekme emniyet gerilmesi,
 σ_d = Çekme dayanım gerilmesi,
 σ_{eb} = Yalnız basınç kuvveti altında hesaplanan gerilme ,
 σ_{ez} = Ezilme emniyet gerilmesi,
 σ_v = Asal gerilmeleri gözönüne alındığında kıyaslama gerilmesi,
 τ = Hesaplanan kayma gerilmesi,
 τ_{em} = Kayma emniyet gerilmesi,
 ω = Basınç emniyet gerilmesinin hesabında kullanılan çubuğun narinliği ile bağlantılı burkulma katsayısı,

2 - HESAP ESASLARI

Bu standardın kapsamına giren genel yapı çelikleri en küçük çekme dayanımına göre :

Fe 33
Fe 34
Fe 37
Fe 42
Fe 46
Fe 50
Fe 52
Fe 60
Fe 70

olmak üzere dokuz ayrı grupta toplanmıştır.

2.1 - MALZEME ÖZELİKLERİ

2.1.1 - Mekanik Özellikler

Yapı çeliği için hesaplarda alınacak çekme dayanımı, akma sınırı, elastisite ve kayma modülleri ile ısı genleşme katsayısı Çizelge – 1 'de gösterilmiştir.

2.1.2 - Kimyasal Özellikler

Yapı çeliklerinin kimyasal özellikleri TS 908 TS 909 TS 910, TS 911, TS 912, TS 913 ve TS 2162'ye uygun olmalıdır.

2.2 - HESAP METODU

- Bu standarddaki esaslara aykırı olmamak ve statik hesabın lineer elastik malzeme esaslarına göre yapılmak kaydıyla, kullanılacak hesap metodu serbesttir.

- Alışılmış olmayan formüllerin kullanılması halinde kaynak gösterilmelidir.

Aksi halde formüllerin doğruluğu gerçekleştirilebilecek kadar açıklanması gerekir.

- Her hesap kendi başına bir bütün meydana getirmelidir. Ancak yeni hesap eski bir hesabın devamı niteliğinde ise çıkarılışı gösterilmeksizin bu eski hesaptan değerler alınabilir.

2.3 - YÜK KABULLERİ VE YÜKLEME HALLERİ

2.3.1 - Dayanım ve stabilite tahkikleri için yükler, TS 498'den alınmalıdır. Bu konuda yeter bilgi olmayan hallerde, yükler yetkili proje kontrolü ile ortaklaşa tayin edilir.

2.3.3 - Yüklerin Ayrılması :

Bir yapıyı etkileyen yükler, esas yükler ve tali yükler olarak ikiye ayrılır.

Esas yükler : Öz yükleri, munzam ve hareketli yükleri, kar (rüzgarsız olarak, makinelerin kitle kuvvetlerini kapsar.

İlave yükler : Rüzgar etkisini, deprem etkisi fren kuvvetlerini, yatay yanal kuvvetleri (kreynerde)²⁾ seyrek olarak montaj ve tamir işlerinde kullanılan işler haldeki (kreynerde) ısı etkilerini (işletmeye bağlı ve atmosferik) kapsar.

ÇİZELGE — 1 Mekanik Özellikler

Çeliğin Kısa Gösterilişi	Çek Dayanımı σ_d kgf/cm ² (N/mm ²)	Akma Sınırı ¹⁾ σ_a kgf/cm ² (N/mm ²)	Elastisite Modülü E kgf/cm ² (N/mm ²)	Kayma Modülü G kgf/cm ² (N/mm ²)	Isı Genleşme Katsayısı α_t
Fe 33	3300 — 5000 (324 — 490)	1900 (186)	2100 000 (206182)	810 000 (79434)	0,000012
Fe 34	3400 — 4200 (333 — 412)	2100 (206)			
Fe 37	3700 — 4500 (363 — 491)	2400 (235)			
Fe 42	4200 — 5000 (412 — 490)	2600 (255)			
Fe 46	4400 — 5400 (431 — 530)	2900 (284)			
Fe 50	5000 — 6000 (490 — 588)	3000 (294)			
Fe 52	5200 — 6200 (510 — 608)	3600 (353)			
Fe 60	6000 — 7200 (588 — 706)	3400 (333)			
Fe 70	7000 — 8500 (686 — 834)	3700 (363)			

1) Bu değerler, et kalınlığı 16 mm'ye kadar olan mamüller için geçerlidir. Et kalınlığı 16 mm'den büyük, 40 mm'yi geçmeyen mamüllerde verilen değerler 100 kg/cm² azaltılmalıdır. Et kalınlığı 40 mm'yi aşan ve 100 mm'yi geçmeyen mamüllerde verilen değerler 200 kgf/cm² kadar azaltılmalıdır.

2.3.3 - Yükleme Durumları

Hesaplar ve dayanım tahkikleri için aşağıdaki yükleme durumları hesaba katılır :

EY Yükleme : Esas yüklerin toplamı,

EIY Yükleme : Esas ve ilave yüklerin toplamı. Eğer bir yapıya öz yükünden başka yalnız tali yükler tesir ediyorsa tali yüklerden en büyüğü esas yük yerine geçer.

2.3.4 - Boyutlandırmaya Esas Olan Yükleme Hali

Soyutlandırma ve gerilme tahkikleri ile her zaman en büyük enkesiüeri gerektiren yükleme hali gözönünde tutulmalıdır.

2) Bu çeşit kreynerin öz yükleri ve sık sık işler halde ise hareketli yükleri esas yüklerden sayılır.

2.3.5 - Boyutlandırmaya Esas Olan En Kesitler

Gerilme tahkiklerinde gözönünde tutulması gereken enkesit değerleri Çizelge - 2'de gösterilmiştir. Çizelge - 2'de

F = Çubuğun basınçta gözönünde tutulan dolu enkesit alanı,

F_n = Çekmede faydalı enkesit alanı,

ΔF = Kesit zayıflama miktarı, (hesap yöntemi Madde 2.3.6'da gösterilmiştir.)

ÇİZELGE — 2 Boyutlandırmaya Esas Olan En Kesitler

Zorlama Çeşidi	Gerilme	Gözönünde Tutulacak En Kesit Değeri
Normal kuvvet	Basınç	F
	Çekme	F _n = F - ΔF
Kesme kuvveti	Kayma ¹⁾	F _{gövde}
Eğilme momenti	Çekme ve basınç	W _n = $\frac{I_n}{e} = \frac{I - \Delta I}{e}$
1) Gövdede ortalama kayma gerilmesi $\tau = Q/F_{gövde}$		

F_{gövde} = Gövdenin en kesit alanı; gövdeye birleştirilmiş korniyer kolları gözönünde tutulmaz ve gövde üzerinde bulunan ve en elverişsiz yırtılma çizgisi üzerine düşen deliklerin enkesit alanları çıkarılır.

F_n = Faydalı en kesit alanı,

I = Dolu en kesitin atalet momenti,

ΔI = Çekme başlıklarında en -elverişsiz yırtılma çizgisi üzerine düşen deliklerin dolu kiriş kesitinin tarafsız eksenine göre atalet momenti,

e = Dolu kesitin tarafsız eksenine başlık kenarının mesafesi,

W_n = Enkesit dayanım momenti,

I_n = Enkesitin faydalı atalet momenti,

Q = Kesite gelen kesme kuvveti.

τ = Gövdede ortalama kayma gerilmesi,

2.3.5.1 - Delikli çubuklarda daima zayıtsız ağırlık eksenini gözönüne alınmalıdır.

2.3.5.2 - Deformasyonların hesabında enkesit değerleri, delik kaybı gözönünde tutulmaksızın hesaba sokulmalıdır.

2.3.6 - Faydalı Enkesit Alanı (F_n)

Faydalı enkesit alanı ve elverişsiz faydalı genişlik (yırtılma çizgisi) üzerine düşen deliklerin enkesit alanının dolu enkesit alanından çıkarılmasıyla elde edilir (F_n).

Eğer delikler bir diyagonal üzerinde veya şaşırtmak olarak yerleştirilmişlerse faydalı genişlik, toplam genişlikten düşünülen yırtılma çizgisi üzerindeki bütün deliklerin çaplarının toplamı çıkarılarak ve her enlemesine delikler arasındaki açıklık için

$$\Delta s = \frac{s^2}{4g}$$

miktarı eklenerek elde edilir. Yukarıdaki formülde

$\Delta s = s = \text{ilâve edilecek genişlik miktarı, (cm)}$

$s = \text{Birbiri ardından gelen iki delik arasında kuvvet doğrultusundaki mesafe, (cm)}$

$g = \text{Delikler arasında kuvvete dik doğrultudaki mesafe, (cm)}$

dir.

Faydalı alan elde edilen faydalı genişlikle ortalama kalınlığın çarpılmasıyla elde edilir.

Delikler gözönüne alınarak elde olunan faydalı -genişlik hiçbir durumda toplam genişliğin % 85'ini geçemez.

2.3.6.1 - Delik Büyüklükleri

Faydalı alan ve genişlik hesaplarında perçin veya cıvata delikleri çapları, deliklerin anma çapları 1 mm artırılarak kullanılmalıdır.

2.3.6.2 - Köşebentlerde ve U Profillerinde Faydalı Genişlik

Köşebentlerde brüt genişlik, kol uzunluklarının toplamından kalınlık çıkarılarak elde edilir. Karşılıklı kollardaki delikler arasında enlemesine mesafenin hesabında dıştan dışa mesafeden kalınlık çıkarılır.

2.4 - TAHKİKLER

2.4.1 - Genel olarak gerilmeler ve mesnet reaksiyonları, her yükleme için ayrı ayrı tesbit edilmelidir.

Böylece elde edilen değerlerin mümkün olabilen en elverişsiz birleşik etkileri, birbirlerine katılarak bulunur. En kesitler boyutlandırıldıktan sonra, en çok etkili enkesitlerde gerilmelerin en büyük değerleri hesaplanır ve emniyet gerilmesiyle karşılaştırılır.

Bu tahkikler EY ve EİY yükleme halleri için ayrı ayrı yapılmalıdır.

2.4.2 - Yapılması Gerekli Tahkikler Aşağıda Gösterilmiştir.

- Gerilme tahkikleri;
- Stabilite tahkikleri,
- Devrilme tahkikleri,
- Deformasyon tahkikleri.

Bu tahkikler imalat, nakliye, montaj ve işletme durumlarında yapılmalıdır.

2.4.2.1 - Genel gerilme tahkikleri Çizelge - 2'deki enkesit değerleri ile EY ve EİY yükleme halleri için ayrı ayrı yapılır. Hareketli yükler için, bu tahkiklerde titreşim katsayıda gözönünde tutulmalıdır.

2.4.2.2 - Stabilite tahkiki burkulma, buruşma've yanal burkulma tahkiklerini kapsar. Basınç altındaki çubukların burkulma tahkikleri bu standardın 3.22 Maddesine, yanal burkulma bu standardın 3.4.4 Maddesine göre yapılır.

2.4.2.3 - Devrilme tahkikinde, herbir yapı kısmının devrilme emniyet katsayısı en az 2 olmalıdır. Bazı özel hallerde bu katsayı 1,5 olabilir. Mesnetlerde kalkmaya karşı emniyet katsayısı, örneğin sürekli girişlerde en az 1,3, yapının tümünde devrilme emniyet katsayısı en az 1,5 olmalıdır.

2.4.2.4 - Kullanılış amacı ve konstrüktif bakımdan gereken hallerde deformaşyonlar tahkik edilecek ve sınırlandırılacaktır. Öz yüklerden ileri gelen deformaşyonlar ters sehim verilerek giderilebilir.

Açıklığı 5,0 m'den fazla olan giriş aşıklarının sehimleri açıklığı 1/300'ünden konsol girişlerin ucundaki sehim konsol uzunluğunun 1/250'sinden fazla olmamalıdır. Temel ve mesnetlerde, ızgara ve dağıtma girişlerinin sehimi konsol uzunluğunun en çok 1/1000'i kadar olabilir.

3 - ÖZEL SOYUTLANDIRMA KURALLARI

3.1 - ÇEKMEYE ÇALIŞAN ÇUBUKLAR

3.1.1 - Emniyet Gerilmesi

Çekme emniyet gerilmesi ($\sigma_{\text{çem}}$) faydalı en kesitte en fazla :

$$\sigma_{\text{çem}} \leq 0,6 \sigma_a$$

olmalıdır.

Ayrıca bu değer çekme dayanımının yarısını aşmamalıdır.

$$\sigma_{\text{çem}} \leq 0,6 \sigma_d$$

aşmamalıdır.

3.1.2 - Yük durumuna göre bazen çekmeye ve bazen de basınca çalışan çubukları basınca göre de boyutlandırmak gerekir. Bu gibi çubuklarda narinlik $\lambda \leq 250$ olmalıdır.

3.1.3 - Eksantrik zorlamaya maruz çekme çubukları, genel olarak boylama kuvvet ve eğilme için hesaplanır.

3.2 - MERKEZİ BASINCA ÇALIŞAN ÇUBUKLAR

3.2.1 - Genel Bilgi

Bu kısımda merkezi basınca çalışan iki ucu mafsallı düz çubukların, burkulmalarına ait hesap esasları verilmiştir. Burada incelenen hallerin dışarda kalan basınca maruz çubuklar o halin gerektirdiği kurallara göre hesaplanır. Basınca çalışan çubukların narinliği 250'den fazla olmalıdır.

Basınca çalışan çubukların kafes giriş düzlemi içindeki burkulma boylan S_k , çubukların (S) sistem uzunluğuna eşit alınır. Kafes giriş düzlemi dışındaki burkulma boyununda çubuk uzunluğuna eşit olabilmesi, için, basınç başlığı düğüm noktalarının giriş düzleminden dışarıya doğru hareketleri önlenmiş olmalıdır.

Basınca çalışan çubukların mesnet şartlarına göre değişen burkulma boyları altı durum için Çizelge - 3'de verilmiştir. Bu çizelgede mesnetlerde istenilen durumu tamamiyle gerçekleştiremeyeceğinden tavsiye edilen değerler eşdeğer teorik değerden daha fazla tutulmuştur.

Çerçevelerdeki basınç çubuklarının burkulma boyu katsayısı çerçevenin yanal hareketinin önlenip önlenmemesine göre Çizelge - 4 veya Çizelge - 5'den elde edilir. Çerçeve basınç çubuğunun A ve B uçlarında Çizelge - 4 veya Çizelge - 5'de kullanılan G katsayısı

$$G = \frac{\sum I_c / S_s}{\sum I_g / S_g}$$

formülüyle elde edilir .

Burada ;

G = Burkulma boyu hesabından kullanılan katsayısı,

I_c = Gözönüne alınan noktaya rijit olarak bağlanmış ve burkulma boyunun hesaplanacağı düzlemdeki kolonların atalet momenti (cm^4),

I_f = Gözönüne alınan noktaya rijit olarak bağlanmış ve burkulma boyunun hesaplanacağı düzlemdeki girişlerin atalet momenti (cm^4),

S_c = Gözönüne alınan noktaya rijit bağlanmış kolonların boyu (cm),

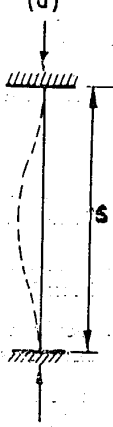
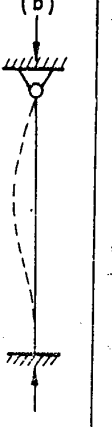
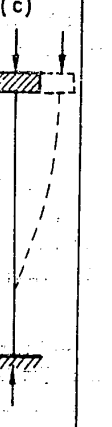
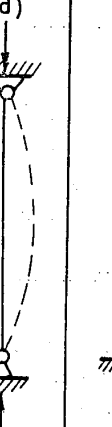
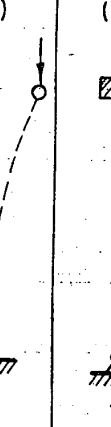
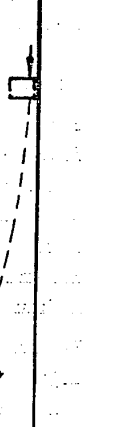




S_g = Gözönüne alınan noktaya rijit olarak bağlanmış girişlerin boyu (cm),

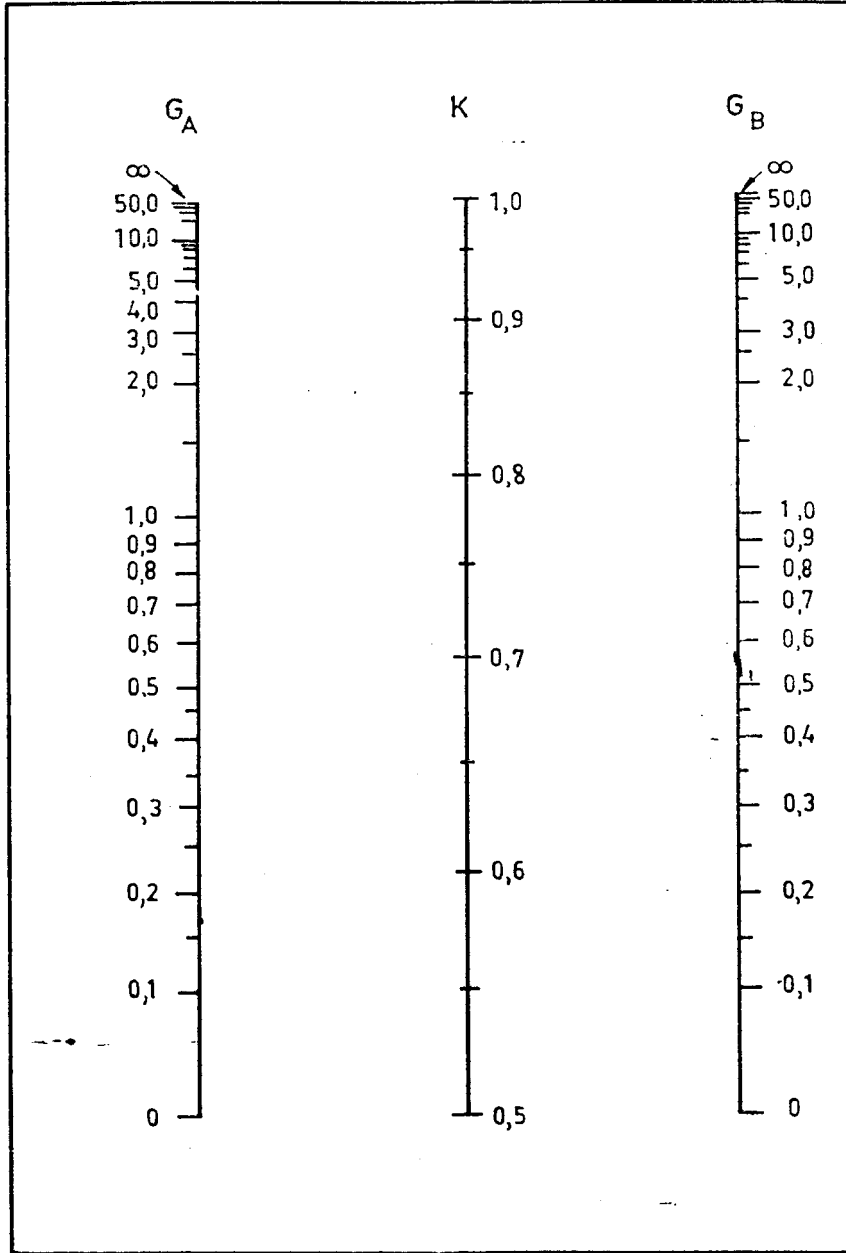
Kolon temele rijit olarak bağlansa o noktada hesaplamadan $G = 1,0$ alınmalıdır.

Kolon temele sürtünmesiz tamamiyle dönebilir bir mafsalle bağlı ise $G = 10,0$ alınmalıdır.

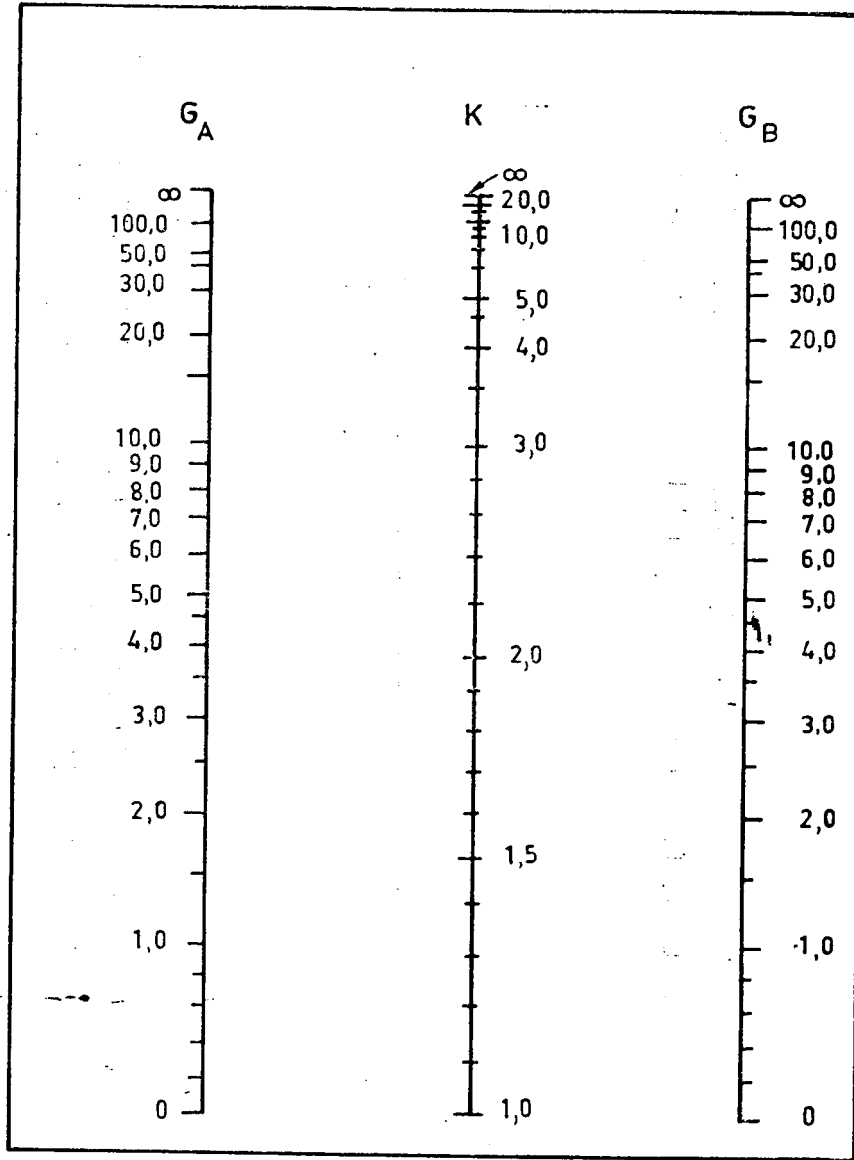
Kolonun iki ucundaki G_A ve G_B değerleri elde edildikten sonra Çizelge - 4 veya Çizelge - 5'den k değeri elde edilir. Burkulma boyu $s_k = k \cdot s$ olarak bulunur.

ÇİZELGE - 3 Basınç Çubuklarında Burkulma Boyu

Kesikli çizgilerle basınç çubuğunun burkulma şekli gösterilmiştir.	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
						
Teorik burkulma boyu	$0,5 \cdot s$	$0,7 \cdot s$	$1,0 \cdot s$	$1,0 \cdot s$	$2,0 \cdot s$	$2,0 \cdot s$
Tavsiye edilen burkulma boyu s_k	$0,65 \cdot s$	$0,8 \cdot s$	$1,2 \cdot s$	$1,0 \cdot s$	$2,10 \cdot s$	$2,0 \cdot s$
Bilgi	   	Dönme ve öteleme önlenmiş Dönme serbest, öteleme önlenmiş Dönme önlenmiş, öteleme serbest Dönme ve öteleme serbest				

ÇİZELGE - 4 Öteleme Önlenmiş Basınç Çubuklarında Burkulma Boyunun Hesabında Kullanılan K Değeri İçin Nomogram

Öteleme Önlenmiş

ÇİZELGE - 5 Öteleme Önlenmemiş Basınç Çubuklarında Burkulma Boyunun Kullanılan K Değeri İçin Nomogram

Öteleme Önlenmemiş

3.2.2 - Gerilme Tahkikleri

En kesitleri sabit tek parçalı çubuklarda basınç gerilme tahkikinde aşağıda verilen iki yöntemden biri uygulanır. Bunlardan Madde 3.2.2.1'de verilen metot ve çizelgeler Fe 37 ve Fe 52 çelikleri için verildiğinden yalnız bu çelikler için geçerlidir. Madde 3.2.2.2'de gösterilen yöntem bu standardın kapsadığı tüm çeliklere uygulanır.

3.2.2.1 - Burkulma Sayıları Metodu ile Basınç Gerilmesi Tahkikinde

$$\omega \cdot \frac{S}{F} \leq \sigma_{\zeta em}$$

olmalıdır.

Burada ;

S = Çubukta meydana gelebilen en büyük basınç kuvvetini (kgf),

F = Çubuğun en kesit alanı (cm²),

$\sigma_{\zeta em}$ = incelenen yükleme ve malzemeye göre çekme emniyet gerilmesi (kgf/cm²),

w = Çubuğun narinliği (λ) ile bağlantılı ve Çizelge - 6 ve 7'den (Fe 37 ve Fe 52 çelikleri için) alınacak burulma katsayısını,

$$\left(\omega = \frac{\sigma_{\zeta em}}{\sigma_{bem}} \right)$$

Burada ;

$\sigma_{\zeta em}$ = İncelenen yükleme ve malzemeye göre basınç emniyet gerilmesi (kgf/cm²),

$\lambda = \lambda_x = S_k y / i_x$ veya $\lambda_y = S_k y / i_y$ değerlerinin büyüğünü gösterir.

λ_x, λ_y = Çubuğun x ve y yönüne göre narinliği (narinlik oranı).

$S_k x$ ve $S_k y$ çubuğun x-x ve y-y asal eksenlerine dik düzlemlerdeki burkulma boyları i_x ve i_y ise bu asal eksenlere ait asal atalet yarı çaplarıdır.

$\lambda < 20$ olan çubuklar için burkulma hesabı yapılmaz, yani bunlar için $w = 1$ alınır.

3.2.2.2 - Narinlik gözönünde bulundurularak basınç emniyet gerilmelerinin tahkiki

Eksenel basınca çalışan çubuğun narinliği λ_p den az ise ($\lambda \leq \lambda_p$) basınç emniyet gerilmesi :

$$\sigma_{bem} = \frac{\left[1 - \frac{1}{S} \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^2 \right] \sigma_a}{n}$$

çubuğun narinliği ($\lambda \geq \lambda_p$) ise basınç emniyet gerilmesi :

ÇİZELGE — 6 Fe 37 Çeliği İçin ω Burkulma Katsayıları

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05	1,06	1,06	1,07	1,08	1,08
30	1,09	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,15	1,16
40	1,17	1,18	1,19	1,20	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25
50	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35
60	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40	1,41	1,43	1,44	1,45	1,46
70	1,47	1,49	1,50	1,51	1,53	1,54	1,55	1,57	1,58	1,59
80	1,67	1,62	1,64	1,65	1,67	1,69	1,70	1,72	1,74	1,75
90	1,77	1,79	1,81	1,82	1,84	1,86	1,88	1,90	1,92	1,94
100	1,96	1,99	2,01	2,03	2,05	2,08	2,10	2,13	2,15	2,18
110	2,20	2,23	2,26	2,29	2,32	2,35	2,38	2,41	2,84	2,48
120	2,51	2,55	2,59	2,63	2,66	2,71	2,75	2,79	2,45	2,88
130	2,93	2,98	3,03	3,07	3,12	3,17	3,21	3,26	3,31	3,36
140	3,91	3,45	3,50	3,55	3,60	3,65	3,70	3,75	3,80	3,86
150	3,40	3,96	4,01	4,07	4,12	4,17	4,23	4,28	4,34	4,39
160	4,45	4,50	4,56	4,61	4,67	4,73	4,79	4,84	4,90	4,96
170	5,02	5,08	5,14	5,20	5,26	5,32	5,38	5,44	5,50	5,57
180	5,63	5,69	5,75	5,82	5,88	5,94	6,01	6,07	6,14	6,20
190	6,27	6,34	6,40	6,47	6,54	6,60	6,67	6,74	6,81	6,88
200	6,95	7,02	7,09	7,16	7,23	7,30	7,37	7,44	7,51	7,59
210	7,66	7,73	7,81	7,88	7,95	8,03	8,10	8,18	8,25	8,33
220	8,41	8,48	8,56	8,64	8,72	8,79	8,87	8,95	9,03	9,11
230	9,19	9,27	9,35	9,43	9,51	9,57	9,67	9,76	9,84	9,92
240	10,00	10,09	10,17	10,26	10,34	10,43	10,51	10,60	10,68	10,77
250	10,86									

ÇİZELGE — 7 Fe 52 Çeliği İçin ω Burkulma Katsayıları

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04
20	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13
30	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,22	1,23	1,24
40	1,25	1,26	1,27	1,28	1,30	1,31	1,32	1,33	1,35	1,36
50	1,37	1,39	1,40	1,41	1,43	1,44	1,46	1,47	1,49	1,50
60	1,52	1,54	1,55	1,57	1,59	1,60	1,62	1,64	1,66	1,68
70	1,70	1,72	1,74	1,76	1,78	1,80	1,83	1,85	1,87	1,90
80	1,92	1,95	1,97	2,00	2,03	2,06	2,08	2,11	2,15	2,18
90	2,21	2,24	2,28	2,32	2,35	2,39	2,43	2,47	2,52	2,56
100	2,61	2,65	2,70	2,75	2,81	2,86	2,92	2,98	3,04	3,10
110	3,15	3,21	3,27	3,33	3,39	3,45	3,51	3,57	3,63	3,69
120	3,75	3,81	3,88	3,94	4,01	4,07	4,14	4,20	4,27	4,34
130	4,40	4,47	4,54	4,61	4,68	4,75	4,82	4,89	4,96	5,03
140	5,11	5,18	5,25	5,33	5,40	5,48	5,55	5,63	5,71	5,78
150	5,86	5,94	6,02	6,10	6,18	6,26	6,34	6,42	6,50	6,59
160	6,67	6,75	6,84	6,92	7,01	7,09	7,18	7,27	7,35	7,44
170	7,53	7,62	7,71	7,80	7,89	7,98	8,07	8,16	8,25	8,35
180	8,44	8,54	8,63	8,73	8,82	8,92	9,01	9,11	9,21	9,31
190	9,41	9,50	9,60	9,70	9,81	9,91	10,01	10,11	10,21	10,32
200	10,42	10,53	10,63	10,74	10,84	10,95	11,06	11,16	11,27	11,38
210	11,49	11,60	11,71	11,82	11,93	12,04	12,16	12,27	12,38	12,50
220	12,61	12,73	12,84	12,96	13,07	13,19	13,31	13,43	13,54	13,66
230	13,78	13,90	14,02	14,14	14,27	14,39	14,51	14,63	14,76	14,88
240	15,01	15,13	15,26	15,38	15,51	15,64	15,77	15,90	16,02	16,15
250	16,28									

formülleri kullanılarak hesap edilir.

Bu formüllerde ;

$n =$ Emniyet katsayısı $\geq 1,67$

$n = 1,67$ $\lambda < 20$

$$n = 1,5 + 1,2 \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0,2 \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3 \quad \lambda_p \leq \lambda$$

$n = 2,5$ $\lambda > \lambda_p$

$E =$ Elastisite modülü (kgf/cm^2),

$\sigma_a =$ Çeliğin akma sınırı (kgf/cm^2),

$\lambda_p =$ Plastik narinlik sınırı (kritik narinlik).

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_a}} = \frac{6438,4}{\sqrt{\sigma_a}}$$

$\sigma_{bem} =$ Basınç emniyet gerilmesi (kgf/cm^2)
dir.

Tek parçalı basınç çubuklarında emniyet gerilmeleri değişik çelikler için ve narinliğin (λ) 20-250 arasındaki değerleri için Çizelge - 8'de verilmiştir. Narinliğin 20 den küçük olduğu durumlarda basınç emniyet gerilmesi, çekme emniyet gerilmesine eşit alınır.

3.2.3 - En Kesitleri Saliit Çok Parçalı Çubuklar

Çok parçalı olmakla beraber, bu parçalar bütün çubuk uzunluğunca birbirlerine perçin civata veya kaynakla birleştirilmiş olan çubuklarda .tek parçalı sayılır ve yukarıda gösterildiği gibi hesaplanır. Münferit parçaların aralarındaki bağlantıyı sağlamak için kullanılan perçin ve civatalar fazla bir kuvvete maruz olmadıklarından buradaki perçin ve civataların aralıkları 7~10d (d=perçin veya civata çapı) kadar alınabilir.

Çok parçalı olarak kabul edilen çubuklarda, parçalar arasında çoğunlukla genişçe bir aralık vardır ; çubuğu teşkil eden münferit parçaların birlikte çalışması ya kafes şeklinde bir bağlantı ile (örgülü çubuk Şekil - 1a) veya levhaları ile (çerçeve çubuk Şekil -1 b) sağlanır. Bu bağların hesabı Madde 3.2.3.1 ve 3.2,3.2'de verilmiştir.

ÇİZELGE — 8 Değişik Çelikler İçin Basınç Emniyet Gerilmeleri (σ_{bem} kg/cm²)

λ	Fe 34	Fe 37	Fe 42	Fe 50	Fe 52	Fe 60	Fe 70
20	1244,6	1410,4	1519,6	1735,9	2053,8	1948,7	2106,2
21	1237,0	1401,2	1509,5	1723,1	2037,1	1933,3	2088,8
22	1229,5	1392,0	1499,1	1710,4	2020,5	1918,0	2071,2
23	1221,9	1382,9	1488,8	1697,7	2003,9	1902,7	2054,2
24	1214,4	1373,7	1478,5	1685,0	1987,3	1887,5	2036,9
25	1206,9	1364,6	1468,3	1672,4	1970,9	1872,3	2019,8
26	1199,5	1355,5	1458,1	1659,8	1954,4	1857,2	2002,7
27	1192,0	1346,5	1447,9	1647,2	1938,0	1842,1	1985,6
28	1184,6	1337,5	1437,7	1634,7	1921,7	1827,1	1968,6
29	1177,2	1328,4	1427,6	1622,2	1905,4	1812,1	1951,7
30	1169,8	1319,5	1417,5	1609,8	1889,2	1797,2	1934,8
31	1162,4	1310,5	1407,4	1597,4	1873,0	1782,3	1917,9
32	1155,0	1301,5	1397,4	1585,0	1856,9	1767,4	1901,1
33	1147,7	1292,6	1387,4	1572,6	1840,8	1752,6	1884,4
34	1140,4	1283,7	1377,4	1560,3	1824,7	1737,9	1867,7
35	1133,1	1274,9	1367,4	1548,0	1808,7	1723,1	1851,1
36	1125,8	1266,0	1357,5	1535,8	1792,8	1708,5	1834,5
37	1118,5	1257,2	1347,5	1523,6	1776,9	1693,8	1817,3
38	1111,3	1248,4	1337,6	1511,4	1761,0	1679,2	1801,4
39	1104,0	1239,6	1327,8	1499,3	1745,2	1664,7	1785,0
40	1096,8	1230,8	1317,9	1487,2	1729,5	1650,2	1768,6
41	1089,6	1222,1	1308,1	1475,1	1713,7	1635,7	1752,2
42	1082,4	1213,4	1298,3	1463,0	1698,0	1621,2	1735,9
43	1075,3	1204,7	1288,6	1451,0	1682,4	1606,8	1719,6
44	1068,1	1196,0	1278,8	1439,0	1666,8	1592,5	1703,4
45	1061,0	1187,3	1269,1	1427,1	1651,2	1578,1	1687,2
46	1053,9	1178,7	1259,4	1415,1	1635,7	1563,8	1671,0
47	1046,8	1170,1	1249,7	1403,2	1620,2	1549,6	1654,9
48	1039,7	1161,5	1240,0	1391,4	1604,8	1535,4	1638,8
49	1032,6	1152,9	1230,4	1379,5	1589,3	1521,2	1622,8
50	1025,5	1144,3	1220,8	1367,7	1574,0	1507,0	1606,8
51	1018,5	1135,8	1211,2	1355,9	1558,6	1492,9	1590,8
52	1011,5	1127,2	1201,6	1344,1	1543,3	1478,8	1574,9
53	1004,4	1118,7	1192,1	1332,4	1528,0	1464,7	1559,0
54	977,4	1110,3	1182,6	1320,7	1512,8	1450,7	1543,2
55	990,5	1101,8	1173,1	1309,0	1497,6	1436,7	1527,3
56	983,5	1093,3	1163,6	1297,3	1482,4	1422,7	1511,5
57	976,5	1084,9	1154,1	1285,7	1467,7	1408,7	1495,8
58	969,6	1076,5	1144,6	1274,0	1452,1	1394,8	1480,0
59	962,7	1068,1	1135,2	1262,4	1437,0	1380,9	1464,3
60	955,7	1059,7	1125,8	1250,9	1421,9	1367,0	1448,6
61	948,8	1051,3	1116,4	1239,3	1406,9	1353,1	1432,9
62	941,9	1042,9	1107,0	1227,8	1391,8	1339,3	1417,3
63	935,1	1034,6	1097,6	1216,2	1376,8	1325,5	1401,7
64	928,2	1026,3	1088,3	1204,7	1361,9	1311,7	1386,1
65	921,3	1018,0	1078,9	1193,3	1346,9	1298,0	1370,9
66	914,5	1009,7	1069,6	1181,8	1332,0	1284,2	1355,9

ÇİZELGE — 8'in Devamı

λ	Fe 34	Fe 37	Fe 42	Fe 50	Fe 52	Fe 60	Fe 70
67	907,7	1001,4	1060,3	1170,4	1317,0	1270,5	1339,5
68	900,8	993,1	1051,0	1158,9	1302,9	1256,8	1324,0
69	894,0	984,8	1041,8	1147,5	1287,3	1243,1	1308,5
70	887,2	976,6	1032,5	1136,1	1272,4	1229,4	1293,0
71	880,4	968,4	1023,3	1124,7	1257,6	1215,8	1277,6
72	873,7	960,1	1014,0	1113,4	1242,7	1202,1	1262,1
73	866,9	951,9	1004,8	1102,0	1227,9	1188,5	1246,7
74	860,1	943,7	995,6	1090,7	1213,1	1174,9	1231,3
75	853,4	935,5	986,4	1079,4	1198,3	1161,3	1215,9
76	846,6	927,4	977,2	1068,0	1183,5	1147,7	1200,5
77	839,9	919,2	968,0	1056,7	1168,7	1134,1	1185,1
78	833,2	911,0	958,9	1045,4	1154,0	1120,5	1169,7
79	826,5	902,9	949,7	1034,2	1139,2	1107,0	1154,4
80	819,8	894,7	940,6	1022,9	1124,5	1093,4	1139,0
81	813,1	886,6	931,4	1011,6	1109,7	1079,9	1123,6
82	806,4	878,5	922,3	1000,4	1095,0	1066,3	1108,3
83	799,7	870,4	913,2	989,1	1080,3	1052,8	1092,9
84	793,1	862,3	904,1	977,9	1065,5	1039,3	1077,6
85	786,4	854,2	895,0	966,6	1050,8	1025,7	1062,2
86	779,7	846,1	885,9	955,4	1036,1	1012,2	1046,9
87	773,1	838,0	876,8	944,2	1021,3	998,7	1031,5
88	766,4	829,9	867,7	933,0	1006,6	985,2	1016,2
89	759,8	821,9	858,7	921,8	991,8	971,6	1000,8
90	753,2	813,8	849,6	910,5	977,1	958,1	985,4
91	746,5	805,8	840,5	899,3	962,4	944,6	970,0
92	739,9	797,7	831,5	888,1	947,6	931,1	954,7
93	733,3	789,7	822,4	876,9	932,8	917,5	939,3
94	726,7	781,6	813,4	865,7	918,1	904,0	923,9
95	720,1	773,6	804,3	854,5	903,3	890,4	908,4
96	713,5	765,5	795,3	843,3	888,5	876,9	893,0
97	706,9	757,5	786,2	832,1	873,7	863,3	877,6
98	700,3	749,5	777,2	820,9	858,8	849,8	862,1
99	693,7	741,5	768,1	809,7	844,0	836,2	846,6
100	687,1	733,4	759,1	798,4	829,2	822,6	831,1
101	680,6	725,4	750,0	787,2	814,3	809,0	815,6
102	674,0	717,4	741,0	776,0	799,4	795,3	800,0
103	667,4	709,4	731,9	764,7	784,5	781,7	784,5
104	660,8	701,4	722,9	753,5	769,5	768,1	768,9
105	654,3	693,3	713,9	742,2	754,6	754,4	753,2
106	647,7	685,3	704,8	731,0	739,6	740,7	737,8
107	641,1	677,3	695,8	719,7	724,6	727,0	724,1
108	634,6	669,3	686,7	708,4	710,8	713,3	710,8
109	628,0	661,2	677,6	697,1	697,8	699,5	697,8
110	621,4	653,2	668,6	685,8	685,2	685,7	685,2
111	614,9	645,2	659,5	674,5	672,9	672,9	672,9
112	608,3	637,2	650,4	663,2	660,9	660,9	660,9
113	601,7	629,1	641,3	651,8	649,3	649,3	649,3

ÇİZELGE — 8'in Devamı

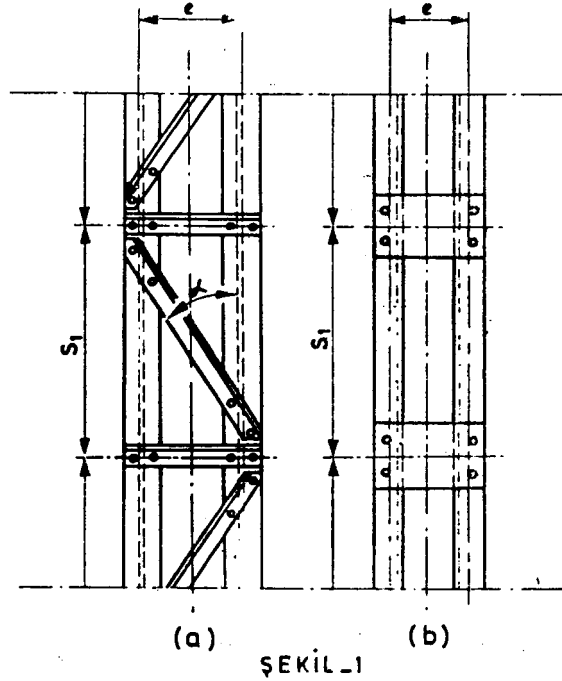
λ	Fe 34	Fe 37	Fe 42	Fe 50	Fe 52	Fe 60	Fe 70
114	595,2	621,1	632,3	640,4	637,9	637,9	637,9
115	588,6	613,1	623,2	629,1	626,9	626,9	626,9
116	582,0	605,0	614,1	617,7	616,1	616,1	616,1
117	575,5	597,0	604,9	606,3	605,6	605,6	605,6
118	568,9	588,9	595,8	595,4	595,4	595,4	595,4
119	562,3	580,8	586,7	585,4	585,4	585,4	585,4
120	555,8	572,8	577,5	575,7	575,7	575,7	575,7
121	549,2	564,7	568,4	566,2	566,2	566,2	566,2
122	542,6	556,6	559,2	557,0	557,0	557,0	557,0
123	536,0	548,5	550,1	548,0	548,0	548,0	548,0
124	529,4	540,4	540,9	539,2	539,2	539,2	539,2
125	522,9	532,3	531,7	530,6	530,6	530,6	530,6
126	516,3	524,2	522,5	522,2	522,2	522,2	522,2
127	509,7	516,1	514,0	514,0	514,0	514,0	514,0
128	503,1	507,9	506,0	506,0	506,0	506,0	506,0
129	496,4	499,8	498,2	498,2	498,2	498,2	498,2
130	489,8	491,6	490,6	490,6	490,6	490,6	490,6
131	483,2	483,5	483,1	483,1	483,1	483,1	483,1
132	476,6	475,8	475,8	475,8	475,8	475,8	475,8
133	470,0	468,7	468,7	468,7	468,7	468,7	468,7
134	463,3	461,7	461,7	461,7	461,7	461,7	461,7
135	456,7	454,9	454,9	454,9	454,9	454,9	454,9
136	450,0	448,2	448,2	448,2	448,2	448,2	448,2
137	443,4	441,7	441,7	441,7	441,7	441,7	441,7
138	436,7	435,3	435,3	435,3	435,3	435,3	435,3
139	430,0	429,1	429,1	429,1	429,1	429,1	429,1
140	423,3	423,0	423,0	423,0	423,0	423,0	423,0
141	417,0	417,0	417,0	417,0	417,0	417,0	417,0
142	411,2	411,2	411,2	411,2	411,2	411,2	411,2
143	405,4	405,4	405,4	405,4	405,4	405,4	405,4
144	399,8	399,8	399,8	399,8	399,8	399,8	399,8
145	394,3	394,3	394,3	394,3	394,3	394,3	394,3
146	388,9	388,9	388,9	388,9	388,9	388,9	388,9
147	383,7	383,7	383,7	383,7	383,7	383,7	383,7
148	378,5	378,5	378,5	378,5	378,5	378,5	378,5
149	373,4	373,4	373,4	373,4	373,4	373,4	373,4
150	368,5	368,5	368,5	368,5	368,5	368,5	368,5
151	363,6	363,6	363,6	363,6	363,6	363,6	363,6
152	358,8	358,8	358,8	358,8	358,8	358,8	358,8
153	354,2	354,2	354,2	354,2	354,2	354,2	354,2
154	349,6	349,6	349,6	349,6	349,6	349,6	349,6
155	345,1	345,1	345,1	345,1	345,1	345,1	345,1
156	340,7	340,7	340,7	340,7	340,7	340,7	340,7
157	336,3	336,3	336,3	336,3	336,3	336,3	336,3
158	332,1	332,1	332,1	332,1	332,1	332,1	332,1
159	327,9	327,9	327,9	327,9	327,9	327,9	327,9
160	323,8	323,8	323,8	323,8	323,8	323,8	323,8

ÇİZELGE — 8'in Devamı

λ	Fe 34	Fe 37	Fe 42	Fe 50	Fe 52	Fe 60	Fe 70
161	319,8	319,8	319,8	319,8	319,8	319,8	319,8
162	315,9	315,9	315,9	315,9	315,9	315,9	315,9
163	312,0	312,0	312,0	312,0	312,0	312,0	312,0
164	308,2	308,2	308,2	308,2	308,2	308,2	308,2
165	304,5	304,5	304,5	304,5	304,5	304,5	304,5
166	300,9	300,9	300,9	300,9	300,9	300,9	300,9
167	297,3	297,3	297,3	297,3	297,3	297,3	297,3
168	293,7	293,7	293,7	293,7	293,7	293,7	293,7
169	290,3	290,3	290,3	290,3	290,3	290,3	290,3
170	286,9	286,9	286,9	286,9	286,9	286,9	286,9
171	283,5	283,5	283,5	283,5	283,5	283,5	283,5
172	280,2	280,2	280,2	280,2	280,2	280,2	280,2
173	277,0	277,0	277,0	277,0	277,0	277,0	277,0
174	273,8	273,8	273,8	273,8	273,8	273,8	273,8
175	270,7	270,7	270,7	270,7	270,7	270,7	270,7
176	267,6	267,6	267,6	267,6	267,6	267,6	267,6
177	264,6	264,6	264,6	264,6	264,6	264,6	264,6
178	261,7	261,7	261,7	261,7	261,7	261,7	261,7
179	258,7	258,7	258,7	258,7	258,7	258,7	258,7
180	255,9	255,9	255,9	255,9	255,9	255,9	255,9
181	253,1	253,1	253,1	253,1	253,1	253,1	253,1
182	250,3	250,3	250,3	250,3	250,3	250,3	250,3
183	247,6	247,6	247,6	247,6	247,6	247,6	247,6
184	244,9	244,9	244,9	244,9	244,9	244,9	244,9
185	242,2	242,2	242,2	242,2	242,2	242,2	242,2
186	239,6	239,6	239,6	239,6	239,6	239,6	239,6
187	237,1	237,1	237,1	237,1	237,1	237,1	237,1
188	234,6	234,6	234,6	234,6	234,6	234,6	234,6
189	232,1	232,1	232,1	232,1	232,1	232,1	232,1
190	229,7	229,7	229,7	229,7	229,7	229,7	229,7
191	227,3	227,3	227,3	227,3	227,3	227,3	227,3
192	224,9	224,9	224,9	224,9	224,9	224,9	224,9
193	222,6	222,6	222,6	222,6	222,6	222,6	222,6
194	220,3	220,3	220,3	220,3	220,3	220,3	220,3
195	218,0	218,0	218,0	218,0	218,0	218,0	218,0
196	215,8	215,8	215,8	215,8	215,8	215,8	215,8
197	213,6	213,6	213,6	213,6	213,6	213,6	213,6
198	211,5	211,5	211,5	211,5	211,5	211,5	211,5
199	209,3	209,3	209,3	209,3	209,3	209,3	209,3
200	207,3	207,3	207,3	207,3	207,3	207,3	207,3
201	205,2	205,2	205,2	205,2	205,2	205,2	205,2
202	203,2	203,2	203,2	203,2	203,2	203,2	203,2
203	201,2	201,2	201,2	201,2	201,2	201,2	201,2
204	199,2	199,2	199,2	199,2	199,2	199,2	199,2
205	197,3	197,3	197,3	197,3	197,3	197,3	197,3
206	195,4	195,4	195,4	195,4	195,4	195,4	195,4
207	193,5	193,5	193,5	193,5	193,5	193,5	193,5

ÇİZELGE — 8'in Devamı

λ	Fe 34	Fe 37	Fe 42	Fe 50	Fe 52	Fe 60	Fe 70
208	191,6	191,6	191,6	191,6	191,6	191,6	191,6
209	189,8	189,8	189,8	189,8	189,8	189,8	189,8
210	188,0	188,0	188,0	188,0	188,0	188,0	188,0
211	186,2	186,2	186,2	186,2	186,2	186,2	186,2
212	184,5	184,5	184,5	184,5	184,5	184,5	184,5
213	182,7	182,7	182,7	182,7	182,7	182,7	182,7
214	181,0	181,0	181,0	181,0	181,0	181,0	181,0
215	179,4	179,4	179,4	179,4	179,4	179,4	179,4
216	177,7	177,7	177,7	177,7	177,7	177,7	177,7
217	176,1	176,1	176,1	176,1	176,1	176,1	176,1
218	174,4	174,4	174,4	174,4	174,4	174,4	174,4
219	172,9	172,9	172,9	172,9	172,9	172,9	172,9
220	171,3	171,3	171,3	171,3	171,3	171,3	171,3
221	169,7	169,7	169,7	169,7	169,7	169,7	169,7
222	168,2	168,2	168,2	168,2	168,2	168,2	168,2
223	166,7	166,7	166,7	166,7	166,7	166,7	166,7
224	165,2	165,2	165,2	165,2	165,2	165,2	165,2
225	163,8	163,8	163,8	163,8	163,8	163,8	163,8
226	162,3	162,3	162,3	162,3	162,3	162,3	162,3
227	160,9	160,9	160,9	160,9	160,9	160,9	160,9
228	159,5	159,5	159,5	159,5	159,5	159,5	159,5
229	158,1	158,1	158,1	158,1	158,1	158,1	158,1
230	156,7	156,7	156,7	156,7	156,7	156,7	156,7
231	155,4	155,4	155,4	155,4	155,4	155,4	155,4
232	154,0	154,0	154,0	154,0	154,0	154,0	154,0
233	152,7	152,7	152,7	152,7	152,7	152,7	152,7
234	151,4	151,4	151,4	151,4	151,4	151,4	151,4
235	150,1	150,1	150,1	150,1	150,1	150,1	150,1
236	148,9	148,9	148,9	148,9	148,9	148,9	148,9
237	147,6	147,6	147,6	147,6	147,6	147,6	147,6
238	146,4	146,4	146,4	146,4	146,4	146,4	146,4
239	145,1	145,1	145,1	145,1	145,1	145,1	145,1
240	143,9	143,9	143,9	143,9	143,9	143,9	143,9
241	142,7	142,7	142,7	142,7	142,7	142,7	142,7
242	141,6	141,6	141,6	141,6	141,6	141,6	141,6
243	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4	140,4
244	139,3	139,3	139,3	139,3	139,3	139,3	139,3
245	138,1	138,1	138,1	138,1	138,1	138,1	138,1
246	137,0	137,0	137,0	137,0	137,0	137,0	137,0
247	135,9	135,9	135,9	135,9	135,9	135,9	135,9
248	134,8	134,8	134,8	134,8	134,8	134,8	134,8
249	133,7	133,7	133,7	133,7	133,7	133,7	133,7
250	132,6	132,6	132,6	132,6	132,6	132,6	132,6



ŞEKİL 1

3.2.3.1 - Çok Parçalı Çubukların Hesabında Kullanılan Semboller

m = Aynı biçimde oluşturulmuş ve bir enleme bağlantının aracılığı ile diğerleri ile birlikte çalışan bir çubuk haline getirilmiş olan münferit çubukların veya yerlerine münferit çubuklar konulabilecek durumda olan çubuk gruplarının sayısı, (Şekil - 2'e de $m = 3$, Şekil - 5'c de $m = 2$).

S = Çubuğun tümünü etkileyen basınç kuvveti (kgf).

F = Çubuğun tamamının kayıpsız enkesit alanı (cm^2).

F_1 = Münferit bir çubuğun kayıpsız enkesit alanı (cm^2).

$I_x = F \cdot \bar{x}^2$ ve $I_y = F \cdot \bar{y}^2$ ortak çubuğun x-x ve y-y asal eksenlerine göre atalet momentleri (cm^4);

Malzeme eksenleri = Enkesitteki asal eksenlerden biri bütün enkesitleri kestiği takdirde o eksene malzeme eksenleri adı verilir.

x-x, y-y = Çubuğun asal eksenleri,

1-1 = Çok parçalı çubuğu meydana getiren münferit çubukların küçük atalet yarıçapı verecek olan asal eksenleri,

s_{xx} ve s_{yy} = Ortak çubuğun x-x ve y-y eksenlerine dik burkulmasındaki burkulma boyları (cm),

$\lambda_x = S_{kx}/i_x$ ve $\lambda_y = S_{ky}/i_y$, Ortak çubuğun x-x ve y-y eksenlerine dik burkulmalarındaki narinlikleri,

$I_1 = F_{1i} \cdot i^2$ münferit çubuk enkesitinin I-I eksenine göre atalet momentini (cm^4),

1-1 eksenleri kesitinin en küçük atalet momentini veren enkesittir (Şekil - 2,5).

λ_1 , yardımcı bir miktar olarak çerçeve çubuklarında (Şekil - 1 b):

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_1}$$

Örgülü çubuklarda ise (Şekil - 1a).

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{F}{zF_D} \cdot \frac{d^3}{s_{1e}^2}}$$

z = Paralel düzlemler içinde yan yana bulunan enleme bağlantılarının sayısı,
 S₁ = Enleme bağlantılar arasındaki en büyük aralık (cm) (Şekil - 1),
 f_d = Örgülü çubuklarda münferit bir diyagonalin kayıpsız enkesit alanı (cm²) (Şekil-I a) : çapraz diyagonaller kullanıldığında fd birbirlerini kesen diyagonallerin enkesit alanlarının, toplamı,
 d = Örgülü çubuklarda bir diyagonalin uzunluğu (cm) (Şekil - 1 a),
 n = Bağlantıların çubuğu böldüğü parçaların sayısı yani göz sayısı,
 e = Münferit çubukların eksenleri arasındaki mesafe dir (cm).

3.2.3.2 - Çok parçalı Çubukların Hesabı

3.2.3.2.1 - I. Grup çubuklar : Enkesitlerinin asal eksenlerinden biri x-x malzeme eksenini olan çubukların, bu eksene dik burkulmaları tek parçalı basınç çu-buklarındaki gibi hesaplanır (Şekil - 2 ve 3).

Asal y-y eksenine dik burkulmada, çubuk

$$\lambda_{yi} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2}$$

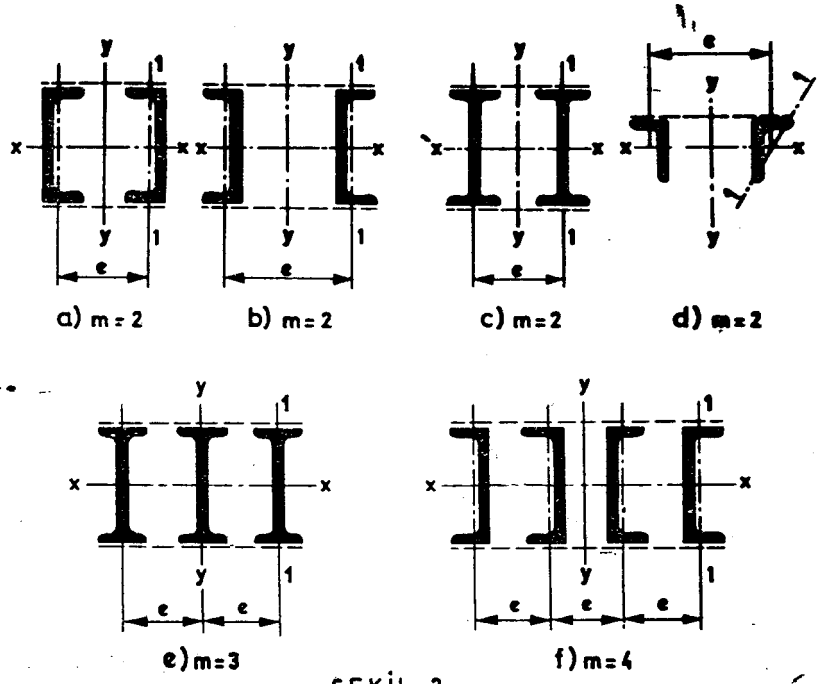
itibari bir narinlik ile, gene tek parçalı bir basınç çubuğu gibi hesaplanır.

Yüksek yapılarda :

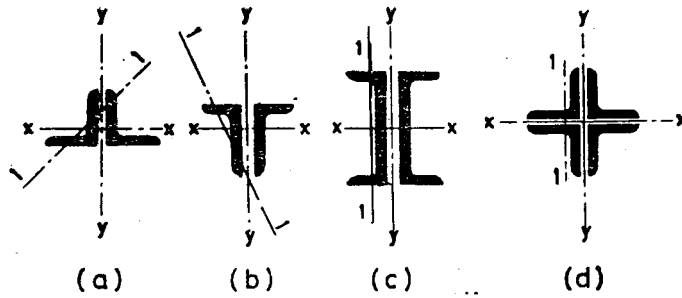
$$\frac{S_i}{I_1} \leq \frac{1}{2} \lambda_x (4 - 3 \cdot \frac{W_{yi} S}{F \cdot \sigma_{cem}})$$

olmalıdır. Enleme bağlantılarının yapımında, levhalar arasındaki aralıklar eşitse, bağ levhalannın her münferit çubuğa birleşimleri en az iki perçin ; iki civata veya buna denk bir kaynak dikişiyle yapılmışsa ve çerçeve çubuklarının göz sayısı n ≥ 3 ise, S_i/ I₁ < 50 çıkan hallerde 1/2 λ_x = 50 alınır.

İki parçalı çubuklarda, eğer münferit profillerin aralığı düğüm levhası kalınlığına eşit veya az fazla ise, ayrıca da münferit profiller bütün uzunluklanca araya bir besleme levhası konulmak suretiyle birleştirilmişlerse iki parçalı çubuğun y-y eksenine dik burkulması da x-x eksenine dik burkulması gibi hesaplanır ; yani bu hal için λ_{yi} = λ_y alınır. Enleme bağlantılar arasında münferit çubuklar birbirlerine çubuk doğrultusundaki aralıkları 15 İ₁ den fazla olmayan perçin veya civatalarla veya buna denk kaynak dikişleriyle birleştirildiği takdirde de yukarıda yazılanlar geçerlidir.



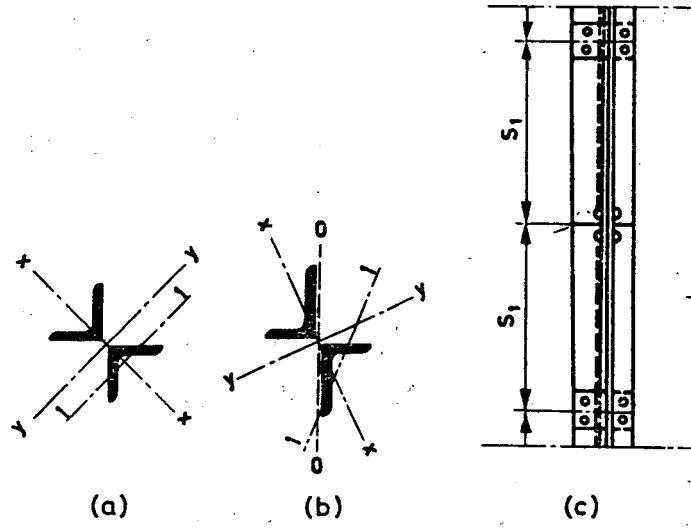
ŞEKİL 2.



ŞEKİL 3.

3.2.3.2.2 - II. Grup çubuklar : Köşeleme iki korniyer ile düzenlenen çubuklar (Şekil - 4 a,b) yalnız x-x malzeme eksenine dik burkulmaya göre hesaplamak yeterlidir.

Burada: w_x burkulma katsayısı, $\lambda_x = S_k y / i_x$ narinlik derecesi ile bağlantılıdır: s_1/i_1 oranı 50'yi aşmamalıdır; S_{kx} ise, çubuğun taşıyıcı sistem düzlemi ve bu düzleme dik düzlem içindeki burkulma boylarının aritmetik ortalamasıdır.



ŞEKİL 4.

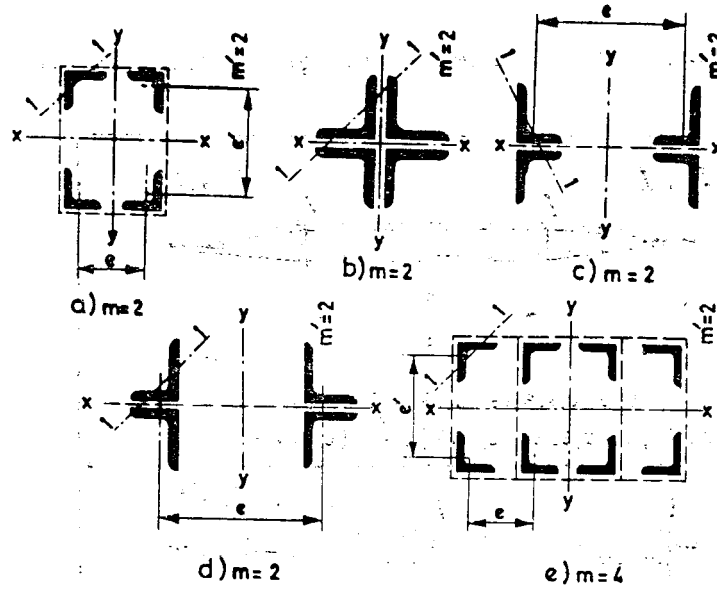
Şekil - 4 b'deki enkesitler için $i_x = i_o/1,15$ olduğundan, $\lambda_x = 1,15 S_kx/i_o$ alınabilir ; i_o ortak enkesitin korniyerlerin uzun kollarna paralel ağırlık eksenine göre atalet yarıçapını gösterir.

3.2.3.2.3 - III. Grup çubuklar : Enkesitlerinde hiçbir malzeme eksenini bulunmayan çok parçalı çubuklarda (Şekil - 5):

$$\lambda_{yi} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_{iy}^2} \text{ ve}$$

$$\lambda_{xi} = \sqrt{\lambda_x^2 + \frac{m}{2} \lambda_{ix}^2}$$

İtibari narinlik dereceleri gözönüne alınarak , tek parçalı basınç çubuklarındaki gibi hesaplanır .



ŞEKİL - 5.

Çubuğun y-y eksenine dik burkulmasında eksene paralel olan enleme bağlantılar zorlanmadıklarından, bu bağlantıların birleştirildiği çubuklar münferit bir çubuk gibi alınır. Bundan dolayı J_y 'nin formülünde: Şekil - 5 a ile 5 d'ye kadar olan enkesitler için $m = 2$ (Şekil - 5'e)'deki enkesit için $m = 4$ alınır. Aynı özellikler x-x eksenine dik burkulma için de geçerlidir. Bundan ötürü (Şekil - 5) deki en kesitlerin tümü için λx_i 'nin formülünde $m' = 2$ alınır.

Şekil - 5'a ve 5'e de görülen çubuklara, enkesitin dikdörtgen şeklini değiştirmemesi için ayrıca eksenine dik bölme levhaları da kullanılmalıdır.

Yüksek yapılarda S_{ix}/i_x ve S_y/i_y değerleri 50 den büyük olmamalıdır.

Enkesitleri Şekil - 5'b de görülen çubuklarda korni-yerler, kurallara uygun bağ levhalarından başka çubuk eksenini doğrultusunda aralıkları 15 i., den fazla olmayan perçin, civata veya bunlara denk kaynak dikişler ile de birleştirilmiş ve bu aralarda korniyer-ler arasında doğru levhalar konulmuş ise $\lambda y_i = \lambda y$ ve $\hat{A}x_i = Ax$ alınabilir. Yukarıda söylenen özelliklere uyulmuş olursa, Şekil - 5'e ve 5'd de görülen çubuklarda da $\lambda x_i = \lambda x$ alınabilir.

3.2.4 - Atalet Momentleri Değişken Çubuklar

Enkesit alanları yaklaşık olarak aynı kaldığı halde, enkesit yüksekliği ve dolayısıyla atalet momenti değişen, gerek 1 ve gerekse 2 veya 4 parçalı çubukların burkulma hesapları $I = c \cdot I_{max}$ sabit atalet momenti ile yapılabilir, c katsayıları Çizelge - 9'dan alınır. Bu Çizelgede görülen değerlerde :

$V = \sqrt{I_0 - I_1} = \sqrt{I_{min}/I_{max}}$ bir yardımcı değeri gösterir, c değerleri iki ucu mafsallı olarak istinat eden ve $l_0 \geq 0,01 l$, olan çubuklar için geçerlidir. $S_i \geq 0,8 s$ olan çubuklarda $c = 1$ alınabilir. S_i değerinin 0,5 s ile 0,8 s arasında bulunduğu çubuklarda ise polineer enterpolasyonla bulunur.

3.2.5 - Enleme Bağlantılar

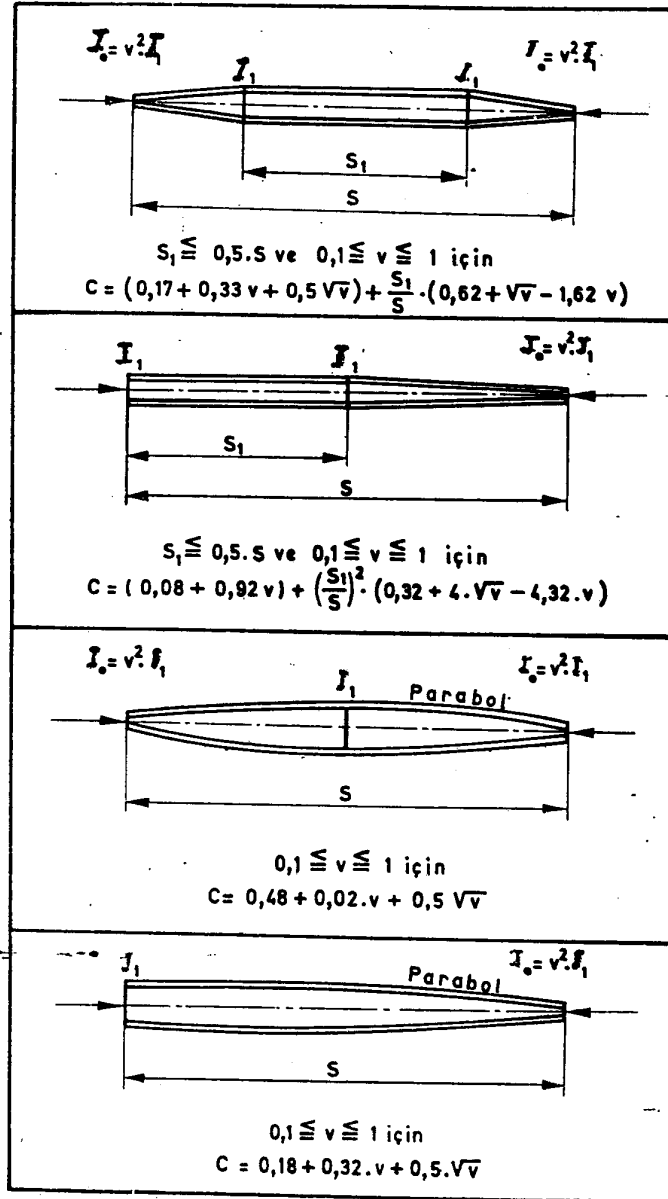
Örgülü çubuk veya bağ levhası olarak düzenlenen enleme bağlantılar,

$$Q_1 = F \cdot \sigma_{çem} / 80$$

değerinde bir itibari kesme kuvvetine göre hesaplanır.

Münferit çubukların ağırlık eksenleri arasındaki e. aralığı (Şekil - 2 ve 5) 20 İi, den fazla olan çerçeve çubuklarda (Şekil - 1 b), enleme bağlantısının boyutlandırılmasında makaslama kuvveti 0,05 ($e/l_1 - 20$) kadar artırılır, örgü çubuklarda münferit çubukların arasındaki e aralığının büyük olduğu hallerde öncelikle, kullanılan örgülü çubuklarda bir atırma yapılmaz.

ÇİZELGE-9 Atalet Momentleri Değişken Çubuklarda C Katsayısı



İki parçalı örgülü çubuklarda (Şekil - 1 a) Q_i nin meydana getirdiği diyagonal kuvvet

$$D = \frac{Q_i}{Z \cdot \sin \alpha}$$

formülü ile bulunur.

Burada ;

Z = Paralel düzlemlerde yan yana bulunan enleme bağlantılarının sayısı,

α = Diagonalın çubuk eksenine ile yaptığı açısı (Şekil - 1 a),

Q_i = itibari makaslama kuvveti,

D = Örgülü çubuklarda diyagonala gelen kuvvettir.

Çerçeve çubuklarda (Şekil - I b) her enleme bağlantı yalnız bir bağ levhası (Şekil - 2 d, S b, 5 c, 5 d) veya yan yana bulunan düzenle bir kaç bağ levhası ile (Şekil - 2 a, 2 b, 2 c, 2 e, 2 f, 5 a, 5 e) düzenlenebilir. Böyle bir enlem bağlantıya düşen itibari kesme kuvvetinin (T) miktarı -

$$\text{İki parçalı çubukta (m = 2) : } T = \frac{Q, S,}{e}$$

$$\text{Üç parçalı çubukta (m = 3) : } T = \frac{Q, S,}{2e}$$

Dört parçalı çubukta (m = 4) :

Orta münferit çubukların arasında

$$T' = 0,4 \frac{Q, S,}{e}$$

kenarlarda

$$T' = 0,3 \frac{Q, S,}{e}$$

alınır. Enleme bağlantılarda T kesme kuvveti altında meydana gelen momentlerin sıfır noktalarının yerleri Şekil - 6'da gösterilmiştir.

Bağ levhalarının aralıkları eşit veya eşite yakın olacak şekilde düzenlenmelidir. Bağ levhalarının her münferit çubuğa birleşimleri en az iki perçin veya civata veya buna denk bir kaynak dikişi ile yapılmalıdır. Çerçeve çubuklarını göz sayısı $n \geq 3$ olmalıdır, yani çubuk boylarının en az üçte bir noktalarında birer bağ levhası bulunmalıdır.

Gerek örgülü gerek- çerçeve şeklindeki çok parçalı bütün çubukların (Şekil - I a ve I b) başlarında, her münferit çubuğa en- az üçer perçin veya civata veya buna denk bir kaynak dikişiyle birleştirilmiş birer bağ levhası bulunmalıdır. Çift gövdeli elemanların çubuklarında başlardaki bu bağ levhaları olabildiği kadar iki düğüm levhasının arasına sokulmalıdır (Şekil - 7a). Aksi halde münferit çubuk eksenlerinin düğüm levhalarının içinde veya dışında kalmasından (Şekil - 7b) meydana gelen 1/2 s.a birleşim momentlerinin yarısı bu uçbağ levhalarının ve birleşenlerinin hesabında T den ileri gelen momentlere katılmalıdır.

Düğüm levhaları çubuğun enleme bağlantısı düzleminde bulunuyorsa, başlarda bağ levhaları konması gerekli değildir. Münferit çubukların aralıkları düğüm levhası kalınlığına eşit veya bundan az fazla olan iki parçalı çubuklarda (Şekil - 3 ve 4) başlara ayrıca bağ levha konması gerekmez, fakat çubuk boyunun en az üçte bir noktalarında her münferit çubuğun en az iki perçin civata'veya buna denk bir kaynak dikişiyle birleştirilmiş birer bağ levhası konulması gerekir.

Şekil - 3'deki gibi çubuklarda, bağ levhası yerine besleme levhaları da kullanılabilir. Bu besleme parçaları çubuk eksenini doğrultusunda en az iki perçin veya civata veya buna denk bir kaynak dikişiyle birleştirilmelidir.

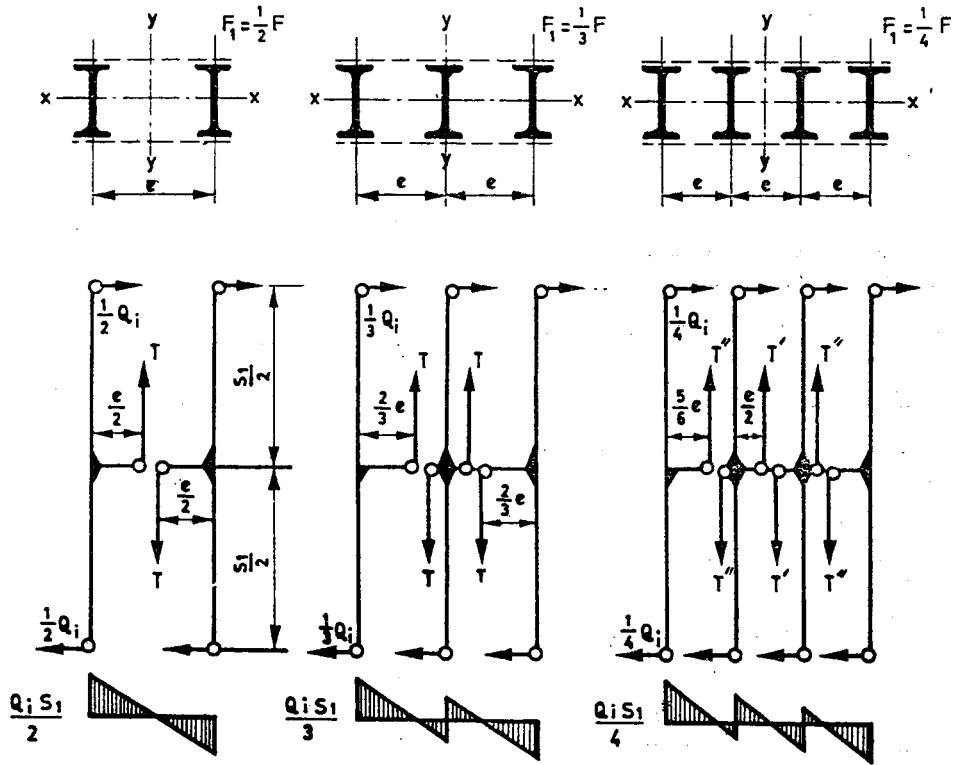
Şekil - 4'deki gibi çubuklarda bağ levhaları birbirleriyle 90 derecelik bir açı yapacak biçimde şaşırtılmalı (Şekil - 4c) veya hepsi aynı düzlemde bulunacak biçimde düzenlenebilir. Şekil - 3 ve 4'deki besleme levhası biçiminde düzenlenen bağ levhalarının birleştirilmelerinde, kesme kuvveti T'nin aktarılmasının gerçekleşmesi yeterlidir. Aynı kurallar Şekil -5 b'deki gibi çubuklara ve x-x eksenine dik burkulma için de Şekil - 5 c ve 5 d' deki çubuklara geçerlidir.

3.3 - EĞİLMEYE ÇALIŞAN DOLU GÖVDELİ KİRİŞLER

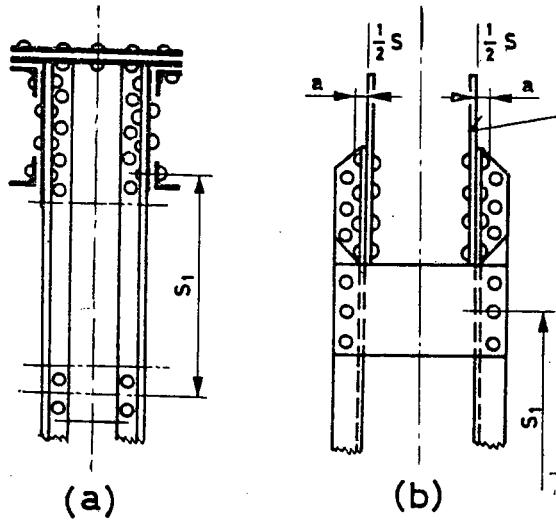
3.3.1 - Mesnet Açıklığı

Mesnet açıklığı jplarak hesaplarda mesnetlerin arasındaki mesafe veya mesnet görevi gören kirişlerin eksenlerinin arasındaki mesafe alınır. Duvar veya kolon üzerine doğrudan doğruya oturma halinde, mesnet açıklığı olarak 1/20 oranında artırılan serbest açıklık (bu artırma en az 12 cm olmak üzere)

alınmalıdır. Mesnetlerin altındaki gerilmeler, kullanılan mesnet malzemesinin yükleme durumuna göre emniyet gerilmelerini aşmamalıdır.



ŞEKİL 6.



ŞEKİL 7.

3.3.2 - Sürekli Kirişler ve Aşıklar

Üç veya daha fazla mesnetli sürekli çatı kirişleri ve aşıklar,, ekleri eğilmeye dayanıklı bir şekilde yapılmış, mesnet açıklıkları ve yükleri de eşitse diğer yöntemlerle hesaplanabildiği gibi, aşağıda verilen eğilme momentleri ile de boyutlandırılabilir. En küçük açıklık veya yük, en büyüğün 0,8 katını aşmadığı hallerde de aynı kural uygulanabilir. Bu kuralın uygulanması için en fazla zorlanmaya çalışılan iç açıklıkta kullanılan enkesit diğer iç -a açıklıklar ve mesnetler üzerinde de devam ettirilmelidir.

Düzgün yayık yük için Kenar açıklıklarda : $M = q.l^2 / 11$

İç açıklıklarda : $M = q.l^2 / 18$

Diğer yüklemeler için

Kenar açıklıklarda (Şekil - 8): $M_x = M_o - 0.6 M_a .x/l$

İç açıklıklarda (Şekil - 9): $M_x = M_o - 0,75 (M_b .l-x/l - + M_c .x/l)$

Bu formüllerde :

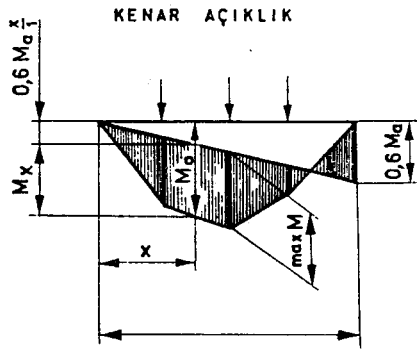
M_o = Serbest mesned halinde, incelenen açıklıkta meydana gelen en büyük eğilme momenti,

M_a = Kenar açıklıklarda, kiriş dış mesnette serbest ve iç mesnette ankastre kabul edildiği takdirde meydana gelen an-kastralık momenti,

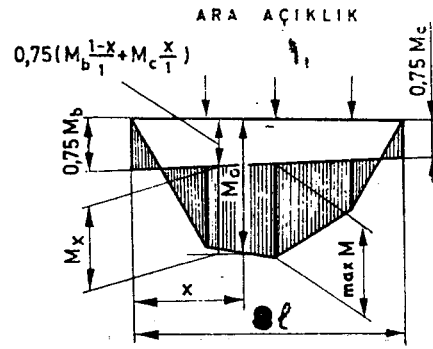
M_o, M_c = İç açıklıklarda, kiriş mesnetler üzerinde ankastre kabul edildiği takdirde meydana gelen ankastrelik momentleri,

q = Düzgün yayılı yük,

l = Mesnet açıklığıdır.



ŞEKİL 8



ŞEKİL 9

3.3.3 - Sürekli Kirişlerin Mesnet Reaksiyonları

Mesnet reaksiyonları genel olarak mesnetlerinde serbestçe dönebilen sürekli kiriş teorisine göre hesaplanmalıdır.

3.3.4 - Stabilite Tahkikleri

3.3.4.1 - Yanal Burkulma

Gövdeleri düzleminde eğilme etkisi altında kirişlerin yanal burkulma emniyetlerinin yeterliği artırılmalıdır. Yanal burkulmada kiriş yanlamasına eğilir ve aynı zamanda burulur.

Yanal burkulma emniyeti kirişin burulmasına ve yanlamasına eğilmesine mani olacak bütün önlemlerle artırılır. Bu önlemlerin başında enleme ve boylama bağlantılar teşkili gelir. Kiriş enkesitinin kendi düzlemi içindeki burulmasına mani olan enleme bağlantılar, kirişin mesnetlerinden başka imkân nisbe tinde kirişin diğer enkesitlerinde de teşkil edilmelidir. Kirişin yana doğru kaçması boylama bağlantılarla önlenmelidir.

3.3.4.2 - Yanal Burkulma Emniyet Gerilmesi

Eksenel simetrisi olan ve gövde yönünde yüklenen lenen kirişlerde ve büyük asal eksenine göre yüklenen U - kirişlerde basınç emniyet gerilmesi daha kesin hesap yöntemleriyle belirlenmediği

müddetçe aşağıdaki formüllerden elde edilen gerilmelerden büyüğü emniyet gerilmesi olarak alınır. Yalnız bu değer $0,60 \sigma_a$ değerini aşamaz.

$$\frac{s}{i_y} \leq \sqrt{\frac{300000000C_b}{\sigma_a}} \quad \text{ise :}$$

$$\sigma_B = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \cdot (s/i_y)^2}{900000000C_b} \right] \sigma_a < 0,6\sigma_a$$

$$\frac{s}{i_y} \geq \sqrt{\frac{300000000C_b}{\sigma_a}} \quad \text{ise :}$$

$$\sigma_B = \frac{100000000C_b}{(S/i_y)^2}$$

Eğer basınç başlığı dolu ve yaklaşık olarak dikdörtgen enkesite sahip ve enkesitin çekme başlığı enkesitinden daha ufak değilse :

$$\sigma_B = \frac{840000C_b}{s \cdot d / F_b}$$

Yukarıdaki formüllerde ;

s = Kirişin basınç başlığında dönmeye ve yanal deplasmana karşı mesnetleri arasındaki mesafe (cm),

i_y = Basınç başlığı ve gövdenin basınç bölgesinin 1/3'ünün gövde eksenine göre atalet yarıçapı (cm)

F_b = Basınç başlığının enkesit alanı (cm²)

d = Başlıklararası dıştan dışa mesafe (cm),

σ_B = Yanal burkulma gözönüne alındığında basınç emniyet gerilmesi (kgf/cm²),

σ_a = Basınç başlığının akma gerilmesi (kgf/cm²),

C_b = Bir katsayıdır. (Bu katsayı aşağıdaki gibi hesaplanır.)

$$C_b = 1,75 + 1,05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0,3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \pm 2,3$$

M_1 = Kirişin yanal desteklerinin olduğu noktalardaki uç momentlerinin küçüğü,

M_2 = Kirişin yanal desteklerinin olduğu noktalardaki uç momentlerinin büyüğü.

Momentlerin oran M_1/M_2 , eğer M_1 ve M_2 aynı işarete sahipse (iki yönlü eğilme) pozitif (Şekil - 10a) aynı işarete sahipse (tek yönlü eğilme) negatiftir (Şekil - 10b). Yanal mesnetler arasında herhangi bir noktadaki moment uç momentlerinden fazlaysa $C_b = 1,0$ olarak alınmalıdır.

3.3.4.3 - Diğer Durumlar

Gövde levhasının buruşması ve berkitmeli kirişlerde yanal burkulma tahkikleri yapılması gereken hallerde, hesaplarda, ilgili kurallara uyulur.

3.4 - EKSENEL BASINÇ VE EĞİLMEME ÇALIŞAN ÇUBUKLAR

Eksantrik bir basınç kuvveti veya merkezi basınç kuvveti ile beraber M_x ve/veya M_y eğilme momentlerine çalışan çubuklardakiburkulma tahkiki ve bur-kulmasız bir gerilme tahkiki,

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx} \cdot \sigma_{b\bar{x}}}{\left(1,0 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ex'}} \right) \sigma_{Bx}} + \frac{C_{my} \cdot \sigma_{by}}{\left(1,0 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ey}} \right)} \leq 1,0$$

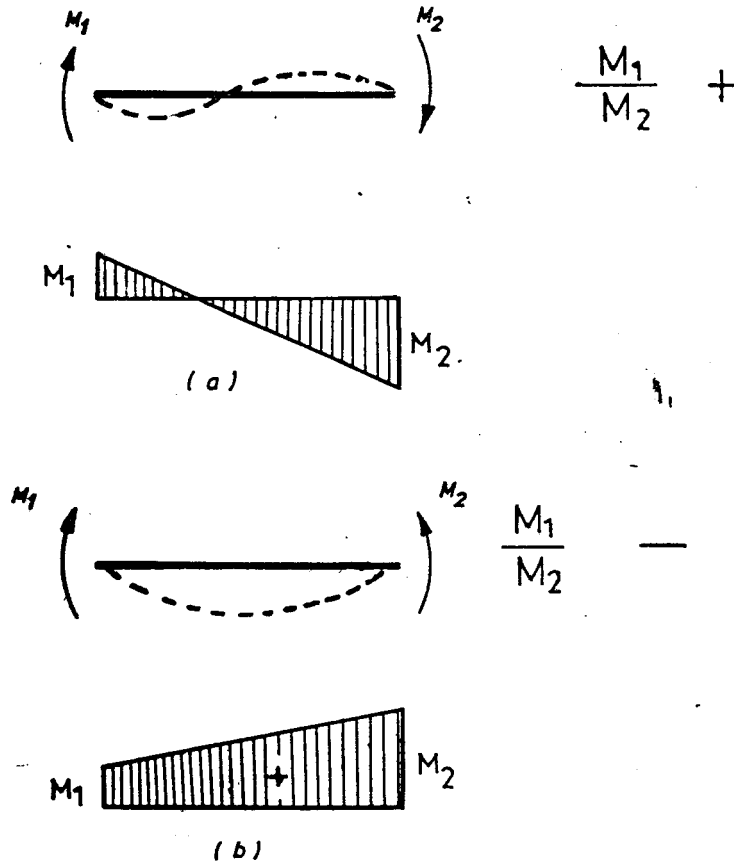
$$\frac{\sigma_{eb}}{0,6\sigma_{ba}} + \frac{\sigma_{bX}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \leq 1,0$$

formülleri ile yapılır. Eğer $\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ba}} \leq 0,15$ ise , yukarıdaki formüller yerine,

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ba}} + \frac{\sigma_{bX}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \leq 1,0$$

formülü kullanılabilir.

Yukarıdaki formüllerde x ve y gerilmenin veya ilgili katsayıların uygulandığı eksenini gösterir.



ŞEKİL - 10 M_1/M_2 Oranının işareti.

Yukarıdaki formüllerde :

σ_{bem} = Yalnız basınç kuvveti etkisi altında müsaade edilecek gerilme (Madde 3.2.2),

σ_B = Yalnız eğilme momenti etkisi altında müsaade edilecek basınç eğilme gerilmesi (Madde 3.3),

$$\sigma_{e'} = \frac{\pi^2 e}{(K \cdot S_b / I_b)^2} \cdot \frac{1}{2,5} = \frac{8,290,000}{(K \cdot S_b / I_b)^2}$$

S_b = Mesnetler arasındaki desteksiz mesafe,

I_b = Eğilmenin olduğu düzleme ' dik eksene göre atalet yarıçapı,

K = Eğilmenin olduğu eksene göre burkulma boyunu elde etmek için kullanılan katsayı,

σ_{eb} = Yalnız basınç kuvveti etkisi altında hesaplanan gerilmeyi,

σ_b = Yalnız eğilme momenti etkisi altında hesaplanan basınç gerilmesi,

C_m = Uç momentlerini y açıklık momentlerini ve yanal desteklemeyi gözönüne alan bir katsayı olup,

- Yanal deplasmanın mümkün olduğu çerçevelerde $C_m = 0,85$,

- Düşüm noktalarının ötelenmesine, müsaade edilmeyen çerçevelerde ve üzerinde eğilmenin düşünüldüğü düzlemde yük olmayan çubuklarda,

$$C_m = 0,6 - 0,4 \cdot M_1 / M_2 \geq 0,4$$

(M_1 / M_2 çubuğun iki ucundaki eğilme momentlerinin küçüğünün büyüğüne oranı olup , iki yönlü eğilmelerde pozitif (Şekil - 10a) tek yönlü eğilmelerde ise negatiftir (Şekil - 10b).

- Düşüm noktalarının ötelenmesine müsaade edilmeyen çerçevelerde ve üzerine eğilmenin düşünüldüğü düzlemde yük alan çubuklarda C_m kesin hesap yöntemleriyle bulunmalıdır. Çizelge - 10'da verilen durumlar için

$$C_m = 1 + \Psi \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{e'}}$$

formülü kullanılarak bulunabilir.

Formülde :

$$\Psi = \frac{\pi^2 \delta_0 EI}{M_0 S^2}$$

δ_0 = Eğilme yükünden meydana gelecek maksimum deplasman,

M_0 = Maksimum moment.

Merkezi basınçtan başka yatay veya . eğik durmalarından ötürü öz yüklerinin etkisi ile eğilmeye çalışılan çubukların da yukarıdaki gibi hesaplanması gerekir. Burada M icdn yaklaşık olarak $M=G/H/10$ değeri alınabilir.

Bu formülde

G = Çubuğun ağırlığı,

$/H$ = Çubuğun planda ölçülen (yatay düzlem izdüşümü) uzunluğudur.

$/H = \leq 6,00$ m olan çubuklarda bu etki hesaba katılmaz.

3.5 - BURULMAYA ÇALIŞAN ÇUBUKLAR

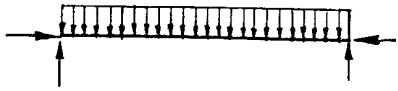
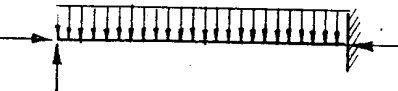
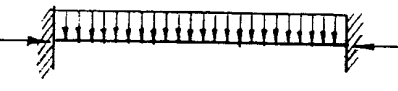
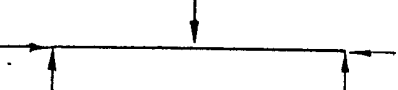


Burulma yüklerine ilâveten eğer eğilmeye neden olan yükler yapı elamanının en kesitinin kayma mrkezin-den geçmiyorsa çubuk burulma yükleri etkisi altında kalır. Burulma yüklerinden dolayı çubukta .kayma gerilmeleri ve normal gerilmeler meydana gelir. Bu gerilmeler diğer tesirlerden oluşan gerilmelere ilâve edilir ve en büyük gerilmeler hesaplanır.

3.5.1 - Burulma Gerilmeleri

Burulma yükü etkisi altında bir elemanın herhangi bir enkesitinde üç tip gerilme meydana gelebilir. (1) üniform burulma, kayma gerilmeleri (2) üniform olmayan burulma kayma gerilmeleri (çarpılma kayma gerilmeleri) (3) üniform olmayan burulma normal gerilmeleri.

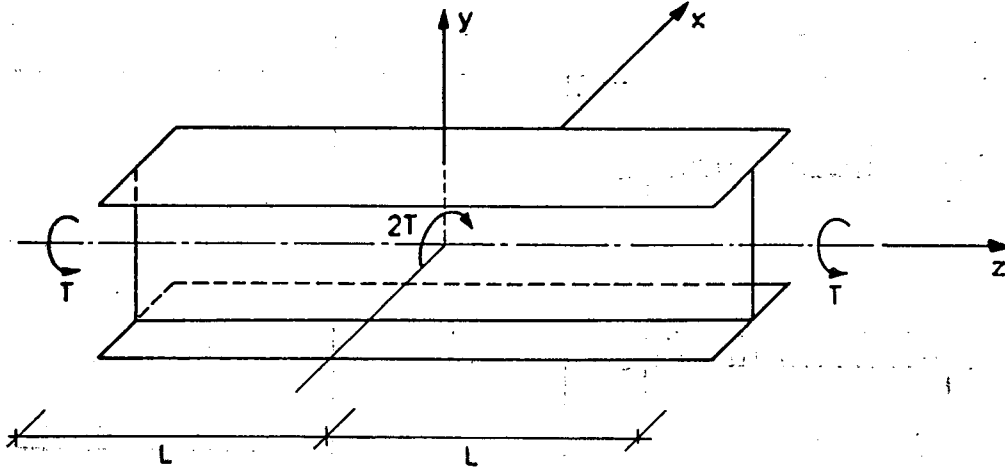
Üniform burulmada, (Saint Venant burulması) kesitin çarpılması kesitten kesite değişmez. Birim dönme açısı $\theta = d_0/d_z$ değeri sabittir, diğer deyimle, z den bağımsızdır. Üniform burulmanın olabilmesi için kesitlerin, bu arada uç kesitlerinin serbestçe çarpılmasına müsaade edilmiş olması gerekir.

Çizelge 10 - ψ değerleri

Durum	ψ	C_m
	0	1,0
	- 0,3	$1 - 0,3 \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_e'}$
	- 0,4	$1 - 0,4 \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_e'}$
	- 0,2	$1 - 0,2 \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_e'}$
	- 0,4	$1 - 0,4 \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_e'}$
	- 0,6	$1 - 0,6 \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_e'}$

Eğer çubuğun uç şartları veya herhangi bir dış etmen nedeniyle çubuğun herhangi bir enkesitinde serbestçe çarpılmasına engel olunuyorsa, bu durumda üniform olmayan bir burulma oluşur, örnek olarak Şekil -II'de I kesitli bir çubuk orta kesitine göre simetrik olarak yüklenmiştir. Çubuğun uçları çarpılma bakılarından ötürü hiç çarpılmayacak ve düzlem kalacaklarında ötürü hiç çarpılmayacak ve

düzlem kalacaktır. Buna göre çarpılma $z = 0$ kesitinde sıfır olduğu halde, $z = L$ için herhangi bir değer olacak ve $0 < z < L$ kesitleri arasında değişecektir. Bu durum üniform olmayan bir burulma halidir.



Şekil 11.

3.5.2 - Üniform Burulma

3.5.2.1 - Kapalı Kesitlerde Üniform Burulma

Üniform burulmada

$$T = GK_T \cdot d_\theta / d_z \text{ ayrıca } \tau_{\max} = T \cdot t_{\max} / K_T$$

ile gösterilebilir.

Burada ;

T = Uygulanan burulma yükü,

θ = Dönme açısı,

t_{\max} = Merkezden en uzak noktaya olan uzaklık,

G = Kayma elastisite modülü,

GK_T = Kesitin burulma rijitliği,

K_T = Burulma katsayısı, boyutu uzunluğun dördüncü kuvvetidir (örneğin cm^4). Yalnız daire ve daire halkası halinde kesitin merkeze göre kutupsal (polar) atalet momentini gösterir. Diğer kesitlerde matematik sel elastisite yöntemleri kullanılarak bulunur.

Örnek olarak ;

$$\text{- Dairede } K_T = \frac{\pi R^4}{2}$$

$$\text{- Elipste.. } K_T = \frac{\pi a^3 b^3}{a^2 + b^2}$$

$$\text{- Eşkenar üçgende } K_T = 0.02165 a^4$$

$$\text{- Karede } K_T = 0.141a^4$$

Diğer dolu kesitler için basit yaklaşık bir formül kullanılabilir.

$$K_T = 0,025 \frac{A^4}{J_G}$$

Burada ;

A = Kesitin alanı,

J_G = Kesitin ağırlık merkezine göre kutupsal (polar) atalet momentidir.

3.5.2.2 - Tüplerin (ince çeperli kesitlerin) Burulması

Kalınlığı diğer boyutlarına göre çok küçük olan çubuklara tüp denir; bunlarda kalınlığın sabit olmasına gerek yoktur. Tüpleri burulma hesabı yönünden açık ve kapalı olarak iki ayrı sınıfta incelemek gerekir.

a) Kapalı tüpler, ince kalınlıklı kapalı tüplerde kayma gerilmesi ve birim dönme aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\tau = \frac{T}{2.A.t}$$

$$\theta = \frac{T}{GK_T} = \frac{1}{2G.A} \int \phi_o^s \tau ds$$

Burada ;

T = Oluşacak kayma gerilmesi,

A = Tüp kalınlığını yarıya bölen eğrinin (çeper ortayın) kapattığı alan,

t = Tüp kalınlığı,

s = Tüpün çevresini belirleyen değişken dir.

İnce çeperli dikdörtgen elemanların birleştirilmesinden oluşan enkesitlerde

$$K_T = \frac{4A^2}{\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{t_i}}$$

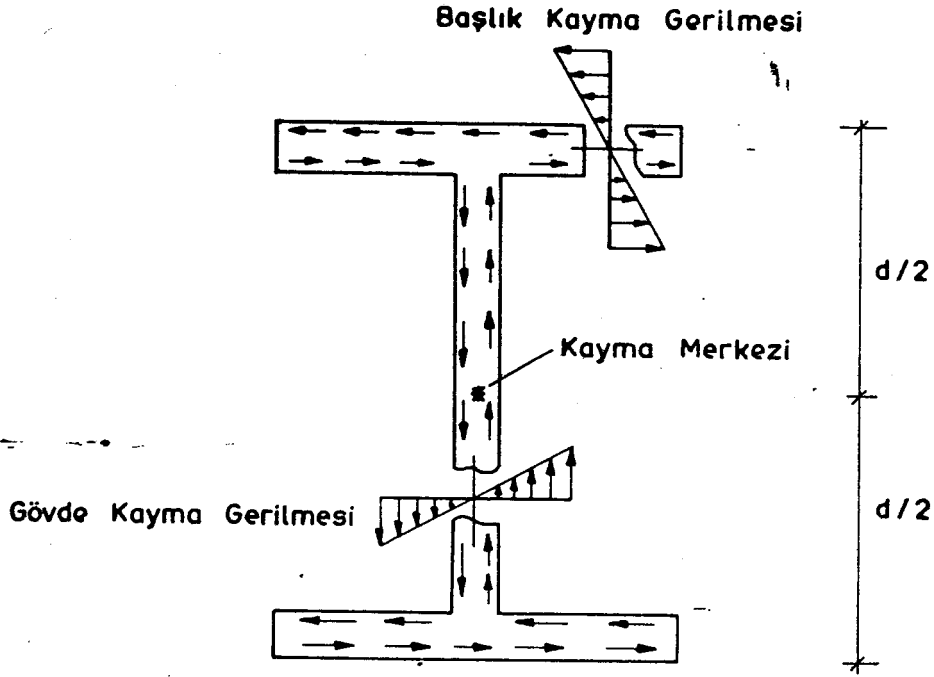
olarak hesaplanır.

Burada ;

S_i = Kapalı kesidi oluşturan dikdörtgen elemanların uzunluğu,

t_i = Elemanın kalınlığı,

dır.



Şekil 12 Uniform Kayma Gerilmeleri

b) Açık tüpler

Açık ince çeperli en kesitler bir dizi dikdörtgenlerden oluştuğu varsayılarak : Burulma katsayısı

$$K_T = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^n s_i t_i^3$$

olarak hesaplanır. Burada ;

s_i = Açık kesidi meydana getiren dikdörtgen elemanların herbirinin uzunluğu,
 t_i = Elemanın kalınlığı,
 dır.

Bu durumda en büyük kayma gerilmesi en kalın dikdörtgende meydana gelir. Kayma gerilmeleri kalınlık boyunca doğrusal olarak değişir ve kenarlara paralel yöndedir (Şekil - 12).

Kenarlarda kayma gerilmesi en büyüktür ve birbirine ters yönde etkir.

Kayma gerilmesi :

$$\tau = \frac{T \cdot t}{K_T}$$

bağıntısından hesaplanır.

3.5.3 - Üniform Olmayan Burulma

Üniform olmayan burulmada $\theta(z)$ fonksiyonu doğrusal olmayıp $\theta = d\theta / dz$ değeride sabit değildir.

Üniform olmayan burulmada enkesitlerin çarpılmalarının kesitten kesite değişmesi nedeniyle çubuk eksenine doğrultusunda az normal gerilmeleri oluşur. Bu normal gerilmeler kesitte $d^3 \theta / dz^3$ ile orantılı ek kayma gerilmelerinin oluşmasına neden olur.

Üniform ve Üniform olmayan burulmadan meydana gelen kayma gerilmeleri dağılışına statik yönden eşdeğer olan momentlerin toplamı, kesite etkiyen T burulma momentine eşit olacağından

$$\tau = GK_T \frac{d\theta}{dz} - EC \frac{d^3\theta}{dz^3}$$

yazılabilir. Burada EC çarpılma rijitliğini gösterir, (kg. cm⁴).

Üniform olmayan burulmada, çarpılma engellendiği için, kesitin dönmeye karşı rijitliği artmış gözükür ve Üniform burulma haline göre daha az döner.

Üniform olmayan burulma, açık tüpler gibi, kesit çarpılması büyük plan çubuklar için önemlidir. Gerek dolu kesitlerde ve gerekse kapalı tüplerde, çarpılma çok küçük olduğundan, buna engel olunmakla doğacak ek tesirlerde önemsiz olur. Bazı kesit şekilleri, geometrik yapısındaki özellikler dolayısıyla hiç çarpılma yapmazlar: eksene dik kesitler burulmadan evvel ve sonra aynı düzlemde kalacağından iki çeşit burulma arasında fark kalmaz. Çarpılma yapmayan kesitler üç grupta toplanabilir.

- Daire ve daire halkası kesitler,
- İnce dikdörtgen elemanlardan oluşan ve aynı noktada kesişen açık kesitler (Şekil - 13),
- Kalınlığı değişken olmayan ve çeper ortayına teğet daire çizilebilen kapalı tüpler.

3.5.4 - Üniform Olmayan Burulma Gerilmelerinin Hesabı

3.5.4.1 - Kayma Gerilmeleri

Üniform olmayan burulmadan oluşan kayma gerilmeleri enkesit kalınlıkları boyunca değişmez fakat çubuk eksenine boyunca değişken olup, kenarlara paralel yönde etkir (Şekil.- 14).

Kayma gerilmeleri :

$$\tau_w = \frac{-ES_{ws} \frac{d^3\theta}{dz^3}}{t}$$

formülünden hesaplanır.

Burada ;

T_w = Üniform olmayan burulmadan oluşan kayma gerilmeleri (kgf/cm²)

E = Elastisite modülü (kgf/cm²),

S_{ws} = Gerilmenin araştırıldığı noktada çarpılma statik momenti (cm⁴),

t = Gerilmenin araştırıldığı noktada enkesit kalınlığı (cm),

dır.

3.5.4.2 - Normal Gerilme

Çarpılma normal gerilmesi enkesite dik yönde etki eder.

Gerilme kesiti oluşturan dikdörtgen elemanların kalınlığı doğrultusunda değişmez fakat kalınlığa dik doğrultuda değişkendir (Şekil - 14).

Normal gerilme :

$$\sigma_w = EW_n \frac{d^2\theta}{dz^2}$$

formülü ile hesaplanır.

σ_w = Üniform olmayan burulmadan oluşan normal gerilme (kg/cm²),

E = Elastisite modülü (kg/cm²),

W_n = Gerilmenin bulunacağı noktada normalleştirilmiş çarpılma fonksiyonu (cm²), dur.

I profilleri için yaklaşık bir hesap yöntemi aşağıdaki bölümde verilmiştir.

3.5.5 - I - Prof illerinde Üniform Olmayan Burulmadan Oluşan Gerilmelerin Bölünmesi İçin Yaklaşık Bir Hesap Yöntemi

Burulma momenti, başlıklarda başlık düzleminde eşit ve ters yönde bir kuvvet çiftiyle gösterilebilir. Hesaplanan bu kuvvetlerden başlıklarda oluşacak gerilmeler Üniform olmayan burulmadan meydana gelecek gerilmelere eşdeğer kabul edilir (Şekil - 15).

Başlıklara etkileyecek olan burulma momentinin başlıklar arasındaki ortalama uzaklığa bölünmesiyle elde edilir.

$$H = T/d$$

Burada ;

H = Başlıkta hesaplanan kuvvet,

d = Başlıklar arasında uzaklık dır.

Burulma momentinin başlıkta oluşturduğu kesme kuvveti (Q) 'nin yarattığı kayma gerilmeleri dağılımı paraboliktir ve en büyük kayma gerilmesi

$$T_{\max} = \frac{3}{2} \frac{Q}{A} \text{ olarak belirlenir.}$$

Burada ;

A = Başlığın kesit alanıdır.

Burulma momentinin başlıkta oluşturduğu kuvvetten oluşan eğilme momentinin (M) yarattığı normal gerilmeler ise

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_s} \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

Burada ;

W_s = Başlığın dayanım momentidir.

3.6 - YAPMA DOLU GÖVDELİ KİRİŞLER

3.6.1 - Perçin veya cıvata bağlantılı veya kaynaklı veya üst başlıklardan takviyeli dolu gövdeli kirişlerle, yapma dolu gövdeli kirişler, atalet momenti gözönüne alınarak boyutlandırılır. Çekme ve basınç başlıklarındaki perçin veya cıvatalar için açılmış deliklerden dolayı kayıplar Madde 2.3.6'ya göre hesaplanır. Bu kayıpların o başlığın alanına oranı % 15 den az ise, delikler atalet momentinin hesabında gözönüne alınmaz.

3.6.2 - Gövde

Başlıklar arasındaki net gövde yüksekliğinin (h), gövde kalınlığına (t) oranı

$$\frac{h}{t} \leq \frac{950}{\sqrt{\sigma_a(\sigma_a + 1.2)}}$$

değerini aşmamalıdır. Yukarıdaki formülde ;

h = Başlıklar arasında gövdenin net yüksekliği (cm),

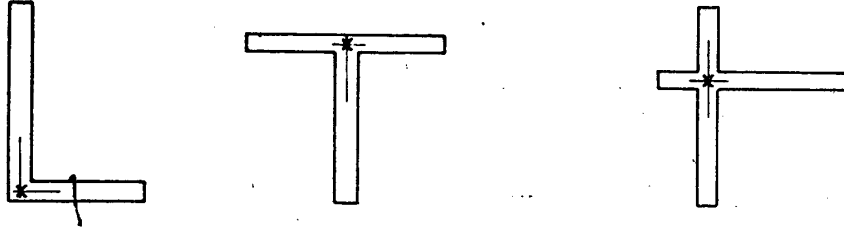
t = Gövdenin kalınlığı (cm),

σ_a = Gövde malzemesinin akma sınırı (t/cm^3) dir.

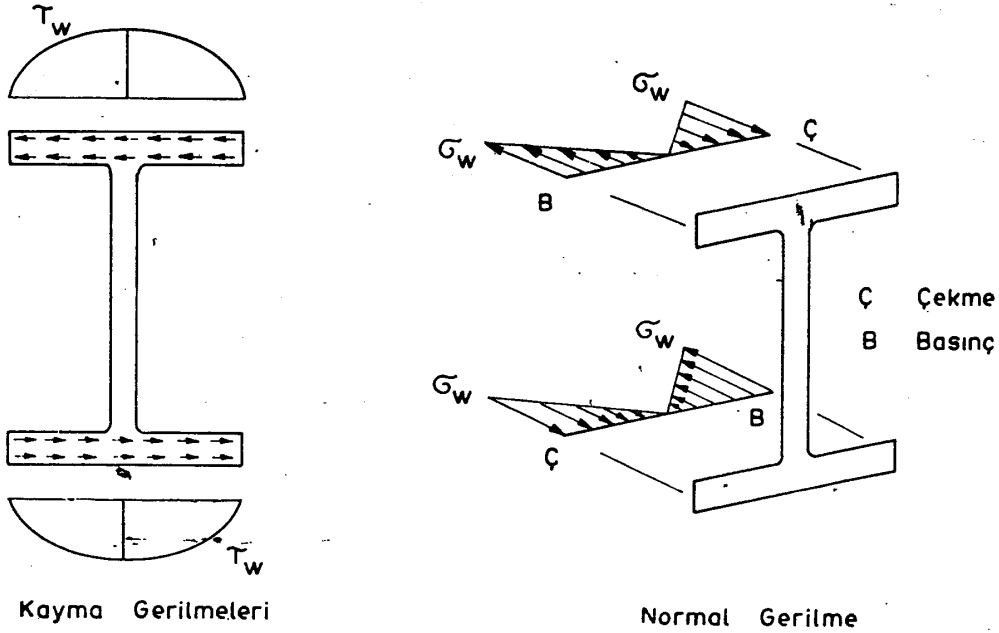
3.6.3 - Başlıklar

Başlığın kalınlığı, başlığın boyunca berkitmeli olup olmamasına göre iki durumda incelemelidir. Başlıkların genişliği yüke paralel serbest yüzden, başlığı gövdeye bağlayan ilk perçin veya civata sırasına veya kaynağa olan uzaklıktır. Bu genişlik sıcak haddelenmiş T ve I profillerinde adı geçen profil başlığının yansınar'ine sıcak haddelenmiş U ve köşebentlerle, Z profil başlıklarında, başlık genişliğinin tamamı olarak alınır.

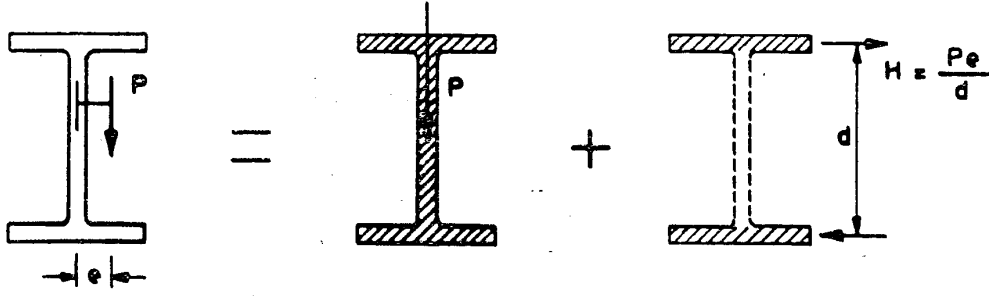
Başlık yüzleri birbirine paralel değilse, başlık kalınlığı olarak başlık genişliğinin orta noktasındaki kalınlık alınır.



Şekil 13



Şekil 14 Uniform Olmayan Burulmada Gerilmeler



Şekil - 15

Kaynaklı yapma dolu gövdeli kirişlerde başlıkların kalınlıkları veya genişlikleri ilâve levhalara takviye edilebilir. Perçinli yapma dolu gövdeli kirişlerde takviye başlık alanı toplam başlık alanının yüzde 70'ini aşmamalıdır.

3.6.3.1 - Barkitmesiz Başlıklar

Başlığın tamamının meydana gelen gerilmelerin aktarılmasında gözönüne alınabilmesi için başlık genişliğinin (b), başlık kalınlığına (t_b) oran

$$\frac{b}{t_b} \leq \frac{25}{\sqrt{\sigma_a}}$$

bağıntısına uymalıdır.

Bu oran aşıldığı takdirde basınç başlığında müsaade edilen gerilme $0.6 \sigma_a \cdot Q_s$ değerini veya Madde 3.3.4.2' de belirtilen yanıl burkulma emniyet gerilmesi değerini aşmamalıdır.

b = Basınç başlığının genişliği (cm), t_b = Basınç başlığının kalınlığı (cm),

σ_a = Basınç başlığı malzemesinin akma sınırı (t/cm^2),

Q_s = Geniş basınç başlıklarında emniyet gerilmesinin elde edilmesinde kullanılan yardımcı bir değerdir. Bu değer :

$$\frac{b}{t_b} \leq \frac{25}{\sqrt{\sigma_a}}$$

$$\frac{46}{\sqrt{\sigma_a}} > \frac{b}{t_b} > \frac{25}{\sqrt{\sigma_a}} \quad Q_s = 1.415 - 0.0166 \frac{b}{t_b \sqrt{\sigma_a}}$$

$$\frac{b}{t_b} \geq \frac{46}{\sigma_a} \quad Q_s = \frac{1400}{\sigma_a \left(\frac{b}{t_b}\right)^2}$$

olarak hesaplanır.

3.6.3.2 - Berkitmeli Başlıklar

Berkitmeli başlığın tamamının meydana gelen gerilmelerin alt tanınmasında gözönüne alınabilmesi için genişliğin kalınlığa oranı

$$\frac{b}{t_b} < \frac{63}{\sqrt{\sigma_a}}$$

değerini aşmamalıdır.

Bu değer aşıldığı takdirde, eğilme özelliklerinin hesabında azaltılmış etkin genişlik (b_e) kullanılmalıdır.

$$b_e = \frac{63t_b}{\sqrt{\sigma_a}} \text{ olarak hesaplanmalıdır.}$$

bu formüllerde ;

b_e = Etkin (effektif) genişlik (cm),
 t_b = Basınç başlığının kalınlığı (cm),
 σ_a = Basınç başlığının akma sınırı (t/cm^2) dir.

3.6.4 - Yatay ve Düşey Berkitmeler

Yük taşıma berkitmeleri gövdenin takviyesiz uçlarında yani mesnetlerin bulunduğu uçlarda ve münferit yüklerin tatbik edileceği noktalarda sağlanmalıdır. Bu berkitmeler yükün aktarıldığı başlık veya başlıklarla yakın temasta olacak ve yaklaşık olarak başlık serbest ucuna kadar uzatılacaktır. Bu berkitmelerin boyutlandırılması aksel basınç çubuğu olarak yapılacak. Basınç çubuğunun enkesiti berkitmelere ilâveten berkitmenin iki tarafına eşit olarak yerleştirilmiş 25 defa gövde kalınlığının ilâvesinden oluşur. Eğer berkitmeler gövdenin uç kısımlarında ise berkitmelere ilâveten 12 gövde kalınlığı gözönüne alınarak, alan ve atalet momenti hesaplanır. Berkitme-lerin burkulma boyu kendi boyunun 3/4 den az olmamalıdır. Berkitmenin burkulma boyu, başlık gövde kaynakları arası uzaklık veya başlık gövde birleşiminde köşebentler kullanıldıysa köşebentlerin uçları arasındaki uzaklıktır.

3.6.4.1 - Gövdedeki En Büyük Ortalama Kayma Gerilmesi

T_v = Herhangi bir yükleme durumu için ,

$$T_{em} = \sigma_a / 2,89 \cdot C_v \leq 0.4 \sigma_a$$

değerini aşmamalıdır.

Burada ;

C_v = Kayma Gerilmesi hesabında kullanılan bir katsayı,

$$C_v = \frac{3160 k}{\sigma_a (h/t)^2}$$

eğer $C_v \leq 0.8$

$$C_v = \frac{50}{(h/t)} \sqrt{\frac{k}{\sigma_a}} \text{ eğer } C_v > 0.8$$

k =Kritik kayma gerilmesinin hesabında kullanılan bir katsayı,

$$a/h \leq 1.0 \text{ ise } k = 4.00 + 5.34/(a/h)^2$$

$$a/h > 1.0 \text{ ise } k = 5.34 + 4.00/(a/h)^2$$

t = Gövde kalınlığı (cm),

a = Düşey berkitmeler arasındaki net uzaklık (cm),

h = Başlıklar arasındaki net uzaklık (cm),

σ_a = Gövdenin akma sınırı (t/cm^2) dir.

Eğer düşey berkitmeler sağlandıysa ve Madde 3.6.4.2'ye göre yerleştirildiyse ve $C_v \leq 1.0$ ise yukarıda verilen gövde kayma emniyet formülü yerine

$$\tau_{em} = \frac{\sigma_a}{2.89} \left(C_v + \frac{1 - C_v}{1.15 \sqrt{1 + (a/h)^2}} \right) \leq 0.4 \alpha_a$$

kullanılabilir.

3.6.4.2 - Eğer (h/t) oranı 260'dan az ise ve meydana gelen en büyük kayma gerilmesi ilk formülde verilen emniyetli kayma gerilmesini aşmıyorsa $T_{em} = \sigma_a / 2.89$ ($C_v \leq 1.0$ σ_a) ara düşey berkitmelere gerek yoktur. Eğer ara berkitme gerekiyorsa bu ara berkitmeler meydana gelecek kayma gerilmesi (t_v)'nin emniyetli gerilme (t_{em}) olacak şekilde yerleştirilir. Yalnız a/h oranı ($260 / (h/t)$)² veya 3.0 değerini aşmamalıdır.

3.6.4.3 - Bir çift simetrik, ara berkitmenin veya tek berkitmenin gövdenin ortasından geçen eksene göre enkesinin atalet momenti $(h/50)^4$ cm⁴ den az olmamalıdır.

Ara berkitmelerin alanı cm² cinsinden (eğer çift olarak yerleştirildiyse toplam alan) aşağıda verilen değere eşit veya büyük olmalıdır.

$$A_{st} = \frac{1 - C_v}{2} \left\{ \frac{a}{h} - \frac{(a/h)^2}{\sqrt{1 + (a/h)^2}} \right\} Y.D.h.t$$

bu formülde ;

Y = Gövde çeliğinin akma sınırının berkitme çeliğinin akma sınırına oranı,

D = Berkitme şekil katsayısı 1.0 çift sağlanmış berkitme ise,

D = 1.8 tek taraflı köşebent berkitme ise,

D = 2.4 tek taraflı levha berkitme ise,

A_{st} = Berkitmenin alanı

Meydana gelen maksimum kayma gerilmeleri, emniyet gerilmesinden ne kadar az ise berkitmelerin alanı da aynı oranda azaltılabilir.

Ara berkitmeler gövdeye en az her cm de

$$\tau_{vs} = h \sqrt{\left(\frac{\sigma_a}{140}\right)^3}$$

toluk kuvveti aktaracak şekilde bağlanmalıdır. Bu gerekli transfer kuvveti ara düşey berkitmelerin her iki tarafında meydana gelen maksimum kayma gerilmesi emniyet gerilmesinden az ise, Tv/Tem oranında azaltılabilir. Bu azaltma mesnetlerde veya münferit yük altındaki düşey berkitmelerde yapılmamalıdır.

Mesnet reaksiyonu veya münferit yük aktarmayan düşey berkitmeler çekme başlığından 4 kere gövde kalınlığı kadar kısa kesilebilir. Düşey berkitmeler tek tarafta kullanıldığında torsiyondan meydana gelecek, başlığı yukarı kaldırma durumunu önlemek için basınç başlığına bağlanmalıdır.

Berkitmelerin bağlanmasında Madde 5.1'de verilen kurallarla en büyük ve en küçük yerleştirme değerlerine uyulmalıdır.

3.6.5 - Başlık Gerilmesinin Azaltılması

Eğer gövde yüksekliğinin (h) kalınlığına (t) oranı $200/\sqrt{\sigma_{bem}}$ aşarsa eğilme emniyet gerilmesi aşağıdaki gibi azaltılmalıdır.

$$\sigma'_{bem} \leq \sigma_{bem} \left\{ \left(1.0 - 0.0005 \frac{A_g}{A_b} \right) \left(\frac{h}{t} - \frac{200}{\sqrt{\sigma_{bem}}} \right) \right\}$$

σ_{bem} = Madde 3.4.4.2'ye göre hesaplanan eğilme basınç emniyet gerilmesi (t/cm²),

σ'_{bem} = Azaltılmış basınç emniyet gerilmesi (t/cm²),

A_b = Basınç başlığı alanı (cm²),

A_g = Gövde alanı (cm²),

dir.

3.7 - KAFES KİRİŞLER

3.7.1 - Kafes kirişlerin çubuk kuvvetleri, düğüm noktalarında sürtünmesi mafsalların bulunduğu kabul edilerek hesaplanabilir.

3.7.2 - Düğüm noktaları arasında etki yapan yüklerin doğurduğu eğilme gerilmeleri de gözönünde tutulmalıdır. Çubuk yüzeylerine etkiyen rüzgar yükü ve çekmeye çalışan çubuklarda çubuğun öz ağırlığı gözönünde tutulmaz. Basınca çalışan çubuklarda öz ağırlığın ne şekilde gözönünde tutulacağı Madde 3.3' de gösterilmiştir.

3.7.3 - Kafes kirişlerde basınç ve çekme çubuklarının uçlarındaki bağlantılar proje yükünü taşıyacak şekilde projelendirilmelidir, fakat bu bağlantıların kapasiteleri çubuğun emniyetle taşıma yükünün % 50' sinden az olmamalıdır.

3.8 - BİRLEŞİM VE EKLERİN HESAP KURALLARI

3.8.1 - Enkesit teşkil eden her parçanın eki ve birleşimi genellikle bağımsız olarak yapılmalıdır. Birleşim ve eklerde, eki örten parçalar ve birleşim araçları genel olarak kendilerine düşen statik değerlere göre hesaplanır.

Basınç çubuklarının birleşiminde basınç kuvvetleri burkulma sayısı gözönünde tutulmaksızın hesaplara sokulur. Ek yerlerinde, eki örten parçaların enkesit değerleri (J, W, F) en az, eklenen kısımların enkesit değerlerine eşit olması halinde bu parçalar için bir tahkik yapmaya lüzum kalmaz ise de birleşim araçlarının tahkikleri burada da yapılmalıdır.

3.8.2 - Yalnız basınca çalışan ekleri burkulma boyunun dış dördte bir kısımlarında bulunan sürekli kolonların eklerine değine yüzeyleri kolon eksenine dik olarak işlenmiş ve dolayısıyla tam bir değmesi varsa, eki örten parçalar ve birleşim araçları kolon yükünün 1/2'si için hesaplanabilir.

3.8.3 - Yalnız basınca çalışan kolonların baş ve ayak kısımlarında uç enkesitler kolon eksenine dik olarak işlenmiş ve mesnet levhaları da yeter kalınlıkta ise, kolonu ayak ve başındaki yapı elemanlarına bağlayan birleşim elemanları kolon yükünün 1/4'üne göre boyutlandırılabilir.

3.8.4 - Yardımcı korniyerlerin bir kolu kendine düşen kuvvete göre, diğer kolu ise % 50 artırılmış kuvvete göre birleştirilir.

3.8.5 - Düğüm levhalarından ek için yararlanılması ancak bunların emniyetle taşıyabilecekleri yükleri tahkik etmek şartıyla uygulanır.

4 - EMNİYET GERİLMELERİ

4.1 - Yapı elemanlarının birleşim araçlarının, mesnet ve mafsalların emniyet gerilmeleri Çizelge - 11,12,13 de gösterilmiştir.

ÇİZELGE — 11 Yapı Çelikleri İçin Emniyet Gerilmeleri (çekme ve kayma emniyet gerilmeleri)

Yapı Çeliği	Akma Sınırı σ_a		Çekme Emniyet Gerilmesi σ_{cem}		Kayma Emniyet Gerilmesi T_{em}	
	Kgf/cm ²	N/mm ²	Kgf/cm ²	N/mm ²	Kgf/cm ²	N/mm ²
Fe 33	1900	186	1140	112	658	65
Fe 34	2100	206	1360	124	728	71
Fe 37	2400	235	1440	141	831	82
Fe 42	2600	255	1560	153	900	88
Fe 46	2900	284	1740	171	1005	99
Fe 50	3000	294	1800	177	1039	102
Fe 52	3600	353	2160	212	1247	122
Fe 60	3400	333	2040	200	1178	116
Fe 70	3700	363	2220	218	1282	126

Kayma emniyet gerilmeleri $T_{em} = \sigma_{cem} / \sqrt{3}$ formülüyle elde edilir. Basınç emniyet gerilmeleri tek parçalı basınç çubuklarında Madde 3.2.2, eğilme ise Madde 3.4 gözönüne alınarak hesaplanır:

ÇİZELGE — 12 Normal Yapı Çeliği İle Yapılan Yapılarda Birleşim Araçlarının Emniyet Gerilmeleri

Yükleme Hali		Perçinler		Uygun Civatalar		Kaba Civatalar		Ankaj Civatalar	
		EY	EİY	EY	EİY	EY	EİY	EY	EİY
Kayma T_{em}	kgf/cm ²	1400	1600	1400	1600	1120	1260	—	—
	N/mm ²	137	157	137	157	110	124	—	—
Ezilme σ_{ez}	kgf/cm ²	2800	3200	2800	3200	2400	2700	—	—
	N/mm ²	275	314	275	314	235	265	—	—
Çekme σ_{cem}	kgf/cm ²	400	540	1120	1120	1120	1120	1120	1120
	N/mm ²	47	53	110	110	110	110	110	110

ÇİZELGE — 13 Mesnet ve Mafsallarda Emniyet Gerilmeleri

Malzeme	Normal Yapı Çeliği (Ç 37)			
	EY		EIY	
	kgf/mm ²	N/mm ²	kgf/mm ²	N/mm ²
Basınç				
Eğilmede çekme	1600	157	1800	177
Eğilmede basınç				
Hertz'e göre değme basıncı	6500	637	1800	785
	İkiden fazla rulolu mesnetlerde bu değerler 1000 kgf/cm ² (98 N/mm ²) azaltılır.			
Mafsal civatalarında delik kenarında ezilme	2100	206	2400	235

4.2 - Dolu gövdeli yapı kısımlarının gövdelerinde, normal ve kayma gerilmeleri için Çizelge - 12'deki emniyet gerilmeleri ayır ayrı gözönünde tutulmalıdır.

Bunlardan başka gövdedeki ortalama kayma gerilmesi Çizelge - II'deki kayma emniyet gerilmesinin 0,5 katını aştığı takdirde :

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2x + \sigma^2y - \sigma_x\sigma_y + 3\tau^2}$$

kıyaslama gerilmesi tahkik edilmelidir. Hesaplanan bu kıyaslama gerilmesi EY yükleme halinde 0,75 σ_a , EIY yüklemesi halinde ise 0,8 σ_a miktarını aşmamalıdır. Bu tahkiklerde kayma gerilmesinin ortalama değeri alınabilir.

4.3 - İlave yükler esas yüklerle beraber düşünüldüğü zaman, (EIY yükleme hali) yukarıdaki Çizelgelerde bu durum için emniyet gerilmesi verilmemiştir, emniyet gerilmesi esas yükler (EY hali) için verilen emniyet gerilmelerini % 15 artırarak elde edilir.

- Montaj ve benzeri nedenlerle kısa süre için meydana gelen gerilmeler 0,8 σ_a değerini aşmamalıdır ($\sigma_{em} \leq 0,8 \sigma_a$).

- Yukarıdaki çizelgelerde gösterilmiş olanlardan farklı malzeme (örneğin font, çelik döküm vb.) kullanıldığında, bu malzemelerin ilgili emniyet gerilmeleri alınmalıdır.

5 - BİRLEŞİM ARAÇLARI

5.1 - KAYNAK

özel kurallara göre yapılır.

5.2 - PERÇİNLER

Genel olarak yuvarlak başlı perçinler, özel durumlarda ise gömme başlı perçinler TS 94'e uygun olmalıdır.

5.3 - UYGUN CIVATALAR

Çelik yapılarda kullanılan uygun civatalar, gövdeleri deliği olabildiği kadar iyi dolduracak şekilde torna edilmiş olmalı, 20-30 mm delik çapı için boşlukların fazlalığı 0,3 mm'yi aşmamalıdır. Uygun civataların

ek yerinde perçinlerle beraber çalışması bahis konusu olduğu takdirde sadece uygun civatalar kullanılmalıdır.

5.4 - KABA CİVATALAR

Çelik yapılarda kullanılacak kaba civatalar, TS 80'e uygun olmalıdır. Kaba civatalann perçin ve uygun civatalarla beraber çalışması kabul edilemez.

Yük aktaran bütün civatalann somunları altına, dişlerin deliğin içine taşmasını önlemek üzere TS 79'a uygun rondelalar yerleştirilmelidir. Civataların dişsiz yani düz kısımlarının boyu, en fazla birleştirilen parçaların kalınlıkları toplamını geçmemelidir.

Civata başının veya somunun oturduğu yüzler eğik ise, somunların veya civata başlarının altına pahlı özel pullar konulmalıdır.

Daha fazla dinamik karakterli yüklerin etkilediği çelik yapılarda somunların gevşememesi için tertibat alınmalıdır.

5.5 - YÜKSEK DAYANIMLI CİVATALAR

Çelik yapılarda yüksek dayanımlı civata kullanılması yetkili hesap ve proje kontrolörünün iznile uygulanır. Bu takdirde yüksek dayanım civataların hesap esasları yetkili proje kontrolörü ile beraberce tesbit edilir. Ancak bu civatalarda yapı çeliğinin ezilmeye karşı mukavemeti civatamn kesme mukavemetinden az olmamalıdır.

5.6 - PERÇİN VE CİVATALARIN DÜZENLENMESİ

Perçin ve civata deliklerinin kenarlardan uzaklıkları ve kendi aralarında bulunması gereken uygun aralıklar Çizelge - 14'de gösterilmiştir. Bu aralıklar delik merkezlerinden ölçülür.

Burada :

d = Delik çapı,

t = Dış tarafta bulunan en ince parçanın kalınlığıdır.

Bu çizelgedeki d ve t ye bağlı değerlerde, daha küçük olan değer gözönünde tutulur. Delik sırası 2 den fazla olan geniş çubuklarda, dış sıralardaki delik düzeni Çizelge - 14'e uygun ise, iç sıralardan dış sıralardaki delik aralıklarının iki katı alınabilir.

5.7 - BİRLEŞİM VE EKLERLE İLGİLİ KONSTRÜKTİF KURALLAR

5.7.1 - Genel olarak her parça en az iki perçin veya civatayla birleştirilmelidir.

5.7.2 - Bir enkesitin çeşitli kısımları, olabildiği kadar araya başka parça girmeksizin eklenmeli veya birleştirilmelidir. Araçlı olarak yapılan birleşim eklerde enine yönde perçin sıra sayısı, araya giren parka sayısı kadar artırılmalıdır. Kuvvet aktaran besleme parçalan, ek veya birleşim yerinden önce bir sıra perçin ile bağlanmamışlarsa, aynı özellikler bu besleme parçalan içinde uygulanır.

5.7.3 - Dolu gövdeli kirişlerin başlı levhaları teorik başlangıç noktasından önce en az iki enleme perçin sırası ile birleştirilmelidir. Bu sıralardan ikincisi levhanın teorik başlangıç noktası üzerine düşebilir.

6 - TERTİP KURALLARI

6.1 - GENEL TERTİP KURALLARI

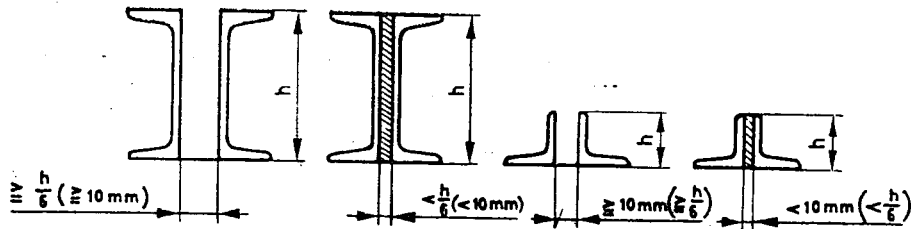
- Çelik yapılarda kullanılan elemanların kalınlıkları en az 4 mm olmalıdır.

- Yapı kısımları bakımın ve konstrüksiyon kontrolünün kolaylıkla yapılabilecek şekilde düzenlenmiş olmalıdır.

ÇİZELGE — 14 Perçin ve Civataların Kenardan Uzaklıkları ve Delik Aralıkları

Kenardan Uzaklıklar			
Kenardan en küçük uzaklık	1	Kuvvet doğrultuda	2 d
	2	Kuvvete dik doğrultuda	1,5 d
Kenardan en büyük uzaklık	3	Her iki doğrultuda	3 d veya 6 t
3. İçin Not: Çubuk ve profil çeliklerinde, takviyeli kenarda 6 t yerine 9 t alınabilir. (Şekle bakın)			
Delik Aralıkları			
En küçük delik aralıkları	1		3 d
En büyük delik aralıkları	2	Kuvvet aktaran perçin ve civatalar yük-lü kaplama saçaklarındakiler de dahil	8 d veya 15 t
	3	Basınç çubukları ve gövde takviyelerin de kullanılıp kuvvet aktarmayan tesbit perçin ve civataları	12 d veya 25 t
3. İçin Not: Bu delik ek yerleri dışında, dolu gövdeli kirişlerin başlıklarında ve az zorlanan kuvvet aktarıcı perçin ve civatalar için de geçerlidir.			

Paslanma tehlikesi çok olan yerlerde çatı makaslarını, iki kollar birbirlerine paralel ve aralıkları da düğüm levhası kalınlığına eşit iki korniyerle teşkil den kaçınılmalıdır. Birbirine yakın böyle yüzeylerin aralığı $h/6$ veya 10 mm den az ise arayı besleme levhası ile doldurmak gerekir (Şekil - 16).



Sular her yerden iyi akabilmelidir. Kaçınılmayan su birikintisi yerleri için geniş oluklar düzenlenmelidir.

6.1.3 - Üstü açık ve az eğik döşemelerde (örneğin çatılarda) yüklerin meydana getirdiği sehimlerden ötürü su akıntısının bozulmaması için tedbir alınmalıdır (örneğin tavan kirişlerine veya aşıklara ters sehim verilerek).

6.1.4 - Çeliğe zararlı dolgu malzemeleri (örneğin.kokcürufu) kullanıldığında tehlikeye karşı çelik kısımlar uygun bir metotla bu zararlı etkiden korunmalıdır.

6.1.5 - Çelik yapı parçalarının birbiriyle temas eden yüzeyleri montaj öncesi kuru, pislikten arınmış, passız ve astar boyalı olmalıdır. Çoğunlukla statik olmayan yüklenmeye maruz yüksek dayanımlı çelik ten mamul elemanlar perçin bağlantılı ise-çaprazlar (kontravatmanlar) haric-aralıksız çakışan iç yüzeylerin boyalı olması gerekmez.

6.1.6 - İnşaatta çimento şerbeti, beton veya başka bir malzeme ile ve gerçek bir bağlantıyla kaynaşacak çelik eleman yüzeylerinin boyanması gerekmez.

6.1.7 - Çelik yapı elemanları yükleme, boşaltma, nakliye istif ve montaj anında fazla yüklenip eğilip bükülmemesi gerekir. Elemanların halat zincir ve kanca takılan kısımları özellikle korunmalıdır.

6.1.8 - Çelik yapı montajının projede öngörülen ölçü ve şekilde gerçekleşmesine özen gösterilmelidir. Montajın doğru geliştiği yapılacak devamlı ölçümlerle kontrol edilmeli çarpılma ve kaçıklıklara meydan verilmemelidir. Yapı elemanlarının montaj esnasında kapasiteleri üstünde yüklenmemeleri; stabilitelelerinin (dengeli durumlarının) bozulmamaları sürekli önlemlerle temin edilmelidir.

Montaj çaprazları veya yardımcı destekler statik yöntem gereksiz hale gelmeden çıkartılmamalıdır.

6.1.9 - Çelik yapıyı belli bir süre destekde tutan veya yapının montajı sırasında ulaşımı temin için kullanılan iskele elemanlarının boyutlandırılması ve çatılması belli bir iskele düzenine göre yapılır, iskelenin sökülmesi anında taşınan yapının planlanan şekilde sehim yapıp kendini taşıy duruma geçmesi bu arada hiç bir elemanın fazla yüklenmemesi sağlanmalıdır.

6.2 -.MALZEMENİN İŞLENMESİ KURALLARI

6.2.1 - Çelik yapı elemanı işlenirken ya soğuk veya kırmızı renkte sıcaklıkda olmalıdır. Soğuk veya kırmızı sıcak durum arası (mavi-mor) renkli sıcaklıkda işlem yapılamaz (Meselâ: eğilerek şekil verdirilmemelidir).

6.2.2 - Hadde malzeme üzerindeki çapak pürüz gibi çıkıntılar giderilmelidir. Başka elemanla temas yüzeyine rastlanan hadde firmasının kabartma işaretleri taşlanarak düzlenmelidir.

6.2.3 - İmalatta veya montajda birleşecek elemanların zorlanmaksızın karşılıklı hizaya gelmeleri, temas yüzeylerinin düzgünlüğü temin edilmelidir.

6.2.4 - Eğme, bükme işlemleri sebebiyle yüzeyde bozulmalar, çatlamlar meydana gelmemelidir. Malzeme özelliklerine dikkat ederek, daha geniş bükme yarı çapı seçerek, uygun bir sıcaklıkda işleme tabi tutarak bu tür zararlar önlenir.

Bükülmüş parçalar üzerinde perçinleme veya çekiçleme işlemi yapılacaksa bükülen kısımlarda malzeme özelliğinin değiştiği dikkatten uzak tutulmamalıdır.

6.2.5 - Genellikle statik yükleri taşıyan çelik yapı elemanları için hadde profiller tercih edilmelidir. Hadde profiller oksijen kaynağı veya pres bıçaklarla kesilirse, kesim yüzeylerindeki kusurlar mümkün olduğunca düzeltilmelidir. Ancak azda olsa dinamik yüklenen hadde profil eleman kesim yüzeyleri mutlak yonga kaldırıcı aletlerle düzenlenmelidir. (Meselâ Frezeleme, Taşlama veya eğleme ile). Girinti ve çıkıntılar çatlaklar mutlak giderilmelidir, iki dişli eğelerden dolayı çizikler, taşlama sırasında kaçıklıklar, derin oyuntular bırakılmamalıdır.

Kalınlığı 30 mm den fazla Fe-37 den yüksek kaliteli çeliklerin oksijen kaynağı ile kesimi sırasında uçlarda teşekkül eden sert kısımlar mekanik yolla kaldırılmalıdır.

6.2.6 - Malzeme yüzeyindeki ufak fabrikasyon hataları, çukurluk ve engebeler taşlanarak giderilebilir. Hatalı kısımlar kaynakla düzeltilmemelidir.

6.2.7 - Köşe kesimleri önceden matkapla delinmeli, malzeme yırtılması engellenmelidir.

6.3 - PERÇİN VE CIVATA BAĞLANTILARININ YAPIM KURALLARI

6.3.1 - Perçin ve civata delikleri delinerek açılmalıdır.

Zımbalamayla aşağıdaki şartlar sağlanırsa izin verilir.

- Yapı statik yük etkisi altında ise,
- Yapı malzemesi Fe 33 veya Fe 37 den mamul ise,
- Parça kalınlığı 10 mm den az ise,
- Delik çapı plak kalınlığının 2/3 kadarı ise.

Zımbalanarak açılan delik tam silindirik ve malzeme yüzüne dik olmalıdır.

Ayrıca zımbalama esnasında kenarlarda çatlak meydana getirmemelidir. Pürüz ve çeperler perçinlenmeden önce temizlenmelidir.

6.3.2 - Bağlanacak eleman deliklerinin karşılıklı hizada uyumunu sağlanmalıdır. Perçin veya bulonun geçmesine mani kayıklıklan konik saplama çakarak değil, rayba ile genişletilerek giderilmelidir.

6.3.3 - Perçin akkor sıcaklıkta iken, üstüne yapışık pullar silkindikten sonra ve tersden desteklenerek çakılır. Çakıldıktan sonra perçin deliği tamamen malzeme ile dolmuş olmalıdır. Yanık perçinler kullanılamaz. Perçin başı ekseninde ve yüzeye temaslı olmalıdır. Çakılarak meydana getirilen baş dolgun ve kusursuz teşekkül etmelidir. Kenarda biriken pul atılır. Perçin başında çatlak veya çentik olmamalıdır.

6.3.4 - Uzun perçinli bağlantılarda, perçin çakımına ortadan başlanmalıdır. Yanyana bulunan perçin sıralarında çakım paralel sürdürülmelidir.

6.3.5 - Çok parçadan müteşekkil elemanların perçinleri mümkün olduğu oranda imalat atölyesinde çakılmalıdır.

- Çakılı perçinlerin yerinde sıkı sıkıya oturduğu kontrol edilmelidir.
- Taşıyıcı civatalann dış kısmı bağlanan eleman kalınlığı içinde kalmamalıdır.
- Şartlara uymayan perçin ve civatalar usulüne uygun olarak yerinden çıkartılıp kusursuzlarıyla değiştirilmelidir.