

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kafes Giriş Kont., Dal, Kar. Bor. Teş. ve
Diğer Had. Pro. Muk.

MÜKEMMEL LİSANS TEZİ

Levent K. Çahgal

1992

4
K 130
242
10/1

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAFES KİRİŞ KONSTRÜKSİYONLARININ
DAİRE KESİTLİ BURULARLA TEŞKİLİ VE
DİĞER HADDE PROFİLLERLE MUKAYYESESİ

LİSANS - ÜSTÜ TEZİ

YÖNETEN : Prof. A.Zafer ÖZTÜRK
YAPAN : İnş.Müh.Levent K.ÇALIŞAL

İstanbul- 1992

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot : R 150
: 242
Alındığı Yer : Y.T.Ü
Tarih : 28.8.1995
Fatura : -
Fiyatı : 30.000 TL.
Ayniyat No : 1-16
Kayıt No : 51542
UDC :
Ek :

Y. T. Ü.

KÜTÜPHANE DOK. DAİ. BAŞKANLIĞI

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ

D.B. No 50596

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAFES KİRİŞ KONSTRÜKSİYONLARININ
DAİRE KESİTLİ BORULARLA TEŞKİLİ VE
DİĞER HADDE PROFİLLERLE MUKAYYESİ



LİSANS - ÜSTÜ TEZİ

YÖNETEN : Prof. A.Zafer ÖZTÜRK

YAPAN : İnş.Müh.Levent K.ÇALIŞAL

İstanbul- 1992

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA</u>
ÖZET	I
ABSTRACT	II
AÇIKLAMA	III
BÖLÜM 1	73
1.1 Genel	1
1.2 Yük kabulleri	1
1.3 Emniyet gerilmeleri	4
1.4 Sabit yüklü yapılar	4
1.4.1 Mukavemet ve rijitlik	4
1.4.1.1 Eğilme	4
1.4.1.2 Kayma	6
1.4.1.3 Burulma	6
1.4.1.2 Stabilite	7
1.4.2.1 Genel stabilite	7
1.4.2.2 Bölgesel stabilite	15
1.4.3 Betonla doldurulmuş boruların taşıma kapaziteleri	20
1.4.4 Projelendirme için genel kaideler	27
1.5 Dinamik etkiye maruz kalan yapı kısımları	29
BÖLÜM 2	
2. Birleştirmeler	
2.1 Genel	37
2.2 Tasarım esâsları	38
2.3 Rijit birleştirmeler	44
2.3.1 Levhasız düğüm noktaları	44
2.3.2 Levhalı düğüm noktaları	49
2.3.3 Enine bölmeli düğüm noktaları	54
2.3.4 Ara parçalı düğüm noktaları	55
2.3.5 Küresel düğüm noktaları	57
2.3.6 Küt birleşim ekleri	59
2.3.7 Diğer rijit birleştirme türleri	61

2.4. Parçalanabilir birleştirmeler	62
2.4.1 Laşeli birleştirmeler	62
2.4.2 Bindirmeli ya da laşeli düğüm noktası	65
2.4.3 Flanşlı birleştirmeler	66
2.4.4 Basınçla yassıltılmışborulu düğüm noktaları	69
2.4.5 Küresel düğüm noktaları	71
2.4.6 Manşonlu birleştirmeler	73
2.4.7 Diğer birleştirme türleri	74
2.5 Birleştirme hesapları	
2.5.1 Kaynaklı birleştirmeler	
2.5.1.1 Birleştirmenin taşıma gücü	77
2.5.1.2 Birleştirmede emniyet gerilmeleri	86
2.5.1.3 Hesap esasları	91
2.5.2 Perçinli birleştirmeler	93
2.5.3 Vida ve blonlu birleştirmeler	93
2.5.4 Sürtülmeli birleştirmeler	93
2.5.5 Sayısal örnekler	94
Ekonomiklik kontrolü	114
Sonuçlar	138

-ÖZET-

Bu çalışma çelik kafes kiriş konstruksiyonların, teşkil edilmesi ve hesabında, daire kesitli boruların kullanılmasını kapsamaktadır. Kafes kiriş konstruksiyonlarda, ülkemizde daire kesitli borular kullanılmakla beraber, bu konuda kapsamlı bir bilgi birikimi mevcut değildir. Bu çalışmanın, bu konuda çalışacaklara yardımcı olacağı ümit edilmektedir.

Özellikle, daire kesitli boruların kafes kiriş konstruksiyonlarında kullanılması durumunda bağlantıların (düğüm noktalarının) teşkili önem kazanmaktadır. Daire kesitli borulardan teşkil eden düğüm noktaları, zor ve pahalı bir işittir. Diğer hadde profillere nazaran daire kesitli boruların kullanılması, kesit tayini hesabı bakımından, aşağı yukarı aynı olmakla beraber, bağlantıların teşkili ve hesabı farklılık göstermektedir. Boruların düğüm noktası bağlantıları, diğer hadde profillerinde olduğu gibi kaynak bulan ve perçin kullanmak suretiyle yapılmaktadır. Borulu birleştirmelerde kaynak kullanıldığı takdirde, birleştirmenin taşıma gücünü gösteren kalite faktörü gözönüne alınmalıdır. Düğüm noktasında kopma husule getiren gerilmenin, boru malzemesinde kopma husule getiren gerilmeye oranına birleşimin kalite faktörü denir.

Bu çalışma 5' başlık altında toplanmıştır. Birinci bölümde kafes kiriş konstruksiyonu elemanlarının maruz kaldıkları kuvvet etkileri göz önünde bulundurularak, bu kuvvetlerin daire kesitli boru kullanılması durumunda, tahkik ve kontrolleri yapılmaktadır. 2. bölümde kafes kiriş konstruksiyonlarının tasarım esasları ele alınmaktadır. Daire kesitli boru kullanılması durumunda kafes kirişlerde, dikkat edilmesi gereken konstruktif esaslar belirtilmektedir. Üçüncü bölümde en önemli konuyu teşkil eden bağlantı çeşitleri, rijit ve parçalanabilir, birleştirmeler ve bunların teşkil edilmesi yer almaktadır. 4. bölümde kaynaklı ve balonlu birleştirme hesapları ve nümerik örnekler verilmiştir. 5. bölümde çalışmamızın esas amacı olan, daire kesitli borularındaki diğer hadde profillere $(1, \frac{1}{2}, 1, L)$ nazaran, malzeme açısından ekonomiklik tahkiki yapılmış ve bu karşılaştırma neticesinde elde edilen sonuçlar belirtilmiştir.

Summary

This study comprises of the installations of steel cage beam constructions and usage of spherical sectioned pipes in the calculations. Even for the cage beam constructions the spherical sectioned pipes are used in Turkey there is no comprehensive information regarding this subject. It is hoped that this study would be helpful to those who will make studies in this field.

Especially in case of usage of the spherical sectioned pipes for the cage beam constructions forming the joints (knoting points) becomes more important. Having spherical sectioned pipes with knoting points is a difficult and expensive work. Although in compare to the other rolling profils it is almost the same to use sectioned pipes with regard to section determination calculations, forming of the joints and calculations differs from them. Same as for the other rolling profils the knoting point joints are made using weld, bulon and rivet. If weld is used for the piped joints the quality factor showing carriage capacity of joints must be taken into consideration. The proportion of the tensile causing break on the knoting point to the tensile causing break of the pipe material is defined " the quality factor of joining ".

This study has been sectioned under 5 titels. In the first section taking into consideration of force impacts to which cage beam construction components are undergone the inspection and controls of the said forces based on usage of spherical sectioned pipes. In the 2nd section the design principles of cage beam constructions are discussed. Also the constructive principles which must be paid attention in case of usage of spherical sectioned pipes are mentioned. In the 3rd section joining types, rigid and disjoinable joints and formation of them are discussed. In the fourth section the welded and bulon joint calculations and numerical examples are given. In the 5th section the cost-effectiveness analysis of material of spherical sectioned pipes in compare to the other rolling profiles (I, $\frac{1}{2}$ I, L) is made which is the objective of our work and the obtained results after this study are given.

AÇIKLAMA

Bu çalışma, çelik kafes konstrüksiyonlarında daire kesitli boruların kullanımının, diğer hadde profillerine nazaran malzeme açısından ekonomik olup olmadığının araştırılması için yapılmıştır. Bu amaçla, malzeme olarak daire kesitli borularla, I, $\frac{1}{2}$ I ve eşit kollu L profilleri kullanmak suretiyle çelik kafes konstrüksiyon hesabı yapılmıştır.

Başlıkların $\frac{1}{2}$ I profili, örgü çubuklarının eşit kollu L korniyeri aşıklarında I profilinden teşkil edilmesi durumu gözönüne alınmıştır. Başlıkların $\frac{1}{2}$ I profili olarak seçimi, daire kesitli borularla yapılan ortak çözümlerde (başlıklar $\frac{1}{2}$ I ve örgü çubukları daire kesitli boru) düğüm noktası bağlantılarının teşkili açısından kolaylık sağlaması nedeniyledir. korniyerlerin eşit kollu seçimi ise, ünüform kuvvet dağılımı sağlaması amacını gütmektedir.

1
BÖLÜM I *



1. HESAP VE BOYUTLANDIRMA.

1.1. GENEL

Borudan yapılmış baca taşıyıcı veya yeraltı boru hatları, yüksek direkler gibi özel konstrüksiyonlardan yola çıkarsak, yuvarlak borudan yapılmış yapıların çelik konstrüksiyonlarının, proje ve hesapları için, temel prensipte diğer hadde profil konstrüksiyonlarındaki esaslar büyük ölçüde geçerlidir. Borudan ve hadde profillerinden oluşan konstrüksiyon elamanlarının arasındaki ana farklılık, 2. bölümde ele alınacak olan bağlantıların teşkilindedir. Boruların dairesel kesitli olması bir çok spesifik farklılıkların ana nedenidir. Bunlar yük kabullerine ve emniyet gerilmelerine; betonla doldurulmuş boruların rijitliğinin, stabilitesinin ve taşıma kabiliyetinin hesaplanmasına, konstrüksiyonun dinamik yükler altındaki davranışına ve daha az ehemmiyetli bazı sorularla ilişkilidir. Bu farklılıklar umumiyetle yapılardaki çelik konstrüksiyonların statik hesap ve boyutlandırma şartnamelerinde belirtilmemektedir. Fakat eğilimlerden artık gözleniyorki, boru konstrüksiyonlarının projelendirilmesi ve uygulanması çelik yapıların özel bir dalı olarak ele alınmalıdır. Bu münasebetlerden dolayı statik hesaplar ve taşıma kapasitesi kontrolünün deneylerle daha iyi uyum sağlayabilmesi için bu farklılıklar gözönünde bulundurulmalıdır. Bunlar hiçbir zaman statik hesaplarda bir zorluk çıkarmamakla birlikte, ek olarak çelik tasarrufunu amaçlamaktadır.

Bu bölüm bu spesifik farklılıkların tavsif ve tarif edilmesine tahsis edilmiştir. Fakat onlar birleşimlerin teşkiline kıyasen ikinci derecede önemlidir.

Bu konuda bütün çelik konstrüksiyonların hesaplama ve projelendirmedeki ortak problemleri ele alınmamaktadır. Okuyucuların onları bildiği varsayılmaktadır.

1.2. Yük kabulleri.

Boru konstrüksiyonların yükleri: DIN 1055 Kısım 1,2 ve 3

*Bu bölüm, Dr. Ing. Jan Bródka'nın (yıl 1968, Bölüm II) "Stahlrohr Konstruktionen" adlı yayınından alınmıştır.

(5) ile kısım 4 ve 5 (6)'e uygun olarak dikkate alınmalıdır.

Açıktaki boru konstrüksiyonlarında, daire kesitli her bir çubuğa tesir eden, rüzgar basıncının belirlenmesi gerekir. Boruda, şekil katsayılarını belirleyen kısım istisna edilerek, yapının bütününe ait şartnameler kullanılabilir. Deneylerden açıkça görülmüştürki bir boru çubuğunun şekil katsayısı borunun çapına bağlıdır.

Polonya normu, diğer ülkelerin normlarında olduğu gibi bu hakikatleri gözönünde bulundurmıştır. Şekil katsayıları rüzgarın basınç veya emme olmasından bağımsızdır, ki bunlar - çok büyük çaplı borularda bile- karar verici tesire haiz değildirler. C şekil katsayıları değişkendir. (Resim 1.1), ve hatta aşağıdaki formülden hesaplanan Reynold sayısına bağımlıdır.

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

Bu formülde ;

V = Rüzgar hızı; farklı coğrafi bölgeler ve yapı yüksekliklerinde değişkendir. (m/Sn)

d = Yapının, yani borunun çapı (m)

ν = Havanın 15° C ve 760 mm. Hg. basıncındaki kinematik kararlılık. ($\nu = 0,145 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Sn}$ olarak kabul edilebilir.)

Şekil katsayısının boru çapına bağlı olduğunu izah edebilmek için (Resim 1.2) deki diyagramlar çizilmiştir.

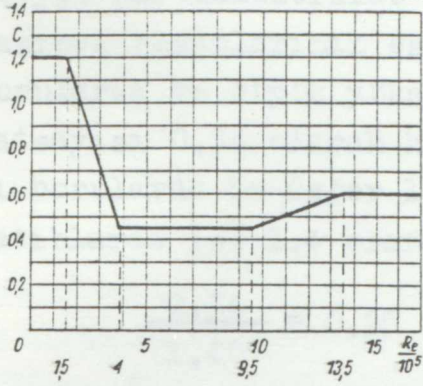
Bu diyagram rüzgar basıncı az olan bölgelerde 8 m konstrüksiyon yüksekliğindeki yapılar için geçerlidir.

Bu kabuller ;

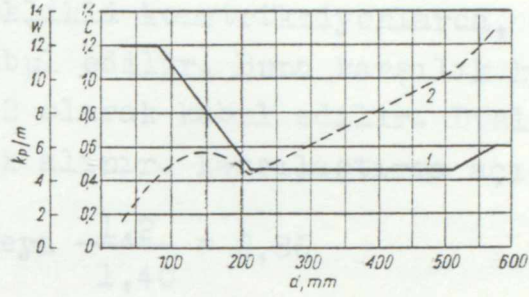
- Rüzgar hızı $v=27 \text{ m/Sn}$.

- Dinamik basınç (Polonya normlarına göre) $q=45 \text{ kp/cm}^2$ için geçerlidir.

(Resim 1.2) deki diyagramdan anlaşılacağına göre kafes kirişlerin dikme ve başlıkları için -Rüzgar basıncı göz önüne alınarak- en uygun profiller 108-267 mm. çapındaki borulardır.



Resim 1.1 Dairesel yapılar için şekil katsayısı "C" diyagramı.



Resim 1.2 Dairesel boruların rüzgar basıncı "W" nin ve şekil katsayısı "C" nin diyagramı.

Aynı nedenden yola çıkarsak, borulu kafes kirişlerin dolgu çubukları için 108 mm. çapından küçük borular kullanılmalıdır.

Her bir ülkenin şartnamesi ile kıyaslanacak olursa, bir borunun şekil katsayısı, düz satıha oranla (basıncı ve emmenin toplamı olarak) hesaplanmalıdır.

Polonya normlarında bu;

$$\frac{0,45}{1,40} = 0,32 \text{ den } \frac{1,2}{1,40} = 0,86 \text{ ya kadardır.}$$

Alman şartnamelerinde ise (DIN 1055 kısım 4) şekil katsayısı $d\sqrt{q} < 1$ için $c=1,2$ veya $d\sqrt{q} > 1$ için $c=0,7$ olmalıdır. d ve q daha evvel açıklanmıştır.

Bu şartnameye göre düzlem satıhlarda şekil katsayısı, kule şeklindeki yapılarda $c=1,6$ veya başka formlu yapılarda $c=1,2$ dir. Serbest olarak bulunan boru konstrüksiyonlar genellikle kule şeklindedir.

Yani bunun anlamı ;

$$\frac{0,7}{1,6} = 0,44 \text{ veya } \frac{1,2}{1,6} = 0,75 \text{ dir.}$$

İngiliz şartnamelerinde ise (Addendum No.1.to B.S 449 Use of tubular Steel in Building November 1953) bir boruya olan rüzgar basıncı düzlemsel satıha göre hesaplanmaktadır. Bu oran

boru çapından bağımsız olarak 0,6 kabul edilir. Sovyet şartnamelerinde - (SN 40-58 yüksek yapıların rüzgar basıncı hesaplarının esasları) ; 120 mm.den daha büyük çaplı borularda ve büyük yükseklikli konstrüksiyonlarda, şekil katsayısı 0,34 olarak kabul edilir. Buna karşılık küçük çaplı borularda bu değer 1,2 olarak kabul edilir. Düzlemsel satırlarda ise 1,4 olarak alınır. Karşılaştırma açısından :

$$\frac{0,34}{1,40} = 0,25 \text{ veya } \frac{1,2}{1,40} = 0,86$$

Yukardaki rakamlardan görüldüğü gibi borular ve düzlemsel satırlar arasında büyük bir fark vardır. Boruları iki farklı gruba ayırırsak, şartnamelerin çoğunda şekil katsayısının şu rakamlarda toplandığı görülür.

- Büyük çaplı borularda 0,4 - 0,6 (D>200 mm.) ve
- Küçük çaplı borularda 1,2 (D<100 mm.)

Donma, ısı farklılığından dolayı ortaya çıkan kuvvetler, v.s ile ilgili diğer yüklemeler o konstrüksiyonlara ait şartnamelere veya özel literatüre göre dikkate alınmalıdır.

1.3 Emniyet Gerilmesi.

st 33, st 37 ve st 52 çeliklerin emniyet gerilmeleri DIN 1050 ye göre kabul edilmiştir. st 34, st 42, st35, st 45 ve st 55 çeliklerinden yapılmış boruların emniyet gerilmeleri, emniyet katsayılarından hesaplanmalıdır. Buna uygun olarak, emniyet gerilmeleri Tablo 1.9 dan alınabilir. Diğer konstrüksiyon elemanları ile boruları bağlayan, alın kaynaklarının emniyet gerilmeleri DIN 4100 ve DIN 4115 (7) den alınabilir. Bu normlar bölüm 2 de ele alınacaktır.

1.4 Sabit yüklü yapılar.

1.4.1 Mukavemet ve rijitlik.

1.4.1.1. Eğilme.

Boruların dairesel kesitleri, eğilme için uygun bir kesite sahip olmadığından, eğilmeye maruz boru çubukları ender olarak kullanılmaktadır. Fakat bu kesit iki eksenli eğilmelerde

I ve C profilde kullanımı iyi olmayan; fakat bir eksenli eğilmelere maruz olan borularda bazı avantajlar sağlamaktadır. Borulardan yapılmış eğilme çubukları, kesit plastikleşmesi göz önünde bulundurularak hesaplanılabilir. Borunun plastik mukavemet momenti; elastik mukavemet momentinden yaklaşık %27 daha büyüktür. (Aynı şekilde hadde çekilmiş I kirişlerinde plastik mafsalsel matematiksel olarak tamamı ile hesaplanamamaktadır.) Bu yüzden "Dutheil," şu öneriyi ortaya atmaktadır; Eğilme çubuğunun taşıma gücü aşağıdaki formülden hesaplanmalıdır.

Benzer olarak hadde I taşıyıcıları halindeki gibi plastik mafsalsel, matematik bakımdan tam istifadeli olamamaktadır.

$$M_B = 1,1 \times M_{Be} = 1,1 \times W_x \times \sigma_{em}, \quad (1-1)$$

burada :

M_B = Boru çubuğunun taşıyacağı maksimum eğilme momenti.

M_{Be} = Elastik şarta göre taşıyabileceği eğilme momenti. Burada emniyet gerilmesi en dış lifte ortaya çıkmaktadır.

W_x = Boru kesitinin mukavemet momenti.

σ_{em} = Eğilme emniyet gerilmesi.

Boru çubuklarının, emniyet (max) sehimleri diğer hadde profillerdeki gibi bulunabilir. İngiltere'de çoğunlukla aşıklar borulardan yapılmaktadır. ve İngiliz şartnamelerinde (4) bir veya çok açıklıklı kirişlerde kesitlerin plastikleşmesi göz önüne alınarak minimum moment mukavemetleri için formüller verilmiştir. Fakat İngiltere'de değişik çelik türleri kullanıldığından bu formüller bizim için, olduğu gibi geçerli değildir. İki mesnetli veya mütemadi kirişlerdeki eğilme sınırlarını karşılaştırmak yararlı olacaktır. (Tablo 1-1)

Tablo 1.1 İngiliz şartnamelerindeki aşıkların eğilme emniyet gerilmeleri(4)

Aşıkların statik sistemleri (serbestçe dönen mesnetlerde)	çelik 13 (2047)**	çelik 15 (2362)**
Tek açıklık, serbest dönebilen mesnet.	$\frac{1}{175}$	$\frac{1}{160}$
mütemadi.	$\frac{1}{340}$	$\frac{1}{300}$

** Akma sınırı k_p/cm^2 cinsinden verilmiştir. (Parantez içinde)

1.4.1.2 Kayma.

Kesme kuvveti, daire halkası nötr ekseninde maksimum kayma gerilmesini vermektedir.

$$\tau = \frac{2Q}{F} \ll \tau_{\max} \quad (1-2)$$

burada ;

Q = Kesme kuvveti.

F = Boru en kesit alanı.

$\max \tau$ = Kayma emniyet gerilmesi.

Et kalınlığı fazla olan boruların hadde I taşıyıcılarla (profillerle) karşılaştırılmasında boru kesitindeki en büyük kayma gerilmelerinin, gövde düzleminde kuvvet tesir eden I kesitli profillerden % 10-20 daha küçük olduğu gözlenmiştir. Gövde düzlemine dik kuvvet tesirinde en büyük kayma gerilmelerinin farkı, boru kesitin lehine olarak daha büyüktür.

1.4.1.3. Burulma.

Boru kesitlerin en büyük avantajları burulmada görülmektedir. Kayma gerilmeleride şu formüle göre hesaplanmaktadır.

$$\tau = \frac{M_T}{1,6d_m^2 t} \ll \tau_{\max} \quad (1-3)$$

burada :

M_T = burulma momenti.

d_m = Et kalınlığı orta çizgisindeki boru çapı (ortalama çap)

$$d_m = \frac{d_a + d_i}{2}$$

d_a = Borunun dış çapı

d_i = Borunun iç çapı

t = Borunun et kalınlığı

$\max \tau$ = Kayma emniyet gerilmesi (Formül 1-2 deki gibi)

Boruların ve hadde I taşıyıcıların çarpılmasız burulmalarındaki kayma gerilmelerinin karşılaştırılmasında boru kesitlileri çok daha büyük taşıma kapasitesi göstermektedir.

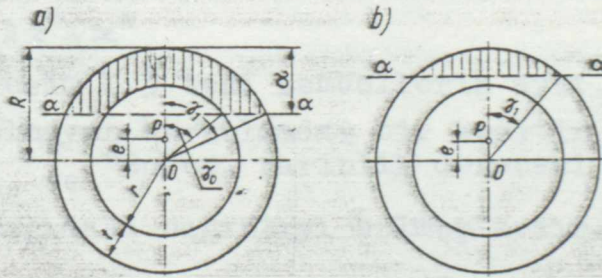
Borulardaki gerilmeler, aynı kesit alanlı I taşıyıcılardakine nazaran çok daha azdırlar.

1.4.2. Stabilite.

Boruların kullanılmasında diğer profillerden yapılmış basınç a maruz çubuklardaki gibi genel (burkulma) ve yerel (buruşma) stabilite kontrolleri yapılır.

1.4.2.1. Genel stabilite.

Bir çubuğun bütünü ile burkulması, borularda daima eğilme şeklindedir. Çarpımalı burulma burkulması teorisi, burada geçerli değildir. Yuvarlak borulardan yapılmış çubukların genel stabilite problemlerinin çözümünde, burkulmanın genel teorisine göre davranılacaktır; burada, daha sonra karışık hallere genelleştirilecek temel haller seçilmiştir. Bu kabul ile elastik stabilite teorisinin bütün çözümleri değişiklik yapılmadan kullanılır. Böylece elastik bölgede aksenal basınca maruz çubukların burkulmasında çubuğun taşıma kapasitesi "Euler," e göre hesaplanır. Spesifik farklılık elastik olmayan burkulmada ortaya çıkmaktadır. Bu durumda çubuğun taşıma kapasitesini az veya çok yakınsak hipotezlere göre tesbit etmek gerekir. Avrupa literatürlerinde "Jazek," teorisi en çok bilinen teoridir. "Jazek," teorisinin yardımı ile "Klappel," ve "Goder," (12) boruların elastik olmayan burkulmalarının iki halini ele almışlardır. (Resim 1-3)



Resim 1-3 Eksenel basınca maruz çubukların elastik olmayan burkulmasında boru kesitleri plastikleşen kesit bölgeleri taranmıştır. (Açıklamalar metinde)

Resim 1-3 a ya göre elastik olmayan burkulmada bir kesit parçasının plastikleşmesi halinde narinlik derecesi ve kritik gerilme arasında aşağıdaki bağıntılar bulunmuştur.

$$\lambda^2 = \frac{\pi E}{\sigma_n \cdot S} \left\{ \left[(1+\kappa)^4 \left(\varphi_1 - \sin \varphi_1 \cos \varphi_1 - \frac{2}{3} \cos \varphi_1 \sin^3 \varphi_1 \right) - \left(\varphi_0 - \sin \varphi_0 \cos \varphi_0 - \frac{2}{3} \cos \varphi_0 \sin^3 \varphi_0 \right) \right] + \frac{4e}{r} \cdot \frac{\sigma_n}{\sigma_F - \sigma_n} \left[(1+\kappa)^3 \cdot \left(\varphi_1 \cos \varphi_1 - \sin \varphi_1 + \frac{1}{3} \sin^3 \varphi_1 \right) - \left(\varphi_0 \cos \varphi_0 - \sin \varphi_0 + \frac{1}{3} \sin^3 \varphi_0 \right) \right] \right\}, \quad (1-4)$$

burada :

λ = çubuğun narinliği.

E = Elastisite modülü (çelik için $E = 2.100.000 \text{ k}_p/\text{cm}^2$)

$$\kappa = \frac{t}{r}$$

$\varphi_1 = \pi - \gamma_1$ (radyan cinsinden)

$\varphi_0 = \pi - \gamma_0$ (radyan cinsinden)

e = Eksantrisite (eksenel basınca maruz çubuklarda teknik olarak kaçınılmazdır.)

$\sigma_n = \frac{P}{F}$ P basınç kuvveti, P_{kr} kritik kuvvet değerine ulaştığında σ_{kr} kritik gerilme (değerine) varacak olan ortalama gerilme.

F = Kesit yüzeyi.

σ_F = Çeliğin akma sınırı.

$$S = 4x^2 + 6x^3 + 4x^4 + x^5$$

γ_1, γ_0, t, r = resim 1.3 teki sembollerin aynı şekil 1-3 b ye göre elastik olmayan burkulmada, bir kesitin plastikleşmesinde "Kloppel" ve "Göder" narinlik derecesi ile kritik gerilme arasında aşağıdaki bağıntıyı bulmuşlardır.

$$\lambda^2 = \frac{\pi E}{\sigma_n \cdot S} \left\{ \left[(1+\kappa)^4 \left(\varphi_1 - \sin \varphi_1 \cos \varphi_1 - \frac{2}{3} \cos \varphi_1 \sin^3 \varphi_1 \right) - \pi + \frac{4e}{r} \cdot \frac{\sigma_n}{\sigma_F - \sigma_n} \left[(1+\kappa)^3 \left(\varphi_1 \cos \varphi_1 - \sin \varphi_1 + \frac{1}{3} \sin^3 \varphi_1 \right) - \pi(1+\kappa) \cos \varphi_1 \right] \right] \right\}, \quad (1-5)$$

Formülde kullanılan sembollerin anlamları 1-4 tekinin aynıdır. Yukardaki eşitliğin oluşumu çalışma (12) de detaylı olarak verilmektedir.

Verilmiş " λ " ve " e " büyüklüklerinde bu denklemlerden $\sigma_n = \sigma_{kr}$ yazmak suretiyle kritik gerilme bulunabilir. "Jozek" den sonra "Kloppel" ile "Godel" de şu formülü kabul etmişlerdir.

$$\frac{e}{i} = 0,05 + \frac{\lambda}{500} ;$$

burada,

i = kesitin atalet yarıçapı.

Bu şekilde şu sonuç çıkar.

$$\frac{e}{r} = \left(0,05 + \frac{\lambda}{500} \right) \frac{\sqrt{(1+x)^2 + 1}}{2} \quad (1-6)$$

formül (1-4) deki $(\varphi_0$ açısı aşağıdaki bağıntıdan elde edilecek " γ_0 " açısına bağlıdır.

$$\frac{\partial J_{1y}}{\partial y} + \left[R - \alpha + \frac{mW'\sigma_n}{F(\sigma_F - \sigma_n)} \right] \frac{\partial S_{1y}}{\partial y} + \frac{\partial(R - \alpha)}{\partial y} S_{1y} + \frac{mW'\sigma_n}{\sigma_F - \sigma_n} \cdot \frac{\partial(R - \alpha)}{\partial y} = 0, \quad (1-7)$$

J_{1y} = plastikleşmiş kesit bölümünün $\alpha - \alpha$ eksenine göre atalet momenti.

S_{1y} = plastikleşmiş kesit bölümünün $\alpha - \alpha$ eksenine göre statik momenti.

$$m = \frac{e \cdot F}{W}$$

W = Kesitin mukavemet momenti.

R, α = Resim 1-3 a' daki semboller.

Diğer tanımlar için formül (1-4) un açıklamalarına bakınız. Formül (1-4) deki γ_1 açısı γ_0 açısına bağlıdır.

$$\cos \gamma_1 = \frac{\cos \gamma_0}{1 + \alpha} \quad (1-8)$$

Formül (1-5) teki φ_1 açısı şu şarttan hesaplanır.

$$\frac{e}{r} \cdot \frac{\sigma_n}{\sigma_F - \sigma_n} = \frac{2}{3} \cdot \frac{(1 + \alpha)^3 \sin^3 \varphi_1}{(1 + \alpha)^2 (\varphi_1 - \sin \varphi_1 \cos \varphi_1) - \pi} \quad (1-9)$$

" σ_n " ve "e" için kabul edilen sayısal değerler için " φ " açısı elde edilir. Çıkan değerler formül (1-4) veya (1-5) e yerleştirilir; burada "e" nin " λ " ya bağlı olduğuna dikkat edilmelidir. Önceden kabul edilen narinlik bu formülle hesaplanan değerlerle çakışmalıdır. Bu hesap, çakışma sağlanıncaya kadar tekrarlanır. Formül (1-6) ya göre eksantrisite için değer kabulü tecrübeli bir takdirle yapılmıştı ki "Jozek" in çözümünde bununla çakışmıştır. Fakat "Kloppet" ve "Goder" bu şekilde kabul edilen eksantrisitelerin pratikte uygulananlardan daha büyük olduğunu göstermişlerdir.

Mesela ;

$l = 3,0$ m.	Boru	121/4	;	$e = 0,8$ cm.
		JL 70x70x7	;	$e = 0,71$ cm.
$l = 5,0$ m.	Boru	171/6	;	$e = 1,29$ cm.
		JL 90x90x9	;	$e = 1,14$ cm.

(1-4) , (1-5) , (1-7) ve (1-9) formüllerinde "Jozek" in düşüncelerine dayanarak St 37 çeliğinin hesaplanan akma sınırı $\sigma_F = 2300 k_p/cm^2$, St 52 çeliği için ise $\sigma_F = 3400 k_p/cm^2$ olarak alınmıştır. Bunlar emniyet gerilmelerinin elde edilmesinde nazaran daha küçük değerlerdir.

Bu değerler σ_F ve σ_{kr} nin arasındaki karşılıklı bağlantı vasıtası ile, elastik olmayan instabil oluşta temel teşkil etmiştir.

Bu tür çelikler için hesap makinesi yardımı ile tablodaki sayısal değerler, aksenal basınca maruz çubuğun elastik olmayan burkulmasındaki emniyet gerilmeleriyle elde edilmiştir. (Tablo 1-2)

Tablo 1-2 $\alpha = 0,2$ için geçerlidir.

Tablo 1-2 St 37 ve St 52 den ((12)'ye göre) yapılmış, aksenal basınca maruz çubukların elastik olmayan burkulmaları için kritik gerilmeler. (k_p/cm^2)

λ	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
St 37	2100	2100	2100	2100	2094	2087	2080	2074	2067	2060
St 52	3116	3106	3096	3085	3075	3064	3053	3041	3028	3015
λ	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
St 37	2052	2045	2038	2030	2023	2015	2007	1999	1992	1984
St 52	3001	2987	2974	2961	2947	2932	2917	2902	2888	2874
λ	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
St 37	1976	1967	1957	1948	1939	1930	1920	1910	1901	1891
St 52	2859	2843	2825	2807	2789	2771	2753	2735	2716	2697
λ	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
St 37	1882	1872	1861	1851	1841	1830	1820	1809	1797	1785
St 52	2677	2657	2637	2616	2595	2574	2553	2531	2509	2486
λ	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
St 37	1774	1763	1751	1740	1728	1715	1702	1690	1677	1665
St 52	2463	2440	2417	2394	2370	2345	2320	2295	2270	2245
λ	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
St 37	1652	1639	1626	1613	1600	1586	1572	1559	1545	1531
St 52	2220	2195	2170	2144	2118	2092	2065	2038	2012	1987
λ	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
St 37	1518	1505	1491	1477	1464	1450	1436	1422	1408	1394
St 52	1962	1936	1911	1887	1864	1842	1821	1801	1782	1764
λ	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
St 37	1380	1366	1351	1337	1324	1310	1296	1282	1268	1254
λ	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109
St 37	1240	1226	1213	1200	1187	1174	1161	1148	1135	1122

Yapı konstrüksiyonlarındaki borularda bizim döktümhanelerimizde yapılan boru çaplarının et kalınlıkları, $\alpha = 0,2$ için gerekenden önemli ölçüde daha küçüktür. $\alpha < 0,2$ olursa kritik gerilme değerleri tablo 1-2'ye nazaran biraz daha büyümektedir. Demek ki sabit bir değerin $\alpha = 0,2$ kabul edilmesi, tabloların sayısını bire indiriyor. Fakat bu basitleştirme yapının emniyetinin azalmasına sebep olmamalıdır. Burkulma sayısı w bir oran olarak belirlenir.

$$w = \frac{\sigma_{em}}{\sigma_{kr}} \cdot \nu, \quad (1-10)$$

burada :

σ_{kr} = Elastik burkulma bölgesinde "Euler," e göre inelastik burkulma bölgesinde tablo 1-2 ye göre alınan kritik gerilme

σ_{em} = DIN 1050 tablo 1 satır 1 e göre St 37 ve St 52 de I yükleme hali için basınç emniyet gerilmesi.

ν = DIN 4114 e göre yükleme I için burkulmalı basınçta emniyet katsayısı.

Yükleme I için emniyet sabitlerinin şu değerleri kullanılır.

- Euler'e göre kritik gerilmeler için $\nu_{ki} = 2,50$

- Kloppel'e göre kritik gerilmeler için $\nu_{kr} = 1,50$

Esas alınan - w - değeri formül (1-10)'a göre hesaplananda daha büyük sayıdır. St 33 ve St 37 çelikleri için w katsayıları tablo 1-3 te çelik St 52 için tablo 1-4 te verilmiştir. Onlar yalnız yuvarlak borular için geçerlidir.

Elastik burkulma bölgesinde katsayılar tablo 1-3 ve 1-4 te veya DIN 4114'e göre aynıdır. İnelastik alanda, boru kesitinin özellikleri hesaba katıldığında farklılıklar oluşmaktadır.

St 37 çeliği için w katsayıları "yükleme I," emniyet gerilmesi 1100 kg/cm^2 den daha küçük olmayan diğer çeliklerde de kullanılabilir. Mekanik özellikleri St 37 ve St 52 çeliklerinin arasında olan çeliklerde, w değerleri "yükleme I," emniyet gerilmelerinin kullanımını altında (halinde) tablo 1-3 ve 1-4 ün değerlerinin arasında lineer entegrasyonla bulunmalıdır.

Buradan şu sonuç çıkarılır.

$$w = w' + \frac{\sigma_{em} - \sigma_{em}'}{\sigma_{em}'' - \sigma_{em}'} (w'' - w') = w' + \frac{\sigma_{em} + 1400}{700} (w'' - w') \quad (1.11)$$

burada :

w' = Tablo 1-3' e göre burkulma sayısı.

w'' = Tablo 1-4' e göre burkulma sayısı.

σ_{em} = Çelik basınç emniyet gerilmesi.

$\sigma'_{em} = 1400 \text{ k}_p/\text{cm}^2$

$\sigma''_{em} = 2100 \text{ k}_p/\text{cm}^2$

Eksenel basınçta boru kesitindeki gerilmeler şu formülle kontrol (tahkik) edilebilir.

$$\sigma = \frac{w \cdot P}{F} \leq \sigma_{em} \quad (1-12)$$

burada :

P = Çubuğun boyuna kuvveti.

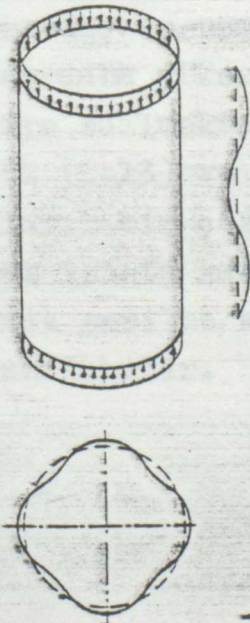
F = Kesit alanı .

w = Burkulma sayısı.

σ_{em} = Basınç emniyet gerilmesi.

1-4-2-2 Bölgesel (yerel) Stabilite (buruşma).

Silindir kabuğun, genel stabilitesindeki kritik gerilmelerin bölgesel stabilitenin kritik gerilmelerinden daha büyük olması halinde, buruşma tehlikesi doğmaktadır. Bu durumda çubuk eksenini şekil değişikliğine uğramasada silindir kabuk hem boyuna doğrultuda hemde kesitte şekil değişikliğine uğramaktadır. Çelik yapılarda eksenel basınç en önemli konudur. Böyle bir yükleme neticesinde buruşma örneğini resim 1-4 gösteriyor. Bu problemin teorik çözümü, bir çok çalışmalarda ele alınmıştır. Örn. (8), (9), (10), (14), (15), (16), (17), (19), (21), (22) Teorik çözümlerin deneysel araştırmalarında birbirinden çok büyük sapmalar olduğu gözlenmiştir. Bu farklılıklar deneyde kullanılan boruların hiçbir zaman tam silindirik yapıda olmadığı neticesine götürmektedir. Deneysel araştırmalardan elde edilen kritik buruşma kuvvetinin hesaplanan teorik kuvvetten daha küçük olmasının diğer



Resim 1.4 Bir buruşma örneği.

sebepleri et kalınlıkları, malzemenin homojen olmayışı, numunenin deney makinasına ve yükleme düzeneğine tesbitindeki sınır şartlarıdır. Bu yüzden ampirik formüller pratikte daha fazla kullanılmaktadır. İnce cidarlı borularda "Donnel" tarafından tavsiye edilen yarı ampirik formül (8) deneysel araştırmalarla en iyi mutabık kalanıdır.

$$\sigma_{ki} = 0,6E \frac{t}{r_m} \frac{1 - 1,7 \cdot 10^{-7} \left(\frac{r_m}{t} \right)^2}{1 + \frac{E}{250\sigma_F}} \quad (1-13)$$

burada :

\bar{r}_m = ortalama boru yarı çapı.

Diğer semboller daha evvel formül (1-4) te açıklanmıştır. Genellikle, formu teorik olarak türetilen yarı ampirik yaklaşım formülü kullanılır. (1-14 formülü) ;

$$\sigma_{ki} = cE \frac{t}{r_m} \quad (1-14)$$

Bir çok yazarlar bu formülde $c=0,8 \dots\dots 0,30$ alınmasını tavsiye etmektedirler.

Konstrüksiyon içinde kullanılan boruların taşıma kapasiteleri laboratuvar test şartlarındaki verilerden daha düşük olduğundan formülde (1-14) $c = 0,18$ olarak kabul edilmelidir. Aynı nedenlerden dolayı formül (1-13) ün kullanılması esnasında, buruşma ile ilgili normlarda öngörülen değerlerden daha yüksek bir emniyet katsayısının kullanılması tavsiye edilmektedir.

Formül (1-13) ve (1-14) ten yola çıkarak ince cidarlı boruların bir çok hallerinde kritik gerilmelerin birbirinden iki-üç kat farklı olduğu tesbit edilmiştir.

Kesitte gerilme kontrolü için doğrudan doğruya şu hesap kullanılabilir.

$$\sigma = \frac{P}{F} \leq \frac{\sigma_{kr}}{v_B} \quad , \quad (1-15)$$

burada :

P, F = Formül (1-12) dekinin aynısı.

\bar{C}_{kr} = DIN 4114 tablo 7'e göre elastik olmayan bölgede azaltılmış olan ve formül (1-13) veya (1-14) e göre hesaplanan kritik gerilme.

ν_B = Buruşmadaki emniyet katsayısı.

Eksenel basınca maruz çubukların burkulma emniyetinin buruşma emniyeti ile eşit olması isteniyorsa ve buruşma özellikle küçük eğilme narinlikli çubuklar için ölçü teşkil ediyorsa, emniyet katsayısı $\nu_B = 1,35$ 1.yükleme durumunda, 2.yükleme durumunda ise $\nu_B = 1,25$ olarak kabul edilmelidir. Emniyet katsayısı için tavsiye edilen değerler DIN 4114 te gövde ve başlıklardaki buruşma kontrolü için öngörülen değerlerin aynısıdır. Yani emniyet sabitinin belirlenmesinde borunun aşırı kritik işi nazara alınır.

Yukardaki tavsiyelere göre formül (1-13)'ün kullanılmasında formül (1-15)'e %50 lik daha büyük bir emniyet katsayısının kullanılması arzu edilir. Aynı şekilde yerel "İnstabilite," de (buruşma) ideal narinlik derecesi kavramı kullanılabilir; Burada kritik gerilmeye "Euler," formülü elde edilir.

$$\sigma_{ki} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_B^2},$$

buradan direkt olarak.

$$\lambda_B = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_{ki}}}, \quad (1-16)$$

burada ;

λ_B = Fiziksel bir mana ifade etmemek üzere, buruşmadaki ideal narinlik derecesi.

\bar{C}_{ki} = (1-13) veya (1-14) teki formüllerin aynısı.

Formül (1-16)'nın kullanımı özellikle elastikiyet sınırlarını aşan kritik gerilmelerde uygundur.

Kesitte gerilme tahkiki formül (1-12) ye göre yapılır.

Burada w burkulma sayısı, λ_B ideal narinlik derecesine göre belirlenir. Fakat bu tahkikte borunun aşırı kritik gücü

dikkate alınmaz. Demekki buruşma aşağıdaki eşitsizlik sağlandığında sonucu tesir etmektedir.

$$\lambda = \frac{S_k}{i} < \lambda_B \quad (1-17)$$

bu formülde

λ = Çubuğun eğilme narinliği.

S_k = Çubuğun burkulma boyu.

i = Kesitin atalet yarı çapı.

$c = 0,18$ katsayısı ile (1-14) formülünden $\Gamma_m > 130.t$ olduğunda buruşmanın ortaya çıkacağı sonucu çıkarılabilir. Fakat bu boru uzunluğu dikkate alınmadığı için ancak yaklaşık olarak geçerlidir. Buruşma kontrolü her şeyden önce ince cidarlı borularda önemlidir. Hadde veya çekme kalın cidarlı borularda, bu ispat ancak şekli anlamdadır. Problem o zaman ancak buruşmanın bahis konusu olmadığı zaman formüle edilir.

"Stradtman," a göre.

$$\frac{t}{d_m} \geq \frac{\pi^2}{16} \sqrt{3(1-\mu^2)} \left(\frac{d_m}{l} \right)^2 \quad (1-18)$$

şartı gerçekleştiğinde, yalnız genel stabilite kontrolüne ihtiyaç vardır.

burada.

$\mu = 0,3$ = çeliğin "poission" sayısı.

t = Borunun cidar (et) kalınlığı.

d_m = Et kalınlığı orta çizgisindeki boru çapı (ortalama çap)

l = çubuk uzunluğu.

Sayısal değerlerin formüle uygulanması ile çelik borular için.

$$\frac{t}{d_m} \geq 1,02 \left(\frac{d_m}{l} \right)^2$$

elde edilir. Atalet yarıçapı için

haddelenmiş veya çekilmiş borularda $i = 0,35 d_m$ (veya $d_m = 2,85 i$) yaklaşık değerleri yerleştirilirse ve genel

(eğilme) narinlik derecesinin $\lambda = \frac{l}{i}$ olduğuna dikkat edilirse, yukarıda zikredilen şartlar aşağıdaki gibi yazılır.

$$\frac{l}{d_m} \geq \frac{8,3}{\lambda^2}. \quad (1-18 \text{ a})$$

Aşağıdaki narinlik dereceleri için.

$$\lambda = 150 \quad 100 \quad 50 \quad 25 \quad 20 \quad 15$$

$$\frac{l}{d_m} = \frac{1}{2710} \quad \frac{1}{1210} \quad \frac{1}{301} \quad \frac{1}{75} \quad \frac{1}{48} \quad \frac{1}{27}$$

elde edilir.

"Ten Bosch" a göre genel stabilitenin-ancak şu şart sağlandığında- kontrol edilmesine lüzum vardır.

$$\frac{l}{d_m} \geq 15,5 \left(\frac{r_m}{l} \right)^2, \text{ bzw. } \frac{l}{d_m} \geq 3,87 \left(\frac{d_m}{l} \right)^2. \quad (1-19)$$

Sayısal değerlerin yukarıdaki gibi yerlerine yerleştirildiğinde şu sonuç çıkar;

$$\frac{l}{d_m} \geq \frac{15,7}{\lambda^2}.$$

"Ten Bosch" un şartları daha katıdır, çünkü aşağıdaki narinlik dereceleri için.

$$\lambda = 150 \quad 100 \quad 50 \quad 25 \quad 20 \quad 15$$

$$\frac{l}{d_m} = \frac{1}{1430} \quad \frac{1}{637} \quad \frac{1}{159} \quad \frac{1}{40} \quad \frac{1}{25} \quad \frac{1}{14}$$

elde edilir.

"Wansleben" burkulma boyu için yalnızca genel stabilite (burkulma) nın muayene edilmesi gerektiği zaman şu şartı koştur.

$$s_k = 3,69 r_m \sqrt{\frac{r_m}{l}}.$$

(1-20)

$S_k = 1$ in ve diğer değerlerin yukarıdaki gibi yerlerine kormasından

$$\frac{l}{d_m} \geq \frac{13,8}{\lambda^2}.$$

elde edilir.

Yapıların çelik boru konstrüksiyonlarındaki basınç çubuklarının narinlik derecesinin -hata yapmamak için- $\lambda = 25$ ten küçük olmadığı kabul edilebilir.

Demekki aşağıdaki şartlara uyulduğunda genel stabilite (eğilme burkulması) kontrolü ile sınırlanabilir.

$$d_m \leq 40 \text{ t "Ter Bosch," a göre (1-21a) veya}$$

$$d_m \leq 75 \text{ t "Stradtman," a göre (1-21 b)}$$

DIN 2440 , 2441 , 2448 ve 2458 'e göre imal edilen aksenal basınçlı çubuklar için boru kullanılacaksa, boru çapı alışla gelmiş olarak $d_m = (10 \div 50) \text{ t}$ olduğundan, küçük eğilme narinlik derecesinde de buruşma kontrolünden vazgeçilebilir. Yalnız özel isteğe bağlı imal edilen, mesela soğukta şekil verilmiş borulardaki gibi - $d'_m = (50 \div 120 \text{ t})$ olabilir.

1-4-3 Betonla doldurulmuş Boruların Taşıma Kapaziteleri :

Beton çekirdekli borular betonlanmamış borulardan çok daha fazla taşıma kapasitesine sahip olmaları ile ayırtedilirler. İsviçre (20) ve Alman (11) deneylerine göre taşıma kapasiteleri %60-100 civarında daha fazladır.

Betonlanmış boruların taşıma kapasitesi problemini ayrıntılı olarak "Kloppel," ve "Goder," araştırmıştır. "Kloppel," ve "Goder," aksenal basınca maruz boruların burkulmalarını çelik borularda yaptıkları gibi ele almışlar ve tashihini bilinen mukayese değerleriyle başarmışlardır. Elastiki burkulma alanında "Euler," tarzına benzer bir formül bulmuşlardır.

$$P_{ki} = \frac{\pi^2 E_e}{\lambda_{id}^2} F_{id} \quad (1-22)$$

burada;

$$F_{id} = F_e \left(1 + \frac{1}{n\mu}\right) \quad \text{und} \quad \lambda_{id} = \frac{s_K}{i_{id}}$$

(1-23)

Sembol anlamları :

P_{ki} = Elastiki burkulmanın kritik kuvveti.

E_e = Çeliğin elastikiyet modülü ($E = 2.100.000 \text{ kp/cm}^2$)

F_{id} = Tasavvur edilen kesit alanı.

λ_{id} = Tasavvur edilen narinlik derecesi.

F_e = Çelik kesit alanı (Boru).

n = Çeliğin elastikiyet modülünün betonunkine oranı.

μ = Çeliğin kesit alanının betonunkine oranı (Boru kesit alanının beton çekirdeğin kesit alanına oranı)

i_{id} = Tasavvur edilen atalet yarı çapı ; şu formülden hesaplanır.

$$i_{id} = \frac{\lambda_e}{\pi} i_e \sqrt{\epsilon_k},$$

(1-24)

λ_e = Betonlanmamış borunun eğilme narinlik derecesi.

i_e = Yalnız çelik borunun kesit alanının atalet yarıçapı.

ϵ_k = Betonlanmış çubuğun kritik kuvvetine isabet eden genleşme.

"Kloppel" ve "Göder" in deneyleri B 300 betonu ile doldurulan borularda yapılmıştır. Bu beton için E_b elastikiyet modülü aşağıdakine eşittir.

$$E_b = a(b - \epsilon) = 5 \cdot 10^7 (5 \cdot 10^{-3} - \epsilon), \quad (1-25)$$

Betonlanmış çubuk vasıtasıyla kritik kuvvete ulaşılması anında $\epsilon = \epsilon_k$ dir. a ve b amirik katsayılarıdır.

E_1 genişmesi.

$$\epsilon_K = \frac{1 + \frac{ab}{E_e \mu} + \frac{2a}{E_e \delta} \cdot \frac{\pi^2}{\lambda_e^2}}{\frac{2a}{E_e \mu}} \pm \sqrt{\left(\frac{1 + \frac{ab}{E_e \mu} + \frac{2a}{E_e \delta} \cdot \frac{\pi^2}{\lambda_e^2}}{\frac{2a}{E_e \mu}} \right)^2 - \frac{\pi^2 \left(1 + \frac{ab}{E_e \delta} \right)}{\lambda_e^2 \frac{a}{E_e \mu}}}, \quad (1-26)$$

den elde edilir; burada

$$\delta = \frac{J_e}{J_b}$$

J_e = Çelik kesit alanının atalet momenti (yani borunun)

J_b = Beton kesit alanının atalet momenti (yani çekirdeğin)

Elastik olmayan burkulma bölgesinde kritik yükün elde edilmesi teorik yoldan imkansızdı. O halde de neysel metotlarla uyuşan bir münasebet araştırıldı. Kritik elastik olmayan burkulma yükü P_{kr} için şu formül kullanıldı.

$$P_{kr} = \sigma'_{kr} F'_{id}, \quad (1-27)$$

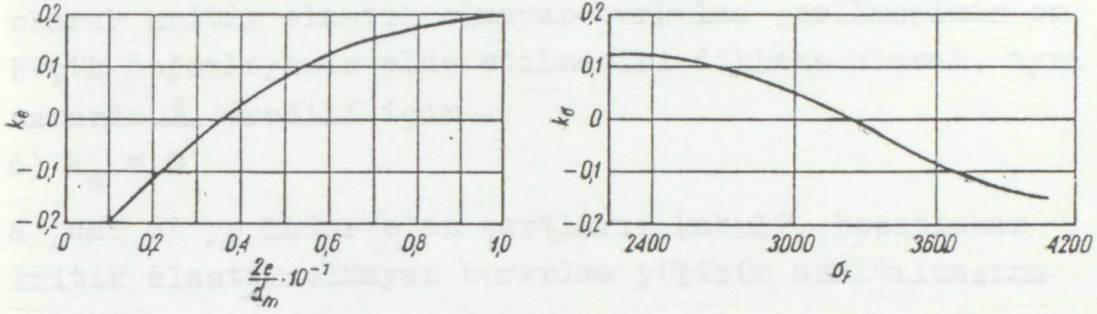
burada.

σ'_{kr} = Formül (1-23)'e göre λ_{id} narinlik derecesinde ve verilen eksantrisite de (deney esnasında ölçülen betonlanmış borunun kritik elastik olmayan burkulma gerilmesi

F'_{id} = Elastik olmayan burkulma tasavvur edilen kesit alanı, aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$F'_{id} = F_e \left(1 + \frac{1 + k_e + k_a}{n\mu} \right). \quad (1-28)$$

(1-28) formülündeki k_e ve k_c sayısal değerleri (1-27) ye hesaplarla deney neticelerinin mutabık kalması için deneysel olarak elde edilmiştir.



Resim 1-5 : k_e ve k_c katsayılarının bulunması için diyagramlar. C_T = akma sınırı, ϵ = teknik olarak kaçınılmayacak eksantrisite, d_m = cidar eksenindeki boru çapı (ortalama boru çapı)

k_e ve k_c sayısal değerleri resim 1-5 te gösterilmiştir.; burada dikkat edilmesi gereken husus ise bu deneylerin yalnız B 300 betonu ile yapılmış olduğu konusudur.

Eksenel basınçta betonlanmış çubukların kritik yükleri belirlendikten sonra, artık bu çubukların yeterli emniyetle taşıyabildikleri emniyet kuvvetleri belirlenebilir.

$$P_{em} = \frac{P_{ki}}{v_{ki}} \quad \text{veya} \quad P_{em} = \frac{P_{kr}}{v_{kr}} \quad (1-29)$$

burada :

P_{ki} ve P_{kr} = formül (1-22) ve (1-27) ye göre

v_{ki} = Elastik burkulmadaki emniyet katsayısı.

v_{kr} = Elastik olmayan burkulmadaki emniyet katsayısı.

DIN 4114'e göre

1. yükleme için ; $v_{ki} = 2,50$; $v_{kr} = 1,50$

2. yükleme için ; $v_{ki} = 2,19$; $v_{kr} = 1,31$

Eksenel basınçta B 300 betonu ile betonlanmış çubukların hesabını kolaylaştırmak için "Kloppel," ve "Goder," yardımcı tablolar hazırlamışlardır. (11)

a) $P = 0$

b) Elastisite, formül (1-26)

c) k_c boru

Bu tabloların hazırlanışında :

- a) $n = 9$
- b) Eksantrisite, formül (1-6) ya göre.
- c) σ_{kr} borular için değil, -DIN 4114 te temel (ana) profil olarak kritik elastik olmayan burkulma gerilmesinin en küçük değerlerinin elde edilmesini dikkate alarak, aynı zamanda \perp profili için ..
- d) $k_e = 0$

a' dan d' ye kadar olan şartların kabulü, hesaplanan kritik elastik olmayan burkulma yükünün azaltılmasına götürür.

"Kloppel" ve "Göder" bunu 300 kp/cm^2 den daha düşük mukavemetli betonun beklenilmeyen imalatı halinde de yeterli emniyet sağlamak için kasti olarak yapmışlardır.

Bu şekilde hesaplanan değerler St 37 için tablo (1-5) te; St 52 için tablo (1-6) da verilmiştir.

Ara değerler doğrusal enterpolasyonla bulunabilir.

Eksenel basınca maruz betonlanmış borunun taşıma kapasitesinin kontrolü (Beton B 300) aşağıdaki formüllerle gerçekleştirilmektedir.

1. Yükleme için :

$$\sigma = \frac{P}{F_e} \leq \sigma_{d,em} \quad (1-30 a)$$

2. Yükleme için :

$$\sigma = \frac{P_e}{F_e} \leq 1,14 \times \sigma_{d,em} \quad (1-30 b)$$

burada.

P = Boyuna basınç kuvveti

F_e = Betonlanmamış borunun en kesit alanı

$\sigma_{d,em}$ = Tasavvur edilen emniyet gerilmesi. (Tablo 1-5 veya 1-6 ya göre)

Formül, (1-30 b)'deki 1,14 katsayısı 2. yükleme haline ait emniyet gerilmesinin 1. yükleme haline ait olana oranıdır. St 37' nin $\sigma_{d,em}$ emniyet gerilmeleri 1.yükleme

deki emniyet gerilmeleri 1400 kg/cm^2 den büyük olmayan diğer çeliklerde de kullanılabilir. Mekanik özellikleri St 37 ve St 52 arasında olan çeliklerde 1.yüklemdeki emniyet gerilmesi kullanılarak tablo 1-5 ve 1-6 değerleri arasında lineer enterpolasyon yapılmalıdır.

$$\begin{aligned} \sigma_{d,em} &= \sigma_{d,em}' \frac{\sigma_{em} - \sigma_{em}'}{\sigma_{em}'' - \sigma_{em}'} (\sigma_{d,em}'' - \sigma_{d,em}') = \\ &= \sigma_{d,em}' + \frac{\sigma_{em} - 1400}{700} (\sigma_{d,em}'' - \sigma_{d,em}') \quad (1-31) \end{aligned}$$

Tablo 1-5 St 37 den mamul betonlanmış boruların $\sigma_{d,em}$ (kg/cm^2) emniyet gerilmeleri (beton sınıfı B 300)

λ_e	μ							3.4.2.1'e göre betonlanmamış borular için
	0,07	0,10	0,14	0,20	0,30	0,5	1,0	
≤ 20	3671	2977	2516	2168	1895	1675	1512	1349
30	3467	2820	2389	2063	1805	1599	1454	1294
40	3217	2633	2237	1944	1706	1516	1373	1230
50	2935	2421	2065	1800	1585	1414	1286	1158
60	2634	2189	1883	1649	1459	1307	1191	1078
70	2330	1946	1686	1492	1322	1189	1090	993
80	1940	1726	1500	1335	1187	1074	990	905
90	1603	1410	1285	1189	1061	960	892	819
100	1336	1170	1061	983	925	859	799	738
110	1126	990	890	825	778	739	709	663
120	961	843	758	701	657	625	600	576
130	832	722	649	600	561	530	509	490
140	722	626	561	519	486	456	438	423
150	636	522	496	454	423	399	381	368
175	474	410	368	336	313	293	279	271

Tablo 1-6 St 52 den mamul betonlanmış boruların
 $\sigma_{d,em}$ kg/cm² emniyet gerilmeleri.
 (beton sınıfı B 300)

λ_e	μ	0,07	0,10	0,14	0,20	0,30	0,50	1,00	34.2.1 e göre betonlanmamış borular için.
		Betonlanmış borular için							
≤ 20		4888	4024	3442	3007	2666	2390	2188	1983
30		4548	3762	3229	2832	2514	2263	2075	1888
40		4133	3411	2970	2621	2337	2109	1941	1773
50		3623	3074	2672	2371	2124	1929	1784	1637
60		2940	2666	2359	2112	1898	1730	1610	1487
70		2381	2127	1944	1845	1666	1528	1432	1330
80		1941	1717	1573	1475	1402	1334	1255	1175
90		1603	1410	1285	1195	1140	1083	1047	1024
100		1336	1170	1061	983	925	880	849	829
110		1126	990	890	825	778	739	709	685
120		961	843	758	701	657	625	600	576
130		832	722	649	600	561	530	509	490
140		722	626	561	519	486	456	438	423
150		636	552	496	454	423	399	381	368
175		474	410	368	336	313	293	279	271

burada :

$\sigma'_{d,em}$ = tablo 1-5 den alınan emniyet gerilmesi.

$\sigma''_{d,em}$ = tablo 1-6 dan alınan emniyet gerilmesi.

σ_{em} = Betonlanmış boruların imal edildikleri çeliğin emniyet gerilmesi.

$\sigma'_{em}, \sigma''_{em}$ = formül (1-11) deki gibi.

Değişken yüklerde betonlanmış boruların sürme'den dolayı taşıma kapasitelerinin azaltılması nazara alınmalıdır.

"Kloppel" ve "Goder" in deneylerine göre, değişken yükler için .

$P = P_0 (1 + \psi) + P_2$ (1-32) formülüne göre büyütülen

ψ katsayısı kullanılır.

burada :

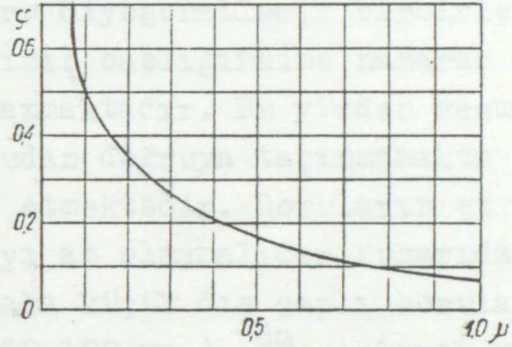
P_0 = Bütün değişken yüklerin toplamı.

P_2 = orta kalan yüklerin toplamı.

φ = resim 1-6 dan " μ " ye bağlı olarak alınan katsayı

Bahsedilen tablolar ve formüller $\mu \geq 0,07$ için geçerlidir. Eksantrik basınca maruz çubuklar "Chapman" tarafından C.I.D.E.C (Comite International pour l'Etude et le Devellopment de la Konstruktion Tubulaire) çerçevesinde incelenmişlerdir.

Resim 1-6 sabit sayısının (1-32) (11) formundaki (şeklindeki) değerleri.



Onun tarafından üretilen deney sonuçları ve hesap metotları (13)'te vardır.

1-4-4 Projelendirme için Genel kaideler.

Dairesel boru kesitleri ile irtibatlı yalnızca bazı spesifik tavsiyelerden bahsedilecektir.

a) Ekonomik sebeplerden boru cidarı ince olmalıdır. Fakat bu tavsiye basınç çubuğunun buruşma emniyeti açısından ve kafes düğüm noktalarının biçimi açısından her zaman sağlanmamaktadır.

İngiliz şartnameleri et kalınlıklarının $t \geq 0,864\sqrt{d_a}$ (mm.cinsinden) küçük olmamak şartı ile boru kesitlerine göre seçilmesini tavsiye etmektedir; Burada d_a = Boru dış çapı.

Bu şarttan- $d_a = 171$ mm. dış çapına kadar - " t " et kalınlığı borunun DIN 2440, DIN 2441, DIN 2448 ve DIN 2458 de tesbit edilen en küçük et kalınlığından daha büyüktür.

171 mm.den büyük dış çaplı borular için haddhaneleri-

mizde üretilen boruların en küçük et kalınlıklarından daha küçük et kalınlıkları elde edilir. Eksenel basınçta yalnız buruşma tehlikesi dikkate alınırsa bizim haddehanelerimizde üretilen haddelenmiş veya çekilmiş boruların et kalınlıkları yeterlidir. (Bölüm 1.4.2.2 ile karşılaştır) Fakat kafes girişlerde **borular boyuna eksene dik bölgesel yük** etkilerine maruzdurlar. O halde kafes girişlerin borudan başlık kesitlerinin düğüm noktalarında kaynaklanmış diyagonaller vasıtasıyla deforme olabileteğini dikkate alınmalıdır. Bu hal daha çok boru diyagonallerin birbirlerine geçme olmadığı ve çaplarının başlığinkine nazaran daha küçük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden kesme kuvveti bir diyagonalden doğrudan doğruya taşınmamakta bilakis başlık üzerinden etki etmektedir. Boruların et kalınlıkları bu sebepten dolayı az olmalıdır. Yukarıdaki sebepten dolayı "Hünnebeck," daha küçük dış çaplı boruların et kalınlıklarınının (yaklaşık 50-100 mm.) $\frac{da}{25}$ olarak ve daha büyük çaplı borularinkini ise $\frac{da}{30}$ veya $\frac{da}{36}$ olarak alınmasını tavsiye ediyor.

DIN 4115 (7) ise boru et kalınlıkları hakkında bir tavsiyede bulunmuyor. Bu kalınlık 15 mm. den az olmamak üzere minimum kaynak dikişini kabul edecek kalınlıkta olmalıdır.

b) Doğrudan doğruya birbirlerine eklenen borularda -DIN 4115 (7)'e göre- büyük çapın küçük çapa oranı "4," değerini aşmamalıdır. Buna karşılık hem İngiliz hemde Polonya normları bu hususta hiç bir sınırlama yapmamışlardır. Hem kesme kuvveti hemde boyuna kuvvet vasıtasıyla boru cidarının yerel olarak fazla zorlanmasını önlemek için DIN 4115'in tavsiyesine riayet edilmesi maksada uygundur.

c) Taşıyıcı kısımdaki bir borunun en küçük dış çapı, bağlantı yerlerinde borunun çok büyük şekil değiştirmelerinden kaçınılacak şekilde seçilir. Genellikle dış çapın 38 veya 41 mm. den daha küçük olmaması tavsiye edilir. Buna karşılık "Müller," firmasının tesislerinde kesim yapılacaksa boru çaplarınının 20 mm.den küçük olmaması gerekir.

d) Doğrudan birleştirilen borularda kaynak dikişlerinin kusursuz yapılması ve böyle bağlantılarda çok keskin açılardan kaçınmak için, borular arasındaki açının 30° den küçük olmaması gerekir.

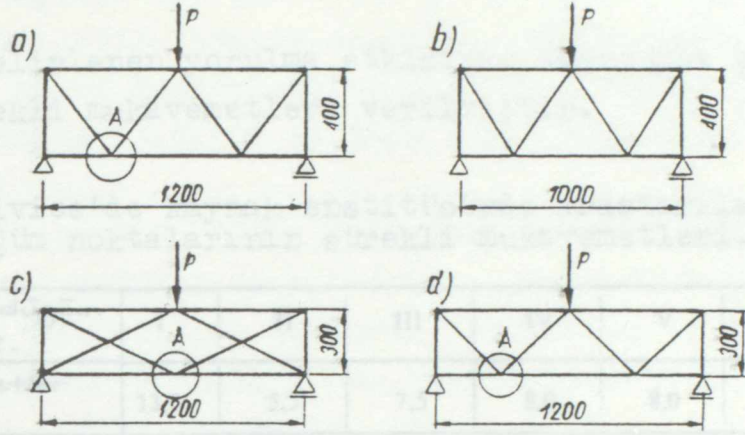
e) Boruların betonlanması halinde, boruların içinde hemen hemen hiç boşluk kalmayacak şekilde agregalar seçilir. İç çapı 200 mm.ye kadar olan boruların betonlanmasında, kullanılacak agreganın dane büyüklüğü 15 mm.yi geçmemelidir. Beton borunun içinde iyice sıkıştırılarak yerleştirilmelidir. Bu sarsma sureti ile yapılabilir. 28 günlük küp basınç dayanımı 300 kg/cm^2 olan plastik kıvamda beton kullanılır.

f) Betonlanmış borularla yapılan konstrüksiyonda birleştirme yapılırken betonlu boruların diğer betonsuz borularla bir araya gelmemesine dikkat edilmelidir. Düğüm noktalarındaki yük dağılımı öncelikle çelik kısımlar üzerine ve ancak oradan esas bağlantı elemanlarına tesir etmelidir.

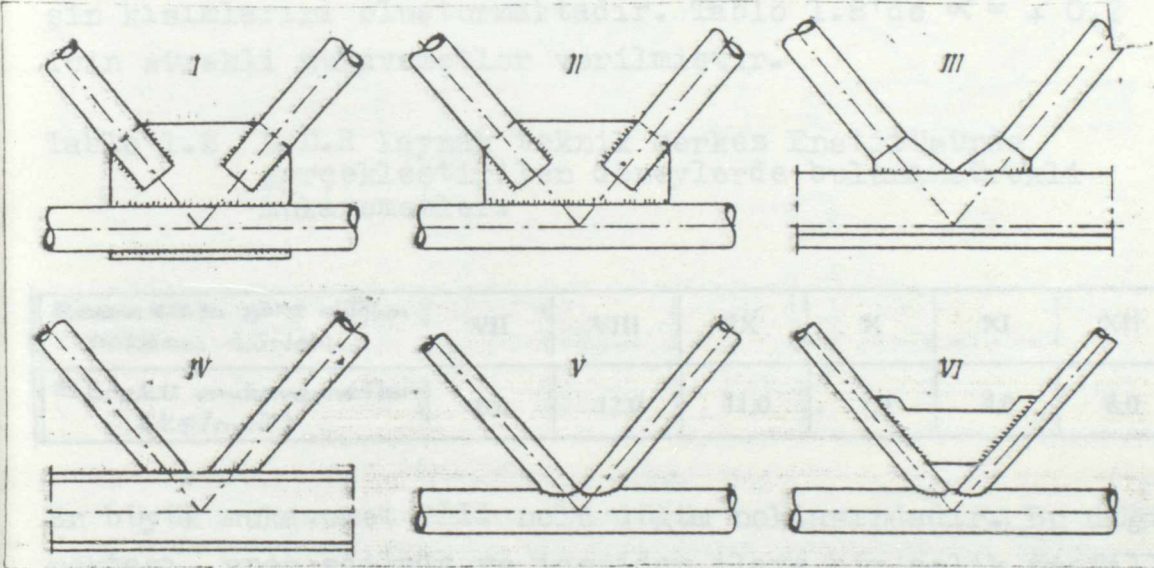
g) Korozyondan koruma ile ilgili konstrüktif bilgilere uyulmalıdır.

1.5 DİNAMİK ETKİYE MARUZ KALAN YAPI KISIMLARI?

Batı Avrupa'da dinamik etkiye maruz kalan konstrüksiyonlar için borular kullanılır; örneğin demiryolu köprüleri, büyük geçitler (Portal) ve köprü krenler v.s.de olduğu gibi. Böyle konstrüksiyonlarda çeliğin yorulması da dikkate alınmalıdır. Gliwice kentindeki (Polonya) kaynak enstitüsü ile doğu Almanya'nın Halle (saate) kentindeki kaynak teknik merkez enstitüsünün çalışmaları çerçevesinde resim 1.7 de gösterilen kafes kirişlerde kapsamlı araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Gliwice'de kaynak enstitüsünde, özellikle düğüm noktalarında levhalı konstrüksiyonlar incelenmiştir. (18)



Resim 1.7. Dinamik etkiye maruz kafes kiriş örnekleri (metinde bahsedilen)



Resim 1.8. Gliwice'de kaynak enstitüsünde dinamik etki altında araştırılan kafes kirişlerin A düğüm noktaları. (18).

Burada A düğüm noktasının çözümü için 6 değişik örnek ortaya konulmuştur. (Resim 1.8) kafes kirişlerdeki bütün bu düğüm noktaları Resim 1.7.'a ya göre araştırılmıştır. Tablo 1-7'de ; araştırılan düğüm noktalarının,

$$\alpha = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = + 0,3$$

katsayısıyla belirlenen yorulma etkisinin sonucuyla birleştirilen sürekli mukavemetleri verilmiştir.

Tablo 1.7. Clivice'de kaynak enstitüsünde araştırılan düğüm noktalarının sürekli mukavemetleri.

Resim 1.8'e göre düğüm noktası türleri.	I	II	III	IV	V	VI
Sürekli mukavemetler (kp/mm ²)	13,0	5,5	7,5	8,0	8,0	6,5

Doğu Almanyanın Halle kentindeki kaynak teknik merkez enstitüsü, bağlantı levhası olmayan kafes giriş düğüm noktalarını araştırmıştır. (1) , (2) Resim 1.9'da A düğüm noktası çözümü için 6 değişik örnek gösterilmiştir. Resim 1.7 b,c ve d ye göre bu düğüm noktaları (\bar{x} hariç) kafes girişin kısımlarını oluşturmaktadır. Tablo 1.8'de $\alpha = + 0,2$ için sürekli mukavemetler verilmiştir.

Tablo 1.8 D.D.R Kaynak teknik merkez Enstitüsünde gerçekleştirilen deneylerde bulunansürekli mukavemetler.

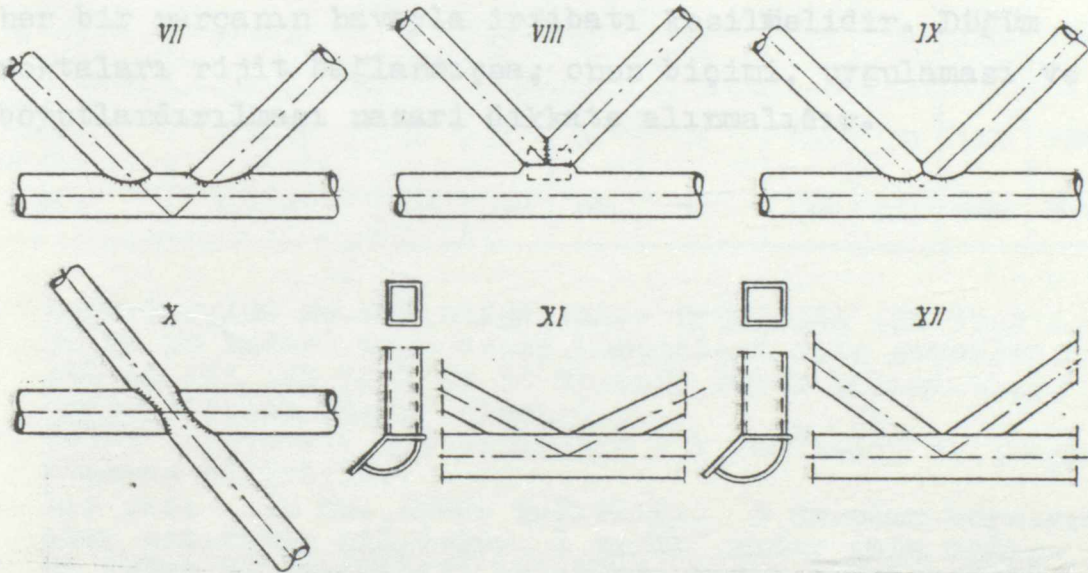
Resim 1.9'a göre düğüm noktası türleri.	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Sürekli mukavemetler (kp/mm ²)	6,0	12,0	11,0	7,0	4,0	8,0

En büyük mukavemet VIII nolu düğüm noktasındadır. Bu düğüm noktası, pres edilmiş ve içeriden ilave bir çelik profille destelenerek teşkil edilmiştir. Onun mukavemeti diğer düğüm noktalarının sürekli mukavemetinden yaklaşık %50 daha büyüktür. VIII düğüm noktasının ayrıntıları resim 2.36 da gösterilmiştir.

I ve IX düğüm noktaları da yüksek mukavemet değerlerine sahiptir. Bilhassa sabit yüklere maruz yapı kısımlarında,

I nolu düğüm noktası çözüm için uygundur. Ancak uygulamada iptidaidir., ve çok zaman alır. Burdan dolayı dinamik etkiye maruz kısımlar için tavsiye edilmez. Hem statik hem de dinamik etkiye maruz konstrüksiyonlarda mukavemetinin yüksek oluşu nedeniyle IX düğüm noktası Almanya'da yaygın olarak kullanılır.

Uygulanan boyutlandırma, düğüm noktaları ve çubuklardaki gerilmelerin eşit şekilde dağılmadığını göstermektedir. Alt başlıkla diyagonallerin bağlantı yerlerinde ve düğüm noktası levhalarında çubukların en kesitinin değiştiği yerlerde büyük bir gerilme konsantrasyonu ortaya çıkmaktadır. Oldukça küçük boyutlardaki deney elemanlarında yapılan araştırmalar düğüm noktası rijitliğinin büyük olduğunu göstermiştir. Elde edilen sonuçlar işe yarar alışıl gelmiş çözümlerin kullanılmasına müsaade etmektedir.



Resim 1.9 Doğu Almanyanın Halle (saale) kentindeki kaynak teknik merkez enstitüsünde araştırılan kafes girişin dinamik etkiye maruz A düğüm nok.

1962-64 yıllarında Doğu Almanya'nın Halle (Saale) kentindeki kaynak teknik merkez enstitüsünde, küçük kafes girişlerin rijit düğüm noktalarında iç gerilmeden dolayı ilave gerilmelerin etkisinde sürekli mukavemeti tesbit etmek amacıyla yeniden deneyler yapılmıştır.

Labarotuardaki bu araştırmalar düğüm noktalarının ne biçimde ve boyutlarda olabileceğini ortaya koymuştur. Bu deneyler üzerine bir açıklama yapılmıştır.(3). Bu deneylere binaen, NCRK TGL 13501 Kısım 1.(Kayn.43)'de kafes kirişlerin çarpma ve bazı düğüm noktalarındaki yorulma etkisiyle oluşan ilave gerilmeler tesbit edilmiştir. Dinamik etkiye maruz boru konstrüksiyonları üzerine bilinenlerin şimdiki durumu Bader'den alınan bir metinle (1) karakterize edilebilir. şunun bilinmesi gerekir ki boru konstrüksiyonlarında kabul edilen mafsallık etkisi yalnızca küçük oranlarda mevcuttur.(Basık hale getirilmiş diyagonaller istisnadır.) Bu durumda yüksek rijitlikle hesaplanması gerekir. Yüksek mukavemet elde etmek için, eğer bütün düğüm noktaları dayanabilirse -rijitlikleri bakımından- uygun hale gelir. Bunun yanında birleştirilen her bir parçanın havayla irtibatı kesilmelidir. Düğüm noktaları rijit bağlanmışsa; onun biçimi, uygulaması ve boyutlandırılması nazari dikkate alınmalıdır.

RS 47-3									
SI 52-3	52 - 62	36"	31"	34"	27"	1,50	1,35	2400	2700

- 1- Değerler, 100 mm. kalınlıkta kadar borularda (SI 52-3'de 50 mm. ya kadar) usun deney numuneleri için geçerlidir. 100 mm. den (SI 52-3'de 50 mm. den) büyük kalınlıklay için değerler uygun olmalıdır.
- 2- Çekme mukavemeti $2 k_p / \text{cm}^2$ kadar uygulanmaya müsaade edilebilir.
- 3- Diğ çapı 30 mm. kadar kalınlığı 3 mm. olan borularda aynı sınırların min. değeri $1 k_p / \text{cm}^2$ kadar daha azdır.
- 4- Bu değer 25 mm. (dahil) kalınlıkta kadar borular için garanti edilmiştir.
- 5- 16-30 mm. sınırlarındaki kalınlıklar için.
- 6- 30-50 mm. sınırlarındaki kalınlıklar için ; 50 mm. min. üzerindeki kalınlıklar için değerler uygun olmalıdır.

Tablo 1.9 Çelik boruların mekanik özellikleri ve emniyet gerilmeleri.

Çelik	Mekanik özellikleri — Min. değerler					Emniyet katsayıları		Çekme emniyet gerilmesi	
	Çekme Mukavemeti	Et kalınlığına göre akma sınırları			Kopma uzama- sı ¹⁾ L ₀ = 5.d ₀ %	Yükleme hali	Yükleme hali		
		16 mm ye ka- dar	16-40 mm	40 mm nin ü- zerinde				HL	HZL
kp/mm ²									
St 35	35 — 45 ²⁾	24 ³⁾	23	22	25	1,50	1,35	1600	1800
St 45	45 — 55	26 ³⁾	25	24	21	1,50	1,35	1700	1900
St 55	55 — 65	30 ³⁾	29	28	17	1,50	1,35	2000	2200
*St 33-1 St 33-2	33 — 50	19 ⁴⁾	18	17	18 ⁴⁾	1,50	1,35	1250	1400
USt 34-2 RSt 34-2	34 — 42	21	20	19	28	1,50	1,35	1400	1550
USt 37-1 USt 37-2 RSt 37-2	37 — 45	24	23	22	25	1,50	1,35	1600	1800
USt 42-1 USt 42-2 RSt 42-2	42 — 50	26	25	24	22	1,50	1,35	1700	1900
St 52-3	52 — 62	36 ³⁾	35 ⁵⁾	34 ⁶⁾	22	1,50	1,35	2400	2700

- 1- Değerler, 100 mm. kalınlığa kadar ürünlerde (St 52-3'de 50 mm. ye kadar) uzun deney numuneleri için geçerlidir. 100 mm. den (St 52-3'de 50 mm. den) büyük kalınlıklar için değerler uygun olmalıdır.
- 2- Çekme mukavemeti üst sınırının 2 kp/mm² kadar aşılmasına müsaade edilebilir.
- 3- Dış çapı 30 mm., cidar kalınlığı 3 mm. olan borularda akma sınırının min. değeri 1 kp/mm² kadar daha azdır.
- 4- Bu değer 25 mm. (dahil) kalınlığa kadar ürünler için garanti edilmiştir.
- 5- 16-30 mm. sınırlarındaki kalınlıklar için
- 6- 30-50 mm. sınırlarındaki kalınlıklar için ; 50 mm. nin üzerindeki kalınlıklar için değerler uygun olmalıdır.

Faydalanılan Kaynaklar.

- 1- *Bader W.*: Stahlkonstruktionen für ständige und veränderliche Beanspruchung. Przegląd Spawalnictwa 1962, nr 8, Warszawa.
- 2- *Bader W.*: Stahlkonstruktionen für statische und dynamische Beanspruchung. Schweißtechnik 1962, Nr. 12, Berlin.
- 3- *Bader W.*: Die Dauerfestigkeit des Rohrfachwerkes. ZIS-Mitteilungen 1959, Nr. 2, Halle (Saale).

- 4- B. S. 449. The use of structural steel in building. Addendum No 1 to B. S. 449. Use of tubular steel in building. November 1953.

- 5- DIN 1055. Lastannahmen für Bauten. Blatt 1, Blatt 2 und 3.
- 6- DIN 1055. Lastannahmen für Bauten. Blatt 4 und Blatt 5.

- 7- DIN 4115. Stahleichtbau und Stahlrohrbau im Hochbau. Richtlinien für die Zulassung, Ausführung, Bemessung. August 1950.
- 8- *Donnel L. H.*: A new theory for the buckling of thin cylinders under axial compression and bending. Transaction of American Society of Mechanical Engineers 1934, nr 56. New York.
- 9- *Flügge W.*: Die Stabilität der Kreiszylinderschale. Ingenieur-Archiv 1932, Nr. 3, Wien.

- 10- *Girkmann K., Königshofer E.*: Die Hochspannungs-Freileitungen. Springer Verlag. Wien 1952.

- 0- *Kármán Th., Dunn L. G., Hsue-Shen Tsien*: The Influence of curvature on the buckling characteristics of structures. Journal of the Aeronautical Sciences 1940, nr 7, New York.
- 1- *Klöppel K., Goder W.*: Traglastversuche mit ausbetonierten Stahlrohren für die Aufstellung einer Bemessungsformel. Der Stahlbau 1957, Nr. 1 und Nr. 2. Berlin.
- 2- *Klöppel K., Goder W.*: Die neuen ω -Zahlen für Rohrquerschnitte — Der Stahlbau 1959, Nr. 8. Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn. Berlin.

- 3- Le tube d'acier dans la construction métallique. nr 3/profil de construction. Chambre Syndicale des Fabricants de Tube d'acier. Paris 1968.

- 4- *Lundgren H.*: Powłoki walcowe. Arkady. Warszawa 1963.
- 5- *Lundquist E. E.*: Strength tests of thin-walled duralumin cylinders in compression. National Advisory Committee for Aeronautics. Technical Report 473. New York 1933.

- 16- *Osgood W. R.*: The crinkling strength and the bending strength of round aircraft tubing. National Advisory Committee for Aeronautics. Technical Report 632. New York 1938.
- 17- *Pflüger A.*: Zur praktischen Berechnung der axial gedrückten Kreiszyinderschale. Der Stahlbau 1963, Nr. 6. Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn. Berlin.
- 18- *Robakowski T.*: Kształtowanie i badanie zmęczeniowe spawanych węzłów z rur. Przegląd Spawalnictwa 1960, nr 8.
- 19- *Sibuya J.*: Theory of elastic stability of thin-walled cylinders. Journal of the Society of Aeronautical Sciences. Nippon 1940, nr 7.
- 20- *Tänzer W.*: Betongefüllte Rohrmaste für Starkstromfreileitungen. Der Bauingenieur 1954, Nr. 9. Berlin—Göttingen—Heidelberg.
- 21- *Thielmann W., Esslinger M.*: Einfluß der Randbedingungen auf die Beullast von Kreiszyinderschalen. Der Stahlbau 1963, Nr. 12. Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn. Berlin.
- 22- *Wilson M. W., Newmark N. M.*: The strength of cylindrical shells as columns. Bulletin of Illinois Engineering Experimental Station. No 255. 1933.
- 23- TGL 13501. Stahlbau-Stahlleichttragwerke und Stahlrohrtragwerke—Berechnung und bauliche Durchbildung.



2. BİRLEŞTİRMELER.

2.1. GENEL.

Yuvarlak boru bağlantılarının biçimleri, diğer hadde profillerinin bağlantı biçimlerinden farklıdır. ve gibi genelde kullanılan profiller için alışlagelmiş çözümler yuvarlak boru en kesitleri için de uygulanırsa düğüm noktalarının oluştuurulmasında çok fazla güçlükler meydana gelir.

Bağlantıların biçimlendirilmesinde tüm güçlüklerden dolayı konstrüksiyonlarda boruların kullanımı önceleri mümkün değildi. Düz bağlantı parçaları (Hadde profili) eksikti. Profil içinde doldurulmuş belirli boşluklar yoktu. ve perçin ve delik çapında yaklaşık eşit taşıma güçlü bir bağlantıya erişmek için cidar çok ince idi. Bu güçlükler **ancak** yalnızca silindirik bükülmüş levha parçalarından yapılmış çok büyük çaplı borularda aşılmıştır.; Buna karşın haddelenmiş profillerde bu mümkün değildir.

Borular ilkönce kaynağın kullanılmasını sağladı. Çelik konstrüksiyonda bu borular kullanıldı. Kaynak yapılmış bağlantılarda düz bağlantı parçaları mutlaka gerekli değildir ; ve profil içine girmeksizin ince kalınlıklarda da bağlantının kesin mukavemetine ulaşılabilir.

Alışlagelmiş düğüm noktası çözümlerinin uygulanması ya içi boş en kesitli bir çok çubuğun kullanıldığı - pek zor konstrüksiyonlara- ya da işyerinde uygulanan çok pahalı bağlantı biçimine yönlendirmektedir. Her iki durumda da -boruların fiyatının diğer hadde profillerinden daha fazla oluşu nazarı dikkate alınır- yapı düğüm noktaları kriter olarak esas alınırsa, boruların kullanımı uygun değildir. Bu durumda yapı konstrüksiyonlarında boruların kullanımını ekonomik hale getirmek için bir çok çelik yapı firması özellikle düğüm noktası çözümlerini geliştirmiştir.

* Bu bölüm, Dr. Ing. Jan Bródka'nın (yıl 1968, Bölüm III) "Stahlrohr Konstruktionen" adlı yayınından alınmıştır.

Bu gün hem patentli hemde genel anlamdaki özel çözümlerin sayısı öyle büyüktür ki, aşağıda yalnızca bir kaç örnek çözüm gösterilecektir.

2.2. Tasarım Esasları.

Rijit ve parçalanabilir boru konstrüksiyonlarının tasarımında herşeyden önce onun taşıyabileceği yük, bağlantı parçalarında (kaynak dikişi, bulonlar v.s) ve her bir profilde gerilme durumu, ayrıca işyerindeki ya da montajındaki kolaylığı göz önüne alınmalıdır.

Çok çeşitli çözüm yöntemine rağmen, boru bağlantı problemleri yalnızca az sayıdaki yayında işlenmiştir. Genellikle pek çok firmanın, inşa ettiği bir çok konstrüksiyonun çeşitli uygulamalarına göre verdikleri tavsiyelere ya da deneylerle elde edilen sonuçlara göre gözülür. Batı Avrupa'daki kendi patentlerine sahip bazı firmalar yayınlarla ilgilenmezler.

Şimdiye kadarki deneyimler göstermiştir ki, borudan yapılmış kaynaklı düğüm noktalarının mukavemeti için aşağıdaki noktalar esas alınır.

- a) Diyagonallerin ya da dikmelerin çaplarının başlık çaplarına oranları.
- b) Boru alt ve üst başlıkların cidar kalınlığı.
- c) Diyagonal ve dikmelerin cidar kalınlıkları.
- d) Düğüm noktalarının konstrüktif çözümleri (Diyagonal ve dikmelerin boru uçlarının biçimleri, bu uçları karşılayan yerlerin durumu, ilave elamanların var olması v.d.)
- e) Başlıklarla diyagonaller arasındaki açılar.
- f) Boru başlıkların en kesit gerilmeleri.
- g) Diyagonal ya da dikmanın başlığa göre konumu.

"Karman-Etkisinden,, dolayı (Eğilme etkisinde boruların basık hale gelmesi), boyuna eksenine göre dik açılı yükler için boruların taşıma gücü, Navier Teorisine göre

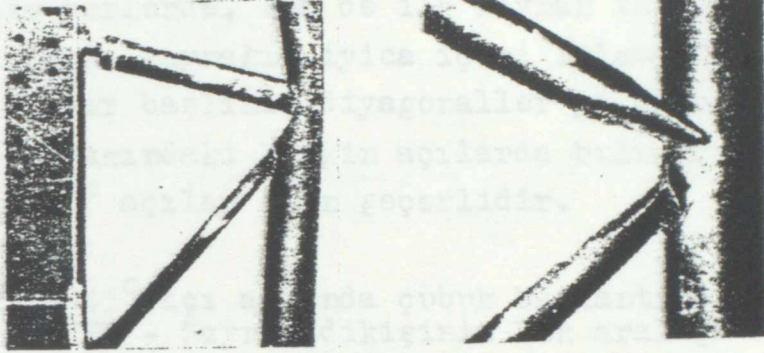
beklenilenden daha küçüktür. Düğüm noktalarının dikiş yerlerinde boru en kesitleri yalnızca aksenel kuvvetleri değil, ayrıca ilave eğilmeyi de karşılarlar. Ancak böyle bir yüklemde taşıma gücünün azaltılması kesme kuvvetinin, boru çevresinin hangi kısımlarına iletilmiş olmasına da bağlıdır. Diyagonalin - (Dikmenin) - çapı ne kadar küçükse başlık eğilme mukavemetinin azalışı o kadar büyük olur.

Bu tesbitler a) ve b) şıklarına uygundur, genelde birlikte incelenirler. Bu noktalar, Resim 2-1. de gösterildiği şekilde düğüm noktasının tahribi söz konusu olduğu için çok önemlidir. Bu tahrip başlık en kesitinin kısmi şekil değiştirmesinden dolayı, küçük zorlamalarda aynı zamanda çekmeye çalışan diyagonallerin de kırılmasıyla sonuçlanır. Bu yüzden yalnız çekme diyagonallerinde veya bunlarla birlikte başlıkların yerlerinde kaynak dikişi zaruridir. Cidar kalınlıkları çok küçük boru bağlantılarında Resim 2-2 de gösterildiği şekilde arzu edilmeyen erken tahribat da ortaya çıkabilir.

Kafes giriş ara dikmelerin boru cidar kalınlıkları, bu çubukların düğüm noktalarında başlıkla ya da diğer elamanlarla bağlandığı kaynak dikiş kalınlıklarının belirlenmesiyle kesinlik kazanırlar. Düğüm noktaları levhali bağlantılarda bilinen köşe kaynağı kullanılır. DIN 4100 (5) ye göre köşe kaynağı kalınlığı - kaynak yapılan çelik konstrüksiyonlar için temel norm'a göre - en ince bağlantı parçasının kalınlığının 0,7'sinden daha büyük seçilmez. Genellikle başlık cidar kalınlığının ara dikmelerin cidar kalınlığından daha küçük olduğu durumlar nadirdir.

DIN 4115 (6) Norm'u hem köşe kaynağı hem de küt kaynağı için en küçük kalınlığın 2 mm. olması gerektiğini yazmaktadır. Buna karşın yeni DIN 4100 (5) Norm'u minimum küt dikişi kalınlığını sınırlandırmamıştır. Bu Norm'un, en yeni nüshasında bu hükümde düzeltilmiştir. Buna göre köşe kaynağın kalınlığı istisnaen, birleştirilen parçaların en ince sinin kalınlığında yapılabilir.

Bu konuların temini T.C. Millî Eğitim Bakanlığına yapılır.
T.C. Millî Eğitim Bakanlığına yazılmalıdır. Bu konuların temini T.C. Millî Eğitim Bakanlığına yapılır.



Resim 2-1. Alt başlığın erken kısmi şekil değiş-tirmesinden dolayı bir kafes kiriş düğüm noktasının tahribi.

Resim 2-2. Kısmi alt başlık cidarının erkenden çatlamasından dolayı düğüm noktası tahri-bi.

Bağlantıların yüksek bir mukavemetine ulaşılması için düğüm noktaları levhasız bağlantılarda köşe kaynağının uygulanması yeterli değildir. Bundan dolayı kafes kiriş ara çubukları, böyle düğüm noktalarında HV -küt kaynağı ile birleştirilmelidir. 2 mm.den 16 mm.ye kadar olan kalınlıklarda bu kaynak dikişleri kullanılabilir. Bu bölge boru konstrüksiyonlarında uygulama için tamamen yeterlidir. HV - Kaynak dikişinin tasarımında, düğüm noktalarında cidar kalınlığının 0,7' sinden daha kalın olamayacağı göz önüne alınmalıdır. Bir çok durumda bu isteği gerçekleştirmek zordur. DIN 4115 Norm'u, köşe kaynağı kalınlığının, en ince parçanın kalınlığına eşit inşa edildiği istisnai durumlara müsaade etmektedir. Bu yönetmelik öyle genişletilebilir ki, düğüm noktasında kafes kirişin ara çubukları ile başlık arasındaki küt dikişinin, diğer bir çubuktan ya da başlık cidar kalınlığından daha kalın olması gerekir. Ancak bu durumda, böyle kaynak dikişinin iyi kalite olduğunu garanti eden Norm, özel denemelerde mukavemetin periyodik kontrolünün gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bu denemelerin tanımı Bölüm 2.5.1.1'de verilmiştir. Küt kaynağının doğru uygulamasını garanti etmek için, tablo

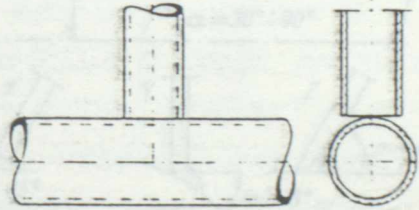
2.1'de işaret edilen aralıktaki bağlantı parçalarına riayet etmek gerekir. Bu aralık tüm boru çevresindeki hem kolay yaklaşılabılır yerlerde, hem de ilk kaynak tabakasının zor yapıldığı yerlerde kaynağın iyice içeri işlemesi için gereklidir. Bu yer başlıkla diyagonaller ya da kafes kiriş ara dikmeleri arasındaki keskin açılarda bulunur. Tablo 2.1'deki rakamlar 45° açılar için geçerlidir.

Tablo 2.1. 45° açı altında çubuk bağlantılarında HV - Kaynak dikişinin kök aralığı

Boru cidar kalınlığı (mm)	2,0 a kadar	2,5 ÷ 3,0	3,25 ÷ 4,25	4,25' in üzerinde.
kök aralığı (mm)	0	4,0	2,0	3,0

90° açılarda sınır değer 0' a eşittir. Bu aralık, çok küçük kaynak gerilmelerinde, aralığın küçük değerlerine uygun olduğu için, gerektiğinden daha büyük kabul edilemez. Boruların doğrudan birleşimlerinde ağırlık merkezinden geçen eksen çizgileri çakıştırılmalıdır. Resim 2.3'te ki çözüm hem köşe hem de küt kaynaklı bağlantılar da kabul edilemez.

Resim 2.3 Kabul edilmeyen boru bağlantısı



Yani doğru kaynak kalınlığına riayet etmek mümkün değildir. Bundan başka, uygun bir birleşimde ortaya çıkmaması gereken ilave eğilmelerde kaynak dikişi zorlanır. Kullanılan kaynak türü birleştirilen parçalara göre, yalnızca kalınlığın değil, birleşmelerdeki kuvvetinde etkisine bağlıdır. Genellikle sürekli (mütemadi) kaynak olarak küt kaynakları ve de köşe kaynakları yapılır. Birleşik kaynaklara da-küt ve köşe kaynak - rastlanır. Bu durumda birleştirilen

boruların çaplarının oranları hiç bir rol oynamadığı için küt kaynağının çok geniş uygulama alanı istenir. Ancak şunlara uyulması gerekir.

$$\text{Köşe dikişte } \frac{D}{d} > 3 ,$$

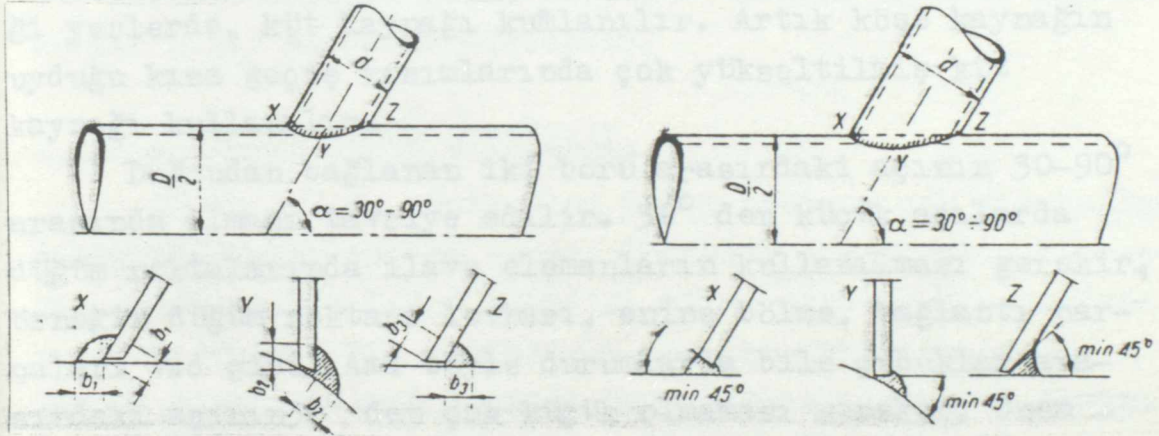
$$\text{Birleşik dikişlerde } \frac{D}{d} \leq 3$$

burada :

D = En büyük borunun dış çapı

d = En küçük borunun dış çapıdır.

Resim 2-4 te bir boru bağlantısının karakteristik üç noktasındaki üç köşe kaynağı en kesiti görülmektedir. Kaynak dikişinin hesap yoluyla elde edilen mukavemetinin tüm boyunda eşit olması amacıyla kaynak değişik boyutlarda yapılırlar. Böyle bağlantılarda uygulamada zor yaklaşılabılır kaynak dikişinden kaçınılmaz, ama bunlar birleşimin mukavemeti açısından arzu edilmez.

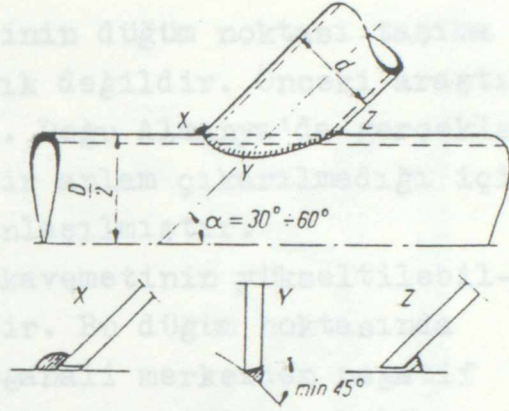


Resim 2.4 x, y, ve z noktalarında köşe kaynak en kesitleri

Resim 2.5 x, y, ve z noktalarındaki küt kaynak en kesiti

Resim 2.5' de bu üç karakteristik noktada küt kaynakların en kesitleri görülmektedir. Küt kaynağının yapılabilmesi için, birleştirilmiş çubukların düğüm noktaları çarpıtılmadır, bu çarpıklığın minimum açısı 45° dir.

Resim 2.6 x, y, ve z noktalarında birleşik kaynak dikişli (küt ve köşe kaynak) kesitler.



2.3. Birleştirilen parçalar arasındaki bu aralığın korunmasıyla yüksek mukavemetli bir birleştirme elde edilir ve kuvvetçizgisi ekseninden aşırı sapmalardan kaçınılır.

Resim 2.6'da eşit üç karakteristik nokta birleşik kaynak dikişlerinin (küt ve köşe kaynak) en kesitleri görülmektedir. Kaynak dikişi öyle şekildedir ki, dikişin yatay durumda uygulanabildiği kesite bir köşe kaynağı konulur ve kaynak pozisyonunun daha çok cidar konumuna benzediği yerlerde, küt kaynağı kullanılır. Artık köşe kaynağın uyduğu kısa geçiş kısımlarında çok yükseltilmiş küt kaynağı kullanılır.

Doğrudan bağlanan iki boru arasındaki açının 30° - 90° arasında olması tavsiye edilir. 30° den küçük açılarda düğüm noktalarında ilave elemanların kullanılması gerekir, örneğin düğüm noktası levhası, enine bölme, bağlantı parçaları v.d gibi. Ama böyle durumlarda bile çubuklar arasındaki açının 30° den çok küçük olmaması gerekir. Önem verilen nokta sadece kolay kaynak uygulaması değil, bilakis düğüm noktalarında kuvvet akışının çok büyük gerilme konsantrasyonundan ve böylece çubukların kesitlerinin ve düğüm noktasının aşırı zorlanmasından dolayı taşıma gücünün azalmaması gerektiğidir.

Düğüm noktasının konstrüktif çözümüne sadece tek tek kaynak dikişinin değil, bütünüyle düğüm noktası taşıma gücünün de büyük bir etkisi vardır. Kalite değerleri, kavramının da incelendiği Bölüm 2.5.1.1 de bu problem ayrın-

tıları ile işlenecektir.

Başlık gerilme değerlerinin düğüm noktası taşıma gücüne etkisi hala tamamen açık değildir. Önceki araştırmalar bu etkiye önem vermişti. Doğu Almanya'da gerçekleştirilen deneylerden, esaslı bir anlam çıkarılmadığı için bu etkiye dikkat edilmediği anlaşılmıştır.

Bu deneylerle, çubuk mukavemetinin yükseltilebilmesi tayin edilmek istenmiştir. Bu düğüm noktasında başlık üzerinde iki boru diyoganali merkezden negatif sapmayla kesiştirilmiştir. Böyle bir bağlantı bölüm 2.3.1' de tanımlanmıştır.

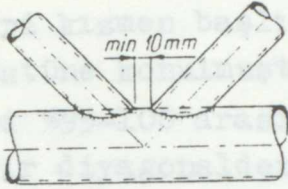
2.3 RİJİT BİRLEŞTİRMELER.

Rijit (çözülemeyen) birleştirmeler bilinen kaynakla yapılabilir. Biçimlerine bağlı olarak bir kaç guruba ayrılabilirler ; şöyle ki, düğüm noktası levhasız, düğüm noktası levhali, enine bölmeli, bağlantı parçalı, yuvarlak ve küt birleştirmeler. Başka birleşim türleri nadiren çıkar. Bunlar 2.3.7 de derlenmişlerdir.

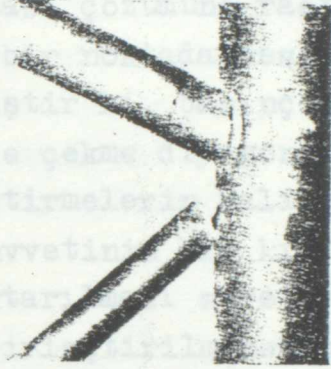
2.3.1 LEVHASIZ DÜĞÜM NOKTALARI.

Resim 2.7 de gösterilen düğüm noktası çok sık kullanılır. Bağlantı çubuğu eksenini (örneğin diyagonal), diyagonal cidarlarının temas etmediği enine eksenle bir noktada kesişir. Böyle düğüm noktasıyla yapılan araştırmalarda, basınç diyagonalleri altında boru başlıklarının aynı zamanda şekil değiştirmesinde çekme diyagonallerinin kaynak dikişinde kırılmalar olmuştur. (Resim 2.8) Böyle bir düğüm noktasının kalite değeri %80-85 arasındadır. Diyagonal aralığı, kaynak dikişinin doğru yapılmasına riayet edilmesiyle, yaklaşık 10 mm. olmalıdır. Bu aralığın büyütülmesi düğüm noktası çevresinde kesme diyagonal kuvvetinin başlığa dik bileşeni kuvvetinden dolayı ilave eğilmelerin yükselmesine sebebiyet verir.

Ama en iyi netice düğüm noktası bđlgeinde başlık cidar kalınlığının arttırılmasıyla elde edilir. (Resim 2.11) Ancak bunlar iyi bir konstrüktif çözümler değildir. Çubuklarla (Resim 2.12) deki gibi düğüm noktası oluşturulabilir. Bu durumda da borunun çubuk eksenleri doğru şekilde Boru bağlantı çubukları böyle işlenmiştir. Çubukların, rismen de çubukların birleştirilmesi için birleştirilmiştir. Böyle birleştirmeyle çubukların değeri arttırılır. Kesme kuvveti doğru şekilde uygulanır. Doğrudan başlık bđlgeinde

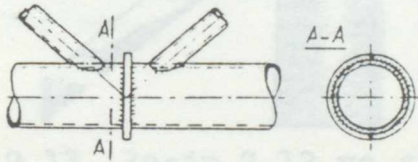


Resim 2.7 Kafes kiriş ara çubuklarının kesişmediği düğüm noktası

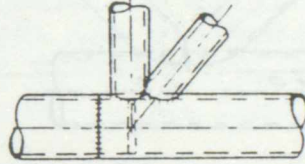


Resim 2.8 Resim 2.7 ye göre (12) kafes kiriş düğüm noktasının tahribi.

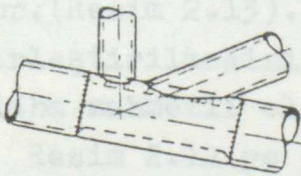
Düğüm noktası rijitliğinin yükseltilmesi ya dıştan bir başlık kuşağı (Resim 2.9) ya da borunun içindeki bir enine bölmenin (Resim 2.10) yardımı ile olur.



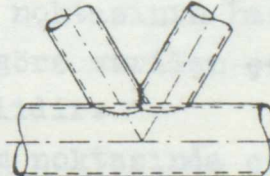
Resim 2.9 Resim 2.7 ye göre diyalagonal aralığı yeteri kadar büyükse düğüm noktasının rijitliğinin arttırılması



Resim 2.10 Resim 2.7 ye göre düğüm noktası rijitliğinin arttırılmasının başka bir türü.

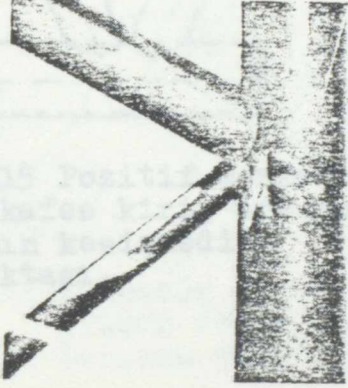


Resim 2.11 Resim 2.7 ye göre düğüm noktasının uygun rijitlik arttırılması.

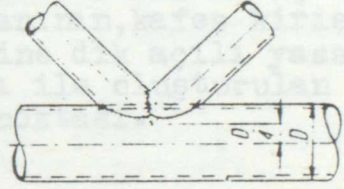


Resim 2.12 Kafes kiriş ara çubuklarının kesiştiği düğüm noktası.

Ama en iyi netice düğüm noktası bölgesinde başlık cidar kalınlığının arttırılmasıyla elde edilir. (Resim 2.11) Ancak bunlar iyi bir konstrüktif çözüm değildir. Çoğunlukla (Resim 2.12) deki gibi düğüm noktası çözümüne rastlanır. Bu durumda da bütün çubuk eksenleri bir noktada kesiştirilir. Boru bağlantı çubukları öyle işlenmiştir ki, basınç diyagonalleri kısmen başlıkların, kısmen de çekme diyagonallerinin üstüne konulmuştur. Böyle birleştirmelerin kalite değeri %95-100 arasındadır. Kesme kuvvetinin bir kısmı doğrudan bir diyagonalden başka birine aktarılması suretiyle düzeltme yapılır. Doğrudan başlığa birleştirilmemesinde sadece önemsiz bir ilave gerilme meydana gelir.



Resim 2.13 Resim 2.12 ye göre yapılmış (12) kafes giriş düğüm noktasının tahriri.

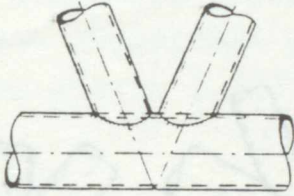


Resim 2.14 Kafes giriş ara çubuklarının merkezden negatif sapmayla kesiştiği düğüm noktası.

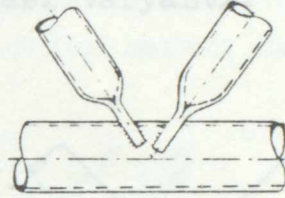
Bu düğüm noktalarıyla yapılan denemelerde kırılmalar kaynak bağlantılarında değil çekme diyagonalinin malzemesinde olmuştur. (Resim 2.13). Ancak bu düğüm noktasının hazırlanması ve birleştirilmesinin Resim 2.7 ye göre verilen çözümdekinden daha zahmetli olduğu belirtilmelidir.

Resim 2.12 ye göre çözüm düğüm noktasında çubuk eğiminden ve çapların oranlarından bağımsız olarak uygulanabildiği için, Batı Almanya'da Resim 2.14'e göre çözüm tavsiye edilir. Resim 2.14'teki çözümde boru başlık çapının büyüklüğünün $1/4$ i kadar merkezden negatif sapma olacak biçimde

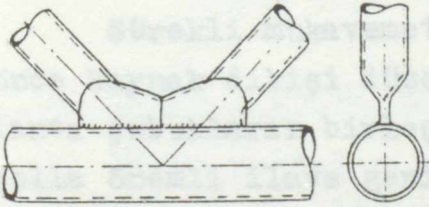
planlanır. Böylelikle düğüm noktasının kaliteli değerini %100'e ulaşması sağlanır. Kesme kuvvetinin yalnızca önemsiz bir kısmı diyagonallerden başlıklara aktarılır. Kesme kuvvetinin moment etkisinden dolayı başlık borusunun ilave eğilmesi, bitişik boru kesitindeki çok küçük aksenal kuvvetten dolayı moment etkisinin karşılamasıyla dengelenir. Diyagonalin başlık içine girmesinden kaçınmak amacıyla Resim 2.15'e göre pozitif merkezden sapmayla yapılan çözüm tamamen yanlıştır.



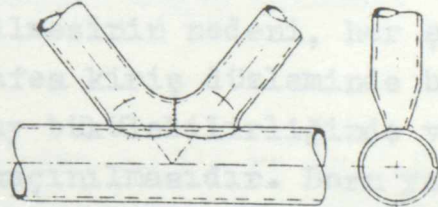
Resim 2.15 Pozitif merkezden sapmada kafes kiriş ara çubuklarının kesişmediği düğüm noktası.



Resim 2.16 Kafes kiriş ara çubuklarının, kafes kiriş düzlemine dik açılı yassıtılması ile oluşturulan düğüm noktası.



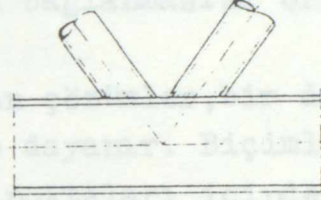
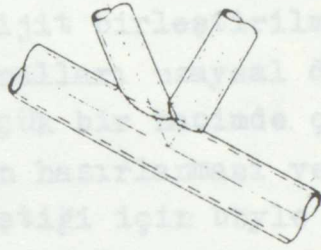
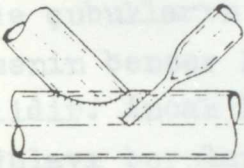
Resim 2.17 Kafes kiriş düzleminde yassıtılmış çubuklu düğüm noktası.



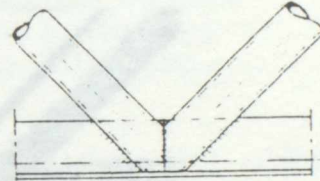
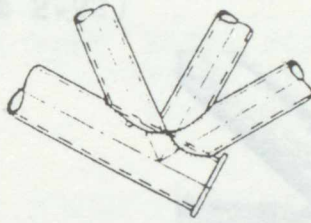
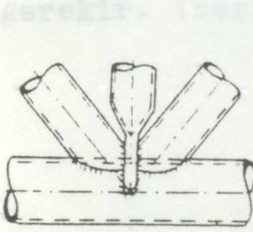
Resim 2.18 Kafes kiriş ara çubuklarının kısmen yassıtıldığı düğüm noktası.

Bu düğüm noktasının kalite değeri, Sadece %70-75 arasındadır. yani, Tüm levhasız boru düğüm noktaları çözümlerinden çok küçüktür. Düzeltme, düğüm noktası çevresinde başlık boru cidar kalınlığının arttırılmasıyla yapılabilir; Resim 2.11 de olduğu gibi.

Resim 2.16' da Çekoslovakya'da önerilen çözüm gösterilmiştir, ki orada diyagonallerin içiçe girmesinden kaçınılmıştır. Bağlantı çubuklarının boruları kafes giriş düzlemine dik düzlemde yassıltılmışlardır. Yapılan deneylerden sonra, özellikle dinamik etkiye maruz kısımlar için bu çözümler benimsenmiştir.



Resim 2.20 Başlığı I profi-
linden yapılmış düğüm
noktası varyantı.



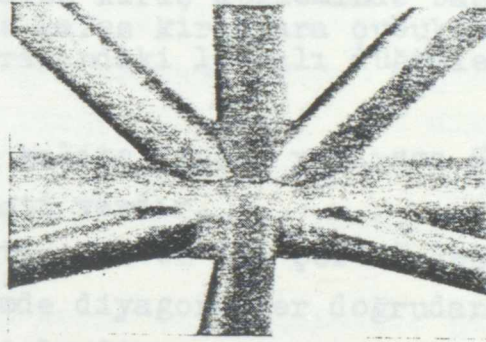
Resim 2.19 Yalnızca borulardan
oluşan düğüm nokta-
larının varyantları

Resim 2.21 Başlığı T profi-
linden yapılmış düğüm
noktası varyantı.

Sürekli mukavemetin yükseltilmesinin nedeni, her şeyden önce kaynak dikişi düzeninde ve kafes giriş düzleminde bağlantı çubuklarının birleşiminin kolay bükülebilirliğinde ve bu yolla önemli ilave gerilmelerden kaçınılmasıdır. Boru yerleştirilmesinin güç olduğu böyle bir açı altında, diyagonallerin karşılıklı eğimi verilirse, borular kafes giriş düzleminde Resim 2.17'ye uygun şekilde yassıltılır. Tamamen yassıltma düğüm noktasının mukavemeti yönünden azalmasına yol açar. Bundan dolayı Resim 2.18'deki gibi kısmen yassıltma tavsiye edilir? Preste gerçekleştirilen yassıltma sayesinde uzaysal eğrilerin karışık kesitlerinden kaçınılmıştır. Bu çözüm için düğüm noktasının kalite değeri %100 dür. Kırılma çekme diyagonalinin malzemesinde gerçekleşir.

Yukarıda gösterilen örnekler, düğüm noktası levhasız rijit boru çubuk bağlantılarının biçimlerinin ana kuralını açıklamaktadır. Bu kurala dayanılarak kafes giriş düğüm noktasının bir dizi değişik örneği inşa edilebilir. (2.19) Resim 2.20 ve 2.21'de düğüm noktalarında başlıklara, diğer hadde profillerinden yapılmış boruların direkt bağlanmasına örnek gösterilmiştir.

Resim 2.7 den 2.21' e kadar olan çözümler, bir düzlemde çubukların rijit birleştirilmesine dayanır. Biçimlendirmenin benzer kuralları uzaysal düğüm noktaları içinde geçerlidir. Ancak küçük bir hacimde çok büyük yığılmalardan dolayı boruların hazırlanması ve kaynak dikişinin doğru konulması güçleştiği için böyle çözümlerden kaçınılması gerekir. (Resim 2.22)

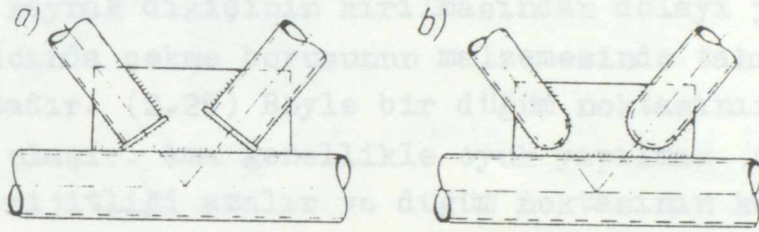


Resim 2.22 Levhasız, uzaysal düğüm noktası.

2.3.2 Levhalı Düğüm Noktaları.

Düğüm noktaları çoğunlukla Resim 2.23'a ya da 2.23 b'ye göre kullanılır. Başlık eksenini ile birleştirilen çubukların eksenini (örneğin diyagonallerin) bir noktada kesişir. Ama burada diyagonallerin boruları karşılıklı birbiri içine girmez. Diyagonalden gelen kuvvetler düğüm noktası levhası üzerinden başlıklara aktarılır. Düğüm noktası levhasının bu tarzı profillerde on yıldan daha fazladan beri denenmektedir, öyle ki bu çözüm hatasız sayılabilir. Böyle düğüm noktalarıyla yapılan deneylerde çekme diyagonal borusundan levhaya geçişte kırılma başlar.

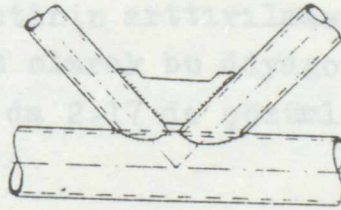
Bu düğüm noktasının kalite değeri % 95 tir. Gösterilen bu çözümler arasındaki fark uçlarda boruların birleştiği yerdir. Presin kullanılmasının gerekli kılındığı Resim 2.23 b'ye göre birleştirmede, çok küçük bir düğüm noktası levhası alınır. Eskiden boru yapı konstrüksiyonlarında; başlığın yarıldığı, bu yarığa levha yerleştirildiği ve köşe kaynakla kaynak yapıldığı bir çözüm bulunabilmişti.



Resim 2.23 Kafes kiriş düzleminde başlık ve kafes kiriş ara çubukları arasındaki levhali düğümler.

Böyle bir çözümün kalite değeri yalnızca %85 olduğu için, küçük bir mukavemeti vardır.

Levhali düğüm noktasının en iyi çözümü Resim 2.24'te gösterilmiştir. Bu çözümde diyagonaller doğrudan doğruya başlıklara birleştirilmişlerdir.



Resim 2.24 Kafes kiriş ara çubukları arasındaki trapez levhali düğüm noktaları.

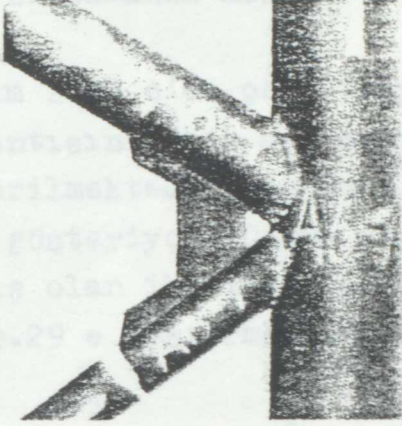
Başlık borusuna gelen kesme kuvveti yükünü azaltmak ve böylece düğüm noktası taşıma gücünü yükseltmek için, diyagonaller arasına trapez benzeri ilave bir düğüm noktası levhası yerleştirilmiştir. Kaynak dikişinin yığılmalarından kaçınmak için, ilave levha başlığa değil, bilakis sadece diyagonallere kaynatılır. Levhanın biçimi kuvvet çizgisine intibak ettirilirse ve levhanın üst kenarı oyuk bırakılırsa o zaman yüksek taşıma gücüne ulaşabilir. Deneyde, çekme diyagonalinde kaynak dikişinin kırılmasından dolayı ya da levha başlangıcında çekme borusunun malzemesinde tahribat ortaya çıkmaktadır. (2.25) Böyle bir düğüm noktasının kalite değeri %100'e ulaşır. Ama genellikle oyuk yapılmaz C zaman düğüm noktası rijitliği azalır ve düğüm noktasının kalite değeri yalnızca %90-95 arasındadır.

Başlıklara dayanan diyagonallerin büyük eğim açılarındaki Resim 2.26'ya göre düğüm noktası çözümü uygulanır. Levha, başlıklar üzerine kafes kiriş düzlemine göre dik açılı yerleştirilir. Diyagonaller kısmen başlıklara kısmen düğüm noktası levhasına kaynatılır. Bu düğüm noktasının kalite değeri % 95 tir.

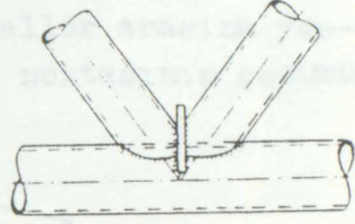
2.23 a'dan 2.26'ya kadar olan resimlere göre çözümlerin biçimlendirme kuralı, daha fazla diyagonalin birleştirilmesinde de geçerlidir. Buna göre Resim 2.27 deki 3 örnek yapılmıştır. Diyagonal boruları birbirinden oldukça uzak duruyorlarsa (Resim 2.28), trapez benzeri (düğüm noktası) levha, düğüm noktası mukavemetinin arttırılmasına da yarar; gerçi yardımcı (yedek) çözüm olarak bu diyagonal boruları için Resim 2.9 , 2.11 , ya da 2.17 de çözümler gösterilmişti.

(yedek) çözüm.

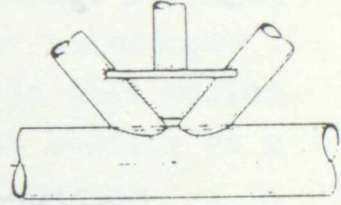
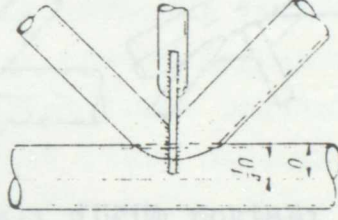
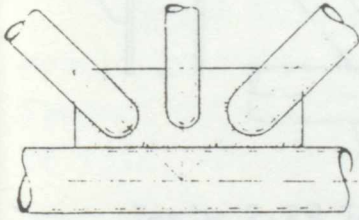
Diger resimlerde levhali düğüm noktalarından bir dişi örnek gösteriliyor. Resim 2.29'a göre gövdeli bir mesnette bir kafes kirişin mesnet düğüm noktasını göstermektedir. Resim 2.29 b'de büyük açıklıklı bir kemerin mesnet düğüm noktasının bir örneği gösterilmektedir. Üst başlık borusunun



Resim 2.25 Resim 2.24'e göre bir kafes kiriş düğüm noktasının tahribi(12)

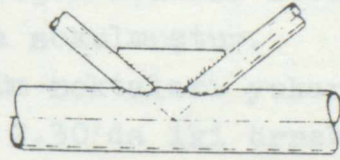


Resim 2.26 kafes kiriş örgü çubukları ile başlık arasında kafes kiriş düzlemine göre dik levhası bulunan düğüm noktası.



Resim 27 Çeşitli düğüm noktaları

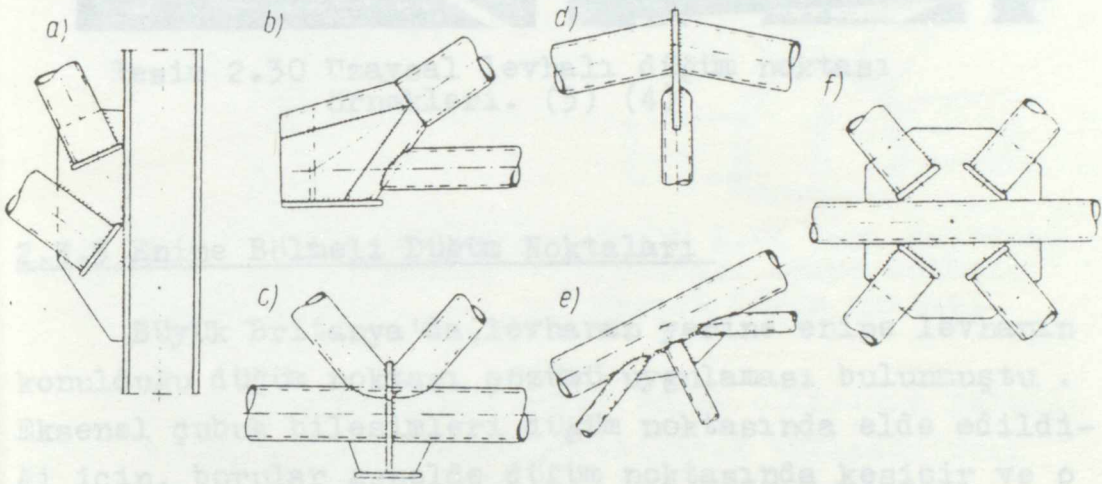
Resim 28 Resim 2.11'e göre düğüm noktası için yardımcı (yedek) çözüm.



Diğer resimlerde levhalı düğüm noktalarından bir dizi örnek gösteriliyor. Resim 2.29'a dolu gövdeli bir mesnette bir kafes kirişin mesnet düğüm noktasını göstermektedir. Resim 2.29 b'de büyük açıklıklı bir kemerin mesnet düğüm noktasının bir örneği gösterilmektedir. Üst başlık borusunun

kesilmiş yarısı arasına iki düğüm noktası levhası konulmuştur, aynı zamanda mesnet tepkisi enine bölmeyle aktarılır.

Resim 2.29 c'de çok yüzeyli kafes kiriş türündeki çatı bağlantısının bir ara mesnetinin düğüm noktası çözümlü gösterilmektedir. Resim 2.29 d bir çatı bağlantısının mahyasını gösteriyor. Dikme ve diyagonaller arasına yerleştirilmiş olan iki levhali bir düğüm noktasının çözümü Resim 2.29 e göstermektedir.



Resim 2.29 Levhali düğüm noktası örnekleri.
(açıklama metinde)

Resim 2.29 f'de 380 m.yüksekliğindeki bir televizyon direğinin ana kafes kirişinde diyagonaller ve dikmelerin bir düğüm noktası görülmektedir. Bu düğüm noktası levhası dikmelerin kesilmiş yarıkları arasına sokulmuştur.

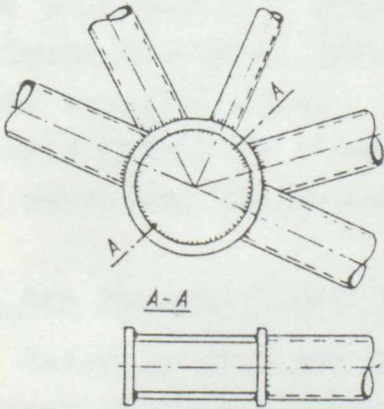
Uzaysal konstrüksiyonların düğüm noktaları yukarıda görüşülene benzer inşa edilir. Resim 2.30'da iki örnek gösterilmiştir.



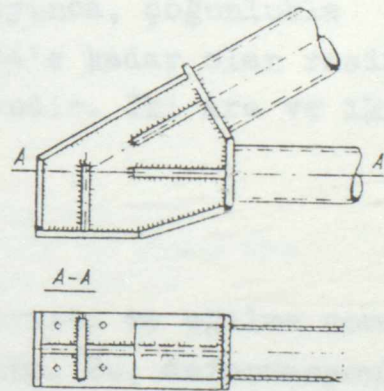
Resim 2.30 Uzaysal levhali düğüm noktası örnekleri. (3) (4)

2.3.3 Enine Bölmeli Düğüm Noktaları

Büyük Britanya'da, levhanın yerine enine levhanın konulduğu düğüm noktası çözümü uygulanması bulunmuştur. Aksenal çubuk bileşimleri düğüm noktasında elde edildiği için, borular genelde düğüm noktasında kesişir ve o noktaya yassı levhadan bir enine bölme konulur.



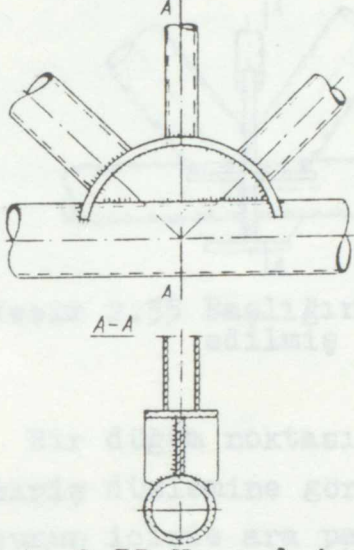
Resim 2.31 Dairesel şekilde enine bölmeli ara düğüm noktası.



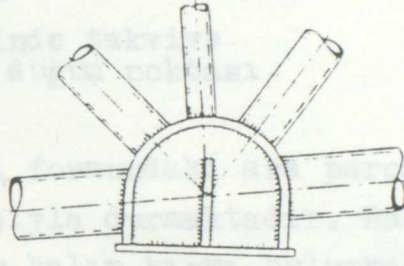
Resim 2.32 Çok kenarlı enine bölmeli mesnet düğüm noktası.

Çok büyük kuvvetler ve çok büyük çaplarda bölmenin en kesiti I ya da kutu şeklinde olabilir. Enine bölmenin

ara düğüm noktalarında alışıl gelmiş bir daire formu ve mesnet düğüm noktalarında çoğunlukla simetrik olmayan çok kenarlı biçimi vardır.



Resim 2.33 Yarı dairesel formdaki enine bölmeli ara düğüm noktası.

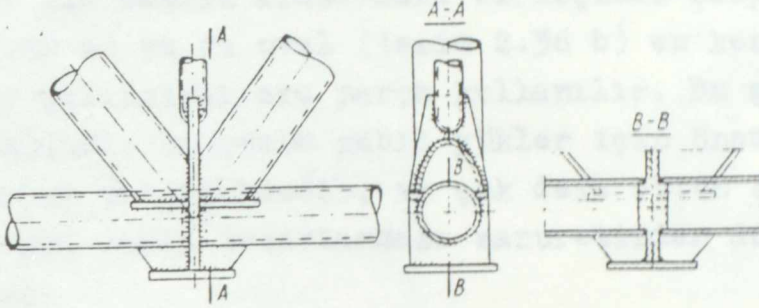


Resim 2.34 Yarı dairesel formdaki enine bölmeli mesnet düğüm noktası.

Borulara kaynatılan enine bölme cidarınının yeterli ölçüde dikkate değer yerel kuvvetlerin taşınabilmesi için kalın levhadan yapılması gerekir. Büyük olmayan dairesel formdaki gövde kuşaksız bölmenin deforme olmasına sağlamalıdır. Buna karşı çok kenarlı bölme, büyük kuvvetlerin taşındığı çubuk eksenini boyunca, çoğunlukla kuşakla takviye edilir. 2.31'den 2.34'e kadar olan resimler böyle çözümlere örnek göstermektedir. İki ara ve iki düğüm noktasını göstermektedir.

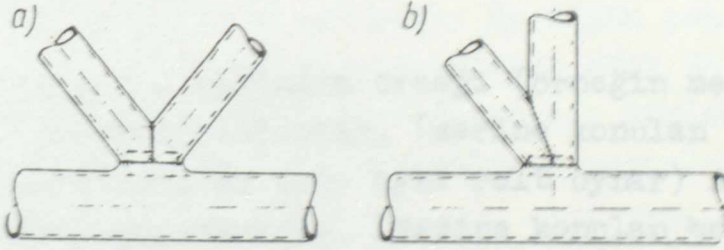
2.3.4 Ara Parçalı Düğüm Noktaları.

Daire kesitli borular kesme kuvveti ve eğilme momenti etkisi altında eliptik deforme olur. Bu, deformasyonla ilava merkezi gerilmelerin sebep olduğu Kármán -Etkisini göstermektedir. Düğüm noktalarındaki en büyük kesme kuvvetleri etkisinde, çeşitli türde ara parçaların uygulandığı çözümler bulunmuştur. Resim 2.35' te gösterilen çok yüzeyli bir kafes kirişin mesnet düğüm noktası örneği teşkil edilmiştir.



Resim 2.35 Başlığın çevresinde takviye edilmiş levhali düğüm noktası.

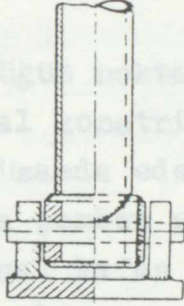
Bir düğüm noktası levhası formundaki ara parça, kafes kiriş düzlemine göre dik açıyla durmaktadır. Başlık borusunun içinde ara parçasının kalın kısmı bulunmaktadır. Boru cidarı yassıltılır. ve B-B en kesitinden görüldüğü gibi bir 1/2 V alın kaynağı konulur.



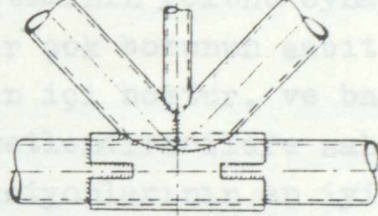
Resim 2.36 Silindirik ara levhali düğüm noktaları. a) eliptik en kesitten b) yumurta şeklindeki (oval) en kesitten.

Kuvvetli dinamik yüklü kafes kiriş için tavsiye edilen ara parçalı çözümler Resim 2.36'da gösterilmiştir. Diyagonal eksenini başlık eksenine eksantrik kesişir ki orada eksantriklik başlık yarı çapını biraz geçmektedir. Düğüm noktasında, başlık borusunun, kenarlarının kıvrıldığı açık bir deliği vardır.

Aynı çaplardaki diyagonal ve dikmelerin kenarları kıvrılmış ve birbirleriyle küt kaynak yapılmıştır. Örgü çubukları ile başlık arasındaki birleşimde eliptik (Resim 2.36 a) ya da oval (Resim 2.36 b) en kesitindeki ilave bir silindirik ara parça kullanılır. Bu çözümün patenti alındı. Bu çözüm sabit yükler için önemli olmayan yararlar getirmektedir, ve çok defa bütün örgü çubuklarının aynı çaplı tasarlanması zaruretinden dolayı zararlıdır.



Resim 2.37 Bir mafsal rolü oynayan ara levhali düğüm noktası.

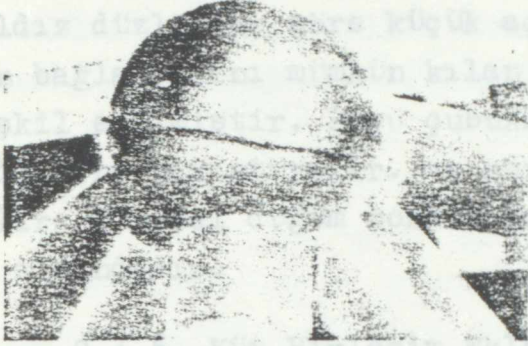


Resim 2.38 Lase'li düğüm noktası

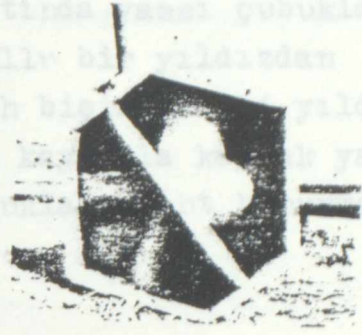
Bir mafsallı birleşim örneği (örneğin mesnette) Resim 2.37'de gösterilmiştir. Üzerine konulan boru parçası (bu bir ara parçası gibi aynı rolü oynar) Resim 2.38'deki çözümde kullanılmıştı. Üzerine konulan boru parçasının iç çapı, dıştaki başlık çaplarından çok daha büyük değildir. Üstüne konulan boru parçasının cidar kalınlığı gerekli düğüm noktası rijitliğine uygun seçilir.

2.3.5 Küresel Düğüm Noktaları.

Özellikle çubukların bir çok düzlemde kesiştiği düğüm noktası için önemli bir biçimlendirme elamanı olarak, küresel ya da küre benzeri cisimler teşkil edilir.



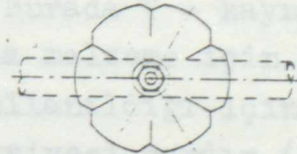
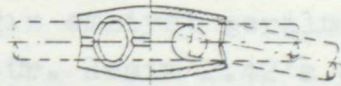
Resim 2.39 Küreli düğüm noktası.



Resim 2.40 Düzensiz bağlantı gövdeli düğüm noktası.

Onlar bir düğüm noktası levhası sisteminin rolünü oynarlar.

Uzaysal konstrüksiyonlarda bir çok borunun sabit bir birleşime müsaade ederler. Kürelerin içi boştur, ve bazen iç tarafında çember şeklindeki kuvvetlendiricilere sahiptirler. Uzaysal kafes giriş konstrüksiyonlarının en iyi ve en ekonomik elamanını teşkil ederler. Resim 2.39, düğüm noktasında birleştirme elamanı olarak bir küre örneği göstermektedir. Resim 2.40 düzensiz bir cisim şeklindeki birleştirme elamanını gösteriyor. Bu düğüm noktasında, birincisinde altı çubuk ve birincisine göre 90° den daha az bir açı altında eğimli olan diğer bir düzlemde üç çubuk kesişmektedirler. Bu birleştirme parçaları gemi direklerinde uygulandı.



Resim 2.41 Du Cha-teau - sistemine göre bağlantı parçaları olan düğüm noktası.

Resim 2.41 e göre düğüm noktası uygulaması kubbelerde bulunmuştur. Çelikten dökülmüş bu bağlantı parçası, yıldız düzlemine göre küçük açılar altında yassı çubukların bağlantısını mümkün kılan altı kollu bir yıldızdan teşkil edilmiştir. Boru çubuklar külah biçiminde ki yıldız kollarına sıkıştırılır. ve sonra köşe kaynakla kaynak yapılırlar. Küresel düğüm noktaları çoğunlukla patent korunması altındadır.

2.3.6. Küt Birleşim Ekleri.

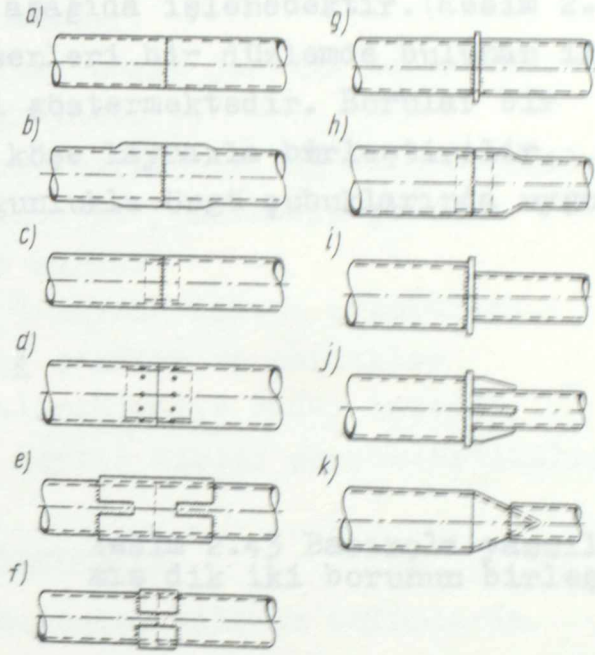
Resim 2.42'de gösterilen birleşim türlerinden birine göre küt birleşim eki yapılır. Çözümün seçiminde şu hususlar gözönüne alınmalıdır: Kaynak dikişlerinde gerilmenin büyüklüğü, kaynak yapımının kolaylığı ve bazen de kuvvet çizgisinden sapmalar.

Yük altında, küt kaynak dikişin emniyet gerilmeleri esas malzemeninkine eşit olduğu için, birleşimde daima, boru taşıma gücünün tamamından yararlanmak mümkündür. Buna karşın kaynak dikişinde ve esas malzemedeki çekme emniyet gerilmeleri St 37 çeliği için % 17 ve 52 çeliği için %30'u kadar farklı olabilir. O zaman kaynak dikişinde en kesitin uygun bir takviyesi gereklidir. İki borunun birleşiminde yalnızca, ilave gerilmelerden daha küçük normal gerilmelerin bulunduğu böyle çubuklarda köşe kaynağı kullanılabilir. En büyük köşe kaynağı kesiti boru en kesitinden daha küçüktür, ayrıca köşe kaynağın emniyet gerilmesi esas malzemeninkinden daha küçüktür. Resim 2.42'a da iki borunun küt birleşimi görülüyor. Burada V - kaynak dikişi kullanılmıştır. Çekme zorlamasında malzeme için köşe kaynağı hem içte hemde dışta aynı kullanıldığı için, borunun sıcak hâde de imal edilmiş bir takviyesi vardır. (Resim 2.42b) Hatasız bir kaynak dikişi, özellikle büyük cidar kalınlıklarında kesinlikle çelikten ya da seramikten desteğin kullanılması ile yapılır. (Resim 2.42.c).

Çekmeye maruz birleşimde boruyla kaynak dikişi arasındaki taşıma gücü farkını dengelemek için ilave çelik destekler kullanılabilir. (Resim 2.42 d), burada boru çevresinde nokta kaynakları uygulanır.

Yukarıda tanımlanan çözümlerin yanında, genelde özel uygulamalarda kullanılan diğer bir çok çeşide bulunabilir. Onlardan bir kaçını aşağıda işlenecektir. (Resim 2.43) dik açıyla kesilen ve ekseriyetle çelik boruların birleştirilmesini göstermektedir. Bu tür birleşimlerde yan ve alt köşelerde destekler kullanılır ve bu destekler boru eksenine paralel olarak yerleştirilir. Böylelikle noktasal yükler ortadan kalkar ve birleşim bölgesinde gerilmeler düşer.

Resim 2.42 Küt birleştirmeler. (açıklama metinde)

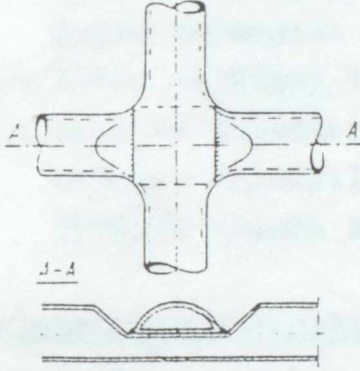


Resim 2.42.e de gösterilen çözümde, büyük çaplı boru laşelerle boru çubukları birleştiren köşe kaynağı kullanılır. Köşe kaynağın taşıma gücü, yarılmış lasede ilaveten yan dikişler yapılmasıyla arttırılır. Resim 2.42 f te kemer biçiminde iki lase ile kuvvetlendirilmiş küt kaynaklı bir küt birleşim gösterilmektedir. Laşeler yan ve alt köşe kaynak dikişleri yardımıyla borulara kaynatılır. Enine levhalı birleşimlerde (Resim 2.43.g) küt ya da köşe kaynağı uygulanabilir. 2.42 h'dan k' ya kadar olan resimlerde farklı çapta iki borunun küt birleşiminin bir kaç örneği ortaya konulmuştur. Daha büyük çaptan daha küçüküne geçiş ek parçalarla ya konik şekilde sivriltilme ile veya haç birleşim olarak sağlar. (Şekil 2.42 i)

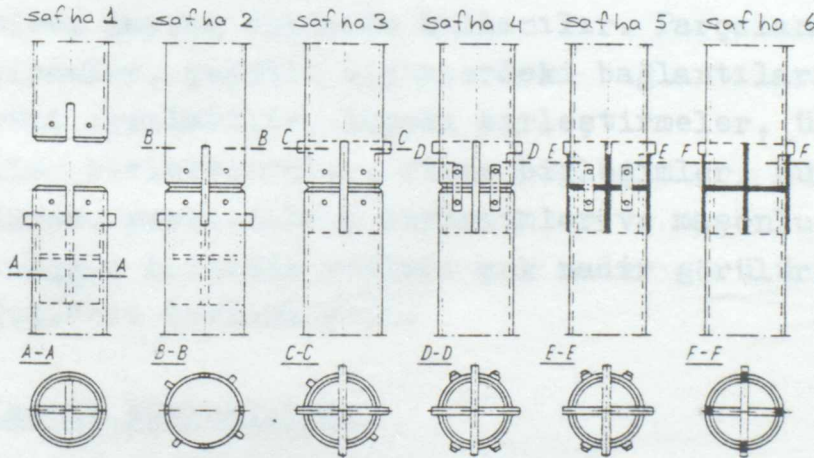
Büyük çekme zorlamalarında haç levhanın katlanmasıyla tahrip olabileceği için haç birleşimler uygulanmaz.

2.3.7 Diğer Rijit Birleştirme Türleri.

Yukarıda tanımlanan çözümlerin yanında, genelde özel uygulamalarda kullanılan diğer bir çok çözümde bulunulabilir. Onlardan bir kaçı aşağıda işlenecektir. (Resim 2.43) dik açıyla kesişen ve eksenleri bir düzlemde bulunan iki borunun birleştirilmesini göstermektedir. Borular bir tarafında yassıltılır ve köşe kaynakla birleştirilir. Böyle düğüm noktaları çoğunlukla örgü çubuklarında uygulanır.



Resim 2.43 Basınçla yassıltılmış dik iki borunun birleşimi



Resim 2.44 Wilenko-Sistemi (14)'ne göre kaynaklı montajlar.

Önceki bölümlerde genelde boru yapı atölyelerinde yapılan rijit (parçalara ayrılmayan) birleştirmeler isten-

mişti. Resim 2.44 ten montaj işinde rijit birleşimin her bir safhası görülüyor.

- 1- safha : Çubuklar her birinde dört uzunca yarıkla kullanılır, boru içindeki sürgü kısmının çentikleri birbiri içine geçirilir.
- 2- safha : Borular üst üste konulur ve dört germe civatasıyla donatılır.
- 3- safha : Boruların içindeki sürgü çentiği kaldırılır ve nokta kaynağı yapılır.
- 4- safha : Borular laşelerle birleştirilir ve somunlarla donatılır. Bu, montajda yukarıdaki çubuğun doğru durmasını sağlar.
- 5- safha : Yatay ve düşey V-kaynak dikişi uygulanır.
- 6- safha : Laşe ve bulonlar sökülür ve çentikler ortadan kaldırılır. Şimdiye kadar laşeyle örtülen alanda kaynak dikişi gerçekleştirilir.

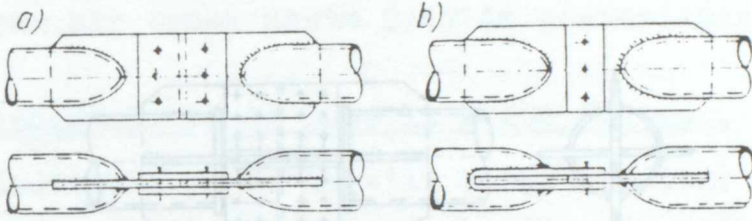
2.4 Parçalanabilir Birleştirmeler.

Parçalanabilir birleştirmeler bilinen bulonlarla yapılır. Bu birleştirmelerde sadece ayrı ayrı kısımları birleştiren kaynak dikişide kullanılır. Parçalanabilir birleştirmeler, çeşitli biçimlerdeki bağlantıların bir kaç türüne ayrılabilir. Laşeli birleştirmeler, üst üste bindirilen birleştirmeler, flanş birleşimler, küresel birleşimler, yassılanmış birleşimler ve maşonlu birleşimler. Diğer birleşim türleri çok nadir görülür. Onlar 2.4.7'de derlenmiştir.

2.4.1 Laşeli Birleşimler.

Aşağıda gösterilen birleşimler aksenal çekme ya da basınç kuvvetlerinin aktarılmasına yarar. Buna çubukların da büyük çaplarda bile haç en kesitlerin birleştirilmesinde gerekli olan bükülme emniyetine riayet edilmesiyle, yeterli bir büyüklükteki atalet yarıçapına erişmek mümkündür.

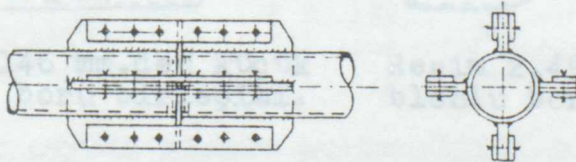
Küçük boru çaplarında yassı bir birleşim kullanılırsa, bükülme etkisi dikkate alınmadığı için, onu çubuk ucunun yakınlarına koymak daha iyidir. Konstrüksiyon elamanı olarak boru bir eğilme momentinin aktarılmasına elverişli olmadığı için uygun birleşim konuşulamaz.



Resim 2.45 95 mm.den küçük çaplı boruların birleşimi. (açıklama metinde)

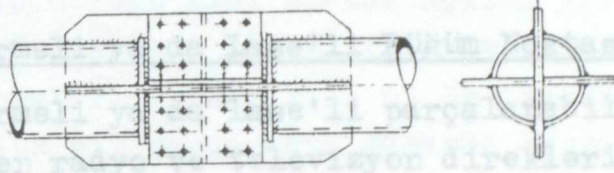
Resim 2.45 a' da 95 mm.den daha küçük çaptaki iki borunun birleşimi görülmüyor. Her borunun bir düğüm noktası levhası vardır. Parçalanabilir birleştirme çift eksen ve blon vasıtasıyla yapılır. Levha ve laşe en kesiti ve blonların büyüklükleri çubuk vasıtasıyla taşınan kuvvete göre seçilir. Resim 2.45 b'ye göre birleştirmede blon sayısı yarı yarıya azaltılabilir. İki blon yüzeyi kazanmak için, arada bir düğüm noktası levhası bükülmüştür. Ama montaj bu durumda biraz zorlaşır.

Resim 2.46' da 146 mm.den daha küçük çaptaki iki borunun birleşimi gösterilmiştir. Her borunun, yüzeylerinin birbirine göre dik kaldığı dört düğüm noktası levhası vardır.



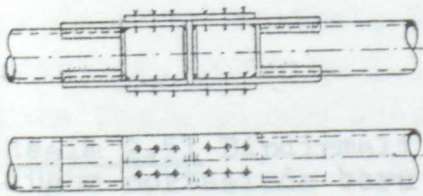
Resim 2.46 146 mm.den küçük çaplardaki boruların birleşimi. Her borunun, kaynak ya da kaynakla birleştirilmesi için düğüm noktası levhası

Birleştirme, her düğüm noktası levhasının iki tarafından laşelenmesi ve blonlanmasıyla meydana gelir. Bu, basınç çubuklarının birleşimi için çok iyi bir çözümdür. 152 mm.den daha büyük çaplardaki borularda Resim 2.47'ye göre borunun kullanılmasıyla daha uygun bir kuvvet dağılımı elde edilir.

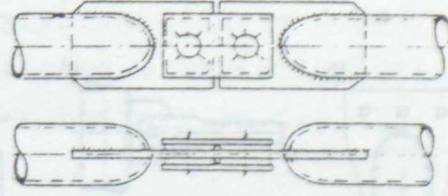


Resim 2.47 152 mm.den büyük çaplardaki boruların birleşimi.

Haç şeklindeki bağlantı elamanları borulara kaynaklanmış sekiz laşeye kaplanmış ve blonlarla birleştirilmiştir. Bu birleştirme uzun olmayan laşeye büyük bir sayıda blon yerleştirmeye müsaade eder. Bunun yanında 2.46'ya göre birleştirmede kaynak dikişine etki eden eğilme momentide karşılanır. Ancak boru cidarlarında kertiklerin açılmasını ve daha fazla kaynak işini gerektirdiği için bu birleşim daha pahalıdır. (yaklaşık 1,5 kat)



Resim 2.48 146 mm.den küçük çaptaki bir boru birleşimi.



Resim 2.49 Ön gerilmiş blonlu boru birleşimi.

Resim 2.48'de 146 mm.den daha küçük çaplardaki boruların birleşimine bir çözüm örneği gösterilmiştir. Her borunun, kaynak yapılmış paralel iki düğüm noktası levhası

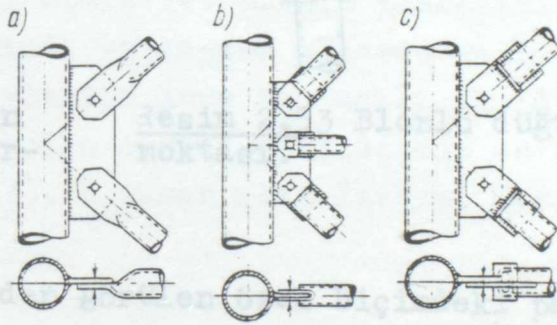
vardır. Levha bir taraftan laşeyle kaplanmıştır. Ancak burada blonlar, tavsiye edilmemesine rağmen tek tesirli-
dirler.

Kaynak dikişi sayısını iki katına çıkaran "destek" in yardımıyla boru dış yüzeylerine düz levhanın bağlantısı gerçekleştiği için kaynak kalınlığıda büyüktür. Boru birleşimi büyük çaptaki HV-Blonu yardımıyla da yapılabilir. bunun için bir rnek Resim 2.49'da gösterilmiştir.

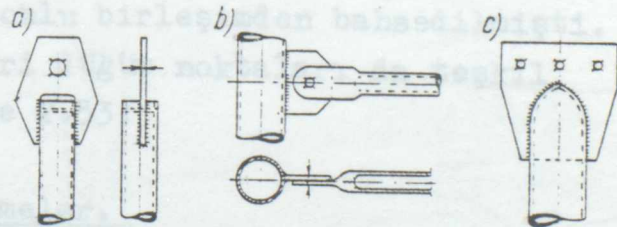
2.4.2 Bindirmeli ya da Lase'li Düğüm Noktası.

Bindirmeli ya da lase'li parçalanabilir birleştirmeler bilinen radyo ve televizyon direklerinde, yüksek gerilim iletim direklerinde ve benzeri kule konstrüksiyonlarında bulunur. Bu konstrüksiyonlarda diyagonal ve dikmeler -bağlantı kısımlarının sayısının azaltılması amacıyla -sadece büyük çaplı bir blonla birleştirilirler.

Resim 2.50 Bindirmeli ya da laseli düğüm noktası. (açıklama metinde)



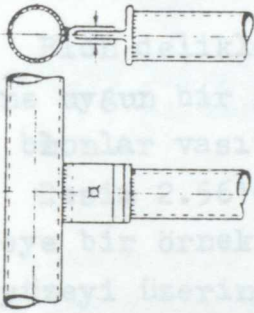
Resim 2.51 Bindirmeli düğüm noktasında boru bağlantı türleri. (açıklama metinde)



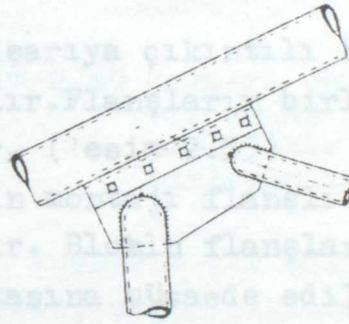
Büyük sayıda blonun kullanıldığı birleştirmeler nadiren bulunur. İkiye katlanmış blonlandırılmış düğüm noktası elamanlarının birleşimi üstüste bindirmeye veya

nadiren laselendirmeye yapılır. Elamanlardan biri (levha) başlıkla kaynaklanır. Diğer düğüm noktası elama- nı, kafes kiriş örgü çubuklarının ucu yassılatılmış olarak çeşitli türde konulur. 2.50'den 2.53'e kadar olan resim- lerde çözüm örnekleri görülmüyor. Bağlantı yüzeyi, boruların simetrik olmayan şekilde yassılatılmasıyla (Resim 2.50 a), veya ya eğri ya da düz bir levhanın kaynak yapılmasıyla (Resim 2.50 b , Resim 2.50 c) oluşturulur. Bu levha, ya önce ki resimlerde olduğu gibi boruda açılan yarığa girebilir ya da kendisi kesilmiş olabilir; öyle ki geriye kalan lev- ha boruyu kuşatır. (Resim 2.51 a) ön tarafından boru ucuna tutturulan düz bir parça aynı zamanda boru uzantısı olarak ta kullanılır.

Resim 2.54 Flanş teşkili Resim 2.55 Flanşlı birleştirme



Resim 2.52 C-Profilinden yapılmış üst üste bindir- meli bir düğüm noktası örneği.



Resim 2.53 Blonlu düğüm noktası.

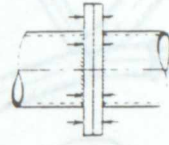
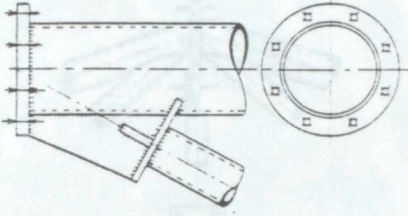
Bu, Resim 2.51 b'den görülen özel biçimdeki parça ya da ikiye bölünmüş kısa I- taşıyıcısı (Resim 2.52) olabilir. Yukarıda I-blonlu birleşimden bahsedilmişti. Daha fazla blonlu benzeri düğüm noktaları da teşkil edilir. (Resim 2.51 e ve 2.53)

2.4.3 Flanşlı Birleştirmeler.

Flanşlı birleşimler çoğunlukla, birleştirme doğrudan yük aktarması gerekiyorsa basınç çubuklarının birleştiril- mesinde kullanılır. Böyle birleşimler çok daha seyrek ola- rak çekme çubuklarında ve daha küçük kuvvetlerin aktarıl-

masında kullanılır.

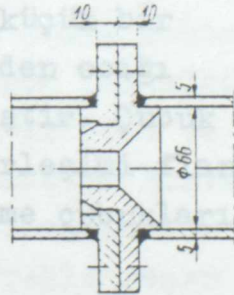
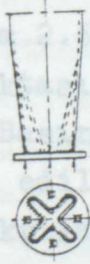
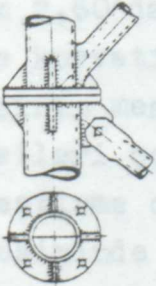
Tipik bir flanşlı birleşim biçimine Resim 2.54 bir örnek getirmiştir. Büyük çaptaki dairesel bir levha boru parçası olarak alın tarafına kaynatılır. Çekmeye çalınan birleştirmelerde flanşlar blokların birleştirilmesiyle eğilmeye de zorlanırlar.



Resim 2.54 Flanş teşkili Resim 2.55 Flanşlı birleştirme

Blon delikleri üzerinde dışarıya çıkıntılı halka üstüne uygun bir şekilde dağıtılır. Flanşların birleştirilmesi blonlar vasıtasıyla yapılır. (Resim 2.55)

Resim 2.56'daki bir direğin montajı flanşlı birleştirmeye bir örnek teşkil etmiştir. Bloklu flanşların boru dış yüzeyi üzerinde çıkıntı yapmasına müsaade edilmiyorsa birleşimdeki boru birbirlerine göre dik açılı iki düzlemde yassıltılabilir; Bu yolla çapraz şekilde bir en kesit oluşturulur. (Resim 2.57). O zaman alın levhası daha küçük yapılabilir.

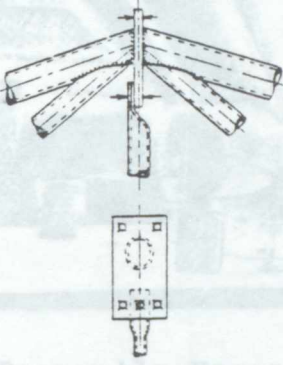


Resim 2.56 Basınca zorlanan flanşlı birleştirme örneği

Resim 2.57 Flanşlı düğüm noktası bölgesinde borunun yassıltılması

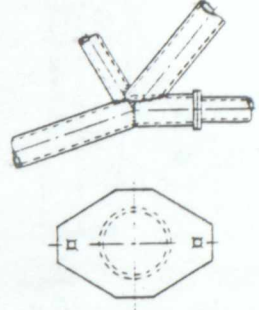
Resim 2.58 Çekmeye zorlanan flanşlı birleşim.

Basınç çubuklarında, doğrudan flanşlar arasındaki basınç vasıtasıyla kuvvet aktarıldığı gözönünde tutulur. Blonlar, o zaman yalnızca kesme kuvvetinin gözetilmesiyle ya da montajın teşkiline göre sıralanır. Çekmeye çalışan birleştirmelerde flanşlar blonların birleştirilmesiyle eğilmeye de zorlanırlar.



Resim 2.59 Flanşlı mahya birleşimi.

Resim 2.61 Üsyaal bir düğüm noktası örneği.

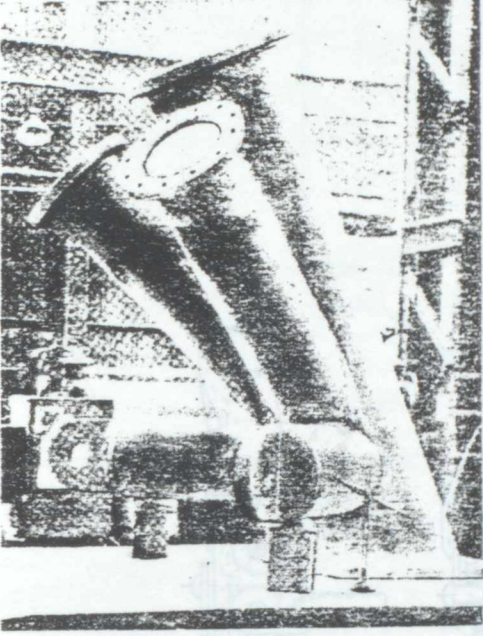


Resim 2.60 Çekmeye çalışan bir kafes giriş başlığının birleşimi.

Resim 2.58 çekmeye çalışan kusursuz bir birleşme örnek göstermektedir. Flanşlar özel, uygun şekildeki parçalardan yapılır. Bu birleşim basınç çubuklarında da kullanılabilir. Resim 2.59 bir çatı bağlantısının mahya birleşiminde flanşın bir örneği gösterilmektedir. Bu alın levhası aynı zamanda bir dikmenin birleşiminde düğüm noktası levhası olarak kullanılır.

Montajda flanşın kullanılmasına diğer bir örnek Resim 2.60'da gösterilmiştir. Birleşimde küçük bir çekme kuvveti etkir. Resim 2.61'de bir maden ocağı kulesinin mesnet düğüm noktası gösterilmiştir. Çubuk kuvvetleri çok büyüktür. Basınç çubuğu birleşimi flanşlı birleştirme olarak teşkil edilmiştir. Çekme çubuklarının birleşiminde HV-Blonları kullanılır.

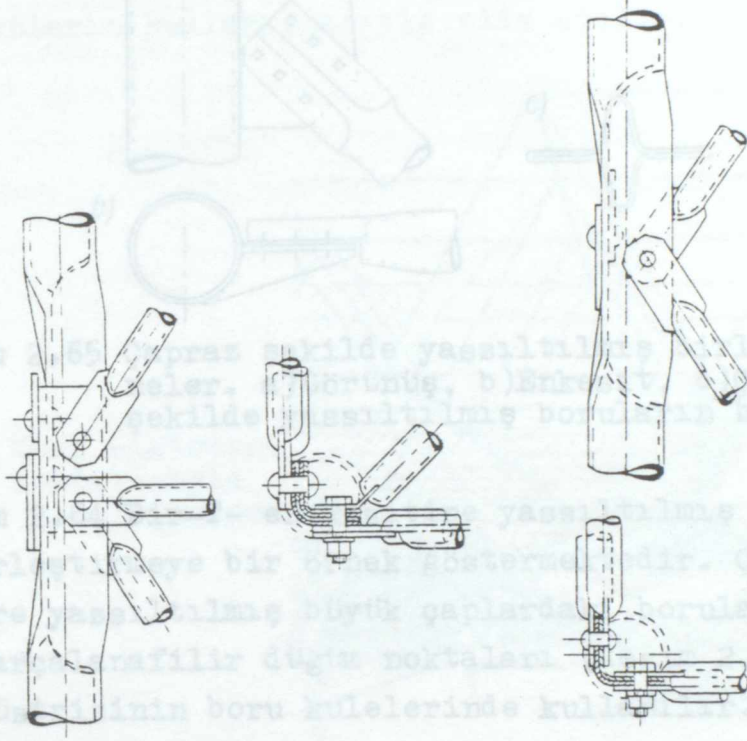
(bu noktada kesilmeyen) başlığa birleştirilir. Bu konstrüksiyonda bir çapraz bağlantının montajı Resim 2.63'deki gibi yapılır.



Resim 2.61 Uzaysal bir düğüm noktası örneği.

2.4.4 Basınç'la Yassılatılmış Borulu Düğüm Noktaları.

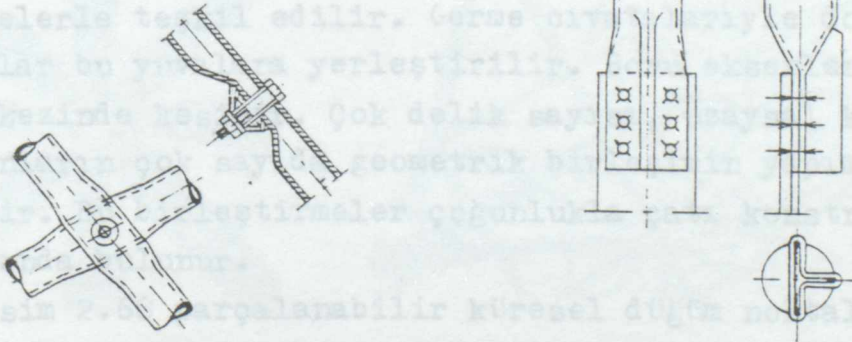
Düz yüzeyler olmaksızın silindirik şeklindeki boruların birbirleriyle doğrudan bağlantısı güçleşir. Bundan dolayı, düğüm noktası levhası ve özel şekildeki parçalar gibi ilave elemanların bir kurala göre kullanılması gerekir. Son zamanlarda patenti alınmış gözümmler bulunmaktadır. Buna göre bağlantı yerlerindeki boru en kesitleri, sıcak preste, düz kesitler elde edecek şekilde değiştirilirler. Boru en kesitleri en çok korniyer haç ya da T en kesiti haline getirilir. Bunun yanında borular genelde presle; yassılatılmış boruların ağırlık eksenine asıl en kesitin ağırlık eksenine çakışacak şekilde profil yapılırlar. Resim 2.62, yassılatılmış borulu düğüm noktasının örneklerini göstermektedir. Böyle düğüm noktaları İtalyan Dalmine firması tarafından kafes kulelerde ve yüksek gerilim hattı direklerinde kullanılmıştır. Montaj düğüm noktasında, aynı zamanda başlık ve diyagonaller birleştirilir, veya sadece diyagonaller sürekli geçen (bu noktada kesilmeyen) başlığa birleştirilir. Bu konstrüksiyonda bir çapraz bağlantının montajı Resim 2.63' deki gibi yapılır.



2.4.5 Resim 2.62 Dalmine sistemine göre (3) yassıltilmalı düğüm noktası.

Küresel düğüm noktaları, çeşitli kullanım alanları için belirlenen, özellikle parçalanabilir konstrüksiyonlara yararlar. Nero sistemi ilginçtir. (Resim 2.66 ve

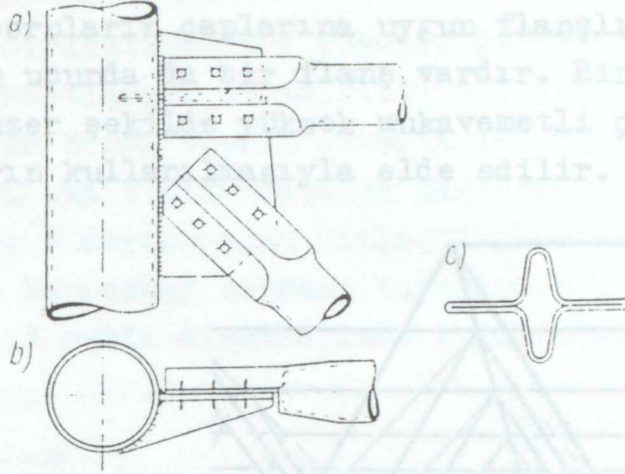
2.67). Düğüm noktasının esas elemanı 13 yassıltilmış boru olan kürelerle yapılır. Germe çubuğu ile sıkıştırılan borular bu yassıltilmiş kürelerin üzerine monte edilir. Çok delik sayılı yassıltilmiş boruların küre merkezinde kesilmesiyle oluşan deliklerin geometrik bir düzlemde yer alması sağlanır. Bu şekilde kürelerin çözümlenmesi kolaylaşır.



Resim 2.63 Dalmine sistemine göre (3) yassıltilmalı çapraz birleşimler.

Resim 2.64 T şeklindeki yassıltilmiş birleştirmeler.

birbirleriyle eksenele birleştirilebilirler. Kürenin, birleştirilen boruların uçlarına uygun flanşlı kolları vardır. Borunun ucunda bir flanş vardır. Birleşim küresine benzer şekilde, sekiz köşüklü çelikten yapılan blonların kullanılmasıyla elde edilir.



Resim 2.65 Çapraz şekilde yassılatılmış birleştirmeler. a) Görünüş, b) Enkesit, c) Çapraz şekilde yassılatılmış boruların biçimi.

Resim 2.65 Mero sistemine göre düğüm noktalarıyla yapılan birleştirmeye bir örnek göstermektedir. Çapraz en kesitlere yassılatılmış büyük çaplardaki borulardan yapılmış parçalanabilir düğüm noktaları (Resim 2.65), petrol endüstrisinin boru kulelerinde kullanılır.

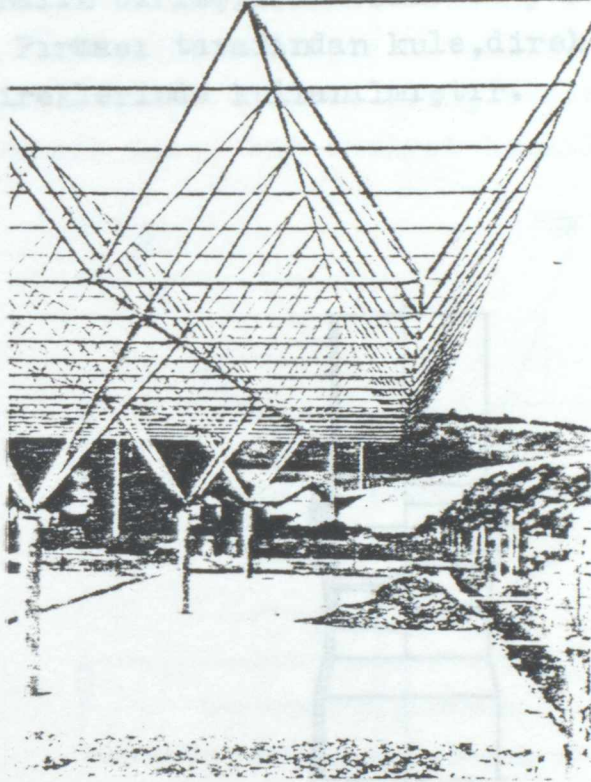
2.4.5 Küresel Düğüm Noktaları.

Küresel düğüm noktaları, çeşitli kullanım alanları için belirlenen, özellikle parçalanabilir konstrüksiyonlara yararlar. Mero sistemi ilginçtir. (Resim 2.66 ve 2.67). Düğüm noktasının esas elemanı 18 vida yuvası olan kürelerle teşkil edilir. Germe civatalarıyla donatılan borular bu yuvalara yerleştirilir. Boru eksenleri küre merkezinde kesişir. Çok delik sayısı, uzaysal konstrüksiyonların çok sayıda geometrik birleşimin yapımına izin verir. Bu birleştirmeler çoğunlukla çatı konstrüksiyonlarında bulunur.

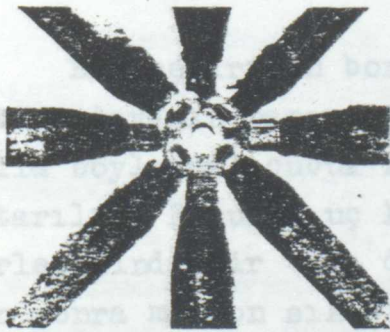
Resim 2.68 parçalanabilir küresel düğüm noktalarının başka bir çözümüne bir örnek getirmiştir. Bu düğüm noktasından 356 mm. çapındaki 12 boru, 760 mm. çapında ve 76 mm. cidar kalınlığındaki bir küre yardımı ile

birbirleriyle aksenal birleştirebilirler. Kürenin, birleştirilen boruların çaplarına uygun flanşlı kolları vardır. Borunun ucunda da bir flanş vardır. Birleşim küreninkine benzer şekilde yüksek mukavemetli çelikten yapılan blonların kullanılmasıyla elde edilir.

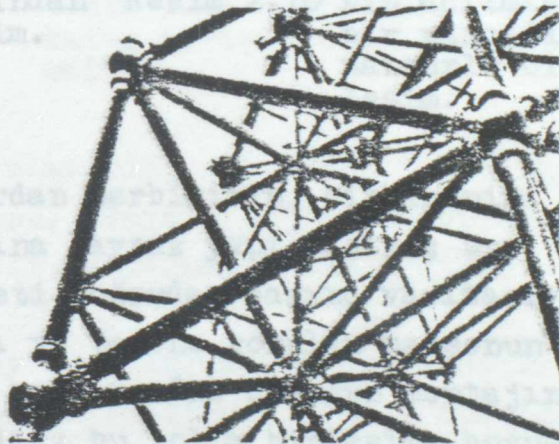
Resim 2.66 Mero sistemine göre düğüm noktalarıyla yapılan bir konstrüksiyon görünümü.



Resim 2.69 Bir boru parçasından oluşan birleşim.



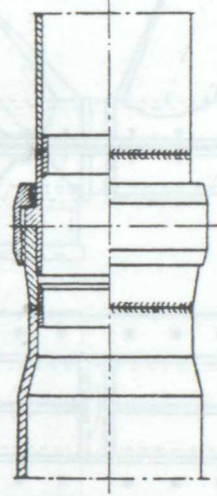
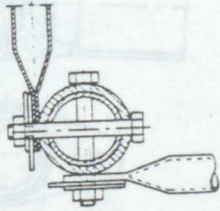
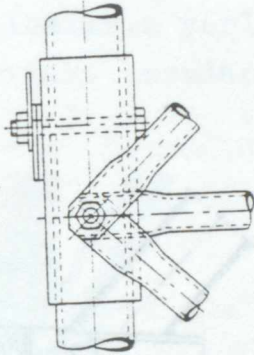
Resim 2.67 Mero sistemine göre düğüm noktası.



Resim 2.68 Küresel ve flanşlı olan düğüm noktalarından bir konstrüksiyonun görünümü.(7)

2.4.6 Manşonlu Birleştirmeler.

Manşonlu birleştirmelere yukarıda belirtilen çözümlerden daha az rastlanır. Resim 2.69'daki düğüm noktası bu türe basit bir örnek teşkil etmektedir. Büyük çaptaki bir boru parçası iki blonla başlığa bağlanır. Aynı blonlar boru parçası ile 6 diyagonalin birleştirilmesine de yarar. Başka bir çözüm Mannesman Firması tarafından kule, direk ve yüksek gerilim hattı direklerinde kullanılmıştır. (Resim 2.70)



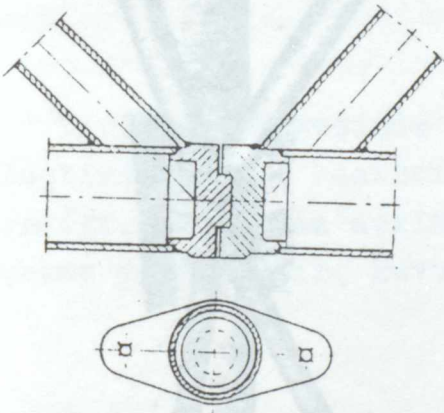
Resim 2.69 Bir boru parçasından manşonlu birleşim.

Resim 2.70 Diş açılmış bir parçadan manşonlu birleşim.

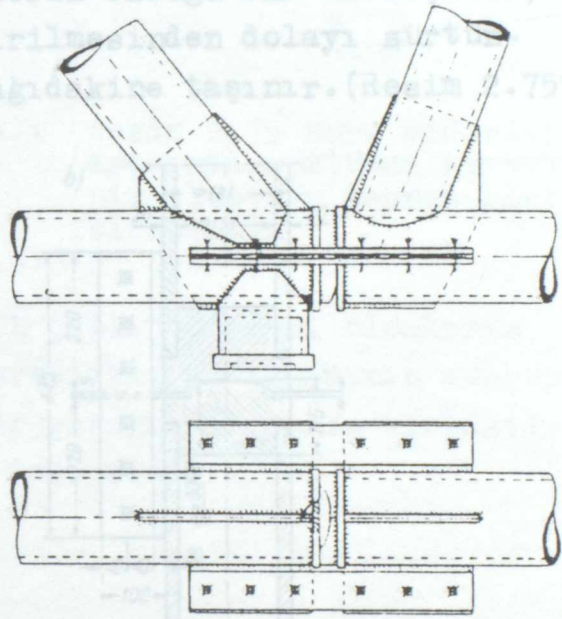
Birleştirilen borulardan herbirinin, birbirinin üstüne dayanan parça uçlarına kaynak yapılmıştır; bu yolla boylamsal çubuk kuvveti doğrudan basınç vasıtasıyla aktarılır. Borunun uç kısmı ve üstüne konulan manşonun birleşiminde bir vida dişi vardır. İki çubuğun montajından sonra manşon sıkıştırılır; bu yolla birleşim, boyuna bir çekme kuvvetini de taşıyacak durumdadır. Manşonun geçirilmesi ve yerleştirilmesinden sonra parça uçlarının, karşılıklı açılmal deformasyonun mümkün olmadığı bir cidar tertibi vardır.

2.4.7 Diğer Birleştirme Türleri.

Yukarıda açıklananlardan başka, genelde özel bir uygulaması olan daha bir bir dizi değişik çözüm bulunabilir. Resim 2.71'de bir çatı bağlantısının alt başlığının mafsallı konstrüksiyonu gösterilmektedir. Mafsaldaki kuvvet, kaynak yapılmış uçlardan her iki başlık borusuna, basınç yolu ile aktarılır. İki blon, montajda mafsallı kısmın konumunun doğruluğunu sağlar ve kafes kiriş düzlemine göre dik açı doğrultusunda ilave bir emniyet teşkil eder.



Resim 2.71 Açıktaki çatı bağlantısı alt başlığının mafsallı.



Resim 2.72 Mesnetteki bir kafes kirişin alt başlığının mafsallı.

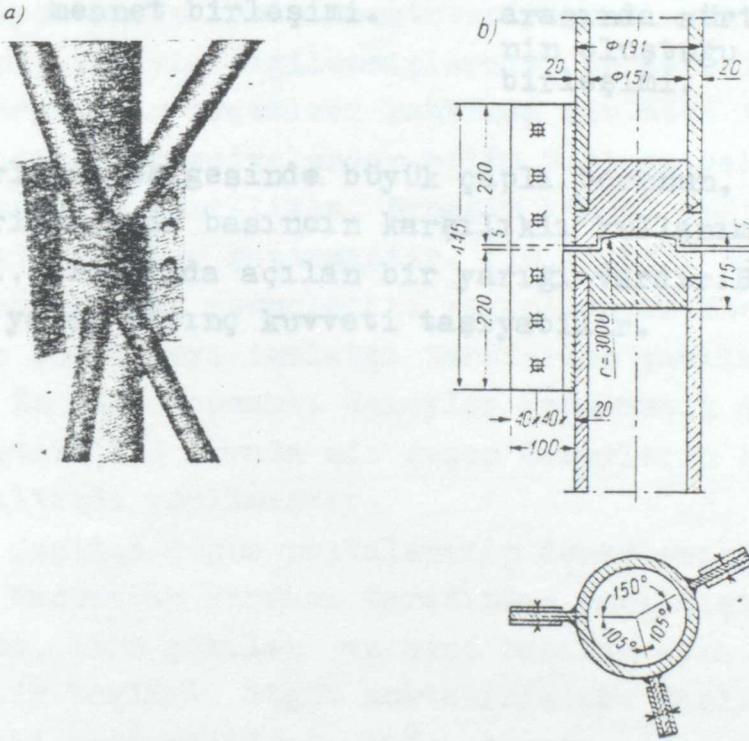
Bir ara mesnetin yakınlarında, çok yüzeyli bir kafes kirişin mafsallı konstrüksiyonu, Resim 2.72'de gösterilmektedir. Mafsallın çalışma şekli, yukarıda işlenen diğer durumdakinin aynıdır.

Resim 2.73'b de, düşey çubuklarda kuvvet aktarımı için mafsallın uygulaması gösterilmektedir. Düşey çubukların borularının, boyuna kuvvetlerin basınç yoluyla taşındığı, parça uçlarına kaynak yapılmıştır. Buna karşın çekme kuvveti, düğüm noktası levhası ile laşeleri bağlayan bulonla taşınır. Bu blonlar, yan taraf doğrultusundaki

birleştirmeleri de sağlamlaştırır. Resim 2.73 a bir televizyon direğindeki başlık birleşiminden bir görünüm vermektedir. (8)

Resim 2.74'te, bir ara parçası ile basınç kuvvetinin aktarıldığı, farklı çaplardaki borudan yapılmış iki basınç çubuğunun birleşimi gösterilmektedir. Ara parçalar -bulonların yerleştirilmesinden sonra- yatay doğrultudaki konum sağlamlaştırılacak şekilde, dışarıdan bir halka ile tamamen tutulur.

Küçük boylamsal kuvvetlerin olduğu bir birleşimde, kuvvetler bulonların yerleştirilmesinden dolayı sürtünmeyle, yukarıdaki borudan aşağıdakine taşınır. (Resim 2.75te)



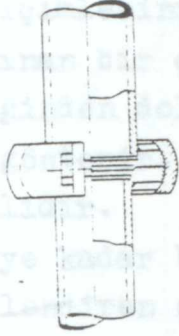
Resim 2.73 Bir televizyon kulesinin kenar başlığının mafsalı. a) Düğüm noktasının görünümü b) Konstrüksiyonu (8)

245

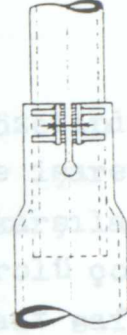
BİRLEŞTİRME HESAPLARI.

2.5.1 Kapsaklı Birleştirmeler.

2.5.1.1 Birleştirme Tasama Gücü.



Resim 2.74 Yuvalı ve ara parçalı mesnet birleşimi.



Resim 2.75 Boru cidarları arasında sürtünme kuvvetinin olduğu mesnet-blon birleşimi.

Birleşim bölgesinde büyük çaplı borunun, blonların yerleştirilmesinde basıncın karşılıklı kullanımının mümkün kılındığı, cidarında açılan bir yarığı vardır. Bu birleştirme çekme ya da basınç kuvveti taşıyabilir.

Bu yeni kapsamlı deneyler Demokratik Almanya'da yapılmıştır. (12) Burada adı geçen deneylerin hepsi sabit yükler altında yapılmıştır.

Çeşitli düğüm noktalarının deneylerinin karşılaştırılması Mannesman Firması tarafından yapılmıştır. (9) Araştırma, biri çekilen ve biri basılan aynı iki diyagonal ve bir başlıklı düğüm noktasındadır. Başlık ile çekme diyagonal arasındaki açı 50° , diyagonaller arasında yaklaşık 70° , basınç diyagonal ile başlık arasındaki yaklaşık 60° dir. Bir karbonlu çelik, aşağıdaki mekanik nitelikleri ile kullanılır; Akma sınırı: $\sigma_s = 36 \text{ k}_p/\text{mm}^2$, kopma sınırı: $\sigma_g = 55-65 \text{ k}_p/\text{mm}^2$, Uzama $\epsilon_g = 317$ dir. Başlık 102 mm dış çaplı ve 3,5 mm cidar kalınlığındaki bir borudan yapılmıştır. Çekme diyagonalı $41,5 \times 2,5 \text{ mm}$ ve basınç

2.5 BİRLEŞTİRME HESAPLARI.

2.5.1 Kaynaklı Birleştirmeler.

2.5.1.1 Birleştirmenin Taşıma Gücü.

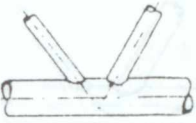
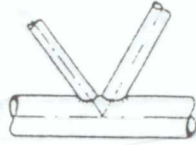
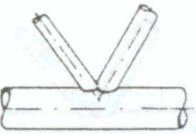
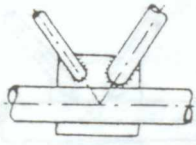
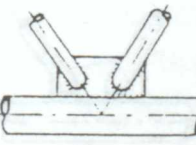
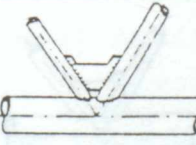
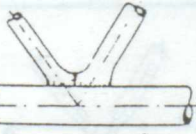
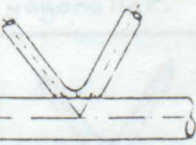
Boruların kaynaklı birleşimlerinin özetinde (Bölüm 2.3) biçimlerinin değişik şekillerine işaret edilmişti. Ele alınan bir çok düğüm noktasında karşılaşılan bilgi eksikliğinden dolayı taşıma gücü kontrolü çoğunlukla güçlükler gösterir. Bunlar çelik yapıya ait safhalardan türetilebilmelidir.

Şimdiye kadar boru birleşimlerinin taşıma gücü ve biçimini ilgilendiren çok az deney yapılmıştır. İlk kapsamlı deney Federal Almanya'da 20 yıl önce yapılmıştır.(2) (9) Bugün tipik kafes giriş konstrüksiyonu olarak sayılan düğüm noktalarıyla ilgilenmişlerdir. Bu deneylere binaen birleştirmelerin biçimleri hakkında bir dizi tavsiye yerleştirildi. Bu tavsiyelerden bölüm 2.2' de bahsedilmişti. Diğer deneyler genellikle, örneğin küresel düğüm noktaları gibi özel çözümler getirmiştir. (10,11,13). Bu patentli, ama tamamen deney sonuçlarını yayınlamayan, özel düğüm noktalı bir çok deneyi imalatçı tarafından yapılmıştır.

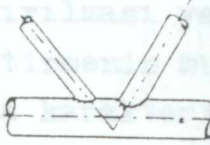
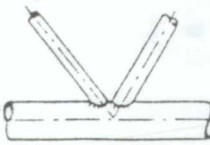
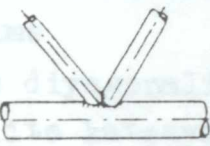
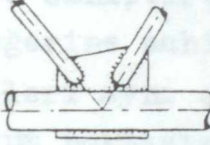
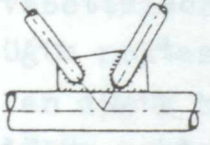
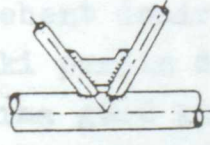
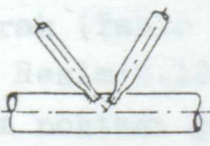
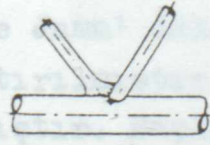
En yeni kapsamlı deneyler Demokratik Almanya'da yapılmıştır.(12) Burada adı geçen deneylerin hepsi sabit yükler altında yapılmıştır.

Çeşitli düğüm noktalarının deneylerinin karşılaştırılması Mannesman Firması tarafından yapılmıştır. (9) Araştırma, biri çekilen ve biri basılan aynı iki diyagonal ve bir başlıklı düğüm noktasındadır. Başlık ile çekme diyagonali arasındaki açı 50° , diyagonaller arasında yaklaşık 70° , basınç diyagonali ile başlık arasındaki açı yaklaşık 60° dir. Bir karbonlu çelik, aşağıdaki mekanik nitelikleri ile kullanılır; Akma sınırı: $\sigma_f = 36 \text{ k}_p/\text{mm}^2$, kopma sınırı: $\sigma_g = 55-65 \text{ k}_p/\text{mm}^2$, Uzama $\delta_s = \%17$ dir. Başlık 102 mm. dış çaplı ve 3,5 mm. cidar kalınlığındaki bir borudan yapılmıştır. Çekme diyagonali 41,5 x 2,5 mm. ve basınç

Tablo 4.2 Jamm tarafından araştırılan düğüm noktaları.

No	Düğüm noktası biçimi	β_1	Kopma Yeri.
1		70 - 75	Başlığın eğilmesi ve çekme diyagonalinin kaynak dikişlerinde kopma.
2		80 - 85	Başlıkla bağlanan çekme diyagonalinin kaynak dikişinde kopma.
3		95 - 100	Çekme diyagonalinin kopması. Basıncı diyagonalinin eğilmesi.
4		85	Düğüm noktası levhasında çekme diyagonalinin kopması.
5		95	Düğüm noktası levhasında çekme diyagonalinin kopması.
6		90 - 100	Gubukta düğüm noktası levhasında ya da çekme diyagonalinin kaynak dikişindeki kopma.
7	 Tamamen yassılatılmış diyagonaller.	100	Çekme diyagonalinin kaynak dikişinde kopma. ya da bu diyagonallerde başlık eğilmesi
8	 Tamamen yassılatılmış diyagonaller.	100	Çekme diyagonalinde kopma ve kaynak dikişinde kısmi kopma. bağlanmış kaynak dikişinde kopma

Tablo 2.3 Sammet tarafından araştırılan düğüm noktaları.

L. No	Düğüm noktası biçimi	j_1	j_2	Kopma Yeri
1		69	82	Jamm'daki gibi
2		100	100	Jamm'daki gibi
3		100	100	Jamm'daki gibi
4		100	100	Jamm'daki gibi
5		100	100	Jamm'daki gibi
6		100	100	Jamm'daki gibi.
7	 Enine yassıtılmış di- yagonaller.	97	93	Getme diyagonalinin kaynak dikişindeki yada bu diyagonalde başlık yıntılması
8		88	86	Başlıkla getme diya- gonalinin bağlandığı kaynak dikişinde kopma.

diyagonali $63,5 \times 3,0$ mm. bir borudan yapılmıştır. Araştırılan düğüm noktalarının bir sıralaması Tablo 2.2 dedir. Jamm, deney raporunda her bir birleşimin rijitlik değerini getirmemiştir. Bilakis sadece bunların kalite katsayılarının karşılaştırılması yardımıyla sınırlandırılmıştır. Bu katsayısı birleştirmenin mukavemetini bütün olarak, basitleştirilmiş tarzda karakterize eder. Jamm bu rijitliği bölüm olarak tanımlanmıştır.

$$J = \% \frac{\sigma_1}{\sigma_B} \cdot 100$$

burada :

σ_1 = Düğüm noktasının tümüyle kırıldığı çekme diyagonalindeki gerilme

σ_B = Çekme diyagonalindeki çeliğin çekme mukavemeti.

Kalite katsayısı %100 ise, birleştirme çok yüksek bir mukavemete sahiptir, denilir, yani kullanılan çelik aynı kalite değerine sahiptir. Bu en yüksek katsayıdır. Malzeme mukavemetleri aynı çekme diyagonalindeki gerilmelerde, kırılma ya düğüm noktasında ya da düğüm noktasının dışında olur. Jamm (9) ve Bettzieche (2), en yüksek kalite düzeyine erişilen bir kaç düğüm noktası çözümleri getirmişlerdir. Karşılaştırma amacıyla, en düşük kalite değeri % 60-70 olarak belirtilen perçinli düğüm noktaları da araştırılmıştır. Bunun için esas, köşebent demirinin bağlantı yerindeki diyagonal en kesitindeki perçin deliğinin daraltılmasındadır.

Taşıma gücü katsayısının kriteri olarak kalite değeri esas alınarak olursa, -Jamm ve Bettzieche'nin araştırmalarına dayanarak (Tablo 2.2) - tipik olarak verilen çözüm sınıfları için Resim(2.12)-(2.14)-(2.17)-(2.18)-(2.23)-(2.24)' e göre düğüm noktası çözümleri tavsiye edilmelidir.

Kalite katsayıları, Sammet deneyleri için de gösterilebilir. (1) ve (12). Tablo 2.3 tamamını içermektedir. Bu deneylerde Jamm' daki gibi ayrı teşkil edilen düğüm noktaları araştırılmıştır. St 35 çeliğinden yapılmış borular kullanılmıştır. Başlık dış çapı 133 mm, ve cidar kalınlığı

4,0 mm. olan bir borudan yapılmıştır. Çekme diyagonalı $54 \times 2,5$ mm. ve basınç diyagonalı $83 \times 3,25$ mm. borudan yapılmıştır.

Tablo 2.2 ve 2.3'deki ilk 6 düğüm noktasının çözümleri aynıdır. Öyleyse karşılaştırılabilirler. Ancak Sammet diğerlerinin kalite katsayılarını bölüm olarak :

$$J_2 = \% \frac{\sigma_2}{\sigma_F} \cdot 100 \quad (2-1)$$

tanımlanmıştır. Burada :

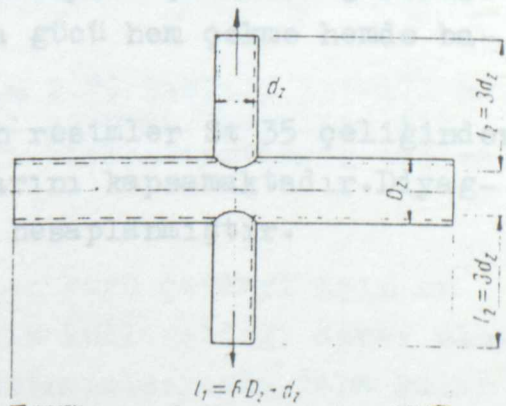
σ_2 = Düğüm noktasının akma sınırından hesaplanan çekme diyagonalindeki gerilmeler.

σ_F = Çekme diyagonalindeki çeliğin akma sınırı.

İşletme yüklerine benzer yüklemeye J_2 katsayılarının yardımıyla düğüm noktası kalitesi hakkında fikir vermek, J_1 katsayılarının yardımıyla verilenden daha iyidir.

Sammet'in deneylerine binaen, eskiden Jamm'in ortaya koyduğu çözümler, ayrıca Resim(2.7), (2.16) ve de(2.19)'a göre diğer çözümler tavsiye edilebilir. Sammet (11), düğüm noktası rijitliğinin hakkında verilen kararın kalite katsayısına göre daha çok basitleştirdiğini ve her zaman doğru sonuç vermediğini tesbit etmiştir. Bu durumda O, düğüm noktası biçimlerinde (2.2 a'dan g'ye kadar) dikkate alınan faktörlerin tesciliyle uğraşmıştır. Sammet'in deneyleri göstermiştir ki, kalite değerleri %100 ü bulan düğüm noktaları vardır, ancak bunlar çok küçük kırılma yüklerinde deforme olur, ve kullanılamazlar. Bu resim(2.1) ya da (2.2)deki durumlarda ortaya çıkabilir.

Resim 2.76 Sammet deneyindeki (deney birleşimi) §12).



Sammet, diyagonal çapının başlık çap ve cidar kalınlığına oranlarının etkisini tesbit etmek için, Resim 2.76'daki deney elamanının çekme ve kesme deneyini yapmıştır. 50-171 mm. dış çaplarındaki 0,3-5 mm. cidar kalınlıklarındaki borudan yapılmış başlığı olan birleştirmeleri araştırdı. Enine çubuklar daha küçük çaplardadır, ve oranları

$$\gamma = \frac{dm}{Dm} = 0,25 - 0,80 \quad (2-1)$$

burada ;

dm = Enine çubuğun cidar eksenindeki çapı.

Dm = Başlığın cidar eksenindeki çapı.

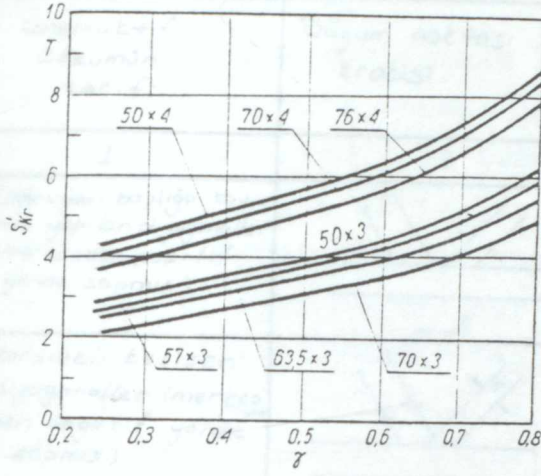
Deney elamanlarındaki basınç deneyinde, küçük mariflik derecesindeki çubuklar için, karakteristik yük - deformasyon diyagramı elde edilir. Kuvvet, çubuğun taşıma gücü olarak sayılması gereken bir değere kadar artar. Bu değer aşıldıktan sonra kırılma olur. Birleştirmedeki başlık deformasyonları önemsizdir.

Deney elamanının çekme deneyinde, kuvvet basınç çubuklarında kuvvet azalmasının başladığı yüke kadar aşağı yukarı lineer artar. Bu yükleme aşıldıktan sonra artım devam eder, Ancak kuvvet artımı daha küçüktür. Aynı zamanda birleştirme çevresinde başlığın şekil değiştirmesi ortaya çıkar. Deney elemanı daha büyük kuvvetlerde şiddetle kopar. Ama başlık deformasyonunun gözönüne alınmasıyla taşıma gücü olarak, henüz başlık şekil değiştirmesinin o kadar büyük olmadığı durumda yükleme değerinin kullanılmaya başlanması gerekir. Böylelikle birleştirmenin taşıma gücü hem çekme hemde basınçta aynıdır.

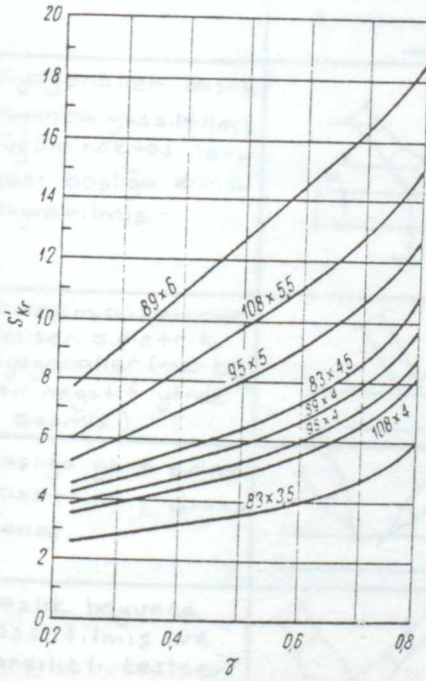
2.77'den 2.79'a kadar olan resimler St 35 çeliğinden yapılmış boruların deney sonuçlarını kapsamaktadır. Diyagramlardaki (2.1) formülünden hesaplanmıştır.

Taşıma gücü yarısından, verilen boru çapları için en küçük cidar kalınlığı olan başlığın kullanıldığı deney elemanında araştırılır. Bu sebeple antropolojyonda, daha kalın

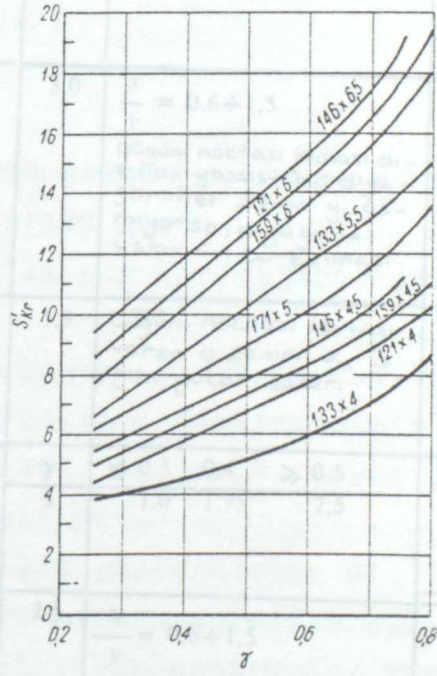
Tablo 2.4. Çeşitli konstrüktif çözümleri olan dik açılı birleştirmeler için çekil katsayıları.



Resim 2.77 Dik açılı birleştirmelerin taşıma gücü : başlık 50-76 mm. çaplı borudan yapılmıştır. (12)



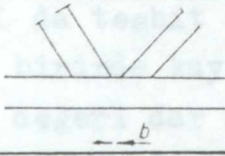
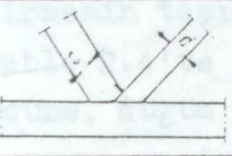
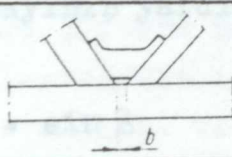
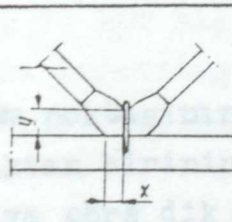
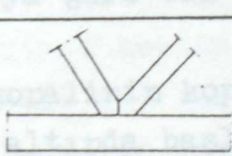
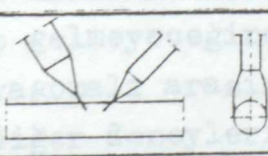
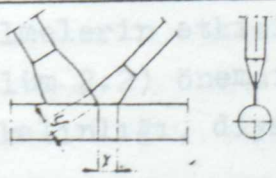
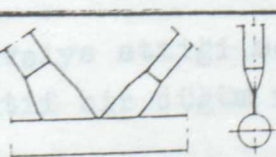
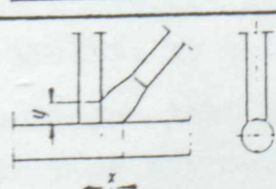
Resim 2.78 Başlığı, 83-108 mm. çaplı borudan yapılmış dik açılı birleştirmelerin taşıma gücü (12)



Resim 2.79 Başlığı, 133-171 mm. çaplı borudan yapılmış dik açılı birleştirmelerin taşıma gücü (12)

Taşıma gücü yalnızca, verilen boru çapları için en küçük cidar kalınlığı olan başlığın kullanıldığı deney elemanında araştırılır. Bu sebeple extropolasyonla, daha kalın

Tablo 2.4 Çeşitli konstrüktif çözümleri olan düğüm noktaları için şekil katsayıları.

Konstrüktif Çözümün Tanımı	Düğüm noktası krotisi.	α	No+lor.	Tablo 2,3 Ür Sembolleri
1	2	3	4	5
Düğüm noktası başlığa kaynak yapılan diyagonaller (merkezden pozitif yönde sapmış)		h (mm)	10 12 14 16 18 20 α 2,0 1,8 1,6 1,4 1,2 1,0	1
Karşılıklı kesişen diyagonaller (merkezden negatif yönde sapmış)		3,5	$c = 0,4d \div 0,6d$	3
Diyagonaller arasında trapez şeklindeki levha.		2,5	$b \leq 10 \text{ mm}$	6
Diyagonaller başlık boyunca yassıtılmış düğüm noktası levhası başlığa enine kaynaklıdır.		3,0	$\frac{x}{y} = 0,6 \div 1,5$ Düğüm noktası levhası dışında yassıtılmış diyagonaller 25 mm yi aşmıyorsa, diyagonal uçlarının burkulması.	—
Birleşim düzleminde kesişen simetrik diyagonaller (merkezden negatif yönde sapmış)		1,5	Düğüm noktası levhası varsa 0 20 mm α , 3 gibi yukarıdadır.	—
Başlığa göre enine yassıtılmış diyagonal.		γ α	$\leq 0,3$ 0,4 $\geq 0,5$ 1,0 1,75 2,5	7
Başlık boyunca yassıtılmış ve karşılıklı kesişen diyagonaller.		2,5	$\frac{x}{y} = 0,6 \div 1,5$ Basınçta diyagonal uçlarının burkulması.	—
Başlık boyunca diyagonaller yassıtılmış ama kesişmiyorlar.		0,7	Basınçta diyagonal uçlarının burkulması.	—
Basınç diyagonalinin içine geçmiş, yassıtılmış çekme diyagonal.		3,0	$\frac{x}{y} = 0,6 \div 1,5$	8

cidarlı deney elemanlarının taşıma gücü tahmin edilebilir. Diyagramlarda dik açılı düğüm noktalarının taşıma gücü S'_{kr} ile gösterilmiştir.

Bir düğüm noktasının konstrüktif çözümünün etkisini onun taşıma gücünde aramak için, Sammet, bir kaçı Tablo 2.3 te gösterilen (geometrik şemalar) düğüm noktalarında deneyler yapılmıştır. C da tesbit etmiştir ki ; enine çubuğun çeşitli açılardan birinde kaynak yapıldığı birleştirmenin taşıma gücü, eğer değeri dar açının sinüsü ile bölünüyorsa dik açılı birleştirmenin taşıma gücünden çıkarılabilir. Deney sonuçları Tablo 2.4'te derlenmiştir. Tabloda düğüm noktası taşıma gücüne, düğüm noktasının konstrüktif çözümünün etkisi katsayısının yardımıyla yazılmıştır.

$$\alpha = \frac{S_{kr}}{S'_{kr}} \cdot \sin \beta \quad (2.2)$$

Bu formülde :

S_{kr} = Mevcut düğüm noktasının hem çekme ve basınç diyagonali hemde başlıktan birinin taşıma gücü.

S'_{kr} = Resim 2.76'ya göre dik açılı bir birleştirmenin taşıma gücü.

β = Çekme diyagonalinin kopup kopmadığı ya da basınç diyagonali altında başlık şekil değiştirmesinin meydana gelip gelmeyeceğine göre, başlıkla, çekme ya da basınç diyagonali arasındaki açı.

Sammet'in diğer deneyleri (12) göstermiştir ki; başlıkla normal gerilmelerin etkisi ve diyagonal cidar kalınlığının etkisi (Bölüm 2.2) önemsizdir. Birleştirmede, yalnızca kaynak dikişi kalınlığı, diyagonal cidar kalınlığına bağlıdır.

Jamm'ın tavsiye ettiği merkezden negatif sapma uygulaması, konstrüktif bir düğüm noktası çözümü olarak gözönüne alınır.

2.5.1.2 Birleştirmede Emniyet Gerilmeleri.

Emniyet gerilmeleri, boruları birbirleriyle ya da diğer konstrüksiyon kısımlarıyla (örneğin hadde profilleriyle, düğüm noktası levhasıyla, ara levhalarla v.d) bağlayan kaynak dikişinde, DIN 4100 (5) ve DIN 4114 (6)'ün esaslarında kabul edilmiştir. Aralık 1968 DIN 4100'ün yeni baskısının çıkmasına kadar, boru konstrüksiyonunda emniyet gerilmeleri, 1934 yılının DIN 4100'üne eklenmesi ile oluşturulan DIN 4115 ile tesbit edilmiştir. Şimdi, hala yeniden kaleme alınmamış boru konstrüksiyonlarına ilişkin DIN 4115'in bir kısmında, her iki normun hükümlerinde bir kaç fark mevcuttur.

DIN 4100'de ; düğüm noktalarında kubbe benzeri örülen bir köşe kaynağıyla içine kaynak yapılmasıyla veya içine girmeden HV- dikişi ve köşe kaynağı için, ya da boru birleşiminde V- küt kaynağı için emniyet gerilmeleri tesbit edilmiştir. Konstrüksiyonda borulardan başka diğer profiller kullanılıyorsa, diğer kaynak türleri için gerilmeler sonra tesbit edilir. St 37 ve St 57 çelikleri için emniyet gerilmeleri Tablo 2.5'te gösterilmiştir. Diğer çelikler için emniyet gerilmeleri, Tablo 2.5'teki gerilmelere binaen; Tablo 2.5'teki bir çeliğin, verilen çeliğin emniyet gerilmesinin oranıyla çarpılmasıyla hesaplanabilir. (Örneğin St 37 çeliği)

DIN 4100'e göre kaynak dikişinde gerilme hesabı kaynak dikişi en kesitini gözönünde tutarak yapılır. Borular düğüm noktası levhası ya da diğer konstrüksiyon kısımları yardımıyla değilde doğrudan birbirleriyle kaynaklanıyorsa, DIN 4115'in bir hükmüne göre, en küçük boru en kesitinden daha büyük olmayan kaynak dikişi en kesitinin hesap yoluyla düzenlenmesi gerekir.

Tablo 2.5'e göre emniyet gerilmelerini kullanabilmek için, kaynak dikişinin şekline ilişkin istekler, onun ölçülendirilmesi imalatı ve malzeme türü, DIN 4100'e göre yerine getirilmelidir. Kökü kaynaklanmamış köşe kaynaklı HV- Dikişinde ve köşe kaynakta emniyet gerilmeleri

Tablo 2.5 Kaynak dikişleri için (DIN 4100'e göre) emniyet gerilmeleri. (k_p/cm^2)

Kaynak Türü	Kaynak kalitesi	Gerilme Türü	Çelik			
			St 37		St 52	
			H	HZ	H	HZ
Küt kaynak; Çift köşe kaynaklı dikişli K-Dikiş (kökü kaynaklanmış); Çift köşe kaynaklı K-Dikiş (kökü kaynaklanmamış); Köşe dikişli kaynak dikiş (karşılıklı kaynaklanmış)	Tüm kalite kaynaklar	Basınç ve basınç eğilmesi	1600	1800	2400	2700
	Satlama, bina, dirme ve tek hatalarına karşı kontrol edilmiş.	Enine çekme ve çekme eğilmesi (Kaynak doğrultusuna göre)	1600	1800	2400	2700
	Kontrol edilmiş kaynak dikişleri.		1350	1500	1700	1900
Köşe kaynaklı HV-gövde dikiş (kökü kaynaklanmamış) Köşe dikiş	Tüm kalite kaynaklar	Basınç ve eğilme basınç, çekme ve çekme eğilmesi kıyaslama değeri	1350	1500	1700	1900
bütün dikişler		Kayma.	1350	1500	1700	1900

Köşe kaynağında ya da köşe kaynaklı HV- dikişinde (kökü kaynaklanmamış) σ , τ ve σ_s gerilmeleri aynı anda etkiliyorsa (başka bir deyişle DIN 2.80), mukayese gerilmesi hesaplanır.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2 + \sigma_s^2} \leq \sigma_{emniyet} \quad (2.3)$$

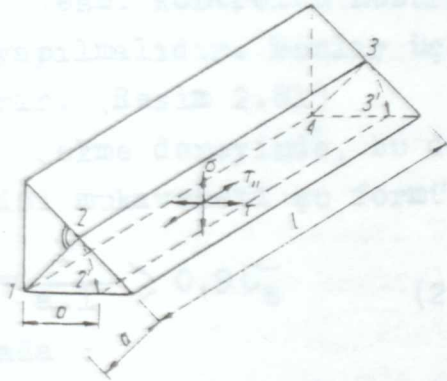
burada :

$\sigma_{emniyet}$ emniyet gerilmesi, DIN 4100'e göre emniyet gerilmesi.
 Bölüm 1.5'te bir örnek durumların hesaplandığı DIN 4100'de σ_v mukayese gerilmesine ihtiyaç duyulmaz. (kullanılmaz)
 Önceki DIN 4100, köşe kaynağındaki gerilmeleri $0,65 \sigma_{emniyet}$ emniyet değeriyle sınırlanmıştır. (burada $\sigma_{emniyet}$ emniyet, malzemenin basınç emniyet gerilmesi olarak isimlendirilir)
 Bu sınırlandırmaya karşılık, doğrudan birleştirilmelerde,

Resim 2.80'e göre idealize edilen kaynak dikişindeki gerilme durumunun gözönüne alınmasıyla hesaplanması gerekir.

Aşağıdaki gerilmeler meydana gelebilir :

- Boyuna düzlemine göre (Resim 2.80'de 1'2'3'4 alanı) dik açılı σ normal gerilmesi.
- Boyuna düzleminde (Resim 2.80'deki 1 2' 3'4 alanı), kaynak dikişinin boyuna eksenine göre dik açılı τ teğetsel gerilim (Kayma gerilmesi)
- Kaynak dikişinin boyuna ekseninde $\tau_{//}$ teğetsel gerilim (Kayma gerilmesi)



Resim 2.80 İdealize edilmiş bir köşe kaynağı dikişinde olabilecek gerilme doğrultuları.

Köşe kaynağında ya da köşe kaynaklı HV- dikişinde (kökü kaynaklanmamış) σ , τ ve $\tau_{//}$ gerilmeleri aynı anda etkiliyorsa (bakınız Resim 2.80), mukayese gerilmesi hesaplanır.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2 + \tau_{//}^2} \leq \sigma_{s,emniyet} \quad (2.3)$$

burada :

$\sigma_{s,emniyet}$ = Tablo 2.5'e göre emniyet gerilmesi.

Bölüm 1.5'te adı geçen durumların hesaplandığı DIN 4100'de

σ_v mukayese gerilmesine ihtiyaç duyulmaz. (kullanılmaz)

Önceki DIN 4100, köşe kaynağındaki gerilmeleri $0,65 \sigma_{emniyet}$

emniyet değeriyle sınırlandırılmıştır. (burada $\sigma_{emniyet}$,

malzemenin basınç emniyet gerilmesi olarak isimlendirilir)

Bu sınırlandırma çoğunlukla, doğrudan birleştirmelerde,

çubuk kuvvetine riayet edilmeksizin kaynak mukavemetinin gözönüne alınarak boru en kesitinin seçimi gerekliliğine götürmüştür. Böyle konstrüksiyonlar ekonomik olamazlar. Bunun önüne geçmek için, DIN 4115 ; konstrüksiyon imalatı için resmi yapı kontrolünün uygun bir izni alınırsa, artan emniyet gerilmeleri için boru düğüm noktaları doğrudan kaynaklanmış konstrüksiyon kısımlarının ölçülmesini öngörmüştür. Bu iznin alınabilmesi için, kabul edilen şartlar yerine getirilmelidir.

- Tamamlayıcı kaynak kontrolü ve
- Konstrüksiyonun bir parçasında yapılan deneyin sonuçları arzedilmelidir.

Resmi kontrolün huzurunda açıklayıcı kaynak denemeleri yapılmalıdır. Bunlar üç deney parçasının kaynağını içerir. (Besim 2.81)

Çekme deneyinde, bu deney parçalarının asgari kaynak dikişi mukavemeti şu formüle göre gösterilmelidir.

$$Q = \frac{P}{a \cdot l} \geq 0,9 \sigma_B \quad (2.4)$$

burada :

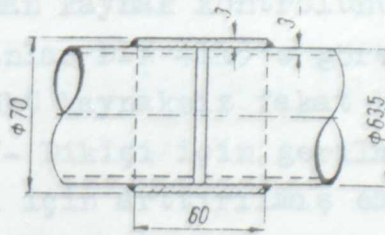
P = Birleştirmenin kopma kuvveti (k_p)

a = t=3 cidar kalınlığından daha büyük olmaması gereken kaynak dikişi kalınlığı.

l = Kırılmış kaynak dikişinin eksen çizgisinin uzunluğu.

σ_B = Kullanılan çeliğin, çekmede kopma mukavemeti. (k_p / mm^2)

Resim 2.81 DIN 4114'e göre birleştirmenin deney kesiti (6)



Bir deney elemanında açıklanan kaynak deneyi, daha yüksek gerilmelerin kullanılmasında, işyerinin uygunluğu-

na göre, her bir konstrüksiyon çeliği için ve boru konstrüksiyonunun imalatında çalıştırılan her bir kaynakçı için tekrarlanmalıdır. Deneyin tekrarı periyodik olarak gerçekleştirilir.

Emniyet gerilmelerinin artması gereken konstrüksiyonlara özgü böyle düğüm noktalı bir kirişte ; konstrüksiyonun deney kısımlarının kontrolü, kopmaya kadar yapılmalıdır. Muvafakat için deney programının, deney yerinin deney elemanının hazırlanmasından önce ortaya konulması gerekir. Bu yer kirişte tasarlanan çeliğin kontrol edilip edilmemesine de karar verir. Kopma deneyi ;

$Q = 0,9 \sigma_B$ (2.5) ile kontrol edilmelidir. Burada ; σ_B , (2.4) formülündeki gibidir.

İşyerinin daha yüksek emniyet gerilmelerini kullanma iznini bir ülkenin en yüksek inşaat dairesi değerlendiriyorsa ve deney sonuçları 2.4 ve 2.5 formüllerine uygun düşüyorsa, o zaman kontrol edilen çelikte ki kaynak dikişlerinde $Q_{emn} \leq 0,9 \sigma_{emn}$ gösterilebilir. Basınca tabi tutulan çeliğin kaynak dikişinde $Q_{emn} \leq 1,0 \sigma_{emn}$ kabul edilebilir.

çelikte basınç emniyet gerilmesi olarak isimlendirilir. Burada da dairesel dikişin uygun kopma enkesitinin hesabında, bu değer boru eksenine dik en küçük boru enkesitinden daha büyük olmaz.

DIN 4115'te emniyet gerilmesinin böyle bir yükselişinin hangi kaynak türleri için mümkün olacağı, açık olarak gösterilmemiştir. Ancak açıklanan kaynak kontrolünün yapım türleri ve diğer açıklananlar DIN 4115'e göre riayet edilirse, köşe kaynağı ya da kökü kaynaklı fakat köşe kaynak şeklinde yükseltilmiş HV- Dikişi için gerilme artışı geçerlidir. Böyle kaynak dikişi için arttırılmış emniyet gerilmeleri Tablo 2.6'da gösterilmiştir.

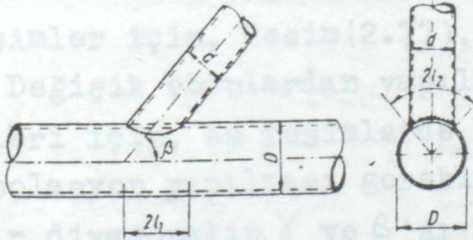
Tablo 2.6 DIN 4115'deki açıklamalara göre boruların doğrudan kaynaklı birleşimlerinde emniyet gerilmelerinin artımı.

Gerilme Türü	Emniyet gerilmesi k_p/cm^2			
	St 37		St 52	
	H	HZ	H	HZ
Cekme Qemn.	1260	1440	1890	2160
Basınç Qemn.	1400	1600	2100	2400

Tablo 2.5 ve 2.6'ya göre köşe kaynağındaki emniyet gerilmelerinin karşılaştırılmasından görülmüştür. ki ; DIN 4100'e göre aynı yükseklikte emniyet gerilmeleri için yapılan boru konstrüksiyonları; DIN 4115'teki gibi tasarlanabildiği için; DIN 4115'in belirttiği, ifade ettiği düşüktür; bununla birlikte yeterli kontrol ve emniyeti yoktur.

2.5.1.3 Hesap Esasları.

Bazı ülkelerin standartları (örneğin Polonya ve İngiltere'nin) gerçek kaynak en kesitinin (En küçük boru en kesitinin daha da büyük) nazarı dikkati altında doğrudan boru birleşiminde gerilmelerin hesaplanmasına izin vermiştir.



Resim 2.82 Boruların birbiriyle doğrudan birleşiminde içinde kalan yay uzunluğunun hesabı için gösterilen düğüm noktası.

Resim 2.82'de gösterilen gerçek kaynak uzunluğu aşağıdaki yaklaşık formüle göre elde edilebilir.

$$(2-9)$$

$$L = L_1 + L_2 + 3\sqrt{L_1^2 + L_2^2} \quad (2-6)$$

burada :

$$l_1 = \frac{d}{2\sin\beta} \quad \text{ve} \quad l_2 = \frac{d}{3} \frac{3 - \left(\frac{d}{D}\right)^2}{2 - \left(\frac{d}{D}\right)^2} \quad (2.7)$$

Düz kısımları olan eğri boru birleşiminde :

$$L_2 = 0,5 d$$

Sammet'in deneylerinden, boru birleşiminde, bir çok durumda kaynak gerilmelerinin belirtilmesinin kafi gelmediği anlaşılmaktadır. Sammet birleştirmelerin biçimlerinin çok çeşitliliğinden dolayı her çözüm için farklı olan taşıma gücünde gözönüne alınması gerektiğini söylemiştir. Taşıma gücünün aşağıdaki şekilde denetlenmesini önermiştir. Düğüm noktası taşıma gücünün, dönüştürülmüş (2.2) formülüne göre hesaplanması gerekir.

$$S_{kr} = S'_{kr} \cdot \frac{\alpha}{\sin\beta} \quad (2.8)$$

burada :

S'_{kr} = İncelenen düğüm noktasının, diyagonaller ile aynı borudan yapılmış dikmeler ve başlık ile aynı borudan yapılmış yatay çubukların kullanıldığı, dik açılı birleşimlerin taşıma gücü.

α = Tablo 2.4'e göre şekil katsayıları.

β = (2-2) Formülündeki gibi.

S'_{kr} 'nin nümerik değerleri, (2-1)'deki oranlarda yapılan birleşimler için, Resim(2.77), (2.78), (2.79)'dan alınır.

Değişik borulardan yapılmış başlıklarda S'_{kr} -Nümerik değerleri için, bu resimlerde lineer enterpolasyon -ya da extrapolasyon yapılması gerekir. İncelenen düğüm noktasının her bir diyagonalin γ ve β 'sı için düğüm noktasının taşıma gücü iki kez hesaplanır.

Sonra aşağıdaki ilişkiden düğüm noktasının emniyet katsayısı hesaplanır.

$$\nu = \frac{S_{kr}}{S} \geq \nu_3 \quad (2-9)$$

burada :

$S = (2-8)$ formülünde yerleştirilen β 'ya göre çekme ya da basınç diyagonalindeki kuvvet.

$S_{kr} = (2-8)$ formülüne göre.

$\gamma_g =$ Emniyet katsayısı.

Esas yükler için 3,0

Esas + ilave yükler için 2,7 alınması gerekir.

yük durumları DIN 1050'ye göre kabul edilir.

2.5.2 Perçinli Birleştirmeler.

Perçinli birleştirmeler, genellikle nadiren ve yalnızca büyük çaplardaki boruların birleşiminde ortaya çıkar.

DIN 1050 yönetmeliğine uygun hesaplanır ve çizilirler.

Perçinli birleştirmeler çelik konstrüksiyonlar üzerine yazılmış kitaplarda işlenmiştir.

2.5.3 Vida- ve Blonlu Birleştirmeler.

Hem uygun ve kaba blonlarla ve hem de vidalarla yapılan birleştirmeler, çelik konstrüksiyonlar üzerine yazılmış ders kitaplarına ve DIN 1050'ye göre çizilir ve hesaplanırlar. Birleştirilen kısımlar St 33 St 37 ya da St 52 gibi değişik çeliklerden yapılmış ise birleştirmede emniyet gerilmesi için DIN 1050'ye göre, adı geçen çeliklerden akma sınırı en düşük olanı kabul edilir.

2.5.4 Sürtülmeli Birleştirmeler.

Parçalarınabilir çatı konstrüksiyonlarına ya da konstrüksiyonlara benzer türde kullanılan sürtülmeli birleştirmelerin taşıma gücünün kırılma deneyinden kontrol edilmesi gerekir. Kuvvet aktarımı ve çeşitli biçimlerdeki birleşim hesapları için genel direktifler mevcut değildir. Çoğunlukla bu birleştirmeler patent koruması altındadır.

$$M = H \cdot \frac{D}{2} = 9,12 \times 0,5 \times 10,2 = 46,4 \text{ Mp.cm.}$$

2.5.5 Sayısal Örnekler.

Örnek 2.1

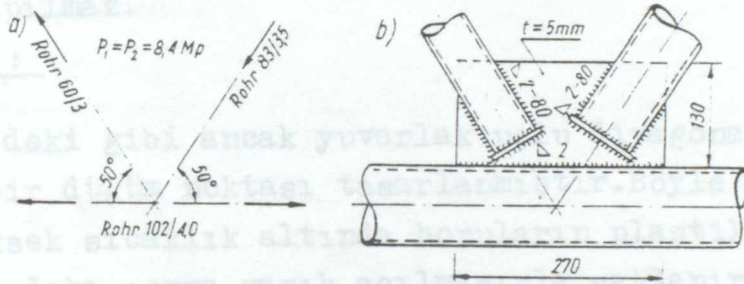
Resim 2.83'te yükleme şeması gösterilen, St35 çeliğinin kullanıldığı bir düğüm noktası tasarlanmıştır. Diyagonaller düğüm noktası levhasıyla, $a = 2$ mm. kalınlığındaki köşe kaynakla birleşmişlerdir. Hesapta sadece çubuk eksenine paralel dikişler gözönüne alınır, ve boru uçlarını birleştiren enine kırışlar ihmal edilirler.

Kaynak dikişinde St 35 çeliğindeki emniyet gerilmeleri St 37 çeliğindekiyle aynıdır. Tablo 2.5'e göre esas yükler için $\sigma_{em} = 1350 \text{ Kp/cm}^2$ alınmıştır.

Resim 2.83'e göre yapılan birleşim, emniyet biçimine bağlı olan taşıma gücü yeterli olduğu için Şammet metoduna göre kontrol yapılacaktır.

Örnek 2-2 :

Örnek 2.1'deki gibi ancak yuvarlak çubuklar yerine çubuklardan yapılmış bir düğüm noktası tasarlanmıştır. Böylece bir yuvarlaklık yüksek basınç altındaki yapıların plastik hale gelmesiyle ve daha sonra yarıçap açılması sağlanır. (Resim 2-84)



Resim 2.83 Hesaplanan örneğin düğüm noktası a) şema b) çözüm

köşe kaynağın minimum uzunluğu :

$$l = \frac{P}{4 \cdot a \cdot \sigma_{em}} = \frac{8400}{4 \cdot 0,2 \cdot 1350} = 7,8 \text{ cm.}$$

seçilen $l = 80 \text{ mm.}$

Başlık borusuyla düğüm noktası levhasını birleştiren kaynakta gerilmenin bulunuşu :

Kaynakta teğat kuvvetler : $H = 2P \cos 50^\circ = 2 \cdot 8,4 \cdot 0,453 = 9,12 \text{ Mp.}$

Bu teğat kuvvetlerden dolayı kaynak dikişine etkiyen

moment:

$$M = H \cdot \frac{D}{2} = 9,12 \times 0,5 \times 10,2 = 46,4 \text{ Mp.cm.}$$

Bazı ders kitapları, yuvarlak çubuklardaki köşe kaynak dikişinin hesabını ihmal etmeyi ve sadece boru eksenine paralel

$$\tau_{//} = \frac{H}{2 \cdot a \cdot L} = \frac{9120}{2 \cdot 0,2 \cdot 27,0} = 845 \text{ kp/cm}^2$$

$$W = \frac{1}{6} \times 2 \times 0,2 \times 27,0^2 = 291 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{46400}{291} = 160 \text{ kp/cm}^2$$

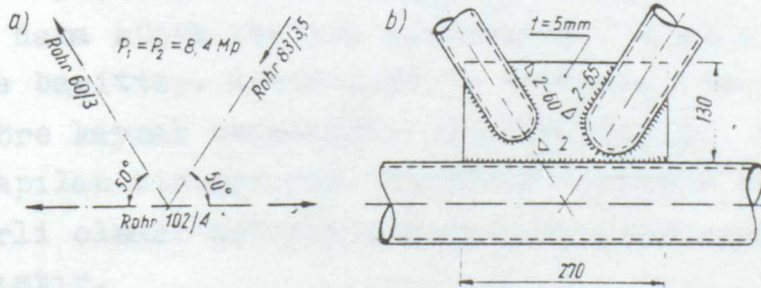
(2-3) formülüne göre mukayese gerilmesi .

$$\sigma_{\sqrt{}} = \sqrt{845^2 + 160^2} = 862 \text{ kp/cm}^2 < 1350 \text{ kp/cm}^2$$

Resim 2.83'e göre yapılan birleşim, onun biçimine bağlı olan taşıma gücü yeterli olduğu için Sammet metoduna göre kontrol yapılmaz.

Örnek 2-2 :

Örnek 2.1'deki gibi ancak yuvarlak uçlu diyagonallerden yapılmış bir düğüm noktası tasarlanmıştır. Böyle bir yuvarlaklık yüksek sıcaklık altında boruların plastik hale gelmesiyle ve daha sonra yarık açılmasıyla sağlanır. (Besim 2-84)



Resim 2.84 Hesaplanan örneğin düğüm noktası.
a) Şema , b) Çözüm

Bazı ders kitapları, yuvarlak kısımdaki kaynak dikişinin hesabını ihmal etmeyi ve sadece boru eksenine paralel

kesitinin gözönüne alınmasını tavsiye etmiştir. Ancak gerilmelerin bulunmasında muhtemelen bu kaynağın bir kısmı yani $l_0 = \frac{L}{4} d$ uzunluğundaki boru eksenine paralel kaynağın her tarafı gözönüne alınır. (burada: d:kapalı boruların dış çapıdır) kaynak kalınlığı örnek 2.1'deki gibidir. Yuvarlak kısımda kaynak dikişinin kısmen çekilmesinden sonra, boru eksenine paralel köşe kaynağın minimum uzunluğu :

a) Çekme diyagonali.

$$l_1 = \frac{P_1}{4 \cdot a \cdot \sigma_{em}} - \frac{d_1}{4} = \frac{8400}{4 \cdot 0,2 \cdot 1350} - \frac{6,0}{4} = 7,8 - 1,5 = 6,30 \text{ cm.}$$

seçilen $l_1 = 65 \text{ mm.}$

b) Basınç diyagonali .

$$l_2 = \frac{P_2}{4 \cdot a \cdot \sigma_{emn}} - \frac{d_2}{4} = 7,8 - \frac{8,3}{4} = 7,8 - 2,1 = 5,7 \text{ cm.}$$

seçilen $l_2 = 60 \text{ mm.}$

Diyagonal ve başlık borular arasındaki aralığın hiç olmazsa 10 mm. olması gerekir. Resim 2.84'bde gösterilen çözüm düğüm noktası levhası boyutları Resim 2.83 b'daki çözümden daha büyüktür. Ancak diyagonal boruların kubbe şeklindeki birleşimle yapılan çözümü, kaynak yapılmış düz yerlerdeki çözümden daha küçük işçilik gerektirir. ve seri üretimler için daha basittir. Resim 2.84'te yukarıda ortaya konulan hesaba göre kaynak uzunlukları gösterilmiştir. Resim 2.84'e göre yapılan birleştirme, gerektiği şekilde taşıma gücünün yeterli olması nedeniyle Sammet metoduna göre kontrol yapılmamıştır.

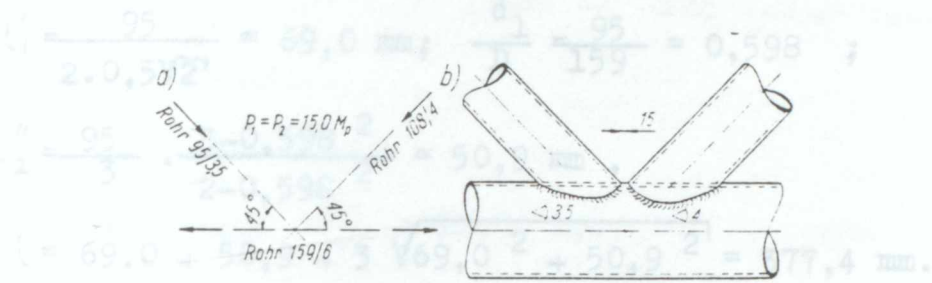
Örnek 2-3

Resim 2.85'ten şeması görülen bir düğüm noktası levhasız olarak tasarlanmıştır. Köşe kaynaklı HV- kaynak dikişi seçilirse bu kaynak iyi bir kaynak yapımını garanti

etmektedir. Kaynak kalınlıkları diyagonalin cidar kalınlığıyla aynıdır.

$$\sigma_2 = \frac{F_2}{F_2} = \frac{13,1}{15,1} = 1145 \text{ kp/cm}^2 < 1800 \text{ kp/cm}^2$$

Başlıkla çekme diyagonalini birleştiren kaynak uzunluğu :



Resim 2.85 Hesaplanan örneğin düğüm noktası enkesiti :
a) Şema , b) Çözüm.

St 35 çeliğinde (St 37 çeliğindeki gibi) esas ve ilave yükler için emniyet gerilmeleri -tablo 2.5'e göre- aşağıda seçilmiştir.

Basınç diyagonalini $\sigma_{em} = 1800 \text{ kp/cm}^2$

Çekme diyagonalini $\sigma_{em} = 1500 \text{ kp/cm}^2$

Birleştirmede kaynak uzunluğunun hesabı için (2-6) ve (2-7) yaklaşık formülleri kullanılır.

$$l_2 = \frac{d_2}{2 \sin \beta} = \frac{108}{2 \cdot 0,512} = 76,3 \text{ mm}, \quad \frac{d_2}{D} = \frac{108}{159} = 0,679;$$

$$l_2' = \frac{d_2}{3} \cdot \frac{3 - \left(\frac{d_2}{D}\right)^2}{2 - \left(\frac{d_2}{D}\right)^2} = \frac{108}{3} \cdot \frac{3 - 0,679^2}{2 - 0,679^2} = 59,4 \text{ mm};$$

$$l_2 = l_2 + l_2' + 3 \cdot l_2 = 76,3 + 59,4 + 3 \cdot 76,3 = 425,7 \text{ mm}.$$

Başlıkla basınç diyagonalini birleştiren kaynak enkesiti :

$$F_s = 0,4 \cdot 42,57 = 17,04 \text{ cm}^2$$

Basınç diyagonalinin boru enkesiti :

$$F_2 = 13,1 \text{ cm}^2 < 17,04 \text{ cm}^2$$

Başlıkla basınç diyagonalinin birleşimindeki gerilme :

$$\sigma_2 = \frac{P_2}{F_2} = \frac{1500}{13,1} = 1145 \text{ kp/cm}^2 < 1800 \text{ kp/cm}^2$$

Başlıkla çekme diyagonalini birleştiren kaynak uzunluğu :

$$l'_1 = \frac{95}{2 \cdot 0,5\sqrt{2}} = 69,0 \text{ mm}; \quad \frac{d_1}{D} = \frac{95}{159} = 0,598 ;$$

$$l''_2 = \frac{95}{3} \cdot \frac{3 - 0,598^2}{2 - 0,598^2} = 50,9 \text{ mm} ,$$

$$l = 69,0 + 50,9 + 3 \sqrt{69,0^2 + 50,9^2} = 377,4 \text{ mm.}$$

Başlıkla çekme diyagonalini birleştiren kaynak enkesiti :

$$F_s = 0,35 \cdot 37,74 = 13,2 \text{ cm}^2$$

Çekme diyagonalinin boru enkesiti :

$$F_1 = 10,1 \text{ cm}^2 < 13,2 \text{ cm}^2$$

Başlıkla çekme diyagonalinin birleşimindeki gerilme .

$$\sigma_1 = \frac{P_1}{F_1} = \frac{1500}{10,1} = 1483 \text{ kp/cm}^2 < 1500 \text{ kp/cm}^2$$

Sammet metoduna göre düğüm noktası taşıma gücünün belirlenmesi.

Basınç diyagonalini.

$$\gamma = \frac{108 - 4,0}{159 - 6,0} = 0,68$$

Resim 2.79'dan okunan : $S_{kr} = 14,9 \text{ Mp}$

Tablo 2.4'den alınan : $\alpha = 1,5$

Basınç diyagonali altında.

$$S_{kr} = S'_{kr} \frac{\alpha}{\sin \beta} = 14,9 \frac{1,5}{0,707} = 31,6 \text{ Mp.}$$

Düğüm noktasının emniyet katsayısı.

$$v = \frac{S_{kr}}{P_2} = \frac{31,6}{15,0} = 2,11 < 2,7 \quad (\text{Esas ve ilave yükler için})$$

Çekme diyagonali.

$$\gamma = \frac{95 - 3,5}{159 - 6,0} = 0,598$$

Resim 2.79'dan $S_{kr} = 12,72 \text{ Mp.}$ (4.4) düğüm noktası:

Tablo 2.4'den : $\alpha = 1,5$

$$S_{kr} = 12,72 \frac{1,5}{0,707} = 27,0 \text{ Mp,}$$

$$v = \frac{27,0}{15,0} = 1,8 < 2,7.$$

Sammet'in belirttiğinden anlaşılmaktadırki, kaynak dikişindeki ve çubuk en kesitindeki gerilmeler ihmal edilecek kadar küçük olduğu halde, diyagonal kuvvetini taşımak için düğüm noktası taşıma gücü çok düşüktür. Gerçi Resim 2.85'te merkezden sapma olmadığı halde : Tablo 2.4'teki merkezden negatif sapma için α katsayısı gözönüne alınmıştır. Fakat burada şekil farkı, yukarıdaki hesap üzerine, taşıma gücünün önemli bir artışının beklenebileceği kadar büyük değildir. Düğüm noktasının şekli, örneğin Resim 2.10 , 2.11 ya da 2.28'de gösterilen çözümlerdeki prensiplere uygun olarak değişmelidir.

Örnek 2.4

Şeması Resim 2.86'da gösterilen bir düğüm noktası tasarlanmıştır. Köşe kaynaklı, levhasız çözüm kabul edilirse :

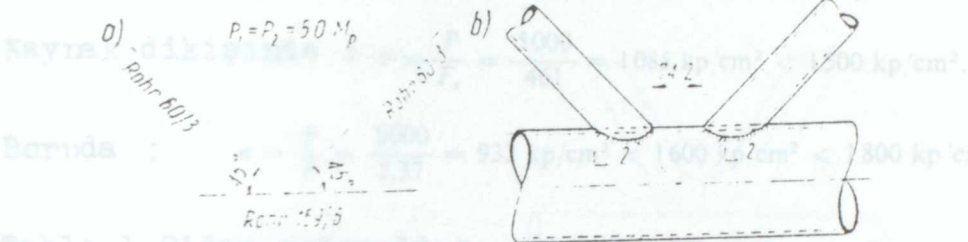
Diyagonalin her iki kenarlığı :

$$P = 3,37 \text{ cm}^2 \quad P = 4,61 \text{ cm}^2$$

Başlıkla diyagonalinin birleşiminde gerilme hesabı için

kaynak enkesiti olarak, en küçük enkesit esas alınır.

Başlıkla diyagonallerin birleşiminde gerilme :



Tablo 1.9'den alınacağı gibi 37 çeliğinde çekme için emniyet gerilmesi $\sigma_{em} = 1800 \text{ kp/cm}^2$ dir, ve bu ölçüde

Resim 2.86 Hesaplanan örneğin (4.4) düğüm noktası a) Şema b) Çözüm.

Semmet'e göre düğüm noktası taşıma gücünün bulunması :

Kaynak kalınlıkları DIN 4115'e göre minimum kabul edilmiştir. $a = 2 \text{ mm} < 0,7 \cdot 3,0 \text{ mm}$. Tablo 2-5'e göre esas ve ilave yükler için emniyet gerilmesi :

$$\sigma_{em} = 1500 \text{ kp/cm}^2 \quad \text{Tablo 2.4'ten : } \alpha = 1,0$$

Başlıkla çekme ya da basınç diyagonalini birleştiren kaynak uzunluğu.

Esas ve ilave yükler için emniyet katsayısı :

$$l' = \frac{60}{2 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{2}} = 42,4 \text{ mm} ; \quad \frac{d}{D} = \frac{60}{159} = 0,378 ;$$

$$l'' = \frac{60}{3} \cdot \frac{3 - 0,378^2}{2 - 0,378^2} = 30,8 \text{ mm} ;$$

$$L = 42,4 + 30,8 + 3 \cdot \sqrt{42,4^2 + 30,8^2} = 230,4 \text{ mm}.$$

Başlıkla çekme ya da basınç diyagonalini birleştiren kaynağın enkesiti .

$$F_s = 0,2 \cdot 23,04 = 4,61 \text{ cm}^2$$

Diyagonalin boru enkesiti :

$$F = 5,37 \text{ cm}^2 > 4,61 \text{ cm}^2$$

Başlıkla diyagonallerin birleşiminde gerilme hesabı için

kaynak enkesiti olarak, en küçük enkesit esas alınır.

Başlıkla diyagonallerin birleşiminde gerilme :

$$\text{Kaynak dikişinde : } \tau = \frac{P}{F_s} = \frac{5000}{461} = 1085 \text{ kp/cm}^2 < 1500 \text{ kp/cm}^2.$$

$$\text{Boruda : } \sigma = \frac{P}{F} = \frac{5000}{5,37} = 932 \text{ kp/cm}^2 < 1600 \text{ kp/cm}^2 < 1800 \text{ kp/cm}^2.$$

Tablo 1.9'dan anlaşıldığı gibi St 37 çeliğinde çekme için emniyet gerilmesi $\sigma_{z,em} = 1800 \text{ kp/cm}^2$ dir, ve bükülmede basınç için bu husustaki emniyet gerilmesi DIN 1050'ye göre $\sigma_D = 1600 \text{ kp/cm}^2$ dir.

Sammet'e göre düğüm noktası taşıma gücünün bulunması :

$$\gamma = \frac{60-3}{159-6} = 0,372$$

Resim 2.79'dan : $S'_{kr} = 9,67 \text{ Mp}$. Tablo 2.4'ten : $\alpha = 1,0$

$$S_{kr} = 9,67 \frac{1,0}{0,707} = 13,68 \text{ Mp}.$$

Esas ve ilave yükler için emniyet katsayısı :

$$\nu = \frac{13,68}{5,0} = 2,73 > 2,7$$

Düğüm noktasının ölçülendirilmesinde birleştirmenin taşıma gücü gerektiği şekilde esas tutulur. Kaynak dikişindeki gerilmenin bulunmasında, emniyet gerilmesi olarak en küçük bir değer alınır.

Örnek 2.5

Şeması Resim 2.87'de gösterilen bir düğüm noktası tasarlanmıştır. Kafes kiriş düzleminde yassılatılmış borularla yapılan çözüm seçilirse :

Tablo 2.5'e göre esas ve ilave yüklerde, hem küt kaynak hemde köşe kaynak için emniyet gerilmeleri

$$\sigma_{em} = 1500 \text{ kp/cm}^2 \text{ dir.}$$

Bileşke gerilme.

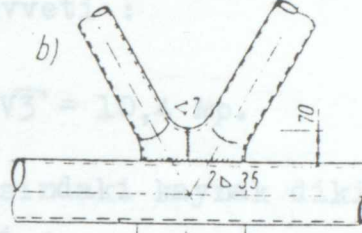
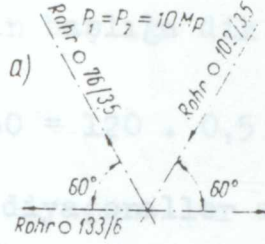
$$\sigma = \sqrt{672^2 + 1050^2} = 1250 \text{ kp/cm}^2 \quad 1500 \text{ kp/cm}^2$$

Diyagonalin kuvveti:

$$F = P \cdot \cos 60 = 12,0 \cdot 0,5 = 6,0 \text{ Mp}$$

Bu kuvvet köşe kaynağın arkasına etki eder. Küt kaynağın arkası:

$$F_a = 0,7 \cdot 7,0 = 4,9 \text{ cm}^2$$



115	140
115	10 130
255	

Resim 2.87 Hesaplanan örneğin (2-5) düğüm noktası
a) Şema , b) Çözüm

Diyagonallerdeki başlığa paralel bileşke kuvvet.

$$H = P \cdot \cos 60^\circ = 12,0 \cdot 0,5 = 6,0 \text{ Mp.}$$

Başlıkla diyagonal birleştiren kaynak dikleşiminde, kaynağa etki eden teğet kuvvet $Q = 2H = 2 \cdot 6,0 = 12,0 \text{ Mp}$ ve diyagonaldeki başlığa paralel bileşke kuvvetinden dolayı eğilme momenti.

$$M = Q \cdot \frac{D}{2} = 12,0 \cdot 0,5 \cdot 13,3 = 79,75 \text{ Mpcm. dir.}$$

Köşe kaynağın geometrik büyüklüğü.

$$F = 2 \cdot 0,35 \cdot 25,5 = 17,86 \text{ cm}^2 \quad \text{Tablo 2-4'den } K = 2,5$$

$$W = 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 0,35 \cdot 25,5^2 = 75,9 \text{ cm}^2$$

Köşe kaynak gerilme bileşkesi :

$$\tau_{//} = \frac{Q}{F} = \frac{12000}{17,86} = 672 \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{79750}{75,9} = 1050 \text{ kp/cm}^2$$

Köşe kaynaklı ve diyagonaller arasında düğüm noktası

Bileşke gerilme.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_{11}^2 - \tau_{11}^2} = \sqrt{1050^2 - 672^2} = 1250 \text{ kp/cm}^2 < 1500 \text{ kp/cm}^2.$$

Diyagonalin başlığa dik kuvveti :

$$N = P \cdot \cos 60 = 120 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{3} = 10,4 \text{ Mp.}$$

Bu kuvvet diyagonaller arasındaki kaynak dikişine etki eder. Küt kaynağın enkesiti :

$$F_s = 0,7 \cdot 7,0 = 4,9 \text{ cm}^2$$

Küt kaynaktaki gerilme :

$$\tau = \frac{N}{F_s} = \frac{10400}{4,9} = 2120 \text{ kp/cm}^2 > 1500 \text{ kp/cm}^2$$

Başlıkla diyagonalleri birleştiren kaynak dikişinin, Köşe kaynağın bir kısmı ve diyagonaller arasındaki küt kaynağın, diyagonaldeki kuvvetin başlığa göre dik bileşkesini başlık üzerine aktardığı Sammet'in deneylerinden bilinir ; burada kuvvetler, başlığı eğilme ve kaymaya zorlarlar. Bundan dolayı küt kaynaktaki gerilmenin bulunması (yukarıdaki gibi) esas tutulmaz. Düğüm noktasının Sammet'e göre kontrol edilmesi gerekir.

$$\gamma = \frac{76 - 3,5}{135 - 6,0} = 0,571$$

Resim 2.79'dan : $S'_{kr} = 11,5 \text{ Mp.}$ Tablo 2-4'den $\alpha = 2,5$

$$S_{kr} = 11,5 \frac{2,5}{0,5 \sqrt{3}} = 33,2 \text{ Mp.}$$

Esas ve ilave yüklerde emniyet katsayısı .

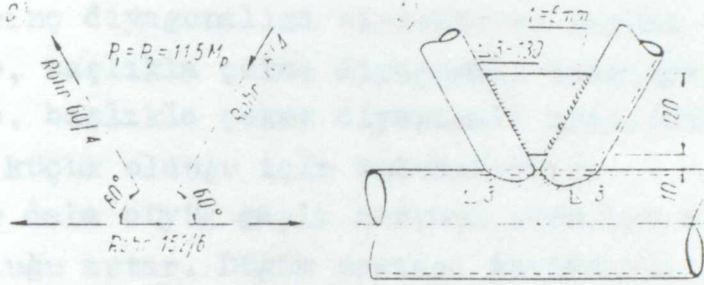
$$\gamma = \frac{33,2}{12,0} = 2,77 > 2,7$$

Örnek 2.6

Köşe kaynaklı ve diyagonaller arasında düğüm noktası

levhası olan, şeması Resim 2.88 a'da gösterilen bir düğüm noktası tasarlanmıştır.

$$\tau = \frac{5750}{6,24} = 922 \text{ kg/cm}^2$$



Bütün Resim 2.88 Hesaplanan örneğin düğüm noktası (2-6) için - kabul edilmiştir. a) Şema , b) Çözüm.

Başlıkla diyagonalleri birleştiren kaynak dikişinin, sadece başlığa paralel kuvvet bileşkesini taşıdığı basitleştirilmesi kabul edilebilir.

$$H = P \cdot \cos 60^\circ = 11,5 - 0,5 = 5,75 \text{ Mp.}$$

Başlıkla çekme diyagonalini birleştiren kaynağın uzunluğu, (4.6) ve (2.7) formüllerine göre hesaplanır. 2-3 ve 2-4 örneklerinde ayrıntılarıyla gösterilen hesabın yalnızca sonucu verilmiştir.

$$l'_1 = 35,6 \text{ mm.} \quad l''_1 = 30,9 \text{ mm.} \quad l_1 = 208,1 \text{ mm.}$$

Başlıkla çekme diyagonalini birleştiren kaynağın enkesiti:

$$F_s = 0,3 - 20,81 = 6,24 \text{ cm}^2$$

Çekme diyagonali borusunun enkesiti :

$$F = 7,04 \text{ cm}^2 > 6,24 \text{ cm}^2$$

Gerilmeler örnek 2-4'teki gibi yerleştirilmiştir. Başlıkla diyagonalleri birleştiren kaynaktaki gerilme :

$$\tau = \frac{5750}{6,24} = 922 \text{ kp/cm}^2 < 1500 \text{ kp/cm}^2$$

Başlıkla basınç diyagonalini birleştiren kaynak dikişindeki gerilme, başlıkla çekme diyagonali arasındaki dikişindeki gerilme, başlıkla çekme diyagonali arasındaki dikiştenkinden daha küçük olduğu için bulumamıştır.

Birleştirmede daha büyük çaplı borunun gözönüne alınmasıyla kaynak uzunluğu artar. Düğüm noktası revhasıyla diyagonali birleştiren kaynak dikişindeki gerilmeyi hesaplamak için, bütün kuvvetin onunla taşındığı -emniyetli tarafta olmak için - kabul edilabilir : Ancak eğilme momenti gözönüne alınmaz. Bu durumda minimum kayrak uzunluğu :

$$l = \frac{11500}{2 \cdot 0,3 \cdot 1500} = 12,8 \text{ cm.}$$

Seçilen $l = 130 \text{ mm.}$

Sammet'e göre taşıma gücünün bulunması :

$$\gamma = \frac{60 - 4}{152 - 6} = 0,383$$

Resim 2.79'dan : $S'_{kr} = 10,7 \text{ Mp.}$ Tablo 2.4'den : $\alpha = 2,5$

$$S_{kr} = 10,7 \cdot \frac{2,5}{0,5 \cdot \sqrt{3}} = 30,9 \text{ Mp.}$$

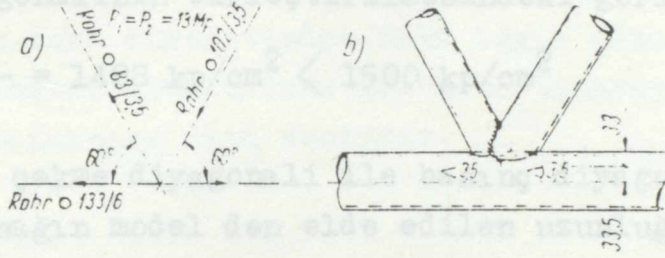
Esas ve ilave yüklerde emniyet katsayısı :

$$\nu = \frac{30,9}{11,5} = 2,69 \approx 2,7$$

Taşıma gücünün belirlenmesinde, basınç diyagonali için γ ve S'_{kr} - değerlerinde düğüm noktasının çekme diyagonali için hesaplanandan daha yüksek bir emniyet katsayısı elde edilir.

Örnek 2.7

Merkezden negatif sapsmalı çözümün seçildiği, şeması Resim 2-89 a'da gösterilen bir düğüm noktası tasarlanmıştır. Basınç diyagonali, çekme diyagonalinin üzerine konulmuştur.



Resim 2.89 Hesaplanan örneğin (2.7) düğüm noktası.
a) Şema , b) Çözüm.

Diyagonal boru kerarının incelenmesiyle, köşe kaynaklı HV- küt kaynakları kökü kaynaklanmamış olarak kullanılabilir. olmaksızın HV- küt kaynaklarkullanılabilmisti. Esas ve ilave yükler için emniyet gerilmeleri Tablo 2-5'e göre St 35 çeliği için $\sigma_{em} = 1500 \text{ kp/cm}^2$ dir. Başlıkla çekme diyagonali arasındaki kaynak uzunluğu (2-5) formülüne göre hesaplanabilir.

$$l'_1 = \frac{83}{2 \cdot 0,5 \sqrt{3}} = 47,9 \text{ mm}; \quad \frac{d_1}{D} = \frac{83}{133} = 0,624;$$

$$l'_2 = \frac{83}{3} \cdot \frac{3 - 0,624^2}{2 - 0,624^2} = 44,8 \text{ mm};$$

$$l_1 = 47,9 + 44,8 + 3 \sqrt{47,9^2 + 44,8^2} = 304,1 \text{ mm}.$$

Çekme diyagonali, ayrıca basınç diyagonalıyla kaynaklanmıştır.

Kaynak uzunluğunu modelde elde etmek en kolaydır.

Yaklaşık 130 mm.dir.

Toplam uzunluk :

$$L_1 = 304 + 130 = \text{yaklaşık } 430 \text{ mm.}$$

Başlık ve basınç diyagonali ile çekme diyagonalini birleştiren kaynak dikişinin enkesiti :

$$F_s = 0,35 \cdot 43,0 = 15,05 \text{ cm}^2$$

Çekme diyagonali borusunun enkesiti :

$$F_1 = 8,74 \text{ cm}^2 < 15,05 \text{ cm}^2$$

Çekme diyagonalinin birleştirilmesindeki gerilme :

$$= \frac{13000}{8,74} = 1488 \text{ kp/cm}^2 < 1500 \text{ kp/cm}^2$$

Başlık ve çekme diyagonali ile basınç diyagonalini birleştiren kaynağın model den elde edilen uzunluğu :

$$L_2 = 320 \text{ mm. dir.}$$

Bu kaynağın enkesiti :

$$F_s = 0,35 \cdot 32,0 = 11,18 \text{ cm}^2$$

Basınç diyagonali borusunun enkesiti :

$$F_2 = 10,8 \text{ cm}^2 < 11,18 \text{ cm}^2$$

Basınç diyagonalinin birleştirilmesindeki gerilme :

$$= \frac{13000}{10,8} = 1204 \text{ kp/cm}^2 < 1500 \text{ kp/cm}^2$$

Çekme diyagonali için Sammet'e göre düğüm noktası taşıma gücünün bulunması :

$$\gamma = \frac{85 - 3,5}{133 - 6,0} = 0,626$$

Resim 2.79'dan : $S_{kr}^A = 12,0 \text{ Mp}$ Tablo 2.4'den : $\alpha = 3,5$

$$S_{kr} = 12,0 \frac{3,5}{0,5\sqrt{3}} = 48,4 \text{ Mp.}$$

Esas ve ilave yükler için emniyet katsayısı :

$$\nu = \frac{48,4}{13,0} \cdot 3,72 > 2,7$$

Basınç diyagonalı için Sammet'e göre düğüm noktasının taşıma gücünün belirlenmesi daha yüksek bir emniyet katsayısı verir.

Yukarıda verilen hesaplardan görülmüştür ki; DIN 4115'e göre; doğrudan birleşimdeki hesap yoluyla bulunan kaynak enkesitinin boru enkesitinden daha büyük olması kabul edilemez, birleştirmenin taşıma gücünden tamamen hesap yoluyla yuvarlanılmasına izin verilmez.

Örnek 2.8

Şeması Resim 2.90'da çizilen ve yuvarlak bir enine bölmenin seçildiği bir düğüm noktası tasarlanmıştır. Çekme diyagonalı enine bölmeyle köşe kaynağın ve HV- alın kaynağının (kökü kaynaklı) yardımıyla birleştirilmişlerdir.

Bu kaynağın uygulaması, hiç bir hataya malik olmadığı için kusursuz olmalıdır. Diğer çubuklar, bölmeyle, boru kalınlığıyla aynı kalınlıktaki köşe kaynakla bağlanır.

Tablo 4.5'e göre St 35 çeliği için esas yüklerde emniyet gerilmeleri :

Basınç diyagonalı için $\sigma_{emn} = 1600 \text{ kp/cm}^2$

Diğer çubuklar için $\sigma_{emn} = 1350 \text{ kp/cm}^2$

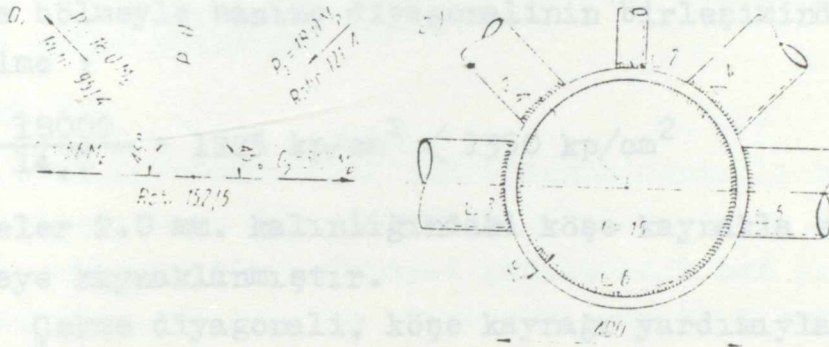
Kaynak uzunlukları (2-5) ve (2-7) yaklaşık formülleri yardımıyla $\beta = 1,0$ için hesaplanmıştır.

Başlık için :

$$l'_a = \frac{D_2}{2 \sin \beta} = \frac{152}{2 \cdot 1,0} = 76 \text{ mm}; \quad \frac{D_2}{D} = \frac{152}{400} = 0,38;$$

$$l''_a = \frac{152}{3} \cdot \frac{3 - 0,38^2}{2 - 0,38^2} = 78 \text{ mm};$$

$$l_a = 76 + 78 + 3 \sqrt{76^2 + 78^2} = 481 \text{ mm}.$$



Resim 2.90 Hesaplanan örneğin düğüm noktası (4-8)
a) Şema , b) Çözüm.

Enine bölmeyle başlığı birleştiren kaynak dikişinin enkesiti :

$$F_s = 0,5 \cdot 48,1 = 24,05 \text{ cm}^2$$

Başlık boru enkesiti :

$$F_g = 23,1 \text{ cm}^2 < 24,05 \text{ cm}^2$$

Başlık birleşimindeki gerilme :

$$\sigma_3 = \frac{3100}{23,1} = 1342 \text{ kp/cm}^2 < 1350 \text{ kp/cm}^2$$

Başlıkla basınç diyagonalini birleştiren kaynak uzunluğu:

$$l'_2 = \frac{121}{2 \cdot 1,0} = 60,5 \text{ mm}; \quad \frac{d_2}{D} = \frac{121}{400} = 0,3025;$$

$$l''_2 = \frac{121}{3} \cdot \frac{3 - 0,3025^2}{2 - 0,3025^2} = 77,7 \text{ mm};$$

$$l_2 = 60,5 + 77,7 + 3 \sqrt{60,5^2 + 77,7^2} = 433,7 \text{ mm}.$$

Enine kesitte basınç diyagonalini birleştiren kaynak enkesiti :

$$F_s = 0,4 \cdot 43,37 = 17,33 \text{ cm}^2$$

Basınç diyagonalı borusunun enkesiti :

$$F_2 = 14,7 \text{ cm}^2 < 17,33 \text{ cm}^2$$

Enine bölmeyle basınç diyagonalinin birleşimindeki gerilme :

$$\sigma_2 = \frac{18000}{14,7} = 1225 \text{ kp/cm}^2 < 1350 \text{ kp/cm}^2$$

Dikmeler 2.0 mm. kalınlığındaki köşe kaynakla enine bölmeyle kaynaklanmıştır.

Çekme diyagonalı, köşe kaynağı yardımıyla aynı zamanda enine bölmeyle birleştirilirse, gerilmelerin emniyeti önemli ölçüde aşılır. Bundan dolayı bu diyagonal için çok büyük bir boru kullanılmamak için, kusursuz kaynak dikişi imalatının garantisıyla DIN 4100'e uygun küt kaynağı yapılabilir. Enine bölmeyle çekme diyagonalini birleştiren kaynak dikişinin uzunluğu :

$$l'_1 = \frac{95}{2 \cdot 1,0} = 47,5 \text{ mm}; \quad \frac{d_1}{D} = \frac{95}{400} = 0,2375;$$

$$l''_1 = \frac{95}{3} \cdot \frac{3 - 0,2375^2}{2 - 0,2375^2} = 47,9 \text{ mm};$$

$$l_1 = 47,5 + 47,9 + 3 \sqrt{47,5^2 - 47,9^2} = 298,0 \text{ mm}.$$

Bu kaynağın enkesiti :

$$F_s = 0,4 \cdot 29,8 = 11,92 \text{ cm}^2$$

Çekme diyagonalı borusunun enkesiti :

$$F_1 = 11,44 \text{ cm}^2 < 11,92 \text{ cm}^2$$

Enine bölmeyle çekme diyagonalinin birleştirilmesindeki gerilme :

$$\sigma_1 = \frac{18000}{11,44} = 1573 \text{ kp/cm}^2 < 1600 \text{ kp/cm}^2$$

Şimdiye kadar enine bölmenin cidarı ve başlığın hesabı için yönergeler hazırlanmıştır. Boyutlandırmalar büyük kuvvetin başlangıç yerinin gözönüne alınmasıyla yapılır. Tasarlanan bir düğüm noktası deneyde, çoğunlukla, kırılmaya kadar yüklenir.

Örnek 2.9

146/6 mm. boyutlarındaki iki borunun montajlı birleşimi tasarlanmıştır. Boru St 35 çeliğinden, levha St 37 çeliğinden yapılmıştır. Emniyet gerilmeleri her iki çelik için de aynıdır, ve esas ve ilave yüklerde $\sigma_{em} = 1800 \text{ kp/cm}^2$ dir. Boruyla, düğüm noktasını birleştiren köşe kaynağın

$\sigma_{em} = 1500 \text{ kp/cm}^2$ olduğu kabul edilmiştir.

Emniyet gerilmeleri, delik kabarması için $\sigma_{t,em} = 2700 \text{ kp/cm}^2$ ve kesme için $\tau_a = 1260 \text{ kp/cm}^2$ olan kaba bloklar seçilmiştir.

Eksenel kuvvet : $N = 46,5 \text{ Mp}$.

Boru enkesiti : $F_r = 26,4 \text{ cm}^2$

Birleşimin dışında boru enkesitindeki gerilme :

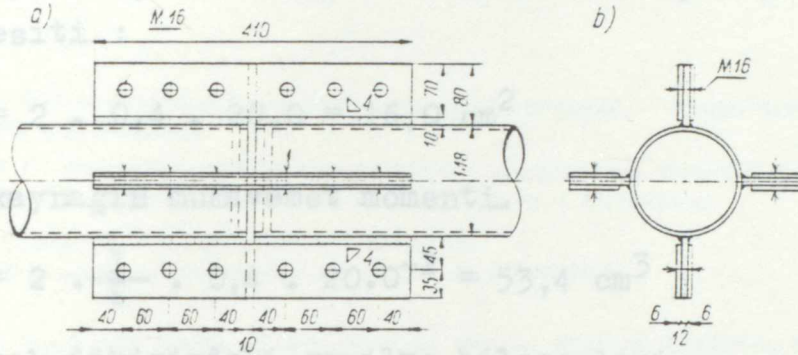
$$\sigma_R = \frac{46500}{26,4} = 1767 \text{ kp/cm}^2 < 1800 \text{ kp/cm}^2$$

Birleştirmedeki kuvvet aktarımına göre çapları 16 mm. olan blonlar kullanılmıştır. Birbirleriyle dik açılı iki düzlemde boruya kaynaklanan düğüm noktası levhası, birleşimi dörde ayırmıştır. Düğüm noktası levhaları her iki tarafından laşelerle örtülmüştür. Bloklar iki dişlidir.

Boruyla düğüm noktası levhasını birleştiren kaynak dikişine etki eden eğilme momenti.

$$N_s = \frac{46500}{4} \cdot 4,3 = 50400 \text{ kp/cm.}$$

Boruyla düğüm noktası levhasını birleştiren köşe kaynağı enkesiti:



Resim 2.91 Hesapların örneğinin (2.9) düğüm noktası.
a) Yandan görünüş, b) Enine kesit.

Kesilmesinde blonun taşıma gücü :

$$N_o = \frac{\pi d^2}{4} \cdot 2 \cdot \tau_{zul} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} \cdot 2 \cdot 1260 = 5040 \text{ kp.}$$

Delik kabarmasında blon taşıma gücü :

$$N = \text{mint.d.} \cdot \sigma_{1,em} = 1,2 \cdot 1,6 \cdot 2,700 = 5810 \text{ kp} > 5040 \text{ kp.}$$

Her levhanın bir tarafına, gerekli blon sayısı.

$$n = \frac{P}{4 \cdot N_o} = \frac{46500}{4 \cdot 5040} = 2,3$$

Laşede net kesiti, her biri 3 blonla seçilirse :

$$F_n' = 2 \cdot 0,6(7,0 - 1,6) = 6,48 \text{ cm}^2$$

Laşede gerilme.

$$\sigma' = \frac{46500}{4 \cdot 6,48} = 1791 \text{ kp/cm}^2 < 1800 \text{ kp/cm}^2$$

Boruyla düğüm noktası levhasını birleştiren kaynak dikişine etki eden eğilme momenti,

$$M_s = \frac{46500}{4} \cdot 4,5 = 52400 \text{ kpcm.}$$

Boruyla düğüm noktası levhasını birleştiren köşe kaynağı enkesiti :

$$F_s = 2 \cdot 0,4 \cdot 20,0 = 16,0 \text{ cm}^2$$

Bu kaynağın mukavemet momenti.

$$W_s = 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 0,4 \cdot 20 \cdot 0^{-2} = 53,4 \text{ cm}^3$$

Kaynak dikişindeki gerilme bileşenleri .

$$\sigma_{||} = \frac{46500}{4 \cdot 16,0} = 726 \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{52400}{53,4} = 982 \text{ kp/cm}^2$$

Bileşke gerilme.

$$\sigma_{\sqrt{}} = \sqrt{982^{-2} + 726^{-2}} = 1222 \text{ kp/cm}^2 < 1500 \text{ kp/cm}^2$$

Düğüm noktası levhasın da gerilmenin bulunmasına ihtiyaç yoktur. Onlar laşeninkinden daha küçüktür. Kuvvet, bitişik kaynak vasıtasıyla blonlardan borulara aktarılır, öyle ki düğüm noktası levhasında borunun enkesitinde $P = 46,5 \text{ Mp.}$ değerindeki bir kuvvet oluşmaz.

Faydalanılan Kaynaklar.

- 1- *Bader W.*: Stalowe konstrukcje rurowe dla obciążeń stałych i zmiennych. — Przegląd Spawalnictwa 1962, nr 8, Warszawa.
- 2- *Bettzieche P.*: Berechnung und Gestaltung geschweißter Konstruktionen. Zweckmäßige Gestaltung von Rohrknoten. — Schweißen und Schneiden 1952, Nr. 4. Braunschweig.
- 3- *Dalmine*. Tubular structures. Bollettino N. 45. Milano 1959.
- 4- *Dalmine*. Tubi per costruzioni metalliche. Bollettino N. 46. Milano 1959.
- 5- DIN 4100. Geschweißte Stahlbauten mit vorwiegend ruhender Belastung. Berechnung und bauliche Durchbildung
- 6- DIN 4115. Stahlleichtbau und Stahlrohrbau im Hochbau. Richtlinien für die Zulassung. Ausführung, Bemessung. August 1950.
- 7- *Godfrey G. B.*: L'emploi du tube d'acier dans les ossatures. — Acier Stahl Steel 1958, nr 12. Bruxelles.
- 8- *Herrstadt Th.*: 510 m hoher Fernsehmast in Cape Girardeau Mo USA. — Der Stahlbau 1961, Nr. 3, Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn. Berlin.
- 9- *Jamm W.*: Gestaltfestigkeit geschweißter Rohrverbindungen bei statischer Belastung. Schweißen und Schneiden 1951, Nr. 3. Braunschweig.
- 10- *Klöppel K., Goder W.*: Kugelförmiger Knoten mit sechs angeschlossenen Zugstäben aus Rohrprofilen. — Der Stahlbau 1961, Nr. 2. Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn. Berlin.
- 11- *Sammet H.*: Rohrkonstruktionen im Stahlbau. Fachbuchverlag. Leipzig. 1959.
- 12- *Sammet H.*: Die Festigkeit knotenblechloser Rohrverbindungen im Stahlbau. — Schweißtechnik 1963, Nr. 11. Berlin.
- 13- *Svoboda M., Konečný Fr.*: Stýčnický prostorových přihradových konstrukci. — Inženýrské Stavby 1963, nr 1. Praha.
- 14- *Wilenko K. L.*: Nouveaux pylônes — échelles en tubes du poste de transformation E. D. F. de Vieilmoulin (France). — Acier Stahl Steel 1963, nr 9. Bruxelles.

-BİÇİMLERE AİT STATİK DEĞERLER-

Çelik Konstrüksiyon Boruları

St 33 σ_{en} = 1500 kg/cm² E = 2.1 x 10⁶ kg/cm²

DİF 2440 Normal etli boro ölçüleri.

Ebat	D (mm)	d (mm)	S (mm)	W (kg/m)	J (cm ⁴)	W _x (cm ³)	I _x (cm ²)	i (cm)
1/2"	21,3	16	2,65	1,22	4,598	6,346	1,53	0,671
3/4"	26,9	21,6	2,65	1,35	1,303	1,116	2,02	0,862
1"	33,7	27,2	3,25	1,44	1,644	2,182	3,11	1,052
1 1/4"	42,4	35,3	3,25	1,74	7,711	3,637	4,00	1,368
1 1/2"	48,3	41,9	3,25	1,81	11,729	4,896	4,80	1,597
2"	60,3	53	3,65	2,10	26,166	6,878	6,50	2,336
2 1/2"	76,1	65,8	3,65	2,37	54,647	14,361	8,31	2,564
3"	88,9	76,2	3,65	2,77	97,377	21,907	10,60	3,005
4"	114,3	105,3	4,5	3,19	234,319	41,000	15,32	3,875
5"	139,7	130	4,85	3,13	467,644	66,945	22,95	4,770
6"	165,1	155,4	4,85	3,17	784,503	95,253	34,42	5,658

EKONOMİKLİK KONTROLÜ

TABLO I.

D - dış çap d - iç çap S - et kalınlığı W - birim ağırlık
J - atalet momenti W_x - mukavemet momenti I_x - kesit alanı

Yuvarlak boru birim ağırlığı (kg/m) $W = 0,02466 S (D + S)$

Yuvarlak boru mukavemet momenti (cm³) $W_x = \frac{\pi}{32} (D^3 - d^3)$

Yuvarlak boru atalet momenti (cm⁴) $J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$

Yuvarlak boru kesit alanı (cm²) $I_x = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$

-BORULARA AIT STATİK DEĞERLER -

Çelik Konstrüksiyon Boruları

St 33 $\tau_{em} = 1500 \text{ kg/cm}^2$ $E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

DIN 2440 Normal etli boro ölçüleri.

Ebat	D (mm)	d (mm)	S (mm)	W (kg/m)	J (cm ⁴)	W (cm ³)	A (cm ²)	i (cm)
1/2"	21,3	16	2,65	1,22	0,688	0,646	1,53	0,671
3/4"	26,9	21,6	2,65	1,59	1,501	1,116	2,02	0,862
1"	33,7	27,2	3,25	2,44	3,644	2,162	3,11	1,082
1 1/4"	42,4	35,9	3,25	3,14	7,711	3,637	4,00	1,388
1 1/2"	48,3	41,8	3,25	3,61	11,729	4,856	4,60	1,597
2"	60,3	53	3,65	5,10	26,166	8,678	6,50	2,006
2 1/2"	76,1	68,8	3,65	6,52	54,647	14,361	8,31	2,564
3"	88,9	80,8	4,05	8,48	97,377	21,907	10,80	3,003
4"	114,3	105,3	4,5	12,19	234,319	41,000	15,52	3,885
5"	139,7	130	4,85	16,13	467,644	66,949	20,55	4,770
6"	165,1	155,4	4,85	19,17	784,500	95,033	24,42	5,668

TABLO I.

D - dış çap d- iç çap S- et kalınlığı W- birim ağırlık
J - atalet momenti W - mukavemet momenti A- kesit alanı

Yuvarlak boru birim ağırlığı (kg/m) $W = 0,02466 \cdot (D-S) \cdot S$

Yuvarlak boru mukavemet momenti (cm³) $W = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}$

Yuvarlak boru atalet momenti (cm⁴) $J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$

Yuvarlak boru kesit alanı (cm²) $A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$

* DIN 2441 Kalın etli boru ölçüleri.

Ebat	D (mm)	S (mm)	d (mm)	W (kg/m)	J (cm ⁴)	W ³ (cm ³)	A (cm ²)	I cm
1/2"	21,3	3,25	14,80	1,45	0,774	0,727	1,84	0,649
3/4"	26,9	3,25	20,4	1,90	1,720	1,278	2,42	0,843
1"	33,7	4,05	25,6	2,96	4,222	2,506	3,77	1,058
1 ¹ / ₄ "	42,4	4,05	34,3	3,83	9,070	4,278	4,88	1,363
1 ¹ / ₂ "	48,3	4,05	40,2	4,42	13,895	5,753	5,63	1,571
2"	60,3	4,50	51,3	6,19	30,902	10,249	7,89	1,979
2 ¹ / ₂ "	76,1	4,50	67,1	7,95	65,121	17,114	10,12	2,537
3"	88,9	4,85	79,2	10,05	113,464	25,526	12,81	2,976
4"	114,3	5,40	103,5	14,50	274,538	48,038	18,48	3,854
5"	139,7	5,40	128,9	17,88	514,497	73,657	22,78	4,752
6"	165,1	5,40	154,3	21,27	864,698	104,748	27,09	5,650

TABLE II.

Not: Tablo I ve tablo II değerleri, Mannesman-Süerbank boru fabrikasında üretilen boruların (çelik konstrüksiyon elemanı olarak kullanılmaya uygun) ebatları gözönüne alınarak hazırlanmıştır.

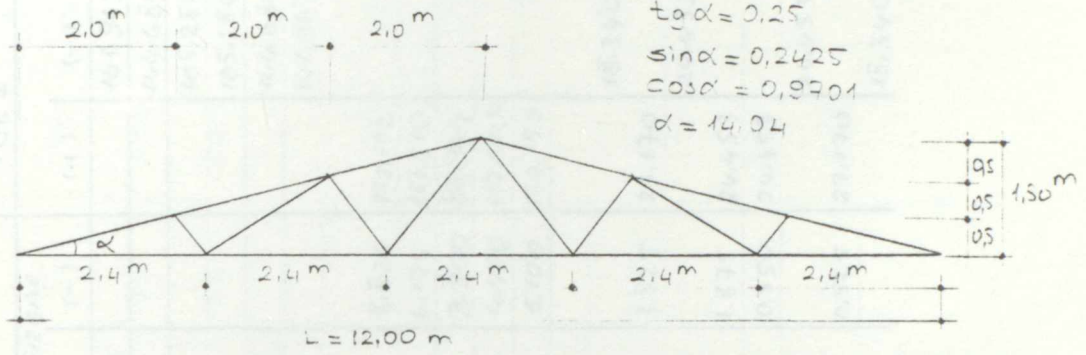
- ASIK HESABI -

Gatı Örtüsü: Ytong + 2 kat bitümlü mukava Asıklar basit Motas aralığı = 3,60 m.

Malzeme	Burkulma boyu	Mx KNm	My KNm	Wger cm ³	secilen	Wx cm ³	Wy cm ³	Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	sehim Faktı	F kesit ele- ni cm ²	W kg/m	G KN/cm ²
I profil	Lx Ly	5,492	1,377	111,91	I 160	117	14,8	935	54,70	0,66 < 1,8	22,8	17,90	13,998
Daire kesitli boru*	Lx Ly	5,492	1,377	49,06	5" DIN 2440	66,95	66,95	467,64	467,64	0,31 < 1,8	20,55	16,13	10,26
I profil	Lx Ly/2	5,492	0,344	58,9	I 140	81,90	10,7	573	35,20	1,74 < 1,8	18,20	14,30	9,92
I profil	Lx Ly/3	5,492	0,153	47,97	I 120	54,70	7,41	328	21,50	2,58 > 1,8	14,20	11,10	12,10

*Daire kesitli borunun, ydong çatı örtüsünde, asik olarak kullanımı uygun değildir. burada örnek için kullanılmıştır.

ÖRNEK SİSTEM I.



Çatı örtüsü : 1 tong + 2 kat bitümlü mukava. (Ağır.)

Çatı örtüsü ağırlığı : $0,63 + 0,24 = 0,87 \text{ KN/m}^2$.

Asıklar basıt.

Makas aralığı : 3,60 m.

Asık ağırlığı : $0,1 \text{ KN/m}^2$.

Kar yükü : $0,75 \text{ KN/m}^2$.

$$q = \left(\frac{Ç.Ö.A}{\cos \alpha} + \text{Asık ağı} + \text{Kar yükü} \right) * \text{Asık aralığı}$$

$$q = \left(\frac{0,87}{0,9701} + 0,1 + 0,75 \right) * 2,0 \quad q = 3,494 \text{ KN/m.}$$

$$q_x = q \cdot \cos \alpha = 3,494 * 0,9701 = 3,39 \text{ KN/m.}$$

$$q_y = q \cdot \sin \alpha = 3,494 * 0,2425 = 0,85 \text{ KN/m.}$$

Rüzgar yükü Ts 498

$$q_w = (1,2 \cdot \sin \alpha - 0,4) * 800 * \frac{\text{Asık aralığı}}{\cos \alpha}$$

$$q_w = (1,2 * 0,2425 - 0,4) * 800 * \frac{2}{0,97} = -0,18 \text{ KN/m.}$$

$$|Zati + Rüzgar| < |Zati + Kar|.$$

Gatı Örtüsü: Ytong+2 kat bitümlü mukava Acıklık: 3.60 m

Çubuk İsmi	Zatî Yük.		KAR YÜKÜ.				RÜZGAR YÜKÜ				YÜK I		YÜK II			
	(+)	(-)	SOL KAR (+)	SOL KAR (-)	SAĞ KAR (+)	SAĞ KAR (-)	TAM KAR (+)	TAM KAR (-)	SOL RÜZGAR (+)	SOL RÜZGAR (-)	SAĞ RÜZGAR (+)	SAĞ RÜZGAR (-)	(+)	(-)	(+)	(-)
O1		85,533		40,500		15,930		56,430	5,975		9,250				141,963	
O2		87,170		36,720		20,790		57,510	5,800		8,400				144,680	
O3		63,434		23,490		18,360		41,850	5,100		5,850				105,284	
O4		63,434		18,360		23,490		41,850	5,850		5,100				105,284	
O5		87,170		20,790		36,720		57,510	8,400		5,800				144,680	
O6		85,533		15,930		40,500		56,430	9,250		5,975				141,963	
U1	91,672		39,420		21,060		60,480			5,100		8,825	152,152			
U2	70,800		28,350		18,360		46,710			4,450		6,175	117,510			
U3	52,384		17,280		17,280		34,560			3,900		3,900	86,944			
U4	70,800		18,360		28,350		46,710			6,175		4,450	117,510			
U5	91,672		21,060		39,420		60,480			8,825		5,100	152,152			
D1	16,370	11,050		5,670		1,620		7,290	0,350		1,475				18,340	
D2	14,733		8,640		2,160		10,800			0,525		1,825	27,170			
D3	14,733			8,910		0,810		9,720	0,525		1,900				24,453	
D4	14,733		8,910		0,810		9,720			0,550		1,875	24,453			
D5	14,733		0,810		8,910		9,720			1,875		0,550	24,453			
D6		14,733		0,810		8,910		9,720	1,900		0,525				24,453	
D7	16,370		2,160		8,640		10,800			1,825		0,525	27,170			
D8		11,050		1,620		5,670		7,290	1,475		0,350				18,340	

- KESİT HESABI -

Kat, Örtüsü: Ytong + 2 kat bitümlü mukava		Açıklık: 3,60 m.											
Basınç Gubuğu	Gelme Gubuğu	Max kuvvet	A ₀ (cm ²)	L _k (cm)	secilen	A (cm ²)	T _{min} (cm)	G (kg/m)	λ	W	G	W	G
D ₁ , O ₂ , O ₃	—	-144,680	20,67	206	1/2 I 240	23,0	2,20	18,10	94	1,84	11,57	1,84	11,57
D ₁ , O ₂ , O ₃	—	-144,680	20,67	206	4" **	15,52	3,885	12,19	53	1,29	12,02	1,29	12,02
—	U ₁ , U ₂ , U ₃	152,152	10,87	—	1/2 I 160	11,40	—	8,95	—	—	13,35	—	13,35
—	U ₁ , U ₂ , U ₃	152,152	10,87	—	3" *	12,81	—	10,05	—	—	11,88	—	11,88
D ₁ , D ₈	—	-18,340	2,62	64	L 50.5	4,80	1,51	3,77	42	1,19	4,55	1,19	4,55
D ₁ , D ₈	—	-18,340	2,62	64	3/4" *	2,42	0,843	1,90	76	1,55	11,75	1,55	11,75
—	D ₂ , D ₇	27,170	1,94	—	L 50.5	4,80	—	3,77	—	—	5,66	—	5,66
—	D ₂ , D ₇	27,170	1,94	—	3/4" **	2,02	—	1,59	—	—	13,45	—	13,45
D ₃ , D ₆	—	-24,453	3,493	192,1	L 50.6	5,69	1,50	4,47	1,28	2,84	12,21	2,84	12,21
D ₃ , D ₆	—	-24,453	3,493	192,1	1 1/2" **	4,60	1,597	3,61	120	2,51	13,34	2,51	13,34
—	D ₄ , D ₅	24,453	1,746	—	L 50.5	4,80	—	3,77	—	—	5,09	—	5,09
—	D ₄ , D ₅	24,453	1,746	—	3/4" **	2,02	—	1,59	—	—	12,10	—	12,10

* DIN 2441'e göre kalın etli borular
 ** DIN 2440'a göre normal etli borular.

Toplam Makas Ağırlığı Hesabı.

1. Makas, tümüyle daire kesitli borulardan teşkil edilmiş.

Üst başlıkta $\Sigma O = 150,815$ kg.

Alt başlıkta $\Sigma U = 120,600$ kg

Diyagonallerde $\Sigma D = 29,051$ kg

Genel Toplam = 300,50 kg.

2. Makas, başlıklar $\frac{1}{2} I$ ve diyagonaller L profilden teşkil edilmiş.

Üst başlıkta. $\Sigma O = 223,933$ kg.

Alt başlıkta $\Sigma U = 107,400$ kg

Diyagonallerde $\Sigma D = 44,988$ kg

Genel Toplam = 376,32 kg.

3. Makas, başlıklar $\frac{1}{2} I$ ve diyagonaller daire kesitli borudan teşkil edilmiş.

Üst başlıkta $\Sigma O = 223,933$ kg.

Alt başlıkta $\Sigma U = 107,400$ kg.

Diyagonallerde $\Sigma D = 29,051$ kg

Genel Toplam = 360,380 kg.

ÖRNEK SİSTEM II

Kafes kiriş konstruksiyon tipi ve boyutları, örnek sistem I'deki gibidir. Çatı örtüsü değiştirilmiştir. Ayrıca makas aralığı büyütülmüştür.

Çatı örtüsü: Dalgalı sac (Hafif).

Çatı örtüsü ağırlığı (bindirme ve bağlantı elemanları dahil olmak üzere) = $0,16 \text{ kN/m}^2$.

Aşıklar basit.

Makas aralığı : $5,10 \text{ m}$.

Kar yükü : $0,75 \text{ kN/m}^2$.

Aşık ağırlığı : $0,1 \text{ kN/m}^2$.

$$q = \left(\frac{0,16}{0,9701} + 0,1 + 0,75 \right) * 2,0 \Rightarrow q = 1,015 \text{ kN/m}$$

$$q_x = 0,985 \text{ kN/m} \quad q_y = 0,246 \text{ kN/m}.$$

$$|z_{ati} + Kar| > |z_{ati} + Rüzgar|.$$

-AŞIK HESABI-

Gatı örtüsü: Dalgalı Sac. Askılar Basit Sac. Askılar Basit Matas aralığı: 5,10 m.

Malzeme	Burkulma boyu.	Mx KNm	My KNm	Wger cm ³	secilen	Wx cm ³	Wy cm ³	Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	sehim sartı	F (kesit alanı) cm ²	w kg/m	G KN/cm ²
I profil	Lx Ly	320,25	80	68,59	I 140	81,9	10,7	573	35,2	1,21(2,55)	18,20	14,30	11,39
Daire kesitli boru	Lx Ly	320,25	80	28,59	4" DIN 2440	41,0	41,0	234,32	234,32	0,73(2,55)	15,52	12,19	9,76
I profil	Lx Ly/2	320,25	20	34,30	I 100	34,2	4,88	171	12,20	0,99(2,55)	10,60	8,34	13,46
I profil	Lx Ly/3	320,25	8,9	27,96	I 100	34,2	4,88	171	12,20	0,97(2,55)	10,60	8,34	11,19

Gati Örtüsü: Dalgali Saq. Acitlik 3,60m.

Gubuk İsmi	Zati Yükl.		KAR YÜKÜ				TAM KAR		RÜZGAR YÜKÜ		SAĞ RÜZGAR		YÜK I		YÜK II	
	(+)	(-)	SOL KAR (+)	SOL KAR (-)	SAĞ KAR (+)	SAĞ KAR (-)	(+)	(-)	SOL RÜZGAR (+)	SOL RÜZGAR (-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
O1		28,967		40,500		15,930	56,430		8,525		12,825		85,397			
O2		29,522		36,720		20,790	57,510		8,300		12,300		87,032			
O3		21,483		23,490		18,360	41,850		7,300		8,475		39,843			
O4		21,483		18,360		23,490	41,850		8,475		7,300		39,843			
O5		29,522		20,790		36,720	57,510		12,300		8,300		87,032			
O6		28,967		15,930		40,500	56,430		12,825		8,525		85,397			
U1	31,046		39,420		21,060		60,480		7,325		12,200		91,526			
U2	23,978		28,350		18,360		46,710		6,400		8,950		70,688			
U3	17,741		17,280		17,280		34,560		5,450		5,450		52,301			
U4	23,978		18,360		28,350		46,710		8,950		6,400		70,688			
U5	31,046		21,060		29,420		60,480		12,200		7,325		91,526			
D1		37,42		5,670		1,620	7,290		0,500		1,750		11,032			
D2	5,544		8,640		2,160		10,800				2,800		16,344			
D3		4,990		8,910		0,810	9,720		0,775		2,800		14,710			
D4	4,990		8,910		0,810		9,720				0,750		14,710			
D5	4,990		0,810		8,910		9,720		2,80		0,750		14,710			
D6		4,990		0,810		8,910	9,720		2,80		0,775		14,710			
D7	5,544		2,160		8,640		10,800				0,725		16,344			
D8		3,742		1,620		5,670	7,290		1,75		0,500		11,032			

- KESİT HESABI -

Gati örtüsü: Dalgali Saq. Acıklık: 360 m

Basıncı Gubuğu	Getme Gubuğu	Max Kuvvet	A ₀ (cm ²)	lk (cm)	secilen	A (cm ²)	i _{min} (cm)	G ₀ (kg/m)	γ	W	G ₀ (KN/cm ²)
O ₁ , O ₂ , O ₃	—	-87,032	12,43	206	$\frac{1}{2}$ I 200	16,70	1,87	13,10	110	2,20	11,47
O ₁ , O ₂ , O ₃	—	-87,032	12,43	206	3" **	10,80	3,003	8,48	69	1,46	11,77
—	U ₁ , U ₂ , U ₃	91,526	6,54	—	$\frac{1}{2}$ I 160	11,40	—	8,95	—	—	8,03
—	U ₁ , U ₂ , U ₃	91,526	6,54	—	2" *	7,89	—	6,19	—	—	11,60
D ₁ , D ₈	—	-11,032	1,576	64	L 50.5	4,80	1,51	3,77	42	1,19	2,74
D ₁ , D ₈	—	-11,032	1,576	64	$\frac{1}{2}$ " **	1,53	0,671	1,22	95	1,86	13,41
—	D ₂ , D ₇	16,344	1,17	—	L 50.5	4,80	—	3,77	—	—	3,405
—	D ₂ , D ₇	16,344	1,17	—	$\frac{1}{2}$ " **	1,53	—	1,22	—	—	10,68
D ₃ , D ₆	—	-14,71	2,10	192,1	L 50.5	4,80	1,51	3,77	127	2,79	8,55
D ₃ , D ₆	—	-14,71	2,10	192,1	1 $\frac{1}{4}$ " **	4,00	1,388	3,14	138	3,31	12,17
—	D ₄ , D ₅	14,71	1,05	—	L 50.5	4,80	—	3,77	—	—	3,06
—	D ₄ , D ₅	14,71	1,05	—	$\frac{3}{4}$ " **	1,53	—	1,22	—	—	9,061

Toplam Makas Ağırlığı Hesabı.

1- Makas, tümüyle daire kesitli borulardan teşkil edilmiş.

Üst başlıkta $\Sigma O = 104,915$ kg.

Alt başlıkta $\Sigma U = 74,280$ kg.

Diyagonallerde $\Sigma D = 30,036$ kg.

Genel Toplam: 209,230 kg.

2- Makas, başlıklar $\frac{1}{2}I$ ve diyagonaller L profilinden teşkil edilmiş.

Üst başlıkta. $\Sigma O = 162,073$ kg.

Alt başlıkta $\Sigma U = 107,400$ kg.

Diyagonallerde $\Sigma D = 43,195$ kg.

Genel Toplam: 312,668 kg.

3- Makas başlıklar $\frac{1}{2}I$ ve diyagonaller daire kesitli borulardan teşkil edilmiş.

Üst başlıkta. $\Sigma O = 162,073$ kg.

Alt başlıkta $\Sigma U = 107,400$ kg.

Diyagonallerde $\Sigma D = 30,036$ kg.

Genel Toplam: 299,51 kg.

ÖRNEK SİSTEM III

kafes kiriş konstruksiyon tipi ve boyutları ile çatı örtüsü örnek sistem I'deki gibidir. Sadece makas aralığı değiştirilmiştir.

Çatı örtüsü : 1tong + 2 kat bitümlü mukava. (Ağır)

Çatı örtüsü ağırlığı : $0,63 + 0,24 = 0,87 \text{ KN/m}^2$.

Aşıklar basit.

Makas aralığı : 6,00 m.

Aşık ağırlığı : $0,1 \text{ KN/m}^2$.

$$q = \left(\frac{0,87}{0,9701} + 0,1 + 0,75 \right) * 2,0 \quad q = 3,494 \text{ KN/m.}$$

$$q_x = 3,39 \text{ KN/m.} \quad q_y = 0,85 \text{ KN/m.}$$

$$q_w = -0,18 \text{ KN/m.}$$

$$|zati + Rüzgar| < |zati + Kor|.$$

- AŞIK HESABI -

Malzeme	Barkulma Boyu		M _x Kiln	M _y Kiln	W _{ger} cm ³	secilen	W _x cm ³	W _y cm ³	J _x cm ⁴	J _y cm ⁴	sehim sarti cm ²	F cm ²	W kg/m	G KN/cm ²	
	L _x	L _y													
I profil	L _x	L _y	15,525	3,825	327,54	I 240	354	41,7	4250	221		46,1	36,2	13,48	
I profil	L _x	L _y /2	15,525	0,926	163,61	I 200	214	26	2140	117		33,4	26,2	10,81	
I profil	L _x	L _y /2	15,525	0,425	133,25	I 180	161	19,8	1450	19,8		27,9	21,9	11,62	
Daire kesitli Boru	L _x	L _y	Max Boru çapı yeterli değil												

* Daire kesitli boru çatı örtüsü ytgong olması durumunda aşık olarak kullanıma uygun değildir.

- KESİT HESABI -

Gatı Örtüsü : Ytong + 2 kat bitümlü mukaya

Bosun Cubuğu	Getme Cubuğu	Max Kuvvet	A ₀ (cm ²)	lk (cm)	secilen	A (cm ²)	I _{min} (cm)	G kg/m	λ	W	G KN/cm ²
0 ₁ ,0 ₂ ,0 ₃	—	-241,137	34,45	206	½ I280	30,50	2,45	23,90	84	1,67	13,20
0 ₁₁ ,0 ₂ ,0 ₃	—	-241,137	34,45	206	5" *	22,78	4,752	17,88	43	1,19	12,60
—	U ₁ ,U ₂ ,U ₃	253,59	18,11	—	½ I220	19,80	—	15,50	—	—	12,81
—	U ₁ ,U ₂ ,U ₃	253,59	18,11	—	4" *	18,48	—	14,50	—	—	13,72
D ₁ ,D ₈	—	-30,567	4,37	64	L50.5	4,80	1,51	3,77	42	1,19	7,57
D ₁ ,D ₈	—	-30,567	4,37	64	1" *	3,77	1,058	2,506	60	1,36	11,03
—	D ₂ ,D ₇	45,284	3,23	—	L50.5	4,80	—	3,77	—	—	9,43
—	D ₂ ,D ₇	45,284	3,23	—	1" *	3,77	—	2,506	—	—	12,01
D ₃ ,D ₆	—	-40,756	5,82	192,1	L60.6	6,91	1,82	5,42	106	2,10	12,386
D ₃ ,D ₆	—	-40,756	5,82	192,1	2" **	6,50	2,006	5,10	96	1,18	11,79
—	D ₄ ,D ₅	40,756	2,91	—	L50.5	4,80	—	3,77	—	—	8,49
—	D ₄ ,D ₅	40,756	2,91	—	1" **	3,11	—	2,44	—	—	13,10

Toplam Makas Ağırlığı Hesabı

1. Makas, tümüyle daire kesitli borulardan teşkil edilmiş.

$$\text{Üst başlıkta } \Sigma O = 221,211 \text{ kg.}$$

$$\text{Alt başlıkta } \Sigma U = 174,000 \text{ kg}$$

$$\text{Diyagonallerde } \Sigma D = 35,113 \text{ kg.}$$

$$\text{Genel Toplam: } 430,324 \text{ kg.}$$

2- Makas, başlıklar $\frac{1}{2} I$ ve diyagonaller L profilden teşkil edilmiş.

$$\text{Üst başlıkta } \Sigma O = 295,691 \text{ kg.}$$

$$\text{Alt başlıkta } \Sigma U = 186,000 \text{ kg}$$

$$\text{Diyagonallerde } \Sigma D = 47,421 \text{ kg.}$$

$$\text{Genel Toplam: } 529,112 \text{ kg}$$

3- Makas, başlıklar $\frac{1}{2} I$ ve diyagoneller daire kesitli borudan teşkil edilmiş.

$$\text{Üst başlıkta } \Sigma O = 295,691 \text{ kg}$$

$$\text{Alt başlıkta } \Sigma U = 186,000 \text{ kg}$$

$$\text{Diyagonallerde } \Sigma D = 35,113 \text{ kg.}$$

$$\text{Genel Toplam: } 516,804 \text{ kg.}$$

ÖRNEK SİSTEM IV

Kafes konstruksiyon tipi ve boyutları örnek sistem I deki gibidir. Çatı örtüsü örnek sistem II deki gibidir. Makas aralığı 6,00 m alınmıştır.

Çatı örtüsü : Dalgolu sac (Nafif)

Çatı örtüsü ağırlığı : $0,16 \text{ KN/m}^2$.

Asıklar basit.

Kor yükü : $0,75 \text{ KN/m}^2$.

Asık Ağırlığı : $0,1 \text{ KN/m}^2$.

$$q = 1,015 \text{ KN/m.}$$

$$q_x = 0,985 \text{ KN/m.} \quad q_y = 0,246 \text{ KN/m.}$$

$$|zot_i + Kor| > |zot_i + Rüzgar|.$$

- ASIK HESABI -

Gatı Örtüsü: Dalgali Saq. Asiklar Bosit. Motas analığı: 6.00 m.

Malzeme	Barkul- ma boyu	Mx KNm	My KNm	Wger cm ³	secilen	Wx cm ³	Wy cm ³	Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	sehim fartı	F cm ²	w kg/m	C KN/cm ²
I profil	Lx Ly	4,433	1,107	94,92	I160	117	14,8	935	54,7		228	17,9	11,27
I profil	Lx Ly/2	4,443	0,277	47,48	I120	54,7	7,41	328	21,5		14,2	11,1	11,84
I profil	Lx Ly/3	4,443	0,125	38,80	I120	54,7	7,41	328	21,5		14,2	11,1	9,79
Daire kesitli Boru.	Lx Ly	4,443	1,107	39,56	4"	41	41	234,32	234,32		15,52	12,19	13,51

Gatı Örtüsü; Dalgalı Sac. Acıklık: 6,00 m
- KESİT HESABI -

Basınç Gubuğu	Getme Gubuğu	Max Kuvvet	A_0 (cm^2)	l_t (cm)	secillen	A (cm^2)	i_{min} (cm)	G kg/m	λ	w	\bar{C} KN/ cm^2
O_1, O_2, O_3	-	-145,04	20,72	206	$\frac{1}{2}$ I 240	23	2,20	18,10	94	1,84	11,60
O_1, O_2, O_3	-	-145,04	20,72	206	4" **	15,52	3,885	12,19	53	1,29	12,06
-	U_1, U_2, U_3	152,54	10,90	-	$\frac{1}{2}$ I 160	11,40	-	8,95	-	-	13,38
-	U_1, U_2, U_3	152,54	10,90	-	3" *	12,81	-	10,05	-	-	11,91
D_1, D_8	-	-18,39	2,63	64	L 50.5	4,80	1,51	3,77	42	1,19	4,56
D_1, D_8	-	-18,39	2,63	64	$3/4$ **	2,02	0,862	1,59	74	1,53	13,93
-	D_2, D_7	27,34	1,95	-	L 50.5	4,80	-	3,77	-	-	5,70
-	D_2, D_7	27,34	1,95	-	$3/4$ **	2,02	-	1,59	-	-	13,53
D_3, D_6	-	-24,51	3,50	192,1	L 55.5	5,32	1,66	4,18	116	2,38	10,97
D_3, D_6	-	-24,51	3,50	192,1	$1\frac{1}{2}$ **	4,60	1,597	3,61	120	2,51	13,37
-	D_4, D_5	24,51	1,75	-	L 50.5	4,80	-	3,37	-	-	5,11
-	D_4, D_5	24,51	1,75	-	$1/2$ *	1,84	-	1,45	-	-	13,32

Toplam Makas Ağırlığı Hesabı.

1- Makas, tümüyle daire kesitli borudan teşkil edilmiş.

$$\text{Üst başlıkta } \Sigma O = 150,815 \text{ kg.}$$

$$\text{Alt başlıkta } \Sigma U = 120,600 \text{ kg.}$$

$$\text{Diyagonallerde } \Sigma D = 22,853 \text{ kg}$$

$$\text{Genel Toplam} = 294,268 \text{ kg.}$$

2- Makas, başlıklar $\frac{1}{2} I$ ve diyagonaller L profilden teşkil edilmiş.

$$\text{Üst başlıkta : } \Sigma O = 223,933 \text{ kg.}$$

$$\text{Alt başlıkta : } \Sigma U = 107,400 \text{ kg.}$$

$$\text{Diyagonallerde : } \Sigma D = 42,709 \text{ kg}$$

$$\text{Genel toplam: } 374,042 \text{ kg.}$$

3- Makas, başlıklar $\frac{1}{2} I$ ve diyagonaller daire kesitli boru.

$$\text{Üst başlıkta } \Sigma O = 223,933 \text{ kg.}$$

$$\text{Alt başlıkta } \Sigma U = 107,400 \text{ kg.}$$

$$\text{Diyagonallerde } \Sigma D = 22,853 \text{ kg}$$

$$\text{Genel Toplam: } 354,186 \text{ kg.}$$

3- Daire kesitli boruların yapı elemanı olarak kullanılması,

I profillerinin yapının çatı sistemine yapı elemanı olarak

kişiler konstrüksiyonlarında daha uygun olarak alınmaktadır.

Daire kesitli boruların, çatı sistemine yapı elemanı olarak

kişiler konstrüksiyonlarında, yapı elemanı olarak kullanılması

gibi durumlarda, iyi seçilmiş yapı elemanı olarak alınması

hususla, en kaliteli yapı elemanı olarak, I profillerine

nişanlar daha uygun olarak alınmaktadır. Ancak burada çatı

ortamı için, yapı elemanı olarak daire kesitli boru

kullanılması uygun olarak alınmalıdır.

4- Yapı elemanı konstrüksiyonlarında üst ve alt başlık çubukları

ları $\frac{1}{2} I$, diğer çubukları daire kesitli boru olarak pro-

jelemlenmektedir. (Bu durumda bağlantılar teşkil edilme-

si mümkündür) Böyle bir tasarımda, başlıkların $\frac{1}{2} I$ ve diğer

EKONOMİK LİK

Kafes giriş konstrüksiyonlarının teşkilinde, daire kesitli boru ile diğer hâdde profilleri kullanılmasının mukayesesi sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- 1- Kafes giriş konstrüksiyonlarının projelendirilmesinde diğer hâdde profilleri için geçerli olan kafes giriş sistemi seçimi, daire daire kesitli borular içinde geçerlidir. Bunun yanında kafes giriş bağlantı çubuklarının sayısı az olmalıdır. Bu durum, düğüm noktası bağlantılarının teşkil edilmesi zor ve pahalı olan borular açısından ekonomik yönden faydalıdır.
- 2- Daire kesitli boruların, çekme veya basınca çalışan örgü çubukları olarak kullanılması durumunda, özellikle küçük kuvvet etkisindeki elemanlar da, L profili kullanımına nazaran daha ekonomiktir. Çelik yapı şartnamesinde kafes giriş konstrüksiyonlarında kullanılan min L profili boyutu L45.45.5 tir. Ülkemizde ise üretilen min L50.50.5 dir. Bu kısıtlama kaynaklı birleşimlerde, et kalınlığı için getirilmektedir. Cysa borular açısından et kalınlığı, min daire kesitli boruda 2 mm. olmalıdır.
- 3- Daire kesitli boruların aşık elemanı olarak kullanımı, I profillerine nazaran, çatı düzlemi dik olan kafes giriş konstrüksiyonlarında daha ekonomik olmaktadır. Daire kesitli boruların, çatı düzlemi dik olan kafes giriş konstrüksiyonlarında, aşık elemanı olarak kullanılmaları durumunda, iki eksenli gerilmeye maruz kaldıklarından, en kesit geometrisi açısından, I profillere nazaran daha uygun kesite sahiptirler. Ancak burada çatı örtüsü tipinin, aşık elemanı olarak daire kesitli boru kullanımına uygun olması dikkate alınmalıdır.
- 4- Kafes giriş konstrüksiyonlarında üst ve alt başlık çubukları $\frac{1}{2}$ I , örgü çubukları daire kesitli boru olarak projelendirilebilir. (Bu durumda bağlantıların teşkil edilmesi mümkündür) Böyle bir tasarım, başlıkların $\frac{1}{2}$ I ve örgü

- çubuklarının L profilinden teşkil edilmiş olmasına nazaran daha ekonomiktir. En ekonomik çözüm ise, tüm sistemin, daire kesitli boru olarak teşkil edilmesi durumunda olmaktadır.
- 5-Malzeme ekonomisi açısından en büyük fayda, üst başlık çubuğunun hesabında sağlanmaktadır. Kafes giriş konstrüksiyonlarında, yükleme durumuna bağlı olarak, en büyük kuvvet etkileri başlıklarda olmaktadır. Bu sebeble kesit büyüklükleri diğer elemanlara nazaran fazladır. Genelde merkezi basınca çalışan üst başlık çubuğunun, daire kesitli boru olarak seçimi, $\frac{1}{2}$ I profiline nazaran, bu kuvvet etkisinde boruların daha uygun kesite sahip olmalarından dolayı ekonomik fayda getirmektedir. Basınca çalışan örgü çubukları için de durum aynıdır. Ayrıca, merkezi basınç ve eğilme etkisindeki elemanlarda da daire kesitli boruların kullanımı ekonomiktir.
- 6-Kafes giriş konstrüksiyonlarında konstrüktif açıdan min üst başlık kesiti $\frac{1}{2}$ I 200, min alt başlık kesiti $\frac{1}{2}$ I 160 dır. Bu nedenle düşük başlık kuvvetlerin etkisinde daire kesitli boruların kullanımı ekonomiktir.
- 7-Başlıkların daire kesitli boru, örgü çubuklarının L profilinden teşkili konstrüktif açıdan mümkün değildir.
- 8-Eksenel çekme kuvveti etkisindeki alt boşluk çubuğunda ve çekmeye çalışan örgü çubuklarında, daire kesitli borularla diğer profillerin kullanımında ekonomiklik unsuru, kuvvete uygun kesit alanına sahip olmalarına bağlıdır. Yani kuvvet gözönünde bulundurularak emniyet gerilmesini aşmayacak şekilde en küçük alana sahip eleman en ekonomik olandır.
- 9-Büyük kuvvetler etkisinde daire kesitli maksimum boruların yeterli olmadığı durumlarda alt ve üst başlıklarda $\frac{1}{2}$ I profili kullanılabilir.
- 10-Boya yüzeyinin küçüklüğü, bakım kolaylıkları, diğer profillere nazaran hafif olması dolayısıyla nakliye ve montaj kolaylıkları daire kesitli borularda mevcuttur.

SONUÇ

Sonuç olarak daire kesitli boruların kafes giriş konstrüksiyonlarında kullanılması, kullanılan malzeme açısından

ekonomiktir. Buna rağmen, bağlantılarının teskili zor ve pahalı olmakla, ayrıca iyi bir tasarım, projelendirme ve işçilik getirmektedir.

Boru birim fiyatlarının profillere nazaran yüksek oluşu nedeniyle de projelendirmede ekonomiklik açısından yukarıdaki faktörler gözönünde bulundurulmalıdır. Bu sebeple daire kesitli borular günümüzde, ancak küçük kuvvetler etkisindeki basit kafes giriş konstrüksiyonlarında ekonomik olarak kullanılabilirler. Örnek olmak üzere eternit, dalgali sac gibi hafif çatı örtüsüyle örtülü küçük açıklıklı yapılarda kullanılmaları ekonomiktir. Daha büyük kuvvetlere maruz, ağır çatı örtüsüyle örtülü büyük açıklıklı sistemlerde, (özellikle düğüm noktası bağlantılarının önem teşkil ettiği hallerde) daire kesitli borular kullanılmak sureti ile teşkil edilen kafes giriş konstrüksiyonların; ekonomik olabilmesi için, projelendirmede deneyimli ve bu konuda iyi bir bilgi seviyesine sahip tasarımcıya ihtiyaç vardır. Ayrıca uygulamada iyi bir donanım (boruların istenilen şekilde şekillendirilebilmesi) ve kalifiye bir işçiliğe ihtiyaç duyulacaktır.

Hali hazır ülkemizde daire kesitli borularla ilgili bir çelik yapı şartnamesi yoktur. Bu konuda yayınlar da oldukça azdır. Levcut uygulamalarda, haddé profillerinin hesap esaslarına uyulmaktadır. Bu durumda, çeşitli hatalara sebep olmakta ve ekonomik olmamaktadır. Ayrıca düğüm noktası bağlantılarında yapılan hatalar erken deformasyona sebep olmaktadır.

Ülkemizde; bu konuda çelik yapı şartnamesinin hazırlanması, konuyla ilgili yayınların çoğaltılması, uygulamada bu konuyla ilgili, avrupada olduğu gibi özel kuruluşların yaygınlaşmasıyla, her tür çelik kafes konstrüksiyon inşaatlarında daire kesitli boruların ekonomik olarak kullanımını mümkün olacaktır.



ÖZGEÇMİŞ

1967 yılında Kocaeli'nin Gölcük İlçesinde doğdum. İlkokulu Gölcük Pirireis İlkokulunda, Ortaokulu, Gölcük Merkez ortaokulunda, Liseyi Gölcük Barbaros Hayrettin Lisesinde okudum. Yıldız Üniversitesi İnşaat mühendisliği bölümünden 1990 yılında inşaat mühendisi olarak mezun oldum. Mezuniyeti takiben Yıldız Üniversitesinde lisans üstü öğrenimime başladım. Halen Yüksek Lisans inşaat mühendisliği yapı bölümü öğrencisiyim.

İnş. Müh.

Levent Kâmil ÇALIŞAL

