

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UBC-97 VE DBYBHY(2007) YÖNETMELİKLERİNİN  
KARŞILAŞTIRMALI BİRLEŞİM TASARIMLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İnş. Müh. Mustafa Cihangir ÇELİK**

**Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ**

**EYLÜL 2007**

**UBC-97 VE DBYBHY(2007) YÖNETMELİKLERİNİN  
KARŞILAŞTIRMALI BİRLEŞİM TASARIMLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**İnş. Müh. Mustafa Cihangir ÇELİK**  
**(501041083)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 Eylül 2007**  
**Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Eylül 2007**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Nesrin YARDIMCI**  
**Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Gülay ALTAY (B.Ü.)**  
**Doc.Dr. Cavidan YORGUN (İ.T.Ü)**

**EYLÜL 2007**

## ÖNSÖZ

Çelik yapılar ülkemizde son yıllarda ve özellikle 1999 depremlerinden sonra yaygınlaşmakta ve farklı uygulama alanları bulmaktadır. Depremler sonrasında ortaya çıkan yapı malzemelerini çeşitlendirme amacındaki yeni arayışlar yanında projelendirme hizmetlerindeki, imalat ve uygulama çalışmalarındaki gelişmeler sebebiyle de yapı çeliğinin malzeme olarak tercih edilirliliği artmaktadır. Çelik yapıların tasarım ve uygulamaları hakkında sözü edilen değişime paralel olarak, gerek mimarlık, gerekse inşaat mühendisliğiyle ilgili akademik çalışmalar, makaleler, kitaplar ve kongre, sempozyum gibi bilimsel toplantılar kapsamında süren tartışmalar ülkemiz mühendislik çalışmaları içerisinde önem ve ağırlık kazanmaktadır.

Türkiyeli mühendislerin yurtdışı faaliyetleri, büyük ölçekli uluslararası projeler, bazı yazılım programlarının kullanımının yaygınlaşması, inşaat mühendisliğinin pek çok alanında olduğu gibi çelik yapıların tasarımı konusunda da tercih edilen çeşitli tasarım yöntemi veya normlarına göre karşılaşılan sonuçların sunduğu farklılıklar, bu farklılıkların ortaya çıkardığı sakıncalar önemli tartışma başlıklarından bazılarını oluşturmaktadır.

Bu tartışmalar, çalışmamızda sınırlı bir yönüyle, çelik yapılarda birleşim detaylarının tasarımı açısından ele alınmış. Uniform Building Code(UBC-97) kapsamındaki Allowable Stress Design(ASD-97) ve Load and Resistance Factor Design(LRFD-97) tasarım kriterleri ile Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-07) karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Tez çalışması sırasında yol gösterici, hoşgörülü yaklaşımı ile bilgi ve deneyimini paylaşmaktan kaçınmayarak sonsuz katkı sağlayan danışmanım, kıymetli hocam Prof. Dr. Nesrin YARDIMCI'ya, lisans ve lisansüstü öğrenimi boyunca ilgi ve desteklerini esirgemeyen İTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, özellikle de Yapı Anabilim Dalı öğretim üyelerine ve araştırma görevlilerine teşekkürü borç bilirim.

Eylül 2007

**İnş. Müh. Mustafa Cihangir ÇELİK**

## İÇİNDEKİLER

<b>KISALTMALAR</b>	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>vi</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>vii</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b>	<b>viii</b>
<b>ÖZET</b>	<b>xi</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>xiii</b>
<b>1. GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI</b>	<b>1</b>
<b>2. UBC-97 YÖNETMELİĞİ İLE ÇELİK YAPILARIN BOYUTLANDIRILMASI</b>	<b>2</b>
2.1. UBC-ASD97 Boyutlama Kriterleri	2
2.1.1. Boyutlamaya esas yük kombinasyonları	2
2.1.2. Kesitlerin sınıflandırılması	3
2.1.3. UBC-ASD97’de gerilmelerin hesabı	7
2.1.4. UBC-ASD97’de müsaade edilebilir gerilmelerin hesabı	7
2.1.4.1. Çekme durumunda müsaade edilebilir gerilme	7
2.1.4.2. Basınç durumunda müsaade edilebilir gerilme	8
2.1.4.3. Eğilme durumunda müsaade edilebilir gerilme	13
2.1.4.4. Kayma durumunda müsaade edilebilir gerilme	19
2.1.5. UBC-ASD97 gerilme oranı	20
2.1.5.1. Eksenel yük ve eğilme momenti için birleşik gerilme oranı	20
2.1.5.2. Kayma gerilme oranı	21
2.2. UBC-LRFD97 Boyutlama Kriterleri	21
2.2.1. Boyutlamaya esas yük kombinasyonları	21
2.2.2. Kesitlerin sınıflandırılması	22
2.2.3. UBC-LRFD97 yönetmeliğinde çarpanlarla arttırılmış kuvvetlerin hesaplanması	26
2.2.4. UBC-LRFD97 yönetmeliğinde nominal dayanımların hesabı	27
2.2.4.1. Nominal basınç kapasitesi	27
2.2.4.2. Nominal eğilme kapasitesi	33
2.2.4.3. Nominal kayma gerilmesi	41
2.2.5. UBC –LRFD97 kapasite oranı	41
2.2.5.1. Eksenel yük ve eğilme momenti gerilmeleri	41
2.2.5.2. Kayma gerilmeleri	42
<b>3. ÇELİK ÇERÇEVELERİN BOYUTLANDIRILMASINDA YÖNETMELİKLERDEKİ SİSMİK ŞARTLAR</b>	<b>43</b>
3.1. UBC-ASD97’ye göre sismik şartlar	43
3.1.1. Süneklilik düzeyi normal çerçeveler	43
3.1.2. Süneklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler	43
3.1.3. Çaprazlı çerçeveler	44

3.1.4. Dış merkez çaprazlı çerçeveler	45
3.1.5. Özel merkezi çaprazlı çerçeveler	47
3.2. UBC-LRFD97'ye göre Sismik Şartlar	48
3.2.1. Süneklik düzeyi normal çerçeveler	48
3.2.2. Süneklik düzeyi yüksek rijit çerçeveler	49
3.2.3. Çaprazlı çerçeveler	49
3.2.4. Dış merkez çaprazlı çerçeveler	50
3.2.5. Özel merkezi çaprazlı çerçeveler	53
3.3. DBYBHY'ye göre Sismik Şartlar	54
3.3.1. Süneklik düzeyi normal çerçeveler	54
3.3.2. Süneklik düzeyi yüksek rijit çerçeveler	56
3.3.3. Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdeler	56
3.3.4. Süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdeler	57
3.3.5. Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdeler	58
<b>4. YÖNETMELİKLERE GÖRE BİRLEŞİMLERİN KONTROLÜ VE BOYUTLANDIRILMASI</b>	<b>64</b>
4.1. Süreklilik Levhalarının Boyutlandırılması	64
4.1.1. UBC-ASD97 göre süreklilik levhalarının boyutlandırılması	64
4.1.2. UBC-LRFD97 göre süreklilik levhalarının boyutlandırılması	67
4.1.3. DBYBHY göre süreklilik levhalarının boyutlandırılması	70
4.2. Gövde Takviye Levhalarının Boyutlandırılması	71
4.2.1. UBC-ASD97 göre gövde takviye levhalarının boyutlandırılması	71
4.2.2. UBC-LRFD97 göre gövde takviye levhalarının boyutlandırılması	73
4.2.3. DBYBHY göre gövde takviye levhalarının boyutlandırılması	75
4.3. Zayıf Kiriş – Güçlü Kolon Kontrolü	77
4.3.1. UBC-ASD97 göre zayıf kiriş – güçlü kolon kontrolü	77
4.3.2. UBC-LRFD97 göre zayıf kiriş – güçlü kolon kontrolü	78
4.3.3. DBYBHY göre zayıf kiriş – güçlü kolon kontrolü	78
4.4. Kiriş Birleşim Kesme Kuvvetlerinin İrdelenmesi	79
4.4.1. UBC-ASD97 göre kiriş birleşim kesme kuvvetlerinin irdelenmesi	79
4.4.2. UBC-LRFD97 göre kiriş birleşim kesme kuvvetlerinin irdelenmesi	80
4.4.3. DBYBHY göre kiriş birleşim kesme kuvvetlerinin irdelenmesi	81
4.5. Çapraz Birleşim Kuvvetlerinin İrdelenmesi	81
4.5.1. UBC-ASD97 göre çapraz birleşim kuvvetlerinin irdelenmesi	81
4.5.2. UBC-LRFD97 göre çapraz birleşim kuvvetlerinin irdelenmesi	81
4.5.3. DBYBHY göre çapraz birleşim kuvvetlerinin irdelenmesi	82
<b>5. BİRLEŞİM HESAPLARI</b>	<b>84</b>
5.1. Moment Aktaran Birleşimler	85
5.1.1. Kolon-Kiriş moment aktaran birleşimler	85
5.1.2. Kiriş-Kiriş moment aktaran birleşimler	96
5.2. Kiriş Eki	99
5.3. Kesme Kuvveti Aktaran Birleşimler	104
5.4. Eksenel Yük Aktaran Birleşimler	135
5.4.1. Yatay çapraz bağlantılar	135
5.4.2. Düşey çapraz bağlantılar	154
<b>6. SONUÇ</b>	<b>170</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>172</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>173</b>

## **KISALTMALAR**

<b>UBC</b>	: Uniform Building Code
<b>ASD</b>	: Allowable Stress Design
<b>AISC</b>	: American Institute of Steel Construction
<b>LRFD</b>	: Load and Resistance Factor Design
<b>DBYBHY</b>	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

## TABLO LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
<b>Tablo 2.1.</b> AISC-ASD89 yönetmeliğine göre profil eksenlerinin tanımı ....	4
<b>Tablo 2.2.</b> AISC-ASD yönetmeliğine göre kesitlerin sınıflandırılmasında basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları.....	5
<b>Tablo 2.3.</b> UBC-ASD97 yönetmeliğine göre özel sismik şartlar uygulandığında kesitlerin sınıflandırılmasında basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları .....	6
<b>Tablo 2.4.</b> Berkitilmemiş narin elemanlar için azaltma çarpanı, Qs .....	10
<b>Tablo 2.5.</b> Berkitilmiş kesitler için etkin genişlik .....	11
<b>Tablo 2.6.</b> Enkesit Değerlerinin AISC-LRFD yönetmeliğine göre tanımı .....	23
<b>Tablo 2.7.</b> AISC - LRFD yönetmeliğine göre eğilmeye maruz kesitlerin sınıflandırılmasında Basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları .....	24
<b>Tablo 2.8.</b> UBC-LRFD yönetmeliğine göre özel sismik şartlar uygulandığında kesitlerin sınıflandırılmasında basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları .....	25
<b>Tablo 2.9.</b> Berkitilmemiş narin elemanlar için azaltma çarpanı, Qs .....	29
<b>Tablo 2.10.</b> Berkitilmiş kesitler için etkin genişlik .....	30
<b>Tablo 3.1.</b> AISC - LRFD yönetmeliğine göre eğilmeye maruz kesitlerin sınıflandırılmasında Basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları .....	55

## ŞEKİL LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 2.1.	: Tablo 2.2'deki enkesit büyüklükleri tanımları ..... 3
Şekil 2.2.	: Kesit geometrilerinin AISC-LRFD yönetmeliğine göre tanımı ... 23
Şekil 3.1.	: Dış merkezi çaprazlı çerçeve düzenleri ..... 46
Şekil 3.2.	: Merkezi çelik çaprazlı perdeler ..... 56
Şekil 3.3.	: Dış merkez çelik çaprazlı perdeler ..... 59
Şekil 3.4.	: Bağ kirişi dönme açısı ..... 61
Şekil 3.5.	: Bağ kirişi ara rijitlik levhaları ..... 62
Şekil 4.1.	: Kiriş-kolon (a) flanj ve (b) gövde bağlantısı durumunda süreklilik levhaları ..... 65
Şekil 4.2.	: Kiriş-kolon süreklilik levhaları ..... 70
Şekil 4.3.	: Gövde takviye levhalarının yandan (a) ve planda (b) görünüşü 72
Şekil 4.4.	: Gövde takviye levhaları ..... 77
Şekil 4.5.	: Kolon-kiriş birleşim bölgesi ..... 79
Şekil 5.1.	: Kolon-kiriş moment aktaran birleşimleri uygulama tip-1 ..... 86
Şekil 5.2.	: Kolon-kiriş uygulama tip-1 hesabına ilişkin çizim ..... 87
Şekil 5.3.	: Kolon-kiriş moment aktaran birleşimleri uygulama tip-2 ..... 92
Şekil 5.4.	: Kolon-kiriş uygulama tip-2 hesabına ilişkin çizim ..... 93
Şekil 5.5.	: Kiriş-kiriş uygulama hesabına ilişkin çizim ..... 98
Şekil 5.6.	: Kiriş eki uygulama hesabına ilişkin çizim ..... 101
Şekil 5.7.	: Kiriş birleşimleri uygulama tip-1 ..... 104
Şekil 5.8.	: Kiriş birleşimleri uygulama tip-1 hesabına ilişkin çizim ..... 106
Şekil 5.9.	: Kiriş birleşimleri uygulama tip-2 hesabına ilişkin çizim ..... 111
Şekil 5.10.	: Kiriş birleşimleri uygulama tip-3 hesabına ilişkin çizim ..... 115
Şekil 5.11.	: Kiriş birleşimleri uygulama tip-4 hesabına ilişkin çizim ..... 120
Şekil 5.12.	: Kiriş birleşimleri uygulama tip-5 hesabına ilişkin çizim ..... 125
Şekil 5.13.	: Kiriş birleşimleri uygulama tip-6 hesabına ilişkin çizim ..... 130
Şekil 5.14.	: Kiriş birleşimleri uygulama tip-7 hesabına ilişkin çizim ..... 133
Şekil 5.15.	: Yatay çapraz bağlantı uygulama tip-1 ..... 135
Şekil 5.16.	: Yatay çapraz bağlantı uygulama tip-1 hesabına ilişkin çizim ..... 137
Şekil 5.17.	: Yatay çapraz bağlantı uygulama tip-2 hesabına ilişkin çizim ..... 140
Şekil 5.18.	: Yatay çapraz bağlantı uygulama tip-3 ..... 142
Şekil 5.19.	: Yatay çapraz bağlantı uygulama tip-3 hesabına ilişkin çizim ..... 144
Şekil 5.20.	: Yatay çapraz bağlantı uygulama tip-4 hesabına ilişkin çizim ..... 148
Şekil 5.21.	: Yatay çapraz bağlantı uygulama tip-5 hesabına ilişkin çizim ..... 152
Şekil 5.22.	: Düşey çapraz bağlantı uygulama tip-1 ..... 154
Şekil 5.23.	: Düşey çapraz bağlantı uygulama tip-1 hesabına ilişkin çizim ..... 156
Şekil 5.24.	: Düşey çapraz bağlantı uygulama tip-2 hesabına ilişkin çizim ..... 160
Şekil 5.25.	: Düşey çapraz bağlantı uygulama tip-3 hesabına ilişkin çizim ..... 164
Şekil 5.26.	: Düşey çapraz bağlantı uygulama tip-4 ..... 166
Şekil 5.27.	: Düşey çapraz bağlantı uygulama tip-4 hesabına ilişkin çizim ..... 168



## SEMBOL LİSTESİ

<b>A</b>	: Kesit alanı
<b>A<sub>e</sub></b>	: Narin kesitler için etkili kesit alanı
<b>A<sub>f</sub></b>	: Başlık alanı
<b>A<sub>g</sub></b>	: Brüt kesit alanı
<b>A<sub>v22</sub>, A<sub>v33</sub></b>	: Kuvvetli ve zayıf yönlerdeki kayma alanları
<b>A<sub>w</sub></b>	: Gövde kayma alanı,
<b>B<sub>1</sub></b>	: Yanal ötelemeye yol açmayan momentler için moment çarpanı
<b>B<sub>2</sub></b>	: Yanal ötelemeye yol açan momentler için moment arttırma çarpanı
<b>C<sub>b</sub></b>	: Eğilme katsayısı
<b>C<sub>m</sub></b>	: Moment katsayısı
<b>C<sub>w</sub></b>	: Çarpılma sabiti
<b>D</b>	: Boruların Dış Çapı
<b>E</b>	: Elastisite modülü
<b>F<sub>a</sub></b>	: Müsaade edilebilir aksenal gerilme
<b>F<sub>b</sub></b>	: Müsaade edilebilir eğilme gerilmesi
<b>F<sub>b33</sub>, F<sub>b22</sub></b>	: Kuvvetli ve zayıf yönde müsaade edilebilir eğilme gerilmeleri
<b>F<sub>cr</sub></b>	: Kritik basınç gerilmesi
<b>G</b>	: Kayma modülü
<b>F<sub>v</sub></b>	: Müsaade edilebilir kayma gerilmesi
<b>F<sub>y</sub></b>	: Malzemenin akma gerilmesi
<b>K</b>	: Etkili boy çarpanı
<b>K<sub>33</sub>, K<sub>22</sub></b>	: Kuvvetli ve zayıf yönlerdeki etkili boy K çarpanları
<b>J</b>	: Kesit için burulma sabiti
<b>L<sub>b</sub></b>	: Elemanın yanal mesnetlenmemiş boyu
<b>L<sub>p</sub></b>	: Tüm plastik kapasite için sınırlayıcı yanal mesnetlenmemiş boy
<b>L<sub>r</sub></b>	: Elastik olmayan yanal burulmalı burkulma için sınırlayıcı yanal mesnetlenmemiş boy
<b>M<sub>cr</sub></b>	: Elastik burkulma momenti
<b>M<sub>lt</sub></b>	: Yanal ötelemeye yol açan çarpanlarla arttırılmış momentler
<b>M<sub>nt</sub></b>	: Yanal ötelemeye yol açmayan çarpanlarla arttırılmış momentler
<b>M<sub>n33</sub>, M<sub>n22</sub></b>	: Kuvvetli ve zayıf yönlerdeki nominal eğilme dayanımı
<b>M<sub>ob</sub></b>	: Köşebent kesitler için Yanal-burulma momenti
<b>M<sub>r33</sub>, M<sub>r22</sub></b>	: Kuvvetli ve zayıf yönlerdeki sınırlayıcı burkulma momentleri
<b>M<sub>u</sub></b>	: Elemandaki çarpanlarla arttırılmış moment
<b>M<sub>u33</sub>, M<sub>u22</sub></b>	: Elemandaki çarpanlarla arttırılmış kuvvetli ve zayıf momentler
<b>M<sub>33</sub>, M<sub>22</sub></b>	: Elemandaki kuvvetli ve zayıf yönlerde eğilme momentleri
<b>M<sub>ob</sub></b>	: Köşebent kesitler için yatay torsiyon momenti
<b>P</b>	: Elemandaki aksenal kuvvet
<b>P<sub>e</sub></b>	: Euler burkulma yükü
<b>Q</b>	: Narin kesitler için azaltma çarpanı
<b>Q<sub>a</sub></b>	: Berkitilmiş narin elemanlar için azaltma çarpanı
<b>Q<sub>s</sub></b>	: Berkitilmemiş narin elemanlar için azaltma çarpanı

$P_n$	: Nominal aksenal yük dayanımı
$P_u$	: Elemandaki çarpanlarla arttırılmış aksenal kuvvet
$P_y$	: $A_g F_y$
$S$	: Kesit modülü (Mukavemet Momenti)
$S_{33}, S_{22}$	: Kuvvetli ve zayıf yönlerdeki kesit modülleri
$S_{eff,33}, S_{eff,22}$	: Narin kesitler için kuvvetli ve zayıf yönlerdeki Mukavemet Momenti
$S_c$	: Köşebent bir kesitte basınç için Mukavemet Momenti
$V_2, V_3$	: Kuvvetli ve zayıf yönlerdeki kayma kuvvetleri
$V_{n22}, V_{n33}$	: Nominal kuvvetli ve zayıf yönlerdeki kayma dayanımları
$V_{u22}, V_{u33}$	: Çarpanlarla arttırılmış kuvvetli ve zayıf yönlerdeki kayma yükleri
$Z$	: Plastik modül
$Z_{33}, Z_{22}$	: Kuvvetli ve zayıf yönlerdeki plastik modüller
$b_e$	: Etkili başlık genişliği
$b_f$	: Başlık genişliği
$d$	: Elemanın tüm yüksekliği
$d_e$	: Etkili gövde derinliği
$f_a$	: Hem basınçta hem de çekmedeki aksenal gerilme
$f_b$	: Eğilmedeki normal gerilme
$f_{b33}, f_{b22}$	: Kuvvetli ve zayıf yönlerdeki eğilmede normal gerilme
$f_v$	: Kayma gerilmesi
$f_{v2}, f_{v3}$	: Kuvvetli ve zayıf yönlerdeki eğilmede kayma gerilmesi
$h$	: I-Kesitler için başlıklar arasındaki net mesafe ( $d-2t_f$ )
$h_e$	: Başlıklar arasındaki net mesafenin yuvarlak dolgu kısımlardan farkı
$k$	: Başlığın dış yüzünden başlığın gövde ucuna olan mesafe
$k_c$	: Kesitleri sınıflandırmak için kullanılan parametre
$I_{33}, I_{22}$	: Kuvvetli ve zayıf yönlerdeki mesnetlenmemiş eleman boyları
$l_c$	: Kritik uzunluk
$r$	: Atalet yarıçapı
$r_{33}, r_{22}$	: Kuvvetli ve zayıf yönlerdeki atalet yarıçapları
$r_z$	: Köşebentler için minimum atalet yarıçapı
$t$	: Kalınlık
$t_f$	: Başlık kalınlığı
$t_w$	: Gövde kalınlığı
$\beta_w$	: Köşebent için özel kesit değeri
$\lambda$	: Narinlik parametresi
$\lambda_c, \lambda_e$	: Kolon narinlik parametresi
$\lambda_p$	: Kompakt elemanlar için sınırlayıcı narinlik parametresi
$\lambda_r$	: Kompakt-olmayan elemanlar için sınırlayıcı narinlik parametresi
$\lambda_s$	: Sismik elemanlar için sınırlayıcı narinlik parametresi
$\lambda_{narin}$	: Narin elemanlar için sınırlayıcı narinlik parametresi
$\phi_b$	: Eğilme için karşı koyma çarpanı, 0.9
$\phi_c$	: Basınç için karşı koyma çarpanı, 0.85
$\phi_t$	: Çekme için karşı koyma çarpanı, 0.9
$\phi_v$	: Kayma için karşı koyma çarpanı, 0.9
$A$	: Enkesit alanı
$A_k$	: Kesme alanı
$A_{net}$	: Net enkesit alanı
$b$	: Genişlik
$b_{cf}$	: Kolon kesitinin başlık genişliği
$b_{bf}$	: Kiriş kesitinin başlık genişliği

<b>D</b>	: Dairesel halka kesitlerde dış çap
<b>D<sub>a</sub></b>	: Akma gerilmesi arttırma katsayısı
<b>d<sub>b</sub></b>	: Kiriş enkesit yüksekliği
<b>d<sub>c</sub></b>	: Kolon enkesit yüksekliği
<b>E</b>	: Deprem yükü simgesi
<b>E<sub>s</sub></b>	: Yapı çeliği elastisite modülü
<b>e</b>	: Bağ kirişi boyu
<b>G</b>	: Sabit yük simgesi
<b>h</b>	: Gövde levhası yüksekliği
<b>h<sub>i</sub></b>	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
<b>ℓ<sub>b</sub></b>	: Kirişin yanal doğrultuda mesnetlendiği noktalar arasındaki uzaklık
<b>ℓ<sub>n</sub></b>	: Kiriş uçlarındaki olası plastik mafsallık noktaları arasındaki uzaklık
<b>M<sub>d</sub></b>	: Düşey ve deprem yüklerinin etkisi altında hesaplanan eğilme moment
<b>M<sub>p</sub></b>	: Eğilme momenti kapasitesi
<b>M<sub>pa</sub></b>	: Kolonun alt ucunda hesaplanan moment kapasitesi
<b>M<sub>pi</sub></b>	: Kirişin solucu i'de hesaplanan pozitif veya negatif moment kapasitesi
<b>M<sub>pj</sub></b>	: Kirişin solucu j'de hesaplanan pozitif veya negatif moment kapasitesi
<b>M<sub>pn</sub></b>	: İndirgenmiş moment kapasitesi
<b>M<sub>pü</sub></b>	: Kolonun üst ucunda hesaplanan moment kapasitesi
<b>N<sub>d</sub></b>	: Düşey ve deprem yükü etkisi altında hesaplanan aksel kuvvet
<b>t</b>	: Kalınlık
<b>t<sub>bf</sub></b>	: Kiriş kesitinin başlık kalınlığı
<b>t<sub>cf</sub></b>	: Kolon kesitinin başlık kalınlığı
<b>t<sub>min</sub></b>	: Kayma bölgesindeki en küçük levha kalınlığı
<b>t<sub>p</sub></b>	: Kayma bölgesindeki toplam levha kalınlığı
<b>t<sub>t</sub></b>	: Takviye levhası kalınlığı
<b>t<sub>w</sub></b>	: Gövde kalınlığı
<b>u</b>	: Kayma bölgesi çevresinin uzunluğu
<b>V<sub>d</sub></b>	: Düşey ve deprem yüklerinin etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
<b>V<sub>e</sub></b>	: Kolon-kiriş birleşim bölgesinin gerekli kesme dayanımı
<b>V<sub>ke</sub></b>	: Kayma bölgesinin gerekli kesme dayanımı
<b>V<sub>p</sub></b>	: Kesme kuvveti kapasitesi
<b>W<sub>p</sub></b>	: Plastik mukavemet momenti
<b>Δ<sub>i</sub></b>	: Binanın i'inci katındaki görelî kat ötelemesi
<b>γ<sub>p</sub></b>	: Bağ kirişi dönme açısı
<b>Ω<sub>o</sub></b>	: Büyütme katsayısı
<b>σ<sub>a</sub></b>	: Yapı çeliğinin akma gerilmesi
<b>σ<sub>bem</sub></b>	: Narinliğe göre TS-648'e hesaplanan basınç emniyet gerilmesi
<b>σ<sub>em</sub></b>	: Emniyet gerilmesi

## **UBC-97 VE DBYBHY(2007) YÖNETMELİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI BİRLEŞİM TASARIMLARI**

### **ÖZET**

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmanın temel amacı, UBC-97 yönetmeliğinin çelik yapıların tasarımında uyguladığı kriterleri ortaya koyarak, birleşimlerin kontrolü ve boyutlandırılması bakımından DBYBHY 2007 ile karşılaştırılmasıdır.

İlk bölümde konu, kapsam ve amaç açıklanmaktadır.

İkinci bölümde, UBC-97 yönetmeliğinin çelik yapıların boyutlandırılmasında kullandığı UBC-ASD97 ve UBC-LRFD97 yönetmeliklerinin tanıtılmasına, açıklanmasına ayrılmıştır. Normlarda tanımlanan yük kombinasyonlarının ve kesitlerin sınıflandırılması için gerekli şartlardan bahsedildikten sonra gerilme ve gerilme oranı iki şartnameye göre ayrı ayrı tanımlanmıştır.

Üçüncü bölümde, UBC-97 ve DBYBHY 2007 yönetmeliklerindeki çelik çerçevelerin boyutlandırılmasındaki sismik şartlardan bahsedilmiştir. Süneklik düzeyi normal çerçeveler, süneklik düzeyi yüksek rijit çerçeveler, çaprazlı çerçeveler, dış merkez çaprazlı çerçeveler ve özel merkezi çaprazlı çerçeveler için sismik koşullar irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde, UBC-97 ve DBYBHY 2007 yönetmeliklerinde yapısal birleşimlerin kontrolü ve boyutlamasından bahsedilmiştir. Tasarım için gerekli olan koşullar süreklilik ve gövde takviye levhası şartının kontrolü ve boyutlanması, kiriş eğilme dayanımının kolon eğilme dayanımına oranının kontrolü, kirişteki birleşim kayma kuvvetinin ve çaprazlardaki birleşim kuvvetinin hesabı açıklanmıştır.

Beşinci bölümde, pratikte sıklıkla uygulama alanı bulan moment aktaran, kesme kuvveti ve eksenel yük aktaran birleşimlerin LRFD yönetmeliğine göre hesap adımları incelenmiş ve gerekli kontrolleri yapılmıştır.

Sonuç b6l6m6nde, uygulama kısmında ele alınan birleşimlerin, DBYBHY 2007 uygulaması sırasında ortaya çıkabilecek problemler tespit edilmiş ve bunlarla ilgili y6netmelik b6nyesinde d6zenleme yapılması gerekliliği ortaya konulmuştur.

# **COMPARARATIVE CONNECTION DESIGN OF UBC-97 CODE AND DBYBHY(2007) SPECIFICATIONS**

## **SUMMARY**

The main purpose of the proposed thesis is applied comparison of structural joint control and design of the UBC-97 (Uniform Building Code) provision in steel structures design criteria with DBYBH (Design Specification for Building in Earthquake Region in Turkey).

In the first chapter of this study, the aim and the scope is covered.

The second chapter has been devoted to UBC-ASD 97 (Uniform Building Code – Allowable Stress Design 97) and UBC-LRFD 97 (Uniform Building Code – Limit Resistance Factor Design 97) specification. The design load combinations and classification of sections are described. Additionally, the calculation of member stresses and capacity Orans are explained.

In third chapter, the seismic requirements for steel frames design in UBC-ASD 97 UBC-LRFD 97 and DBYBHY(2007) are mentioned. Also, the seismic requirements of ordinary moment frames, special moment resisting frames, braced frames, eccentrically braced frames and special concentrically braced frames are examined.

In fourth chapter, the UBC-ASD 97, UBC-LRFD 97 and DBYBHY(2007) Codes are described for controlling the structural joints and connection design. The requirements in design of joints are explained as design of continuity plates and doubler plates, control of weak-beam/strong-column, determination of the beam connection shear and the brace connection force.

In fifth chapter, the solution steps and required controls for the application of moment resisting, shear and axial connentions by LRFD specification are examined.

Finally, the problems during the application of DBYBHY(2007) specification for the connections and required regulations of this specification are explained.

## 1. GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI

Günümüzde başlıca iki tür tasarım felsefesi vardır. Bunlardan birincisi güvenlik gerilmesi yöntemi geleneksel bir boyutlama yöntemidir ve güvenlik koşullarını sağlayan işletme yükleri esasına dayanır. Diğeri ise yük ve dayanım artımı tasarımı olarak adlandırılır ve en azından tasarım dayanımının artırılmış yüklere eşit olması esasına dayanır. UBC-97 çelik yapıların tasarımı açısından bu iki düşünceyi ve ilave tasarım koşulları getirerek uygulanabilirlik sınırlarını genişletmiştir. Değişik inşaat malzemeleri için çıkartılan yönetmelik ve standartlar teknik elemanların bilgilerinde var olabilecek eksiklikleri gidermek ve kapatmak amacına yönelik olduklarından, daha çok hesap ve güvenlik kurallarına yönelir ve genellikle yapıım sanatına önemli bir katkıda bulunmazlar. Ancak, hesapların bir amaç değil, asıl amaç olan yapının gerçekleştirilmesindeki araçlardan yalnızca biri olduğu, örneğin, proje çizimlerinin ve detayların çözümünün en az hesaplar kadar, çok kere de daha önemli olduğu unutulmamalıdır [5].

Bir yapı hem bütünüyle hem de kendini oluşturan elemanlarıyla stabil olmalı ve dış ortamdan üzerine gelen zorları, öngörölmüş özel düzenlerle yapının temeline iletebilmelidir. Zorlar bu iletim sırasında bir elemandan diğesine geçerken yolları üzerinde birleşimlerle karşılaşacakları için, birleşim detayının iyi çözümü ve birleşim için gerekli küçük hesapların dahi ihmal edilmemesinin önemi burada ortaya çıkar. Tek kötü birleşim bütün elemanları doğru olarak boyutlanmış bir yapının göçmesine neden olabilir [5]. Çelik yapıların boyutlamasında gösterilen sorumluluk ve özenin birleşim tasarımında gösterilmemesi sakıncalı sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilir.

Bu çalışmanın amacı UBC-97 yönetmeliğindeki çelik yapıların boyutlaması için kullanılan UBC-ASD97 ve UBC-LRFD97 şartnamelerindek ve DBYBHY 2007 tasarım kurallarının belirlenmesi. Yönetmelikteki çelik çerçeveler için sismik koşulların irdelenip,yönetmeliklerdeki yapısal çelik elemanların birleşimlerinin kontrolü ve boyutlaması için kullandığı kriterleri ortaya koymaktır.

## 2. UBC-97 YÖNETMELİĞİ İLE ÇELİK YAPILARIN BOYUTLANDIRILMASI

### 2.1 UBC-ASD97 Boyutlama Kriterleri

UBC-ASD97 boyutlama yönetmeliği, Yapı Yetkililerinin Uluslararası Konferansının 1997 Üniorm Yapı Yönetmeliği: Cilt 2: Yapı Mühendisliği Boyutlandırma Koşulları, Bölüm 22, Kısım III, "Yapısal Çelik Binalar için Boyutlandırma Şartnamesi - Müsaade edilebilir gerilme dizaynı ve Plastik dizaynı" uygular [1].

UBC'nin Bölüm 22, Kısım III'ü, (Amerikan Çelik Yapılar Enstitüsünün Yapısal Çelik İnşaatlar için Şartname): Müsaade edilebilir Gerilme Dizaynı ve Plastik Dizayn, 1 Haziran 1989 tarihli kararını kabul etmiştir [1].

#### 2.1.1 Boyutlamaya esas yük kombinasyonları

Boyutlama yük kombinasyonları yapı elemanları ile birleşimlerin boyutlamasında ve kontrolünde kullanılacak yük durumlarının çeşitli katsayılarla çarpılıp toplanmasıdır.

UBC-ASD97 yönetmeliğine göre eğer yapı ölü yük, hareketli yük, rüzgar yükü ve deprem yükü taşıyorsa, rüzgar ve deprem yüklerinin yön değiştiren kuvvetler olduğu da gözönünde tutularak aşağıdaki yük kombinasyonları oluşturulur.

$$DL \quad (2.1)$$

$$DL + LL \quad (2.2)$$

$$DL \mp WL \quad (2.3)$$

$$DL + 0.75 LL \mp 0.75 WL \quad (2.4)$$

$$DL \mp EL/1.4 \quad (2.5)$$

$$0.9 DL \mp EL/1.4 \quad (2.6)$$

$$DL + 0.75 LL \mp 0.75 EL/1.4 \quad (2.7)$$



UBC-ASD97 yönetmeliğine deprem ve rüzgar yüklerini içeren yük kombinasyonlar için boyutlandırmada müsaade edilebilir gerilmeler, düzgün müsaade edilebilir değerin 4/3 katı olarak arttırılmaz.

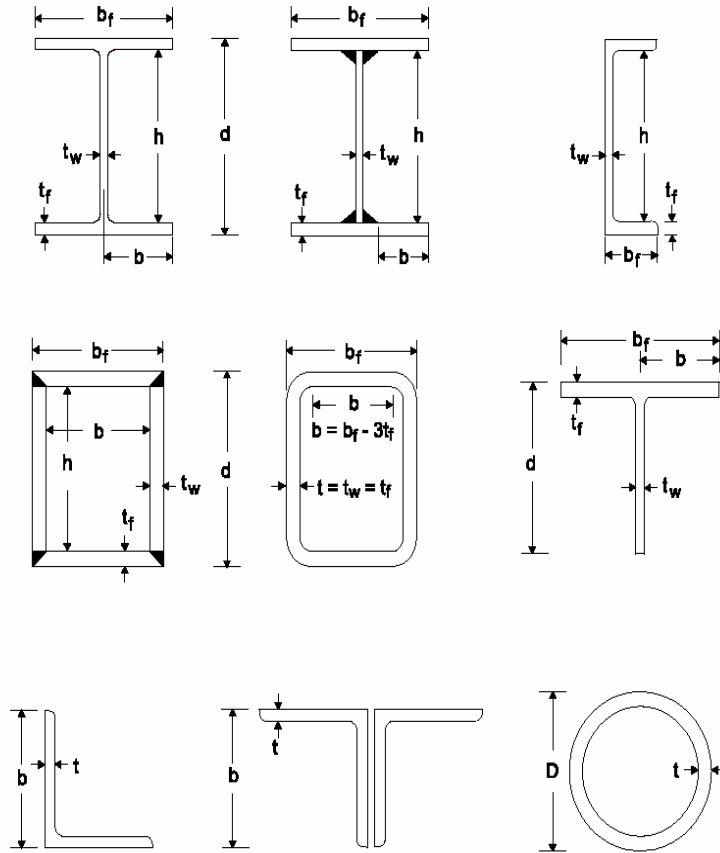
Şartnamede özel tip elemanlar ve özel durumlar için ilave sismik yük kombinasyonları için de kontrol yapılır.

$$1.0 DL + 0.7 LL \mp \Omega_0 EL \quad (2.8)$$

$$0.85 DL \mp \Omega_0 EL \quad (2.9)$$

### 2.1.2 Kesitlerin sınıflandırılması

Eksenel basınç ve eğilme için müsaade edilebilir gerilmeler, kesitin kompakt, kompakt olmayan, narin veya aşırı narin şeklindeki sınıflandırışına bağlıdır. Yönetmelikte yapısal elemanlar Tablo 2.2 verilen genişlik/kalınlık sınırlaması oranlarına göre sınıflandırır. Bu tablodaki kesit değerlerinin ve eksenlerin tanımı Şekil 2.1 ve Tablo 2.1 de verilmiştir.



Şekil 2.1: Tablo 2.2'deki enkesit büyüklükleri tanımları

**Tablo 2.1:** AISC-ASD89 yönetmeliğine göre profil eksenlerinin tanımı

<p>2-2: Gövdeye paralel kesit eksen, Borularda daha uzun olan boyut, Tek köşebentlerin uzun olan kenarı veya Çift köşebentlerin karşı karşıya gelen kenarları Bu, y-y eksenidir.</p>	
<p>3-3: 2-2 eksenine dik olan eksenidir. Bu, x-x eksenidir.</p>	

**Tablo 2.2:** (a) AISC-ASD yönetmeliğine göre kesitlerin sınıflandırılmasında basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları

Kesitin Tanımı	Kontrol Edilen Oran	Kompakt Kesit	Kompakt Olmayan Kesit	Narin Kesit
I-kesitler	$b_f/2t_f$ (Hadde)	$\leq 65/\sqrt{F_y}$	$\leq 95/\sqrt{F_y}$	Sınır Yok
	$b_f/2t_f$ (Kaynaklı)	$\leq 65/\sqrt{F_y}$	$\leq 95/\sqrt{F_y/k_c}$	Sınır Yok
	$d/t_w$	$\frac{f_a}{F_y} \leq 0.16$ için $\leq \frac{640}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 3.74 \frac{f_a}{F_y}\right)$	Sınır Yok	Sınır Yok
		$\frac{f_a}{F_y} > 0.16$ için $\leq 257/\sqrt{F_y}$		
$h/t_w$	Sınır Yok	Sadece basınç ise $\leq 253/\sqrt{F_y}$ Aksi durumda $\leq 760/\sqrt{F_b}$	$\leq \frac{14000}{\sqrt{F_y}(F_y + 16.5)}$ $\leq 260$	
Kutu kesitler	$b/t_f$	$\leq 190/\sqrt{F_y}$	$\leq 238/\sqrt{F_y}$	Sınır Yok
	$d/t_w$	I kesitler gibi	Sınır Yok	Sınır Yok
	$h/t_w$	Sınır Yok	I kesitler gibi	I kesitler gibi
	Diğer	$t_w \geq t_f/2, d_w \leq 6b_f$	-	-
U kesitler	$b/t_f$	I kesitler gibi	I kesitler gibi	Sınır Yok
	$d/t_w$	I kesitler gibi	Sınır Yok	Sınır Yok
	$h/t_w$	Sınır Yok	I kesitler gibi	I kesitler gibi
	Diğer	Sınır Yok	Sınır Yok	Kaynaklı: $b_f/d_w \leq 0.25,$ $t_f/t_w \leq 3.0$ Hadde: $b_f/d_w \leq 0.5,$ $t_f/t_w \leq 2.0$

**Tablo 2.2:** (b) AISC-ASD yönetmeliğine göre kesitlerin sınıflandırılmasında basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları (devam)

Kesitin Tanımı	Kontrol Edilen Oran	Kompakt Kesit	Kompakt Olmayan Kesit	Narin Kesit
<b>T kesitler</b>	$b_f/2t_f$	$\leq 65/\sqrt{F_y}$	$\leq 95/\sqrt{F_y}$	Sınır Yok
	$d/t_w$	Uygulanamaz	$\leq 127/\sqrt{F_y}$	Sınır Yok
	Diğer	Sınır Yok	Sınır Yok	Kaynaklı: $b_f/d_w \geq 0.5$ , $t_f/t_w \geq 1.25$ Hadde: $b_f/d_w \geq 0.5$ , $t_f/t_w \geq 1.10$
<b>Çift köşebent</b>	$b/t$	Uygulanamaz	$\leq 76/\sqrt{F_y}$	Sınır Yok
<b>Tek köşebent</b>	$b/t$	Uygulanamaz	$\leq 76/\sqrt{F_y}$	Sınır Yok
<b>Borular</b>	$D/t$	$\leq 3300/F_y$	$\leq 3300/F_y$	$\leq 13000/F_y$ (Sadece basınçta) Eğilme için sınır yok.
<b>Dörtköşe</b>	-	Kompakt varsayılmıştır.		
<b>Dörtgen veya Dairesel</b>	-	Kompakt olmayan varsayılmıştır.		
<b>Genel</b>	-	Kompakt olmayan varsayılmıştır.		

Eksenel basınç ve eğilme için müsaade edilebilir gerilmeler, kesitlerin sınıflandırılmasına bağlıdır. Genelde boyutlandırma kesitlerinin UBC-ASD97 yönetmeliğini sağlamak için kompakt olması gerekmez. Ancak belirli özel sismik durumlar için özel narinlik şartlarını sağlamak ve kompakt olmak zorundadır. UBC yönetmeliğinde kompakt "sismik" olarak kesitlerin sınıflandırılması için gereken bu özel şartlar Tablo 2.3' de verilmiştir.

**Tablo 2.3:** UBC-ASD97 yönetmeliğine göre özel sismik şartlar uygulandığında kesitlerin sınıflandırılmasında basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları

Kesitin Tanımı	Genişlik / Kalınlık oranı $\lambda$	SİSMİK (Deprem hesabı için özel şartlar)	Atıfta bulunulan Yönetmelik
I-kesitler	$b_f / 2t_f$ (Kiriş)	$\leq 52 / \sqrt{F_y}$	UBC 2213.7.3 (SMRF) UBC 2213.10.2 (EBF)
	$b_f / 2t_f$ (Kolon)	$F_y \leq 36$ için 8.5 $36 \leq F_y \leq 42$ için 8.0 $42 \leq F_y \leq 45$ için 7.4 $45 \leq F_y \leq 50$ için 7.0 $50 \leq F_y \leq 55$ için 6.6 $55 \leq F_y \leq 60$ için 6.3 $F_y > 60$ için 6.0	UBC 2213.7.3 (SMRF) UBC 2213.9.5 (SCBF) ASD N7
Kutu kesitler	$b / t_f$ ve $h_c / t_w$ (kolon)	$\leq 110 / \sqrt{F_y}$	UBC 2213.7.3 (SMRF) UBC 2213.9.5 (SCBF)
	$b / t_f$ ve $h_c / t_w$ (çapraz)	$\leq 110 / \sqrt{F_y}$	UBC 2213.8.2.5 (BF) UBC 2213.9.5 (SCBF)
Tek köşebent	$b / t$ (çapraz)	$\leq 52 / \sqrt{F_y}$	UBC 2213.8.2.5 (BF) UBC 2213.9.5 (SCBF)
Çift köşebent	$b / t$ (çapraz)	$\leq 52 / \sqrt{F_y}$	UBC 2213.8.2.5 (BF) UBC 2213.9.5 (SCBF)
Borular	$D / t$ (çapraz)	$\leq 1300 / F_y$	UBC 2213.8.2.5 (BF) UBC 2213.9.5 (SCBF)
U kesitler	$b / t_f$ $h_c / t_w$	Özel şart yok	
T kesitler	$b_f / 2t_f$ $d / t_w$	Özel şart yok	
Dörtköşe	-	Özel şart yok	
Dörtgen veya Dairesel	-	Özel şart yok	
Genel	-	Özel şart yok	

### 2.1.3 UBC-ASD97’de gerilmelerin hesabı

Narin olmayan kesitlerin her bir yük kombinasyonu için hesaplanan eleman gerilmeleri genelde tüm kesit alanı özelliklerine bağlıdır:

$$f_a = P/A \quad (2.10)$$

$$f_{b33} = M_{33}/S_{33} \quad (2.11)$$

$$f_{b22} = M_{33}/S_{22} \quad (2.12)$$

$$f_{v2} = V_2/A_{v2} \quad (2.13)$$

$$f_{v3} = V_3/A_{v3} \quad (2.14)$$

Eğer kesit; narin elemanlarla berkitilmiş bir elemana ait narin bir kesit ise, örneğin I kesitindeki narin bir gövde gibi, U ve kutu kesitler veya kutu kesitlerde narin başlıklar gibi bu durumda gerilmelerin hesaplanmasında kullanılacak etkin mukavemet momenti azaltılmış gövde ölçülerine ve azaltılmış başlık ölçülerine bağlı olarak hesaplanır.

$$f_a = P/A \quad (2.15)$$

$$f_{b33} = M_{33}/S_{eff,33} \quad (2.16)$$

$$f_{b22} = M_{33}/S_{eff,22} \quad (2.17)$$

$$f_{v2} = V_2/A_{v2} \quad (2.18)$$

$$f_{v3} = V_3/A_{v3} \quad (2.19)$$

### 2.1.4 UBC-ASD97’de müsaade edilebilir derilmelerin hesabı

UBC-ASD97’ ye göre basınç, çekme, eğilme ve kayma hallerindeki müsaade edilebilir gerilmeler, kompakt, kompakt-olmayan ve narin kesitler için aşağıdaki tanımlandığı gibi hesaplanır. Sismik kesitler için müsaade edilebilir gerilmeler kompakt kesitlerdekine benzer şekilde hesaplanır.

#### 2.1.4.1 Çekme durumunda müsaade Edilebilir gerilme

Müsaade edilebilir eksenel çekme gerilmesi değeri  $F_a$ ,  $0.6 F_y$  olarak kabul edilir.

$$F_a = 0.6 F_y \quad (2.20)$$

### 2.1.4.2 Basınç durumunda müsaade edilebilir gerilme

Müsaade edilebilir aksenal basınç gerilmesi eğilmeli burkulma ve eğilmeli-burulmalı burkulma değerlerinden en küçüğüdür.

#### Eğilmeli Burkulma

Müsaade edilebilir aksenal basınç gerilmesi değeri  $F_a$ , tüm kesit özellikleri ve buna ilişkin  $C_c$  değerine bağlı olarak bulunan narinlik oranı  $Kl/r$  'ye bağlıdır. Burada;

$\frac{Kl}{r}$  değeri  $\frac{K_{33}I_{33}}{r_{33}}$  ve  $\frac{K_{22}I_{22}}{r_{22}}$  'nin büyüğüdür, ve;

$$C_c = \sqrt{(2\pi^2 E)/F_y} \text{ dir.} \quad (2.21)$$

Kompakt ve kompakt-olmayan elemanlarda  $F_a$  değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\frac{Kl}{r} \leq C_c \text{ ise} \quad F_a = \frac{\left\{1.0 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2}\right\} F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r)}{8C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c^3}}, \quad (2.22)$$

$$\frac{Kl}{r} \leq C_c \text{ ise} \quad F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2} \quad (2.23)$$

Kompakt ve kompakt-olmayan kesitlerde  $Kl/r$  değerinin 200'den büyük olması durumunda, hesaplanan  $F_a$  değeri (2.23) denklemi kullanılarak hesaplanan  $F_a$  değerinden büyük olmayacak şekilde tasarlanması gerekir.

Narin boru kesitler hariç tüm narin kesitlerde  $F_a$  değeri Denklem (2.24) ve (2.25) göre hesaplanır:

$$Kl/r \leq C'_c \text{ ise,} \quad F_a = \frac{\left\{1.0 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c'^2}\right\} F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r)}{8C_c'} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c'^3}} \quad (2.24)$$

$$Kl/r > C'_c \text{ ise,} \quad F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2} \quad (2.25)$$

Burada,

$$C'_c = \sqrt{(2\pi^2 E) / QF_y} \quad (2.26)$$

Narin kesitlerde  $Kl/r$  değerinin 200'den büyük olması durumunda, hesaplanan  $F_a$  değeri Denklem (2.32) kullanılarak hesaplanan  $F_a$  değerinden büyük olmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Narin boru kesitlerde  $F_a$  değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$F_a = [662 / (D/t)] + 0.40 F_y \quad (2.27)$$

Tüm kompakt ve kompakt-olmayan kesitlerde azaltma arpanı  $Q$ , 1 alınır.  $Q$ , narin kesitlerde aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Q = Q_s Q_a \quad (2.28)$$

Narin kesitler için kullanılan  $Q_s$  arpanları Tablo 2.4' te anlatıldığı gibi hesaplanır. Narin kesitler için kullanılan  $Q_a$  arpanları da etkin kesit alanının tüm kesit alanına oranı olarak hesaplanır.

$$Q_a = A_e / A_g \quad (2.29)$$

Etkin kesit alanı etkin genişliğe bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$A_e = A_g - \Sigma(b - b_e) t \quad (2.30)$$

Berkitilmemiş elemanlarda  $b_e$  değeri  $b$ 'ye eşit alınır. Berkitilmiş elemanlarda ise; bu değer Tablo 2.5 'te verilen  $b$  değerine eşit veya bundan küçük olarak alınır. Yukarıdaki denklemde  $h_e$  ve  $h$  değeri  $I$  gövdelerinde, kutu kesitlerde ve  $U$  kesitlerde sırasıyla  $b_e$  ve  $b$  olarak kullanılır.

### **Eğilmeli ve Burulmalı Burkulma**

Msade edilebilir eksenel basınç gerilmesi değeri  $F_a$ , eğilmeli-burulma burkulması ve burulma burkulması değerlerinin sınır değerlerinden aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$(Kl/r)_e \leq C'_c \text{ ise, } F_a = \frac{\left\{ 1.0 - \frac{(Kl/r)_e^2}{2C_c'^2} \right\} F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r)_e}{8C_c'} + \frac{(Kl/r)_e^3}{8C_c'^3}} \quad (2.31)$$

$$(Kl/r)_e > C'_c \text{ ise, } F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2} \quad (2.32)$$

**Tablo 2.4:** Berkitilmemiş narin elemanlar için azaltma çarpanı,  $Q_s$

Kesit Tipi	Berkitilmemiş Narin Elemanlar için Azaltma Çarpanı ( $Q_s$ )	İlgili Eşitlik
I- Kesit	$Q_s = \begin{cases} 1.0 & \text{if } b_f/2t_f \leq 95/\sqrt{F_y/k_c}, \\ 1.293 - 0.00309[b_f/2t_f]\sqrt{F_y/k_c} & \text{if } 95/\sqrt{F_y/k_c} < b_f/2t_f < 195/\sqrt{F_y/k_c}, \\ 26,200 k_c / \{[b_f/2t_f]^2 F_y\} & \text{if } b_f/2t_f \geq 195/\sqrt{F_y/k_c}. \end{cases}$	ASD A-B5-3, ASD A-B5-4
Kutu	$Q_s = 1$	ASD A-B5-2c
U- Kesit	I-Kesitlerdeki $b_f/2t_f$ yerine $b_f/t_f$	ASD A-B5-3, ASD A-B5-4,
T- Kesit	Başlıklar, I- Kesitlerde olduğu gibi. Gövde için: $Q_s \leq \begin{cases} 1.0, & \text{if } d/t_w \leq 127/\sqrt{F_y}, \\ 1.908 - 0.00715[d/t_w]\sqrt{F_y}, & \text{if } 127/\sqrt{F_y} < d/t_w < 176/\sqrt{F_y}, \\ 20,000 / \{[d/t_w]^2 F_y\}, & \text{if } d/t_w \geq 176/\sqrt{F_y}. \end{cases}$	ASD A-B5-3, ASD A-B5-4, ASD A-B5-5, ASD A-B5-6,
Çift Köşebent	$Q_s = \begin{cases} 1.0, & \text{if } b/t \leq 76/\sqrt{F_y}, \\ 1.340 - 0.00447[b/t]\sqrt{F_y}, & \text{if } 76/\sqrt{F_y} < b/t < 155/\sqrt{F_y}, \\ 15,500 / \{[b/t]^2 F_y\}, & \text{if } b/t \geq 155/\sqrt{F_y}. \end{cases}$	ASD A-B5-1, ASD A-B5-2, SAM4-3
Tek Köşebent	$Q_s = \begin{cases} 1.0, & \text{if } b/t \leq 76/\sqrt{F_y}, \\ 1.340 - 0.00447[b/t]\sqrt{F_y}, & \text{if } 76/\sqrt{F_y} < b/t < 155/\sqrt{F_y}, \\ 15,500 / \{[b/t]^2 F_y\}, & \text{if } b/t \geq 155/\sqrt{F_y}. \end{cases}$	ASD A-B5-1, ASD A-B5-2, SAM4-3
Boru	$Q_s = 1$	ASD A-B5-2c
Yuvarlak Çubuk	$Q_s = 1$	ASD A-B5-2c
Dörtköşe	$Q_s = 1$	ASD A-B5-2c



**Tablo 2.5:** Berkiltilmiş kesitler için etkin genişlik

Kesit Tipi	Berkiltilmiş Kesitler için Etkin Genişlik	İlgili Eşitlik
I- Kesit	$h_e = \begin{cases} h, & \text{if } \frac{h}{t_w} \leq \frac{195.74}{\sqrt{f}}, \\ \frac{253 t_w}{\sqrt{f}} \left[ 1 - \frac{44.3}{(h/t_w)\sqrt{f}} \right], & \text{if } \frac{h}{t_w} > \frac{195.74}{\sqrt{f}}. \end{cases}$ <p>Sadece basınç,  <math>f = P / A_g</math></p>	ASD AB5-8
Kutu	$h_e = \begin{cases} h, & \text{if } \frac{h}{t_w} \leq \frac{195.74}{\sqrt{f}}, \\ \frac{253 t_w}{\sqrt{f}} \left[ 1 - \frac{44.3}{(h/t_w)\sqrt{f}} \right], & \text{if } \frac{h}{t_w} > \frac{195.74}{\sqrt{f}}. \end{cases}$ <p>Sadece basınç,  <math>f = P / A_g</math></p> $b_e = \begin{cases} b, & \text{if } \frac{b}{t_f} \leq \frac{183.74}{\sqrt{f}}, \\ \frac{253 t_f}{\sqrt{f}} \left[ 1 - \frac{50.3}{(b/t_f)\sqrt{f}} \right], & \text{if } \frac{b}{t_f} > \frac{183.74}{\sqrt{f}}. \end{cases}$ <p>Basınç veya eğilme,  <math>f = F_y</math></p>	ASD A-B5-8 ASD A-B5-7
U- Kesit	$h_e = \begin{cases} h, & \text{if } \frac{h}{t_w} \leq \frac{195.74}{\sqrt{f}}, \\ \frac{253 t_w}{\sqrt{f}} \left[ 1 - \frac{44.3}{(h/t_w)\sqrt{f}} \right], & \text{if } \frac{h}{t_w} > \frac{195.74}{\sqrt{f}}. \end{cases}$ <p>Sadece basınç,  <math>f = P / A_g</math></p>	ASD A-B5-8
T- Kesit	$b_e = b$	ASD A-B5.2c
Çift Köşebent (Ayrılmış)	$b_e = b$	ASD A-B5.2c
Tek Köşebent	$b_e = b$	ASD A-B5.2c
Boru	$Q_s = 1$ , (Bununla beraber müsaade edilen aksenal gerilme için özel ifadeler verilmiştir)	ASD A-B5-9
Yuvarlak Çubuk	Uygulanamaz	-
Dörtköşe	$b_e = b$	ASD A-B5.3b
Genel	Uygulanamaz	-

Yük kombinasyonunun bir rüzgar yükü veya bir deprem yükünü içerdiği durumlarda  $f$  değerine  $\frac{3}{4}$  azaltma çarpanı uygulanır.

Burada,

$$C'_c = \sqrt{(2\pi^2 E) / QF_y} \quad , \text{ ve}$$

$$(Kl/r)_e = \sqrt{(\pi^2 E) / F_e} \quad \text{dir.} \quad (2.33)$$

ASD açıklamaları  $F_e$ 'nin hesaplanmasında AISC-LRFD yönetmeliğinin 1986 yılındaki versiyonuna atıfta bulunur. AISC-LRFD yönetmeliğinin 1993 yılı versiyonu bu açıdan 1986 yılı versiyonu ile aynıdır.

Dikdörtgen, I, kutu ve boru kesitler için:

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 EC_w}{(K_z l_z)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_{22} + I_{33}} \quad , \quad (2.34)$$

T-kesitler ve çift köşebentler için:

$$F_e = \left[ \frac{F_{e22} + F_{ez}}{2H} \right] \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{e22}F_{ez}H}{(F_{e22} + F_{ez})^2}} \right] \quad (2.35)$$

U-kesitler için:

$$F_e = \left[ \frac{F_{e33} + F_{ez}}{2H} \right] \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{e33}F_{ez}H}{(F_{e33} + F_{ez})^2}} \right] \quad (2.36)$$

Eşit kollu tek köşebentler için:

$$F_e = \left[ \frac{F_{e33} + F_{ez}}{2H} \right] \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{e33}F_{ez}H}{(F_{e33} + F_{ez})^2}} \right] \quad (2.37)$$

Farklı kollu tek köşebentler için,  $F_e$  aşağıdaki kübik denkleminin minimum gerçel kökü olarak hesaplanır:

$$(F_e - F_{e33})(F_e - F_{e22})(F_e - F_{ez}) - F_e^2(F_e - F_{e22})\left(\frac{x_0}{r_0}\right)^2 - F_e^2(F_e - F_{e33})\left(\frac{y_0}{r_0}\right)^2 = 0 \quad , \quad (2.38)$$

Burada,  $x_0$ ,  $y_0$  ağırlık merkezine göre kayma merkezinin koordinatlarıdır, çift köşebent ve T kesitli elemanlar (y-eksenine göre simetrik) için  $x_0 = 0$  dir.

$r_0 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2 + \frac{I_{22} + I_{33}}{A_g}}$  : kayma merkezine göre kutupsal polar atalet yarıçapı,

$$H = 1 - \left( \frac{x_0^2 + y_0^2}{r_0^2} \right), \quad (2.39)$$

$$F_{e33} = \frac{\pi^2 E}{(K_{33} I_{33} / r_{33})^2}, \quad (2.40)$$

$$F_{e22} = \frac{\pi^2 E}{(K_{22} I_{22} / r_{22})^2}, \quad (2.41)$$

$$F_{ez} = \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z I_z)^2} + GJ \right] \frac{1}{A r_0^2}, \quad (2.42)$$

#### 2.1.4.3 Eğilme durumunda müsaade edilebilir gerilme

Müsaade edilebilir eğilme gerilmesinin bağlı olduğu kriterler; kesitin geometrik şekli, eğilme eksenini, kesitin kompakt olup olmadığı ve boy parametresidir.

#### I-Kesitler

Tüm I-kesitleri için boy parametresi, yanal berkitilmemiş boy  $l_{22}$  olarak alınır ve bu değer kritik boy  $l_c$  ile karşılaştırılır. Kritik boy,

$$l_c = \min \left[ \frac{76 b_f}{\sqrt{F_y}}, \frac{20000 A_f}{d F_y} \right] \quad (2.43)$$

olarak tanımlanır.

#### Kuvvetli ekseninde eğilme

Eğer  $l_{22}$  değeri  $l_c$  den küçükse müsaade edilebilir kuvvetli yöndeki eğilme gerilmesi kompakt ve kompakt olmayan kesitlerde kesitlerin kaynaklı imalatlı mı yoksa çekme mamulü mü olduğuna bağlı olarak ve  $f_y$  nin 65 ksi'dan büyük olup olmadığına bağlı olarak belirlenir.

Kompakt kesitler için:

$$f_y \leq 65 \text{ ksi (N)} \quad \text{ise} \quad F_{b33} = 0.66 F_y \quad (2.44)$$

$$f_y > 65 \text{ ksi (N)} \quad \text{ise} \quad F_{b33} = 0.60 F_y \quad (2.45)$$

Kompakt-olmayan kesitler için:

Eğer profil hadde mamulü ve  $f_y \leq 65$  ksi (N) ise;

$$F_{b33} = \left\{ 0.79 - 0.002 \frac{b_f}{2t_f} \sqrt{F_y} \right\} F_y \quad (2.46)$$

Eğer profil kaynaklı mamul ve  $f_y \leq 65$  ksi (N) ise;

$$F_{b33} = \left\{ 0.79 - 0.002 \frac{b_f}{2t_f} \sqrt{\frac{F_y}{k_c}} \right\} F_y \quad (2.47)$$

$$\text{Eğer } f_y > 65 \text{ ksi (N) ise} \quad F_{b33} = 0.60F_y \quad (2.48)$$

olarak alınır, ve eğer berkitilmemiş boy  $l_{22}$ ,  $l_c$  den büyükse o zaman hem kompakt hem de kompakt-olmayan I-kesitler için müsaade edilebilir eğilme gerilmesi  $l_{22}/r_T$  oranına bağlıdır.

$$\frac{l_{22}}{r_T} \leq \sqrt{\frac{102 \times 10^3 C_b}{F_y}} \quad \text{için} \quad F_{b33} = 0.60 F_y \quad (2.49)$$

$$\sqrt{\frac{102 \times 10^3 C_b}{F_y}} \leq \frac{l_{22}}{r_T} \leq \sqrt{\frac{510 \times 10^3 C_b}{F_y}} \quad \text{için,} \quad F_{b33} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y (l_{22}/r_T)^2}{1530 \times 10^3 C_b} \right] F_y \leq 0.60 F_y \quad (2.50)$$

$$\frac{l_{22}}{r_T} > \sqrt{\frac{510 \times 10^3 C_b}{F_y}} \quad \text{için,} \quad F_{b33} = \left[ \frac{170 \times 10^3 C_b}{(l_{22}/r_T)^2} \right] \leq 0.60 F_y \quad (2.51)$$

ve  $F_{b33}$  Denklem (2.52)'den elde edilecek değerden daha küçük olmayacak şekilde alınır.

$$F_{b33} = \frac{12 \times 10^3 C_b}{l_{22} (d/A_f)} \leq 0.60 F_y \quad (2.52)$$

$$C_b = 1.75 + 1.05 \frac{M_a}{M_b} + 0.3 \left( \frac{M_a}{M_b} \right)^2 \leq 2.3 \quad (2.53)$$

Burada,

$M_a$  ve  $M_b$  berkitilmemiş parçanın uç momentleridir ve  $M_a$  sayısal olarak  $M_b$ 'den daha küçüktür;  $\frac{M_a}{M_b}$  çift eğrili eğilme için pozitif ve tek eğrilikli eğilme için negatiftir.

Ayrıca eleman üzerindeki momentlerden herhangi biri  $M_b$  den büyükse  $C_b$  1.0 olarak alınır. Ayrıca düğüm noktası yer değiştirmesine karşı çaprazlanan çerçeveler için ve konsollar için de  $C_b$  1.0 alınır.

Kuvvetli eksenleri etrafında bükülen narin elemanlarda müsaade edilebilir eğilme gerilmesi, kompakt-olmayan kesitlerde de aynı şekilde belirlenir ve sonra aşağıdaki ilave koşullar dikkate alınır.

Eğer gövde narin ise hesaplanan müsaade edilebilir eğilme gerilmesi azaltılır:

$$F'_{b33} = R_{PG} R_e F_{b33}, \text{ burada} \quad (2.54)$$

$$R_{PG} = 1.0 - 0.0005 \frac{A_w}{A_f} \left[ \frac{h}{t} - \frac{760}{\sqrt{F_{b33}}} \right] \leq 1.0, \quad (2.55)$$

$$R_e = \frac{12 + (3\alpha - \alpha^3) \frac{A_w}{A_f}}{12 + 2 \frac{A_w}{A_f}} \text{ (Bileşik kirişlerde)} \quad (2.56)$$

$$R_e = 1.0, \quad \text{(Bileşik olmayan kirişlerde)}$$

$$\alpha = (0.6 F_y / F_{b33}) \leq 1.0 \quad (2.57)$$

Narin başlıklı elemanlarda müsaade edilebilir müsaade edilebilir eğilme gerilmesi şartı:

$$F'_{b33} \leq Q_s (0.6 F_y) \quad (2.58)$$

### Zayıf eksende eğilme

Zayıf yöndeki müsaade edilebilir eğilme gerilmesi  $F_{b22}$  hesabı:

Kompakt kesitler için:

$$f_y \leq 65 \text{ ksi (N) ise} \quad F_{b22} = 0.75 F_y \quad (2.59)$$

$$f_y > 65 \text{ ksi (N) ise} \quad F_{b22} = 0.60 F_y \quad (2.60)$$

Kompakt olmayan ve narin elemanlar için:

$$f_y \leq 65 \text{ ksi (N) ise } F_{b22} = \left\{ 1.075 - 0.005 \frac{b_f}{2t_f} \sqrt{F_y} \right\} F_y \quad (2.61)$$

$$f_y > 65 \text{ ksi (N) ise } F_{b22} = 0.60 F_y$$

### U Kesitler

Tüm U-kesitleri için narinlik parametresi, yanal berkitilmemiş  $l_{22}$  boyu olarak alınır ve bu değer kritik boy  $l_c$  ile karşılaştırılır. Kritik boy,

$$l_c = \min \left[ \frac{76b_f}{\sqrt{F_y}}, \frac{20000A_f}{dF_y} \right] \text{ olarak tanımlanır.} \quad (2.62)$$

### Kuvvetli Eksende Eğilme

Eğer  $l_{22}$  değeri  $l_c$  den küçükse kuvvetli yöndeki müsaade edilebilir eğilme gerilmesi kompakt ve kompakt olmayan kesitlerde kesitlerin kaynaklı imatlı mı yoksa hadde mamulü mü olduğuna bağlı olarak ve  $f_y$  nin 65 ksi den büyük olup olmadığına bağlı olarak belirlenir.

Kompakt kesitler için:

$$f_y \leq 65 \text{ ksi (N) ise } F_{b33} = 0.66 F_y \quad (2.63)$$

$$f_y > 65 \text{ ksi (N) ise } F_{b33} = 0.60 F_y \quad (2.64)$$

Kompakt-olmayan kesitler için;

$$f_y \leq 65 \text{ ksi, ve hadde mamulü ise } F_{b33} = \left\{ 0.79 - 0.002 \frac{b_f}{2t_f} \sqrt{F_y} \right\} F_y \quad (2.65)$$

$$f_y \leq 65 \text{ ksi, ve kaynaklı ise } F_{b33} = \left\{ 0.79 - 0.002 \frac{b_f}{2t_f} \sqrt{\frac{F_y}{k_c}} \right\} F_y \quad (2.66)$$

$$f_y > 65 \text{ ksi ise } F_{b22} = 0.60 F_y \quad (2.67)$$

olarak alınır, ve eğer berkitilmemiş boy  $l_{22}$   $l_c$  den büyükse o zaman hem kompakt hem de kompakt-olamayan tüm U-kesitlerinde müsaade edilebilir eğilme gerilmesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$F_{b33} = \frac{12 \times 10^3 C_b}{l_{22}(d/A_f)} \leq 0.60F_y \quad (2.68)$$

Kuvvetli eksenleri etrafında eğilen narin elemanlarda müsaade edilebilir eğilme gerilmesi, kompakt olmayan kesitlerde de aynı şekilde belirlenir ve sonra aşağıdaki ilave koşullar dikkate alınır.

Zayıf gövdeli elemanlarda müsaade edilebilir eğilme gerilmesi azaltılır:

$$F'_{b33} = R_e R_{PG} F_{b33} \quad (2.69)$$

Narin başlıklı elemanlarda müsaade edilebilir eğilme gerilmesi sınırlanır:

$$F'_{b33} \leq Q_s (0.6 F_y) \quad (2.70)$$

### **Zayıf eksende eğilme**

Zayıf yöndeki müsaade edilebilir eğilme gerilmesi  $F_{b22}$  hesabı:

$$F_{b22} = 0.60 F_y \quad (2.71)$$

### **T- Kesitler ve Çift Köşebentler**

T- kesitlerde ve çift köşebentlerde hem zayıf hem de kuvvetli eksende müsaade edilebilir eğilme gerilmesi hesabı,

$$F_{b22} = 0.60 F_y$$

### **Kutu kesitler ve Dikdörtgensel Tüpler**

Tüm kutu kesitler ve dikdörtgensel tüpler için yanıl berkitilmemiş boy olarak alınan narinlik parametresi,  $l_{22}$ , kritik boy  $l_c$  ile karşılaştırılır. Kritik boy,

$$l_c = \max \left[ \left( 1950 + 1200 M_a / M_b \right) \frac{b}{F_y}, \frac{1200b}{F_y} \right] \quad (2.72)$$

olarak tanımlanır.

### **Kuvvetli eksende eğilme**

Eğer  $l_{22}$  değeri  $l_c$  den küçükse müsaade edilebilir kuvvetli yöndeki eğilme gerilmesi:

$$F_{b33} = 0.66 F_y \quad (\text{Kompakt kesitler için}) \quad (2.73)$$

$$F_{b33} = 0.60 F_y \text{ (Kompakt-olmayan kesitler için)} \quad (2.74)$$

olarak alınır. Eğer berkitilmemiş boy değeri  $l_{22}$ ,  $l_c$  yi aşarsa kuvvetli yöndeki müsaade edilebilir eğilme gerilmesi, kesitin kompakt olup olmadığı dikkate alınmadan,  $F_{b33} = 0.60 F_y$  olarak alınır. Narin kesitlerdeki kuvvetli eksene göre müsaade edilebilir eğilme gerilmesi kompakt olmayan kesitlerdekiyle aynı şekilde hesaplanır. Gövdenin narin olması durumunda müsaade edilebilir eğilme gerilmesi azaltılır.

$$F'_{b33} = R_e R_{PG} F_{b33} \quad (2.75)$$

Başlıkların narin olduğu durumlarda ek kontrollere gerek yoktur. Ancak etkin kesit ölçüleri hesaplanır ve mukavemet momenti bu narinliğe göre değiştirilir.

### **Zayıf eksende eğilme**

$l_{22}$  değerinin  $l_c$  değerinden küçük olması durumunda zayıf eğilme eksenine göre müsaade edilebilir eğilme gerilmesi ;

$$F_{b22} = 0.66 F_y \text{ (Kompakt kesitler için)}$$

$$F_{b22} = 0.60 F_y \text{ (Kompakt-olmayan narin kesitler için)}$$

hesaplanır. Eğer berkitilmemiş boy değeri  $l_{22}$ ,  $l_c$  yi aşarsa kuvvetli yöndeki müsaade edilebilir eğilme gerilmesi, kesitin kompakt olup olmadığı dikkate alınmadan,

$$F_{b22} = 0.60 F_y \text{ olarak hesaplanır.}$$

### **Boru kesitler**

Boru kesitlerde müsaade edilebilir eğilme gerilmesi zayıf ve kuvvetli eksenlerin her ikisinde;

$$F_b = 0.66 F_y \text{ (Kompakt kesitler için)}$$

$$F_b = 0.60 F_y \text{ (Kompakt-olmayan narin kesitler için) olarak hesaplanır.}$$

### **Genel Kesitler**

Genel kesitler için hem kuvvetli hem de zayıf yöndeki müsaade edilebilir eğilme gerilmesi,

$$F_b = 0.60 F_y \text{ olarak hesaplanır.}$$



#### 2.1.4.4 Kayma durumunda müsaade edilebilir gerilme

Kayma gerilmesi tüm kesitlerde geometrik eksen boyunca hesaplanır.

##### Kuvvetli Eksende Eğilme

Müsaade edilebilir kayma gerilmesi değeri I, Kutu ve U kesitleri hariç tüm kesitlerde:

$$F_v = 0.40 F_y \quad (2.76)$$

I, Kutu ve U kesitlerinde müsaade edilebilir kayma gerilmesi kuvvetli eksenlere göre hesabı:

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{380}{\sqrt{F_y}} \quad (2.77)$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{380}{\sqrt{F_y}} \quad \text{için} \quad F_v = 0.40 F_y \quad (2.78)$$

$$\frac{380}{\sqrt{F_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 260 \quad \text{için} \quad F_v = C_v F_y / 2.89 \leq 0.40 F_y \quad (2.79)$$

Burada,

$$h/t_w \geq 56250 k_v / F_y \quad \text{için} \quad C_v = 45000 k_v / F_y (h/t_w)^2 \quad (2.80)$$

$$h/t_w < 56250 k_v / F_y \quad \text{için} \quad C_v = \frac{190 \sqrt{k_v}}{h/t_w \sqrt{F_y}} \quad (2.81)$$

$$a / h \leq 1 \quad \text{için} \quad k_v = 4 + [5.34 / (a/h)^2] \quad (2.82)$$

$$a / h > 1 \quad \text{için} \quad k_v = 5.34 + [4.00 / (a/h)^2] \quad (2.83)$$

##### Zayıf Eksende Eğilme

Zayıf eksen yönündeki müsaade edilebilir kayma gerilmesi hesabı:

$$F_v = 0.40 F_y \quad (2.84)$$

## 2.1.5 UBC-ASD97 gerilme oranı

### 2.1.5.1 Eksenel yük ve eğilme momenti için birleşik gerilme oranı

Müsaade edilebilir eksenel ve eğilme gerilmesi değerleri ile çarpanlarla arttırılmış eksenel ve eğilme eleman gerilmelerinin hesaplanmasıyla her yük kombinasyonu için aşağıdaki gibi bir etkileşim gerilme oranı elde edilir.

$f_a$  basınç ve  $f_a / F_a > 0.15$  ise, birleşik gerilme oranı aşağıdakilerin büyüğü olanıdır,

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{m33} f_{b33}}{\left[1 - \frac{f_a}{F'_{e33}}\right] F_{b33}} + \frac{C_{m22} f_{b22}}{\left[1 - \frac{f_a}{F'_{e22}}\right] F_{b22}}, \text{ ve} \quad (2.85)$$

$$\frac{f_a}{Q(0.60F_y)} + \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}}, \quad (2.86)$$

Yük kombinasyonu rüzgâr yükü veya sismik yük içeriyorsa  $F'_e$  ve  $0.60 F_y$  değerleri 4/3 katı olarak arttırılmaz.

Gerilme oranı özel sismik yük kombinasyonları için hesaplandığında basınç halinde kolon eksenel müsaade edilebilir gerilmesi,  $F_a$  yerine  $1.7 F_a$  olarak alınır.

$f_a$  basınç ve  $f_a / F_a \leq 0.15$  ise, birleşik gerilme oranı,

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}} \quad (2.87)$$

$f_a$  çekme veya sıfır ise, birleşik gerilme oranı aşağıdakilerin büyük olanıdır,

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}}, \text{ ve} \quad \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}} \quad (2.88)$$

Ancak ilk denklemde  $F_{b33}$  veya  $F_{b22}$  nin  $0.60 F_y$  den daha az olmaması gerekir. İkinci denklem eksenel basıncın faydalı etkisi olmaksızın eğilmeli burkulmayı gözönüne alır.

Gerilme oranı özel sismik yük kombinasyonları için hesaplandığında çekme halinde kolon eksenel müsaade edilebilir gerilmesi,  $F_a$  yerine  $F_y$  olarak alınır.

Tek köşebent kesitler için, birleşik gerilme oranı asal eksenlerdeki özellikler göz önüne alınarak hesaplanır. I, kutu, U, T, çift köşebent, boru, daire ve dikdörtgen kesitlerde asal eksenler geometrik eksenlerle üst üste düşer.

AISC-ASD yönetmeliğinin tersine deprem ve rüzgâr yüklerini içeren kombinasyonlar için boyutlandırmada müsaade edilebilir gerilmeler düzenli müsaade edilebilir değerin 4/3 katı olarak arttırılmaz.

### 2.1.5.2 Kayma gerilme oranı

Kuvvetli ve zayıf eksen doğrultularında kayma gerilmesi oranları her bir yük kombinasyonu için her noktada müsaade edilebilir kayma gerilmesi değerlerinden ve çarpanlarla arttırılmış kayma gerilmesi değerlerinden aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\frac{f_{v2}}{F_v}, \quad (2.89)$$

Tek köşebent kesitler için kayma gerilmesi oranı geometrik eksen doğrultularında hesaplanır. Diğer bütün kesitler için kayma gerilmesi geometrik eksenlerle çıkan asal eksen doğrultularında hesaplanır.

AISC-ASD yönetmeliğinin tersine deprem ve rüzgar yüklerini içeren kombinasyonlar için boyutlandırmada müsaade edilebilir gerilmeler düzenli müsaade edilebilir değerin 4/3 katı olarak arttırılmaz.

## 2.2 UBC-LRFD97 Boyutlama Kriterleri

UBC-LRFD97 boyutlama yönetmeliği, Yapı Yetkililerinin Uluslararası Konferansının 1997 Üniorm Yapı Yönetmeliği: Cilt 2: Yapı Mühendisliği Boyutlandırma Koşulları, Bölüm 22, Kısım II, "Yapısal çelik Binalar için Yük ve Dayanım Çarpanlarıyla Boyutlama Şartnamesi" uygular [1].

### 2.2.1 Boyutlamaya esas yük kombinasyonları

Boyutlama yük kombinasyonları belirtilen yapı elemanları ve birleşimlerin boyutlanmasında ve kontrolünde kullanılacak çeşitli yükleme durumlarının katsayılarla çarpılıp toplanmasıdır. UBC-LRFD97 yönetmeliğine göre eğer yapı ölü yük , hareketli yük , rüzgar yükü ve deprem yükü taşıyorsa ve rüzgar ile deprem yüklerinin yön değiştiren kuvvetler olduğu da gözönünde tutularak aşağıdaki yük kombinasyonları oluşturulur.

$$1.4 \text{ DL} \quad (2.90)$$

$$1.2 \text{ DL} + 1.4 \text{ LL} \quad (2.91)$$

$$1.2 DL \mp 0.8 WL \quad (2.92)$$

$$0.9 DL \mp 1.3 WL \quad (2.93)$$

$$1.2 DL + 0.5 LL \mp 1.3 WL \quad (2.94)$$

$$1.2 DL \mp 1.0 EL \quad (2.95)$$

$$0.9 DL \mp 1.0 EL \quad (2.96)$$

$$1.2 DL + 0.5 LL \mp 1.0 EL \quad (2.97)$$

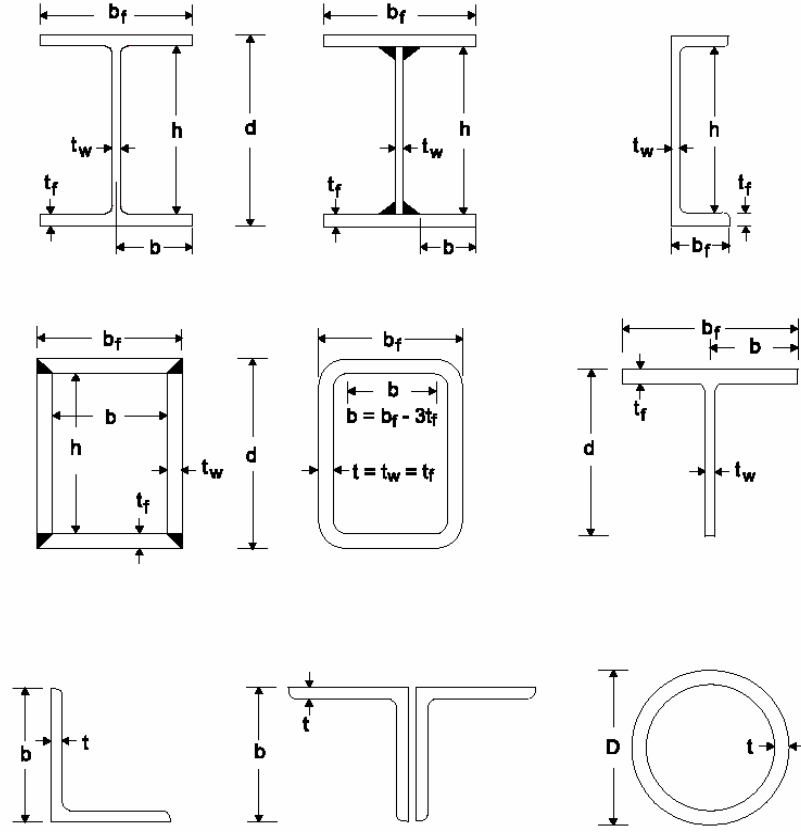
Şartnamede özel tip elemanlar ve özel durumlar için ilave sismik yük kombinasyonları tanımlanır.

$$0.9 DL \mp \Omega_0 EL \quad (2.98)$$

$$1.2 DL + 0.5 LL \mp \Omega_0 EL \quad (2.99)$$

### **2.2.2 Kesitlerin sınıflandırılması**

Eksenel basınç ve eğilme için nominal dayanımlar, kesitin kompakt, kompakt-olmayan, narin veya aşırı narin olarak sınıflandırılmasına bağlıdır.



Şekil 2.2: Kesit geometrilerinin AISC-LRFD yönetmeliğine göre tanımı

Tablo 2.6: AISC-LRFD yönetmeliğine göre profil eksenleri tanımlama kuralları

<p>2-2:  Gövdeye paralel kesit eksenini,  Borularda daha uzun olan boyutu,  Tek köşebentlerin uzun olan kenarı veya  Çift köşebentlerin karşı karşıya gelen kenarları  Bu, y-y ekseniniyle aynıdır.</p>	
<p>3-3:  2-2 eksenine dik olan eksenidir. Bu, x-x eksenidir.</p>	

**Tablo 2.7:**AISC - LRFD yönetmeliğine göre eğilmeye maruz kesitlerin sınıflandırılmasında basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları

Kesitin Tanımı	Kontrol Edilen Oran $\lambda$	Kompakt Kesit $\lambda_p$	Kompakt Olmayan Kesit $\lambda_r$	Narin Kesit $\lambda_{narin}$
I-kesitler	$b_f / 2t_f$ (Hadde)	$\leq 65 / \sqrt{F_y}$	$\leq 141 / \sqrt{F_y - 10.0}$	Sınır Yok
	$b_f / 2t_f$ (Kaynaklı)	$\leq 65 / \sqrt{F_y}$	$\leq 162 / \sqrt{\frac{F_y - 16.5}{k_c}}$	Sınır Yok
	$h_c / t_w$	For $P_u / \phi_b P_y \leq 0.125$ , $\leq \frac{640}{\sqrt{F_y}} \left( 1 - \frac{2.75 P_u}{\phi_b P_y} \right)$  For $P_u / \phi_b P_y > 0.125$ $\leq \left\{ \begin{array}{l} \frac{191}{\sqrt{F_y}} \left( 2.33 - \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right) \\ \geq \frac{253}{\sqrt{F_y}} \end{array} \right\}$	$\leq \frac{970}{\sqrt{F_y}} \left[ 1 - 0.74 \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right]$	$\leq \left\{ \begin{array}{l} \frac{14000}{\sqrt{F_y (F_y + 16.5)}} \\ \leq 260 \end{array} \right\}$
Kutu kesitler	$b / t_f$ $h_c / t_w$	$\leq 190 / \sqrt{F_y}$ I kesitler gibi	$\leq 238 / \sqrt{F_y}$ I kesitler gibi	Sınır Yok $\leq 970 / \sqrt{F_y}$
U kesitler	$b / 2t_f$ $h_c / t_w$	I kesitler gibi I kesitler gibi	I kesitler gibi I kesitler gibi	Sınır Yok I kesitler gibi
T kesitler	$b_f / 2t_f$	Uygulanamaz	$\leq 95 / \sqrt{F_y}$	Sınır Yok
	$d / t_w$	Uygulanamaz	$\leq 127 / \sqrt{F_y}$	Sınır Yok
Tek köşebent	$b / t$	Uygulanamaz	$\leq 76 / \sqrt{F_y}$	Sınır Yok
Çift köşebent (ayrılmış)	$b / t$	Uygulanamaz	$\leq 76 / \sqrt{F_y}$	Sınır Yok
Borular	$D / t$	$\leq 2070 / F_y$	$\leq 8970 / F_y$	$\leq 13000 / F_y$ (Sadece basınç) Eğilme için sınır yok.
Dairesel dolu Çubuk	-	Kompakt varsayılmıştır		
Dörtköşe	-	Kompakt-olmayan varsayılmıştır		
Genel	-	Kompakt-olmayan varsayılmıştır		

Tablo 2.7’ de verilen sınırlı genişlik/kalınlık oranlarına göre farklı kesitleri sınıflandırır. Bu tablolarda gereken kesit özelliklerinin tanımı Şekil 2.2 ve Tablo 2.6’ da verilmiştir.

Genelde boyutlandırma kesitlerinin UBC-LRFD97 yönetmeliğini sağlamak için kompakt olması gerekmez. Ancak belirli özel sismik durumlar için özel narinlik şartlarını sağlamak ve kompakt olmak zorundadır. UBC yönetmeliğinde kompakt sismik olarak kesitlerin sınıflandırılması için gereken bu özel şartlar Tablo 2.8’ de verilmiştir.

**Tablo 2.8:**UBC-LRFD yönetmeliğine göre özel sismik şartlar uygulandığında kesitlerin sınıflandırılmasında basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları

Kesitin Tanımı	Genişlik / Kalınlık oranı $\lambda$	SİSMİK (Deprem hesabı için özel şartlar) ( $\lambda_p$ )	Atıfta bulunulan yönetmelik
I-kesitler	$b_f / 2t_f$	$\leq 52 / \sqrt{F_y}$	UBC 2211.4.8.4.b (SMRF) UBC 2211.4 Tablo 8-1 (SMRF)
	$b_f / 2t_f$	For $P_u / \phi_b P_y \leq 0.125$ , $\leq \frac{520}{\sqrt{F_y}} \left( 1 - 1.54 \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right)$ For $P_u / \phi_b P_y > 0.125$ $\leq \left\{ \frac{191}{\sqrt{F_y}} \left( 2.33 - \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right) \geq \frac{253}{\sqrt{F_y}} \right\}$	UBC 2211.4.8.4.b (SMRF) UBC 2211.4 Tablo 8-1 (SMRF)
Kutu kesitler	$b / t_f$ ve $h_c / t_w$	$\leq 110 / \sqrt{F_y}$ (Kiriş ve kolon SMRF de, Kolon SCBF de, Çaprazlar BF de)	UBC 2210.8 (SMRF) UBC 2210.10.g (SCBF) UBC 2211.4.9.2.d (BF)
	$b / t_f$ ve $h_c / t_w$	$\leq 110 / \sqrt{F_y}$ (Çaprazlar SCBF de)	UBC 2210.10.c (SCBF)
U kesitler	$b / t_f$ $h_c / t_w$	I-Kesitler gibi I-Kesitler gibi	UBC 2211.4.8.4.b (SMRF) UBC 2211.4 Tablo 8-1 (SMRF)
Tek köşebent	$b / t$	$\leq 52 / \sqrt{F_y}$ (Çaprazlar SCBF de)	UBC 2210.10.c (SCBF) UBC 2211.4.9.2.d (SCBF)
Çift köşebent	$b / t$	$\leq 52 / \sqrt{F_y}$ (Çaprazlar SCBF de)	UBC 2210.10.c (SCBF) UBC 2211.4.9.2.d (SCBF)
Borular	$D / t$	$\leq 1300 / F_y$	UBC 2210.10.c (çaprazlar SCBF de) UBC 2211.4.9.2.d (çaprazlar BF te)
T kesitler	$b_f / 2t_f$ $d / t_w$	Özel şart yok Özel şart yok	
Dörtköşe	-	Özel şart yok	
Dörtgen veya Dairesel	-	Özel şart yok	
Genel	-	Özel şart yok	

### 2.2.3 UBC-LRFD97 yönetmeliğinde çarpanlarla arttırılmış kuvvetlerin hesaplanması

Her yük kombinasyonu için hesaplanan, çarpanlarla arttırılmış eleman yükleri  $P_u$ ,  $M_{u33}$ ,  $M_{u22}$ ,  $V_{u3}$  ve  $V_{u2}$  sırasıyla çarpanlarla arttırılmış eksenel yük, kuvvetli yöndeki moment, zayıf yöndeki moment, kuvvetli yöndeki kayma kuvveti ve zayıf yöndeki kayma kuvvetine karşı gelirler.

Elemanda basınca yol açan yük kombinasyonları için çarpanlarla arttırılmış moment  $M_u$  ikinci derece etkileri hesaba katmak üzere büyütülür. Herhangi bir yöndeki büyütülmüş moment şu eşitlikle verilir:

$$M_u = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \quad (2.100)$$

Moment arttırma çarpanları karşı gelen yönlerle ilgilidirler. Yanal ötelemeye yol açmayan momentler için moment arttırma çarpanı  $B_1$  şu eşitlikle verilir:

$$B_1 = \frac{C_m}{(1 - P_u / P_e)} \geq 1.0 \quad (2.101)$$

$$\left( \lambda = \frac{Kl}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \text{ ile, } P_e = \frac{A_y F_y}{\lambda^2} \right) \quad (2.102)$$

Eğer eleman uzunluğu yeniden yazıldıysa  $C_m = 1.0$

Çekme elemanı ise  $C_m = 1.0$

Ucu tutulmadıysa  $C_m = 1.0$

Enlemesine yük yoksa  $C_m = 0.6 - 0.4 (M_a / M_b)$

Enlemesine yük var ve ucu ankastre ise  $C_m = 0.85$

Enlemesine yük var ve ucu ankastre değilse  $C_m = 1.0$

Burada  $M_a / M_b$  oranı eleman uç momentlerinin, küçüğünün büyüğüne olan oranıdır, çift eğrilik için pozitif ve tek eğrilik içinse negatiftir. Enine yüke maruz basınç elemanları için  $C_m$  1.0 kabul edilir. Çekme elemanlarında  $C_m$  1.0 alınır. Enlemesine yük alan basınç elemanları için eğer uçlarından biri ankastre değilse  $C_m$  değeri 1.0 alınır; eğer her iki ucu da ankastre değilse  $C_m$  değeri 0.85 alınır.  $M_b$  değeri sıfırken  $C_m$  değeri 1.0 alınır.



Moment arttırma çarpanı  $B_1$ , pozitif bir sayı olmalıdır. Bu nedenle  $P_u$ ,  $P_e$ 'den küçük olmalıdır. Eğer  $P_u$ ,  $P_e$ 'ye eşit veya  $P_e$ 'den büyük bulunursa, bir göçme durumuna olduğu karşılık gelir.

#### 2.2.4 UBC-LRFD97 yönetmeliğinde nominal dayanımların hesabı

UBC-LRFD97' ye göre Sismik, Kompakt, Kompakt olmayan ve Narin kesitlerin basınç, çekme, eğilme ve kayma durumlarında nominal dayanımları aşağıda şekilde hesaplanır. Sismik kesitler için nominal dayanımlar, kompakt kesitlerdekine benzer şekilde hesaplanır.

Dayanım azaltma çarpanı,  $\phi$ , aşağıdaki gibi alınır.

$\phi_t$  = Çekme için dayanım çarpanı, 0.90,

$\phi_c$  = Basınç için dayanım çarpanı, 0.85,

$\phi_c$  = Köşebentlerde basınç için dayanım çarpanı, 0.90,

$\phi_b$  = Eğilme için dayanım çarpanı, 0.90

$\phi_v$  = Kayma için dayanım çarpanı, 0.90,

##### 2.2.4.1 Nominal basınç kapasitesi

Nominal basınç dayanımı eğilmeli burkulma, burulmalı burkulma ve eğilmeli-burulmalı burkulmadan elde edilen minimum değerdir.

##### Eğilmeli Burkulma

Nominal eksenel basınç dayanımı  $P_n$ , narinlik oranı  $Kl/r$  ve onun kritik değeri  $\lambda_c$  ye bağlıdır. Burada

$$\frac{Kl}{r} = \max \left\{ \frac{K_{33}l_{33}}{r_{33}}, \frac{K_{22}l_{22}}{r_{22}} \right\}, \text{ ve} \quad (2.103)$$

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \text{ dir.} \quad (2.104)$$

Kompakt ve kompakt-olmayan kesitler için nominal eksenel basınç dayanımı değeri,  $P_n$ , eğilmeli burkulma için hesap;

$$P_n = A_g F_{cr}, \quad (2.105)$$

$$\lambda \leq 1.5 \text{ için,} \quad F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) F_y, \text{ ve} \quad (2.106)$$

$$\lambda > 1.5 \text{ için,} \quad F_{cr} = \left[ \frac{0.877}{\lambda_c^2} \right] F_y \quad (2.107)$$

Narin kesitler için  $P_n$ , eğilmeli burkulma için şu şekilde bulunur;

$$P_n = A_g F_{cr}, \quad (2.108)$$

burada,

$$\lambda_c \sqrt{Q} \leq 1.5 \text{ için} \quad F_{cr} = Q (0.658^{Q\lambda_c^2}) F_y, \text{ ve} \quad (2.109)$$

$$\lambda_c \sqrt{Q} > 1.5 \text{ için} \quad F_{cr} = \left[ \frac{0.877}{\lambda_c^2} \right] F_y \text{ dir.} \quad (2.110)$$

Bütün kompakt ve kompakt-olmayan kesitler için azaltma çarpanı  $Q$ , 1.0 alınır. Narin kesitler için  $Q$  aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Q = Q_s Q_a, \quad (2.111)$$

Narin kesitler için  $Q_s$  çarpanı Tablo 2.9'da tanımlandığı gibi hesaplanır. Narin kesitler için  $Q_a$  çarpanı etkili kesit alanı ve tüm kesit alanının oranı olarak hesaplanır.

$$Q_a = \frac{A_e}{A_g} \quad (2.112)$$

Etkili enkesit alanı aşağıdaki etkili kalınlığa dayanarak hesaplanır:

$$A_e = A_g - \sum (b - b_e) t \quad (2.113)$$

Berkitilmemiş elemanlar için  $b_e$  değeri  $b$  ye eşit alınır. Berkitilmiş elemanlar için Tablo 2.10 da verildiği gibi  $b$  ye eşit veya daha küçük olarak alınır. I, kutu kesit ve U kesitlerdeki gövdelerde, yukarıdaki denklemde  $h_e$ ,  $b_e$  olarak ve  $h$  ise  $b$  olarak kullanılmıştır.

**Tablo 2.9:** Berkitilmemiş narin elemanlar için azaltma çarpanı,  $Q_s$

Kesit Tipi	Berkitilmemiş Narin Elemanlar için Azaltma Çarpanı ( $Q_s$ )	İlgili Eşitlik
I- Kesit	$Q_s = \begin{cases} 1.0, & \text{if } b_f/2t_f \leq 95/\sqrt{F_y}, \\ 1.415 - 0.00437[b_f/2t_f]\sqrt{F_y}, & \text{if } 95/\sqrt{F_y} < b_f/2t_f < 176/\sqrt{F_y}, \\ 20,000/\{[b_f/2t_f]^2 F_y\}, & \text{if } b_f/2t_f \geq 176/\sqrt{F_y}. \end{cases}$ <p>(Hadde)</p>	LRFD A-B5-5, LRFD A-B5-6
	$Q_s = \begin{cases} 1.0 & \text{if } b_f/2t_f \leq 109/\sqrt{F_y/k_c}, \\ 1.415 - 0.00381[b_f/2t_f]\sqrt{F_y/k_c} & \text{if } 109/\sqrt{F_y/k_c} < b_f/2t_f < 200/\sqrt{F_y/k_c}, \\ 26,200 k_c/\{[b_f/2t_f]^2 F_y\} & \text{if } b_f/2t_f \geq 200/\sqrt{F_y/k_c}. \end{cases}$ <p>(Kaynaklı)</p>	LRFD A-B5-7, LRFD A-B5-8
Kutu	$Q_s = 1$	LRFD A-B5-3d
U- Kesit	I-Kesitlerdeki $b_f/2t_f$ yerine $b_f/t_f$	LRFD A-B5-5, LRFD A-B5-6, LRFD A-B5-7, LRFD A-B5-8
T- Kesit	Başlıklar, I- Kesitlerde olduğu gibi. Gövde için: $Q_s \leq \begin{cases} 1.0, & \text{if } d/t_w \leq 127/\sqrt{F_y}, \\ 1.908 - 0.00715[d/t_w]\sqrt{F_y}, & \text{if } 127/\sqrt{F_y} < d/t_w < 176/\sqrt{F_y}, \\ 20,000/\{[d/t_w]^2 F_y\}, & \text{if } d/t_w \geq 176/\sqrt{F_y}. \end{cases}$	LRFD A-B5-5, LRFD A-B5-6, LRFD A-B5-7, LRFD A-B5-8, LRFD A-B5-9, LRFD A-B5-10
Çift Köşebent (Ayrılmış)	$Q_s = \begin{cases} 1.0, & \text{if } b/t \leq 76/\sqrt{F_y}, \\ 1.340 - 0.00447[b/t]\sqrt{F_y}, & \text{if } 76/\sqrt{F_y} < b/t < 155/\sqrt{F_y}, \\ 15,500/\{[b/t]^2 F_y\}, & \text{if } b/t \geq 155/\sqrt{F_y}. \end{cases}$	LRFD A-B5-3, LRFD A-B5-4
Tek Köşebent	$Q_s = \begin{cases} 1.0, & \text{if } b/t \leq 0.446\sqrt{F_y/E}, \\ 1.34 - 0.761[b/t]\sqrt{F_y/E}, & \text{if } 0.446\sqrt{F_y/E} < b/t < 0.910\sqrt{F_y/E}, \\ 0.534/\{[b/t]^2 [F_y/E]\}, & \text{if } b/t \geq 0.910\sqrt{F_y/E}. \end{cases}$	LRFD SAM4-3
Boru	$Q_s = 1$	LRFD A-B5-3d
Yuvarlak Çubuk	$Q_s = 1$	LRFD A-B5-3d
Dörtköşe	$Q_s = 1$	LRFD A-B5-3d
Genel	$Q_s = 1$	LRFD A-B5-3d

**Tablo 2.10:** Berkitilmiş kesitler için etkin genişlik

Kesit Tipi	Berkitilmiş Kesitler için Etkin Genişlik	İlgili Eşitlik
I- Kesit	$h_e = \begin{cases} h, & \text{if } \frac{h}{t_w} \leq \frac{253}{\sqrt{f}}, \\ \frac{326 t_w}{\sqrt{f}} \left[ 1 - \frac{57.2}{(h/t_w)\sqrt{f}} \right], & \text{if } \frac{h}{t_w} > \frac{253}{\sqrt{f}}. \end{cases}$ <p>Sadece basınç, <math>f = P / A_g</math></p>	LRFD A-B5-12
Kutu	$h_e = \begin{cases} h, & \text{if } \frac{h}{t_w} \leq \frac{253}{\sqrt{f}}, \\ \frac{326 t_w}{\sqrt{f}} \left[ 1 - \frac{57.2}{(h/t_w)\sqrt{f}} \right], & \text{if } \frac{h}{t_w} > \frac{253}{\sqrt{f}}. \end{cases}$ <p>Sadece basınç, <math>f = P / A_g</math></p> $b_e = \begin{cases} b, & \text{if } \frac{b}{t_f} \leq \frac{238}{\sqrt{f}}, \\ \frac{326 t_f}{\sqrt{f}} \left[ 1 - \frac{64.9}{(b/t_f)\sqrt{f}} \right], & \text{if } \frac{b}{t_f} > \frac{238}{\sqrt{f}}. \end{cases}$ <p>Basınç veya eğilme, <math>f = F_y</math></p>	LRFD A-B5-12 LRFD A-B5-11
U- Kesit	$h_e = \begin{cases} h, & \text{if } \frac{h}{t_w} \leq \frac{253}{\sqrt{f}}, \\ \frac{326 t_w}{\sqrt{f}} \left[ 1 - \frac{57.2}{(h/t_w)\sqrt{f}} \right], & \text{if } \frac{h}{t_w} > \frac{253}{\sqrt{f}}. \end{cases}$ <p>Sadece basınç, <math>f = P / A_g</math></p>	LRFD A-B5-12
T- Kesit	$b_e = b$	LRFD A-B5.3b
Çift Köşebent (Ayrılmış)	$b_e = b$	LRFD A-B5.3b
Tek Köşebent	$b_e = b$	LRFD A-B5.3b
Boru	$Q_a = \begin{cases} 1, & \text{if } \frac{D}{t} \leq \frac{3,300}{F_y}, \\ \frac{1,100}{(D/t)F_y} + \frac{2}{3}, & \text{if } \frac{D}{t} > \frac{3,300}{F_y}. \end{cases}$ <p>Sadece basınç</p>	LRFD A-B5-13
Yuvarlak Çubuk	Uygulanamaz	-
Dörtköşe	$b_e = b$	LRFD A-B5.3b
Genel	Uygulanamaz	-

## Eğilmeli-Burulmalı Burkulma

Genişlik-kalınlık oranı  $\lambda_r$  den daha az olan elemanlar çift köşebent ve T şekilli basınç elemanlarının eğilmeli-burulmalı burkulmaları için  $P_n$  şu ifadeyle verilir;

$$P_n = A_g F_{\text{cft}}, \quad (2.114)$$

Burada,

$$F_{\text{cft}} = \left( \frac{F_{\text{cr2}} + F_{\text{crz}}}{2H} \right) \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{\text{cr2}}F_{\text{crz}}H}{(F_{\text{cr2}} + F_{\text{crz}})^2}} \right], \text{ burada} \quad (2.114a)$$

$$F_{\text{crz}} = \frac{GJ}{Ar_0^2}, \quad (2.114b)$$

$$H = 1 - \left[ \frac{x_0^2 + y_0^2}{r_0^2} \right], \quad (2.114c)$$

## Burulmalı ve Eğilmeli-Burulmalı Burkulma

Burulmalı ve eğilmeli-burulmalı burkulmanın limit durumları ile belirlenen bir basınç elemanının dayanımı,  $P_n$  aşağıdaki gibi belirlenir.

$$P_n = A_g F_{\text{cr}}, \quad (2.115a)$$

burada

$$\lambda_e \sqrt{Q} \leq 1.5 \text{ için} \quad F_{\text{cr}} = Q(0.658^{Q\lambda_e^2}) F_y \quad (2.115b)$$

$$\lambda_e > 1.5 \text{ için} \quad F_{\text{cr}} = \left[ \frac{0.877}{\lambda_e^2} \right] F_y \quad (2.115c)$$

Yukarıdaki eşitlikte, narinlik parametresi  $\lambda_e$

$$\lambda_e = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}}, \quad (2.116)$$

olarak hesaplanır. Burada  $F_e$  aşağıdaki gibi hesaplanır:

- Dikdörtgen, I, kutu ve boru kesitler için:

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_{22} + I_{33}}, \quad (2.117)$$

- T-kesitler ve çift köşebentler için:

$$F_e = \left[ \frac{F_{e22} + F_{ez}}{2H} \right] \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{e22}F_{ez}H}{(F_{e22} + F_{ez})^2}} \right] \quad (2.118)$$

U-kesitler için:

$$F_e = \left[ \frac{F_{e33} + F_{ez}}{2H} \right] \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{e33}F_{ez}H}{(F_{e33} + F_{ez})^2}} \right] \quad (2.119)$$

- Eşit kollu tek köşebent kesitler için:

$$F_e = \left[ \frac{F_{e33} + F_{ez}}{2H} \right] \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{e33}F_{ez}H}{(F_{e33} + F_{ez})^2}} \right] \quad (2.120)$$

Farklı kollu tek köşebent kesitler için,  $F_e$  aşağıdaki kübik denkleminin) minimum gerçel kökü olarak hesaplanır:

$$(F_e - F_{e33})(F_e - F_{e22})(F_e - F_{ez}) - F_e^2(F_e - F_{e22})\left(\frac{x_0}{r_0}\right)^2 - F_e^2(F_e - F_{e33})\left(\frac{y_0}{r_0}\right)^2 = 0, \quad (2.121)$$

Burada,

$x_0, y_0$  ağırlık merkezine göre kayma merkezinin koordinatlarıdır, çift köşebent ve T kesitli elemanlar (y-eksenine göre simetrik) için  $x_0 = 0$  dir.

$$r_0 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2 + \frac{I_{22} + I_{33}}{A_g}} : \text{kayma merkezindeki polar atalet yarıçapı,}$$

$$H = 1 - \left( \frac{x_0^2 + y_0^2}{r_0^2} \right), \quad (2.122)$$

$$F_{e33} = \frac{\pi^2 E}{(K_{33} I_{33} / r_{33})^2}, \quad (2.123)$$

$$F_{e22} = \frac{\pi^2 E}{(K_{22} I_{22} / r_{22})^2}, \quad (2.124)$$

$$F_{ez} = \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z I_z)^2} + GJ \right] \frac{1}{A r_0^2}, \quad (2.125)$$

Nominal aksenal çekme dayanımı değeri  $P_n$  brüt kesit alanına ve akma gerilmesine dayanır.

$$P_n = A_g F_y \quad (2.126)$$

#### 2.4.4.2 Nominal eğilme kapasitesi

Nominal eğilme dayanımı aşağıdaki kriterlere bağlıdır: Kesitin geometrik şekli, eğilme eksenleri, kesitin kompaktlığı ve yanal-burulmalı burkulma için narinlik parametresi. Nominal eğilme dayanımı, aşağıdakiler gibi akmanın, enine-burulmalı burkulmanın, başlık yanal burkulmasının ve gövde buruşmasının sınır durumlarına göre elde edilen değerlerin minimumudur.

##### Akma

Akma sınır durumu ile belirlenen, kirişlerin eğilmeye göre boyutlandırma dayanımı,

$$M_p = Z F_y \leq 1.5 S F_y \quad (2.127)$$

##### Enine-Burulmalı Burkulma

##### Çift Simetri Eksenli Kesitler ve U-kesitler

Kuvvetli eksen etrafında eğilen I, U, kutu ve dikdörtgen kesitli elemanlar için moment kapasitesi:

$$L_b \leq L_p \text{ ise} \quad M_{n33} = M_{p33} \quad (2.128)$$

$$L_p < L_b \leq L_r \text{ ise} \quad M_{n33} = C_b \left\{ M_{p33} - (M_{p33} - M_{r33}) \left[ \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right] \right\} \leq M_{p33},$$

$$L_b > L_r \text{ ise} \quad M_{n33} = M_{cr33} \leq M_{p33}$$

Burada,

$$Z_{33} F_y \leq 1.5 S_{33} F_y, \quad (2.129)$$

$$\text{I-kesitler ve U-kesitler için} \quad \frac{C_b \pi}{L_b} \sqrt{EI_{22} GJ + \left( \frac{\pi E}{L_b} \right)^2 I_{22} C_w} \quad (2.130)$$

$$\text{Kutular ve dikdörtgen çubuklar için} \quad \frac{57000 C_b \sqrt{JA}}{L_b / r_{22}} \quad (2.131)$$

$$\text{I-kesitler ve U-kesitler için } \frac{300r_{22}}{\sqrt{F_y}} \quad (2.132)$$

$$\text{Kutular ve dikdörtgen çubuklar için } \frac{3750r_{22}\sqrt{JA}}{M_{p33}} \quad (2.133)$$

I-kesitler ve U-kesitler için,

$$\frac{r_{22}X_1}{F_y - F_r} \left\{ 1 + \left[ X_2(F_y - F_r)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/2} \quad (2.134)$$

$$\text{Kutular ve dikdörtgen çubuklar için } \frac{57000r_{22}\sqrt{JA}}{M_{r33}} \quad (2.135)$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_{33}} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} \quad (2.136)$$

$$X_2 = 4 \frac{C_w}{I_{22}} \left( \frac{S_{33}}{GJ} \right)^2 \quad (2.137)$$

$$C_b = \frac{12.5M_{\max}}{2.5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}, \quad (2.138)$$

$M_{\max}$ ,  $M_A$ ,  $M_B$  ve  $M_C$  elemanda sırasıyla maksimum momentin, açıklığın 1/4'ündeki, açıklığın ortasındaki ve açıklığın 3/4'ündeki kuvvetli eksen etrafındaki momentlerin mutlak değerleridir.  $C_b$  konsollar için 1.0 olarak alınır.

Zayıf eksen etrafında eğilen I, U, kutu ve dikdörtgen kesitli elemanlar için moment kapasitesi hesabı:

$$M_{n22} = M_{p22} = Z_{22}F_y \leq 1.5S_{22}F_y \quad (2.139)$$

Herhangi bir eksen etrafında eğilen borular ve dairesel çubuklar için,

$$M_n = M_p = ZF_y \leq 1.5SF_y \quad (2.140)$$

### **T-kesitler ve Çift Köşebentler**

T-kesitler ve Çift köşebentler için kuvvetli eksen etrafında nominal eğilme dayanımı aşağıdaki gibi verilir;

$$M_{n33} = \frac{\pi\sqrt{EI_{22}GJ}}{L_b} \left[ B + \sqrt{1 + B^2} \right] \quad (2.141)$$



Burada,

$$\text{Çekme başlığında pozitif moment için,} \quad M_{n33} \leq 1.5F_y S_{33} \quad \text{için} \quad (2.142)$$

$$\text{Basınç başlığında negatif moment için,} \quad M_{n33} \leq F_y S_{33} \quad \text{için} \quad (2.143)$$

$$B = \mp 2.3 \frac{d}{L_b} \sqrt{\frac{I_{22}}{J}} \quad (2.144)$$

B için pozitif işareti T-kesitinin başlığında veya çift köşebentten dışa açılan kollarında çekme olduğu zaman (pozitif momentler) kullanılır ve negatif işaret başlıkta basınç için (negatif momentler) kullanılır.

T-kesitler ve çift köşebentler için zayıf eksen etrafındaki nominal eğilme dayanımının,

$$M_{n22} = S_{22} F_y \text{ olduğu kabul edilir.}$$

### Genel Kesitler

Genel kesitler için kuvvetli ve zayıf eksenler etrafındaki nominal eğilme dayanımlarının

$$M_n = S F_y \text{ olduğu kabul edilir.}$$

### Başlıkların Yanal Burkulması

Başlıkların yanal burkulma sınır durumu için kompakt-olmayan ve narin kirişlerin eğilmeli boyutlandırma dayanımı,  $M_n$  anır:

Kuvvetli eksen etrafındaki eğilme için;

$$\begin{aligned} \lambda \leq \lambda_p \quad & \text{ise} \quad M_{n33} = M_{p33} \\ \lambda_p \leq \lambda < \lambda_r \quad & \text{ise} \quad M_{n33} = M_{p33} - (M_{p33} - M_{r33}) \left\{ \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right\}, \quad (2.145) \end{aligned}$$

$$\lambda > \lambda_r, \quad \text{ise} \quad M_{n33} = M_{cr33} \leq M_{p33},$$

ve zayıf eksen etrafındaki eğilme için,

$$\lambda \leq \lambda_p, \quad \text{ise} \quad M_{n22} = M_{p22}$$

$$\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r, \text{ ise} \quad M_{n22} = M_{p22} - (M_{p22} - M_{r22}) \left\{ \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right\},$$

$$\lambda > \lambda_r, \text{ ise} \quad M_{n22} = M_{cr22} \leq M_{p22},$$

$$M_{p33} = \text{Kuvvetli eksen etrafındaki plastik moment, } Z_{33}F_y \leq 1.5S_{33}F_y,$$

$$M_{p22} = \text{Zayıf eksen etrafındaki plastik moment, } Z_{22}F_y \leq 1.5S_{22}F_y,$$

$\lambda_p = M_n = M_p$  olan en büyük  $\lambda$  değeri,

### I-Kesitler, U-Kesitler

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f}, \quad (\text{I-kesitler için}) \quad (2.146)$$

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f}, \quad (\text{U-kesitler için}) \quad (2.147)$$

$$\lambda_p = \frac{65}{\sqrt{F_y}}, \quad (2.148)$$

$$\lambda_r = \frac{141}{\sqrt{F_y - F_r}}, \quad \text{hadde kesitler için,}$$

$$\lambda_r = \frac{162}{\sqrt{(F_y - F_r)/k_c}}, \quad \text{kaynaklı kesitler için,} \quad (2.149)$$

$$M_{r33} = (F_y - F_r)S_{33} \quad (2.150)$$

$$M_{r22} = F_y S_{22} \quad (2.151)$$

$$M_{cr33} = \frac{20000}{\lambda^2} S_{33} \quad \text{hadde kesitler için,}$$

$$M_{cr33} = \frac{26000 k_c}{\lambda^2} S_{33} \quad \text{kaynaklı kesitler için,}$$

$$M_{cr22} = \frac{20000}{\lambda^2} S_{22} \quad \text{hadde kesitler için,}$$

$$M_{cr22} = \frac{26000 k_c}{\lambda^2} S_{22} \quad \text{kaynaklı kesitler için,}$$

$F_r = 10$  ksi (N) hadde kesitler için,

$F_r = 16.5$  ksi (N) kaynaklı kesitler için

### **Kutu Kesitler**

$$\lambda = \frac{b_f - 3t_w}{t_f}, \text{ hadde kesitler için,} \quad (2.152)$$

$$\lambda = \frac{b_f - 2t_w}{t_f}, \text{ kaynaklı kesitler için,} \quad (2.153)$$

$$\lambda_p = \frac{190}{\sqrt{F_y}}, \quad (2.154)$$

$$\lambda_r = \frac{238}{\sqrt{F_y}}, \quad \text{hadde kesitler için,} \quad (2.155)$$

$$M_{r33} = (F_y - F_r)S_{\text{eff},33}$$

$$M_{r22} = (F_y - F_r)S_{\text{eff},22}$$

$$M_{\text{cr}33} = S_{\text{eff},33} / S_{33}$$

$$M_{\text{cr}22} = F_y S_{\text{eff},22}$$

$F_r = 10$  ksi(N) , hadde kesitler için,

$F_r = 16.5$  ksi(N), kaynaklı kesitler için,

$S_{\text{eff},33}$  = Narinliğe göre kuvvetli eksen etrafındaki etkili kesit modülleri,

$S_{\text{eff},22}$  = Narinliğe göre zayıf eksen etrafındaki etkili kesit modülleri,

### **T-Kesitler ve Çift Köşebentler**

#### **Tek Köşebentler**

Tek köşebentler için hesaplanan dayanımlar onların eğilme asal eksenleri esas alınarak hesaplanır. Tek köşebentler için kuvvetli ve zayıf eksenler etrafındaki hesaplanan eğilme dayanımları başlık yanal burkulma sınır durumu için aşağıdakiler gibi verilir.

$$\begin{aligned}
\frac{b}{t} \leq 0.382 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ ise} & \quad M_n = 1.25 F_y S_c, \\
0.382 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 0.446 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ ise} & \quad M_n = F_y S_c \left\{ 1.25 - 1.49 \left[ \frac{b/t}{0.382 \sqrt{\frac{E}{F_y}}} - 1 \right] \right\} \\
\frac{b}{t} > 0.446 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ ise} & \quad M_n = Q F_y S_c,
\end{aligned} \tag{2.156}$$

Tek köşebentler için başlık yanal burkulma sınır durumunda eğilme dayanımlarının hesabında, kapasiteler her iki ucunda basınçta olabileceği göz önünde tutularak her iki asal eksen içinde hesaplanır. Minimum kapasiteler hesaplanır.

### Boru Kesitler

$$\lambda = \frac{D}{t}, \tag{2.157}$$

$$\lambda_p = \frac{2070}{F_y}, \tag{2.158}$$

$$\lambda_r = \frac{8970}{F_y}, \tag{2.159}$$

$$M_{r33} = M_{r22} = \left( \frac{600}{D/t} + F_y \right) S, \tag{2.160}$$

$$M_{cr33} = M_{cr22} = \left( \frac{9570}{D/t} \right) S, \tag{2.161}$$

### Dairesel, Dikdörtgen ve Genel Kesitler

Dairesel katı kesitler, dikdörtgen plaklar için yerel burkulma analizi gerekli değildir.

### Gövde Bölgesel Buruşması

Eğilmeye göre boyutlandırma dayanımları yalnızca kuvvetli eksen etrafındaki eğilme için dikkate alınır.

## I-Kesitler, U-Kesitler ve Kutular

Gövde buruşmasının sınır durumu için kompakt-olmayan ve narin kirişlerin kuvvetli eksen etrafındaki eğilmelerinde, eğilmeye göre boyutlandırma dayanımı,  $M_n$ , aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\begin{aligned} \lambda \leq \lambda_p, \text{ ise} \quad M_{n33} &= M_{p33}, \\ \lambda_p < \lambda \leq \lambda_r, \text{ ise} \quad M_{n33} &= M_{p33} - (M_{p33} - M_{r33}) \left\{ \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right\} \\ \lambda > \lambda_r, \text{ ise} \quad M_{n33} &= S_{33} R_{PG} R_e F_{cr}, \end{aligned} \quad (2.162)$$

$M_{p33}$  = Kuvvetli eksen etrafındaki plastik moment,  $Z_{33} F_y \leq 1.5 S_{33} F_y$ ,

Gövde narinlik parametreleri aşağıdaki gibi hesaplanır, burada  $P_u$ 'nun değeri çekme için sıfır ve basınç için pozitif alınır:

$$\lambda = \frac{h_c}{t_w}, \quad (2.163)$$

$$\frac{P_u}{\phi_b P_y} \leq 0.125, \text{ için} \quad \lambda_p = \frac{640}{\sqrt{F_y}} \left[ 1 - 2.75 \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right], \quad (2.164)$$

$$\frac{P_u}{\phi_b P_y} > 0.125, \text{ için} \quad \lambda_p = \frac{191}{\sqrt{F_y}} \left[ 2.33 - \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right] \geq \frac{253}{\sqrt{F_y}}, \quad (2.165)$$

$$\text{ve } \lambda_r = \frac{970}{\sqrt{F_y}} \left[ 1 - 0.74 \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right]. \quad (2.166)$$

$$R_{PG} = 1 - \frac{a_r}{1,200 + 300a_r} \left[ \frac{h_c}{t_w} - \frac{970}{\sqrt{F_{cr}}} \right], \quad (2.167)$$

$$R_e = \frac{12 + a_r(2m - m^3)}{12 + 2a_r} \leq 1.0, \quad (2.168)$$

burada,

$$m = \frac{F_y}{\min(F_{cr}, F_y)}, \text{ 1.0 olarak alınır.}$$

$$\begin{aligned}
\eta \leq \eta_p \text{ ise,} \quad F_{cr} &= F_y \\
\eta_p < \eta \leq \eta_r \text{ ise,} \quad F_{cr} &= C_b F_y \left[ 1 - \frac{1}{2} \left[ \frac{\eta - \eta_p}{\eta_r - \eta_p} \right] \right] \leq F_y, \\
\eta > \eta_r \text{ ise,} \quad F_{cr} &= \frac{C_{PG}}{\eta^2},
\end{aligned} \tag{2.169}$$

Narin gövdeli I, U ve kutu kesitlerinin yanal-burulmalı burkulması için  $\eta$ ,  $\eta_p$ ,  $\eta_r$  ve  $C_{PG}$  parametreleri aşağıda verilir:

$$\eta = \frac{L_b}{r_T}, \text{ (I-kesitler için)} \tag{2.169a}$$

$$\eta_p = \frac{300}{\sqrt{F_y}}, \tag{2.169b}$$

$$\eta_r = \frac{756}{\sqrt{F_y}}, \tag{2.169c}$$

$$C_{PG} = 286000 C_b, \text{ ve} \tag{2.169d}$$

Narin gövdeli I, U ve kutu kesitlerinin başlık yanal burkulması için  $\eta$ ,  $\eta_p$ ,  $\eta_r$  ve  $C_{PG}$  parametreleri aşağıda verilir:

$$\eta = \frac{b}{t},$$

$$\eta_p = \frac{65}{\sqrt{F_y}},$$

$$\eta_r = \frac{230}{\sqrt{F_y/k_c}},$$

$$C_{PG} = 26200 k_c, \text{ ve}$$

$$C_b = 1.0$$

### **Kutu kesitler**

Kutu kesitlerin gövde buruşma sınır durumu için kuvvetli ve zayıf eksenler etrafındaki hesaplanan eğilme dayanımları başlık yanal burkulması için verilenlerle aynıdır.

### 2.4.4.3 Nominal kayma gerilmesi

Nominal kayma dayanımı, bütün kesitler için geometrik eksenler etrafında hesaplanır. I, kutu, U, T, çiftköşebent, boru, dairesel ve dikdörtgensel kesitlerde asal eksenler geometrik eksenlerle çakışır. Tek köşebent kesitlerde asal eksen, geometrik eksen ile çakışmaz.

#### Kuvvetli eksen etrafındaki Eğilme

I-kesitler, kutular ve U-kesitlerde kuvvetli eksen doğrultusundaki kaymalar için hesaplanan kayma dayanımı,  $V_{n2}$ , aşağıdaki gibi belirlenir.

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{418}{\sqrt{F_y}}, \text{ için} \quad V_{n2} = 0.6F_y A_w, \quad (2.170)$$

$$\frac{418}{\sqrt{F_y}} < \frac{h}{t_w} \leq \frac{523}{\sqrt{F_y}}, \text{ için} \quad V_{n2} = 0.6F_y A_w \frac{418}{\sqrt{F_y}} / \frac{h}{t_w}, \quad (2.171)$$

$$\frac{523}{\sqrt{F_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 260, \text{ için} \quad V_{n2} = 132000 \frac{A_w}{(h/t_w)^2}, \quad (2.172)$$

Diğer bütün kesitler için hesaplanan kayma dayanımı,

$$V_{n2} = 0.6F_y A_{v2} \text{ olarak alınır.} \quad (2.173)$$

#### Zayıf eksen etrafındaki Eğilme

Zayıf eksen doğrultusundaki kaymalar için hesaplanan kayma dayanımı,

$$V_{n3} = 0.6F_y A_{v3} \text{ olarak alınır.} \quad (2.174)$$

### 2.2.5 UBC –LRFD97 kapasite oranı

#### 2.2.5.1 Eksenel yük ve eğilme momenti gerilmeleri

Etkileşim oranı,  $\frac{P_u}{\phi P_n}$  oranına dayanılarak hesaplanır. Eğer  $P_u$  çekme ise,  $P_n$  hesaplanan eksenel çekme dayanımıdır ve  $\phi = \phi_t = 0.90$  ' dir; ve eğer  $P_u$  basınç ise,  $P_n$  hesaplanan eksenel basınç dayanımıdır ve  $\phi = \phi_c = 0.85$  ' dir. Sadece köşebent kesitler için  $\phi = \phi_t = 0.90$  ' dir. Ayrıca eğilme için dayanım çarpanı,  $\phi_b = 0.9$  ' dur.

$$\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2 \text{ için kapasite oranı}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left\{ \frac{M_{u33}}{\phi_b M_{n33}} + \frac{M_{u22}}{\phi_b M_{n22}} \right\} \quad (2.175)$$

$\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2$  için kapasite oranı

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left\{ \frac{M_{u33}}{\phi_b M_{n33}} + \frac{M_{u22}}{\phi_b M_{n22}} \right\} \quad (2.176)$$

olarak verilmiştir.

### 2.2.5.2 Kayma gerilmeleri

Normal gerilmelere benzer şekilde kuvvetli ve zayıf eksen doğrultularında kayma kapasitesi oranları her bir yük kombinasyonu için her noktada çarpanlarla arttırılmış kayma kuvveti değerleri ve hesaplanan kayma dayanımı değerlerinden aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\frac{V_{u2}}{\phi_v V_{n2}}, \text{ ve } \frac{V_{u3}}{\phi_v V_{n3}} \quad (2.177)$$

Burada,  $\phi_v = 0.9$ ' dur.



### 3. ÇELİK ÇERÇEVELERİN BOYUTLANDIRILMASINDA YÖNETMELİKLERDEKİ SİSMİK ŞARTLAR

#### 3.1 UBC-ASD97'ye göre Sismik Şartlar

##### 3.1.1 Süneklilik düzeyi normal çerçeveler

Sismik bölgeler 3 ve 4' de istenen yükleme kombinasyonlarından dolayı kolonlarda aksenal gerilme,  $f_a$  değeri  $0.3F_y$  değerini aştığı zaman, aşağıda tanımlanan özel sismik yük kombinasyonları sadece kolon aksenal yük kapasitesine göre kontrol edilirler.

$$1.0 DL + 0.7 LL \pm \Omega_0 EL \quad (3.1)$$

$$0.85 DL \pm \Omega_0 EL \quad (3.2)$$

Diğer kuvvetlerin sıfır alındığı bu durumdaki kolon kuvvetleri özel sismik yük kombinasyonları için kolon kuvvetleriyle değiştirilirler. Bu durumda basınç halinde kolon aksenal müsaade edilebilir gerilme  $F_a'$  nın yerine  $1.7 F_a$  ve çekme halinde kolon aksenal müsaade edilebilir gerilme  $F_a'$  nın yerine  $F_y$  alınır.

##### 3.1.2 Süneklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler

Sismik bölgeler 3 ve 4' de istenen yükleme kombinasyonlarından dolayı kolonlarda aksenal gerilme,  $f_a$  değeri  $0.3F_y$  değerini aştığı zaman, aşağıda tanımlanan özel sismik yük kombinasyonları sadece kolon aksenal yük kapasitesine göre kontrol edilirler.

$$1.0 DL + 0.7 LL \pm \Omega_0 EL$$

$$0.85 DL \pm \Omega_0 EL$$

Diğer kuvvetlerin sıfır alındığı bu durumdaki kolon kuvvetleri özel sismik yük kombinasyonları için kolon kuvvetleriyle değiştirilirler. Bu durumda basınç halinde

kolon aksenal müsaade edilebilir gerilme  $F_a$ 'nın yerine  $1.7 F_a$  ve çekme halinde kolon aksenal müsaade edilebilir gerilme  $F_a$ 'nın yerine  $F_y$  alınır.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de I kesitli kirişler, I kesitli kolonlar ve kutu kesitli kolonlar, ilave olarak, Tablo 2.2' de tanımlanan kompaktlık kriterine göre de kontrol edilirler. Kompakt I kiriş kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f / 2t_f$ 'nin  $52 / \sqrt{F_y}$ 'den daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt I kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f / 2t_f$ 'nin Tablo 2.3' de plastik kesitler için verilen değerlerden daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt kutu kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f / 2t_f$ 'nin ve  $d / t_w$ 'nin  $110 / \sqrt{F_y}$ 'den daha küçük olduğu kontrol edilir.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de program kirişlerin yanal mesnetlenmemiş boylarının  $96r_y$ 'den daha küçük olduğunu kontrol edilir.

### 3.1.3 Çaprazlı çerçeveler

Sismik bölgeler 3 ve 4' de istenen yükleme kombinasyonlarından dolayı kolonlarda aksenal gerilme,  $f_a$  değeri  $0.3F_y$  değerini aştığı zaman, aşağıda tanımlanan özel sismik yük kombinasyonları sadece kolon aksenal yük kapasitesine göre kontrol edilirler.

$$1.0 DL + 0.7 LL \pm \Omega_0 EL$$

$$0.85 DL \pm \Omega_0 EL$$

Diğer kuvvetlerin sıfır alındığı bu durumdaki kolon kuvvetleri özel sismik yük kombinasyonları için kolon kuvvetleriyle değiştirilirler. Bu durumda basınç halinde kolon aksenal müsaade edilebilir gerilme  $F_a$ 'nın yerine  $1.7 F_a$  ve çekme halinde kolon aksenal müsaade edilebilir gerilme  $F_a$ 'nın yerine  $F_y$  alınır.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de kirişlerin yanal mesnetlenmemiş boylarının  $96r_y$ 'den daha küçük olduğunu kontrol edilir. Bu kontrol sağlamazsa gerekli tedbirlerin alınması gerekir.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de, çaprazların maksimum  $l/r$  oranının  $720 / \sqrt{F_y}$  değerini aşmadığı kontrol edilir.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de, köşebent, çift köşebent, kutu ve boru kesitli çaprazlar, ilave olarak, Tablo 2.3' de tanımlanan kompaktlık kriterine göre de kontrol edilirler. Köşebentler ve çift köşebentler için  $b/t$  oranı  $52 / \sqrt{F_y}$  ile sınırlandırılmıştır, kutu

kesitler için  $b_f/t_f$  ve  $d/t_w$  oranları  $110/\sqrt{F_y}$  ile sınırlandırılmıştır, boru kesitler için  $D/t$  oranı  $1300/\sqrt{F_y}$  ile sınırlandırılmıştır.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de, çaprazlar için müsaade edilebilir basınç gerilmesi B katsayısı ile azaltılır, burada

$$B = \frac{1}{1 + \frac{KI/r}{2C_e}} \quad (3.3)$$

Sismik bölgeler 1 ve 2' de çaprazlar için müsaade edilebilir basınç gerilmesi aynı B katsayısı ile azaltılır, burada  $B \geq 0.8$  olmalıdır

Sismik bölgeler 3 ve 4' de, Chevron çaprazları, belirtilen yükleme kombinasyonlarının 1.5 katı ile boyutlandırılırlar.

### 3.1.4 Dış merkez çaprazlı çerçeveler

Şekil 3.1' de görülen dış merkez çaprazlı çerçeve düzenlerini için ilave şartlar kirişler, kolonlar ve bu düzenlemelerle alakalı çaprazlar için kontrol edilirler. Sismik bölgeler 1 ve 2' deki dış merkez çaprazlı çerçevelerin özel sismik boyutlandırması sismik bölgeler 3 ve 4' deki yapılanlarla aynıdır.

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, I kiriş kesitleri, ilave olarak, Tablo 2.3'de tanımlanan kompaktlık kriterine göre de kontrol edilirler. Kompakt I kiriş kesitlerinde, ilaveten  $b_f/2t_f$  'nin  $52/\sqrt{F_y}$  'den daha küçük olduğu kontrol edilir.

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, kesme kuvvetinde  $V_s = 0.55F_y d t_w$  ve momentte  $M_s = ZF_y$  bağlantı kiriş dayanımı hesaplanır. Eğer  $V_s \leq 2.0M_s/e$  ise, bağlantı kiriş dayanımında kesme kuvvetinin etkili olduğu kabul edilir. Eğer yukarıdaki şart sağlanmazsa bağlantı kiriş dayanımında eğilmenin etkili olduğu kabul edilir. Bağlantı kiriş dayanımında kesme kuvvetinin etkili olması halinde, etkileşim denklemlerinde kullanılan aksenal ve eğilme özellikleri alan ve mukavemet momenti sadece kiriş başlıkları göz önüne alınarak hesaplanır.

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, eğer bağlantı kirişi kolona bağlanıyorsa, bağlantı kiriş uzunluğunu,  $e$ 'nin aşağıdaki ifadeyi aşmadığı kontrol edilir.

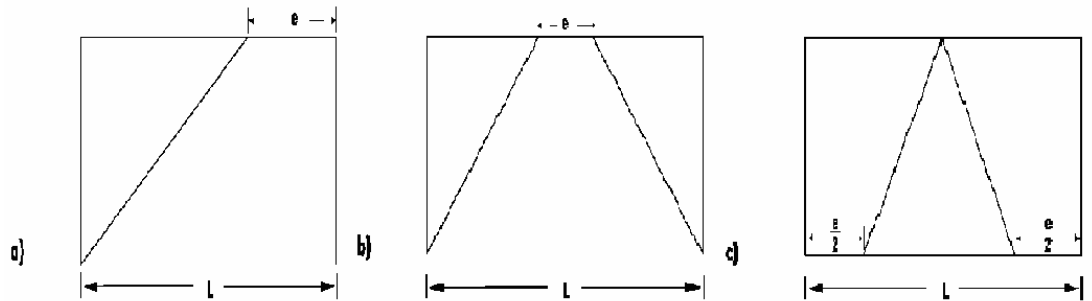
$$e \leq 1.6 \frac{M_p}{V_p} \quad (3.4)$$

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, kirişin geri kalan kısmına göre tek bir çaprazlı açıklığın bağlantı kiriş dönmesi  $\theta$ , kat yüksekliğiyle bölünmüş çaprazlı açıklıkta bağlantı kirişlerinin toplam uzunluğuyla, bölünmüş çaprazlı açıklık uzunluğunun kat yatay görelî yer değiştirmesi  $\Delta_M'$  nin çarpımından hesaplanır. Bağlantı kiriş dönmesi,  $\theta'$  nin aşağıdaki değerlerden daha küçük olmadığı kontrol edilir.

- $\theta \leq 0.090$ , bağlantı kiriş temiz açıklığı,  $e \leq 1.6M_s / V_s$ ,
- $\theta \leq 0.030$ , bağlantı kiriş temiz açıklığı,  $e \geq 3.0M_s / V_s$ , ve
- Bağlantı kiriş temiz açıklığı  $1.6M_s / V_s$  den  $3.0M_s / V_s$  ye değişirken  $\theta$  değeri, 0.090 ile 0.030 arasındaki değerlerden daha küçük veya eşittir.

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, belirtilen yükleme kombinasyonları altında bağlantı kiriş kesme kuvvetinin  $0.8V_s'$  yi aşmadığı kontrol edilir.

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, berkitme dayanımının kontrol edilen bağlantı kiriş dayanımına uygun aksenal kuvvetin en az 1.5 katı olduğu kontrol edilir. Kontrol edilen bağlantı kiriş dayanımı, ya  $V_s = 0.55F_y d t_w$  olarak kayma dayanımı  $V_s$ , ya da daha küçük çapraz kuvveti meydana getiren azaltılmış eğilme dayanımı  $M_{rs}$  dir.  $M_{rs}$  nin değeri  $M_{rs} = Z(F_y - f_a)$  olarak alınır, burada  $f_a$ , bağlantı kirişindeki kesme kuvvetinde bağlantı kiriş gövdesini veya eğilmede bağlantı kiriş başlıklarını akmaya ulaştıran aksenal gerilmenin azaltılmışıdır. Çapraz kuvveti ile bağlantı kiriş kuvveti arasındaki uygunluk, ilgilenilen en yüksek bağlantı kiriş kuvvetini veren ilgili yük durumlarından elde edilir.



**Şekil 3.1:** Dış merkez çaprazlı çerçeve düzenleri

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, kolonun kontrol edilen bağlantı kiriş dayanımına karşı gelen kolon kuvvetlerinin 1.25 katıyla gravitasyonel yüklerin toplamı için elastik olup olmadığı kontrol edilir. Kontrol edilen bağlantı kiriş dayanımı ve karşı gelen kuvvetler yukarıda anlatılan yöntemden elde edildikleri gibidir. Bu şartlar etkinseler basınç halinde kolon eksenel müsaade edilebilir gerilmesi  $F_a'$  'nın yerine  $1.7 F_a$  alınır ve çekme halinde kolon eksenel müsaade edilebilir gerilmesi  $F_a'$  'nın yerine  $F_y$  alınır.

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, kirişlerdeki eksenel kuvvetler kirişlerin kontrolünde yer alırlar.

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, kiriş yanal mesnetlenmemiş boyunun  $76b_f / \sqrt{F_y}$  'den daha küçük olup olmadığı kontrol edilir.

Eğilmelerde dış taraftaki bağlantı kirişinin kiriş dayanımını kontrol edilen bağlantı kiriş dayanımına karşı gelen momentin en az 1.5 katı olup olmadığı kontrol edilir.

### 3.1.5 Özel merkezi çaprazlı çerçeveler

Sismik bölgeler 1 ve 2' deki özel merkezi çaprazlı çerçevelerin özel sismik boyutlandırması sismik bölgeler 3 ve 4' deki yapılarla aynıdır.

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, istenen yükleme kombinasyonlarından dolayı kolonlarda eksenel gerilme,  $f_a$  değeri  $0.3F_y$  değerini aştığı zaman, aşağıda tanımlanan özel sismik yük kombinasyonları sadece kolon eksenel yük kapasitesine göre kontrol edilirler.

$$1.0 DL + 0.7 LL \pm \Omega_0 EL$$

$$0.85 DL \pm \Omega_0 EL$$

Diğer kuvvetlerin sıfır alındığı bu durumdaki kolon kuvvetleri özel sismik yük kombinasyonları için kolon kuvvetleriyle değiştirilirler. Bu durumda basınç halinde kolon eksenel müsaade edilebilir gerilme  $F_a'$  'nın yerine  $1.7 F_a$  ve çekme halinde kolon eksenel müsaade edilebilir gerilme  $F_a'$  'nın yerine  $F_y$  alınır.

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, I kesitli ve kutu kesitli kolonlar, ilave olarak, Tablo 2.2 de tanımlanan kompaktlık kriterine göre kontrol edilirler. Kompakt I kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f / 2t_f$  'nin Tablo 2.3' de plastik kesitler için verilen değerlerden daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt kutu kolon

kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f/t_f$  'nin ve  $d/t_w$  'nin  $110/\sqrt{F_y}$  'den daha küçük olduğu kontrol edilir.

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, berkitme elemanlarının kompakt olup olmadığı kontrol edilir. Berkitme olarak kullanılan köşebent, kutu ve boru kesitler, ilave olarak, Tablo 2.3' de tanımlanan kompaktlık kriterine görede kontrol edilirler. Köşebentler için  $b/t$  oranı  $52/\sqrt{F_y}$  ile sınırlandırılmıştır, kutu kesitler için  $b_f/t_f$  ve  $d/t_w$  oranları  $110/\sqrt{F_y}$  ile sınırlandırılmıştır, boru kesitler için  $D/t$  oranı  $1300/\sqrt{F_y}$  ile sınırlandırılmıştır.

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, çaprazların maksimum  $Kl/r$  oranının  $1000/\sqrt{F_y}$  yi aşım aşmadığı kontrol edilir.

Chevron çaprazlarıyla kesişen kirişlerin aşağıdaki yükleme kombinasyonlarıyla gösterilen yükleri taşıyacak bir dayanıma sahip olup olmadıkları kontrol edilir.

$$1.2 DL + 0.5 LL \pm P_b \quad (3.5)$$

$$0.9 DL \pm P_b \quad (3.6)$$

Burada  $P_b$ , çekme çaprazları için  $F_y A'$  'nin farkı olarak ve basınç çaprazları için  $1.7F_a A'$  'nin 0.3 katı olarak verilir.

## 3.2 UBC-LRFD97'ye göre Sismik Şartlar

### 3.2.1 Süneklilik düzeyi normal çerçeveler

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, önceden tanımlı yükleme kombinasyonlarından dolayı kolonlarda  $P_u/\phi P_n > 0.5$  olduğu zaman aşağıda tanımlanan özel sismik yük kombinasyonları kontrol edilirler.

$$0.90 DL \pm \Omega_0 EL \quad (3.7)$$

$$1.2 DL + 0.5 LL \pm \Omega_0 EL \quad (3.8)$$

### 3.2.2 Süneklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, önceden tanımlı yükleme kombinasyonlarından dolayı kolonlarda  $P_u / \phi P_n > 0.5$  olduğu zaman aşağıda tanımlanan özel sismik yük kombinasyonları kontrol edilirler.

$$0.90 DL \pm \Omega_0 EL$$

$$1.2 DL + 0.5 LL \pm \Omega_0 EL$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de I kesitli kirişler veya kolonlar, U kesitli kirişler veya kolonlar ve kutu kesitli kolonlar ilave olarak, Tablo 2.8' de tanımlanan kompaktlık kriterine göre de kontrol edilirler. Kompakt I kiriş ve kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f / 2t_f$  ' nin  $52 / \sqrt{F_y}$  ' den daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt U kiriş ve kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f / t_f$  ' nin  $52 / \sqrt{F_y}$  ' den daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt I ve U kolon kesitlerinde, ilave olarak gövde narinliğinin  $h / t_w$  , Tablo 2.8' de verilen değerlerden daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt kutu kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b / t_f$  ' nin ve  $d / t_w$  ' nin  $110 / \sqrt{F_y}$  ' den daha küçük olduğu kontrol edilir.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, kirişlerin yanal mesnetlenmemiş boylarının  $(2500 / F_y) r_y$  ' den daha küçük olup olmadığını kontrol edilir.

### 3.2.3 Çaprazlı çerçeveler

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, önceden tanımlı yükleme kombinasyonlarından dolayı kolonlarda  $P_u / \phi P_n > 0.5$  olduğu zaman aşağıda tanımlanan özel sismik yük kombinasyonları kontrol edilirler.

$$0.90 DL \pm \Omega_0 EL$$

$$1.2 DL + 0.5 LL \pm \Omega_0 EL$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, çaprazların maksimum l/r oranının  $720/\sqrt{F_y}$  değerini aşp aşmadığı kontrol edilir.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, çaprazlar için basınç dayanımı  $0.8\phi_c P_n$  olarak azaltılır.

$$P_u \leq 0.8\phi_c P_n \quad (3.9)$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, bütün çaprazların Tablo 2.7' ye göre kompakt olup olmadıkları kontrol edilir. Kutu ve boru kesitli çaprazlar, ilave olarak, Tablo 2.8' de tanımlanan kompaktlık kriterine görede kontrol edilirler. Kutu kesitler için  $b/t_f$  ve  $d/t_w$  oranları  $110/\sqrt{F_y}$  ile sınırlandırılmıştır, boru kesitler için  $D/t$  oranı  $1300/\sqrt{F_y}$  ile sınırlandırılmıştır.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, Chevron çaprazları, belirtilen yükleme kombinasyonlarının 1.5 katına göre boyutlandırılırlar.

### 3.2.4 Dış merkez çaprazlı çerçeveler

Şekil 3.1' de görülen dış merkez çaprazlı çerçeve düzenlerini aşağıdaki ilave şartlar kirişler, kolonlar ve bu düzenlemelerle alakalı çaprazlar için kontrol edilirler.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, önceden tanımlı yükleme kombinasyonlarından dolayı kolonlarda  $P_u / \phi P_n > 0.5$  olduğu zaman aşağıda tanımlanan özel sismik yük kombinasyonları kontrol edilirler.

$$0.90 DL \pm \Omega_0 EL$$

$$1.2 DL + 0.5 LL \pm \Omega_0 EL$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, I kesitli ve U kesitli kirişler ilave olarak, Tablo 2.8' de tanımlanan kompaktlık kriterine görede kontrol edilirler. Kompakt I ve U kiriş kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f / 2t_f$  'nin  $52/\sqrt{F_y}$  ' den daha küçük olup olmadığı kontrol edilir.



Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, bağlantı kirişinin akma dayanımı,  $F_y$ ' nin aşağıdaki değeri aşıp aşmadığı kontrol edilir.

$$F_v \leq 50ksi (N) \quad (3.10)$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, bağlantı kirişlerinin akma dayanımı, aşağıdaki gibi alınır.

$$V_u \leq \phi_v V_n \quad (3.11)$$

Burada,

$$\phi V_n = \min(\phi V_{pa}, \phi 2M_{pa} / e), \quad (3.12)$$

$$V_{pa} = V_p \sqrt{1 - \left( \frac{P_u}{P_y} \right)^2}, \quad (3.13)$$

$$M_{pa} = 1.18M_p \left[ 1 - \frac{P_u}{P_y} \right], \quad (3.14)$$

$$V_p = 0.6F_y [d - 2t_f] t_w \quad (3.15)$$

$$M_p = ZF_y \quad (3.16)$$

$$\phi = \phi_v \quad (3.17)$$

$$P_y = A_g F_y. \quad (3.18)$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de eğer  $P_u > 0.15A_g F_y$  ise, bağlantı kiriş uzunluğu,  $e$ ' nin aşağıdaki değerleri aşmadığı kontrol edilir.

$$\rho \frac{A_w}{A_g} \geq 0.3 \text{ ise} \quad e \leq \left[ 1.15 - 0.5\rho \frac{A_w}{A_g} \right] \left[ 1.6 \frac{M_p}{V_p} \right] \quad (3.19)$$

$$\rho \frac{A_w}{A_g} < 0.3 \text{ ise} \quad e \leq \left[ 1.6 \frac{M_p}{V_p} \right] \quad (3.20)$$

Burada,

$$A_w = (d - 2t_f)t_w, \text{ ve} \quad (3.21)$$

$$\rho = P_u / V_u. \quad (3.22)$$

Kirişin geri kalan kısmına göre tek bir çaprazlı açıklığın bağlantı kiriş dönmesi  $\theta$ , çaprazlı açıklıkta bağlantı kirişlerinin toplam uzunluğuyla, bölünmüş çaprazlı açıklık uzunluğunun kat yatay göreceli yer değiştirmesi  $\Delta_M$ ' nin çarpımından hesaplanır. Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de bağlantı kiriş dönmesi,  $\theta$  aşağıdaki şekilde kontrol edilir.

- $\theta \leq 0.090$ , bağlantı kiriş temiz açıklığı,  $e \leq 1.6M_s / V_s$ ,
- $\theta \leq 0.030$ , bağlantı kiriş temiz açıklığı,  $e \geq 3.0M_s / V_s$ , ve
- Bağlantı kiriş temiz açıklığı  $1.6M_s / V_s$  ' den  $2.6M_s / V_s$  ' ye değişirken  $\theta$  değeri, 0.090 ile 0.030 arasındaki değerlerden daha küçük veya eşittir.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, çapraz dayanımının kontrol edilen bağlantı kiriş dayanımına karşı gelen eksenel kuvvetin en az 1.25 katı olup olmadığı kontrol edilir. Kontrol edilen bağlantı kiriş dayanımı, aşağıdaki gibi alınır:

$$\min(\phi V_{pa}, \phi_v 2M_{pa} / e), \quad (3.23)$$

$V_{pa}$  ve  $M_{pa}$ ' nın değerleri yukarıda tanımlanan prosedür izlenerek hesaplanır. Çapraz kuvveti ile bağlantı kirişi kuvveti arasındaki uygunluk, ilgilenilen en yüksek bağlantı kiriş kuvvetini veren ilgili yük durumlarından elde edilir.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, kolon dayanımı kontrol edilen bağlantı kiriş dayanımına karşı gelen kolon kuvvetlerinin 1.25 katı için kontrol edilir.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, kiriş yanal mesnetlenmemiş boyunun  $76b_f / \sqrt{F_y}$  ' den daha küçük olup olmadığı kontrol edilir.

### 3.2.5 Özel merkezi çaprazlı çerçeveler

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, önceden tanımlı yükleme kombinasyonlarından dolayı kolonlarda  $P_u / \phi P_n > 0.5$  olduğu zaman aşağıda tanımlanan özel sismik yük kombinasyonları kontrol edilirler.

$$0.90 DL \pm \Omega_0 EL$$

$$1.2 DL + 0.5 LL \pm \Omega_0 EL$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, bütün kolonlar ilave olarak, Tablo 2.7' ye göre kompakt olup olmadıkları kontrol edilirler. Kompakt kutu kolon kesitlerinde, ilave olarak, Tablo 2.8' de tanımlananlara göre,  $b/t_f$  ve  $d/t_w$  oranlarının  $110/\sqrt{F_y}$  ' den daha küçük olup olmadıkları kontrol edilir.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, bütün çaprazlar ilave olarak, Tablo 2.7' ye göre kompakt olup olmadıkları kontrol edilirler. Köşebent, çift köşebent, kutu ve boru kesitli çaprazlar, ilave olarak, Tablo 2.8' de tanımlanan kompaktlık kriterine göre de kontrol edilirler. Kutu kesitler için  $b_f/t_f$  ve  $d/t_w$  oranları  $110/\sqrt{F_y}$  ile sınırlandırılmıştır, boru kesitler için  $D/t$  oranı  $1300/\sqrt{F_y}$  ile sınırlandırılmıştır.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, çaprazlar için basınç dayanımı  $\phi_c P_n$  olarak alınır. Çerçeveler çaprazsız ise azaltma gerekmez.

$$P_u \leq \phi_c P_n$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, çaprazların maksimum  $l/r$  oranının  $1000/\sqrt{F_y}$  ' yi aşım aşmadığı kontrol edilir..

Chevron çaprazlarıyla kesişen kirişlerin aşağıdaki yükleme kombinasyonlarıyla gösterilen yükleri taşıyacak bir dayanıma sahip olup olmadıkları için kontrol edilir.

$$1.0 DL + 0.7 LL \pm P_b$$

$$0.9 DL \pm P_b$$

Burada  $P_b$ , çekme çaprazları için  $F_y A'_{c}$  'nin farkı olarak ve basınç çaprazları için  $1.7F_a A'_{c}$  'nin 0.3 katı olarak verilir.

### 3.3 DBYBHY'ye göre Sismik Şartlar

#### 3.3.1 Süneklilik düzeyi normal çerçeveler

Kolonlar, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan aksel kuvvet ve eğilme momentleri altında gerekli gerilme kontrollerini sağlamaları yanında, 1. ve 2. deprem bölgelerinde arttırılmış yükleme durumlarından oluşan aksel basınç ve çekme kuvvetleri altında da (eğilme momentleri göz önüne alınmaksızın) tanımlanan özel sismik yük kombinasyonları ile kontrol edilirler.

$$0.90 DL \pm \Omega_0 EL \quad (3.7)$$

$$1.0 DL + 1.0 LL \pm \Omega_0 EL \quad (3.8)$$

Kompakt I kiriş ve kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f / 2t_f$  'nin  $0.5\sqrt{E_s/\sigma_a}$  'den daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt U kiriş ve kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f / t_f$  'nin  $0.5\sqrt{E_s/\sigma_a}$  'den daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt I ve U kolon kesitlerinde, ilave olarak gövde narinliğinin  $h / t_w$  ,  $5.0\sqrt{E_s/\sigma_a}$  daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt kutu kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b / t_f$  'nin ve  $d / t_w$  'nin  $1.2\sqrt{E_s/\sigma_a}$  ) 'den daha küçük olduğu kontrol edilir.

**Tablo 3.1:**DBYBHY yönetmeliğine göre özel sismik şartlar uygulandığında kesitlerin sınıflandırılmasında basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları

Eleman Tanımı	Narinlik Oranları	Sınır Değerler	
		Süneklik Düzeyi Yüksek Sistem	Süneklik Düzeyi Normal Sistem
Eğilme etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	$\delta/t$	$0.3\sqrt{E_c/f_{ck}}$	$0.4\sqrt{E_c/f_{ck}}$
Eğilme etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	$h/t_w$	$3.2\sqrt{E_c/f_{ck}}$	$4.0\sqrt{E_c/f_{ck}}$
Basınç etkisindeki T Kesitleri L Kesitleri	$h/t_w$	$0.3\sqrt{E_c/f_{ck}}$	$0.4\sqrt{E_c/f_{ck}}$
Eğilme ve eksenel basınç etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	$h/t_w$	$ N_c/f_{ck}A  \leq 0.10$ için $3.2\sqrt{E_c/f_{ck}} \left(1 - 1.7 \left  \frac{N_c}{f_{ck}A} \right  \right)$	$ N_c/f_{ck}A  \leq 0.10$ için $4.0\sqrt{E_c/f_{ck}} \left(1 - 1.7 \left  \frac{N_c}{f_{ck}A} \right  \right)$
		$ N_c/f_{ck}A  > 0.10$ için $1.33\sqrt{E_c/f_{ck}} \left(2.1 - \left  \frac{N_c}{f_{ck}A} \right  \right)$	$ N_c/f_{ck}A  > 0.10$ için $1.66\sqrt{E_c/f_{ck}} \left(2.1 - \left  \frac{N_c}{f_{ck}A} \right  \right)$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dairesel halka kesitler (borular)	$D/t$	$0.05 \frac{E_c}{f_{ck}}$	$0.07 \frac{E_c}{f_{ck}}$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dikdörtgen kutu kesitler	$\delta/t$ veya $h/t_w$	$0.7\sqrt{E_c/f_{ck}}$	$1.1\sqrt{E_c/f_{ck}}$
<p><b>Tanımlar</b></p> <p><math>\delta</math> : I kesitlerinde yarı başlık genişliği U kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde başlık genişliği</p> <p><math>h</math> : I, U, T kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde gövde yüksekliği L kesitlerinde büyük kenar uzunluğu</p> <p><math>D</math> : dairesel halka kesitlerde (borularda) dış çap</p> <p><math>t</math> : I, U, T kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde başlık kalınlığı halka kesitlerde (borularda) kalınlık</p> <p><math>t_w</math> : I, U, T, L kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde gövde kalınlığı</p>			

### 3.3.2 Süneklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler

Kolonlar, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan aksel kuvvet ve eğilme momentleri altında gerekli gerilme kontrollerini sağlamaları yanında, 1. ve 2. deprem bölgelerinde arttırılmış yükleme durumlarından oluşan aksel basınç ve çekme kuvvetleri altında da (eğilme momentleri göz önüne alınmaksızın) tanımlanan özel sismik yük kombinasyonları ile kontrol edilirler.

$$0.90 DL \pm \Omega_0 EL \quad (3.7)$$

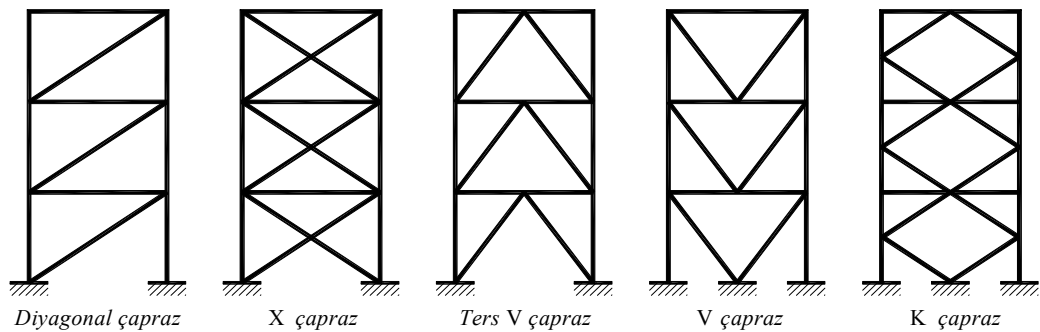
$$1.0 DL + 1.0 LL \pm \Omega_0 EL \quad (3.8)$$

Kompakt I kiriş ve kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f / 2t_f$  'nin  $0.3\sqrt{E_s/\sigma_a}$  'den daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt U kiriş ve kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f / t_f$  'nin  $0.3\sqrt{E_s/\sigma_a}$  'den daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt I ve U kolon kesitlerinde, ilave olarak gövde narinliğinin  $h/t_w$ ,  $3.2\sqrt{E_s/\sigma_a}$  'den daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt kutu kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b/t_f$  'nin ve  $d/t_w$  'nin  $0.7\sqrt{E_s/\sigma_a}$  'den daha küçük olduğu kontrol edilir.

Kirişlerin yanal mesnetlenmemiş boylarının  $\ell_b \leq 0.086 \frac{r_y E_s}{\sigma_a}$  'den daha küçük olup olmadığını kontrol edilir.

### 3.3.3 Süneklilik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdeler

Çelik çaprazlı perdeler, mafsallı birleşimli veya moment aktaran çerçeveler ile bunlara merkezi ve dışmerkez olarak bağlanan çaprazlardan oluşan yatay yük taşıyıcı sistemlerdir. Bu tür sistemlerin yatay yük taşıma kapasiteleri, eğilme dayanımlarının yanında, daha çok veya tümüyle elemanların aksel kuvvet dayanımları ile sağlanmaktadır.



Şekil 3.2: Merkezi çelik çaprazlı perdeler

Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdeler, basınç elemanlarının bazılarının burkulması halinde dahi, sistemde önemli ölçüde dayanım kaybı meydana gelmeyecek şekilde boyutlandırılırlar.

Kolonlar, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan aksel kuvvet ve eğilme momentleri altında gerekli gerilme kontrollerini sağlamaları yanında, 1. ve 2. deprem bölgelerinde arttırılmış yükleme durumlarından oluşan aksel basınç ve çekme kuvvetleri altında da (eğilme momentleri göz önüne alınmaksızın) tanımlanan özel sismik yük kombinasyonları ile kontrol edilirler.

$$0.90 DL \pm \Omega_0 EL \quad (3.9)$$

$$1.0 DL + 1.0 LL \pm \Omega_0 EL \quad (3.10)$$

Çatı ve düşey düzlem çapraz sistemlerinin tüm basınç elemanlarında narinlik  $l/r$  oranının  $4.0\sqrt{E_s/\sigma_a}$  değerini aşp aşmadığı kontrol edilir.

Kompakt I kiriş ve kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f/2t_f$  'nin  $0.3\sqrt{E_s/\sigma_a}$  ' den daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt U kiriş ve kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f/t_f$  'nin  $0.3\sqrt{E_s/\sigma_a}$  ) ' den daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt I ve U kolon kesitlerinde, ilave olarak gövde narinliğinin  $h/t_w$  ,  $3.2\sqrt{E_s/\sigma_a}$  ) daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt kutu kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b/t_f$  ' nin ve  $d/t_w$  ' nin  $0.7\sqrt{E_s/\sigma_a}$  ' den daha küçük olduğu kontrol edilir.

Binanın bir aksı üzerindeki düşey merkezi çapraz elemanlar, o aks doğrultusundaki depremde ve her bir deprem yönünde etkiyen yatay kuvvetlerin en az %30'u ve en çok %70'i basınca çalışan çaprazlar tarafından karşılanacak şekilde düzenlenecektir.

V ve ters V şeklindeki çaprazlama sistemlerinde ek koşullar sağlanmalıdır. Çaprazların bağlandığı kirişler sürekli olmalıdır. Çaprazlar düşey yüklerin ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında boyutlandırılacaktır. Ancak çaprazların bağlandığı kirişler ve uç bağlantıları, çaprazların yok sayılması durumunda, kendi üzerindeki düşey yükleri güvenle taşıyacak şekilde boyutlandırılacaktır.

### 3.3.4 Süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdeler

Kolonlar, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan aksel kuvvet ve eğilme momentleri altında gerekli gerilme kontrollerini sağlamaları yanında, 1. ve 2. deprem bölgelerinde arttırılmış yükleme durumlarından oluşan aksel basınç ve

çekme kuvvetleri altında da (eğilme momentleri göz önüne alınmaksızın) tanımlanan özel sismik yük kombinasyonları ile kontrol edilirler.

$$0.90 DL \pm \Omega_0 EL$$

$$DL + 1.0 LL \pm \Omega_0 EL$$

Çatı ve düşey düzlem çapraz sistemlerinin tüm basınç elemanlarında narinlik l/r oranının  $4.0\sqrt{E_s/\sigma_a}$  değerini aşıp aşmadığı kontrol edilir.

Kompakt I kiriş ve kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f/2t_f$  'nin  $0.5\sqrt{E_s/\sigma_a}$  ' den daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt U kiriş ve kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f/t_f$  'nin  $0.5\sqrt{E_s/\sigma_a}$  ' den daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt I ve U kolon kesitlerinde, ilave olarak gövde narinliğinin  $h/t_w$  ,  $5.0\sqrt{E_s/\sigma_a}$  daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt kutu kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b/t_f$  'nin ve  $d/t_w$  'nin  $1.2\sqrt{E_s/\sigma_a}$  ' den daha küçük olduğu kontrol edilir.

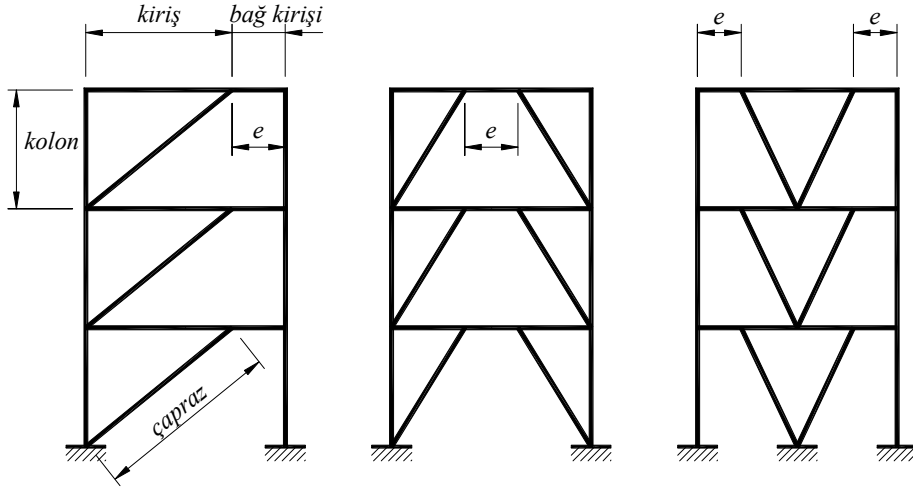
Sadece çekme kuvveti taşıyacak şekilde hesaplanan çaprazlarda narinlik oranı 250'yi aşmayacaktır. Ancak en çok iki katlı binalardaki çapraz elemanların arttırılmış yüklerden oluşan iç kuvveti karşılayabilmesi durumunda bu kural uygulanmayabilir.

V ve ters V şeklindeki çaprazlama sistemlerinde ek koşullar sağlanmalıdır. Çaprazların bağlandığı kirişler sürekli olmalıdır. Çaprazlar düşey yüklerin ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında boyutlandırılacaktır. Ancak çaprazların bağlandığı kirişler ve uç bağlantıları, çaprazların yok sayılması durumunda, kendi üzerindeki düşey yükleri güvenle taşıyacak şekilde boyutlandırılacaktır.

### 3.3.5 Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdeler

Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdeler, deprem etkileri altında bağ kirişlerinin önemli ölçüde doğrusal olmayan şekil değiştirme yapabilme özelliğine sahip olduğu yatay yük taşıyıcı sistemlerdir. Bu sistemler, bağ kirişlerinin plastik şekil değiştirmesi sırasında, kolonların, çaprazların ve bağ kirişi dışındaki diğer kirişlerin elastik bölgede kalması sağlanacak şekilde boyutlandırılırlar.





**Şekil 3.3:** Dışmerkez çelik çaprazlı perdeler

Kolonlar, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan aksenal kuvvet ve eğilme momentleri altında gerekli gerilme kontrollerini sağlamaları yanında, 1. ve 2. deprem bölgelerinde artırılmış yükleme durumlarından oluşan aksenal basınç ve çekme kuvvetleri altında da (eğilme momentleri göz önüne alınmaksızın) tanımlanan özel sismik yük kombinasyonları ile kontrol edilirler.

$$0.90 DL \pm \Omega_0 EL$$

$$1.0 DL + 1.0 LL \pm \Omega_0 EL$$

Çatı ve düşey düzlem çapraz sistemlerinin tüm basınç elemanlarında narinlik  $l/r$  oranının  $4.0\sqrt{E_s/\sigma_a}$  değerini aşıp aşmadığı kontrol edilir.

Kompakt I kiriş ve kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f/2t_f$  'nin  $0.3\sqrt{E_s/\sigma_a}$  'den daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt U kiriş ve kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b_f/t_f$  'nin  $0.3\sqrt{E_s/\sigma_a}$  'den daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt I ve U kolon kesitlerinde, ilave olarak gövde narinliğinin  $h/t_w$ ,  $3.2\sqrt{E_s/\sigma_a}$  'den daha küçük olduğu kontrol edilir. Kompakt kutu kolon kesitlerinde, ilave olarak,  $b/t_f$  'nin ve  $d/t_w$  'nin  $0.7\sqrt{E_s/\sigma_a}$  'den daha küçük olduğu kontrol edilir.

Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdelerde, her çapraz elemanın en az bir ucunda bağ kirişi bulunacaktır.

$$1.0 M_p / V_p \leq e \leq 5.0 M_p / V_p \quad (3.11)$$

Bağ kirişleri, düşey yükler ve deprem etkilerinden oluşan tasarım iç kuvvetleri (kesme kuvveti, eğilme momenti ve aksenal kuvvet) altında boyutlandırılacaktır.

Bağ kirişinin  $V_d$  tasarım kesme kuvveti, aşağıdaki koşulların her ikisini de sağlayacaktır.

$$V_d \leq 2M_p / e \quad (3.12)$$

Bağ kirişi tasarım aksenal kuvvetinin

$$N_d / \sigma_a A > 0.15 \quad (3.13)$$

olması halinde, **Denk.(3.14)** ve **Denk.(3.15)**'te  $M_p$  ve  $V_p$  yerine

$$M_{pn} = 1.18 M_p \left[ 1 - \frac{N_d}{\sigma_a A} \right] \quad (3.14)$$

$$V_{pn} = V_p \sqrt{1 - (N_d / \sigma_a A)^2} \quad (3.15)$$

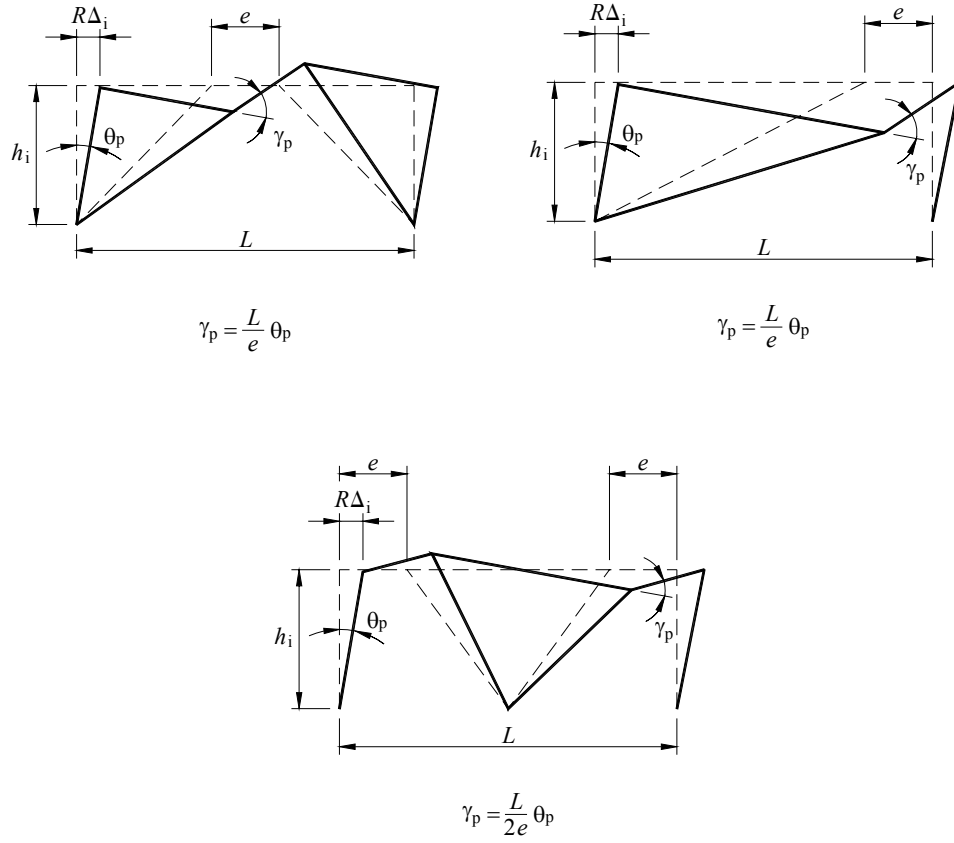
değerleri kullanılacaktır. Bağ kirişinin gövde levhası tek parçalı olacak, gövde düzlemi içinde takviye levhaları bulunmayacaktır. Gövde levhasında boşluk açılmayacaktır.

Bağ kirişinin üst ve alt başlıkları kirişin iki ucunda, kolon kenarında düzenlenen bağ kirişlerinde ise kirişin bir ucunda, yanal doğrultuda mesnetlenecektir. Yanal doğrultudaki mesnetlerin gerekli dayanımı, kiriş başlığının aksenal çekme kapasitesinin 0.06'sından daha az olmayacaktır. Ayrıca, bağ kirişi dışında kalan kiriş bölümü de,  $0.45b_{bf}\sqrt{E_s / \sigma_a}$  aralıklarla yanal doğrultuda mesnetlenecektir. Bu mesnetlerin gerekli dayanımı, kiriş başlığının aksenal çekme kapasitesinin 0.01'inden daha az olmayacaktır. Betonarme döşemelerin çelik kirişler ile kompozit olarak çalıştığı çelik taşıyıcı sistemlerde yukarıdaki koşullara uyulması zorunlu değildir.

Bağ kirişinin bulunduğu  $i$ ' inci katın  $\Delta_i$  görelî kat ötelemesine bağlı olarak

$$\theta_p = R \frac{\Delta_i}{h_i} \quad (3.16)$$

denklemleri ile bulunan görelî kat ötelemesi açısından dolayı, bağ kirişi ile bu kirişin uzantısındaki kat kirişi arasında meydana gelen  $\gamma_p$  bağ kirişi dönme açısı aşağıda verilen sınır değerleri aşmayacaktır (**Şekil 3.4**).

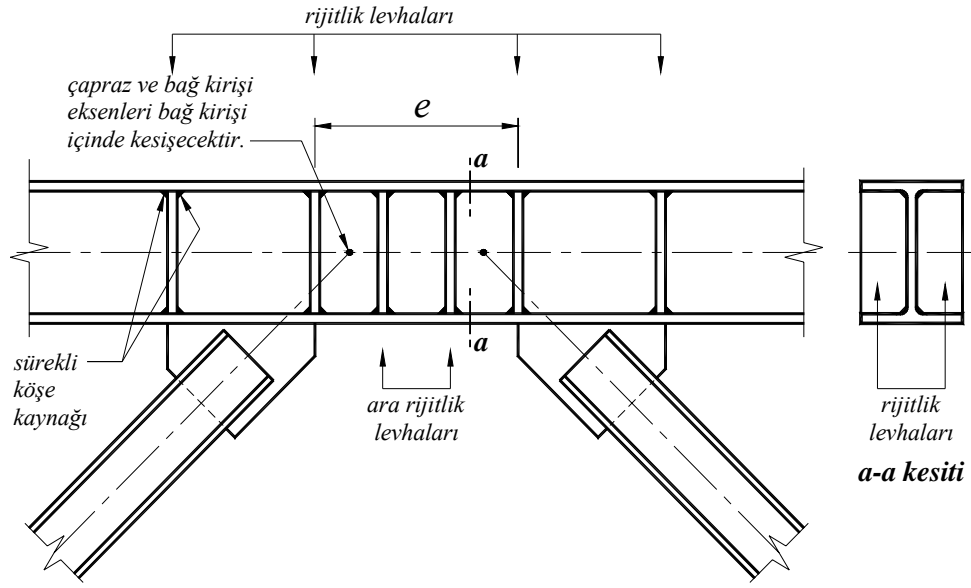


**Şekil 3.4:** Bağ kirişi dönme açısı

**(a)** Bağ kirişi uzunluğunun  $1.6M_p / V_p$  'ye eşit veya daha küçük olması halinde 0.10 radyan.

**(b)** Bağ kirişi uzunluğunun  $2.6M_p / V_p$  'ye eşit veya daha büyük olması halinde 0.03 radyan.

Bağ kirişi uzunluğunun bu iki sınır değer arasında olması halinde doğrusal interpolasyon yapılacaktır.



**Şekil 3.5:** Bağ kirişi ara rijitlik levhaları

Bağlantı kirişi uçlarındaki rijitlik levhalarına ek olarak, aşağıda tanımlanan ara rijitlik levhaları konulacaktır:

**(a)** Boyu  $1.6M_p/V_p$  'den daha kısa olan bağ kirişlerinde, ara rijitlik levhalarının ara uzaklıkları, bağ kirişi dönme açısının  $0.10$  radyan olması halinde  $(30 t_w - d_b/5)$ 'den, bağ kirişi dönme açısının  $0.03$  radyandan daha küçük olması halinde ise  $(52 t_w - d_b/5)$ 'den daha az olmayacaktır. Dönme açısının ara değerleri için doğrusal interpolasyon yapılacaktır.

**(b)** Boyu  $2.6M_p/V_p$  'den büyük ve  $5M_p/V_p$  'den küçük olan bağ kirişlerinde, bağ kirişi uçlarından  $1.5b_{bf}$  uzaklıkta birer rijitlik levhaları konulacaktır.

**(c)** Boyu  $1.6M_p/V_p$  ve  $2.6M_p/V_p$  arasında olan bağ kirişlerinde, **(a)** ve **(b)** 'de belirtilen ara rijitlik levhaları birlikte kullanılacaktır.

**(d)** Boyu  $5M_p/V_p$  'den büyük olan bağ kirişlerinde ara rijitlik levhaları kullanılmayabilir.

Bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yükleme, deprem etkilerinden oluşan iç kuvvetlerin, bağ kirişinde kesit seçimi sonucunda hesaplanan  $M_p/M_d$  ve  $V_p/V_d$  Tasarım Büyütme Katsayıları'nın büyüğü ile çarpılarak belirlenecektir.

Çaprazlar, bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin  $1.25D_a$  katından oluşan iç kuvvetlere göre boyutlandırılacaktır. Kat kirişinin bağ kirişi dışında kalan

bölümü, bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin  $1.1D_a$  katından oluşan iç kuvvetlere göre boyutlandırılacaktır.

Kolonlarda, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetler altında gerekli gerilme kontrolleri yapılacaktır. Ayrıca, kolonun taşıma kapasitesi aşağıda tanımlanan iç kuvvetlerden küçük olanlarını da sağlayacaktır:

**(a)** Bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin  $1.1D_a$  katından oluşan iç kuvvetler.

**(b)** Arttırılmış yüklemelerden meydana gelen iç kuvvetler.

## 4. YÖNETMELİKLERE GÖRE BİRLEŞİMLERİN KONTROLÜ VE BOYUTLANDIRILMASI

UBC-97 yönetmeliği göre yapısal birleşimlerin kontrolü ve boyutlanması için kriterler:

- Süreklilik levhası şartı için kontrol ve levha alanının belirlenmesi,
- Gövde takviye levhası şartı için kontrol ve levha kalınlığının belirlenmesi,
- Kiriş eğilme dayanımının kolon eğilme dayanımına oranının kontrol edilmesi,
- Kirişteki birleşim kayma kuvvetinin belirlenmesi,
- Çaprazdaki birleşim kuvvetinin belirlenmesi,

### 4.1 Süreklilik Levhalarının Boyutlandırılması

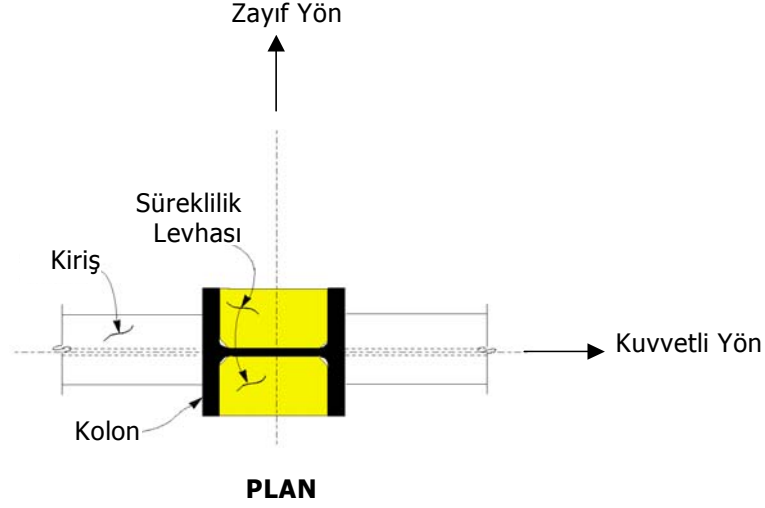
#### 4.1.1 UBC-ASD97 göre süreklilik levhalarının boyutlandırılması

Bir kiriş-kolon birleşimi tasarımında, çelik kiriş kolonla aşağıdaki şekillerde birleşebilir:

- Çelik kiriş kolonun kuvvetli eksenine paralel doğrultuda kolonla birleşir, yani kiriş kolon başlıklarına bağlanır.
- Çelik kiriş kolonun zayıf eksenine paralel doğrultuda kolonla birleşir, yani kiriş kolon gövdesine bağlanır.
- Çelik kiriş kolonun her iki asal eksenine bir açı yapan doğrultuda kolonla birleşir, yani kiriş kısmen kolonun gövdesine kısmen de başlıklarına bağlanır.

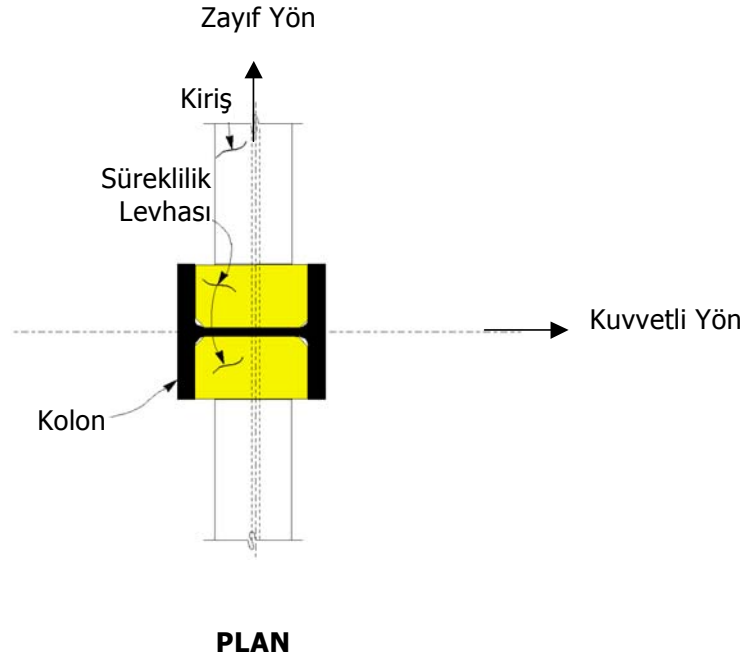
Kiriş/kolon moment aktaran birleşimi yapmak için **Şekil 4.1**' de gösterilen süreklilik levhaları, kirişin basınç ve çekme başlık kuvvetlerini kolona aktarmak için, kirişin üst ve alt başlıklarının hizasında, genellikle kolona yerleştirilirler.

Yukarıdaki son iki maddede tanımlanan birleşim durumları için levha kalınlığı, genellikle, kullanıldığı kirişin başlık kalınlığına eşit alınır. Ancak, yukarıdaki ilk maddede tanımlanan, kirişin kolonun başlıklarına bağlandığı birleşim durumu için, süreklilik levhalarına genelde ihtiyaç olmaz. Gereklik, kolonun özelliklerine ve kiriş-başlık kuvvetinin büyüklüğüne bağlıdır.



Kolon başlığına kiriş bağlantısı

(a)



Kolon gövdesine kiriş bağlantısı

(b)

**Şekil 4.1:** Kiriş-kolon (a) flanj ve (b) gövde bağlantısı durumunda süreklilik levhaları

Kolona bağlanan her bir kiriş için gereken süreklilik levha alanı,

$$A_{cp} = \frac{P_{bf}}{F_{yc}} - t_{wc} (t_{fb} + 5k_c) \quad (4.1)$$

olarak hesaplanır.

$A_{cp} \leq 0$  ise, ve aşağıdaki iki şartta sağlanırsa süreklilik levhalarına gerek kalmaz:

Kolon kesitinin başlık kalınlıkları hariç yüksekliği, yani,  $d_c - 2k_c$ ,

$$\frac{4100t_{wc}^3 \sqrt{F_{yc}}}{P_{bf}} \leq \text{ye} \quad (4.2)$$

eşit veya daha küçüktür.

Kolon başlık kalınlığı,  $t_{fc}$ ,

$$0.4 \sqrt{\frac{P_{bf}}{F_{yc}}} \leq \text{ye} \quad (4.3)$$

eşit veya daha büyüktür.

$$\text{Burada, } P_{bf} = f_b A_{bf} \quad (4.4)$$

$f_b$ , yalnızca gravitasyonel yükleri içeren yükleme kombinasyonlarının 5/3' ünün  $(5/3)M/[(d - t_f)A_{fb}]$  ve yanal yükleri içeren yükleme kombinasyonlarının 4/3' ünün  $(4/3)M/[(d - t_f)A_{fb}]$  büyük olanıyla hesaplanan eğilme gerilmesidir. Özel sismik boyutlandırma için  $f_b$ ' nin kiriş başlık dayanımı olduğu belirtilir.

Süreklilik levhaları sağlaması gereken minimum alan şartları:

Takviyelerin kalınlığı en az  $0.5t_{fb}$  ' dir veya

$$t_{cp}^{\min} = 0.5t_{fb} \quad (4.5)$$

Kolon gövde kalınlığının 1/2' si ile her bir kenardaki süreklilik levha genişliğinin toplamı kiriş başlık genişliğinin 1/3' ünden az olmamalıdır veya

$$b_{cf}^{\min} = 2 \left[ \frac{b_{fb}}{3} - \frac{t_{wc}}{2} \right] \quad (4.6)$$



$$A_{cp}^{\min} = t_{cp}^{\min} b_{cp}^{\min} \quad (4.7)$$

sürekli levha alanı ya sıfır ya da  $A_{cp}$  ve  $A_{cp}^{\min}$ 'nin büyük olanıdır.

Sismik bölge sıfırdaki çerçevelerde özel şartlar kontrol edilmez.

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, süreklilik düzeyi normal çerçeveler için süreklilik levhaları kiriş başlık kuvvetine göre kontrol edilirler ve boyutlandırılırlar.

$$P_{bf} = f_{yb} A_{bf}$$

Sismik bölgeler 3 ve 4'de, süreklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler için, birleşimlerde kiriş başlıklarından geçen çekme kuvvetlerinden dolayı süreklilik levhaları için gerekenin belirlenmesi için  $P_{bf}$  kuvveti,  $1.8f_{yb} A_{bf}$  olarak alınır.

Süreklilik levhasının boyutlandırılması için kiriş başlık kuvveti  $f_{yb} A_{bf}$  olarak alınır.

Sismik bölgeler 1 ve 2' de, süreklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler için, birleşimlerde kiriş başlıklarından geçen çekme kuvvetlerinden dolayı süreklilik levhaları için gerekenin belirlenmesi için  $P_{bf}$  kuvveti,  $f_{yb} A_{bf}$  olarak alınır. Süreklilik levhasının boyutlandırılması için kiriş başlık kuvveti  $f_{yb} A_{bf}$  olarak alınır.

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, dış merkez çaprazlı çerçeveler için, süreklilik levhaları kiriş başlık kuvvetine göre,  $P_{bf}$  kontrol edilirler ve boyutlandırılırlar.

$$P_{bf} = f_{yb} A_{bf}$$

#### 4.1.2 UBC-LRFD97 göre süreklilik levhalarının boyutlandırılması

Bir kiriş-kolon birleşimi tasarımında, çelik kiriş kolonla aşağıdaki şekillerde birleşebilir:

- Çelik kiriş kolonun kuvvetli eksenine paralel doğrultuda kolonla birleşir, yani kiriş kolon başlıklarına bağlanır.
- Çelik kiriş kolonun zayıf eksenine paralel doğrultuda kolonla birleşir, yani kiriş kolon gövdesine bağlanır.

- Çelik kiriş kolonun her iki asal eksenine bir açı yapan doğrultuda kolonla birleşir, yani kiriş kısmen kolonun gövdesine kısmen de başlıklarına bağlanır.

Kiriş-kolon moment aktaran birleşimi yapmak için Şekil 4.1' de gösterilen süreklilik levhaları, kirişin basınç ve çekme başlık kuvvetlerini kolona aktarmak için, kirişin üst ve alt başlıklarının hizasında, genellikle kolona yerleştirilirler.

Yukarıdaki son iki maddede tanımlanan birleşim durumları için levha kalınlığı, genellikle, kullanıldığı kirişin başlık kalınlığına eşit alınır. Ancak, yukarıdaki ilk maddede tanımlanan, kirişin kolonun başlıklarına bağlandığı birleşim durumu için, süreklilik levhalarına genelde ihtiyaç olmaz. Gereklik, kolonun özelliklerine ve kiriş-başlık kuvvetinin büyüklüğüne bağlıdır.

Aşağıda verilen dört şarttan hiçbiri sağlamazsa süreklilik levhaları gerekecektir.

- Eğilmede kolon başlık boyutlama dayanımı, kiriş başlık kuvvetinden büyük olmalıdır, yani,

$$\phi R_n = (0.9)6.25t_{fc}^2 F_{yc} \geq P_{bf} \quad (4.8)$$

- Boyun bölgesinde yerel akmaya karşı kolon gövdesinin boyutlama dayanımı, kiriş başlık kuvvetinden büyük olmalıdır,

$$\phi R_n = (1.0)(5.0k_c + t_{fb})F_{yc}t_{wc} \geq P_{bf} \quad (4.9)$$

- Çarpılmaya karşı kolon gövdesinin boyutlama dayanımı, kiriş başlık kuvvetinden büyük olmalıdır, yani,

$$\phi R_n = (0.75)68t_{wc}^2 \left[ 1 + 3 \left[ \frac{t_{fb}}{d_c} \right] \left[ \frac{t_{wc}}{t_{fc}} \right]^{1.5} \right] \sqrt{F_{yc} \frac{t_{fc}}{t_{wc}}} \geq P_{bf} \quad (4.10)$$

- Burkulmaya karşı kolonun gövdesinin boyutlama basınç dayanımı, kiriş başlık kuvvetinden büyük olmalıdır, yani,

$$\phi R_n = (0.9) \frac{4100t_{wc}^3 \sqrt{F_{yc}}}{d_c} \geq P_{bf} \quad (4.11)$$

Yukarıdaki şartların hiçbiri sağlanmazsa gerekli süreklilik levha alanını, aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$A_{cp} = \frac{P_{pf}}{(0.85)(0.9F_{yc})} - 12t_{wc}^2 \quad (4.12)$$

Eğer  $A_{cp} \leq 0$  ise, süreklilik levhaları gerekmez.

Süreklilik levhaları gerekirse bu levhalar aşağıda tanımlanan minimum alan şartlarını sağlamalıdır.

$$t_{cp}^{\min} = \max \left[ 0.5t_{fb}, \frac{\sqrt{F_y}}{95} b_{fb} \right] \quad (4.13)$$

Kolon gövde kalınlığının 1/2' si ile her bir kenardaki süreklilik levhasının minimum genişliğinin toplamı, kiriş başlık genişliğinin 1/3' inden az olmamalıdır, yani,

$$b_{cp}^{\min} = 2 \left[ \frac{b_{fb}}{3} - \frac{t_{wc}}{2} \right] \quad (4.14)$$

Sonuçta minimum alan:

$A_{cp}^{\min} = t_{cp}^{\min} b_{cp}^{\min}$  süreklilik levha alanı ya sıfır ya da  $A_{cp}$  ve  $A_{cp}^{\min}$ ' nin büyük olanıdır.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, süreklilik düzeyi normal çerçeveler için süreklilik levhaları, kiriş başlık kuvvetine göre kontrol edilirler ve boyutlandırılırlar.

$$P_{bf} = M_{pb} / (d_p - t_{fb}) \quad (4.15)$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de, süreklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler için, birleşimlerde kiriş başlıklarından geçen çekme kuvvetlerinden dolayı süreklilik levhaları için gerekenin belirlenmesi için  $P_{bf}$  kuvveti, yukarıda açıklanan dört kontrolün tümü için  $f_{yb} A_{bf}$  olarak alınır, sadece eğilmede kolon başlık boyutlama dayanımını kontrol için  $P_{bf}$  kuvveti,  $1.8f_{yb} A_{bf}$  olarak alınır. Önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, süreklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler için, birleşimlerde kiriş başlıklarından geçen çekme kuvvetlerinden dolayı süreklilik levhaları için gerekenin belirlenmesi için  $P_{bf}$  kuvveti,  $f_{yb} A_{bf}$  olarak alınır.

$$P_{bf} = 1.8f_{yb} A_{bf} \quad (\text{Bölge 3 ve 4})$$

$$P_{bf} = f_{yb} A_{bf} \quad (\text{Bölge 2, } I > 1)$$

Süreklilik levhasının boyutlaması için, kiriş başlık kuvveti,  $P_{bf} = M_{pb} / (d_p - t_{fb})$  olarak alınır.

$$P_{bf} = M_{pb} / (d_p - t_{fb}) \quad (4.16)$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, dış merkez çaprazlı çerçeveler için süreklilik levhaları, kiriş başlık kuvvetine göre,

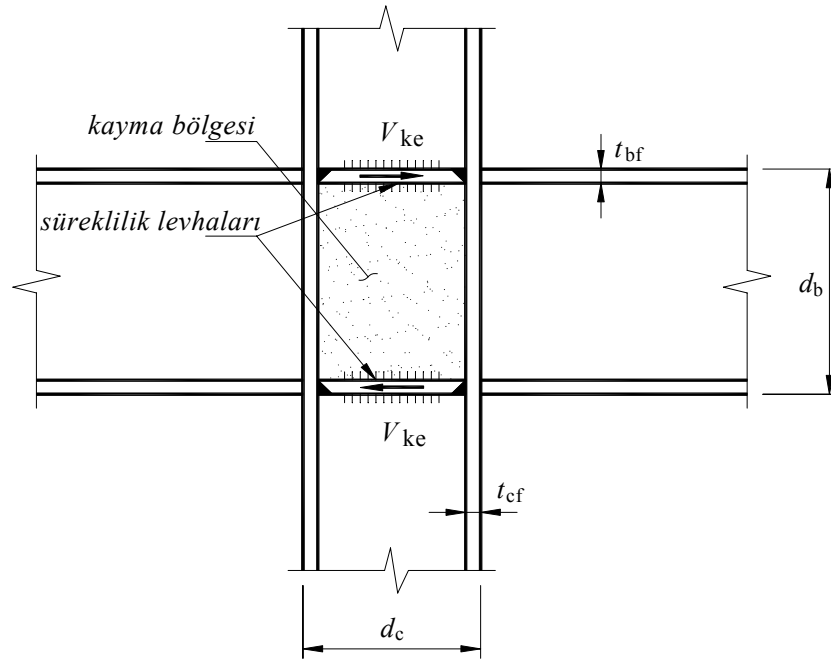
$P_{bf} = f_{yb} A_{bf}$ , kontrol edilirler ve boyutlandırılırlar.

#### 4.1.3 DBYBHY göre süreklilik levhalarının boyutlandırılması

Moment aktaran kiriş-kolon birleşim detaylarında, kolon gövdesinin her iki tarafına, kiriş başlıkları seviyesinde süreklilik levhaları konularak kiriş başlıklarındaki çekme ve basınç kuvvetlerinin kolona (ve iki taraflı kiriş-kolon birleşimlerinde komşu kirişe) güvenle aktarılması sağlanacaktır.

(a) Süreklilik levhalarının kalınlıkları, tek taraflı kiriş birleşimlerinde birleşen kirişin başlık kalınlığından, kolona iki taraftan kiriş birleşmesi durumunda ise birleşen kirişlerin başlık kalınlıklarının büyüğünden daha az olmayacaktır.

(b) Süreklilik levhalarının kolon gövde ve başlıklarına bağlantısı için tam penetrasyonlu küt kaynak kullanılacaktır. Süreklilik levhasının kolon gövdesine bağlantısı için köşe kaynağı da kullanılabilir. Ancak bu kaynağın, süreklilik levhasının kendi düzlemindeki kesme kapasitesine eşit bir kuvveti kolon gövdesine aktaracak boy ve kalınlıkta olması gereklidir.



Şekil 4.2: Kiriş-kolon süreklilik levhaları

(c) Kolon başlık kalınlığının

$$t_{cf} \geq 0.54 \sqrt{b_{bf} t_{bf}} \quad (4.17)$$

ve

$$t_{cf} \geq \frac{b_{bf}}{6} \quad (4.18)$$

koşullarının her ikisini de sağlaması durumunda süreklilik levhasına gerek olmayabilir.

## 4.2 Gövde Takviye Levhalarının Boyutlandırılması

### 4.2.1 UBC-ASD97 göre gövde takviye levhalarının boyutlandırılması

Çelik çerçeve sistemin boyutlandırılmasının bir parçası da, panel bölgesi olarak bilinen kiriş kolon etkileşim bölgesinde varolan kesme kuvvetlerinin hesabıdır.

Kayma gerilmeleri bir kiriş veya kolon elemanın boyutlandırılmasında nadiren kontrol edilirler. Ancak moment aktaran rijit bir çerçevede kiriş-kolon birleşiminde kayma gerilmeleri, özellikle, kolonun kuvvetli eksen doğrultusunda eğilmeye maruz kaldığı ve birleşim kesme kuvvetinin kolon gövdesi tarafından karşılandığı çerçeve sistemlerde kritik olabilir.

Kolonda kuvvetli eksen etrafındaki eğilmeden dolayı panel bölgesinde oluşan kayma gerilmeleri, ya kolon kuvvetli ekseni doğrultusunda ya da kolon kuvvetli ekseni doğrultusu boyunca kiriş parçalarının bulunduğu bir açıda kolona birleşen çelik kirişlerin geometrisine ve yüklemeye bağlı olarak kolon gövdesine kaynaklanacak ilave levhaları gerektirebilir (Şekil 4.3)

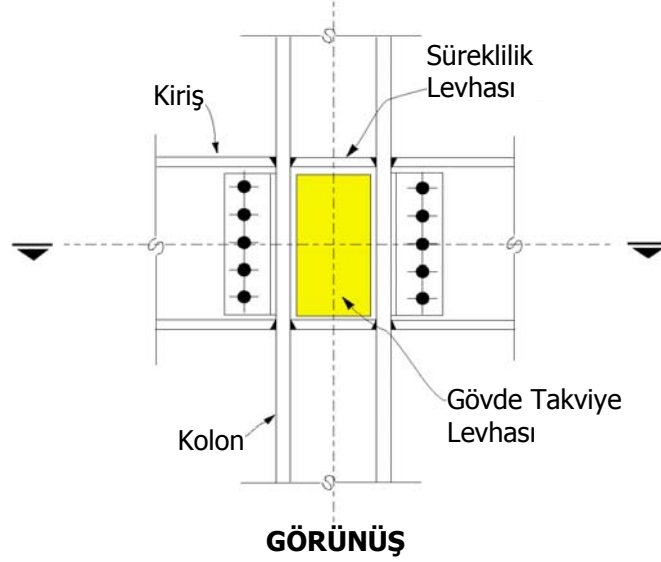
Panel bölgesindeki kesme kuvveti,

$$V_p = P - V_c, \text{ veya} \quad (4.19)$$

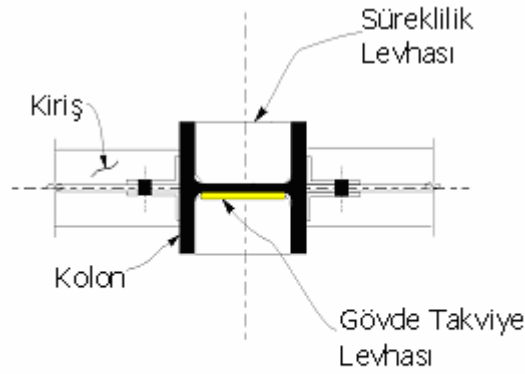
$$V_p = \sum_{n=1}^{n_b} \frac{M_{bn} \cos \theta_n}{d_n - t_{fn}} - V_c \quad (4.20)$$

Kesme kuvveti  $V_p$ ' yi taşımak için gerekli gövde kalınlığı,

$$t_r = \frac{V_p}{F_v d_c} \geq \frac{h}{380 / \sqrt{F_{yc}}} \quad (4.21)$$



(a)



KESİT

(b)

**Şekil 4.3:** Gövde takviye levhalarının yandan (a) ve planda (b) görünüşü

Ekstra kalınlık veya gövde takviye levhasının kalınlığı,

$$t_{dp} = t_r - t_{wc} \quad (4.22)$$

olarak verilir, burada

$$F_v = 0.40F_{yc} \quad (4.23)$$

Her bir yük kombinasyonu için çarpanlarla arttırılmış kiriş momentleri baz alınarak hesaplanan  $V_p$ ' nin hesaplanmış en büyük değeri, gövde takviye levha alanlarını hesaplamakta kullanılır.

Sismik bölgeler 0, 1 ve 2' deki çerçevelerde özel şartlar kontrol edilmez.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de, süneklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler için, panel bölgesi gövde takviye levha şartları, kiriş plastik moment kapasitesinin 0.8' ine eşit kiriş momentlerinin ( $0.8 \sum M_{pb}$ ) veya sismik yükün 1.85 katına ilave gravitasyonel yüklerden oluşan kiriş momentlerinin küçük olanıdır.

Bu kesme kuvvetinin karşılanmasında panel bölgesinin kapasitesi

$$V_p = 0.55F_{yc}d_c t_r \left[ 1 + \frac{3b_c t_{cf}^2}{d_b d_c t_r} \right] \quad (4.24)$$

olarak alınır, panel bölgesinin gerekli kalınlığı aşağıdaki gibi verilir,

$$t_r = \frac{V_p}{0.55F_{yc}d_c} - \frac{3b_c t_{cf}^2}{d_b d_c} \geq \frac{h}{380/\sqrt{F_{yc}}} \quad (4.25)$$

ve gövde takviye levhasının gerekli kalınlığı aşağıdaki gibi verilir,

$$t_{dp} = t_r - t_{wc} \quad (4.26)$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de, süneklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler için, panel bölgesindeki gerekli kolon gövde kalınlığını kontrolü:

$$t_{wc} \geq \frac{(d_c - 2t_{fc}) + (d_b - 2t_{fb})}{90} \quad (4.27)$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de, dış merkez çaprazlı çerçeveler için, gövde takviye levha şartları daha önceden tartışılan süneklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler için gövde takviye levhası kontrollerine benzer şekilde kontrol edilirler.

#### 4.2.2 UBC-LRFD97 göre gövde takviye levhalarının boyutlandırılması

Çelik çerçeve sistemin boyutlandırılmasının bir parçası da, panel bölgesi olarak bilinen kiriş kolon etkileşim bölgesinde varolan kesme kuvvetlerinin hesabıdır.

Kayma gerilmeleri bir kiriş veya kolon elemanın boyutlandırılmasında nadiren kontrol edilirler. Ancak moment aktaran rijit bir çerçevede kiriş-kolon birleşiminde kayma gerilmeleri, özellikle, kolonun kuvvetli eksen doğrultusunda eğilmeye maruz kaldığı ve birleşim kesme kuvvetinin kolon gövdesi tarafından karşılandığı çerçeve sistemlerde kritik olabilir.

Kolonda kuvvetli eksen etrafındaki eğilmeden dolayı panel bölgesinde oluşan kayma gerilmeleri, ya kolon kuvvetli eksenini doğrultusunda ya da kolon kuvvetli eksenini doğrultusu boyunca kiriş parçalarının bulunduğu bir açıda kolona birleşen çelik kirişlerin geometrisine ve yüklemeye bağlı olarak kolon gövdesine kaynaklanacak ilave levhaları gerektirebilir (Şekil 4.2).

Panel bölgesindeki kesme kuvveti, aşağıdaki gibi verilir:

$$V_p = \sum_{n=1}^{n_b} \frac{M_{bn} \cos \theta_n}{d_n - t_{fn}} - V_c \quad (4.28)$$

Nominal panel kayma dayanımı aşağıdaki şekilde verilir:

$$P_u \leq 0.4P_y \text{ veya } P_u \text{ çekme ise } R_v = 0.6F_y d_c t_r, \text{ ve}$$

$$P_u > 0.4P_y \text{ için } R_v = 0.6F_y d_c t_r \left[ 1.4 - \frac{P_u}{P_y} \right] \quad (4.29)$$

$V_p = \phi R_v$  'yi  $\phi = 0.9$  olarak kullandığımızda, gerekli kolon gövde kalınlığı,  $t_r$  bulunabilir.

Ekstra kalınlık veya gövde takviye levhasının kalınlığı aşağıdaki gibi verilir;

$$t_{dp} = t_r - t_{wc} \geq \frac{h}{418/\sqrt{F_y}}, \quad (4.30)$$

Her bir yük kombinasyonu için çarpanlarla arttırılmış kiriş momentleri ve çarpanlarla arttırılmış kolon aksenal yükleri baz alınarak hesaplanan  $t_{dp}$ 'nin en büyük hesaplanmış değeri saptanır.

Sismik bölgeler 0 ve 1 ve önem katsayısı 1 olan sismik bölge 2' deki çerçevelerde özel şartlar kontrol edilmez.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de, süneklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler için, panel bölgesi gövde takviye levha şartları, kiriş plastik moment kapasitesinin 0.9' una eşit



kiriş momentlerinin  $(0.9 \sum \phi_b M_{pb})$  veya sismik yük içeren berkitilmiş yük kombinasyonlarından oluşan kiriş momentlerinin küçük olanıdır.

Bu kesme kuvvetinin karşılanmasında panel bölgesinin kapasitesi

$$\phi_v V_n = 0.60 \phi_v F_y d_c t_p \left[ 1 + \frac{3b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_p} \right] \quad (4.31)$$

olarak alınır:

Gerekli panel bölgesi kalınlığı aşağıdaki gibi verilir,

$$t_p = \frac{V_p}{0.6 \phi_v F_y d_c} - \frac{3b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c} \geq \frac{h}{418 / \sqrt{F_{yc}}} \quad (4.32)$$

ve gövde takviye levhasının gerekli kalınlığı aşağıdaki gibi verilir,

$$t_{dp} = t_p - t_{wc}$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de, süneklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler için, panel bölgesindeki gerekli kolon gövde kalınlığını program aşağıdaki şekilde kontrol edilir.

$$t_{wc} \geq \frac{(d_c - 2t_{fc}) + (d_b - 2t_{fb})}{90} \quad (4.33)$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de, dış merkez çaprazlı çerçeveler için, gövde takviye levha şartları daha önceden bahsedilen süneklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler için gövde takviye levhası kontrollerine benzer şekilde kontrol edilirler.

#### 4.2.3 DBYBHY göre gövde takviye levhalarının boyutlandırılması

Kiriş – kolon birleşim detayında, kolon ve kiriş başlıklarının sınırladığı kayma bölgesi aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde boyutlandırılacaktır:

(a) Kayma bölgesinin gerekli  $V_{ke}$  kesme kuvveti dayanımı, düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki eğilme momenti kapasiteleri toplamının 0.80 katından meydana gelen kesme kuvvetine eşit olarak alınacaktır.

$$V_{ke} = 0.8 \sum M_p \left( \frac{1}{d_b} - \frac{1}{H_{ort}} \right) \quad (4.34)$$

(b) Kayma bölgesinin  $V_p$  kesme kuvveti kapasitesi

$$V_p = 0.6 \sigma_a d_c t_p \left[ 1 + \frac{3b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_p} \right] \quad (4.35)$$

denklemini ile hesaplanacaktır. Kayma bölgesinin yeterli kesme dayanımına sahip olması için

$$V_p \geq V_{ke} \quad (4.36)$$

koşulunun sağlanması gerekmektedir. Bu koşulun sağlanmaması halinde, gerekli miktarda takviye levhası kullanılacak veya kayma bölgesine köşegen doğrultusunda berkitme levhaları eklenecektir.

(c) Kolon gövde levhasının ve eğer kullanılmış ise takviye levhalarının her birinin en küçük kalınlığı,  $t_{min}$ , (**Şekil 4.4**) aşağıdaki koşulu sağlayacaktır.

$$t_{min} \geq u / 180 \quad (4.37)$$

Bu koşulun sağlanmadığı durumlarda takviye levhaları ve kolon gövde levhası birbirlerine kaynakla bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanacak ve levha kalınlıkları toplamının **Denk.(4.37)**'u sağladığı kontrol edilecektir.

(d) Kayma bölgesinde takviye levhaları kullanılması halinde, bu levhaların kolon başlık levhalarına bağlanması için tam penetrasyonlu küt kaynak veya köşe kaynağı kullanılacaktır, **Şekil 4.4**. Bu kaynaklar, takviye levhası tarafından karşılanan kesme kuvvetini güvenle aktaracak şekilde kontrol edilecektir. Bu hesapta

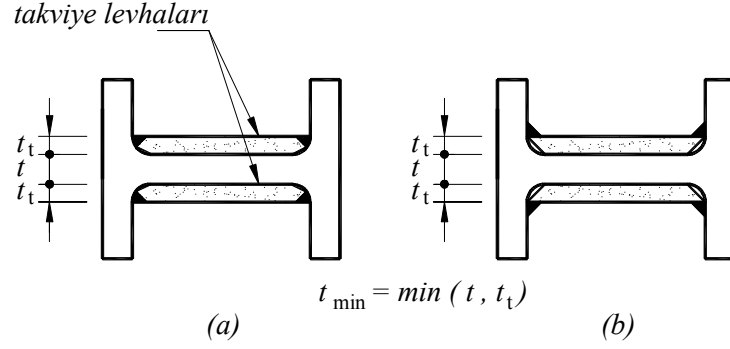
Tam penetrasyonlu kaynak :  $\sigma_a$

Kısmi penetrasyonlu küt kaynak

veya köşe kaynağı :  $1.7 \sigma_{em}$

Bulonlu birleşimler :  $1.7 \sigma_{em}$

verilen kaynak gerilme kapasiteleri kullanılacaktır.



**Şekil 4.4:** Gövde takviye levhaları

### 4.3 Zayıf Kiriş – Güçlü Kolon Kontrolü

#### 4.3.1 UBC-ASD97 göre zayıf kiriş – güçlü kolon kontrolü

Sismik bölgeler 3 ve 4’ de, süneklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler için, şartname, bir birleşimde, kiriş eğilme dayanımlarının toplamının kolon eğilme dayanımlarının toplamından daha az olması gerektiğini söyler. Kolon eğilme dayanımı, kolondaki aksel kuvvetin varlığını gösterir.

Her kolonun kuvvetli eksen doğrultusu için, kiriş dayanımının kolon dayanımına oranı aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R_{Kuvvetli} = \frac{\sum_{n=1}^{n_b} M_{pbn} \cos \theta_n}{M_{pcax} + M_{pcbx}} \quad (4.38)$$

Her kolonun zayıf eksen doğrultusu için, kiriş dayanımının kolon dayanımına oranı aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R_{Zayıf} = \frac{\sum_{n=1}^{n_b} M_{pbn} \sin \theta_n}{M_{pcay} + M_{pcby}} \quad (4.39)$$

Kolonların plastik moment kapasiteleri aksel kuvvet etkileri için azaltılırlar ve

$$M_{pc} = Z_c (F_{yc} - f_a), \quad (4.40)$$

### 4.3.2 UBC-LRFD97 göre zayıf Kiriş – güçlü kolon kontrolü

Sismik bölgeler 3 ve 4' de, süneklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler için, şartname, bir birleşimde, kiriş eğilme dayanımlarının toplamının kolon eğilme dayanımlarının toplamından daha az olması gerektiğini söyler. Kolon eğilme dayanımı, kolondaki eksenel kuvvetin varlığını gösterir.

Her kolonun kuvvetli eksen doğrultusu için, kiriş dayanımının kolon dayanımına oranı aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R_{maj} = \frac{\sum_{n=1}^{n_b} M_{pbn} \cos\theta_n}{M_{pcax} + M_{pcb_x}} \quad (4.41)$$

Her kolonun zayıf eksen doğrultusu için, kiriş dayanımının kolon dayanımına oranı aşağıdaki gibi elde edilir.

$$R_{min} = \frac{\sum_{n=1}^{n_b} M_{pbn} \sin\theta_n}{M_{pcay} + M_{pcb_y}} \quad (4.42)$$

Kolonların plastik moment kapasiteleri eksenel kuvvet etkileri için azaltılırlar ve aşağıdaki gibi alınır.

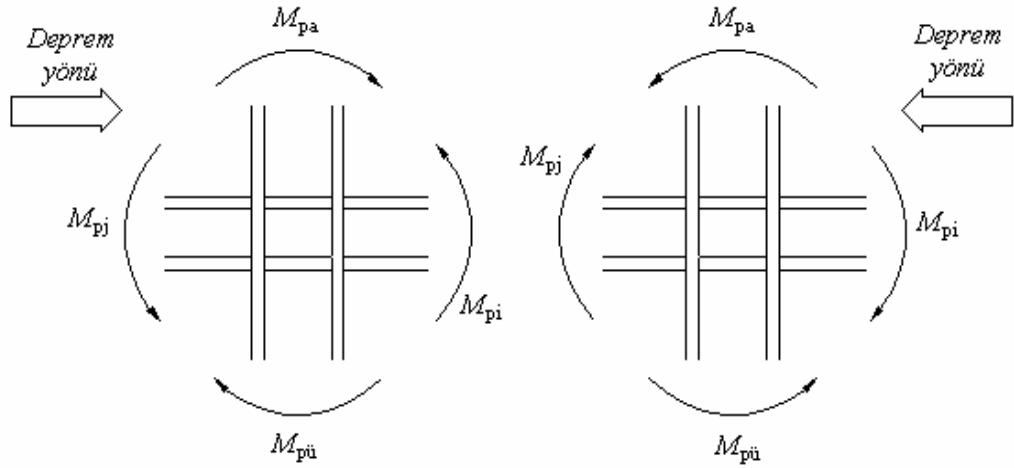
$$M_{pc} = Z_c (F_{yc} - |P_{uc} / A_{gc}|), \quad (4.43)$$

### 4.3.3 DBYBHY göre zayıf kiriş – güçlü kolon kontrolü

Çerçeve türü sistemlerde veya perdeli-çerçeveli sistemlerin çerçevelerinde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda her bir kolon - kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların eğilme momenti kapasitelerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki eğilme momenti kapasiteleri toplamının  $1.1D_a$  katından daha büyük olacaktır.

$$(M_{pa} + M_{pü}) \geq 1.1D_a (M_{pi} + M_{vi} + M_{pj} + M_{vj}) \quad (4.44)$$

Bu denklemdeki  $M_{vi}$  ve  $M_{vj}$  terimleri, zayıflatılmış kiriş enkesitleri kullanılması veya kiriş uçlarında guseler oluşturulması halinde, kiriş uçlarındaki olası plastik mafsallardaki kesme kuvvetlerinden dolayı, kolon yüzünde meydana gelen ek eğilme momentlerini göstermektedir. Plastik momentlerin kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerinde oluşması halinde, bu terimler sıfır değerini almaktadır.



**Şekil 4.5:** Kolon-kiriş birleşim bölgesi

Deprem her iki yönü için elverişsiz sonuç verecek şekilde ayrı ayrı uygulanacaktır. Kolon eğilme momenti kapasitelerinin hesabında, depremin yönü ile uyumlu olarak bu moment kapasitelerini en küçük yapan tasarım aksenal kuvvetleri gözönüne alınacaktır.

#### 4.4 Kiriş Birleşim Kesme Kuvvetlerinin İrdelenmesi

##### 4.4.1 UBC-ASD97 göre kiriş birleşim kesme kuvvetlerinin irdelenmesi

Kiriş birleşim kesme kuvvetleri, yükleme kombinasyonlarından elde edilen çarpanlarla arttırılmış kesme kuvvetlerinin maksimumlarıdır.

Sismik bölge sıfırdaki çerçevelerde özel şartlar kontrol edilmez.

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, süneklilik düzeyi normal çerçeveler için, kaydedilen kiriş birleşim kesme kuvvetleri, belirtilen yükleme kombinasyonları ile aşağıda verilen yükleme kombinasyonlarının maksimumudur.

$$1.0 DL + 1.0 LL \pm \Omega_0 EL \quad (4.45)$$

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, süneklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler için, saptanan kiriş birleşim kesme kuvvetleri, kirişin tüm plastik moment kapasitesinin ortaya çıkmasına müsaade eder.

$$V = \frac{CM_{pb}}{L} + V_{DL+LL} \quad (4.46)$$

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, dış merkez çaprazlı çerçeveler için, kaydedilen kiriş birleşim kesme kuvvetleri, belirtilen yükleme kombinasyonları ile aşağıda verilen yükleme kombinasyonlarının maksimumudur.

$$1.0 DL + 1.0 LL \pm \Omega_0 EL \quad (4.47)$$

#### 4.4.2 UBC-LRFD97 göre kiriş birleşim kesme kuvvetlerinin irdelenmesi

Kiriş birleşim kesme kuvvetleri, yükleme kombinasyonlarından elde edilen çarpanlarla arttırılmış kesme kuvvetlerinin maksimumlarıdır.

Özel sismik boyutlandırma için kiriş birleşim kesme kuvvetleri, farklı tip çerçeveler için verilen aşağıdaki özel değerlerden daha az alınmazlar. Sismik bölgeler 0 ve 1 ve önem katsayısı 1 olan sismik bölge 2' deki çerçevelerde özel şartlar kontrol edilmez.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, süneklilik düzeyi normal çerçeveler için, saptanan kiriş birleşim kesme kuvvetleri, belirtilen yükleme kombinasyonları ile aşağıda verilen ilave yükleme kombinasyonlarının maksimumudur.

$$0.9 DL \pm \Omega_0 EL$$

$$1.2 DL + 0.5 LL \pm \Omega_0 EL$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, süneklilik düzeyi yüksek rijit çerçeveler için, saptanan kiriş birleşim kesme kuvvetleri, kirişin tüm plastik moment kapasitesinin ortaya çıkmasına müsaade eder. Sonuçta,

$$V_u = \frac{CM_{pb}}{L} + 1.2V_{DL} + 0.5V_{LL} \quad (4.48)$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, dış merkez çaprazlı çerçeveler için, bağlantı kirişi birleşim kesme kuvveti, bağlantı kirişi gövde kayma kapasitesine eşit olarak saptanır.

#### 4.4.3 DBYBHY göre kiriş birleşim kesme kuvvetlerinin irdelenmesi

Birleşimin boyutlandırılmasında esas alınacak  $V_e$  kesme kuvveti **Denk.(4.49)** ile hesaplanacaktır.

$$V_e = V_{dy} \pm 1.1R_a \frac{(M_{pi} + M_{pj})}{\ell_n} \quad (4.49)$$

#### 4.5 Çapraz Birleşim Kuvvetlerinin İrdelenmesi

##### 4.5.1 UBC-ASD97 göre çapraz birleşim kuvvetlerinin irdelenmesi

Yapıdaki çelik çapraz için çapraz-kiriş birleşimlerinin boyutlandırılması için çaprazın uçlarındaki maksimum kesme kuvvetleri belirlenir. Çapraz birleşim kuvvetleri, yükleme kombinasyonlarından elde edilen çarpanlarla arttırılmış çapraz eksenel kuvvetlerinin maksimumlarıdır.

Özel sismik boyutlandırma için çapraz birleşim kuvvetleri, farklı tip çerçeveler için verilen aşağıdaki özel değerlerden daha az alınmazlar.

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, normal çaprazlı çerçeveler için, çapraz birleşim kuvveti en azından çapraz çekme dayanımı ( $F_y A$ ) ve aşağıda verilen özel yükleme kombinasyonundan küçük olanı olarak saptanır.

$$1.0 DL + 1.0 LL \pm \Omega_0 EL$$

Sıfır bölgesi hariç bütün sismik bölgelerde, dış merkez çaprazlı çerçeveler için, çapraz birleşim kuvveti en azından,  $1.7 F_a A$  olarak hesaplanan basınçtaki çapraz dayanımı olarak saptanır.  $1.7 F_a A$  değeri  $F_y A$  değerini aşmayacak şekilde sınırlandırılır.

##### 4.5.2 UBC-LRFD97 göre çapraz birleşim kuvvetlerinin irdelenmesi

Çapraz birleşim kuvvetleri, yükleme kombinasyonlarından elde edilen çarpanlarla arttırılmış çapraz eksenel kuvvetlerinin maksimumlarıdır.

Özel sismik boyutlandırma için çapraz birleşim kuvvetleri, farklı tip çerçeveler için verilen aşağıdaki özel değerlerden daha az alınmazlar. Sismik bölgeler 0 ve 1 ve önem katsayısı 1 olan sismik bölge 2' deki çerçevelerde özel şartlar kontrol edilmez.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, normal çaprazlı çerçeveler için, çapraz birleşim kuvveti en azından çapraz çekme dayanımı ( $F_y A$ ) ve aşağıda verilen özel yükleme kombinasyonundan küçük olanı olarak saptanır.

$$0.9 DL \pm \Omega_0 EL$$

$$1.2 DL + 0.5 LL \pm \Omega_0 EL$$

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, dış merkez çaprazlı çerçeveler için, çapraz birleşim kuvveti en azından, çaprazın nominal dayanımı olarak saptanır.

Sismik bölgeler 3 ve 4' de ve önem katsayısı 1' den büyük sismik bölge 2' de, özel merkezi çaprazlı çerçeveler için, çapraz birleşim kuvveti en azından çapraz çekme dayanımı ( $F_y A$ ) ve aşağıda verilen özel yükleme kombinasyonundan küçük olanı olarak saptanır.

$$0.9 DL \pm \Omega_0 EL$$

$$1.2 DL + 0.5 LL \pm \Omega_0 EL$$

#### 4.5.3 DBYBHY göre çapraz birleşim kuvvetlerinin irdelenmesi

Çaprazların birleşim detaylarında, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetler altında gerekli gerilme kontrolleri yapılacaktır. Ayrıca, birleşimin taşıma kapasitesi aşağıda tanımlanan iç kuvvetlerden küçük olanını da sağlayacaktır:

(a) Çaprazın aksenal çekme kapasitesi.

(b) Düğüm noktasına birleşen diğer elemanların kapasitelerine bağlı olarak, söz konusu çaprazla aktarılabilecek en büyük aksenal kuvvet.

(c) Arttırılmış yükleme durumlarından meydana gelen çapraz aksenal kuvveti.

Birleşimin taşıma kapasitesinin hesabında

Yapı elemanlarının iç kuvvet kapasiteleri:

$$\text{Eğilme momenti kapasitesi} \quad : \quad M_p = W_p \sigma_a \quad (4.50a)$$

$$\text{Kesme kuvveti kapasitesi} \quad : \quad V_p = 0.60 \sigma_a A_k \quad (4.50b)$$



$$\text{Eksenel basınç kapasitesi} \quad : \quad N_{bp} = 1.7 \sigma_{bem} A \quad (4.50c)$$

$$\text{Eksenel çekme kapasitesi} \quad : \quad N_{\zeta p} = \sigma_a A_{net} \quad (4.50d)$$

verilen gerilme sınır değerleri kullanılacaktır.

Çaprazları kolonlara ve/veya kirişlere bağlayan düğüm noktası levhaları aşağıdaki iki koşulu da sağlayacaklardır:

**(a)** Düğüm noktası levhasının düzlemi içindeki eğilme kapasitesi, düğüm noktasına birleşen çaprazın eğilme kapasitesinden daha az olmayacaktır.

**(b)** Düğüm noktası levhasının düzlem dışına burkulmasının önlenmesi amacıyla, çaprazın ucunun giriş veya kolon yüzüne uzaklığı düğüm levhası kalınlığının iki katından daha fazla olmayacaktır. Buna uyulamadığı durumlarda, ilave berkitme levhaları kullanarak, düğüm levhasının düzlem dışına burkulması önlenecektir.

## 5. BİRLEŞİM HESAPLARI

### **Amaç:**

Son yıllarda teknolojik ilerlemelerin inşaat sektörüne uygulamalarının artmasıyla taşıyıcı sistem seçimlerinde sınırlar ve tasarım zorlukları ortadan kalkmaya başladı. Geçmişte taşıyıcı sistemin daha basit seçilerek statik çözüm sırasında kolaylık sağlaması öngörülürdü. Statik analize yönelik oluşturulan özel yazılımlar karma taşıyıcı sistemlerin , üç boyutlu dinamik analiz ve non-lineer analiz gibi yöntemlerin tasarımcı tarafından tercih edilmesini ve uygulanmasını mümkün kıldı. Sistemin gerçeğe yakın modellenmesini ve farklı hesap yöntemlerine göre çözüm yapabilme imkanı sağlaması analiz programlarının tasarımda kullanılmasının yaygınlaşmasına bunun sonucunda yönetmeliklerin kendilerini tercih edilen hesap yöntemlerine göre yenilerini zorunlu hale getirmiştir. Sonuçlara ulaşılması ve değerlendirme sürecinin kısılması ile geleneksel çözüm ve boyutlama yöntemlerinin değişmeye başladı. Bu süreç aynı zamanda yönetmeliklerin, teknik elemanların kendilerini yenilemelerini ve geliştirmelerini de zorunlu hale getirdi. DBYBHY 2007 tam olarak bu duruma karşılık gelen emniyet gerilmeleri ve tasarımda eleman kapasitesinde kontrol eden sınır değer yöntemi arasında bir yönetmelik haline getirildi. Ancak hesapların bir amaç değil, asıl amaç olan yapının gerçekleştirilmesindeki araçlardan yalnızca biri olduğu, örneğin; proje çizimlerinin ve detayların çözümünün en az hesaplar kadar çok kere de daha önemli olduğu hatırlanmalıdır.

Bir yapının maruz kaldığı zorları güvenli bir şekilde yapının temeline iletebilmesinin yanında yapının tümüyle ve oluştuğu elemanlarla da stabil kalabilmelidir. Bu durum taşıyıcı sistemin sürekliliği ve bütünlüğü için koşuldur. Zorlar ilerleyecekleri yol üzerinde birleşim araçları ile karşılaşacakları için, birleşim detaylarının tasarımında gerekli özeni ve dikkati göstermek küçük hesapların dahi ihmal edilmesine izin vermemek gerekir. Tek bir yetersiz veya yanlış tasarlanmış bir detay yapının tümüyle göçmesine sebep olabilir.

Bu bölümün temel amacı farklı birleşim tipleri için LRFD yönetmeliğine göre çözüm adımlarının irdelenmesidir. Benzer bir birleşim tasarımını DBYBHY 2007 göre yapıldığı durumda karşılaşılan problemlerin ve tasarımı kısıtlayan kriterler aşıldığı zaman hangi ek kontroller yapılması gerektiği zaman yol göstermektedir. Pratikte sıkça uygulanan bulonlu tipik birleşimlerin LRFD yönetmeliğine göre tasarımında izlenmesi gereken hesap adımlarını, birleşim tipleri için ortaya çıkabilecek göçme modlarını ve birleşiminlerin maruz kaldığı zorlar altında kapasitelerinin hesaplanmasıdır.

## **5.1 Moment Aktaran Birleşimler**

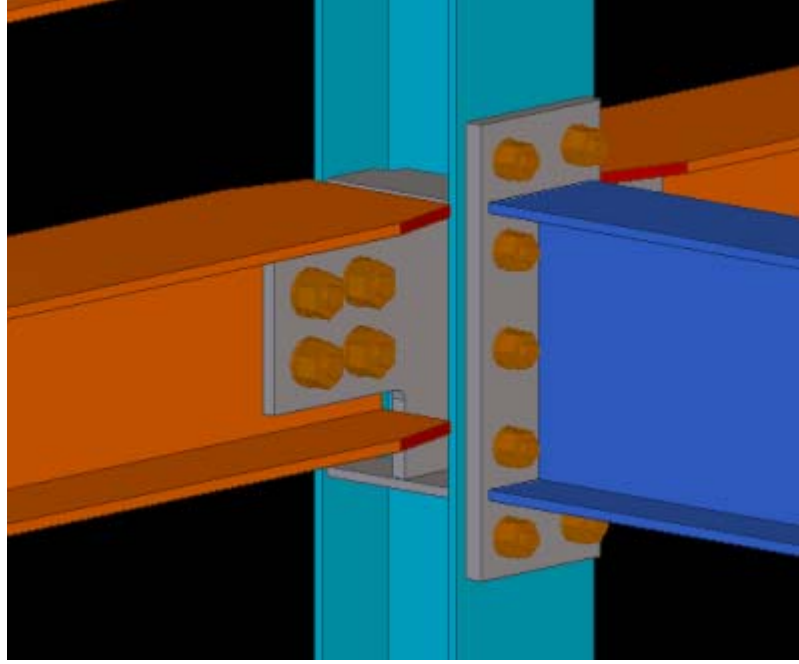
Kiriş-kolon birleşimlerinde aktarılan moment zorunun kiriş başlıklarından kolona çekme ve basınç kuvveti olarak geçtiği kabul edilir. Panel bölgesinin bu kuvvet çifti altında kayma kontrolü yapılması gereklidir. Kritik bölge olarak adlandırılan panel bölgesinin sınır durumlara karşı gelen tasarım dayanımının maruz kaldığı zordan büyük olması koşulu kontrol edilmelidir. Aksi durumda kritik gerilmenin aşılması durumunda bu bölgede gövde takviyesi yapılmalıdır.

Birleşim bölgesindeki kolon gövdesi momentin kirişin başlıklarından basınç kuvveti olarak aktarılması durumuna karşı yeterli dayanıma sahip değilse veya momentin kirişin başlıklarından çekme kuvveti olarak aktarılması durumuna karşı kolon başlığının aşırı deplasman yapması durumunda kiriş başlıkları hizasından kolon gövdesine rijitleştirici elemanlar kullanılmalıdır. Bu durumu kontrol eden üç göçme moduna karşılık gelen kontroller yapılır. Kolon gövdesinin akması, kolon başlığının eğilmesi ve gövdenin burkulması için tasarım dayanımlarını, kiriş başlıklarından geçen çekme ve basınç zorlarının aşılması durumunda kolon gövdesinde rijitleştirici elemanların kullanılmasını gerektirir.

### **5.1.1 Kolon-Kiriş moment aktaran birleşimler**

#### **Uygulamalar:**

Kolon-Kiriş moment aktaran birleşimler için 1. tip alın levhalı bulonlu moment aktaran birleşimin uygulaması Şekil 5.1'de gösterilmektedir. Belirtilen birleşim tipi için gerekli tasarım bilgileri tezde detaylandırılmıştır.



**Şekil 5.1:** Kolon-kiriş moment aktaran birleşimleri uygulama tip-1

Bu birleşim tipi için yapılacak olan tasarım bilgileri ve hesap adımları;

Birleşim Bilgileri:

Kiriş:	HEA 220
Kolon:	HEA 280
Bulon Çapı:	M30
Uç Plakası Kalınlığı (mm):	30
Transfer Berkitmeleri:	Var
Gövde Besleme Levhası:	15 mm
Flanş Besleme Levhası:	15 mm

Geometri Bilgileri:

e:Bulon Kenar Mesafesi. (mm):	50
s:Bulon Aralığı (mm):	111
s1:Bulon Serbest Mesafesi. (mm.)	50

**bp:** Levha Genişliği (mm): 245

**g** (mm): 110

**hmin** (mm)(h1 or h2): 100

Malzeme Bilgileri :

Uç Plakası S355J0

Kiriş & Kolon S355J0

Bulon Kalitesi A325-N

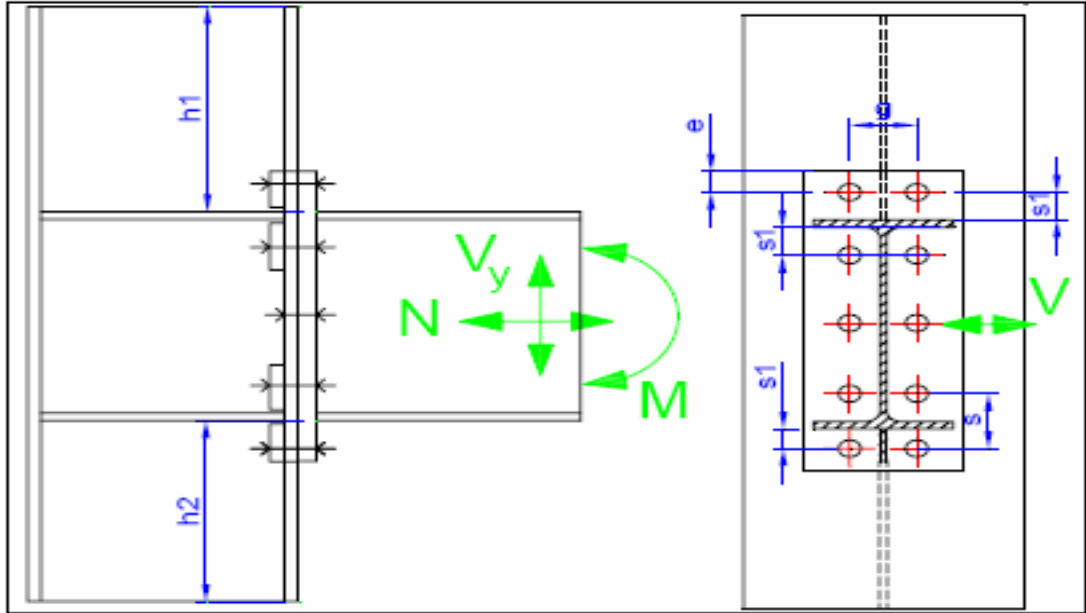
Yük Bilgileri ( Çekme):

N= 50 kN

V<sub>y</sub>= 85 kN

V<sub>z</sub>= 40 kN

M= 180 kN-m



**Şekil 5.2:** Kolon-kiriş uygulama tip-1 hesabına ilişkin çizim

Şekil 5.2’de uygulama tip-1’e ilişkin çizim görölmektedir. Birleşimin kontrolü için yapılan hesap adımları aşağıda açıklanmıştır.

M<sub>p</sub> = 181,5 kN-m

$$P_{uf} = M_u / (d - t_f)$$

$$1.1 * R_y * M_p = 259,5 \text{ kN-m}$$

$$M_u (\text{tasarım momenti}) = 180 \text{ kN-m}$$

Flanş Kuvveti (momentten oluşun):

$$P_{uf} = 904,5 \text{ kN}$$

Flanş Kuvveti (eksenel kuvvetten oluşun):

$$P_{uf} = 18,8 \text{ kN}$$

$$\Sigma P_{uf} = 923,3 \text{ kN}$$

#### Tasarım Kontrolleri:

- Tek bulona gelen ekstenel kuvvet

Birleşimdeki bulona gelen çekme kuvveti için bulonun çekme dayanımının yeterli olması gerekir. Bu durum için karşılaşılabacak iki durum; göçme sınır durumu ve kopma sınır durumudur.

$$\theta R_n = (0.75 \cdot F_{nt} \cdot A_b)$$

$$\theta R_{nreq} = \Sigma P_{uf} / 4$$

$$\theta R_n = 328,5 \text{ kN}$$

$$\theta R_{nreq} = 230,8 \text{ kN} < 328,5225 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,70$$

- Bulon kesme kuvveti (ekstenel yüklerle birlikte)

Birleşimdeki bulona gelen kesme kuvveti için bulonun kesme dayanımının yeterli olması gerekir.

$$V = [(V_x)^2 + (V_y)^2]^{0.5}$$

$$F'_{nt} = 1.3 \cdot F_{nt} - F_{nt} \cdot f_v / (\theta \cdot F_{nv}) \leq F_{nt}$$

$$V = 93,94 \text{ kN}$$

$$F_v = V / 8 / A_{bolt} = 16,6 \text{ MPa}$$

$$F'_{nt} = 620,0 \text{ Mpa}$$

$$\theta R_n = 1314,09 \text{ kN} > 923,34 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,70$$

- Uç Plakasının Ezilme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

Uç plakasının ezilme kapasitesi kirişin gövdesinden kolona aktarılan kesme kuvveti için yeterli olmalıdır.

$$\theta R_n = 0.75 * (1.2 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (2.4 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 461,30 \text{ kN} > 11,74 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,03$$

- Kolon Flanşının Ezilme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

Kolon flanşının ezilme kapasitesi kirişin gövdesinden kolona aktarılan kesme kuvveti için yeterli olmalıdır.

$$V = 11,74 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 0.75 * (1.2 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (2.4 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 358,02 \text{ kN} > 11,74 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,03$$

- Gerekli Uç Plakası Kalınlığı

Uç plakasının rijitliği veya flanşa dik kuvvetlere maruz profil başlıklarındaki bulonlara etkiyen çekme kuvveti uç plakasında eğilme deformasyonları oluşturur.

$$M_{eu} = \alpha_m * p_{uf} * (p_e / 4)$$

$$\alpha_m = C_a * C_b * (A_f \setminus A_w)^{1/3} * (P_e \setminus d_b)^{1/4}$$

$$C_a = 1.31, C_b = [b_f \setminus b_p]$$

$$M_{eu} = 14648,39 \text{ kN-mm}$$

$$p_{eff} = 57,00 \text{ mm}$$

$$t_{req} = 27,36 \text{ mm} < 30 \text{ mm}$$

Oran = 0,91

- Uç Plakasının Kayma Akması

$$\theta R_n = 1 * 2 * 0.6 * f_y * A_g$$

$$\theta R_n = 3131,1 \text{ kN} > 923,34 \text{ kN}$$

Oran = 0,29

- Flanşın Lokal Eğilmesi

Kolona birleşen kirişin çekme başlığında kolona geçen kuvvet, kolon başlığında eğilme deformasyonuna neden olur. Kiriş başlığında kolona geçen yük için kolon başlığında yerel eğilme göçmesi dayanımının yeterli olması gerekir. Aksi durumda transfer rijitlik plakası veya 15mm'lik flanş besleme plakası kullanılmalıdır.

$$\theta R_n = 6.25 * (t_f)^2 * f_{yf}$$

$$\theta R_n = > 923.34 \text{ kN}$$

Oran = transfer rijitlik plakaları gerekli veya 15 mm flanş besleme plakası kullanılabilir.

- Gövdenin Lokal Akması

Kiriş başlığında kolon gövdesine iletilen kuvvete karşı kolon gövdesinin yerel akma dayanımının yeterli olması gerekir. Bu durum sağlanmadığı için transfer rijitlik plakaları gereklidir.

$$h_{\min} > d_{\text{col}} \rightarrow R_n = (5k + N) * f_{yw} * t_{\text{web}}$$

$$h_{\min} < d_{\text{col}} \rightarrow R_n = (2.5k + N) * f_{yw} * t_{\text{web}}$$

$$\theta = 1$$

$$\theta R_n = > 923.34 \text{ kN}$$

Oran = transfer rijitlik plakaları gerekli

- Gövde Buruşması

Kiriş başlığında kolon gövdesine iletilen basınç kuvvetine karşı kolon gövdesinin gerekli buruşma dayanımına sahip olması gerekir. Bu durum sağlanmadığı için transfer rijitlik plakaları gereklidir.



$$h_{\min} > d_{\text{col}}/2 \rightarrow R_n = 0.75 * 0.80 * (t_w)^2 * [1 + 3 * (N/d) * (t_w / t_f)^{1.5}] * (E * E_{yw} * t_f / t_w)^{0.5}$$

$$h_{\min} < d_{\text{col}}/2 \rightarrow i: (N/d) \leq 0.2 \rightarrow R_n = 0.75 * 0.40 * (t_w)^2 * [1 + 3 * (N/d) * (t_w / t_f)^{1.5}] * (E * E_{yw} * t_f / t_w)^{0.5}$$

$$i: (N/d) > 0.2 \rightarrow R_n = 0.75 * 0.40 * (t_w)^2 * [1 + (4N/d - 0.2) * (t_w / t_f)^{1.5}] * (E * E_{yw} * t_f / t_w)^{0.5}$$

$$\theta R_n = > 923.34 \text{ kN}$$

Oran = transfer rijitlik plakaları gerekli

- Gövde Basınç Burkulması

Kolon gövdesinin kirişin başlığında geçen basınç kuvvetine karşı tasarım dayanımının yeterli olması gerekir.

$$\theta R_n = (0.90 * 24 * (t_w)^2 * (E * E_{yw})^{0.5}) / h$$

$$\theta R_n = 4464.62 \text{ kN}$$

- Gövde Panel Bölgesi Kayması

Moment aktaran rijit bir çerçevede kiriş-kolon birleşiminde kayma gerilmeleri, özellikle kolonun kuvvetli eksen doğrultusunda eğilmeye maruz kaldığı ve birleşim kesme kuvvetinin kolon gövdesi tarafından karşılandığı çerçeve sistemlerde kritik olabilir. Panel bölgesinin karakteristik dayanımının kolon gövdesindeki kayma kuvvetlerini karşılaması gerekir.

$$P_r \leq 0.4 * P_y \rightarrow \theta R_n = 0.6 * F_y * d_c * t_w$$

$$P_r > 0.4 * P_y \rightarrow \theta R_n = 0.6 * F_y * d_c * t_w * (1.4 - P_r / P_c)$$

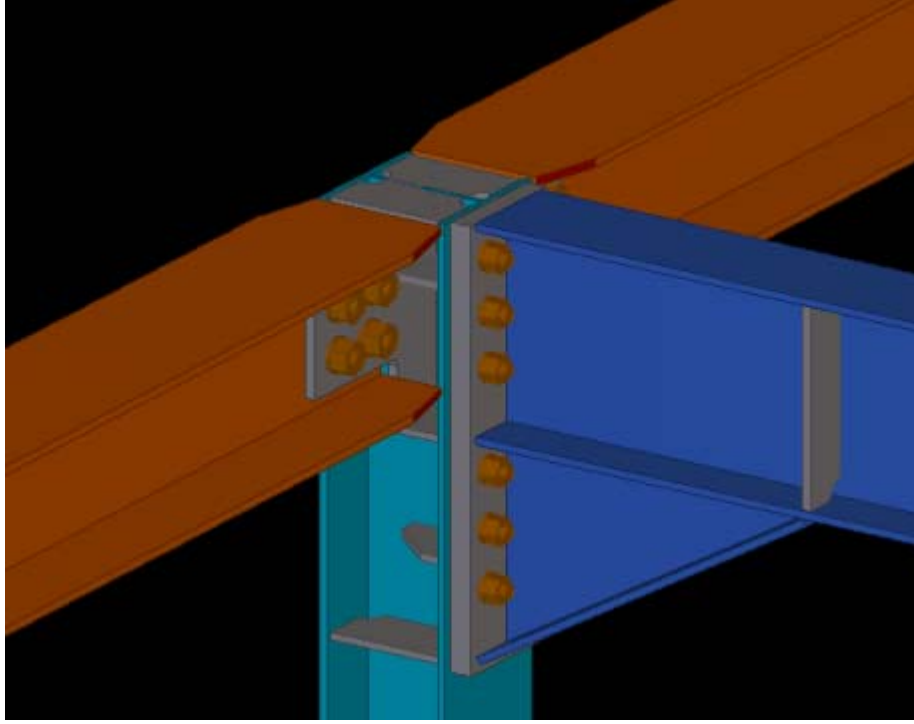
$$P_y = 3454.15 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 1190.46 > 923.34 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0.78$$

Gövde Besleme Plakası = 15 mm

Uygulama tip-1'e ait hesap ve çizimlerden sonra bir diğer moment aktaran kiriş-kolon birleşimi olan guse levhalı birleşim olan tip-2'e ait görünüm Şekil 5.2'de verilmektedir. Bu tipe ait hesaplamalar ve çizimler ilerleyen adımlarda anlatılmaktadır.



**Şekil 5.3:** Kolon-kiriş moment aktaran birleşimleri uygulama tip-2

Birleşim Bilgileri:

Kiriş:	HEA 260
Kolon:	HEB 300
Bulon Çapı:	M24
Uç Plakası Kalınlığı (mm):	30
Transfer Berkitmeleri:	Var
Flaş Besleme Plakası:	15 mm

Geometri Bilgileri:

<b>s:</b> Bulon Aralığı (mm):	85
<b>s1:</b> Bulon Serbest Mesafesi. (mm.)	40
<b>s2:</b> Bulon Serbest Mesafesi. (mm.)	90
<b>bp:</b> Plaka Genişliği (mm):	260
<b>g</b> (mm):	130

**D:**

500

Malzeme Bilgileri:

Uç Plakası

S355J0

Kiriş & Kolon

S355J0

Bulon Kalitesi

A325-N

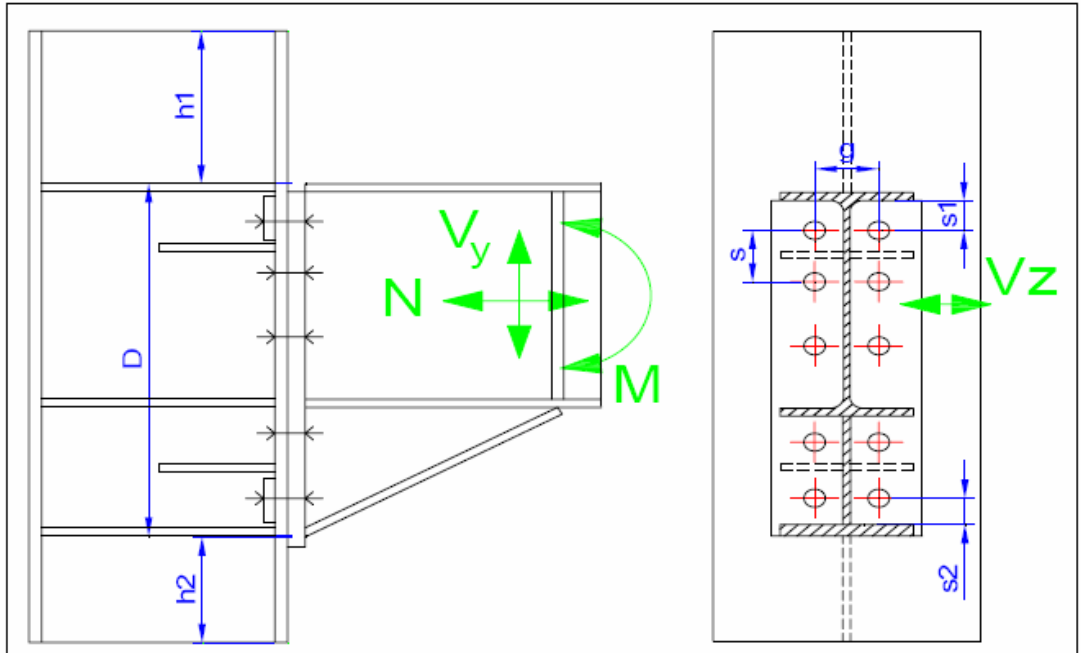
Yük Bilgileri ( Çekme):

N= 75 kN

V<sub>y</sub>= 50 kN

V<sub>z</sub>= 10 kN

M= 100 kN-m



**Şekil 5.4:** Kolon-kiriş uygulama tip-2 hesabına ilişkin çizim

$$M_p = 293,9 \text{ kN-m}$$

$$P_{uf} = M_u / (d - t_f)$$

$$1.1 * R_y * M_p = 420,3 \text{ kN-m}$$

$M_u$  ( tasarım momenti ) = 100 kN-m

Flanş Kuvveti (momentten oluşan):

$$P_{uf} = 259,7 \text{ kN}$$

Flanş Kuvveti (eksenel kuvvetten oluşan):

$$P_{uf} = 28,3 \text{ kN}$$

$$\Sigma P_{uf} = 288 \text{ kN}$$

Tasarım Kontrolleri:

- Tek bulona gelen aksel kuvvet

$$\theta R_n = (0.75 \cdot F_{nt} \cdot A_b)$$

$$\theta R_{nreq} = \Sigma P_{uf} / 2$$

$$\theta R_n = 210,3 \text{ kN}$$

$$\theta R_{nreq} = 144 \text{ kN} < 210,25 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,68$$

- Bulon kesme kuvveti (eksenel yükle birlikte)

$$V = [(V_x)^2 + (V_y)^2]^{0.5}$$

$$F'_{nt} = 1.3 \cdot F_{nt} - F_{nt} \cdot f_v / (\theta \cdot F_{nv}) \leq F_{nt}$$

$$V = 50,99 \text{ kN}$$

$$F_v = V / 8 / A_{bolt} = 14,1 \text{ MPa}$$

$$F'_{nt} = 620,0 \text{ Mpa}$$

$$\theta R_n = 1682,04 \text{ kN} > 228,02 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,17$$

- Uç Plakasının Ezilme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (1.2 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u) \leq 0.75 \cdot (2.4 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

$$\theta R_n = 364,91 \text{ kN} > 6,37 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,02$$

- Kolon Flanşının Ezilme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

$$V=6,37 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 0.75 * (1.2 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (2.4 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 418,61 \text{ kN} > 6,37 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,02$$

- Gerekli Uç Plakası Kalınlığı

$$M_{eu} = \alpha_m * p_{uf} * (p_e/4)$$

$$\alpha_m = C_a * C_b * (A_f / A_w)^{1/3} * (P_e / d_b)^{1/4}$$

$$C_a = 1.31, C_b = [b_f / b_p]$$

$$M_{eu} = 11520,7 \text{ kN-mm}$$

$$p_{eff} = 51,33 \text{ mm}$$

$$t_{req} = 23,55 \text{ mm} < 30 \text{ mm}$$

$$\text{Oran} = 0,79$$

- Uç Plakasının Kayma Akması

$$\theta R_n = 1 * 2 * 0.6 * f_y * A_g$$

$$\theta R_n = 3322,8 \text{ kN} > 228,02 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,09$$

- Flanşın Lokal Eğilmesi

$$\theta R_n = 6.25 * (t_f)^2 * f_{yf}$$

$$\theta R_n = \quad \text{kN} > 228,02 \text{ kN}$$

Oran = transfer rijitlik plakaları gerekli veya 15 mm flanş besleme plakası kullanılabilir.

- Gövdenin Lokal Akması

$$h_{\min} > d_{\text{col}} \rightarrow R_n = (5k + N) * f_{yw} * t_{\text{web}}$$

$$h_{\min} < d_{\text{col}} \rightarrow R_n = (2.5k + N) * f_{yw} * t_{\text{web}}$$

$$\theta = 1$$

$$\theta R_n = > 228,02 \text{ kN}$$

Oran = transfer rijitlik plakaları gerekli

- Gövde Buruşması

$$h_{\min} > d_{\text{col}}/2 \rightarrow R_n = 0.75 * 0.80 * (t_w)^2 * [1 + 3 * (N/d) * (t_w / t_f)^{1.5}] * (E * E_{yw} * t_f / t_w)^{0.5}$$

$$h_{\min} < d_{\text{col}}/2 \rightarrow i: (N/d) \leq 0.2 \rightarrow R_n = 0.75 * 0.40 * (t_w)^2 * [1 + 3 * (N/d) * (t_w / t_f)^{1.5}] * (E * E_{yw} * t_f / t_w)^{0.5}$$

$$i: (N/d) > 0.2 \rightarrow R_n = 0.75 * 0.40 * (t_w)^2 * [1 + (4N/d - 0.2) * (t_w / t_f)^{1.5}] * (E * E_{yw} * t_f / t_w)^{0.5}$$

$$\theta R_n = > 228,02 \text{ kN}$$

Oran = transfer rijitlik plakaları gerekli

- Gövde Basınç Burkulması

$$\theta R_n = (0.90 * 24 * (t_w)^2 * (E * E_{yw})^{0.5}) / h$$

$$\theta R_n = 440.45 \text{ kN}$$

- Gövde Panel Bölgesi Kayması

$$P_r \leq 0.4 * P_y \rightarrow \theta R_n = 0.6 * F_y * d_c * t_w$$

$$P_r > 0.4 * P_y \rightarrow \theta R_n = 0.6 * F_y * d_c * t_w * (1.4 - P_r / P_c)$$

$$P_y = 5289,50 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 632,61 > 228,02 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0.46$$

### 5.1.2 Kiriş-Kiriş moment aktaran birleşimler

Kiriş-kiriş bulonlu moment aktaran birleşimine yönelik tasarım bilgileri ve hesap adımları aşağıdaki gibidir.

Birleşim Bilgileri:

Kiriş:	HEA 220
Kiriş:	HEA 220
Bulon Çapı:	M20
Uç Plakası Kalınlığı (mm):	20
Guse Plakası Kalınlığı	15
Transfer Berkitmeleri:	Var

Geometri Bilgileri:

<b>h1:</b> (mm):	40
<b>h2:</b> (mm):	60
<b>h3:</b> (mm):	60
<b>h4:</b> (mm):	90
<b>h5:</b> (mm):	40
<b>B:</b> Plaka Genişliği (mm):	235
<b>g</b> (mm):	100

Malzeme Bilgileri:

Uç Plakası	S355J0
Kiriş & Kolon	S355J0
Bulon Kalitesi	A325-N

Yük Bilgileri ( Çekme):

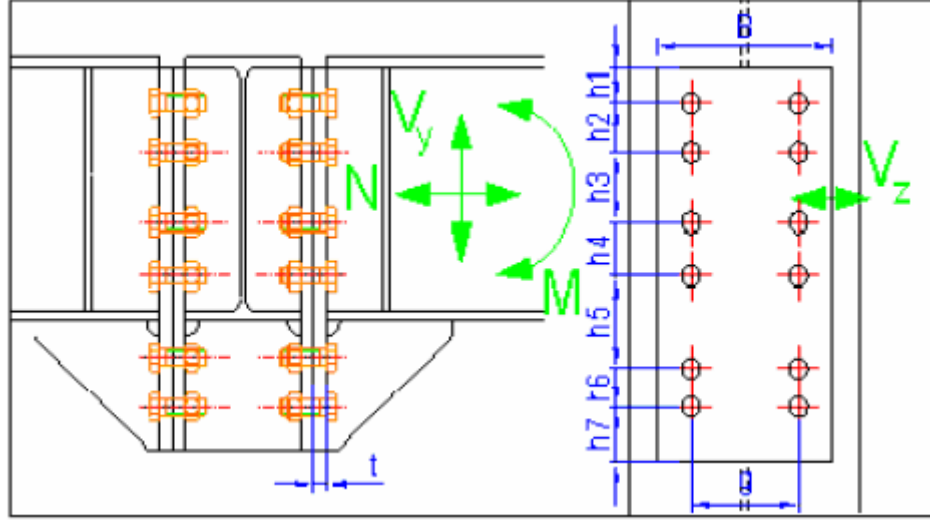
N= 20 kN

V<sub>y</sub>= 10 kN

V<sub>z</sub>= 50 kN

M= 10 kN-m

Kiriş-Kiriş moment aktaran birleşimlere ilişkin, hesapta da kullanılan çizim Şekil 5.5'de belirtilmiştir.



Şekil 5.5: Kiriş-kiriş uygulama hesabına ilişkin çizim

Tarafsız Eksen Hesabı:

Tarafsız eksen mesafesi (mm) c: 47.8 mm

Çekme Alanı Momenti = 267,99

Basınç Alanı Momenti = 267,99

$I_{xx} = 5117,3 \text{ cm}^4$

Bulon Kuvvetleri:

Bulondaki maksimum çekme = 28,7 kN

Bulondaki maksimum kesme = 6,4 kN

Tasarım Kontrolleri:

- Tek bulona gelen eksenel kuvvet

$$\theta R_n = (0.75 \cdot F_{nt} \cdot A_b)$$

$$\theta R_{nreq} = 146 \text{ kN} > 28,7 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,20$$



- Bulon kesme kuvveti (eksenel yükle birlikte)

$$V = [(V_x) + (V_y)]^{0.5}$$

$$F'_{nt} = 1.3 * F_{nt} - F_{nt} * f_v / (\theta * F_{nv}) \leq F_{nt}$$

$$V = 6,37 \text{ kN}$$

$$F_v = 20,3 \text{ MPa}$$

$$F'_{nt} = 620,0 \text{ Mpa}$$

$$\theta R_n = 146,01 \text{ kN} > 28,66 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,20$$

- Uç Plakasının Ezilme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

$$\theta R_n = 0.75 * (1.2 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (2.4 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 165,24 \text{ kN} > 6,37 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,04$$

- Gerekli Uç Plakası Kalınlığı

$$M_{eu} = 2966,29 \text{ kN-mm}$$

$$t_{req} = 12,57 \text{ mm} < 30 \text{ mm}$$

$$\text{Oran} = 0,63$$

## 5.2 Kiriş Eki

Bulonlu ve levhalı kiriş eki uygulaması ve hesap adımları aşağıdaki gibidir.

Kiriş eki uygulamasına ilişkin hesap bilgileri;

### Birleşim Bilgileri:

Profil:	HEA 300
Flanş Plakaları Kalınlığı (mm)	20
Gövde Plakaları Kalınlığı (mm)	10

Flanş Bulonları Çapı	M24
Flanş Bulonları Sayısı	6
Gövde Bulonları Çapı	M24

Geometri Bilgileri:

<b>e1:</b> Flanş Bulonları Kenar Mesafesi (mm):	50
<b>e2:</b> Gövde Bulonları Kenar Mesafesi (mm):	50
<b>s1:</b> Flanş Bulonları Ara Mesafesi (mm):	75
<b>s2:</b> Gövde Bulonları Ara Mesafesi (mm):	75
<b>g1:</b> (mm)	190
<b>g2:</b> (mm)	100
<b>B1:</b> Plaka Genişliği (mm)	290
<b>B2:</b> Plaka Genişliği (mm)	200
<b>s:</b> Temiz Mesafe(mm)	2

Malzeme Bilgileri:

Kiriş & Kolon	S355J0
Bulon Kalitesi	A325-N

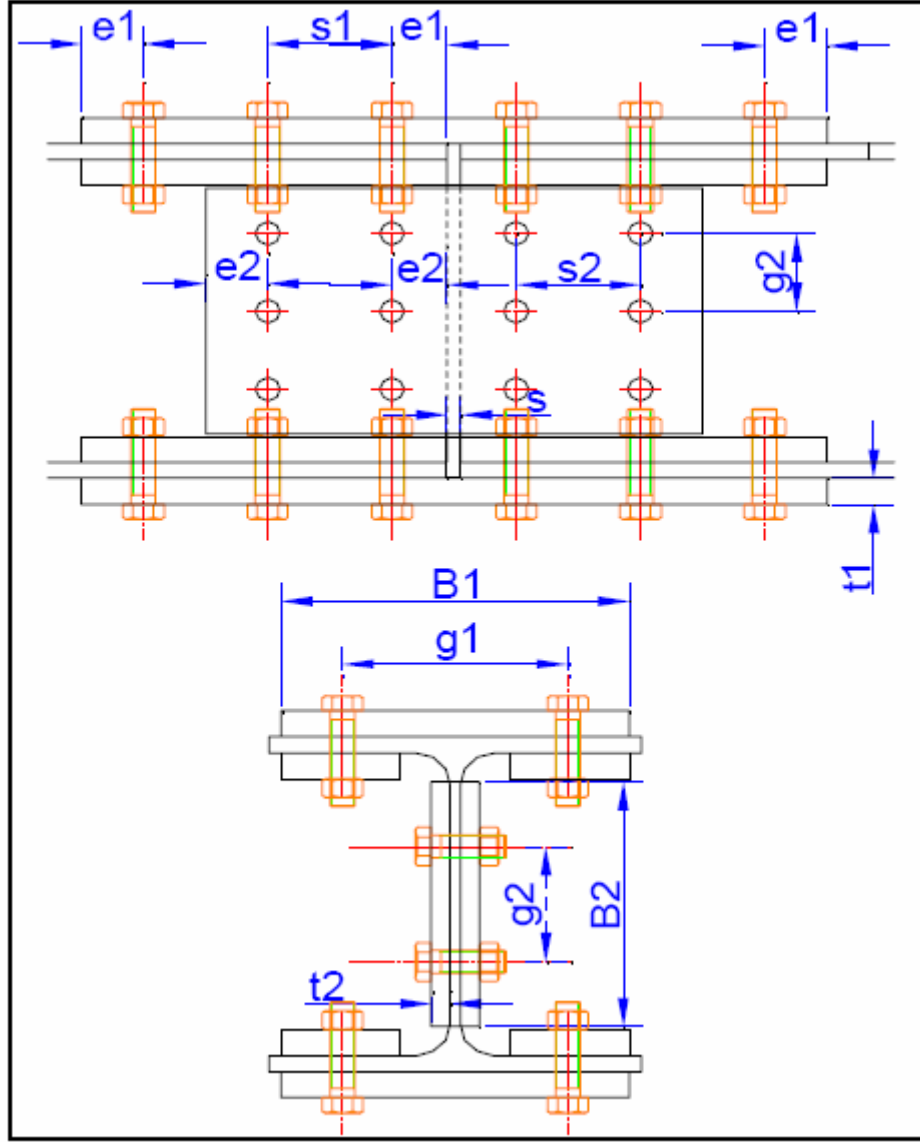
Yük Bilgileri ( Çekme):

$N = 225 \text{ kN}$

$V_y = 70 \text{ kN}$

$V_z = 50 \text{ kN}$

Kiriş eki hesabına ilişkin çizim Şekil 5.6'de belirtilmektedir. Bu çizime ilişkin bilgilerle birlikte gerekli hesap ve sonuçlar tezin ilerleyen aşamalarında detaylarıyla aktarılmaktadır.



Şekil 5.6: Kiriş eki uygulama hesabına ilişkin çizim

Gövde Bulonlarında Maksimum Kesme Kuvveti:

	Fx(hor.)	Fy(ver.)
Eksenel Yüken (N)	12,8 kN	
Kesme Kuvvetinden (V)		17,5 kN
Eksantrisiteden	41,4 kN	31,1 kN
$\Sigma F=$	54,2 kN	48,6 kN

Tasarım Kontrolleri:

- Flanş Bulonlarının Kesme Kapasitesi (Çift etkili)

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nt} \cdot A_b) / 1000$$

Flanş Kuvveti = 87 kN

Bulon Kuvveti = 14.5 kN

$\theta R_n = 223,82 \text{ kN} > 14,5 \text{ kN}$

Oran = 0,06

- Göde Bulonlarının Kesme Kapasitesi (Çift etkili)

$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nt} \cdot A_b) / 1000$

Flanş Kuvveti = 72.8 kN

$\theta R_n = 223,82 \text{ kN} > 72,8 \text{ kN}$

Oran = 0,33

- Flanş Plakasının Ezilme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

$\theta R_n = 0.75 \cdot (1.2 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u) \leq 0.75 \cdot (2.4 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$

$\theta R_n = 670,14 \text{ kN} > 14,5 \text{ kN}$

Oran = 0,02

- Gövde Plakasının Ezilme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

$V_{\text{bulon}} = 36,4 \text{ kN}$

$\theta R_n = 0.75 \cdot (1.2 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u) \leq 0.75 \cdot (2.4 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$

$\theta R_n = 167,54 \text{ kN} > 36,39 \text{ kN}$

Oran = 0,22

- Flanş Plakalarının Eksenel Kapasitesi

Flanş Kuvveti = 87 kN

a) Çekme Akması

$\theta R_n = (0.9 \cdot F_y \cdot A_g) / 1000$

$\theta R_n = 1853,1 \text{ kN} > 86,98 \text{ kN}$

Oran = 0,05

b) Çekme Kopması

$$\theta R_n = (0.75 * F_u * A_e) / 1000$$

$$\theta R_n = 1853,1 \text{ kN} > 86,98 \text{ kN}$$

Oran = 0,05

- Flanşın Ezilme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

$$V_{\text{bulon}} = 36,4 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 0.75 * (1.2 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (2.4 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 167,54 \text{ kN} > 36,39 \text{ kN}$$

Oran = 0,22

- Gövdenin Ezilme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

$$V_{\text{bulon}} = 72,8 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 0.75 * (1.2 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (2.4 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 142,4 \text{ kN} > 72,8 \text{ kN}$$

Oran = 0,51

- Flanş Plakasının Blok Kesme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

$$\theta R_n = 0.75 * (0.6 * F_u * A_{nv} + U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0.75 * (0.6 * F_y * A_{gv} + U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 1836,5 \text{ kN} > 86,98 \text{ kN}$$

Oran = 0,05

- Gövde Plakasının Blok Kesme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

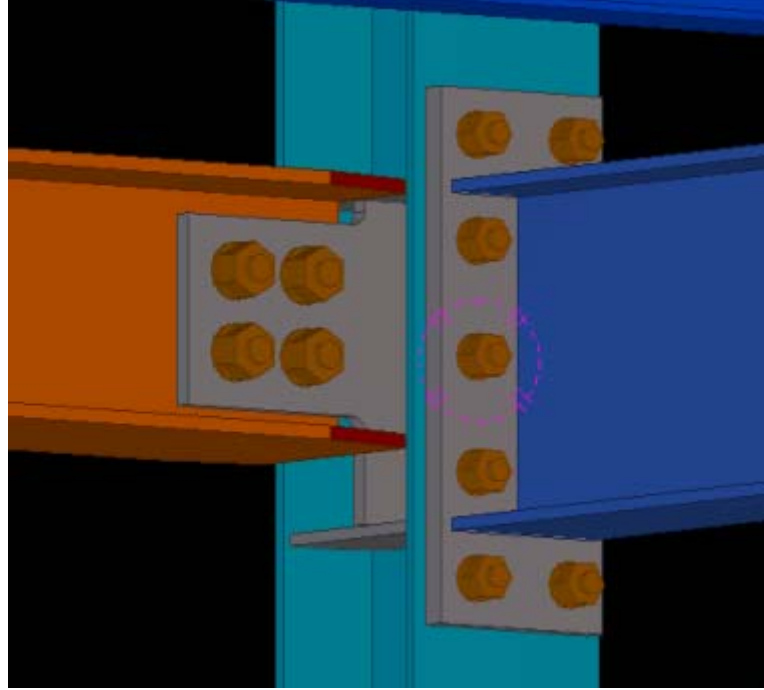
$$\theta R_n = 0.75 * (0.6 * F_u * A_{nv} + U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0.75 * (0.6 * F_y * A_{gv} + U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 678,9 \text{ kN} > 51,05 \text{ kN}$$

Oran = 0,08

### 5.3 Kesme Kuvveti Aktaran Birleşimler

Birleşim mafsallı kabul edildiğinde kesme kuvveti aktaran çok sayıda birleşim tipi vardır. Bunlar kolonun gövdesine, kirişin kolonun flanşına veya kirişin kirişe bağlanması durumu için oluşturulur. Bu bölüm kapsamında 7 tip için birleşim hesapları irdelenmiştir. Bu birleşim tiplerinde özellikle birleşim aracı olarak bulon ve kalite olarak yüksek mukavemetli olması durumu için birleşim hesapları yapıldı. Yüksek mukavemetli bulonların karşıladığı zorların, kiriş gövdesine yüksek ezilme gerilmesine maruz bıraktığı bundan dolayı kiriş gövdesinde bulon delikleri boyunca blok kayma yırtılma modu ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Hesaplar sırasında Birleşimi göçmeye götüren modlar incelendi. Bu durumdan kaçınmak için kiriş gövdesinin takviye edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.7: Kiriş birleşimleri uygulama tip-1

Şekil 5.7’de uygulama tip-1 kolon gövdesine fin plakalı birleşim. Kirişin kolon gövdesine sokulmadan fin plakası ile kolon gövdesine bağlanır. Pratikte uygulama alanı yaygındır fakat yüksek kesme kuvveti aktaran kirişlerde eksantirisiteden oluşan etkiler birleşimin tasarımında rol oynar. Konstrüktif olarak fin plakası kolon gövdesinde uç noktalarından berkitilmelidir. Birleşimde oluşan ilave zorların karşılanması için genellikle kiriş gövdesinin takviye edilmesi yoluna gidilir.

Birleşim Bilgileri:

Kiriş:	HEA 240
Kolon :	HEA 200
Bulon Çapı: (bağlantı)	M24
Fin Plaka kalınlığı <b>t1</b> :	15 mm
Ek plaka kalınlığı <b>t2</b> :	6 mm
Gövde Kalınlığı :( <b>ax</b> )	10 mm
Gövde Kalınlığı :( <b>ay</b> )	6 mm

Geometri Bilgileri:

<b>s</b> : Temiz Mesafe	10 mm
<b>ex</b> :Bulon kenar mesafesi:	50 mm
<b>ey</b> : Bulon kenar mesafesi:	47 mm
<b>sx</b> : Bulon ara mesafesi:	75 mm
<b>sy</b> : Bulon ara mesafesi:	70 mm
<b>Ly</b> :Gövde Uzunluğu	156 mm
<b>Lx</b> : Gövde Uzunluğu	72 mm
<b>H</b> : (BerkitmeYüksekliği):	206 mm

Yük Bilgileri:

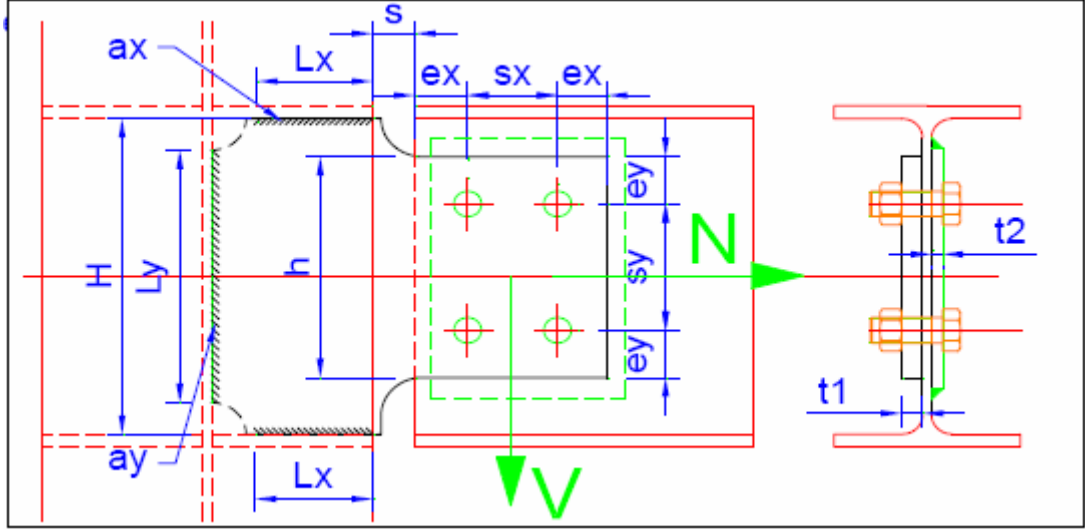
N= 180 kN

V<sub>y</sub>= 50 kN

V<sub>z</sub>= 10 kN

### Malzeme Bilgileri:

Güç Plakası	S355J0
Bulon Kalitesi	A325-N
$F_{exx} = 413 \text{ Mpa}$	(E60)



**Şekil 5.8:** Kiriş birleşimleri uygulama tip-1 hesabına ilişkin çizim

### Gövde Bulonlarında Maksimum Kesme Kuvveti

	Fx(hor.)	Fy(ver.)
Eksenel Yükten (N)	45 kN	
Kesme Kuvvetinden (V)		12,5 kN
Eksantrisiteden	32,3 kN	34,6 kN
$\Sigma F=$	77,3 kN	47,1 kN

$$M = 9712,5 \text{ kN-mm}$$

### Tasarım Kontrolleri:

- Tek Bulonun Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$\text{Bulon Kuvveti} = 90.5 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 111,9 \text{ kN} > 90,52 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,81$$



- Fin Plakası Blok Kesme Kapasitesi (Eksenel Yükte)

$$\theta R_n = 0.75 * (0.6 * F_u * A_{nv} * U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0.75 * (0.6 * F_y * A_{gv} * U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 828,5 \text{ kN} > 180 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,22$$

- Fin Plakası Blok Kesme Kapasitesi (Kesme Yükünde)

$$\theta R_n = 0.75 * (0.6 * F_u * A_{nv} * U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0.75 * (0.6 * F_y * A_{gv} * U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 802,1 \text{ kN} > 50 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,06$$

- Kiriş Gövdesi Blok Kesme Kapasitesi (Eksenel Yükte)

$$\theta R_n = 0.75 * (0.6 * F_u * A_{nv} * U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0.75 * (0.6 * F_y * A_{gv} * U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 761,2 \text{ kN} > 180 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,24$$

- Fin Plakası Ezilme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 288,3 \text{ kN} > 90,52 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,31$$

- Kiriş Gövdesi Ezilme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 282,7 \text{ kN} > 90,52 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,32$$

- Guse Çekme Kapasitesi

a) Çekme Akması

$$\theta R_n = (0.9 * F_y * A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 786 \text{ kN} > 180 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,23$$

b)Çekme Kopması

$$\theta R_n = (0.75 * F_u * A_e) / 1000$$

$$\theta R_n = 631,125 \text{ kN} > 180 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,29$$

- Guse Kesme Kapasitesi

a)Kesme Akması

$$\theta R_n = 1,00 * (0,6 * F_y * A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 524 \text{ kN} > 50 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,10$$

b)Kesme Kopması

$$\theta R_n = 0.75 * (0,6 * F_u * A_{nv}) / 1000$$

$$\theta R_n = 752,8 \text{ kN} > 50 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,07$$

- Fin Plakası Çarpılma Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.90 * F_y * Z_x$$

$$M = 4,4 \text{ kN-m}$$

$$\theta R_n = 32,2 \text{ kN-m} > 4,38 \text{ kN-m}$$

$$\text{Oran} = 0,14$$

- Gövde Kaynak Kapasitesi ( $L_y$ )

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$V = 50 \text{ kN}$$

$$F_w = 248 \text{ Mpa}$$

$$F_w = 0,6 * F_{EXX} * (1,0*0,5*\text{Sin}^{1.5}\theta)$$

$$\theta R_n = 347,9 \text{ kN} > 50 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,14$$

- Gövde Kaynak Kapasitesi ( $L_x$ )

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$F_x = N/2 + M/H = 137 \text{ kN}$$

$$F_w = 248 \text{ Mpa}$$

$$F_w = 0,6 * F_{EXX} * (1,0*0,5*\text{Sin}^{1.5}\theta)$$

$$\theta R_n = 266,7 \text{ kN} > 137,1 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,51$$

Kiriş-kolon kesme kuvveti aktaran birleşimler için diğer bir uygulama Tip-2 de ele alınmıştır. Yüksek kesme kuvveti aktarılması gerektiği koşullarda bulonların çift tesirli çalışması için tasarlanmış bir detaydır. Kiriş gövdesinde besleme levhası kullanılması gereklidir. Tip-2'ye ait hesap adımları aşağıdaki gibidir

#### Birleşim Bilgileri:

Kiriş:	HEA 240
Kolon :	HEB 300
Bulon Çapı:(bağlantı)	M20
Fin Plakası Kalınlığı $t_1$ :	15 mm
Ek plaka kalınlığı $t_2$ :	4 mm
Gövde Kalınlığı :( <b>ax</b> )	6 mm
Gövde Kalınlığı :( <b>ay</b> )	6 mm

Geometri Bilgileri:

<b>s:</b> Temiz Mesafe	10 mm
<b>ex:</b> Bulon kenar mesafesi:	20 mm
<b>ey:</b> Bulon kenar mesafesi:	40 mm
<b>sx:</b> Bulon ara mesafesi:	60 mm
<b>sy:</b> Bulon ara mesafesi:	80 mm
<b>Ly:</b> Gövde Uzunluğu	156 mm
<b>Lx:</b> Gövde Uzunluğu	120 mm
<b>H:</b> (Berkitme Yüksekliği):	206 mm

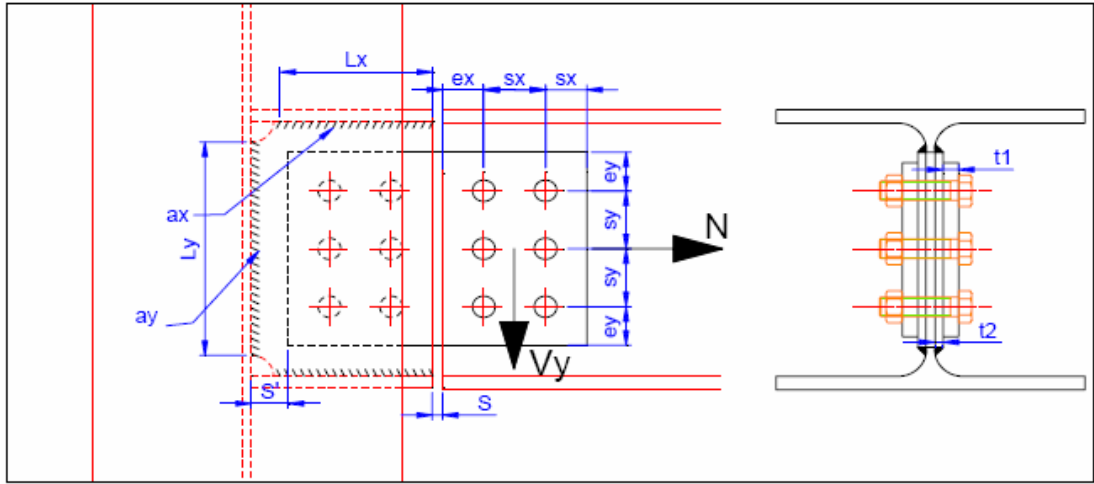
Yük Bilgileri:

N= 195 kN

V<sub>y</sub>= 70 kN

Malzeme Bilgileri:

Gse Plakası	S355J0
Bulon Kalitesi	A325-N
F <sub>exx</sub> = 413 Mpa	(E60)



**Şekil 5.9:** Kiriş birleşimleri uygulama tip-2 hesabına ilişkin çizim

Gövde Bulonlarında Maksimum Kesme Kuvveti :

	Fx(hor.)	Fy(ver.)
Eksenel Yükten (N)	48,8 kN	
Kesme Kuvvetinden (V)		17,5 kN
Eksantrisiteden	43,8 kN	43,8 kN
$\Sigma F=$	92,5 kN	61,3 kN

M= 10500 kN-mm

Tasarım Kontrolleri:

- Tek Bulonun Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

Bulon Kuvveti= 110,9 kN

$$\theta R_n = 155,4 \text{ kN} > 110,94 \text{ kN}$$

Oran = 0,71

- Fin Plakası Blok Kesme Kapasitesi (Eksenel Yükte)

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt}) \leq 0.75 \cdot (0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt})$$

$$\theta R_n = 794,1 \text{ kN} > 97,5 \text{ kN}$$

Oran = 0,12

- Kiriş Gövdesi Blok Kesme Kapasitesi (Eksenel Yükte)

$$\theta R_n = 0.75 * (0.6 * F_u * A_{nv} * U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0.75 * (0.6 * F_y * A_{gv} * U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 1055,6 \text{ kN} > 195 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,18$$

- Fin Plakası Ezilme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 249,6 \text{ kN} > 55,47 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,22$$

- Kiriş Gövdesi Ezilme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 324,5 \text{ kN} > 110,94 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,34$$

- Guse Çekme Kapasitesi

a) Çekme Akması

$$\theta R_n = (0.9 * F_y * A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 766,8 \text{ kN} > 97,5 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,13$$

b) Çekme Kopması

$$\theta R_n = (0.75 * F_u * A_e) / 1000$$

$$\theta R_n = 665,55 \text{ kN} > 97,5 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,15$$

- Gövde Kaynak Kapasitesi ( $L_x$ )

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$F_u = 148 \text{ kN}$$

$$F_w = 248 \text{ Mpa}$$

$$F_w = 0,6 * F_{EXX} * (1,0*0,5*\text{Sin}^{1.5}\theta)$$

$$\theta R_n = 614,4 \text{ kN} > 148,5 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,32$$

- Gövde Kaynak Kapasitesi ( $L_y$ )

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$F_w = 248 \text{ Mpa}$$

$$F_w = 0,6 * F_{EXX} * (1,0*0,5*\text{Sin}^{1.5}\theta)$$

$$\theta R_n = 347,9 \text{ kN} > 70 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,20$$

- Guse Kesme Kapasitesi

a) Kesme Akması

$$\theta R_n = 1,00 * (0,6 * F_y * A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 511,2 \text{ kN} > 35 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,14$$

b) Kesme Kopması

$$\theta R_n = 0.75 * (0,6 * F_u * A_{nv}) / 1000$$

$$\theta R_n = 532,4 \text{ kN} > 35 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,13$$

- Fin Plakasının Çarpılma, Birleşik Kesme, Eksenel Kuvvet Kapasitesi

$$M_f = 5,3 \text{ kN}$$

$$M_c = 30,7 \text{ kN}$$

$$P_r = 97,5 \text{ kN}$$

$$P_c = 665,6 \text{ kN-m}$$

$$V_r = 35 \text{ kN}$$

$$V_c = 511,2 \text{ kN}$$

$$(P_r / P_c + M_r / M_c) + (V_r / V_c + T_r / T_c)^2 = 0,3 < 1$$

$$\text{Oran} = 0,32$$

Kolon-Kiriş kesme kuvveti aktaran birleşimlerden tip-3 kirişin flanşlarından çentilerek kolon gövdesine yerleştiren plakaya bağlanması ile oluşturulur. Tip-3 ile ilgili hesap adımları aşağıdaki gibidir.

#### Birleşim Bilgileri:

Kiriş:	IPE 360
Kolon :	HEA 300
Bulon Çapı: (bağlantı)	M20
Fin Plaka kalınlığı <b>t1</b> :	15 mm
Ek plaka kalınlığı <b>t2</b> :	6 mm
Gövde Kalınlığı: ( <b>ax</b> )	6 mm
Gövde Kalınlığı: ( <b>ay</b> )	6 mm

#### Geometri Bilgileri:

s: Temiz Mesafe	30 mm
ex: Bulon kenar mesafesi:	40 mm
ey: Bulon kenar mesafesi:	40 mm
sx: Bulon ara mesafesi:	60 mm
sy: Bulon ara mesafesi:	100 mm
Ly: Gövde Uzunluğu	285 mm



<b>Lx:</b> Gövde Uzunluğu	86 mm
<b>H:</b> (Stiffener Yüksekliği):	335 mm
Üst Cope (Kirişin çentilmiş kesiti) Yüksekliği:	40 mm
Alt Cope (Kirişin çentilmiş kesiti) Yüksekliği:	40 mm

Yük Bilgileri:

$N = 240 \text{ kN}$

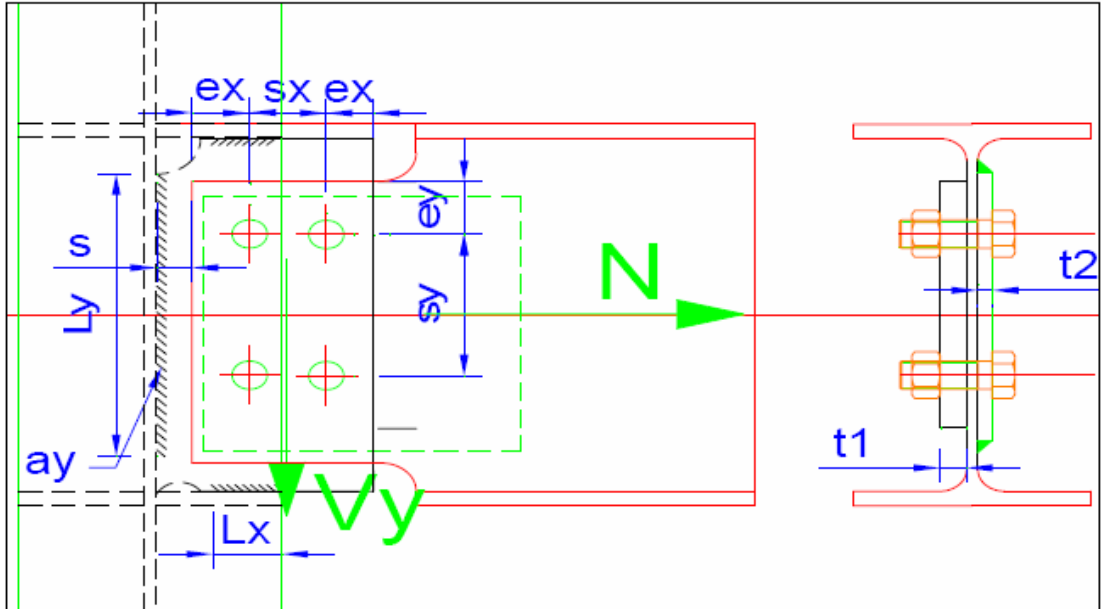
$V_y = 80 \text{ kN}$

$V_z = 75 \text{ kN}$

Malzeme Bilgileri:

Guse Plakası	S355J0
Bulon Kalitesi	A325-N
$F_{exx} = 413 \text{ Mpa}$	(E60)

Şekil 5.10'da kiriş birleşimleri uygulama tip-3'e ilişkin çizim gösterilmektedir.



**Şekil 5.10:** Kiriş birleşimleri uygulama tip-3 hesabına ilişkin çizim

Gövde Bulonlarında Maksimum Kesme Kuvveti:

	Fx(hor.)	Fy(ver.)
Eksenel Yükten (N)	40 kN	
Kesme Kuvvetinden (V)		13,3 kN
Eksantirisiteden	24,2 kN	12,1 kN
$\Sigma F=$	64,2 kN	25,5 kN

M= 8000 kN-mm

Tasarım Kontrolleri:

- Tek Bulonun Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

Bulon Kuvveti= 69,1 kN

$$\theta R_n = 77,7 \text{ kN} > 69,1 \text{ kN}$$

Oran = 0,89

- Fin Plakası Blok Kesme Kapasitesi (Eksenel Yükte)

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt}) \leq 0.75 \cdot (0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt})$$

$$\theta R_n = 1356,3 \text{ kN} > 240 \text{ kN}$$

Oran = 0,18

- Fin Plakası Blok Kesme Kapasitesi (Kesme Yükte)

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt}) \leq 0.75 \cdot (0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt})$$

$$\theta R_n = 1368,2 \text{ kN} > 80 \text{ kN}$$

Oran = 0,06

- Gövde Kiriş Kesme Kapasitesi (Eksenel Yükte)

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt}) \leq 0.75 \cdot (0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt})$$

$$\theta R_n = 1148,1 \text{ kN} > 240 \text{ kN}$$

Oran = 0,21

- Fin Plakası Ezilme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 249,6 \text{ kN} > 69,1 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,28$$

- Gövde Kiriş Ezilme Kapasitesi (deformasyon bulon deliğinde)

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 232,9 \text{ kN} > 69,1 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,30$$

- Guse Çekme Kapasitesi

a) Çekme Akması

$$\theta R_n = (0.9 * F_y * A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 1341,9 \text{ kN} > 240 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,18$$

b) Çekme Kopması

$$\theta R_n = (0.75 * F_u * A_e) / 1000$$

$$\theta R_n = 1227,825 \text{ kN} > 240 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,20$$

- Guse Kesme Kapasitesi

a) Kesme Akması

$$\theta R_n = 1,00 * (0,6 * F_y * A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 894,6 \text{ kN} > 80 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,09$$

b) Kesme Kopması

$$\theta R_n = 0.75 * (0,6 * F_u * A_{nv}) / 1000$$

$$\theta R_n = 1285,2 \text{ kN} > 80 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,06$$

- Fin Plakası Flexural Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.90 * F_y * Z_x$$

$$M = 5,6 \text{ kN-m}$$

$$\theta R_n = 93,9 \text{ kN-m} > 5,6 \text{ kN-m}$$

$$\text{Oran} = 0,06$$

- Gövde Kapasitesi ( $L_y$ )

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$F_w = 248 \text{ Mpa}$$

$$V = 80 \text{ kN}$$

$$F_w = 0,6 * F_{EXX} * (1,0 * 0,5 * \text{Sin}^{1.5}\theta)$$

$$\theta R_n = 634,7 \text{ kN} > 80 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,13$$

- Gövde Kapasitesi ( $L_x$ )

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$F_x = N/2 + M/H = 144 \text{ kN}$$

$$F_w = 248 \text{ Mpa}$$

$$F_w = 0,6 * F_{EXX} * (1,0 * 0,5 * \text{Sin}^{1.5}\theta)$$

$$\theta R_n = 191,2 \text{ kN} > 143,9 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,75$$

- Fin Plakası Çarpılma Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.90 * F_y * Z_x$$

$$M = 5,6 \text{ kN-m}$$

$$\theta R_n = 93,9 \text{ kN-m} > 5,6 \text{ kN-m}$$

$$\text{Oran} = 0,06$$

Pratikte sıkça kullanılan kiriş-kiriş birleşimlerinden bağlantı uç elemanı korniyerli uygulama tip-4 de çözülmüştür. Bu birleşim özellikle montaj sırasında büyük kolaylık sağlasada elemanlarda delik açılması durumu işçilik maliyetini artırır.

#### Birleşim Bilgileri :

Kiriş(mesnet):	IPE 330
Kiriş :	HEA 300
Açı:	L130*12
Blon çapı	M20

#### Geometri Bilgileri :

e: Bulon kenar mesafesi:	40 mm
s: Bulon ara mesafesi:	60 mm
<b>g:</b>	55 mm
Ara mesafesi	10 mm
<b>d:</b>	55 mm
<b>c1:</b> Üst Cope (Kirişin çentilmiş kesiti) Yüksekliği:	30
<b>c2:</b> Alt Cope (Kirişin çentilmiş kesiti) Yüksekliği:	80
<b>f:</b>	85
Cope (Kirişin çentilmiş kesiti) Uzunluğu:	146 mm

#### Yük Bilgileri:

$$N = 200 \text{ kN}$$

$$V_y = 20 \text{ kN}$$

$$V_z = 25 \text{ kN}$$

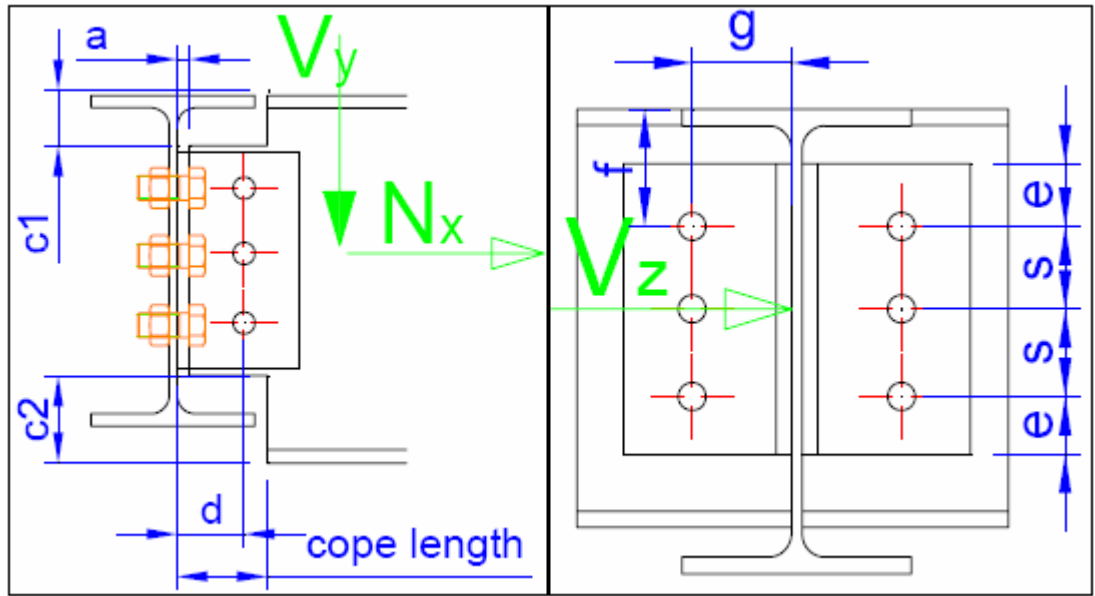
Malzeme Bilgileri:

Korniyer 355J0

Kiriş&Kolon S355J0

Bulon Kalitesi A325-N

Şekil 5.11’de kiriş birleşimleri uygulama tip-4’e ilişkin çizim gösterilmektedir. Tip-4 ait hesap adımları aşağıdaki gibidir.



**Şekil 5.11:** Kiriş birleşimleri uygulama tip-4 hesabına ilişkin çizim

Mesnet Tarafı:

Max Kiriş Bulon Kuvvetleri	Ekzantirisite	Yük(kN)
Yatay Kesme(kN)	9,17	66,67
Dikey kesme(kN)		6,67

$$\sum V_{\text{hor}} = 75,84 \text{ kN /bulon başına}$$

$$\sum V_{\text{ver}} = 6,67 \text{ kN /bulon başına}$$

$$\sum V_{\text{resultant}} = 76,13 \text{ kN /bulon başına}$$

Max Kiriş Bulon Kuvvetleri	Yük (kN)
Yatay Kesme(kN)	4,2
Dikey kesme(kN)	3,3
Eksenel(kN)	33,3

$$V_{\text{resultant}} = 5,34 \text{ kN /bulon başına}$$

$$r_{\text{ut}} = 33,3 \text{ kN /bulon başına}$$

#### Tasarım Kontrolleri:

- Tek Bulonun Kesme Kapasitesi
- $\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$

$$\theta R_n = 155,43 \text{ kN} > 76,13 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,49$$

- Tek Korniyer Kesme Kapasitesi

#### a) Kesme Akması

$$\theta R_n = 1,00 \cdot (0,6 \cdot F_y \cdot A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 511,2 \text{ kN} > 10 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,02$$

#### b) Kesme Kopması

$$\theta R_n = 0,75 \cdot (0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv}) / 1000$$

$$\theta R_n = 369,04 \text{ kN} > 10 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,03$$

- Tek Korniyer Ezilme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0,75 \cdot (1,5 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u) \leq 0,75 \cdot (3 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

$$\theta R_n = 199,67 \text{ kN} > 38,065 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,19$$

- Gövde Kiriş Kesme Kapasitesi

#### a) Kesme Akması

$$\theta R_n = 1,00 \cdot (0,6 \cdot F_y \cdot A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 351,45 \text{ kN} > 20 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,06$$

b) Kesme Kopması

$$\theta R_n = 0.75 * (0.6 * F_u * A_{nv}) / 1000$$

$$\theta R_n = 265,07 \text{ kN} > 20 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,08$$

- Gövde Kiriş Ezilme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 137,70 \text{ kN} > 76,13 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,55$$

- Gövde Kiriş Blok Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 * (0.6 * F_u * A_{nv} * U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0.75 * (0.6 * F_y * A_{gv} * U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 304,09 \text{ kN} > 20 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,07$$

- Tek Bulonun Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = (0.75 * n * F_{nv} * A_b) / 1000$$

$$\theta R_n = 77,72 \text{ kN} > 5,34 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,07$$

- Tek Bulonun Çekme-Kesme Birleşik Kapasitesi

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - (F_{nt} / \Phi * F_{nv}) * f_v \leq F_{nt}$$

$$F'_{nt} = 763,40 \text{ MPa} > 620 \text{ MPa}$$

$$\theta R_n = (0.75 * F_{nt} * A_b) / 1000$$

$$\theta R_n = 146,01 \text{ kN} > 33,33 \text{ kN}$$



Oran = 0,23

- Tek Korniyer Kesme Kapasitesi

a) Kesme Akması

$$\theta R_n = 1,00 * (0,6 * F_y * A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 511,2 \text{ kN} > 10 \text{ kN}$$

Oran = 0,02

b) Kesme Kopması

$$\theta R_n = 0,75 * (0,6 * F_u * A_{nv}) / 1000$$

$$\theta R_n = 369,04 \text{ kN} > 10 \text{ kN}$$

Oran = 0,03

- Gövde Kiriş Ezilme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0,75 * (1,5 * L_c * t * F_u) \leq 0,75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 156,06 \text{ kN} > 5,34 \text{ kN}$$

Oran = 0,03

- Prying (Manivela) Etkisi

$$t_{req} = \sqrt{[(4,44 * r_{ut} * b) / (p * F_y * (1 + \delta * \alpha))]}$$

$$\alpha = 1 / \delta [(r_{ut} / \theta r_n) * (t_c / t)^2 - 1] \geq 0$$

$$q_u = \theta r_n * [\delta_{ap} * (t / t_c)^2]$$

$$t_{req} = 11,67 \text{ mm} < 12 \text{ mm}$$

$$q_u = 4,37 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 146,01 \text{ kN (bulon çekme kapasitesi)}$$

$$\text{Pryingde bulon çekme kuvveti} = 37,70 \text{ kN}$$

Oran = 0,97

- Cope (Kirişin çentilmiş kesiti) Bölümünde Kiriş Eğilme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.90 * F_y * Z_x$$

$$M = V_y * d = 1,1 \text{ kN-m}$$

$$Z = 90,75 \text{ cm}^3$$

$$\theta R_n = 28,99 \text{ kN-m}$$

$$\text{Oran} = 0,04$$

Kesme kuvveti aktaran birleşimlerden tip-5'e ait hesap uygulama ve hesap adımları aşağıdaki gibidir.

#### Birleşim Bilgileri:

Kiriş(mesnet):	IPE 360
Kiriş :	HEA 220
Açı:	L130*12
Bulon çapı	M20
Ek Kiriş Gövde Plakası	6 mm

#### Geometri Bilgileri:

e: Bulon kenar mesafesi:	40 mm
s: Bulon ara mesafesi:	70 mm
<b>g:</b>	55 mm
Ara mesafesi	10 mm
<b>d:</b>	55 mm
<b>c1:</b> Üst Cope (Kirişin çentilmiş kesiti) Yüksekliği:	29
<b>c2:</b> Alt Cope (Kirişin çentilmiş kesiti) Yüksekliği:	
<b>f:</b>	70
Cope (Kirişin çentilmiş kesiti) Uzunluğu:	109 mm

Yük Bilgileri:

$$N= 235 \text{ kN}$$

$$V_y= 40 \text{ kN}$$

$$V_z= 0 \text{ kN}$$

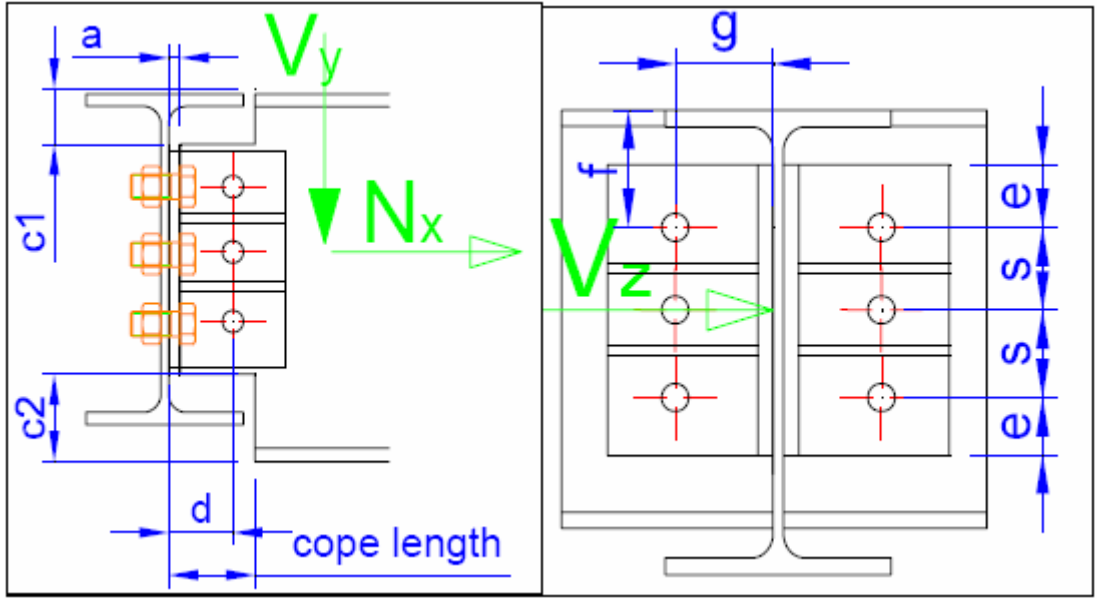
Malzeme Bilgileri:

Korniyer S355J0

Kiriş&Kolon S355J0

Bulon Kalitesi A325-N

Şekil 5.12’de kiriş birleşimleri uygulama tip-5’e ilişkin çizim gösterilmektedir.



**Şekil 5.12:** Kiriş birleşimleri uygulama tip-5 hesabına ilişkin çizim

Mesnet Tarafı:

Max Kiriş Bulon Kuvvetleri	Ekzantirisite	Yük(kN)
Yatay Kesme(kN)	31,43	117,5
Dikey kesme(kN)		20

$$\sum V_{\text{hor}} = 148,93 \text{ kN /bulon başına}$$

$$\sum V_{\text{ver}} = 20 \text{ kN /bulon başına}$$

$$\sum V_{\text{resultant}} = 150,27 \text{ kN /bulon başına}$$

Max Kiriş Bulon Kuvvetleri	Yük (kN)
Yatay Kesme(kN)	
Dikey kesme(kN)	10
Eksenel(kN)	58,8

$V_{\text{resultant}} = 10,00 \text{ kN /bulon başına}$

$r_{\text{ut}} = 58,8 \text{ kN /bulon başına}$

Tasarım Kontrolleri:

- Tek Bulonun Kesme Kapasitesi (Mesnet tarafı)

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$\theta R_n = 155,43 \text{ kN} > 150,27 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,97$$

- Tek Korniyer Kesme Kapasitesi (Mesnet tarafı)

a) Kesme Akması

$$\theta R_n = 1,00 \cdot (0,6 \cdot F_y \cdot A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 383,4 \text{ kN} > 20 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,05$$

b) Kesme Kopması

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv}) / 1000$$

$$\theta R_n = 291,92 \text{ kN} > 20 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,07$$

- Tek Korniyer Ezilme Kapasitesi (Mesnet tarafı)

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (1.5 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u) \leq 0.75 \cdot (3 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

$$\theta R_n = 199,67 \text{ kN} > 75,135 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,38$$

- Gövde Kiriş Kesme Kapasitesi (Mesnet tarafı)

a) Kesme Akması

$$\theta R_n = 1,00 * (0,6 * F_y * A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 732,51 \text{ kN} > 40 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,05$$

b) Kesme Kopması

$$\theta R_n = 0,75 * (0,6 * F_u * A_{nv}) / 1000$$

$$\theta R_n = 597,39 \text{ kN} > 40 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,07$$

- Gövde Kiriş Ezilme Kapasitesi (Mesnet tarafı)

$$\theta R_n = 0,75 * (1,5 * L_c * t * F_u) \leq 0,75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 327,04 \text{ kN} > 150,27 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,46$$

- Gövde Kiriş Blok Kesme Kapasitesi (Mesnet tarafı)

$$\theta R_n = 0,75 * (0,6 * F_u * A_{nv} * U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0,75 * (0,6 * F_y * A_{gv} * U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 584,01 \text{ kN} > 40 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,07$$

- Tek Bulunun Kesme Kapasitesi (Mesnet tarafı)

$$\theta R_n = (0,75 * n * F_{nv} * A_b) / 1000$$

$$\theta R_n = 77,72 \text{ kN} > 10 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,13$$

- Tek Bulunun Çekme-Kesme Birleşik Kapasitesi (Mesnet tarafı)

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - (F_{nt} / \Phi * F_{nv}) * f_v \leq F_{nt}$$

$$F'_{nt} = 726,22 \text{ MPa} > 620 \text{ MPa}$$

$$\theta R_n = (0.75 \cdot F_{nt} \cdot A_b) / 1000$$

$$\theta R_n = 146,01 \text{ kN} > 58,75 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,40$$

- Tek Korniyer Kesme Kapasitesi (Mesnet tarafı)

a) Kesme Akması

$$\theta R_n = 1,00 \cdot (0,6 \cdot F_y \cdot A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 383,4 \text{ kN} > 20 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,05$$

b) Kesme Kopması

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv}) / 1000$$

$$\theta R_n = 291,92 \text{ kN} > 20 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,07$$

- Gövde Kiriş Ezilme Kapasitesi (Mesnet tarafı)

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (1.5 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u) \leq 0.75 \cdot (3 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

$$\theta R_n = 137,70 \text{ kN} > 10 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,07$$

- Prying (Manivela) Etkisi

$$t_{req} = \sqrt{[(4,44 \cdot r_{ut} \cdot b) / (p \cdot F_y \cdot (1 + \delta \cdot \alpha))]}$$

$$\alpha = 1 / \delta [(r_{ut} / \theta R_n) \cdot (t_c / t)^2 - 1] \geq 0$$

$$q_u = \theta R_n \cdot [\delta_{ap} \cdot (t / t_c)^2]$$

$$t_{req} = 14,76 \text{ mm} < 12 \text{ mm} \text{ (korniyere rijitlik plakası gereklidir)}$$

$$q_u = 15,06 \text{ kN}$$

$\theta R_n = 146,01 \text{ kN}$  (bulon çekme kapasitesi)

Pryingde bulon çekme kuvveti = 73,81 kN

Oran = 1,23

- Cope (Kirişin çentilmiş kesiti) Bölümünde Kiriş Eğilme Kapasitesi

$\theta R_n = 0.90 * F_y * Z_x$

$M = V_y * d = 2,2 \text{ kN-m}$

$Z = 155,61 \text{ cm}^3$

$\theta R_n = 49,72 \text{ kN-m}$

Oran = 0,04

Kesme kuvveti aktaran kirişin kolonun flanşına bağlantısı için pratikte uygulaması çokça kullanılan birleşim Tip-6 alın plakalı birleşimdir. Tip-6 ile ilgili hesap adımları aşağıdaki gibidir.

#### Birleşim Bilgileri

Kiriş(mesnet):	HEA 260
Kolon :	HEA 180
Uç Plaka Kalınlığı:	20 mm
Bulon çapı	M20

#### Geometri Bilgileri:

e: Bulon kenar mesafesi:	55 mm
s: Bulon ara mesafesi:	60 mm
$L_w$ : Gövde Uzunluğu	177 mm
$a_w$ : Gövde Kalınlığı	6 mm
<b>B</b> : Plaka Genişliği	170 mm
<b>g</b> : Bulon Yatay Mesafesi	100 mm

Yük Bilgileri:

$$N= 195 \text{ kN}$$

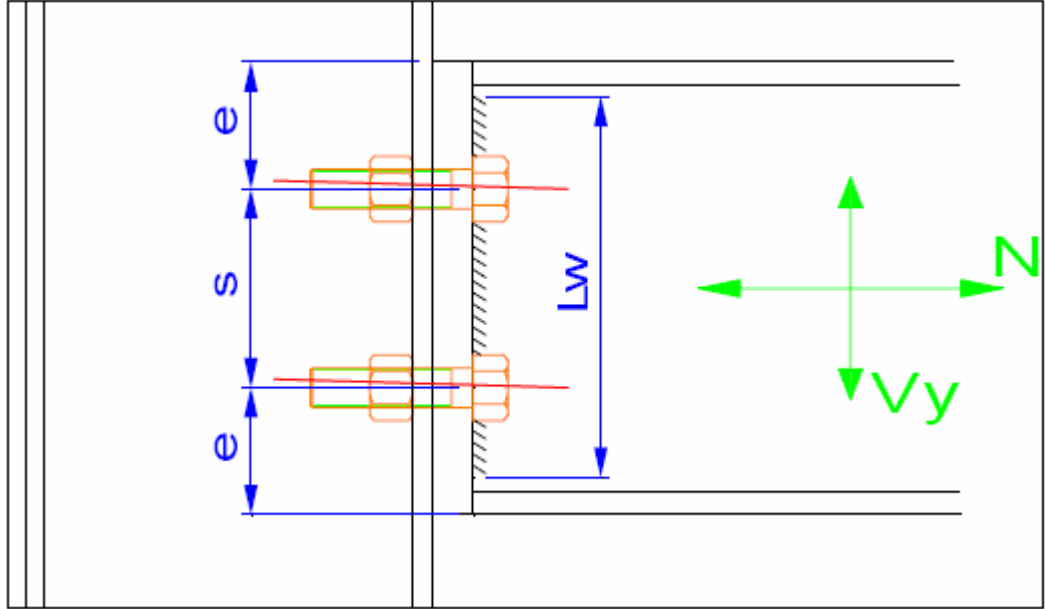
$$V_y= 70 \text{ kN}$$

Malzeme Bilgileri:

Çelik Kalitesi S355J0

Bulon Kalitesi A325-N

F<sub>exx</sub> = 413 Mpa (E60)



**Şekil 5.13:** Kiriş birleşimleri uygulama tip-6 hesabına ilişkin çizim

Tasarım Kontrolleri:

- Tek Bulunun Kesme Kapasitesi (Mesnet tarafı)

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$V_{\text{bolt}} = 17,5 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 77,72 \text{ kN} > 17,5 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,23$$



- Uç Plakası Kesme Kapasitesi

a) Kesme Akması

$$\theta R_n = 1,00 \cdot (0,6 \cdot F_y \cdot A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 724,2 \text{ kN} > 70 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,05$$

b) Kesme Kopması

$$\theta R_n = 0,75 \cdot (0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv}) / 1000$$

$$\theta R_n = 578,34 \text{ kN} > 70 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,06$$

- Uç Plakası Ezilme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0,75 \cdot (1,5 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u) \leq 0,75 \cdot (3 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

$$\theta R_n = 367,2 \text{ kN} > 17,5 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,02$$

- Kolon Flanjı Ezilme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0,75 \cdot (1,5 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u) \leq 0,75 \cdot (3 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

$$\theta R_n = 174,42 \text{ kN} > 17,5 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,10$$

- Tek Bulunun Çekme-Kesme Birleşik Kapasitesi

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - (F_{nt} / \Phi \cdot F_{nv}) \cdot f_v \leq F_{nt}$$

$$F'_{nt} = 666,39 \text{ MPa} > 620 \text{ MPa}$$

$$N_{bolt} = 48,8 \text{ kN (eksenel kuvvetten)}$$

$$\sum N_{bolt} = 48,8 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = (0,75 \cdot F_{nt} \cdot A_b) / 1000$$

$$\theta R_n = 156,93 \text{ kN} > 48,75 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,31$$

- Uç Plaka Kalınlığı

$$M_{eu} = 1462,50 \text{ kN-mm}$$

$$t_{req} = 10,38 \text{ mm} < 20 \text{ mm}$$

$$\text{Oran} = 0,52$$

Kiriş-kiriş kesme kuvveti aktaran birleşimlerden tip-7 birleşimdeki ana elemanlarda delik açılmadan sadece plakalarda açılan deliklerle birleşimin oluşturulması mümkündür bu detay özellikle CNC kullanan imalatçılar için büyük kolaylık sağlar.

#### Birleşim Bilgileri :

Kiriş(mesnet):	IPE 360
Kiriş :	HEA 260
Uç Plaka Kalınlığı:	20 mm
Bulon çapı	M24

#### Geometri Bilgileri

e: Bulon kenar mesafesi:	60 mm
s: Bulon ara mesafesi:	130 mm
$L_w$ : Gövde Uzunluğu	298 mm
$a_w$ : Gövde Kalınlığı	6 mm
<b>B</b> : Plaka Genişliği	170 mm
<b>g</b> : Bulon Yatay Mesafesi	100 mm

#### Yük Bilgileri:

$$N = 240 \text{ kN}$$

$$V_y = 80 \text{ kN}$$

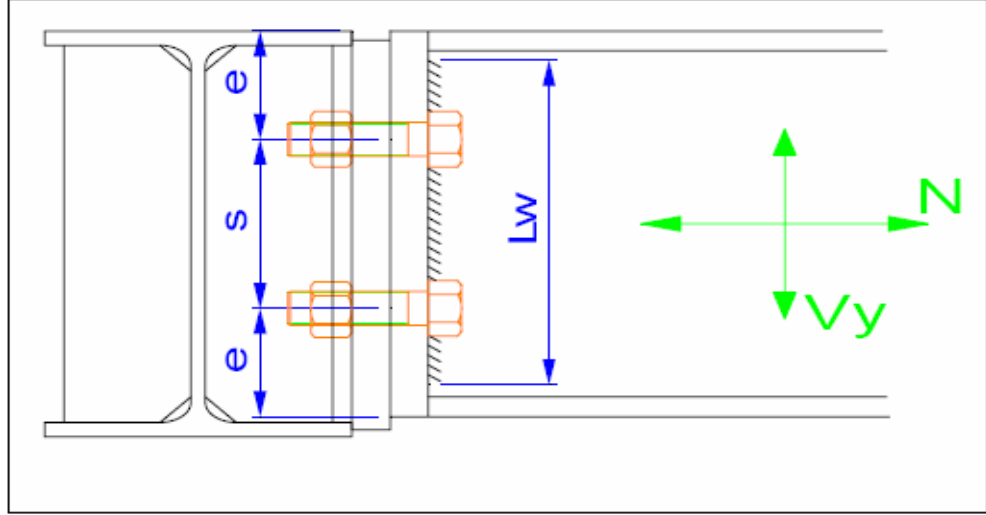
$$V_z = 75 \text{ kN}$$

Malzeme Bilgileri:

Çelik Kalitesi S355J0

Bulon Kalitesi A325-N

$F_{exx} = 413 \text{ Mpa}$  (E60)



**Şekil 5.14:** Kiriş birleşimleri uygulama tip-7 hesabına ilişkin çizim

Tasarım Kontrolleri:

- Tek Bulunun Kesme Kapasitesi (Mesnet tarafı)

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$V_{\text{bolt}} = 27,4 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 111,91 \text{ kN} > 27,41 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,24$$

- Uç Plakası Kesme Kapasitesi

a) Kesme Akması

$$\theta R_n = 1,00 \cdot (0,6 \cdot F_y \cdot A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 1065 \text{ kN} > 80 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,04$$

b) Kesme Kopması

$$\theta R_n = 0.75 * (0.6 * F_u * A_{nv}) / 1000$$

$$\theta R_n = 899,64 \text{ kN} > 80 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,04$$

- Uç Plakası Ezilme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 440,64 \text{ kN} > 27,41 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,03$$

- Gövde Kiriş Ezilme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 165,24 \text{ kN} > 27,41 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,17$$

- Tek Bulunun Çekme-Kesme Birleşik Kapasitesi

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - (F_{nt} / \Phi \cdot F_{nv}) * f_v \leq F_{nt}$$

$$F'_{nt} = 654,12 \text{ MPa} > 620 \text{ MPa}$$

$$N_b = 108,8 \text{ kN (eksenel kuvvetten)}$$

$$N_b = 46,2 \text{ kN (ecc momentten)}$$

$$\sum N_b = 154,9 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = (0.75 \cdot F_{nt} \cdot A_b) / 1000$$

$$\theta R_n = 221,82 \text{ kN} > 154,9 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,70$$

- Uç Plaka Kalınlığı

$$M_{eu} = 4647,12 \text{ kN-mm}$$

$$t_{req} = 18,50 \text{ mm} < 20 \text{ mm}$$

$$\text{Oran} = 0,92$$

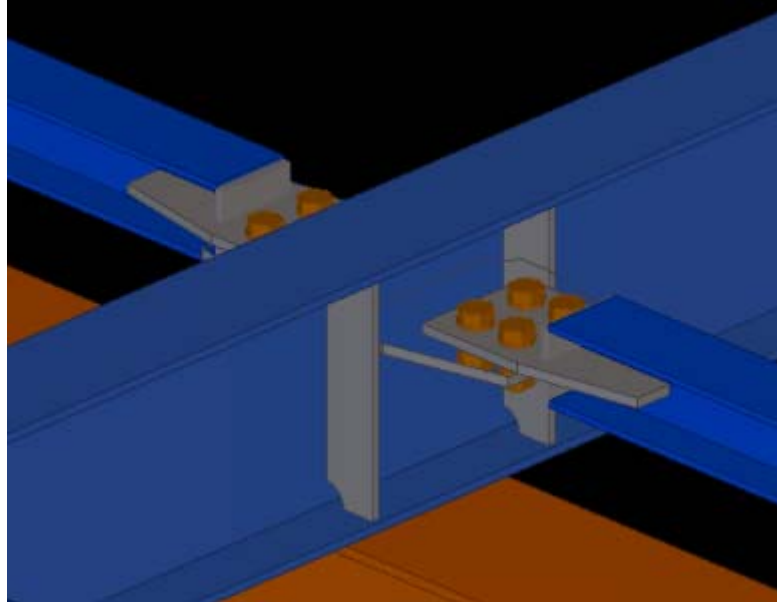
## 5.4 Eksenel Yüklü Aktaran Birleşimler

### 5.4.1 Yatay Çapraz Bağlantılar

Eksenel yük aktaran yatay çapraz bağlantılar için farklı uygulama tipleri bulunmaktadır. Bu bölümde yatay çapraz bağlantılar için beş tipin LRFD yönetmeliğine göre hesabı anlatılmaktadır.

#### Uygulamalar:

Şekil 5.15'te yatay çapraz bağlantı uygulama tip-1 için tasarım bilgileri ve hesap adımları aşağıdaki gibidir. I profillerin yatay çapraz olarak seçildiği ve yüksekliği bulon yerleşimini sınırladığı durumlar için kullanılan eksenel yük aktaran bir birleşimdir.



Şekil 5.15: Yatay çapraz bağlantı uygulama tip-1

Birleşim Bilgileri:

Kolon/Kiriş Profili:	IPE 200
Çapraz Profil:	HEA 100
Bulon Çapı:	M20

Geometri Bilgileri:

<b>eu:</b> Bulon kenar mesafesi:	40 mm
<b>su:</b> Bulon ara mesafesi:	70 mm
<b>ev:</b> Bulon Boşluğu	40 mm
<b>sv:</b> Bulon Kenar Mesafesi	75 mm
<b>au:</b> Kaynak Kalınlığı	6 mm
<b>av:</b> Kaynak Kalınlığı	6 mm
<b>Lu:</b>	100 mm
<b>Lv:</b>	100 mm
<b>t1:</b>	12 mm
<b>t2:</b>	12 mm

Yük Bilgileri:

N= 125 kN

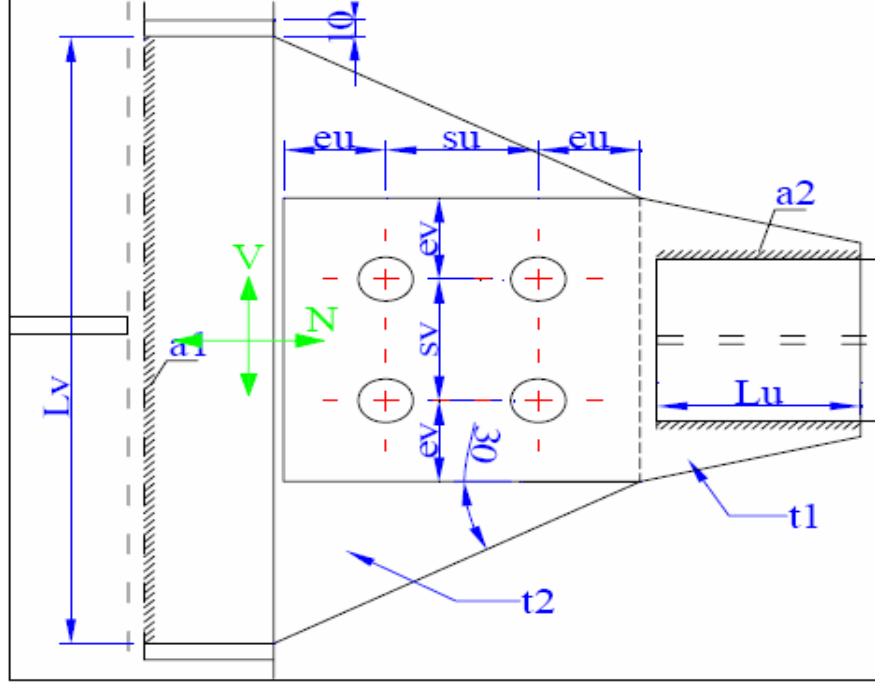
V<sub>y</sub>= 0 kN

V<sub>z</sub>= 0 kN

Malzeme Bilgileri:

Plaka	S355J0
Bulon Kalitesi	A325-N
Kaynak Malzemesi	E60

Şekil 5.16’da yatay çapraz bağlantı uygulama tip-1’e ilişkin çizim gösterilmektedir.



Şekil 5.16: Yatay çapraz bağlantı uygulama tip-1 hesabına ilişkin çizim

Tasarım Kontrolleri:

- Bulon Kesme Kuvveti

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$F = 31,25 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 78 \text{ kN} > 31,25 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,40$$

- Guse Çekme Kapasitesi(bulon deliğinde)

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (1.5 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u) \leq 0.75 \cdot (3 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

$$V_{\text{bolt}} = 31,25 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 199,67 \text{ kN} > 31,25 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,16$$

- Guse Blok Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 * (0.6 * F_u * A_{nv} * U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0.75 * (0.6 * F_y * A_{gv} * U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 612,31 \text{ kN} > 125 \text{ kN}$$

$$F = 125 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,20$$

- Çapraz Yan Kaynak Kontrolü(Lu)

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$F = 125 \text{ kN}$$

$$F_w = 0,6 * F_{EXX} * (1,0 + 0,5 * \sin^{1.5} \theta)$$

$$F_w = 248,21$$

$$\theta R_n = 446,78 \text{ kN} > 125 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,28$$

- Bağlantı Yanı Kaynak Kontrolü(Lv)

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$V = 125 \text{ kN}$$

$$\alpha = 90 \text{ derece}$$

$$F_w = 0,6 * F_{EXX} * (1,0 + 0,5 * \sin^{1.5} \theta)$$

$$F_w = 372,317$$

$$\theta R_n = 335,0853 \text{ kN} > 125 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,37$$

Şekil 5.17’te yatay çapraz bağlantı uygulama tip-2 pratikte korniyer birleşimi olarak adlandırılır, tasarım bilgileri ve hesap adımları aşağıdaki gibidir. Pratikte sıkça kullanılan korniyerlerin yatay çapraz olarak tercih edildiği durumlarda eksenel yük aktaran bir birleşimdir.



Birleşim Bilgileri:

Korniyer:	L130*12
Bulon Çapı:	M20
Bulon Sayısı	3
Guse Kalınlığı	15 mm

Geometri Bilgileri:

<b>g:</b> Bulon kenar mesafesi:	40 mm
<b>s:</b> Bulon ara mesafesi:	60 mm
<b>Ø<sub>1</sub>:</b> (Derece)	10
<b>Ø<sub>2</sub>:</b> (Derece)	10
<b>d:</b>	10 mm
<b>w:</b>	55 mm

Yük Bilgileri:

N= 100 kN

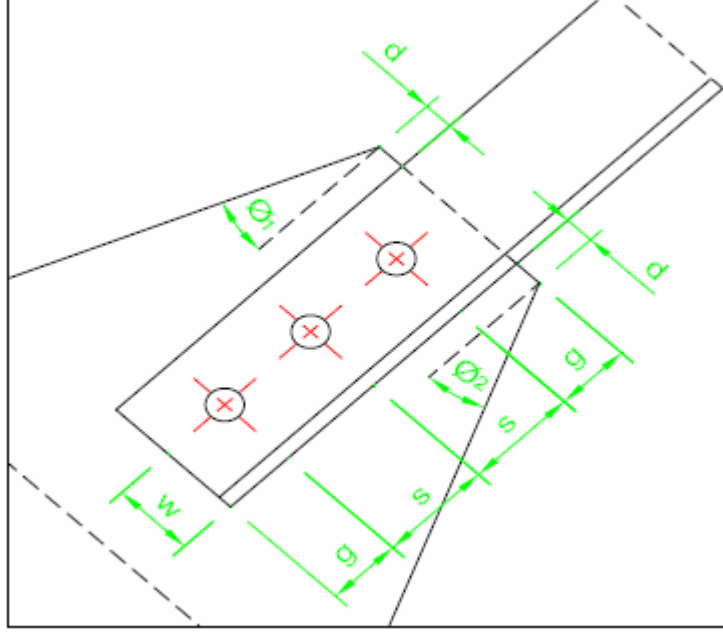
V<sub>y</sub>= 0 kN

V<sub>z</sub>= 0 kN

Malzeme Bilgileri:

Guse Plakası	S355J0
Bulon Kalitesi	A325-N
Korniyer	S355J0

Şekil 5.17’de yatay çapraz bağlantı uygulama tip-2’ye ilişkin çizim gösterilmektedir.



**Şekil 5.17:** Yatay çapraz bağlantı uygulama tip-2 hesabına ilişkin çizim

Tasarım Kontrolleri:

- Tek Bulon Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

F = 33,33 kN (herbir bulonda)

$$\theta R_n = 77,72 \text{ kN} > 33,33 \text{ kN}$$

Oran = 0,43

- Korniyer Çekme Kapasitesi

F = 100 kN (herbir açıda)

a)Çekme Akması

$$\theta R_n = (0.9 \cdot F_y \cdot A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 958,50 \text{ kN} > 100 \text{ kN}$$

Oran = 0,10

b)Çekme Kopması

$$\theta R_n = (0.75 * F_u * A_e) / 1000$$

$$\theta R_n = 622,40 \text{ kN} > 100 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,16$$

- Korniyer Blok Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 * (0,6 * F_u * A_{nv} * U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0.75 * (0,6 * F_y * A_{gv} * U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 582,93 \text{ kN} > 100 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,17$$

- Guse Blok Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 * (0,6 * F_u * A_{nv} * U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0.75 * (0,6 * F_y * A_{gv} * U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 833,22 \text{ kN} > 100 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,12$$

- Bulon Deliklerinde Korniyer Çekme Kapasitesi

$$F = 33,3 \text{ kN (herbir delikte)}$$

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 199,67 \text{ kN} > 33,3 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,17$$

- Bulon Deliklerinde Guse Çekme Kapasitesi

$$F = 33,3 \text{ kN (herbir bulonda)}$$

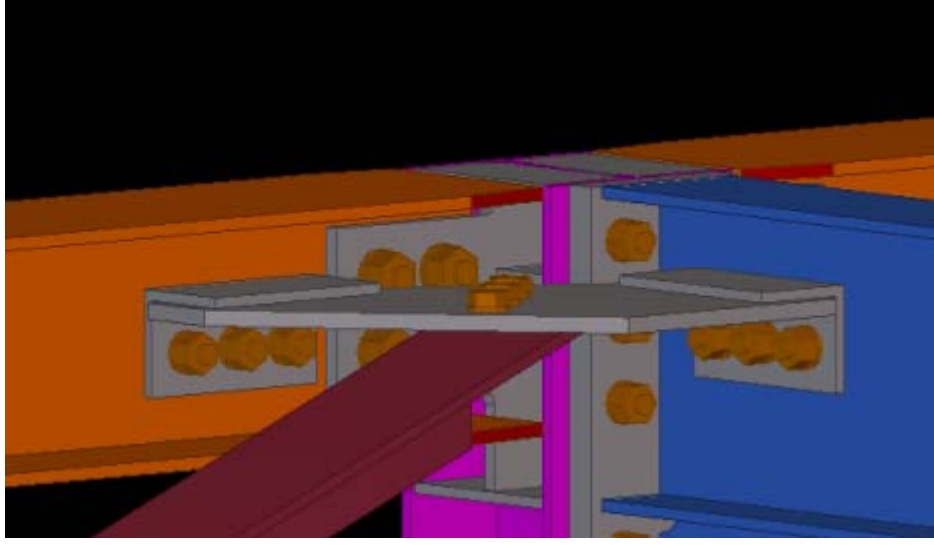
$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 249,58 \text{ kN} > 33,3 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,13$$

Şekil 5.18'te yatay çapraz bağlantı uygulama tip-3 pratikte bumerang birleşimi olarak adlandırılır, tasarım bilgileri ve hesap adımları aşağıdaki gibidir. Çaprazın

kolon-kiriş birleşim bölgesine bağlantısının zorunlu olduğu durumlar için uygulanır. Bu tipin uygulamasında aksenal yük aktaran eleman korniyerdir.



**Şekil 5.18:** Yatay çapraz bağlantı uygulama tip-3

Birleşim Bilgileri:

Plaka Birleşimi için Korniyer:

Korniyer:	L130*12
Bulon Çapı:	M20
Bulon Sayısı	3
Guse Kalınlığı	15 mm

Kiriş Birleşimi için Plaka:

Korniyer:	L100*10
Bulon Çapı:	M20
Bulon Sayısı	3
Kiriş Profili	IPE 200

Geometri Bilgileri:

g: Bulon kenar mesafesi:	40 mm
--------------------------	-------

s: Bulon ara mesafesi:	60 mm
$\emptyset_1$ : (Derece)	40
$\emptyset_2$ : (Derece)	50
$\emptyset_3$ : (Derece)	40
<b>d:</b>	10 mm
<b>w:</b>	55 mm

Yük Bilgileri:

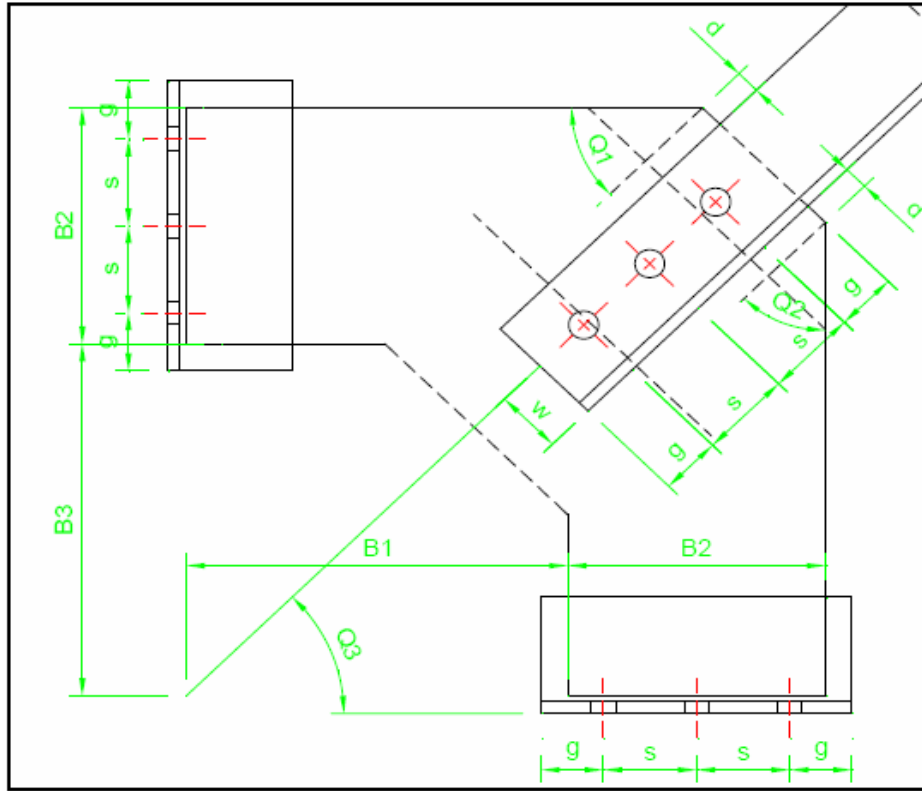
N= 100 kN

V<sub>y</sub>= 0 kN

V<sub>z</sub>= 0 kN

Malzeme Bilgileri:

Guse Plakası	S355J0
Bulon Kalitesi	A325-N
Korniyer	S355J0



**Şekil 5.19:** Yatay çapraz bağlantı uygulama tip-3 hesabına ilişkin çizim

Tasarım Kontrolleri:

- Tek Bulon Kesme Kapasitesi (çapraz yan)

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$F = 33,33 \text{ kN (herbir bulonda)}$$

$$\theta R_n = 77,72 \text{ kN} > 33,33 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,43$$

- Çapraz Korniyer Çekme Kapasitesi

$$F = 100 \text{ kN (herbir korniyerde)}$$

a) Çekme Akması

$$\theta R_n = (0.9 \cdot F_y \cdot A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 958,50 \text{ kN} > 100 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,10$$

b)Çekme Kopması

$$\theta R_n = (0.75 * F_u * A_e) / 1000$$

$$\theta R_n = 622,40 \text{ kN} > 100 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,16$$

- Çapraz Korniyer Blok Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 * (0,6 * F_u * A_{nv} * U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0.75 * (0,6 * F_y * A_{gv} * U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 582,93 \text{ kN} > 100 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,17$$

- Guse Blok Kesme Kapasitesi

$$F = 100,00 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 0.75 * (0,6 * F_u * A_{nv} * U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0.75 * (0,6 * F_y * A_{gv} * U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 1442,02 \text{ kN} > 100 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,07$$

- Bulon Deliklerinde Çapraz Korniyer Çekme Kapasitesi

$$F = 33,3 \text{ kN (herbir delikte)}$$

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 199,67 \text{ kN} > 33,3 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,17$$

- Bulon Deliklerinde Guse Çekme Kapasitesi

$$F = 33,3 \text{ kN (herbir bulonda)}$$

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 249,58 \text{ kN} > 33,3 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,13$$

- Bulon Grubu Kesme Kapasitesi (sol çapraz yanda)

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$F = 64,3 \text{ kN}$$

$$C = 1,99$$

$$\theta R_n = 154,65 \text{ kN} > 64,28 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,42$$

- Bulon Grubu Kesme Kapasitesi (sağ çapraz yanda)

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$F = 76,6 \text{ kN}$$

$$C = 1,99$$

$$\theta R_n = 154,65 \text{ kN} > 76,61 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,50$$

- Bulon Deliklerinde Kiriş Gövde Çekme Kapasitesi

$$F = 38,5 \text{ kN (herbir delikte)}$$

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (1.5 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u) \leq 0.75 \cdot (3 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

$$\theta R_n = 93,18 \text{ kN} > 38,5 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,41$$

Şekil 5.20’te yatay çapraz bağlantı uygulama tip-4 aksenal yük aktaran eleman kup olan bumerang birleşimidir, tasarım bilgileri ve hesap adımları aşağıdaki gibidir. Çaprazın kolon-kiriş birleşim bölgesine bağlantısının zorunlu olduğu durumlar için uygulanır

#### Birleşim Bilgileri:

Çapraz (1/2 profil):

IPE 330

Kiriş(sağ):

HEA 260



Kiriş(sol):	IPE 360
Bulon Çapı:(çapraz)	M20
Bulon Çapı:(korniyer)	M20
Guse kalınlığı <b>t1</b> :	15 mm
Guse kalınlığı <b>t2</b> :	15 mm
Gövde Kalınlığı :( <b>au</b> )	6 mm

Geometri Bilgileri:

<b>eu</b> :Bulon kenar mesafesi:	50 mm
<b>ev</b> : Bulon kenar mesafesi:	37 mm
<b>ex</b> :Bulon kenar mesafesi:	50 mm
<b>ey</b> : Bulon kenar mesafesi:	50 mm
<b>su</b> : Bulon ara mesafesi:	75 mm
<b>sv</b> : Bulon ara mesafesi:	86 mm
<b>sx</b> : Bulon ara mesafesi:	75 mm
<b>sy</b> : Bulon ara mesafesi:	75 mm
<b><math>\alpha</math></b> : Çapraz Açı (derece):	35

Yük Bilgileri:

N= 150 kN

V<sub>y</sub>= 0 kN

V<sub>z</sub>= 0 kN

Malzeme Bilgileri:

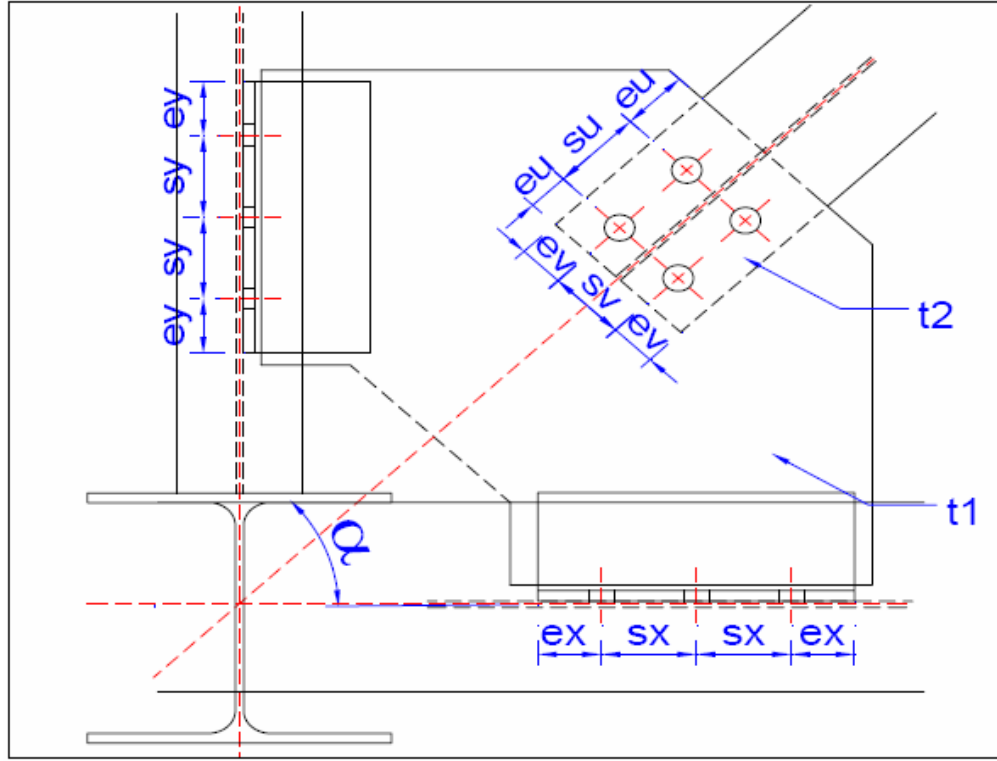
Guse Plakası	S355J0
Bulon Kalitesi	A325-N

$$F_{exx} = 413 \text{ Mpa (E60)}$$

$$F_x = 122,9 \text{ kN}$$

$$F_y = 86 \text{ kN}$$

Şekil 5.20'de yatay çapraz bağlantı uygulama tip-4'e ilişkin çizim gösterilmektedir.



Şekil 5.20: Yatay çapraz bağlantı uygulama tip-4 hesabına ilişkin çizim

Tasarım Kontrolleri:

- Tek Bulonun Kesme Kapasitesi (çapraz yan)

$$\theta_{R_n} = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$\text{Bulon Kuvveti} = 37,5 \text{ kN}$$

$$\theta_{R_n} = 77,7 \text{ kN} > 37,5 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,48$$

- Çapraz Guse Blok Kesme Kapasitesi

$$\theta_{R_n} = 0.75 \cdot (0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt}) \leq 0.75 \cdot (0,6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt})$$

$$\theta R_n = 750,6 \text{ kN} > 150 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,20$$

- Kiriş Gövdesi Blok Kesme Kapasitesi (kiriş yan)

$$\theta R_n = 0.75 * (0,6 * F_u * A_{nv} * U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0.75 * (0,6 * F_y * A_{gv} * U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 750,6 \text{ kN} > 150 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,20$$

- Bulon Deliklerinde Guse Ezilme Kapasitesi (çapraz yan)

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 275,4 \text{ kN} > 37,5 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,14$$

- Bulon Deliklerinde Guse Ezilme Kapasitesi (kiriş yanı)

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 275,4 \text{ kN} > 37,5 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,14$$

- Guse Çekme Kapasitesi (çapraz yan)

a) Çekme Akması

$$\theta R_n = (0.9 * F_y * A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 766,8 \text{ kN} > 150 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,20$$

b) Çekme Kopması

$$\theta R_n = (0.75 * F_u * A_e) / 1000$$

$$\theta R_n = 665,55 \text{ kN} > 150 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,23$$

- Bulon Grubu Kiriş Yanı Kesme Kapasitesi(sol)

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$\text{Bulon Kuvveti} = 86 \text{ kN}$$

$$C = 1,99$$

$$\theta R_n = 154,7 \text{ kN} > 86 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,56$$

- Bulon Grubu Kiriş Yanı Kesme Kapasitesi(sağ)

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$\text{Bulon Kuvveti} = 122,9 \text{ kN}$$

$$C = 1,99$$

$$\theta R_n = 154,7 \text{ kN} > 0 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,79$$

- Bulon Deliklerinde Gövde Kiriş Çekme Kapasitesi(sol)

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (1.5 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u) \leq 0.75 \cdot (3 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

$$\text{Bulon Kuvveti} = 43,2 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 146,9 \text{ kN} > 43,2 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,29$$

- Bulon Deliklerinde Gövde Kiriş Çekme Kapasitesi(sağ)

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (1.5 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u) \leq 0.75 \cdot (3 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

$$\text{Bulon Kuvveti} = 61,8 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 146,9 \text{ kN} > 61,8 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,42$$

Eksenel yük aktaran birleşimlerden tip-5'e ait uygulama çapraz eleman olarak I profilin tercih edildiği durumlarda kullanılır, tasarım bilgileri ve hesap adımları

aşağıdaki gibidir. Profilin başlığına kaynaklanan plakanın kiriş gövdesindeki bayrak levhasına bulonlanmasıyla oluşturulur. Kiriş veya flanşına gerekli bulon deliği açılmadığı durumlarda bu tip tercih edilir.

Birleşim Bilgileri:

Kolon/Kiriş Profili:	IPE 200
Çapraz Profil:	HEA 100
Bulon Çapı:	M20
<b>nu:</b> Bulon Sırası	2
<b>nu:</b> Bulon Kolon	2

Geometri Bilgileri:

<b>eu:</b> Bulon kenar mesafesi:	40 mm
<b>su:</b> Bulon ara mesafesi:	60 mm
<b>ev:</b> Bulon Boşluğu	40 mm
<b>sv:</b> Bulon Kenar Mesafesi	60 mm
<b>au:</b> Kaynak Kalınlığı	6 mm
<b>av:</b> Kaynak Kalınlığı	6 mm
<b>Lu:</b>	125 mm
<b>Lv:</b>	100 mm
<b>t1:</b>	12 mm
<b>t2:</b>	12 mm

Yük Bilgileri:

N= 250 kN

Malzeme Bilgileri:

Plaka	S355J0
-------	--------

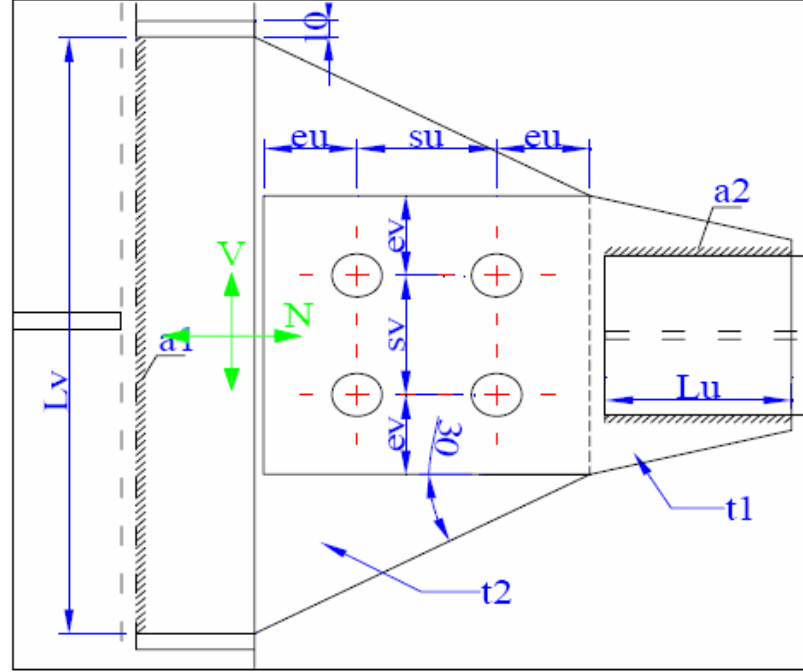
Bulon Kalitesi

A325-N

Kaynak Malzemesi

E60

Şekil 5.21’de yatay çapraz bağlantı uygulama tip-5’e ilişkin çizim gösterilmektedir.



Şekil 5.21: Yatay çapraz bağlantı uygulama tip-5 hesabına ilişkin çizi

Tasarım Kontrolleri:

- Bulon Kesme Kuvveti

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$F = 62,5 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 78 \text{ kN} > 62,5 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,80$$

- Guse Çekme Kapasitesi(bulon deliğinde)

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (1.5 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u) \leq 0.75 \cdot (3 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

$$V_{\text{bolt}} = 62,5 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 199,67 \text{ kN} > 62,5 \text{ kN}$$

Oran = 0,31

- Guse Blok Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 * (0.6 * F_u * A_{nv} * U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0.75 * (0.6 * F_y * A_{gv} * U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 543,46 \text{ kN} > 250 \text{ kN}$$

$$F = 250 \text{ kN}$$

Oran = 0,46

- Çapraz Yan Kaynak Kontrolü(Lu)

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$F = 250 \text{ kN}$$

$$F_w = 0.6 * F_{EXX} * (1.0 + 0.5 * \sin^{1.5} \theta)$$

$$F_w = 248,21$$

$$\theta R_n = 558,48 \text{ kN} > 250 \text{ kN}$$

Oran = 0,45

- Bağlantı Yanı Kaynak Kontrolü(Lv)

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$V = 250 \text{ kN}$$

$$\alpha = 90 \text{ derece}$$

$$F_w = 0.6 * F_{EXX} * (1.0 + 0.5 * \sin^{1.5} \theta)$$

$$F_w = 372,31704$$

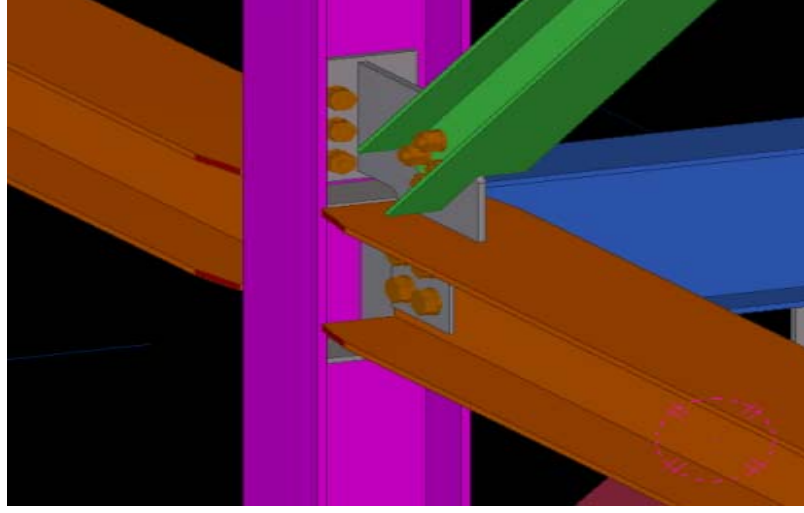
$$\theta R_n = 335,08534 \text{ kN} > 250 \text{ kN}$$

Oran = 0,75

## 5.4.2 Düşey çapraz bağlantılar

Eksenel yük aktaran düşey çapraz bağlantılar için farklı uygulama tipleri bulunmaktadır. Bu bölümde yatay çapraz bağlantılar için dört tipin LRFD yönetmeliğine göre hesabı anlatılmaktadır.

### Uygulama:



Şekil 5.22: Düşey çapraz bağlantı uygulama tip-1

Şekil 5.22’de düşey çapraz bağlantılarından uygulama tip-1 bumerang birleşimi için tasarım bilgileri ve hesap adımları aşağıdaki gibidir. I profillerin düşey çapraz olarak seçildiği ve I profilin kolon-kiriş birleşim bölgesine bağlantısını sağlamak için oluşturulan, montaj sırasında büyük kolaylık sağlayan tiptir. Profilin flanşından çentilerek gövdesinden birleşim plakasına bağlanması ile teşkil edilen eksenel yük aktaran bir birleşimdir.

### Birleşim Bilgileri:

Çapraz:	HEA 140
Kolon:	HEA 220
Kiriş:	HEA 240
Bulon Çapı:(bağlantı)	M20
Guse kalınlığı $t1$ :	12 mm
Uç Plaka kalınlığı $t3$ :	12 mm



Kaynak Kalınlığı :( <b>ax</b> )	10 mm
Kaynak Kalınlığı :( <b>ay</b> )	10 mm

Geometri Bilgileri:

<b>eu</b> :Bulon kenar mesafesi:	40 mm
<b>ev</b> : Bulon kenar mesafesi:	40 mm
<b>ey</b> : Bulon kenar mesafesi:	40 mm
<b>su</b> : Bulon ara mesafesi:	60 mm
<b>sv</b> : Bulon ara mesafesi:	56 mm
<b>sy</b> : Bulon ara mesafesi:	60 mm
<b><math>\alpha</math></b> : Çapraz Açısı (derece):	48
<b>Ly</b> : Kaynak uzunluğu	100 mm
<b>Lx</b> : Kaynak uzunluğu	100 mm

Yük Bilgileri:

$$N= 185 \text{ kN}$$

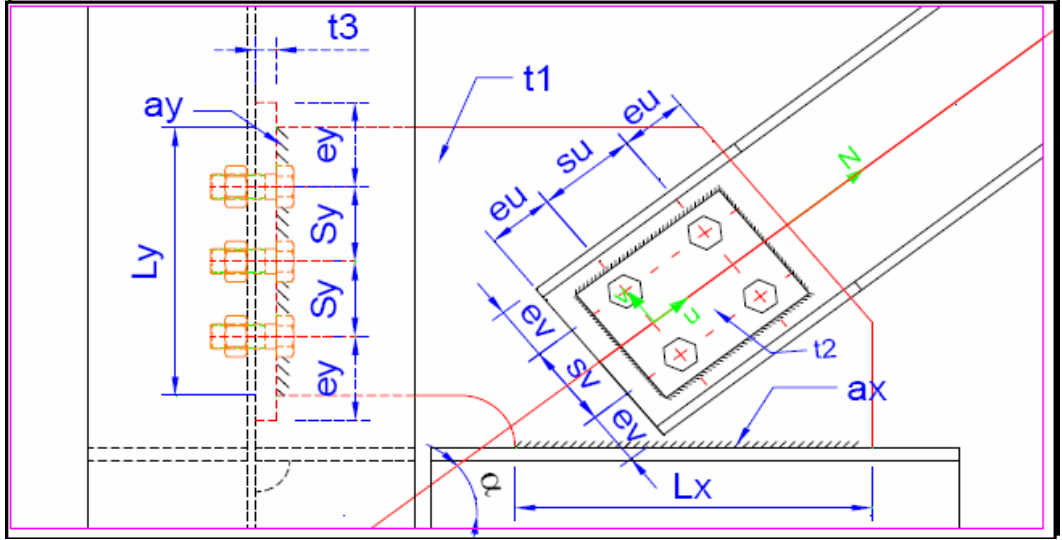
$$V_y= 0 \text{ kN}$$

$$V_z= 0 \text{ kN}$$

Malzeme Bilgileri:

Guse Plakası	S355J0
Bulon Kalitesi	A325-N
$F_{exx} = 413 \text{ Mpa}$	(E60)
$F_x = 123,8 \text{ kN}$	
$F_y = 137,4 \text{ kN}$	

Şekil 5.23’de düşey çapraz bağlantı uygulama tip-1’e ilişkin çizim gösterilmektedir.



**Şekil 5.23:** Düşey çapraz bağlantı uygulama tip-1 hesabına ilişkin çizim

Tasarım Kontrolleri:

- Tek Bulonun Kesme Kapasitesi (çapraz yan)

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$\text{Bulon Kuvveti} = 46,3 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 77,7 \text{ kN} > 46,25 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,60$$

- Çapraz Gövde Blok Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt}) \leq 0.75 \cdot (0,6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt})$$

$$\theta R_n = 240,7 \text{ kN} > 185 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,77$$

- Guse Blok Kesme Kapasitesi (kiriş yan)

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt}) \leq 0.75 \cdot (0,6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt})$$

$$\theta R_n = 525,1 \text{ kN} > 185 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,35$$

- Çapraz Gövde Ezilme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 91,5 \text{ kN} > 46,25 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,51$$

- Bulon Deliklerinde Guse Ezilme Kapasitesi (kiriş yanı)

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 199,7 \text{ kN} > 46,25 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,23$$

- Guse Çekme Kapasitesi (çapraz yan)

a) Çekme Akması

$$\theta R_n = (0.9 * F_y * A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 239 \text{ kN} > 185 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,77$$

b) Çekme Kopması

$$\theta R_n = (0.75 * F_u * A_e) / 1000$$

$$\theta R_n = 286,11 \text{ kN} > 185 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,65$$

- Kaynak Kapasitesi (Ly)

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$F_w = 0,6 * F_{EXX} * (1,0 + 0,5 * \sin^{1.5} \theta)$$

$$\theta R_n = 262,9 \text{ kN} > 137,4 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,52$$

- Kaynak Kapasitesi (Lx)

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$F_w = 0,6 * F_{EXX} * (1,0+0,5*\sin^{1,5}\theta)$$

$$\theta R_n = 262,8712871 \text{ kN} > 123,8 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,47$$

- Tek Bulonun Kesme Kapasitesi (kolon yan)

$$\theta R_n = (0.75.n.F_{nv}.A_b)/1000$$

$$\text{Bulon Kuvveti} = 34,4 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 77,7 \text{ kN} > 34,36 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,44$$

- Bulon Deliklerinde Gövde Kiriş Ezilme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75*(1.5* L_c*t* F_u) \leq 0.75*(3*d*t* F_u)$$

$$\text{Bulon Kuvveti} = 22,9 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 199,7 \text{ kN} > 22,9 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,17$$

- Bulon Deliklerinde Kolon Flanj Ezilme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75*(1.5* L_c*t* F_u) \leq 0.75*(3*d*t* F_u)$$

$$\text{Bulon Kuvveti} = 22,9 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 116,5 \text{ kN} > 22,9 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,20$$

Kiriş birleşimler için diğer bir uygulama olan uygulama tip-2 hesap ve bilgileri ise;

Birleşim Bilgileri:

Çapraz:	HEA 200
Kolon:	HEB 300
Bulon Çapı:(bağlantı)	M20

Guse kalınlığı **t1** : 12 mm

Ek kalınlığı **t2** :

Kaynak Kalınlığı :(**ax**) 10 mm

Kaynak Kalınlığı :(**ay**) 10 mm

Geometri Bilgileri:

**eu**:Bulon kenar mesafesi: 40 mm

**ev**: Bulon kenar mesafesi: 40 mm

**su**: Bulon ara mesafesi: 60 mm

**sv**: Bulon ara mesafesi: 60 mm

**$\alpha$** : Çapraz Açı (derece): 45

**Ly**: Kaynak uzunluğu 100 mm

**Lx**: Kaynak uzunluğu 100 mm

Yük Bilgileri:

N= 325 kN

Vy= 0 kN

Vz= 0 kN

Malzeme Bilgileri:

Guse Plakası S355J0

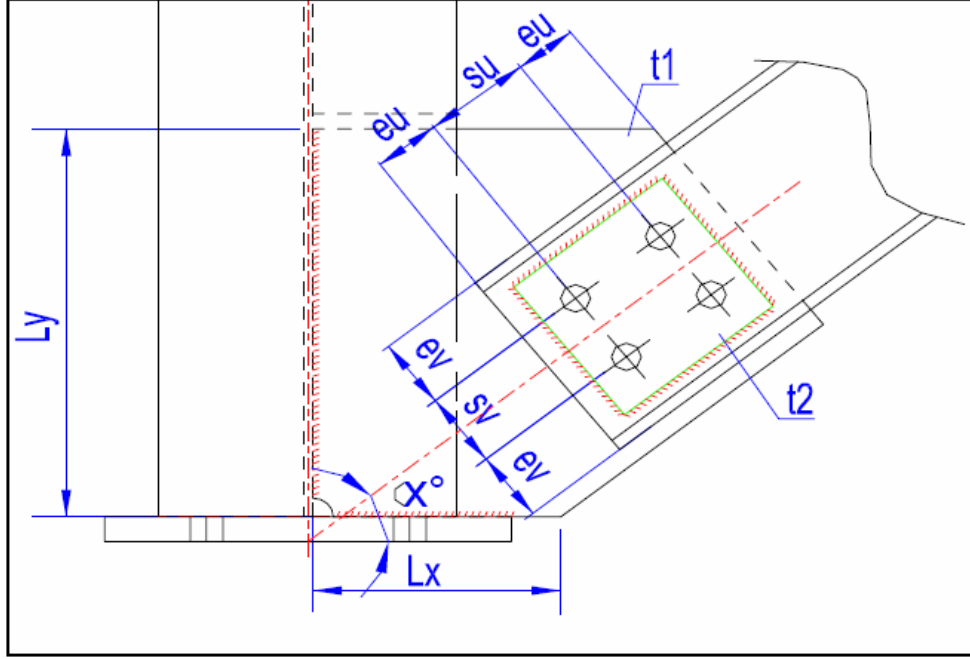
Bulon Kalitesi A325-N

F<sub>exx</sub> = 413 Mpa (E60)

F<sub>x</sub> = 166,2 kN

F<sub>y</sub> = 166,1 kN

Şekil 5.24’de düşey çapraz bağlantılarından uygulama tip-2 çapraz elemanın kolon ayağına bağlantı detayıdır bu durum için tasarım bilgileri ve hesap adımları aşağıdaki gibidir. I profillerin düşey çapraz olarak seçildiği, montaj sırasında büyük kolaylık sağlayan tiptir. Profilin flanşından çentilerek gövdesinden birleşim plakasına bağlanması ile teşkil edilen eksenel yük aktaran bir birleşimdir. Eksenel yükün aktarılması kiriş gövdesinden aktarıldığı için bu bölgenin eksenel yükün yüksek değerlerinde takviye edilmesi gerekir.



Şekil 5.24: Düşey çapraz bağlantı uygulama tip-2 hesabına ilişkin çizim

Tasarım Kontrolleri:

- Tek Bulunun Kesme Kapasitesi (çapraz yan)

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$\text{Bulon Kuvveti} = 58,8 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 77,7 \text{ kN} > 58,75 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,76$$

- Çapraz Gövde Blok Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt}) \leq 0.75 \cdot (0,6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt})$$

$$\theta R_n = 294,4 \text{ kN} > 235 \text{ kN}$$

Oran = 0,80

- Guse Blok Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 * (0.6 * F_u * A_{nv} * U_{bs} * F_u * A_{nt}) \leq 0.75 * (0.6 * F_y * A_{gv} * U_{bs} * F_u * A_{nt})$$

$$\theta R_n = 543,5 \text{ kN} > 235 \text{ kN}$$

Oran = 0,43

- Çapraz Gövde Ezilme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 108,2 \text{ kN} > 58,75 \text{ kN}$$

Oran = 0,54

- Bulon Deliklerinde Guse Ezilme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 199,7 \text{ kN} > 58,75 \text{ kN}$$

Oran = 0,29

- Guse Çekme Kapasitesi

a)Çekme Akması

$$\theta R_n = (0.9 * F_y * A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 536,8 \text{ kN} > 235 \text{ kN}$$

Oran = 0,44

b)Çekme Kopması

$$\theta R_n = (0.75 * F_u * A_e) / 1000$$

$$\theta R_n = 642,6 \text{ kN} > 235 \text{ kN}$$

Oran = 0,37

- Kaynak Kapasitesi(Ly)

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$F_w = 0,6 * F_{EXX} * (1,0 + 0,5 * \sin^{1.5} \theta)$$

$$\theta R_n = 262,9 \text{ kN} > 166,1 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,63$$

- Kaynak Kapasitesi(Lx)

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$F_w = 0,6 * F_{EXX} * (1,0 + 0,5 * \sin^{1.5} \theta)$$

$$\theta R_n = 262,8712871 \text{ kN} > 166,2 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,63$$

Şekil 5.25’de düşey çapraz bağlantılarından uygulama tip-3 çapraz elemanın kolon ayağına farklı bir şekilde bağlantı detaydır bu durum için tasarım bilgileri ve hesap adımları aşağıdaki gibidir. Bulonların çift tesirli çalıştırılması gerektiği durumlar için pratikte kullanılır.

#### Birleşim Bilgileri :

Çapraz:	HEA 220
Kolon:	HEA 220
Bulon Çapı:(bağlantı)	M20
Guse kalınlığı <b>t1</b> :	20 mm
Ek kalınlığı <b>t2</b> :	15 mm
Kaynak Kalınlığı :( <b>ax</b> )	6 mm
Kaynak Kalınlığı :( <b>ay</b> )	6 mm

#### Geometri Bilgileri:

<b>eu</b> :Bulon kenar mesafesi:	45 mm
----------------------------------	-------



<b>ev:</b> Bulon kenar mesafesi:	50 mm
<b>su:</b> Bulon ara mesafesi:	75 mm
<b>sv:</b> Bulon ara mesafesi:	75 mm
<b><math>\alpha</math>:</b> Çapraz Açı (derece):	45
<b>Ly:</b> Kaynak uzunluğu	250 mm
<b>Lx:</b> Kaynak uzunluğu	250 mm

Yük Bilgileri:

$$N = 475 \text{ kN}$$

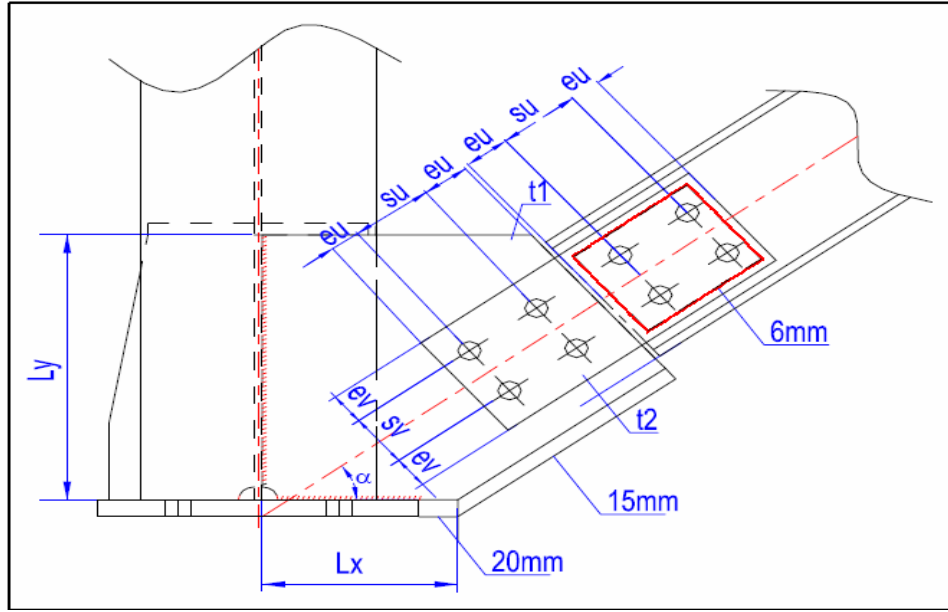
$$V_y = 0 \text{ kN}$$

$$V_z = 0 \text{ kN}$$

Malzeme Bilgileri:

Guse Plakası	S355J0
Bulon Kalitesi	A325-N
$F_{exx} = 413 \text{ Mpa}$	(E60)
$F_x = 336 \text{ kN}$	
$F_y = 335,7 \text{ kN}$	

Şekil 5.25’de düşey çapraz bağlantı uygulama tip-3’ye ilişkin çizim gösterilmektedir.



**Şekil 5.25:** Düşey çapraz bağlantı uygulama tip-3 hesabına ilişkin çizim

Tasarım Kontrolleri:

- Tek Bulunun Kesme Kapasitesi (çapraz yan)

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$\text{Bulon Kuvveti} = 118,8 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 155,4 \text{ kN} > 118,75 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,76$$

- Çapraz Gövde Blok Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt}) \leq 0.75 \cdot (0,6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt})$$

$$\theta R_n = 1289,5 \text{ kN} > 475 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,18$$

- Guse Blok Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt}) \leq 0.75 \cdot (0,6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt})$$

$$\theta R_n = 1172,3 \text{ kN} > 475 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,41$$

- Çapraz Gövde Ezilme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 403,9 \text{ kN} > 118,75 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,29$$

- Bulon Deliklerinde Guse Ezilme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 * (1.5 * L_c * t * F_u) \leq 0.75 * (3 * d * t * F_u)$$

$$\theta R_n = 199,7 \text{ kN} > 58,75 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,29$$

- Guse Çekme Kapasitesi

a) Çekme Akması

$$\theta R_n = (0.9 * F_y * A_g) / 1000$$

$$\theta R_n = 1118,3 \text{ kN} > 475 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,42$$

b) Çekme Kopması

$$\theta R_n = (0.75 * F_u * A_e) / 1000$$

$$\theta R_n = 1338,75 \text{ kN} > 475 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,35$$

- Kaynak Kapasitesi(Ly)

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$F_w = 0,6 * F_{EXX} * (1,0 + 0,5 * \sin^{1.5} \theta)$$

$$\theta R_n = 394,3 \text{ kN} > 335,7$$

$$\text{Oran} = 0,85$$

- Kaynak Kapasitesi(Lx)

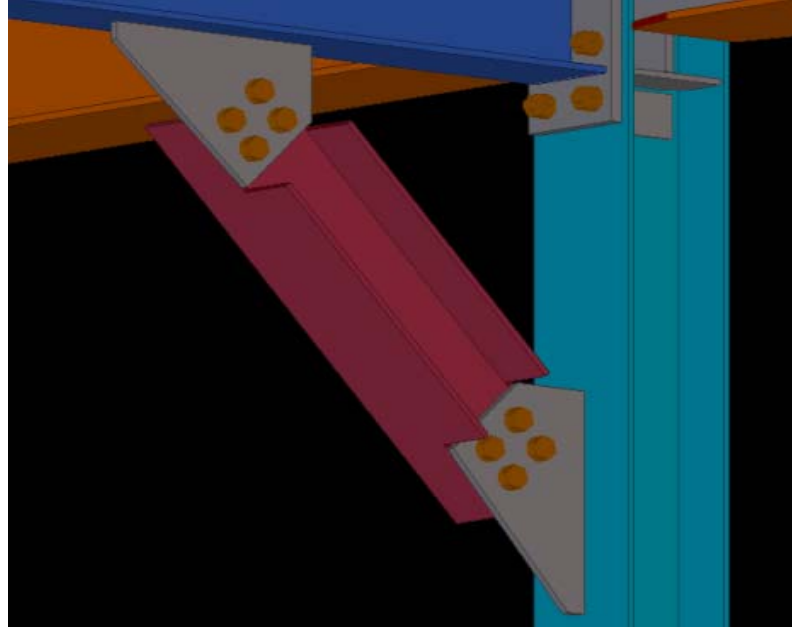
$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$F_w = 0,6 * F_{EXX} * (1,0 + 0,5 * \sin^{1.5} \theta)$$

$$\theta R_n = 394,3069307 \text{ kN} > 336$$

$$\text{Oran} = 0,85$$

Şekil 5.26'de düşey çapraz bağlantılarından uygulama tip-4 çapraz elemanın kolon ayağına farklı bir şekilde bağlantı detayıdır bu durum için tasarım bilgileri ve hesap adımları aşağıdaki gibidir.



Şekil 5.26: Düşey çapraz bağlantı uygulama tip-4

Birleşim Bilgileri:

Kolon Profili:	HEB 300
Çapraz Profil:	HEA 180
Bulon Çapı:	M20

Geometri Bilgileri:

<b>eu:</b> Bulon kenar mesafesi:	40 mm
<b>su:</b> Bulon ara mesafesi:	60 mm
<b>ev:</b> Bulon Boşluğu	40 mm

<b>sv:</b> Bulon Kenar Mesafesi	60 mm
<b>av:</b> Kaynak Kalınlığı	6 mm
<b>Lv:</b>	200 mm
<b>t1:</b>	11 mm
<b>t2:</b>	12 mm
<b>t3:</b> Ek Gövde Plakası Kalınlığı	
<b>Ø:</b> (derece)	45

Yük Bilgileri:

N= 250 kN

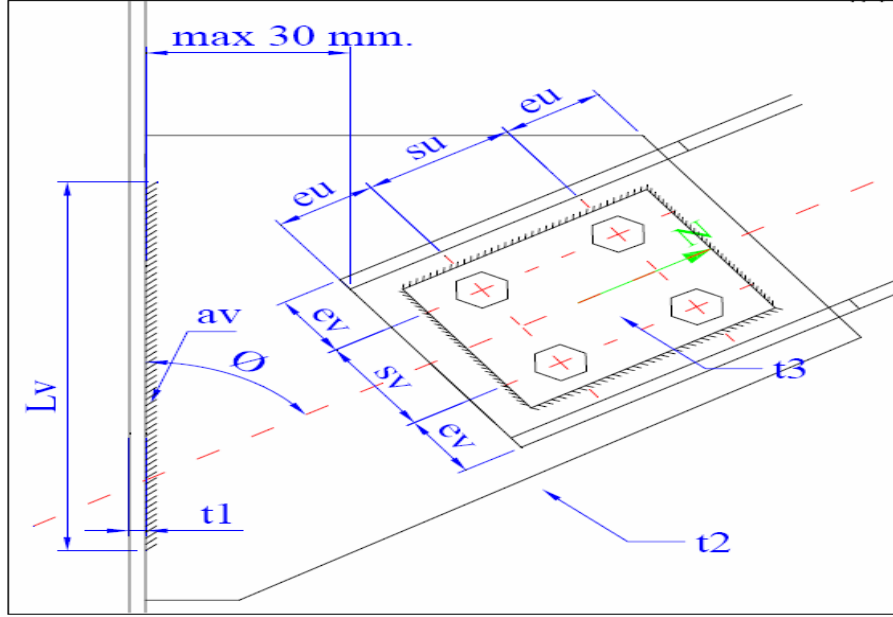
V<sub>y</sub>= 0 kN

V<sub>z</sub>= 0 kN

Malzeme Bilgileri:

Plaka	S355J0
Bulon Kalitesi	A325-N
Kaynak Malzemesi	E60

Şekil 5.27’de düşey çapraz bağlantı uygulama tip-4’e ilişkin çizim gösterilmektedir.



**Şekil 5.27:** Düşey çapraz bağlantı uygulama tip-4 hesabına ilişkin çizim

Tasarım Kontrolleri:

- Bulon Kesme Kuvveti

$$\theta R_n = (0.75 \cdot n \cdot F_{nv} \cdot A_b) / 1000$$

$$F = 62,5 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 78 \text{ kN} > 62,5 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,80$$

- Guse Çekme Kapasitesi (bulon deliğinde)

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (1.5 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u) \leq 0.75 \cdot (3 \cdot d \cdot t \cdot F_u)$$

$$V_{\text{bolt}} = 62,5 \text{ kN}$$

$$\theta R_n = 99,83 \text{ kN} > 62,5 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,63$$

- Çapraz Gövde Blok Kesme Kapasitesi

$$\theta R_n = 0.75 \cdot (0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt}) \leq 0.75 \cdot (0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv} \cdot U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt})$$

$$\theta R_n = 271,73 \text{ kN} > 250 \text{ kN}$$

$$F = 250 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,92$$

- Bağlantı Yanı Kaynak Kontrolü(Lv)

$$\theta R_n = 0.75 * F_w * A_w$$

$$V = 250 \text{ kN}$$

$$F_w = 0,6 * F_{EXX} * (1,0 + 0,5 * \sin^{1.5} \theta)$$

$$F_w = 322,0025$$

$$\theta R_n = 409,9041 \text{ kN} > 250 \text{ kN}$$

$$\text{Oran} = 0,61$$

## 6. SONUÇ

DBYBHY 2007 emniyet gerilmelerine göre tasarımı esas alırken, eleman ve birleşim hesaplarında arttırılmış yükler altında kapasitelerin kontrol edilmesi koşulu da getirmiştir. Eleman ve birleşim araçlarının kapasite hesaplarında yönetmelikle belirlenmiş katsayılar ile emniyet gerilmelerinin çarpılmasıyla elde edilir. Yönetmelik, tasarımda getirdiği ek koşullar için pratikte karşılaşılabilecek problemlerin çözümü için yol göstermemiştir. Bundan dolayı tasarımcının karşılaştığı problemlerin çözümü için LRFD gibi bu durumlara karşı çözüm üretebilecek ve sorulara yanıt olabilecek bir yönetmelik hakkında bilgi sahibi olması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Yönetmelikle gelen ilave tasarım koşullarıyla birleşim kontrolü sırasında emniyet gerilmesinde konstrüktif kuralların aşılması veya bunların sınırları hakkında tasarımcıya yol gösterilmemiştir. Bulon yerleşiminin kesit yüksekliği tarafından sınırlandırıldığı yüksek gövdeli profillere bağlanması sırasında başlıkların çentilmesi durumu sonucunda zayıflayan gövdede veya sıkıştırılmış bulon düzeni yüzünden karşılaşılabilecek blok kesme yırtılması kontrolü yoktur. Emniyet gerilmesi yönteminde konstrüktif kurallara uyulması durumunda birleşimde bu şekilde göçme modu ortaya çıkmaz kontrole gerek yoktur fakat bu durumun aşılması durumu için tasarımın nasıl kontrol edileceği ile ilgili şartların getirilmesi zorunluluğu vardır.

Birleşim tasarımında yüksek mukavemetli bulonların kullanılması bağladığı elemanlarda yüksek ezilme gerilmesi oluşturur, bu durumda pratikte gövdelerin sıklıkla takviye edilmesini zorunlu hale getirir. Arttırılmış yüklerden dolayı birleşimlerin kontrolü zorunlu hale geldiği için hesapların daha ayrıntılı ve hassas yapılmalıdır. Manivela etkisi, çekme bulonlarında zımbalama kontrolü, blok kesme yırtılması gibi birleşimde göçme modu oluşturabilecek durumlar içinde ayrıntılı hesaplar yapılmalı, bu durumlar için yönetmeliğe gerekli kontrollerin eklenmesi gereklidir.

Kalifiye teknik eleman eksikliği olan ülkemizde birleşim aracı olarak kaynak kullanılan yapısal eleman birleşimlerinin deprem gibi zaman içinde ve ani olarak çıkabilecek durumlarda beklenen performansı gösterebilmesi için sertifikalı kaynakçılar ve kontrollü yapılması gereklidir. İmalat sırasında kaynaktaki kusurlar gevrek kırılma eğiliminde olup yapıyı habersiz göçmeye götürebilecek durumlara yol



açabilir.Bu gibi durumlarla karşılaşma gerçeğinden dolayı kaynak kalitesi kontrol edilmek koşulu için kaynak dayanımının hesaplarda kabul edilmesi aksi durum için kontrol ile tespit edilen dayanım için zorunlu hesap yapılması koşulu getirilmelidir.

## KAYNAKLAR

- [1] **ICBO, 1997.**1997 Uniform Building Code Volume 2, Structural Engineering Design Prarisions, International Conference of Building Officials, Whittier, California.
- [2] **AISC-ASD, 1989.** Specification for Structural Steel Building : Allowable Stres Design and Plastic Design, June 1, 1989 With Commentary, 2nd Impression, American Instute of Steel Construction, Chicago, Illinois.
- [3] **AISC-LRFD, 1993.** Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Building, American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois.
- [4] **CSI, 1999.** ETABS User's Manual, Vol. 1 and 11, Computers and Structures, Inc, Berkeley, California.
- [5] **Yardımcı, N., 2005.** Çelik yapıların tasarımı ve tasarım yöntemleri, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, **435**, 46-50.
- [6] **DBYBHY, 2007.** Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Mustafa Cihangir Çelik, 07 Aralık 1981 tarihinde İskenderun'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İskenderun'da tamamladı. 1999 yılında İskenderun Lisesi'nden mezun olduktan sonra, aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne girmeye hak kazandı. 2004 yılında yapı anabilim dalında gerçekleştirdiği lisans tezi ile lisans öğrenimini tamamlayarak İnşaat Mühendisi ünvanını aldıktan sonra İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne bağlı İnşaat Mühendisliği Bölümü bünyesindeki Yapı Mühendisliği yüksek lisans programında lisansüstü programına kabul edilmiştir.