

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ'NİN 1998 DEPREM
YÖNETMELİĞİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI VE
SAYISAL İRDELEMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Turgay YAVUZARSLAN**

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2007

**2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ’NİN 1998 DEPREM
YÖNETMELİĞİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI VE
SAYISAL İRDELEMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Turgay YAVUZARSLAN
(501031910)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Haziran 2007**

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

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

Bilindiği üzere ülkemizin önemli bir bölümü deprem kuşağında yer almaktadır. Deprem riski altında yaşayan diğer ülkelerde de olduğu gibi, bu riski azaltmak için ülkemizde yapılan çalışmaların başında, depreme dayanıklı yapıların nasıl inşa edileceğini tanımlayan yönetmeliklerin hazırlanması ve uygulanması gelmektedir.

Hazırlamış olduğum bu yüksek lisans tezinde, 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ile 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğin çelik yapılarla ilgili olarak içerdikleri koşul ve esaslar arasındaki farklılıklar belirtilmiş; ve yeni yönetmeliğe göre tek katlı bir çelik endüstri yapısı çözülmüştür.

İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Anabilim Dalı Programı yüksek lisans öğrenimim süresince, değerli fikirlerinden ve tecrübelerinden yararlanma şansı bulduğum, yaptığım çalışmada beni yönlendiren tez danışmanım değerli hocam Sayın Prof. Dr. Nesrin YARDIMCI'ya ve yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Cüneyt VATANSEVER hocama en içten teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2007

Turgay YAVUZARSLAN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. 2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ'NİN 1998 DEPREM YÖNETMELİĞİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI SAYISAL İRDELENMESİ	2
2.1. Kapsam	2
2.2. Depreme Karşı Güvenlik	3
2.3. Çelik Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması	3
2.3.1. Süneklik Düzeyi Yüksek Çerçevesler	4
2.3.2. Süneklik Düzeyi Normal Çerçevesler	15
2.3.3. Merkezi ve Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler	17
2.3.4. Süneklik Düzeyi Yüksek Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler	18
2.3.5. Süneklik Düzeyi Normal Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler	22
2.3.6. Süneklik Düzeyi Yüksek Dış Merkez Çelik Çaprazlı Perdeler	25
2.4. İlgili Standartlar	34
2.5. Malzeme Koşulları ve Emniyet Gerilmeleri	35
2.6. Arttırılmış Deprem Etkileri	38
2.7. İç Kuvvet Kapasiteleri ve Gerilme Sınır Değerleri	39
2.8. Moment Aktaran Çerçeveslerde Kiriş - Kolon Birleşim Detayları	40
2.8.1. Kapsam ve Genel Hususlar	40
2.8.2. Kiriş - Kolon Birleşim Detayları	41
2.8.2.1. Alın Levhalı Bulonlu Birleşim Detayı	41
2.8.2.2. Takviyeli Alın Levhalı Bulonlu Birleşim Detayı	42
2.8.2.3. Alın Levhasız Bulonlu Birleşim Detayı	43
2.8.2.4. Kaynaklı Birleşim Detayı	44
2.8.2.5. Ek Başlık Levhalı Kaynaklı Birleşim Detayı	45
2.8.2.6. Zayıflatılmış Kiriş Enkesiti Kaynaklı Birleşim Detayı	46

3. SAYISAL UYGULAMA	48
3.1. Tek Katlı Çelik Yapılar	48
3.2. Bir Doğrultuda Süneklik Düzeyi Yüksek Kafes Kirişli Çerçevelerden, Diğer Doğrultuda Süneklik Düzeyi Yüksek Çelik Çaprazlı Perdelerden Oluşan Tek Katlı Çelik Endüstri Binası	50
3.2.1. Düşey Yükler	53
3.2.2. Deprem Karakteristikleri	53
3.2.3. Rüzgâr Yükleri	54
3.2.4. Kar Yükleri	55
3.2.5. Trapez Sac Yükü	55
3.2.6. Aşık Yükleri	55
3.2.7. Deprem Yükleri	56
3.2.8. Aşık Hesabı	56
3.2.9. Üst Başlık Hesabı	57
3.2.10. Alt Başlık Hesabı	57
3.2.11. (y) Doğrultusundaki Merkezi Çapraz Sisteminin Analizi	58
3.2.11.1. Merkezi Çapraz Sisteminin Rüzgâr Yükleri İçin Hesabı	58
3.2.11.2. Merkezi Çapraz Sisteminin Deprem Yükleri İçin Hesabı	60
3.2.12. Kolonların Boyutlandırılması	62
3.2.13. Çatı ve Düşey Düzlem Çapraz Sistemi Elemanlarının Boyutlandırılması	64
3.2.14. Çatı ve Düşey Düzlem Çapraz Sistemi Birleşim Detaylarının Tasarımı	66
3.2.15. Kolonların Temel Bağlantı Detayının Tasarımı	69
3.2.16. Bir Doğrultuda Süneklik Düzeyi Normal Çerçevelerden, Diğer Doğrultuda Süneklik Düzeyi Normal Çelik Çaprazlı Perdelerden Oluşan Tek Katlı Çelik Endüstri Binası	73
3.2.16.1. Deprem Karakteristikleri	74
3.2.16.2. Düzensizliklerin Kontrolü	75
3.2.16.3. Yük Birleşimleri	75
3.2.16.4. Sistem Analizleri	76
4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR	78
KAYNAKLAR	84
ÖZGEÇMİŞ	85

KISALTMALAR

ABYYHY: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

DBYBHY: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa no</u>
Tablo 2.1: Enkesit koşulları.....	5
Tablo 2.2: D_a Arttırma Katsayıları.....	37
Tablo 2.3: Büyütme Katsayıları.....	38
Tablo 2.4: Alın Levhalı Bulonlu Kiriş – Kolon Birleşim Detaylarının Uygulama Sınırları.....	42
Tablo 2.5: Takviyeli Alın Levhalı Bulonlu Kiriş – Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları.....	43
Tablo 2.6: Alın Levhasız Bulonlu Kiriş – Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları.....	44
Tablo 2.7: Kaynaklı Kiriş – Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları.....	45
Tablo 2.8: Ek Başlık Levhalı Kaynaklı Kiriş – Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları.....	46
Tablo 2.9: Zayıflatılmış Kiriş Enkesiti Kaynaklı Kiriş – Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları.....	47
Tablo 3.1: Kafes Kiriş Metrajı.....	72
Tablo 3.2: Aşık Metrajı.....	72
Tablo 3.3: Çatı Çapraz sistemi Metrajı.....	72
Tablo 3.4: Düşey Düzlem Merkezi Çapraz Sistemi Metrajı.....	73
Tablo 3.5: Kolon Metrajı.....	73
Tablo 3.6: Çerçeve Kirişlerinin Metrajı.....	76
Tablo 3.7: Çerçeve Kolonlarının Metrajı.....	76
Tablo 3.8: Çatı Çapraz Sistemi Metrajı.....	76
Tablo 3.9: Düşey Düzlem Merkezi Çapraz sistemi Metrajı.....	77

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa no

Şekil 2.1 : Kolonların Kirişlerden Güçlü Olması Koşulu.....	6
Şekil 2.2 : Kolon – Kiriş Birleşim Detayı.....	9
Şekil 2.3 : Takviye Levhaları.....	10
Şekil 2.4 : Çelik Çaprazlar.....	18
Şekil 2.5 : Bağ Kirişi Dönme Açısı.....	29
Şekil 2.6 : Alın Levhalı Bulonlu Birleşim Detayı.....	41
Şekil 2.7 : Takviyeli Alın Levhalı Bulonlu Birleşim Detayı.....	42
Şekil 2.8 : Alın Levhasız Bulonlu Birleşim Detayı.....	43
Şekil 2.9 : Kaynaklı Birleşim Detayı.....	45
Şekil 2.10: Ek Başlık Levhalı Kaynaklı Birleşim Detayı.....	46
Şekil 2.11: Zayıflatılmış Kiriş Enkesiti Kaynaklı Birleşim Detayı.....	47
Şekil 3.1 : Tek Katlı Çelik Yapılar.....	49
Şekil 3.2 : Genel Sistem Görünüşü.....	50
Şekil 3.3 : Çatı Sistem Planı.....	51
Şekil 3.4 : Tipik Çerçeve Enkesiti.....	52
Şekil 3.5 : Cephe Sistem Görünüşü.....	53
Şekil 3.6 : Rüzgar Yükleme.....	54
Şekil 3.7 : Cephe Kolonlarının Rüzgar Yükleri ve Mesnet Tepkileri.....	59
Şekil 3.8 : Çatı ve Düşey Düzlem Çaprazlarına Etkiyen Rüzgar Yükleri.....	60
Şekil 3.9 : Çatı ve Düşey Düzlem Çaprazlarına Etkiyen Deprem Yükleri.....	61

SEMBOL LİSTESİ

Aşağıdaki simgelerin kullanıldığı boyutlu ifadelerde, kuvvetler Newton [N], uzunluklar milimetre [mm], açılar radyan [rad] ve gerilmeler MegaPascal [Mpa]=[N/mm²] birimindedir.

- 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
D : Dairesel halka kesitlerde dış çap
D_a : Akma gerilmesi arttırma katsayısı
d_b : Kiriş enkesit yüksekliği
d_c : Kolon enkesit yüksekliği
E : Deprem yükü simgesi
E_s : Yapı çeliği elastisite modülü
E : Bağ kirişi boyu
G : Sabit yük simgesi
H_{ort} : Düşüm noktasının üstündeki ve altındaki kat yüksekliklerinin ortalaması
h : Gövde levhası yüksekliği
h_i : Binanın i'inci katının kat yüksekliği
l_b : Kirişin yanal doğrultuda mesnetlendiği noktalar arasındaki uzaklık
l_n : Kiriş uçlarındaki olası plastik mafsallardaki noktaları arasındaki uzaklık
M_d : Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eğilme momenti
M_p : Eğilme momenti kapasitesi
M_{pa} : Kolonun alt ucunda hesaplanan moment kapasitesi
M_{pi} : Kirişin sol ucu i'de hesaplanan pozitif veya negatif moment kapasitesi
M_{pj} : Kirişin sağ ucu j'de hesaplanan pozitif veya negatif moment kapasitesi
M_{pn} : İndirgenmemiş moment kapasitesi
M_{pü} : Kolonun üst ucunda hesaplanan moment kapasitesi
M_{vi} : Kirişin sol ucu i'deki olası plastik mafsaldaki kesme kuvvetinden dolayı kolon yüzünde meydana gelen ek eğilme momenti
M_{vj} : Kirişin sağ ucu j'deki olası plastik mafsaldaki kesme kuvvetinden dolayı kolon yüzünde meydana gelen ek eğilme momenti
N_{bp} : Eksenel basınç kapasitesi
N_{çp} : Eksenel çekme kapasitesi
N_d : Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet
Q : Hareketli yük simgesi
R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

- r_y : Kiriş başlığının ve gövdenin 1/5'inin yanal doğrultudaki atalet yarıçapı
 t : Kalınlık
 t_{bf} : Kiriş kesitinin başlık kalınlığı
 t_{cf} : Kolon kesitinin başlık kalınlığı
 t_{min} : Kayma bölgesindeki en küçük levha kalınlığı
 t_p : Takviye levhaları dahil olmak üzere, kayma bölgesindeki toplam levha kalınlığı
 t_t : Takviye levhası kalınlığı
 t_w : Gövde kalınlığı
 u : Kayma bölgesi çevresinin uzunluğu
 V_d : Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
 V_{dy} : Kirişin kolona birleşen yüzünde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti
 V_e : Kolon-kiriş birleşim bölgesinin gerekli kesme dayanımı
 V_{ke} : Kayma bölgesinin gerekli kesme dayanımı
 V_{ik} : Çerçevesel veya perdeli-çerçevesel sistemlerin çerçevelerinde, binanın i'inci katındaki tüm kolonlarda, göz önüne alınan deprem doğrultusunda hesaplanan kesme kuvvetlerinin toplamı
 V_{is} : Çerçevesel veya perdeli-çerçevesel sistemlerin çerçevelerinde, binanın i'inci katında **Denklem 2.1**'in hem alttaki hem de üstteki düğüm noktalarında sağlandığı kolonlarda, göz önüne alınan deprem doğrultusunda hesaplanan kesme kuvvetlerinin toplamı
 V_p : Kesme kuvveti kapasitesi
 V_{pn} : İndirgenmemiş kesme kuvveti kapasitesi
 W_p : Plastik mukavemet momenti
 α_i : Herhangi bir i'inci katta hesaplanan V_{is}/V_{ik} oranı
 Δ_i : Binanın i'inci katındaki görelî kat ötelemesi
 γ_p : Bağ kirişi dönme açısı
 Ω_o : Büyütme katsayısı
 σ_a : Yapı çeliğinin akma gerilmesi
 σ_{bem} : Elemanın narinliğine bağlı olarak, TS-648'e göre hesaplanan basınç emniyet gerilmesi
 σ_{em} : Emniyet gerilmesi
 θ_p : Görelî kat ötelemesi açısı

2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ'NİN 1998 DEPREM YÖNETMELİĞİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI VE SAYISAL İRDELEMESİ

ÖZET

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmanın temel amacı, 1998 ABYYHY ile 2007 DBYBHY lerin çelik yapılar ile ilgili içerdikleri kavram ve kabuller açısından farklı yanlarını ortaya koymak; ve bu farklılıkları tek katlı bir çelik yapı üzerinde irdelemektir.

Çalışmanın ilk bölümlerinde, her iki yönetmelik genel olarak incelenmiş, ve yeni yönetmelikte yer alan farklı kavramlar karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

Çelik taşıyıcı sistemler her iki yönetmeliğe göre sınıflandırılmış; birbirine denk gelen sistemler arasındaki benzerlik ve farklılıklar ortaya konmuştur.

Her iki yönetmelikte, verilen deprem yükleri ve hesap kurallarında kullanılan standartlar belirtilmiş, birleşim elemanları ile ilgili olarak belirtilen kuralların dışında verilen diğer hususlar için TS 648 ve TS 3357'deki kurallara uyulacağı ifade edilmiştir.

Malzeme koşulları ve emniyet gerilmeleri, arttırılmış deprem etkileri, iç kuvvet kapasiteleri ve gerilme sınır değerleri başlıkları altında her iki yönetmelik arasındaki farklar belirtilmiştir.

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde, “1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te” olmayan fakat yeni yönetmelikte kapsamlı bir şekilde değinilen “Moment Aktaran Çerçevelerde Kiriş – Kolon Birleşim Detayları” irdelenmiştir.

Çalışmanın son bölümünde tek katlı çelik yapılar hakkında genel bir bilgi verilmiş, ve bir endüstri yapısı “2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” esas alınarak çözülmüştür. Yapının tasarımı ve çözümlenmesi sırasında SAP 2000 bilgisayar programı kullanılmış ve sonuçlara ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır.

COMPARISON OF TURKISH EARTHQUAKE DESIGN CODE IN 2007 AND THAT IN 1998 AND NUMERICAL INVESTIGATION

SUMMARY

The main purpose of this study, which is presented as M.Sc thesis, is to find out the differences in concepts, and assumptions of the existing design specifications for structures built in disaster areas (i.e Turkish Earthquake Design Code in 1998 and Turkish Earthquake Design Code in 2007). And the behaviour of a single-storey steel structures, using these design codes has been investigated.

At the beginning of this study, both design code have been examined in a general meaning. And new concepts in Turkish Earthquake Design Code in 2007 have been investigated in an comparative way.

Steel frames are classified according to the both specifications; similarities and differences are mentioned.

Seismic loads and the standarts which are used in calculation rules are given in both specifications. It is also mentioned that except teh rules about connection elements, TS 648 and TS 3357 rules are used.

The differences between specifications in material conditions, allowable stresses, modified earthquake effects, internal load capacity and tension limits are mentioned.

Moreover; “the details of beam – column connection in moment distributed frames” which is not mentioned specifications for structures to be built in disaster areas in 1998 is investigated.

Finally, comprehensive information is given about single storey steel suructures and an industrial steel structure is solved according to specifications for structures to be built in disaster areas in 2007. While designing and solving the structure SAP2000 is utilized; and evaluations are made accordingly.

1. GİRİŞ

Bu çalışmada 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ve 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te çelik binalar için depreme dayanıklı tasarım kuralları incelenmiştir.

1995 yılında oluşturulan bir komitenin yoğun çalışmaları sonucu, Mayıs 1996'da yeni ABYYHY Resmi Gazete'de yayınlanmış ve bir yıl boyunca tartışmaya açılmıştır.

1998 Deprem Yönetmeliği (ABYYHY) gerek bilim adamlarından gerekse mühendislik kamuoyundan gelen yoğun tepkilere hedef olmuş, bunun üzerine yönetmelik yeniden ele alınmış, belirli bölümleri, düzeltilmiş, ve son şekli Eylül 1997 'de yayınlanarak 1 Ocak 1998'de yürürlüğe girmiştir.

Yönetmelik, dünyadaki ve yurdumuzdaki "Deprem Mühendisliği" gelişmelerinin pek çoğunu kapsayan çağdaş ve olumlu yaklaşımları içermektedir.

Ancak 1996 taslağında olduğu gibi, 1998 Deprem Yönetmeliği'nde de bir çok maddede ileriki veya gerideki bölüm, alt kısım ve maddelere ardışık göndermeler yapılmakta, bu olumsuz özellik yönetmeliğin anlaşılabilir olma niteliğine geniş ölçüde zarar vermektedir.

2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğin (DBYBHY) hazırlanmasında 1999 Marmara depreminin olumsuz etkileri göz önüne alınmış, yabancı yönetmeliklerden de faydalanılarak kapsamlı bir deprem yönetmeliği hazırlanmıştır.

Yeni yönetmeliğin çelik yapılar ile ilgili olan kısmında, yapıyı oluşturacak elemanların enkesit koşullarından birleşim elemanlarının detaylarına varıncaya kadar yapı pek çok yönden irdelenmiş ve ihtiyaçlara cevap veren bir yönetmelik olduğu ispatlanmıştır.

2. 2007 DEPREM YÖNETMELİĞİ'NİN 1998 DEPREM YÖNETMELİĞİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI VE SAYISAL İRDELEMESİ

Bu bölümde 2007 Deprem Yönetmeliği ve 1998 Deprem Yönetmeliği'nde yer alan yapısal nitelikli temel kavram ve kurallar karşılaştırılmış, ayrıca 2007 Deprem Yönetmeliği'nin bazı önemli maddelerinin AISC 2002 ve AISC 2005 ile benzerlik ve farklılıkları ele alınmıştır.

2.1 Kapsam

2007 Deprem Yönetmeliği'nde, deprem bölgelerinde yapılacak tüm çelik binaların taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılması ve birleşimlerinin düzenlenmesi, bu konuda yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmeliklerle birlikte, belirtilen özel kurallara uyularak yapılacağı açıkça vurgulanmış ve kapsamı içindeki çelik binaların yatay yük taşıyıcı sistemlerinin sadece çelik çerçevelerden, sadece merkezi veya dış merkez çelik çaprazlı perdelerden veya çerçevelerin, çelik çaprazlı perdeler ya da betonarme perdelerle birleşiminden olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca betonarme döşemelerin çelik kirişler ile kompozit olarak çalıştığı çelik taşıyıcı sistemler de bu bölümün kapsamı içine alınmıştır.

Bu maddede bahsedilen çelik binalar 2007 DBYBHY'te **Tablo 2.5** kısmında verilen çelik binalardır. Bunlar:

- Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar
- Deprem yüklerinin tamamının üstteki bağlantıları mafsalı olan kolonlar tarafından taşındığı binalar
- Deprem yüklerinin tamamının çaprazlı perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı binalar
 - Çaprazların merkezi olması durumu
 - Çaprazların dışmerkez olması durumu

- Betonarme perdelerin kullanılması durumu
- Deprem yüklerinin çerçeveler ile birlikte çaprazlı çelik perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı binalar
 - Çaprazların merkezi olması durumu
 - Çaprazların dışmerkez olması durumu
 - Betonarme perdelerin kullanılması durumu

Buna karşın, 1998 Deprem Yönetmeliği'nde "merkezi veya dış merkez çelik çaprazlı perdeler yerine "çelik çaprazlı perdeler" denilmekte olup kompozit yapılara ise hiç değinilmemiştir. Diğer taşıyıcılarda ise herhangi bir farklılık yoktur.

2.2 Depreme Karşı Güvenlik

Her iki yönetmelikte de, tüm dünyada kabul gören, yapının sık ve küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içinde kalarak, orta şiddetteki depremleri taşıyıcı sistemde kolayca onarılabilecek önemsiz hasarlarla, çok seyrek ve şiddetli depremleri de can kaybına yol açmadan atlattığı ilkesi benimsenmiş, belirli bir güvenlik daima amaçlanmıştır.

2.3 Çelik Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması

2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te çelik taşıyıcı sistemler:

1. Süneklik Düzeyi Yüksek Çerçeveler
2. Süneklik Düzeyi Normal Çerçeveler
3. Süneklik Düzeyi Yüksek Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler
4. Süneklik Düzeyi Normal Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler
5. Süneklik Düzeyi Yüksek Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler

olmak üzere beş sınıfa ayrıldığı halde;

1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te (ABYYHY) çelik taşıyıcı sistemler:

1. Süneklik Düzeyi Yüksek Çerçeveseler
2. Süneklik Düzeyi Normal Çerçeveseler
3. Süneklik Düzeyi Yüksek Çelik Çaprazlı Perdeler
4. Süneklik Düzeyi Normal Çelik Çaprazlı Perdeler

olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır.

2.3.1 Süneklik Düzeyi Yüksek Çerçeveseler

- Enkesit koşulları
 - Süneklik düzeyi yüksek çerçeveselerin kiriş ve kolonlarında, başlık genişliği/kalınlığı ve gövde yüksekliği/kalınlığı oranlarına ilişkin kurallar **Tablo 2.1**'de verilmiştir.

Süneklik düzeyi yüksek çerçeveselerin, yerel burkulmasının önlenmesi, ve sismik yüklere maruz kaldığında inelastik deformasyonlara karşı koyabilmesi gerekmektedir. Çünkü, yerel burkulma kolon, kiriş gibi taşıyıcı elemanların yük taşıma kapasitelerinde önemli kayıplara yol açmaktadır. İnelastik deformasyonların büyük kısmının, az miktarda kolonun kayma bölgesinde ve kirişte plastik mafsalları verilen bölgelerde dönme şeklinde olması beklenmektedir.

Ayrıca, kolonlar, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan aksel kuvvet ve eğilme momentleri altında gerekli gerilme kontrollerini sağlamaları yanında, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde arttırılmış yükleme durumlarından oluşan aksel basınç ve çekme kuvvetleri altında da (eğilme momentleri göz önüne alınmaksızın) yeterli dayanım kapasitesine sahip olacakları belirtilmiştir.

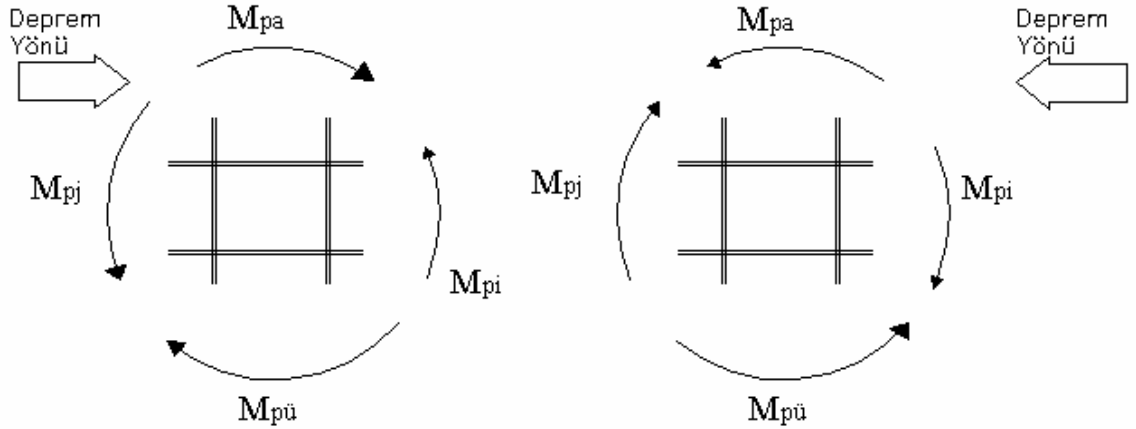
Tablo 2.1 : Enkesit Koşulları

Eleman Tanımı	Narinlik Oranları	Sınır Değerler	
		Süneklik Düzeyi Yüksek Sistem	Süneklik Düzeyi Normal Sistem
Eğilme etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	b/t	$0.3\sqrt{E_s / \sigma_a}$	$0.5\sqrt{E_s / \sigma_a}$
Eğilme etkisindeki I kesitleri U kesitleri	h/t _w	$3.2\sqrt{E_s / \sigma_a}$	$5.0\sqrt{E_s / \sigma_a}$
Basınç etkisindeki T kesitleri L kesitleri	h/t _w	$0.3\sqrt{E_s / \sigma_a}$	$0.5\sqrt{E_s / \sigma_a}$
Eğilme ve eksenel basınç etkisindeki I kesitleri U kesitleri	h/t _w	$ N_d / \sigma_a A \leq 0.10$ için $3.2\sqrt{E_s / \sigma_a} \left(1 - 1.7 \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$	$ N_d / \sigma_a A \leq 0.10$ için $5.0\sqrt{E_s / \sigma_a} \left(1 - 1.7 \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$
		$ N_d / \sigma_a A > 0.10$ için $1.33\sqrt{E_s / \sigma_a} \left(2.1 - \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$	$ N_d / \sigma_a A > 0.10$ için $2.08\sqrt{E_s / \sigma_a} \left(2.1 - \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dairesel halka kesitler (borular)	D/t	$0.05 \frac{E_s}{\sigma_a}$	$0.08 \frac{E_s}{\sigma_a}$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dikdörtgen kutu kesitler	b/t veya h/t _w	$0.7\sqrt{E_s / \sigma_a}$	$1.2\sqrt{E_s / \sigma_a}$
<p>Tanımlar</p> <p>b : I kesitlerde yarım başlık genişliği I,U kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde başlık genişliği</p> <p>h : I, U, T, kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde gövde yüksekliği L kesitlerinde büyük kenar uzunluğu</p> <p>D : dairesel halka kesitlerde (borularda) dış çap</p> <p>t : I, U, T kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde başlık kalınlığı, halka kesitlerde (borularda) kalınlık</p> <p>t_w : I, U, T, L kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde gövde kalınlığı</p>			

- Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu
 - Çerçeve türü sistemlerde veya perdeli çerçeveli sistemlerin çerçevelerinde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların moment kapasitelerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin moment kapasiteleri toplamının $1.1D_a$ katından daha büyük olacaktır.

$$(M_{pa}+M_{pü}) \geq 1.1D_a (M_{pi}+ M_{vi} + M_{pj} + M_{vj}) \quad (2.1)$$

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 2.1 : Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu

Güçlü kolon zayıf kiriş prensibi, yapıda oluşacak plastik mafsalların öncelikle kirişlerde oluşmasını sağlayarak, yapının göçmeden önce büyük deformasyonlar yaparak can güvenliği açısından zaman kazanılmasını sağlamak için uygulanan bir prensiptir.

Depremin 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 eksenel kuvvetleri göz önüne alınacaktır.

Depremi x ve y doğrultusundan etkimesine bağılı olarak **Denklem (2.1)**'e göre korunumlu tarafta kalmak için kolon eğilme momenti kapasitesini en küçük yapan normal kuvvete göre kontrol yapılır. Kolon eğilme momenti kapasitesini en küçük yapan normal kuvvet **Denklem (2.1)**'i sağlarsa kolon eğilme momenti kapasitesinin daha büyük olduğu durumda bu koşul sağlanmış olur.

- Tek katlı binalarda ve çok katlı binaların kolonları üst kata devam etmeyen düğüm noktalarında **Denklem (2.1)**'in sağlanıp sağlanmadığına bakılmayacaktır.
- Kolonların kirişlerden daha güçlü olası koşulunun bazı kolonlarda sağlanamaması durumunda, sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın herhangi bir i'inci katında $\alpha_i = V_{is}/V_{ik} \geq 0.70$ denkleminin sağlanması koşulu ile, ilgili katın alt veya üstündeki bazı düğüm noktalarında **Denklem (2.1)**'in sağlanamamış olmasına izin verilebilir.
- $\alpha_i = V_{is}/V_{ik} \geq 0.70$ denkleminin sağlanması durumunda $0.70 < \alpha_i < 1.00$ aralığında, **Denklem (2.1)**'in hem alttaki, hem de üstteki düğüm noktalarında sağlandığı kolonlara etkiyen eğilme momenti ve kesme kuvvetleri ($1/\alpha_i$) oranı ile çarpılarak arttırılacaktır. **Denklem (2.1)**'i sağlamayan kolonlar, kesitlerinde oluşan düşey yük ve deprem etkileri altında hesaplanacaktır.
- Herhangi bir katta $\alpha_i = V_{is}/V_{ik} \geq 0.70$ denkleminin sağlanamaması durumunda, sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerdeki tüm çerçeveler Süneklik Düzeyi Normal Çerçeve olarak göz önüne alınacak ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı değiştirilerek hesap tekrarlanacaktır.
- Kiriş-Kolon Birleşim Bölgeleri
 - Süneklik düzeyi normal çerçevelerin moment aktaran kiriş-kolon birleşimlerinde aşağıdaki üç koşulun bir arada sağlanması gerekmektedir:
 1. Birleşim en az 0.04 radyan görelî kat ötelemesi açısını (görelî kat ötelemesi/kat yüksekliği) sağlayacaktır. Bunun için, deneysel

ve/veya analitik yöntemlerle geçerliliği kanıtlanmış detaylar kullanılacaktır.

2. Birleşimin kolon yüzündeki gerekli eğilme dayanımı, birleşen kirişin eğilme momenti kapasitesinin $0.80 \times 1.1D_a$ katından daha az olmayacaktır. Ancak bu dayanımın üst limiti, düğüm noktasına birleşen kolonlar tarafından söz konusu birleşime aktarılan en büyük eğilme momenti ile uyumlu olacaktır. Ayrıca düşey yükler ve deprem yükü azaltma katsayısının $R=1.5$ değeri için hesaplanan deprem yüklerinin ortak etkisi altında meydana gelen ek eğilme momentini aşmayacaktır. Zayıflatılmış kiriş enkesitleri kullanılması veya kiriş uçlarında guseler oluşturulması halinde, kolon yüzündeki eğilme momenti kapasitesi, kiriş plastik momenti ile kiriş ucundaki olası plastik mafsaldaki kesme kuvvetinden dolayı kolon yüzünde meydana gelen ek eğilme momenti toplanarak hesaplanacaktır.

Bu madde ile ilgili olarak AISC 2002 ve AISC 2005’de birleşimin kolon yüzündeki gerekli eğilme dayanımının, bağlanan kirişin 0.04 görelî kat ötelenmesi açısı ile plastik eğilme dayanımının en az $\%80$ ’ine eşit olması gerektiği belirtilmiştir.

3. Birleşimin gerekli V_e kesme kuvveti dayanımı

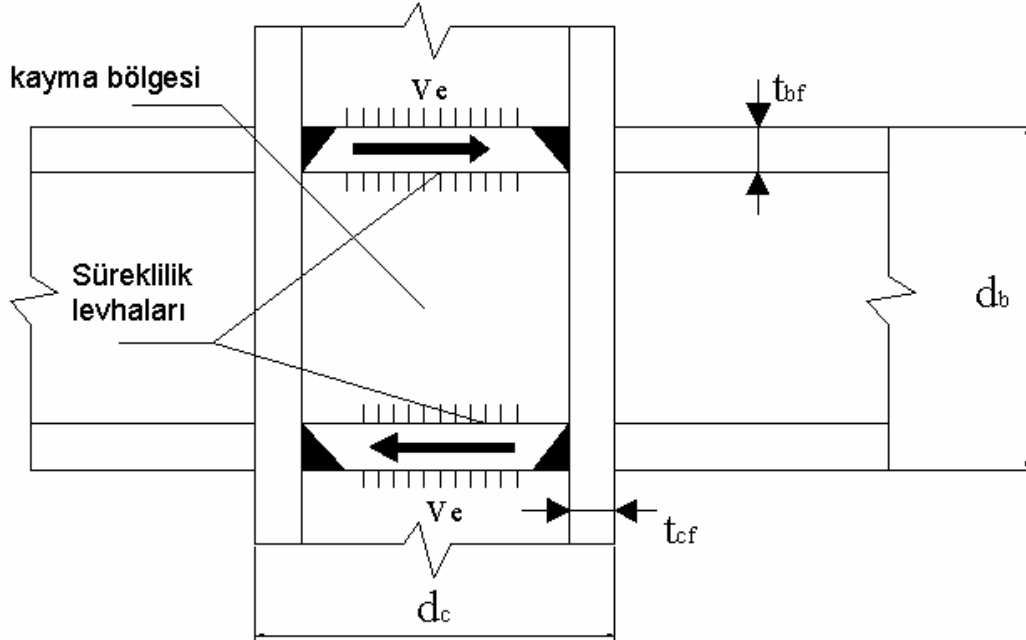
$$V_e = V_{dy} \pm 1.1D_a \frac{(M_{pi} + M_{pj})}{l_n} \quad (2.2)$$

ile hesaplanacaktır.

- Birleşimin taşıma kapasitesinin hesabında 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.2.5**’te verilen gerilme sınır değerleri kullanılacaktır.
- Kiriş-kolon birleşim detayında, kolon ve kiriş başlıklarının sınırladığı kayma bölgesi, aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde boyutlandırılmalıdır:
 1. 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.

$$V_{ke} = 0.8 \sum M_p \left(\frac{1}{d_b} - \frac{1}{H_{ort}} \right) \quad (2.3)$$



Şekil 2.2 : Kolon – Kiriş Birleşim Detayı

2. Kayma bölgesinin V_p kesme kuvveti kapasitesi

$$V_p = 0.6 \sigma_a d_c t_p \left[1 + \frac{3b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_p} \right] \quad (2.4)$$

denklemleri ile hesaplanacaktır. Kayma bölgesinin yeterli kesme dayanımına sahip olabilmesi için

$$V_p \geq V_{ke} \quad (2.5)$$

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

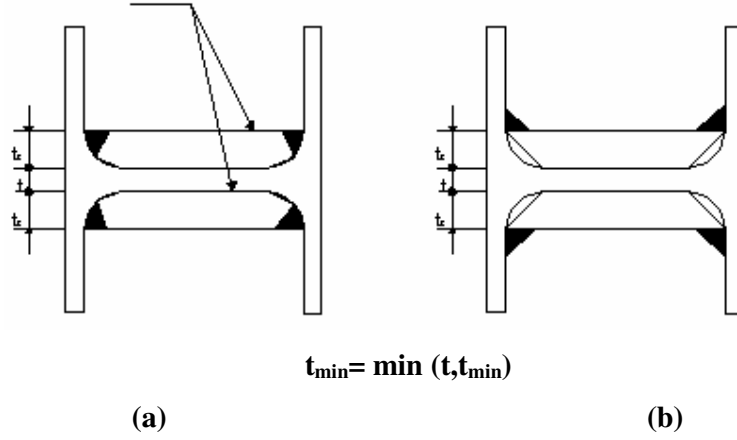
- Kolon gövde levhasının ve eğer kullanılmış ise takviye levhalarının her birinin en küçük kalınlığı

$$t_{\min} \geq u/180 \quad (2.6)$$

koşulunu sağlamalıdır.

Bu koşulun sağlanmadığı durumlarda takviye levhaları ve kolon gövde levhası birbirlerine kaynakla bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanacak ve levha kalınlıkları toplamının **Denklem 2.6**'yı sağladığı kontrol edilecektir.

takviye levhaları



Şekil 2.3 : Takviye Levhaları

Burada (a) kesitinde kaynak gösterilen yerde kaynak yapmak uygun değildir. Çünkü profilin boyun bölgeleri profilin çentik dayanımının oldukça düşük olduğu bölgelerdir. AISC 2002'de de belirtildiği üzere geniş başlıklı ve başlık gövde birleşiminde ovalik olan elemanlarda belirli bir bölgede dayanımda azalma olduğu fark edilmiş, bu durum deneysel çalışmalarla kanıtlanmıştır.

- Kayma bölgesinde takviye levhaları kullanılması halinde, bu levhaların kolon başlık levhalarına bağlanması için tam penetrasyonlu küt kaynak veya köşe kaynağı kullanılacaktır. Bu kaynaklar takviye levhası tarafından karşılanan kesme kuvvetini güvenle aktaracak şekilde kontrol edilecektir. Bu hesapta 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.2.5**'te verilen kaynak gerilme kapasiteleri kullanılacaktır.
- 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.

Buradaki süreklilik levhaları, moment kuvvet çiftine dönüştürüldüğünde elde edilen çekme ve basınç kuvvetlerini kolonda herhangi bir yerel burkulma ve buruşma olmadan kolona aktarabilmek için gereklidir.

1. 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.

Sürekliliğin sağlanmasında problem yaşanmaması, kuvvet aktarımının sorunsuz sağlanabilmesi ve kayma bölgesinde herhangi bir yerel burkulma yaşanmaması için süreklilik levhalarının minimum kalınlığı kiriş başlık kalınlığına eşit olmalıdır.

2. 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.

3. Kolon başlık kalınlığının

$$t_{cf} \geq 0.54 \sqrt{b_{bf} t_{bf}} \quad (2.7)$$

ve

$$t_{cf} \geq \frac{b_{bf}}{6} \quad (2.8)$$

koşullarının her ikisini de sağlaması durumunda süreklilik levhasına gerek olmayabilir.

- Kolon ve Kiriş Ekleri
 - Tam penetrasyonlu küt kaynaklı veya bulonlu olarak yapılan kolon eklerinin kolon-kiriş birleşim yerinden en az net kat yüksekliğinin 1/3'ü kadar uzakta olacaktır. Köşe kaynağı ile veya tam penetrasyonlu olmayan küt kaynakla yapılan eklerde bu uzaklık 1.20m'den az olmayacaktır.

1. Kolon kesit tesirleri düşünül­düğü zaman (moment diyagramı) ekin, momentin küçük oldu­ğu yerlerde yapılması en uygun çö­züm olmaktadır.
2. AISC 2002’de ve AISC 2005’te bu sınır de­ğerler aynı olarak verilmiştir. Ayrıca bunlara ek olarak AISC 2002 ve AISC 2005’te kolon temiz yüksekliğinin 2.4m’den az olması durumunda ekin ortaya yapılabileceğinden bahsedilmektedir.
3. Ayrıca AISC 2002’de ve AISC 2005’te bu sınırların yanı sıra çekme etkisindeki tam penetrasyonlu olmayan küt kaynakla yapılan eklerin dizayn dayanımının gerekli dayanımın %200’üne eşit olması gerektiği belirtilmiştir.

- Kiriş ekleri, kolon-kiriş birleşim kesitinden en az kiriş yüksekliğinin iki katı kadar uzakta yapılmalıdır.

Kiriş eklerinde de kolon eklerindeki duruma benzer olarak momentin küçük olduğu yerlerde ek yapmak en uygun çö­züm olmaktadır.

- Kolon ve kiriş eklerinin eğilme kapasitesi, eklenen elemanın eğilme kapasitesinden, kesme kuvveti kapasitesi ise **Denklem (2.2)**’de verilen değerden az olmayacaktır. Ayrıca, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kolon eklerinin aksenal kuvvet kapasiteleri 2007 Deprem Yönetmeliği **Denklem 4.1a** ve **Denklem 4.1b** ile hesaplanan aksenal basınç ve çekme kuvvetleri altında da (eğilme momentleri göz önüne alınmaksızın) yeterli olacaktır. Ek elemanlarının taşıma güçlerinin hesabında 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.2.5**’te verilen kaynak ve bulon gerilme sınır de­ğerleri kullanılacaktır.

- Kiriş Başlıklarının Yanal Doğrultuda Mesnetlenmesi

- Kirişlerin üst ve alt başlıkları, yanal doğrultuda mesnetlenecektir. Kirişlerin yanal doğrultuda mesnetlendiği noktalar arasındaki l_b uzaklığı

$$l_b \leq 0.086 \frac{r_y E_s}{\sigma_a} \quad (2.9)$$

koşulunu sağlamalıdır. Ayrıca tekil yüklerin etkidiği noktalar, kiriş enkesitinin ani olarak de­ğiştiği noktalar ve sistemin doğrusal olmayan

şekildeğiştirilmesi sırasında plastik mafsal oluşabilecek noktalar da yanal doğrultuda mesnetlenecektir.

Kirişlerin yanal doğrultuda mesnetlenmesinin amacı, yanal burkulmayı önlemektir. Elemanın tekrarlı yükler altında yanal burkularak devre dışı kalmasını önlemek için ve daha fazla enerji yutmasını sağlamak için kirişlerin belli aralıklarla yanal doğrultuda mesnetlenmesi gerekmektedir. Ayrıca tekil yüklerin etkidiği ve ani kesit değişimi olan özel noktalarda önlem olarak kirişlerin yanal doğrultuda mesnetlenmeleri gerekmektedir.

AISC 2002 ve AISC 2005'te de kiriş başlıklarının yanal mesnetlenmesi ile ilgili olarak aynı sınır değerler verilmiştir.

- Yanal doğrultudaki mesnetlerin gerekli basınç ve çekme dayanımı, kiriş başlığının eksenel çekme kapasitesinin 0.02'sinden daha az olmayacaktır.
- Betonarme döşemelerin çelik kirişler ile kompozit olarak çalıştığı çelik taşıyıcı sistemlerde, kirişlerin betonarme döşemeye bağlanan başlıklarında yukarıdaki koşullara uyulması zorunlu değildir.

Kompozit döşemelerde, döşemenin yatayda çok büyük rijitliğe sahip olması nedeniyle kiriş başlıklarının tutulmasında yeterli gelmektedir.

1998 ABYYHY'te Süneklik Düzeyi Yüksek Çerçeveslerin kesit hesaplarının TS 648'e göre emniyet gerilmeleri yöntemiyle yapılırsa bile, tüm çerçeve elemanlarında başlık genişliği/kalınlığı ve gövde derinliği/kalınlığı oranları için TS 4561'e uyulacağı belirtilmiştir.

Bu yönetmelikte de, "Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu" başlığı bulunmakta ancak, 2007 DBYBHY'te **Denklem (2.1)**'de tanımlanan Da arttırma katsayıları tanımlanmamaktadır. Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun bazı kolonlarda sağlanamaması durumunda:

- Sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın herhangi bir i'inci katında, $\alpha_i = V_{is}/V_{ik} \geq 0.70$ denkleminin sağlanması koşulu ile, ilgili katın alt veya üstündeki bazı düğüm noktalarında **Denklem (2.1)**'in sağlanmamış olmasına izin verilebilir.

- $\alpha_i = V_{is}/V_{ik} \geq 0.70$ denkleminin sağlanması durumunda, $0.70 < \alpha_i < 1.00$ aralığında, **Denklem (2.1)**'in hem alttaki, hem de üstteki düğüm noktalarında sağlandığı kolonlara etkiyen eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri ($1/\alpha_i$) oranı ile çarpılarak arttırılacaktır. 2005 DBYBHY'te bahsedilen **Denklem (2.1)**'i sağlamayan kolonlar, kesitlerinde oluşan düşey yük ve deprem etkileri altında hesaplanacaktır" ifadesi 1998 ABYYHY'te yer almamaktadır.
- Herhangi bir katta $\alpha_i = V_{is}/V_{ik} \geq 0.70$ denkleminin sağlanamaması durumunda, sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerdeki tüm çerçeveler Süneklik Düzeyi Normal Çerçeve olarak göz önüne alınacak ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı değiştirilerek hesap tekrarlanacaktır.

1998 ABYYHY'te, bu bölümle ilgili olarak "Çerçevelerde Ek ve Birleşimler" başlığı altında aşağıdaki konulara değinilmiştir:

- 1) Çerçevelerin kolon-kiriş birleşimlerinde kolon sürekli olacaktır. Kirişin kolon kesitinin başlığına bağlanması durumunda kolon gövdesi kiriş başlığı seviyesinde berkitme levhaları ile güçlendirilecektir.
- 2) Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, eğilme aktaran birleşim ve eklerde kaba bulon kullanılamaz. Ancak, öngermeli olarak kullanılan yüksek dayanımlı bulonlar ve ankraj bulonları bu kısıtlamanın dışındadır. Yüksek dayanımlı bulonlar ISO 8.8 veya 10.9 kalitesinde olmalıdır.
- 3) Kolon ekleri, kolon-kiriş birleşim yerinden en az kat yüksekliğinin 1/4'ü kadar uzakta yapılmalıdır. Eklerin küt kaynakla yapılması durumunda, kaynak ağzı açılacak ve derin penetrasyonlu kaynak kullanılacaktır.
- 4) Köşe kaynaklı ya da öngermesiz bolunlu kolon-kiriş birleşimlerinin yük aktarma gücü, birleşime bağlanan elemanın taşıma gücünün 1.20 katından daha az olamaz. Diğer tür kolon-kiriş birleşimlerinde, birleşimin yük aktarma gücü, birleşime bağlanan elemanın kendi taşıma gücünden hiçbir zaman daha az olamaz.
- 5) Kiriş ekleri, kolon-kiriş birleşim yerinden en az kiriş yüksekliği kadar uzakta yapılacaktır.

Her iki yönetmelikte de yer alan güçlü kolon zayıf kiriş prensibi yapıda oluşacak plastik mafsalların önce kirişlerde yer almasına yönelik önlemlerdir. 2007 DBYBHY’te, FEMA 350, AISC 2002, AISC 2005’den de yararlanılarak sünekliği arttırıcı ilave koşullar getirilmekte ve konstrüktif kurallar verilmektedir. Taşıyıcı sistem davranış katsayıları arasında fark yoktur.

2.3.2 Süneklik Düzeyi Normal Çerçevesler

- Enkesit koşulları
 - Süneklik düzeyi normal çerçevelerin kiriş ve kolonlarında, başlık genişliği/kalınlığı ve gövde yüksekliği/kalınlığı oranlarına ilişkin koşullar **Tablo 2.1**’de verilmiştir. Ancak, en çok iki katlı binalarda, gerekli yerel burkulma kontrollerinin yapılması koşulu ile, bu sınırların aşılmasına izin verilebileceği belirtilmiştir.

Süneklik düzeyi normal çerçevelerde de yerel burkulmanın önlenmesi gerekmektedir. Çünkü yerel burkulma kolon, kiriş gibi taşıyıcı elemanların yük taşıma kapasitelerinde önemli kayıplara yol açar. Ancak süneklik düzeyi yüksek olan çerçevelerde olduğu kadar sismik enerji yutma kapasitesine sahip olmadıkları için ve inelastik deformasyonlara fazla karşı koyamadıkları için süneklik düzeyi yüksek çerçevelere göre sınırlar belirlenirken daha esnek davranılmıştır.

- Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kolonları için verilen koşullar süneklik düzeyi normal çerçeveler için de geçerlidir.
 - Süneklik düzeyi normal çerçevelerde, süneklik düzeyi yüksek çerçeveler için geçerli olan kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu ve kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun bazı kolonlarda sağlanamaması durumundaki koşullara uyulması zorunlu değildir.
- Kiriş-Kolon Birleşim Bölgeleri
 - Süneklik düzeyi normal çerçevelerin moment aktaran kiriş-kolon birleşimlerinde düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetler altında gerekli gerilme kontrolleri yapılacaktır. Ayrıca birleşimin taşıma kapasitesi, aşağıda tanımlanan iç kuvvetlerden küçük olanlarını da sağlayacaktır.

1. Kolona birleşen kirişin daha önce tanımlanan eğilme momenti kapasitesi ve **Denklem (2.2)** ile hesaplanan gerekli kesme kuvveti dayanımı
 2. Arttırılmış yükleme durumlarından dolayı kolon yüzünde meydana gelen eğilme momenti ve kesme kuvveti
- Birleşimin taşıma kapasitesinin hesabında 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.2.5**'te verilen gerilme sınır değerleri kullanılacaktır.
 - Kiriş-kolon birleşim detayında kolon ve kiriş başlıklarının sınırladığı kayma bölgesi aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde boyutlandırılacaktır:
 1. Kayma bölgesinin V_{ke} gerekli kesme kuvveti dayanımının hesabında 2007 Deprem Yönetmeliği **Denklem 4.1a** ve **Denklem 4.1b**'de verilen arttırılmış deprem yüklemesinden meydana gelen kesme kuvveti ve **Denklem (2.3)** ile hesaplanan kesme kuvvetinden küçük olanı kullanılacaktır.
 2. Kayma bölgesinin V_p kesme kuvveti dayanımı **Denklem (2.4)** ile hesaplanacaktır. Kayma bölgesinin yeterli kesme dayanımına sahip olması için **Denklem (2.5)**'in sağlanması gerekmektedir.
 3. Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kayma bölgesi hesabı için 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.3.4.3(c)** ve **Madde 4.3.4.3(d)**'de verilen kurallar süneklik düzeyi normal çerçeveler için de aynen geçerlidir.
 - Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kiriş-kolon birleşim bölgeleri için verilen kurallar süneklik düzeyi normal çerçeveler için de aynen geçerlidir.
 - Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerde süreklilik levhalarının hesabı için 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.3.4.4**'te verilen kurallar süneklik düzeyi normal çerçeveler için de aynen geçerlidir.
- Kiriş ve Kolon Ekleri
 - Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerde kolon ve kiriş ekleri için 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.3.5**'te verilen kurallar süneklik düzeyi normal çerçeveler için de aynen geçerlidir.

- Kiriş Başlıklarının Yanal Doğrultuda Mesnetlenmesi
 - Kirişlerin üst ve alt başlıkları, yanal doğrultuda mesnetlenecektir. Kirişlerin yanal doğrultuda mesnetlendiği noktalar arasındaki l_b uzaklığı

$$l_b \leq 0.124 \frac{r_y E_s}{\sigma_a} \quad (2.10)$$

koşulunu sağlamalıdır. Ayrıca, tekil yüklerin etkidiği noktalar kiriş enkesitinin ani olarak değiştiği noktalar ve sistemin lineer olmayan şekildeğiştirmesi sırasında plastik mafsall oluşabilecek noktalarda yanal doğrultuda mesnetlenecektir.

Süneklik düzeyi yüksek olan sistemlere benzer olarak yanal burkulmanın önlenmesi için kirişlerin belli aralıklarla yanal doğrultuda mesnetlenmesi gerekmektedir.

- Yanal doğrultudaki mesnetlerin gerekli basınç ve çekme dayanımı kiriş başlığının aksenal çekme kapasitesinin 0.02'sinden daha az olmayacaktır.
- Betonarme döşemelerin çelik kirişler ile kompozit olarak çalıştığı çelik taşıyıcı sistemlerde, kirişlerin betonarme döşemeye bağlanan başlıklarında yukarıdaki koşullara uyulması zorunlu değildir.

1998 ABYYHY'te Süneklik Düzeyi Normal Çerçvelerin kesit hesaplarının TS 648'e göre emniyet gerilmeleri yöntemiyle yapılsa bile, tüm çerçeve elemanlarında başlık genişliği/kalınlığı ve gövde derinliği/kalınlığı oranları için TS 4561'e uyulacağı belirtilmiştir.

Ayrıca bu yönetmelikte, 2007 DBYBHY'te, Süneklik Düzeyi Normal Çerçvelere ait kiriş-kolon birleşim bölgeleri, kolon ve kiriş ekleri, kiriş başlıklarının yanal doğrultuda mesnetlenmesi başlıkları altında anlatılan bölümler yer almamaktadır.

Her iki yönetmelikte Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı aynıdır. 2007 DBYBHY'te yanal burkulmayı önleyici kurallar bulunmaktadır.

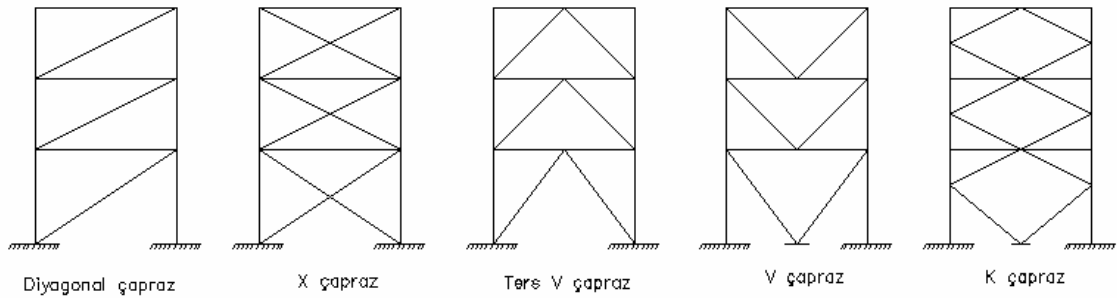
2.3.3 Merkezi ve Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler

Çelik çaprazlı perdeler, mafsallı birleşimli veya moment aktaran çerçveler 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 aksenal kuvvet dayanımları ile sağlanmaktadır. Çelik çaprazlı perdeler, çaprazların düzenine bağlı olarak ikiye ayrılırlar:

1. Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler (Şekil 2.3)
2. Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler

Çaprazların çerçeve düğüm noktalarına merkezi olarak bağlandığı Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler, süneklik düzeyi yüksek veya süneklik düzeyi normal sistem olarak boyutlandırılabilirler. Buna karşılık, çaprazların çerçeve düğüm noktalarına dışmerkez olarak bağlandığı Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler süneklik düzeyi yüksek sistem olarak boyutlandırılacaktır.



Şekil 2.4 : Çelik Çaprazlar

1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te (ABYYHY) bu bölüm, Süneklik Düzeyi Normal Çelik Çaprazlı Perdeler ve Süneklik Düzeyi Yüksek Çelik Çaprazlı Perdeler başlıkları altında incelenmiştir.

2.3.4 Süneklik Düzeyi Yüksek 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. Bu sistemlerin boyutlandırılması aşağıda verilen kurallarla yapılır.

- Enkesit Koşulları
 - Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerin kiriş, kolon ve çaprazlarında, başlık genişliği/kalınlığı, gövde yüksekliği/kalınlığı ve çap/kalınlık oranlarına ilişkin koşullar **Tablo 2.1**'de verilmiştir.

Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerde inelastik deformasyonlara karşı koymak için yerel burkulmanın önlenmesi gerekmektedir. Çünkü yerel burkulma kolon, kiriş, çapraz gibi taşıyıcı elemanların yük taşıma kapasitelerinde önemli kayıplara yol açar.

- Çatı ve düşey düzlem çapraz sistemlerinin tüm basınç elemanlarında narinlik oranı (çubuk burkulma boyu/atalet yarıçapı) $4.0\sqrt{E_s / \sigma_a}$ sınır değerini aşmayacaktır.

Narinliğin belli bir sınırı aşması durumunda, tekrarlı çevrimsel yükler altında çapraz elemanlarında yerel burkulma yaşanmaması için süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerde bir narinlik sınırı konulmuştur.

- Çok parçalı çaprazlarda bağ levhalarının aralıkları, iki bağ levhası arasındaki tek elemanın narinlik oranı tüm çubuğun etkin narinlik oranının 0.40 katını aşmayacak şekilde belirlenecektir. Çok parçalı çaprazın burkulmasının bağ levhasında kesme etkisi oluşturmadığının gösterilmesi halinde, bağ levhalarının aralıkları, iki bağ levhası arasındaki tek çubuğun narinlik oranı çok parçalı çubuğun narinlik oranının 0.75 katını aşmayacak şekilde belirlenecektir. Bağ levhalarının toplam kesme kuvveti kapasitesi, her bir çubuk elemanın aksenal çekme kapasitesinden daha az olmayacaktır. Her çubukta en az iki bağ levhası kullanılacak ve bağ levhaları eşit aralıklı olarak yerleştirilecektir. Bulonlu bağ levhalarının, çubuğun temiz açıklığının orta dörtte birine yerleştirilmesine izin verilmez.

- Yatay Yüklerin Dağılımı

- 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.

Bu konuda AISC 2002'de, çapraz elemanlarının burkulma ve burkulma sonrası basınç dayanımlarının çekme dayanımlarına göre az olabileceği için yapı genişliği boyunca basınç ve çekme dayanımlarını dengeli bir biçimde ayarlamayı hedeflediği belirtilmektedir.

- Çaprazların Birleşimleri
 - 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 sağlamalıdır:
 1. Çaprazların eksenel kuvvet (çekme veya basınç) kapasitesi
 2. Düğüm noktasına birleşen diğer elemanların kapasitelerine bağlı olarak, söz konusu çapraza aktarılabilecek en büyük eksenel kuvvet
 3. 2007 Deprem Yönetmeliği **Denklem 4.1a** ve **Denklem 4.1b**'de verilen arttırılmış yükleme durumlarından meydana gelen çapraz eksenel kuvveti
 - Birleşimin taşıma kapasitesinin hesabında, 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.2.5**'te verilen gerilme sınır değerleri kullanılacaktır.
 - Çaprazları kolonlara ve/veya kirişlere bağlayan düğüm noktası levhaları aşağıdaki iki koşulu da sağlamalıdır:
 1. Düğüm noktası levhasının düzlemi içindeki eğilme kapasitesi, düğüm noktasına birleşen çaprazın eğilme kapasitesinden daha az olmayacaktır.

Yüklerin çaprazlardan elemanlara aktarılması sırasında düğüm noktası levhasının eğilme kapasitesinin çaprazın eğilme kapasitesinden az olmaması, yükün çapraz elemanlarından diğer elemanlara herhangi bir burulma veya burkulma olmadan aktarılabilmesini sağlamak açısından gereklidir.
 2. Düğüm noktası levhasının düzlem dışına burkulmasının önlenmesi amacıyla, çaprazın ucunun kiriş veya kolon yüzüne uzaklığı düğüm levhası kalınlığının iki katından daha fazla olmayacaktır. Buna uyulmadığı durumlarda, ilave berkitme levhaları kullanılarak, düğüm levhasının düzlem dışına burkulması önlenecektir.

- Özel Çapraz Düzenleri İçin Ek Koşullar
 - V veya ters V şeklindeki çapraz sistemlerinin sağlaması gereken ek koşullar aşağıda verilmiştir.

1. Çaprazların bağlandığı kirişler sürekli olacaktır.
2. 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. Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kirişleri için 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.3.6**'da verilen koşullar çaprazların bağlandığı kirişler için de aynen geçerlidir.

Çaprazların bağlandığı kirişler çaprazın yok sayılması durumunda bile kendi üzerlerine gelen yükleri güvenle taşımak zorundadırlar.

Çaprazların bağlandığı kirişlerde de yerel burkulma olmaması için kirişlerin yanal doğrultuda mesnetlenmesi gerekmektedir.

Burada verilen maddeler AISC 2002'de ve AISC 2005'de de aynı şekilde yer almaktadır.

- Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerde **K** şeklindeki (çaprazların kolon orta noktasına bağlandığı) çapraz düzenine izin verilemez.

AISC 2002 ve AISC 2005'te de belirtildiği gibi **K** şeklindeki çaprazlar kolonlarda dengesiz bir yatay kuvvete neden olurlar. Bu dengesiz kuvvetler kolonun göçmesine neden olabilmektedir.

- Kolon Ekleri

- Kolon ekleri kolon serbest yüksekliğinin ortadaki 1/3'lük bölgesinde yapılacaktır.

Kolon kesit tesirleri düşünüldüğü zaman (moment diyagramı)ekin, momentin küçük olduğu yerde yapılması en uygun olanıdır.

- Kolon eklerinin eğilme dayanımı eklenen elemanlardan küçüğünün eğilme kapasitesinin %50'sinden, kesme kuvveti dayanımı ise eklenen

elemanlardan küçüğünün kesme kapasitesinden daha az olmamalıdır. Ayrıca, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kolon eklerinin aksel kuvvet taşıma güçleri 2007 Deprem Yönetmeliği **Denklem 4.1a** ve **Denklem 4.1b**'de verilen arttırılmış deprem yüklemelerinden oluşan basınç ve çekme kuvvetleri altında da (eğilme momentleri göz önüne alınmaksızın) yeterli olacaktır. Ek elemanlarının hesabında, 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.2.5**'te verilen kaynak ve bulon gerilme kapasiteleri kullanılacaktır.

Bu madde ile ilgili olarak AISC 2002'de de "kolon eklerinin eğilme dayanımı eklenen elemanlardan küçüğünün eğilme kapasitesinin %50'sinden, kesme kuvveti dayanımı ise eklenen elemanlardan küçüğünün kesme kapasitesinden daha küçük olmayacaktır" şeklinde yer almaktadır.

1998 Deprem Yönetmeliği'nde bu sisteme karşı gelen bir sistem tanımlanmamıştır.

AISC 2002 VE AISC 2005'te bu sınıflandırma yapılmıştır. Bu yönetmeliklerden yararlanılarak konulan koşullar, enkesitin ve çapraz elemanların yanal burkulmalarını önlemekte ve yük taşıma kapasitelerini arttırmaktadır.

2.3.5 Süneklik Düzeyi Normal Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler

Süneklik Düzeyi Normal Merkezi Çelik Çaprazlı Perdelerin boyutlandırılmasında uygulanacak kurallar aşağıda belirtilmiştir:

- Enkesit Koşulları
 - Süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdelerin kiriş, kolon ve çaprazlarında başlık genişliği/kalınlığı, gövde yüksekliği/kalınlığı ve çap/kalınlık oranlarına ilişkin koşullar **Tablo 2.1**'de verilmiştir. Ancak en çok iki katlı binalarda, gerekli yerel burkulma kontrollerinin yapılması koşulu ile, bu sınırların aşılmasına izin verilebilir.

Süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdelerin de sınırlı miktarda inelastik deformasyonlara karşı koyabilmesi gerekmektedir. Bu nedenle de süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdeler kadar olmasa da süneklik düzeyi normal çelik çaprazlı perdelerde de yerel burkulmanın önlenmesi gerekmektedir. Çünkü yerel burkulma

kolon, kiriş, çapraz gibi taşıyıcı elemanların yük taşıma kapasitelerinde önemli kayıplara yol açar.

- Çatı ve düşey düzlem çapraz sistemlerinin tüm basınç elemanlarında narinlik oranı (çubuk burkulma boyu/atalet yarıçapı) $4.0\sqrt{E_s / \sigma_a}$ sınır değerini aşmayacaktır.

Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdeler kadar enerji yutma kapasitesine sahip olmasada süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdelerde de, narinliğin belirli bir sınırı aşılıp tekrarlı çevrimsel yükler altında çapraz elemanlarda yerel burkulma yaşanmaması için bir narinlik sınırı belirlenmiştir.

AISC 2002’de de bu sınır aynı değer olarak verilmiştir.

- Çok parçalı çaprazlarda, TS 648’in bağ levhalarına ilişkin kuralları geçerlidir. Her çubukta en az iki bağ levhası kullanılacaktır.
- Sadece çekme kuvveti taşıyacak şekilde hesaplanan çaprazlarda narinlik oranı 250’yi aşmayacaktır. Ancak en çok iki katlı binalardaki çapraz elemanların, 2007 Deprem Yönetmeliği **Bölüm 2**’ye göre hesaplanan çekme kuvvetinin **Tablo 2.3**’te ki Ω_0 katsayısı ile çarpımını taşıyacak şekilde boyutlandırılmaları halinde bu kural uygulanmayabilir.

Sadece çekme kuvveti taşıyacak şekilde boyutlandırılmış olsalar bile çaprazlarda 250 narinlik sınırının aşılmaması güvenlik olması açısından konulmuş bir maddedir.

- Çaprazların Birleşimleri
 - 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 sağlamalıdır:
 1. Çaprazların eksenel kuvvet (çekme veya basınç) kapasitesi
 2. Arttırılmış yüklemelerden meydana gelen çapraz eksenel kuvveti

3. Dügüm noktasına birleşen diğer elemanlar tarafından söz konusu çapraza aktarılabilecek en büyük kuvvet
 4. Birleşimin taşıma kapasitesinin hesabında, 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.2.5**'te verilen gerilme sınır değerleri kullanılacaktır.
 5. Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdeler için 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.6.3.3**'te verilen koşullar, süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdeler için de geçerlidir.
- Özel Çapraz Düzenleri İçin Ek Koşullar
 - Süneklik Düzeyi Yüksek Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler için 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.6.4.1(a)** ve **Madde 4.6.4.1(b)**'de verilen koşullar, süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdeler için de geçerlidir.
 - Süneklik düzeyi normal çerçevelerin kirişleri için **Madde 4.4.4**'te verilen koşullar, çaprazların bağlandığı kirişler için de aynen geçerlidir.

1998 Deprem Yönetmeliği'nde Süneklik Düzeyi Normal Çelik Çaprazlı Perdeler başlığı altında incelenen bu bölümde, önce sistemin tanımı yapılmış, daha sonra bu elemanlara uygulanacak koşullar dört madde de sıralanmıştır:

- 1) Çaprazların sadece çekmeye çalışmak üzere hesaplanması durumunda, çapraz örgü çubuklarının narinlik oranı 250'yi aşamaz.
- 2) Basınç kuvveti de alacak şekilde hesaplanan örgü çubuklarının narinlik oranı 100'den fazla olamaz.
- 3) Birden çok parçalı olup basınç kuvveti de alan örgü çubuklarında, TS-648'in ara bağlantılara ilişkin tüm kuralları geçerlidir.
- 4) Örgü çubuklarının birleşimlerinde kaba bulon kullanılması durumunda, bulonların emniyet gerilmeleri azaltılacaktır.

2007 DBYBHY'te yanal burkulmayı önleyici koşullar getirilmiştir; getirilen koşullar AISC 2002 ve AISC 2005 yönetmeliklerindeki benzer koşullardır.

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı 1998 ABYYHY'e göre artırılmıştır.

2.3.6 Süneklik Düzeyi Yüksek Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler

Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdeler, deprem etkileri altında bağ kirişlerinin önemli ölçüde doğrusal olmayan şekildeğiştirme yapabilme özelliğine sahip olduğu yatay yük taşıyıcı sistemlerdir. Bu sistemler, bağ kirişlerinin plastik şekildeğiştirmesi sırasında, kolonların, çaprazların ve bağ kirişi dışındaki diğer kirişlerin elastik bölgede kalması sağlanacak şekilde boyutlandırılırlar. Süneklik düzeyi yüksek dış merkez çelik çaprazlı perdelerin boyutlandırılmasında uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir:

- Enkesit Koşulları
 - Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdelerin bağ kirişleri, diğer kirişleri, kolon ve çaprazlarında başlık genişliği/kalınlığı, gövde yüksekliği/kalınlığı ve çap/kalınlık oranlarında **Tablo 2.1**'deki koşullara uyulacaktır. Bağ kirişlerine ilişkin ek koşullar 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.8.2**'de verilmiştir.

Dış merkez çelik çaprazlı perdelerin inelastik davranışını gerçekleştirebilmesi için yerel burkulmanın önlenmesi gerekmektedir. Yerel burkulma kiriş, kolon, ve çaprazların taşıma kapasitesini ve sünekliğini büyük oranda düşürmektedir. Bu nedenle başlık genişliği/kalınlığı ve gövde yüksekliği/kalınlığı ve çap/kalınlık oranlarına sınırlamalar getirilmiştir.

- Çaprazların narinlik oranı (çubuk burkulma boyu/atalet yarıçapı) $4.0\sqrt{E_s / \sigma_a}$ sınır değerini aşmamalıdır.

Bağ kirişi dışında kalan çerçeve elemanlarının elastik sınırlar içinde kalması öngörüldüğünden narinlik oranının sınır değeri elastik bölgede kalacak şekilde verilmiştir.

- Çok parçalı çaprazlar için 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.6.1.3**'te verilen koşullar dışmerkez çelik çaprazlı perdeler için de aynen geçerlidir.

Çok parçalı çaprazlarda bağ levhalarının aralıkları, ardışık iki bağ levhası arasındaki tek elemanın narinlik oranı tüm çubuğun narinlik

oranının 0.40 katını aşmayacak şekilde belirlenecektir. Çok parçalı çaprazın burkulmasının bağ levhasında kesme etkisi oluşturmadığının gösterilmesi halinde, bağ levhalarının aralıkları, iki bağ levhası arasındaki tek çubuğun narinlik oranı çok parçalı çubuğun etkin narinlik oranının 0.75 katını aşmayacak şekilde belirlenebilir. Bağ levhalarının toplam kesme kuvveti kapasitesi, her bir çubuk elemanın aksel çekme kapasitesinden daha az olmayacaktır. Her çubukta en az iki bağ levhası kullanılacak ve bağ levhaları eşit aralıklı olarak yerleştirilecektir. Bulonlu bağ levhalarının, çubuğun temiz açıklığının orta dörtte birine yerleştirilmesine izin verilmez.

- Bağ Kirişleri

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

AISC 2002’de ve AISC 2005’te bağ kirişi gövdesinin tek parça olması gerektiği ve takviyeye izin verilmediği belirtilmiştir.

- Bağ kirişinin boyu, 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.8.8.1**’deki özel durumun dışında, aşağıdaki şekilde belirlenebilir:

$$1.0 M_p/V_p \leq e \leq 5.0 M_p/V_p \quad (2.11)$$

Bu bağıntıdaki M_p eğilme momenti ve V_p kesme kuvveti kapasiteleri 2007 Deprem Yönetmeliği **Denklem 4.2(a)** ve **Denklem 4.2(b)** ile hesaplanacaktır.

- Bağ kirişleri, düşey yükler ve 2007 Deprem Yönetmeliği **Bölüm 2**’ye hesaplanan deprem etkilerinden oluşan tasarım iç kuvvetleri (kesme kuvveti, eğilme momenti, ve aksel kuvvet) altında boyutlandırılacaktır.
- Bağ kirişinin V_d tasarım kesme kuvveti, aşağıdaki koşulların her ikisini de sağlamalıdır.

$$V_d \leq V_p \quad (2.12)$$

$$V_d \leq 2 M_p/e \quad (2.13)$$

- Bağ kirişi tasarım aksenal kuvvetinin

$$N_d / \sigma_a A > 0.15 \quad (2.14)$$

olması halinde **Denklem (2.12)** ve **Denklem (2.13)**'te M_p ve V_p yerine

$$M_{pn} = 1.18M_p \left[1 - \frac{N_d}{\sigma_a A} \right] \quad (2.15)$$

$$V_{pn} = V_p \sqrt{1 - (N_d / \sigma_a A)^2} \quad (2.16)$$

değerleri kullanılacaktır.

Bu değerler AISC 2002 ve AISC 2005'te de benzer şekilde yer almaktadır.

Bağ kirişinin akma limitinin belirlenmesinde **Denklem (2.15)** ve **Denklem (2.16)**'nın oldukça iyi sonuçlar verdiği deneylerle belirlenmiştir.

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

Gövde levhasının iki parçalı olarak takviye edildiği durumlarda inelastik deformasyonların hedeflendiği gibi kiriş ve takviye levhası tarafından tam anlamıyla paylaşımı sağlanamaz. Çift taraflı bağ kirişinde elemanın plastikleşmesi sırasında kaynakların beraber çalışması güç gözükmemektedir.

Gövde levhasına boşluk açılması durumunda özellikle kesme bağ kirişlerinde yüksek kayma kuvveti nedeniyle gerilme yığılmaları oluşmaktadır. Hedeflenen enerji yutumu gerçekleşmeden bağ kirişi gevrek şekilde kırılacaktır. Ayrıca deneysel çalışmalarda, bulonla bağlanmış kiriş-kolon birleşimlerinin kaynakla bağlanmış detaylara oranla daha az enerji yuttuğu gözlenmiştir.

- Bağ Kirişinin Yanal Doğrultuda Mesnetlenmesi
 - 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.

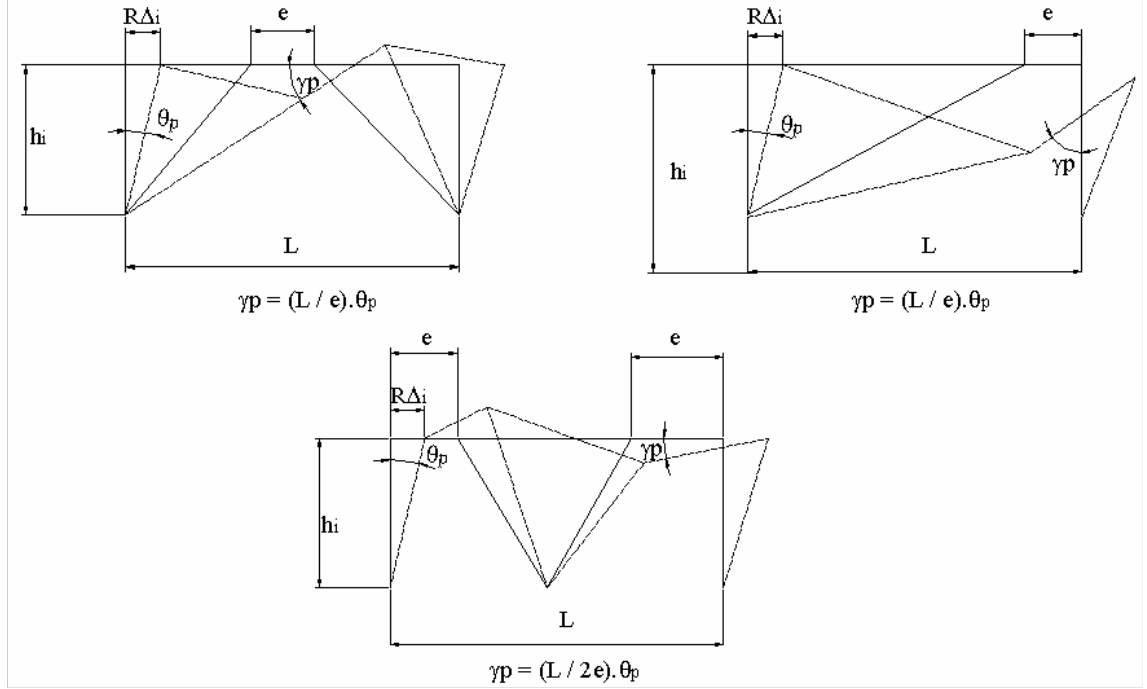
Yanal mesnet bağlantı kirişi ve çapraz elemanın stabilitesini sağlamak amacıyla bağlantı kirişinin her iki tarafında uygulanmalıdır. Uygulanacak mesnet, bağlantı kirişi ve kat kirişinin diğer kısmının yanal burkulmaya, ayrıca çapraz elemanın düşey düzleminin o noktada yanal deplasmana karşı tutulmasını sağlayacaktır. Çaprazların basınca çalıştığı durumlarda, çapraz ucunun düzlem dışı herhangi bir hareketi sonucunda bağlantı kirişi ve kat kirişinin diğer kısmı dönecektir.

AISC 2002'de yanal mesnetlerin bağlantı kirişinin alt ve üst başlığını tutacak şekilde tasarlanması gerektiği belirtilmiştir. Yanal doğrultudaki mesnetlerin dayanımının kiriş başlığının aksenal çekme kapasitesinin %6'sı olduğu belirtilmektedir.

- 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 Dönme Açısı
 - Bağ kirişinin bulunduğu i'inci katın 2007 Deprem Yönetmeliği **Bölüm 2**'de tanımlanan Δ_i görel kat ötelemesine bağlı olarak

$$\theta_p = R \frac{\Delta_i}{h_i} \quad (2.17)$$

denklemler ile bulunan görel kat ötelemesi açısından dolayı, bağ kirişi ile bu kirişin uzantısındaki kat kirişi arasında meydana gelen γ_p bağ kirişi dönme açısı aşağıda verilen sınır değerleri aşmayacaktır:



Şekil 2.5 : Bağ Kirişi dönme Açısı

1. Bağ kirişi uzunluğunun $1.6 M_p/V_p$ 'ye eşit veya daha küçük olması halinde 0.10 radyan
2. Bağ kirişi uzunluğunun $2.6 M_p/V_p$ 'ye eşit veya daha büyük olması halinde 0.03 radyan

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

Dış merkez çerçeve sistemleri için yapılan araştırmalarda iyi berkitilmiş kesme bağ kirişlerinin çevrimsel yüklemeler altında ± 0.10 radyan plastik dönmeye dayandığı; yine iyi berkitilmiş uzun bağ kirişlerinin çevrimsel yüklemeler altında ± 0.015 ile ± 0.09 radyan değerleri arasında plastik dönme yapabildikleri gözlenmiştir. AISC 2002 ve AISC 2005'te kesme bağ kirişleri için plastik dönme üst sınır değeri 0.08 radyan, moment bağ kirişleri için ise 0.02 radyan olarak verilmiştir.

- Rijitlik (Berkitme) Levhaları
 - Çapraz elemanların bağ kirişine ve uzantılarına doğrudan yük aktardığı uçlarında rijitlik levhaları düzenlenecektir. Rijitlik levhaları, aksi belirtilmedikçe, bağ kirişi gövde levhasının her iki tarafına

konulacak, gövde levhası yüksekliğinde ve $(b_{bf} - t_w) / 2$ genişliğinde olacaktır. Rijitlik levhalarının kalınlığı, gövde levhası kalınlığının 0.75'inden ve 10mm'den az olmayacaktır. Rijitlik levhalarını bağ kirişinin gövdesine bağlayan sürekli köşe kaynakları, rijitlik levhasının enkesit alanı ile malzeme akma gerilmesinin çarpımından oluşan kuvvetleri aktaracak kapasitede olmalıdır.

Deneyisel çalışmalarda görülmüştür ki, özellikle kesme bağ kirişlerinde berkitme levhalarının kullanılması gövde burkulmasını geciktirmektedir. Bunun sonucu olarak bağ kirişinin plastik dönme kapasitesi artmaktadır.

Uzun bağ kirişlerinde çoğunlukla karşılaşılan stabilite bozulması durumu, yanal burulmalı burkulmadır. Bağ kirişi bitiminin yakınına konulan berkitmeler, yanal burulmalı burkulmaya karşı mesnet görevi görmektedir.

AISC 2002 ve AISC 2005'te belirtildiği gibi uzun bağ kirişleri için yapılan deneylerde numune performanslarına dayanarak, başlık yerel burkulmasını ve yanal burulmalı burkulmayı önlemek amacıyla bağ kirişi bitiminden bağlantı kirişi başlık kalınlığının 1.5 katı kadar uzaklığa berkitme konulması gerektiği belirtilmektedir.

- Bağlantı kirişi uçlarındaki rijitlik levhalarına ek olarak, aşağıda tanımlanan ara rijitlik levhaları konulacaktır:
 1. Boyu $1.6 M_p/V_p$ 'den daha kısa olan bağ kirişlerinde, ara rijitlik levhalarının ara uzaklıkları, bağ kirişi dönme açısının 0.10 radyan olması halinde $(30 t_w - d_b/5)$ 'ten, bağ kirişi dönme açısının 0.03 radyandan daha küçük olması halinde ise $(52 t_w - d_b/5)$ 'ten daha fazla olmayacaktır. Dönme açısının ara değerleri için doğrusal interpolasyon yapılacaktır.
 2. Boyu $2.6 M_p/V_p$ 'den büyük ve $5 M_p/V_p$ 'den küçük bağ kirişlerinde, bağ kirişi uçlarından $1.5b_{bf}$ uzaklıkta birer rijitlik levhaları konulacaktır.
 3. Boyu $1.6 M_p/V_p$ ve $2.6 M_p/V_p$ arasında olan bağ kirişlerinde, (1) ve (2)'de belirtilen ara rijitlik levhaları birlikte kullanılacaktır.

- Çaprazlar, Kat Kirişleri ve Kolonlar
 - Bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yükleme, 2007 Deprem Yönetmeliği **Bölüm 2**'ye göre hesaplanan deprem etkilerinden oluşan iç kuvvetlerin, bağ kirişinde kesit seçimi sonucunda hesaplanan M_p/M_d ve V_p/V_d Tasarım Büyütme Katsayıları'nın küçüğü ile uyumlu olacak şekilde artırılması suretiyle belirlenecektir.

- Çaprazlar, bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin $1.25D_a$ katından oluşan iç kuvvetlere göre boyutlandırılacaktır.

Yapılan deneyler sonucunda doğru şekilde teşkil edilmiş dış merkez çerçeve sistemlerinde bağ kirişi akma dayanımının 1.5 katına varan pekleşme gerilmelerine ulaşabildiği görülmektedir. Ancak yönetmelikte pekleşme katsayısı yaklaşık ve ortalama bir değer olarak 1.25 verilmiştir.

- Kat kirişinin bağ kirişi dışında kalan bölümü, bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin $1.1D_a$ katından oluşan iç kuvvetlere göre boyutlandırılacaktır.

Bağ kirişinin kesme dayanımı pekleşmeden dolayı yaklaşık 1.25 katına çıkmaktadır. Ancak yönetmeliklerde kat kirişinin bağ kirişi dışında kalan bölümünün tasarımıda kullanılan dayanımı, bağlantı elemanı dayanımının yaklaşık 1.1 katı olarak verilmektedir.

Amaç, bağ kirişi dışında kalan kiriş bölümü ile çaprazların elastik olarak kalmasını sağlamaktır.

- 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 sağlamalıdır:

1. Bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin $1.1D_a$ katından oluşan iç kuvvetler
2. 2007 Deprem Yönetmeliği **Denklem 4.1a** ve **Denklem 4.1b**'de verilen artırılmış yüklemelerden meydana gelen iç kuvvetler

- Çapraz, kat kirişi ve kolon enkesitlerinin iç kuvvet kapasiteleri 2007 Deprem Yönetmeliği **Denklem (4.2)**'de verilen bağıntılar ile hesaplanacaktır.

- Çapraz – Bağ Kirişi Birleşimi

Çaprazların bağ kirişi ile birleşim detayı 2007 Deprem Yönetmeliği **Denklem (4.8.6.2)**'de belirtilen şekilde hesaplanan arttırılmış iç kuvvetlere göre boyutlandırılacaktır.

- Bağ Kirişi – Kolon Birleşimi

- Kolona birleşen bağ kirişinin boyu

$$e \leq 1.6 M_p/V_p \quad (2.18)$$

koşulunu sağlamalıdır.

Deneysel çalışmalar uzun bağ kirişlerinde plastik dönme kapasitesinin düşükten marjinala doğru değiştiğini göstermiştir. Bu nedenle büyük bir depremde bağlantının geçmeden yeterli sünekliği göstermesi şüpheli gözükmemektedir. Ayrıca bağ kirişi kolon bağlantısının geçmesi tahmin edilebilir güvenilirlikte değildir; son derece gevrek şekildedir. Sonuç olarak, dış merkez çerçeve sistemlerinde uzun bağlantı kirişlerinin kolon kenarında teşkil edilmemesi gerektiği belirtilmiştir.

- Birleşimin kolon yüzündeki gerekli eğilme ve kesme dayanımları, sırasıyla bağ kirişinin M_p eğilme momenti kapasitesinden ve V_p kesme kuvveti kapasitesinden daha az olmayacaktır. Bağ kirişi başlıklarının kolona bağlantısı için tam penetrasyonlu küt kaynak uygulanacaktır.

- Kiriş – Kolon Birleşimi

Kat kirişinin bağ kirişi dışında kalan bölümünün kolon ile birleşim detayı kiriş gövde düzlemi içinde mafsallı olarak yapılabilir. Ancak bu bağlantı, kiriş başlıklarının aksel çekme kapasitesinin 0.01'ine eşit, enine doğrultuda ve ters yönlü kuvvetlerin oluşturduğu burulma momentine göre boyutlandırılacaktır.

AISC 2002 ve AISC 2005'te de kat kirişinin bağ kirişi dışında kalan bölümünün, kolon ile birleşim detayı kiriş gövde düzlemi içinde mafsallı olarak yapılabileceğinden bahsedilmektedir.

1998 (ABYYHY)'de Süneklik Düzeyi Yüksek Çelik Çaprazlı Perdeler başlığı altında incelenen bu bölümde, önce sistemin tanımı yapılmış, daha sonra da bu elemanlara uygulanacak koşullar beş madde de anlatılmıştır.

Bu maddelerden birincisinde, örgü çubuklarının kolon-kiriş birleşim noktasına ya da iki örgü çubuğunun bir kiriş üzerindeki ortak birleşim noktasına göre dışmerkezliği, perde kolonları arasındaki açıklığın $1/5$ 'ile $1/10$ 'u arasında seçilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Ayrıca, örgü çubuklarının kolonlara bağlandığı çaprazlı perdelerde, bağlantının kolon kesitinin başlığına yapılacağı, basınç kuvveti de alacak şekilde hesaplanan örgü çubuklarının narinlik oranlarının 100'den fazla olmayacağı, birden çok parçalı olup basınç kuvveti de alan örgü çubuklarında TS-648'in ara bağlantılara ilişkin tüm kurallarının geçerli olduğu ve örgü çubuklarının birleşimlerinde kaba bulon kullanılması durumunda, bulonların emniyet gerilmelerinin %33 azaltılacağı da belirtilmiştir.

2007 DBYBHY'te bu sistemler için ayrıntılı hesap esasları ve konstrüktif kurallar getirilmiştir. Elemanların enkesiti ve sünekliğini arttırmak için yanal burkulmaların önlenmesi istenmektedir. Bağ kirişlerinin boyutlandırılmasına çok önem verilmektedir.

Burada ele alınan iki tip çelik çaprazlı çerçeve sistemlerdir. Birincisi, Merkezi Çelik Çaprazlı Çerçeveler (Konsantrik Olarak Berkitilmiş Çerçeveler), ikincisi ise Dış Merkez Çelik Çaprazlı Çerçevelerdir.(Eksantrik Olarak Berkitilmiş Çerçeveler)

- Konsantrik Olarak Berkitilmiş Çerçeve Sistemleri

Bu tip sistemlerin, berkitilmemiş sistemlere göre oldukça büyük elastik yatay rijitliği vardır. Diyagonal berkitme elemanları ve bunların birleşimleri konsantrik olarak berkitilmiş çerçeve sistemlerinin ana unsurlarını oluştururlar. Çok kullanılan bu sistemler **Şekil (2.3)**'te verilmiştir.

Şekil (2.3)'te verilen Konsantrik Berkitilmiş Çerçeve Sistemlerinin çoğu, rüzgar yüklerini lineer elastik bölgede kalarak taşıyabilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Diyagonal berkitme elemanları daima çekme kuvveti altında çalışacak şekilde tasarımı yapılan bu sistemler, genellikle yapılarda rüzgar yüklerinin taşınması için kullanılır. Bu tip sistemlerde diyagonal berkitme elemanları X formunda yerleşmiş olur, her bir berkitme elemanının narinliği

oldukça yüksektir. ($\lambda > 300$) Bu özellikteki berkitme elemanları genellikle korniyer, yuvarlak çelik çubuk veya çelik lama elemanlardır.

- Eksantrik Olarak Berkitilmiş Çerçeve Sistemleri

Eksantrik Olarak Berkitilmiş Çerçeve Sistemleri, yüksek elastik rijitliğe, çevrimsel yatay yükler altında stabil bir inelastik davranışa, mükemmel bir duktilite ve enerji yutma kapasitesine sahiptir. Bu nedenle, yüksek sismik aktivitesi olan bölgeler için oldukça uygun taşıyıcı sistemlerdir.

Eksantrik Olarak Berkitilmiş Çerçeve Sistemleri, çeşitli geometrik formlarda oluşturulabilir. Ancak bunların süneklik düzeyi yüksek çelik çaprazlı çerçeveler olarak değerlendirilebilmeleri için berkitme elemanları kiriş-kolon birleşim noktasından belirli uzunlukta eksantrik bir noktaya bağlanmalıdır. Birleşim noktası ile bu bağlantı arasındaki kiriş parçası büyük plastik deformasyonlar yapabilmelidir. Bu fikrin altında yatan prensip, berkitme elemanlarının, deprem dizayn yükleri üzerine çıkan dış yükler halinde (büyük depremlerde olduğu gibi) burkulmasını önlemektir. Böylece; kolon-kiriş birleşim noktası ile berkitme elemanı arasında kalan kiriş parçasının, plastik kayma deformasyonu yapmasına imkân verilerek enerji yutması sağlanır. Bu kirişin plastik deformasyon yapmasını sağlayacak teorik yükü hesaplamak mümkündür. Bu şekilde, berkitme elemanına etkiyecek eksenel yükün değerini bulmakta mümkündür.

Uygun şekilde dizayn edilmiş bir berkitilmiş çerçeve sistemi, rüzgâr ve standartlarca tariflenen deprem yüklerine karşı koyacak kadar rijittir ve standartların tanımladığı deprem yüklerini aşan kuvvetli deprem yükleri halinde ise oldukça duktil davranış gösterir.

2.4 İlgili Standartlar

Bu bölümün kapsamı içinde bulunan çelik taşıyıcı sistemlerin tasarımı, 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) **Bölüm 2**'de verilen deprem yükleri ve hesap kuralları, TS-498'de öngörülen diğer yükler, emniyet gerilmeleri yöntemine ilişkin olarak TS-648'de verilen kurallara göre yapılacaktır. İlgili standartlarda verilen kuralların farklı olduğu özel durumlarda, bu bölümdeki kurallar esas alınacaktır.

Bu bölümde verilen kuralların dışında kalan diğer hususlar için TS-648 ve TS-3357'deki kurallara uyulacaktır. Bu standartlarda ve yönetmeliğin bu bölümünde yer almayan hususlar için, uluslar arası düzeyde kabul görmüş standart ve yönetmeliklerden yararlanılabilir.

2.5 Malzeme Koşulları ve Emniyet Gerilmeleri

- Bu Yönetmelik kapsamında, TS-648'de veya uluslararası düzeyde kabul görmüş diğer standartlarda tanımlanan ve kaynaklanabilme özelliğine sahip olan tüm yapı çelikleri kullanılabilir. Başlıklarının et kalınlıkları en az 40mm olan hadde profillerinde, kalınlığı en az 50mm olan levhalar ve bu levhalarla imal edilen yapma profillerde, ASTM A673 veya eşdeğeri standartlar uyarınca yapılan testlerde minimum Charpy-V-Notch (CVN) dayanımı (Çentik Dayanımı) değeri 218°C'de 27 Nm (27J) olacaktır.

AISC 2002 ve AISC 2005'te başlıklarının et kalınlığı en az 38 mm olan hadde profillerinde, kalınlığı en az 50 mm olan levhalar ve bu levhalar ile imal edilen yapma profillerde, minimum Charpy-V-Notch (CVN) dayanımı (Çentik Dayanımı) değerinin 218 C^o'de 27 Nm (27J) olması gerektiği verilmiştir.

Bu sınırların yanı sıra, inelastik davranış göstermesi istenilen elemanlarda kullanılan yapı çeliklerinde minimum akma gerilmesi değerinin malzemenin uygunluğunun test veya rasyonel ifadelerle ispat edilmediği sürece AISC 2002'de 345 MPa'ı, AISC 2005'te ise bu değer inelastik davranışın kolon tabanındaki akma olarak düşünüldüğü sistemlerde uygulanmasına gerek olmadığı belirtilmiştir. Bu limitlerin inelastik davranışın kolon tabanındaki akma olarak düşünüldüğü sistemlerde uygulanmasına gerek olmadığı vurgulanmıştır.

Ayrıca, AISC 2002'de sismik dizaynda kullanılacak elemanların yapı çeliklerin seçilmesi ile ilgili olarak bazı kriterler verilmiştir. Bunlar:

- i. Akma gerilmesinin çekme gerilmesine oranı 0.85'i geçmemelidir.
 - ii. Akma gerilmesinde gerilme- şekildeğiştirme platosu olmalıdır.
 - iii. Büyük bir şekil inelastik şekildeğiştirme kapasitesi olmalıdır.
- Deprem yükleri etkisindeki elemanların birleşim ve eklerinde kullanılacak bulonlar ISO 8.8, 10.9 veya daha yüksek kalitede olacaktır. Bu bulonlar, moment aktaran birleşimlerde kendilerine uygulanabilecek öngerme kuvvetinin tümü ile, diğer birleşimlerde ise en az öngerme kuvvetinin yarısı ile öngerilecektir. Deprem yükleri etkisinde olmayan elemanların birleşim ve ekleri ile temel bağlantı detaylarında ISO 4.6 ve 5.6 kalitesinde bulonlar kullanılabilir.

Sismik yükler tekrarlı ve yönü değişen yükler oldukları için tekrarlı ve şiddetli yük etkisi altında bulonların yeterli dayanıma sahip olmaları gerekmektedir. Bu yüzden ISO 8.8, 10.9 kalitesinde veya daha yüksek kalitede bulonlar kullanılmalıdır.

AISC 2002 ve AISC 2005'te sismik yüklere maruz kalan bütün bulonların öngermeli ve yüksek dayanımlı olması gerektiği belirtilmiştir.

- Kaynaklı birleşimlerde çelik malzemesine ve kaynaklama yöntemine uygun elektrot kullanılacak ve elektrotun akma dayanımı birleştirilen malzemelerin akma dayanımından daha az olmayacaktır. Moment aktaran çerçevelerin kaynaklı kolon-kiriş birleşimlerinde tam penetrasyonlu küt kaynak veya köşe kaynağı dikişleri kullanılacaktır. Bu kaynaklarda kullanılan elektrotun minimum Charpy-V-Notch (CVN) dayanımı (Çentik Dayanımı) -298°C 'de 27 Nm (27J) olacaktır.

Birleşimlerde kullanılacak elektrotun minimum çentik dayanımı ile ilgili aynı değerler AISC 2002 ve AISC 2005'te de verilmiştir.

- Deprem yükleri etkisindeki elemanlarda, aynı birleşim noktasında, kaynaklı ve bulonlu birleşimle bir arada kullanılamaz.

1998 ABYYHY’te malzeme ile ilgili bir bilgi bulunmamaktadır. Malzeme ve birleşim araçlarının kalitesi, yapılacak deneyler ile ilgili bilgiler, deprem yükleri etkisinde burkulmadan oluşacak olumsuzlukları giderme amacıyla verilmiştir; ve benzerleri AISC 2002 ve AISC 2005’te de bulunmaktadır.

- Düşey yükler ve depremin ortak etkisi altında Emniyet Gerilmeleri Yöntemi’ne göre yapılan kesit hesaplarında, emniyet gerilmeleri en fazla %33 arttırılacaktır. Birleşim ve eklerin emniyet gerilmeleri esasına göre tasarımında ise bu arttırım %15’i geçmeyecektir. Birleşim ve ekler ayrıca, bu bölümün ilgili maddelerinde belirtildiği şekilde, emniyet gerilmeleri esasına göre ve/veya eleman kapasitelerine ya da arttırılmış deprem etkilerine göre kontrol edilecektir.
- Çelik yapı elemanlarının ve birleşim detaylarının gerekli kapasitelerinin hesabında, σ_a akma gerilmesi yerine $D_a\sigma_a$ arttırılmış akma gerilmesi değerleri kullanılacaktır.

Arttırılmış akma gerilmesinin hesabında uygulanacak D_a katsayıları, yapı çeliğinin sınıfına ve eleman türüne bağlı olarak, **Tablo 2**’de verilmiştir.

Çelikteki gerilme pekleşmesi kısmının da göz önüne alınması için D_a arttırma katsayıları kullanılmaktadır.

Tablo 2.2 : D_a Arttırma Katsayıları

Yapı Çeliği Sınıfı ve Eleman Türü	D_a
Fe 37 çeliğinden imal edilen hadde profilleri	1.2
Diğer yapı çeliklerinden imal edilen hadde profilleri	1.1
Tüm yapı çeliklerinden imal edilen levhalar	1.1

1998 ABYYHY’te “Emniyet Gerilmeleri, Yük ve Malzeme Güvenlik Katsayıları” başlığı altında aşağıdaki hususlara değinilmiştir:

- 1) Emniyet Gerilmeleri Yöntemi'ne göre yapılan kesit hesaplarında, birleşim ve ekler dışında, emniyet gerilmeleri için TS-648'deki EİY yükleme durumunda izin verilen %15 arttırım, deprem durumunda en fazla %33'e çıkabilir.
- 2) Bütün deprem bölgelerinde kaynak emniyet gerilmesi veya taşıma gücü %25 oranında azaltılacaktır. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, şantiyede kaynaklı birleşim ve eklerin sertifikalı kaynakçı tarafından yapılması zorunludur.

Yukarıdaki maddelerden de anlaşılacağı gibi, 1998 Deprem Yönetmeliği'nde D_a arttırma katsayıları tanımlanmamış, kullanılacak yapı çeliklerinin özelliklerine değinilmemiş, birleşim detayları üzerinde durulmamıştır. 2007 DBYBHY'te D_a arttırma katsayıları ile malzeme sınıfı da hesaplarda göz önüne alınmaktadır.

2.6 Arttırılmış Deprem Etkileri

Bu bölümde gerekli görülen yerlerde, çelik yapı elemanlarının ve birleşim detaylarının tasarımında, aşağıda verilen arttırılmış deprem etkileri göz önüne alınacaktır. Arttırılmış deprem etkilerini veren yüklemeler;

$$1.0 G + 1.0 Q \pm \Omega_0 E \quad (2.19)$$

veya daha elverişsiz sonuç vermesi halinde

$$0.9 G \pm \Omega_0 E \quad (2.20)$$

şeklinde tanımlanmıştır. 2007 Deprem Yönetmeliği **Bölüm 2**'ye göre hesaplanan deprem yüklerinden oluşan iç kuvvetlere uygulanacak Ω_0 Büyütme Katsayısı'nın değerleri, çelik taşıyıcı sistemlerin türüne bağlı olarak, **Tablo 3**'de verilmiştir.

Tablo 2.3 : Büyütme Katsayıları

Taşıyıcı Sistem Türü	Ω_0
Şüneklik Düzeyi Yüksek Çerçevesler	2.5
Şüneklik Düzeyi Normal Çerçevesler	2.0
Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler (şüneklik düzeyi yüksek veya normal)	2.0
Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler	2.5

1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te (ABYYHY), Taşıma Gücü Yöntemi'ne göre yapılan kesit hesaplarında, deprem etkisini içeren yükleme durumları;

$$1.0G + 1.0Q \pm 1.0E$$

veya daha elverişsiz sonuç vermesi durumunda

$$0.9G \pm 1.0E$$

şeklinde tanımlanmıştır. Bu ifadelerde, 2007 DBYBHY'te tanımlanan ve taşıyıcı sistem türüne göre değişen Ω_0 büyütme katsayıları tanımlanmamıştır.

Ayrıca, 1998 ABYYHY'te Taşıma Gücü Yöntemi ile TS 4561'e göre yapılacak hesaplarda çelik akma sınırına uygulanacak malzeme güvenlik katsayısı 1.15, betonarme-çelik kompozit döşemelerde beton karakteristik basınç dayanımına uygulanacak malzeme güvenlik katsayısı ise 1.5 olarak alınacaktır.

1998 ABYYHY Taşıma Gücü Yöntemi'ne göre kesit hesabı yapılabileceğini ifade etmiş ve yük katsayıları vermiştir. 2007 DBYBHY ise taşıyıcı sistemin tümüne bağlı olarak kullanılan yük arttırma katsayıları tanımlayarak yükleme yapmaktadır ve taşıma gücü yöntemine göre hesaba değinmiştir. Benzer katsayılar AISC 2002'de de kullanılmaktadır.

2.7 İç Kuvvet Kapasiteleri ve Gerilme Sınır Değerleri

Gerekli durumlarda kullanılmak üzere, yapı elemanlarının iç kuvvet kapasiteleri ve birleşim elemanlarının gerilme sınır değerleri aşağıda tanımlanmıştır.

Yapı elemanlarının iç kuvvet kapasiteleri:

$$\text{Eğilme momenti kapasitesi: } M_p = W_p \sigma_a \quad (2.21)$$

$$\text{Kesme kuvveti kapasitesi: } V_p = 0.60 \sigma_a A_k \quad (2.22)$$

$$\text{Eksenel basınç kapasitesi: } N_{bp} = 1.7 \sigma_{bem} A \quad (2.23)$$

$$\text{Eksenel çekme kapasitesi: } N_{cp} = \sigma_a A_n \quad (2.24)$$

Birleşim elemanlarının gerilme sınır değerleri:

Tam penetrasyonlu kaynak: σ_a

Kısmi penetrasyonlu küt kaynak veya köşe kaynağı: $1.7 \sigma_{em}$

Bulonlu birleşimler: $1.7\sigma_{em}$

Burada, σ_{em} ilgili birleşim elemanına ait emniyet gerilmelerini (normal gerilme, kayma ve ezilme gerilmeleri) göstermektedir.

1998 Deprem Yönetmeliği'nde Emniyet Gerilmeleri, Yük ve Malzeme Güvenlik Katsayıları başlığı altında incelenen bu bölümde, Emniyet Gerilmeleri Yöntemi'ne göre yapılan kesit hesaplarında, birleşim ve ekler dışında, emniyet gerilmeleri için TS-648'deki EİY yükleme durumunda izin verilen %15 arttırımın deprem durumunda en fazla %33'e çıkarılabileceği belirtilmiştir.

Ayrıca **Denklem (2.19)** ve **Denklem (2.20)**'de verilen büyütme katsayıları 1998 Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanmamıştır. Aynı şekilde, çelik yapı elemanlarının ve birleşim detaylarının gerekli kapasitelerinin hesabında, σ_a akma gerilmesinin D_a arttırma katsayıları ile çarpılarak arttırılmasına değinilmemiştir.

2.8 Moment Aktaran Çerçevelerde Kiriş-Kolon Birleşim Detayları

2.8.1 Kapsam ve Genel Hususlar

2.8.1.1 – Bu bölümde, **2.3.1**'de “**Kiriş-Kolon Birleşim Bölgeleri**” maddesinde öngörüldüğü şekilde, en az 0.04 radyan Görelî Kat Ötelemesi Açısı'nı (görelî kat ötelemesi/kat yüksekliği) sağlayabilecek kapasitede olduğu deneysel ve/veya analitik yöntemlerle kanıtlanmış olan çeşitli bulonlu ve kaynaklı birleşim detayları örnekleri verilmiştir.

2.8.1.2 – Bu detaylar, süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin moment aktaran kiriş-kolon birleşimlerinde, kendilerine ait uygulama sınırları çerçevesinde kullanılabilirlerdir.

2.8.1.3 – Süneklik düzeyi normal çerçevelerin moment aktaran kiriş-kolon birleşimlerinde ise, söz konusu detaylar koşulsuz olarak kullanılabilirler.

2.8.1.4 – Birleşim detaylarının dayanım hesapları ve kapasite kontrol tahkikleri, süneklik düzeyi yüksek ve normal çerçeveler için, sırasıyla **2.3.1** ve **2.3.2**'de “**Kiriş-Kolon Birleşim Bölgeleri**” maddesinde yer alan esaslara uygun olarak yapılacaktır.

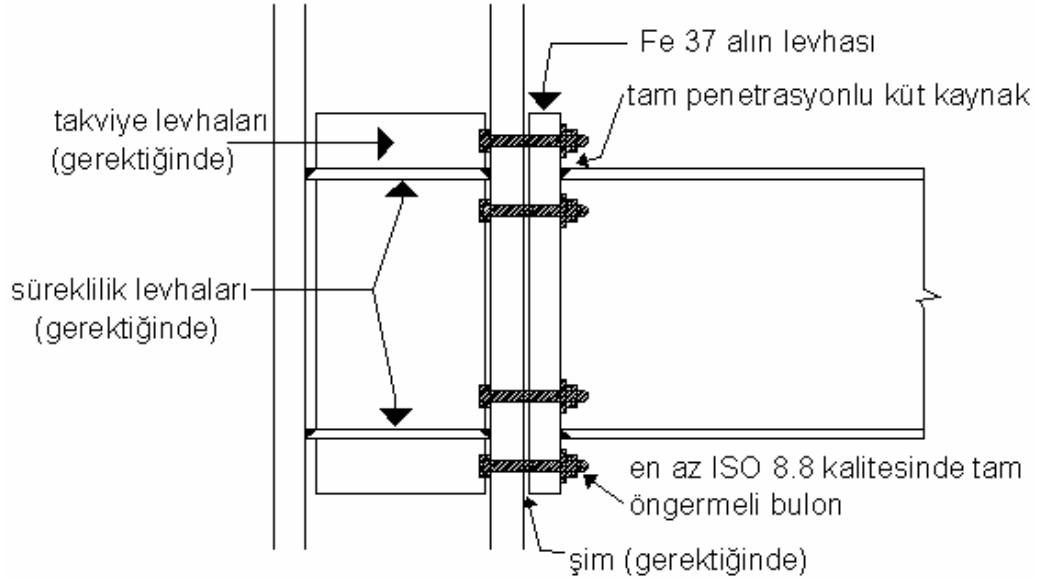
2.8.2 Kiriş – Kolon Birleşim Detayları

Aşağıda, bulonlu ve kaynaklı moment aktaran kiriş-kolon birleşim detayları ile bu detayların süneklik düzeyi yüksek çerçevelerde kullanılma koşullarını içeren uygulama sınırları verilmiştir.

2.8.2.1 Alın Levhalı Bulonlu Birleşim Detayı

Alın levhalı, bulonlu kiriş-kolon birleşim detayı **Şekil (2.6)**'da verilmiştir. Detayda, Fe 37 çeliğinden yapılan alın levhası kirişin başlık levhalarına tam penetrasyonlu küt kaynak ile, gövde levhasına ise çift taraflı köşe kaynağı ile birleştirilmektedir. Alın levhasının kolona bağlantısı için, en az ISO 8.8 kalitesinde tam öngermeli bulonlar kullanılacaktır.

Bu detayın süneklik düzeyi yüksek çerçevelere uygulanabilmesi için, birleşim detayı parametrelerinin **Tablo 2.4**'te verilen uygulama sınırlarını sağlaması gerekmektedir.



Şekil 2.6 : Alın Levhalı Bulonlu Birleşim Detayı

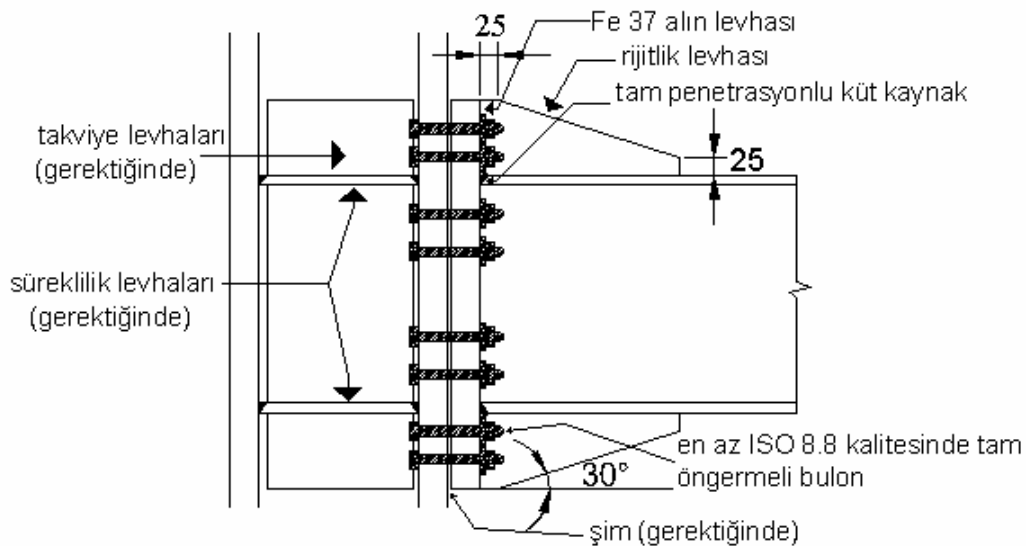
Tablo 2.4 : Alın Levhalı Bulonlu Kiriş – Kolon Birleşim
Detaylarının Uygulama Sınırları

Birleşim Detayı Parametreleri	Uygulama Sınırları
Kiriş enkesit yüksekliği	≤ 750 mm
Kiriş açıklığı / enkesit yüksekliği oranı	≥ 7
Kiriş başlık kalınlığı	≤ 20 mm
Kolon enkesit yüksekliği	≤ 600 mm
Bulon sınıfı	8.8 veya 10.9
Bulon öngerme koşulları	Tam öngerme
Alın levhası malzeme sınıfı	Fe 37
Başlık levhası kaynağı	Tam penetrasyonlu küt kaynak

2.8.2.2 Takviyeli Alın Levhalı Bulonlu Birleşim Detayı

Rijitlik levhaları ile takviye edilmiş alın levhalı, bulonlu kiriş-kolon birleşim detayı **Şekil (2.7)**'de verilmiştir. Detayda, Fe 37 çeliğinden yapılan alın levhası kirişin başlık levhalarına küt kaynak ile, gövde levhasına ve rijitlik levhalarına ise çift taraflı köşe kaynağı ile birleştirilmektedir. Alın levhasının kolona bağlantısı için, en az ISO 8.8 kalitesinde tam öngermeli bulonlar kullanılacaktır.

Bu detayın süneklik düzeyi yüksek çerçevelerde kullanılabilmesi için, birleşim detayı parametrelerinin **Tablo 2.5**'te verilen uygulama sınırlarını sağlaması gerekmektedir.



Şekil 2.7 : Takviyeli Alın Levhalı Bulonlu Birleşim Detayı

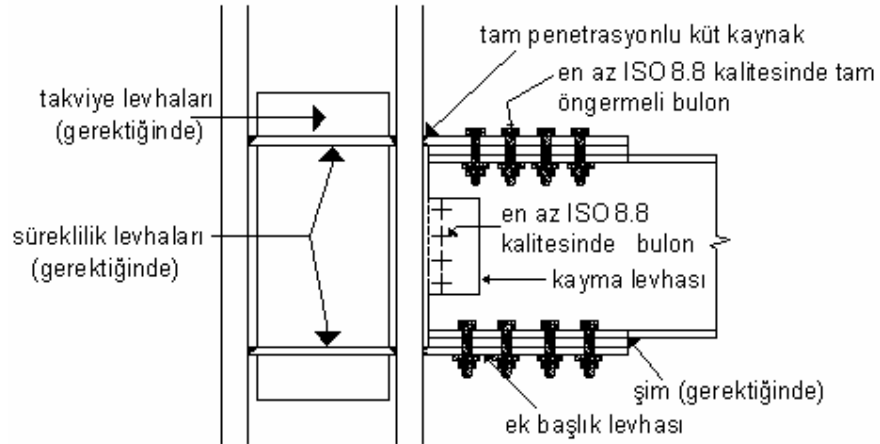
Tablo 2.5 : Takviyeli Alın Levhalı Bulonlu Kiriş – Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları

Birleşim Detayı Parametreleri	Uygulama Sınırları
Kiriş enkesit yüksekliği	≤ 1000 mm
Kiriş açıklığı / enkesit yüksekliği oranı	≥ 7
Kiriş başlık kalınlığı	≤ 25 mm
Kolon enkesit yüksekliği	≤ 600 mm
Bulon sınıfı	8.8 veya 10.9
Bulon öngerme koşulları	Tam öngerme
Alın levhası malzeme sınıfı	Fe 37
Başlık levhası kaynağı	Tam penetrasyonlu küt kaynak

2.8.2.3 Alın Levhasız Bulonlu Birleşim Detayı

Alın levhasız, bulonlu kiriş-kolon birleşim detayı **Şekil (2.8)**'de verilmiştir. Detayda, kirişin kolona bağlantısı ek başlık levhaları ve gövdedeki kayma levhası ile sağlanmaktadır. Ek başlık levhaları kolona tam penetrasyonlu küt kaynak ile, kayma levhası ise küt kaynak veya köşe kaynağı ile birleştirilmiştir. Kiriş başlık ve gövde levhalarının ek başlık levhasına ve kayma levhasına bağlantısı için en az ISO 8.8 kalitesinde bulonlar kullanılacaktır. Ek başlık levhasının hadde doğrultusu, kiriş boyuna ekseninin doğrultusunda olacaktır.

Bu detayın süneklik düzeyi yüksek çerçevelere uygulanabilmesi için, birleşim detayı parametrelerinin **Tablo 2.6**'da verilen uygulama sınırlarını sağlaması gerekmektedir.



Şekil 2.8 : Alın Levhasız Bulonlu Birleşim Detayı

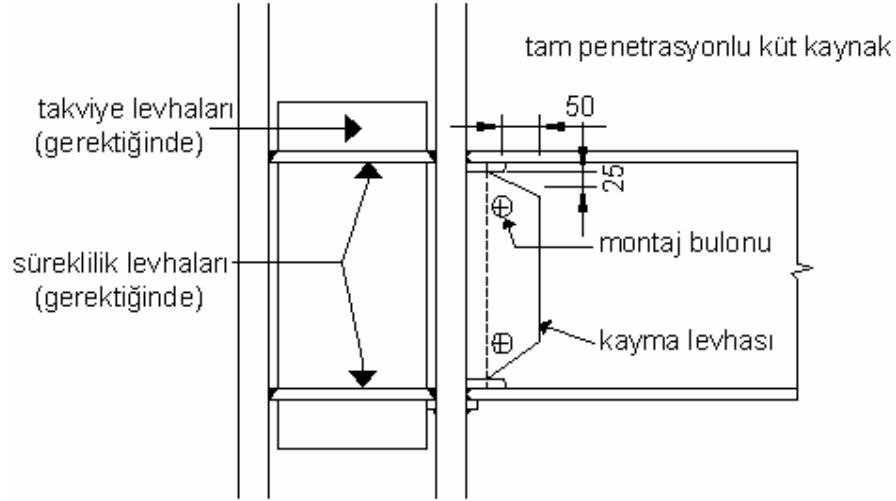
Tablo 2.6 : Alın Levhasız Bulonlu Kiriş – Kolon Birleşim
Detayının Uygulama Sınırları

Birleşim Detayı Parametreleri	Uygulama Sınırları
Kiriş enkesit yüksekliği	≤ 800 mm
Kiriş açıklığı / enkesit yüksekliği oranı	≥ 8
Kiriş başlık kalınlığı	≤ 20 mm
Kolon enkesit yüksekliği	≤ 600 mm
Bulon sınıfı	8.8 veya 10.9
En büyük bulon boyutu	M 30
Başlık levhası bulonlarının öngerme koşulları	Tam öngerme
Ek başlık levhası malzeme sınıfı	Fe 37, Fe 52
Ek başlık levhası kaynağı	Tam penetrasyonlu küt kaynak

2.8.2.4 Kaynaklı Birleşim Detayı

Kaynaklı birleşim detayı, **Şekil (2.9)**'da verilmiştir. Detayda, kiriş başlık levhalarının kolona birleşimi tam penetrasyonlu küt kaynak ile sağlanmaktadır. Kiriş gövde levhası ise, kayma levhası kullanılarak, küt kaynak veya köşe kaynağı ile kolona bağlanmaktadır. Detayda gösterildiği gibi, kiriş başlıklarındaki küt kaynaklar için kaynak ulaşım deliklerine gerek olmaktadır.

Bu detayın süneklik düzeyi yüksek çerçevelere uygulanabilmesi için, birleşim detayı parametrelerinin **Tablo 2.7**'de verilen uygulama sınırlarını sağlaması gerekmektedir.



Şekil 2.9 : Kaynaklı Birleşim Detayı

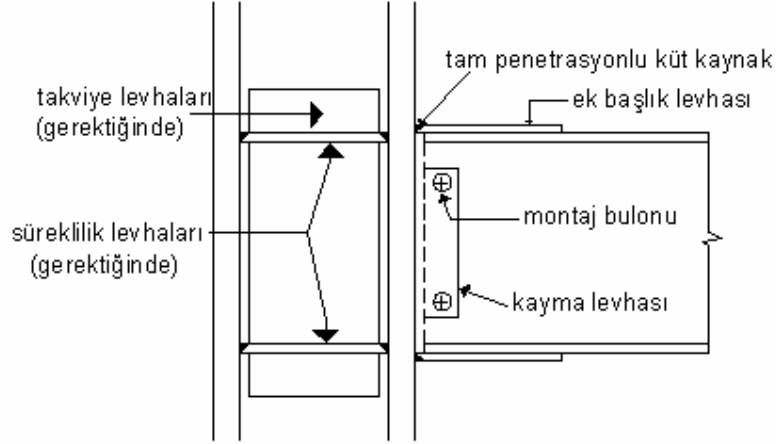
Tablo 2.7 : Kaynaklı Kiriş – Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları

Birleşim Detayı Parametreleri	Uygulama Sınırları
Kiriş enkesit yüksekliği	≤ 1000 mm
Kiriş açıklığı / enkesit yüksekliği oranı	≥ 7
Kiriş başlık kalınlığı	≤ 25 mm
Kolon enkesit yüksekliği	≤ 600 mm
Kaynak ulaşım deliği	gerekli
Başlık levhası kaynağı	Tam penetrasyonlu küt kaynak

2.8.2.5 Ek Başlık Levhalı Kaynaklı Birleşim Detayı

Ek başlık levhalı kaynaklı birleşim detayı **Şekil (2.10)**'da verilmiştir. Detayda, ek başlık levhasının kolona birleşimi tam penetrasyonlu küt kaynak ile, kiriş başlığına birleşimi çevresel köşe kaynağı ile sağlanmaktadır. Ek başlık levhasının hadde doğrultusu, kiriş boyuna ekseninin doğrultusunda olacaktır. Kiriş gövde levhası ise, kayma levhası kullanılarak, küt kaynak veya köşe kaynağı ile kolona bağlanmaktadır. Bu detayda kaynak ulaşım deliğine gerek olmamaktadır.

Bu detayın süneklik düzeyi yüksek çerçevelere uygulanabilmesi için, birleşim detayı parametrelerinin **Tablo 2.8**'de verilen uygulama sınırlarını sağlaması gerekmektedir.



Şekil 2.10 : Ek Başlık Levhalı Kaynaklı Birleşim Detayı

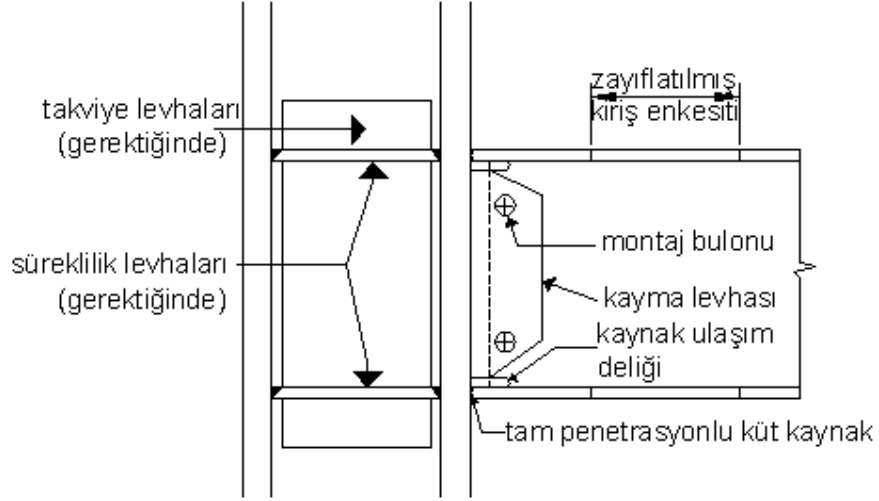
Tablo 2.8 : Ek Başlık Levhaları Kaynaklı Kiriş – Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları

Birleşim Detayı Parametreleri	Uygulama Sınırları
Kiriş enkesit yüksekliği	≤ 1000 mm
Kiriş açıklığı / enkesit yüksekliği oranı	≥ 7
Kiriş başlık kalınlığı	≤ 25 mm
Kolon enkesit yüksekliği	≤ 600 mm
Ek başlık levhası malzeme sınıfı	Fe 52
Ek başlık levhası kaynağı	Tam penetrasyonlu küt kaynak

2.8.2.6 Zayıflatılmış Kiriş Enkesiti Kaynaklı Birleşim Detayı

Zayıflatılmış kiriş enkesiti, kaynaklı birleşim detayı **Şekil (2.11)**'de verilmiştir. Kaynaklı birleşim detayı ile aynı özelliklere sahip olan bu detayda, ayrıca zayıflatılmış kiriş enkesiti kullanılmaktadır. Zayıflatılmış kiriş enkesiti için öngörülen geometrik boyutlar şekil üzerinde gösterilmiştir.

Bu detayın süneklik düzeyi yüksek çerçevelere uygulanabilmesi için, birleşim detayı parametrelerinin **Tablo 2.9**'da verilen uygulama sınırlarını sağlaması gerekmektedir.



Şekil 2.11 : Zayıflatılmış Kiriş Enkesiti Kaynaklı Birleşim Detayı

**Tablo 2.9 : Zayıflatılmış Kiriş Enkesiti Kaynaklı Kiriş
Kolon Birleşim Detayının Uygulama Sınırları**

Birleşim Detayı Parametreleri	Uygulama Sınırları
Kiriş enkesit yüksekliği	≤ 1000 mm
Kiriş birim boy ağırlığı	≤ 450 kg/m
Kiriş açıklığı / enkesit yüksekliği oranı	≥ 7
Kiriş başlık kalınlığı	≤ 45 mm
Kolon enkesit yüksekliği	≤ 600 mm
Kaynak ulaşım deliği	gerekli
Ek başlık levhası kaynağı	Tam penetrasyonlu küt kaynak

3. SAYISAL UYGULAMA

Bu bölümde, ülkemizde de yaygın bir biçimde kullanılan tek katlı bir çelik endüstri yapısının 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'e göre boyutlandırılması ve detay hesapları yer almaktadır.

3.1 Tek Katlı Çelik Yapılar

Tek katlı çelik yapılar genel olarak endüstriyel ve ticari amaçlı kullanılmaktadır. Dünyanın pek çok ülkesinde bu yapıların çelikten olmasının nedeni, çatı ve rüzgâr yüklerinin göreceli olarak hafifliği, açıklıkların ise 45m civarında olmasıdır. Çelik, yüksek dayanımı ve kendine has özellikleriyle bu tip yapılar için en uygun malzemedir. Çelik çubuklar çatı kaplamasını verimli bir şekilde duvarlardan bağımsız olarak taşıyabilmekte, bu özellik açıklık ve bölmelerin oluşturulmasında esneklik sağlamaktadır. Yüzey kaplamalarının ağırlıkları direkt olarak binaya dengesini veren kolonlara aktarılmaktadır. Bu sistem, deprem bölgesindeki yapılar için de çok uygun bir sistemdir. Bina yüksekliği boyunca veya belirli yükseklikte tuğla dış cephe kaplamasını kolonlardan bağımsız olarak kafes sisteme taşımak mümkündür.

Genellikle çelik yapı iskeleti zeminden 300mm altta temel üzerine oturarak sonlanır. Bu özellik, bina tabanının kullanımında, açıklıkların değiştirilmesi ve ağır yüke maruz kalma durumlarında esneklik sağlamaktadır. Bu sistemler çok amaçlı bölmelerden oluşurlar.

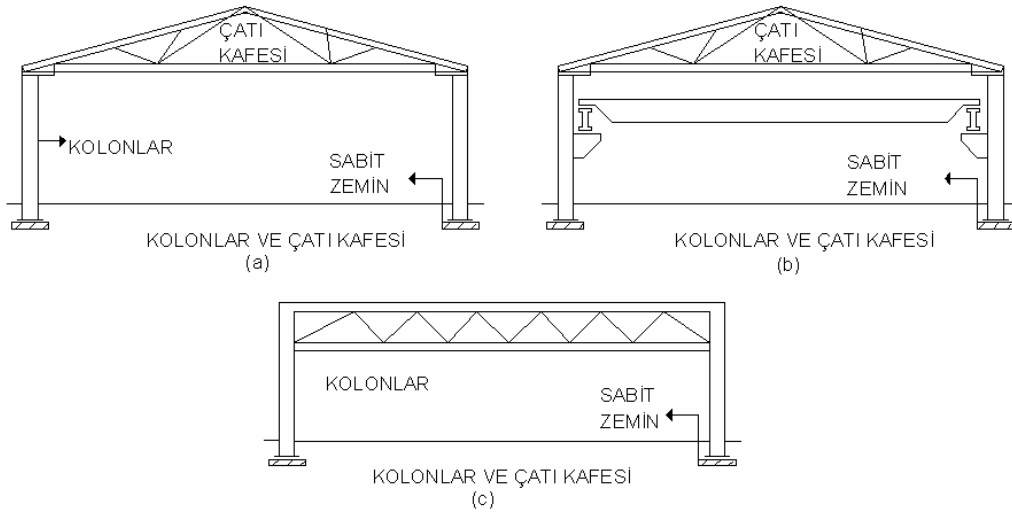
Doğal aydınlanma için yarısaydam levhalar veya ince ve şeffaf bir tabaka ile yapılan çatı kaplamaları kullanılmaktadır. Bu özellikler çatı şeklinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar.

Hafif çatı kaplamalarının özellikle plastik kaplı galvaniz çelik levhaların kullanılması 6° yüzey eğimli ekonomik çatıların oluşmasına imkân sağlamaktadır. Yalıtımı yapılmış kaplamalar daha kullanışlı olmaktadır. Çatı katı olan ve drenajı iyi yapılmış

düz bir çatıya sahip yapılar da kullanılmakta fakat maliyetli oldukları için tercih edilmemektedir. Yağmur suyunun tahliyesi için çatıya yeterli eğim verilmeli ya da balıksırtı şeklinde inşa edilmelidir. İsteğe bağlı olarak yapılan asma tavan, kesit türüne eki etmektedir.

Endüstri yapılarında kullanılacak vinçler, kolonlara bağlı kren kirişleri ile desteklenmektedir. Oldukça çeşitlilik gösteren kren yükü hesabında açıklıklar ve tekerlek yükleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Şekil 3.1 (a)'da kolonlar ve kafes türü gösterilmektedir. (b)'de ise çatı eğimi %30'dan fazla olan yapılardaki uygulama verilmiştir. Yapının alt kısmında kuşakların olması, asma tavan için bir avantaj olmakla beraber, bu kuşakların bağlı olduğu kolonların yanıl dengeyi sağlama açısından tabana sabitlenmesi gerekmektedir. Çelik çubukların görüntüsünün önemli olduğu durumlarda içi boş üçgen kafes kirişler kullanılabilir. [(c)'de görüldüğü gibi]. Eğer açıklık 40m'nin altındaysa bu uygulama ekonomik olmamaktadır.



Şekil 3.1 : Tek Katlı Çelik Yapılar

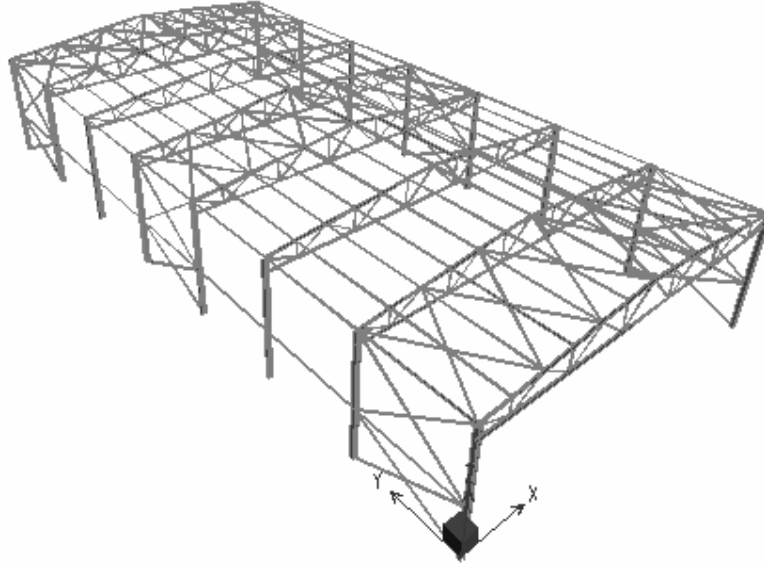
Çelik endüstri yapılarında genellikle bulonlu birleşimler kullanılmaktadır. Çatı kafesinde ise kaynaklı birleşimler yapılmaktadır. Aşıklar soğukta şekil verilmiş elemanlardan teşkil edilmiştir. Yapının inşası sürecinde göz önünde bulundurulması gereken en önemli husus yapının boyuna dengesidir. Ayrıca çatı desteklerine de ihtiyaç duyulmaktadır. Kren kiriş detaylarının da belirtilmesi gerekmektedir. Krenin bittiği yer ile yapı arasında personel için ayrılan yerin detayları ve güç kablolarının geçtiği yerler güvenlik açısından belirtilmelidir.

3.2 Bir Doğrultuda Süneklik Düzeyi Yüksek Kafes Kirişli Çerçevelerden, Diğer Doğrultuda Süneklik Düzeyi Yüksek Merkezi Çelik Çaprazlı Perdelerden Oluşan Tek Katlı Çelik Endüstri Binası

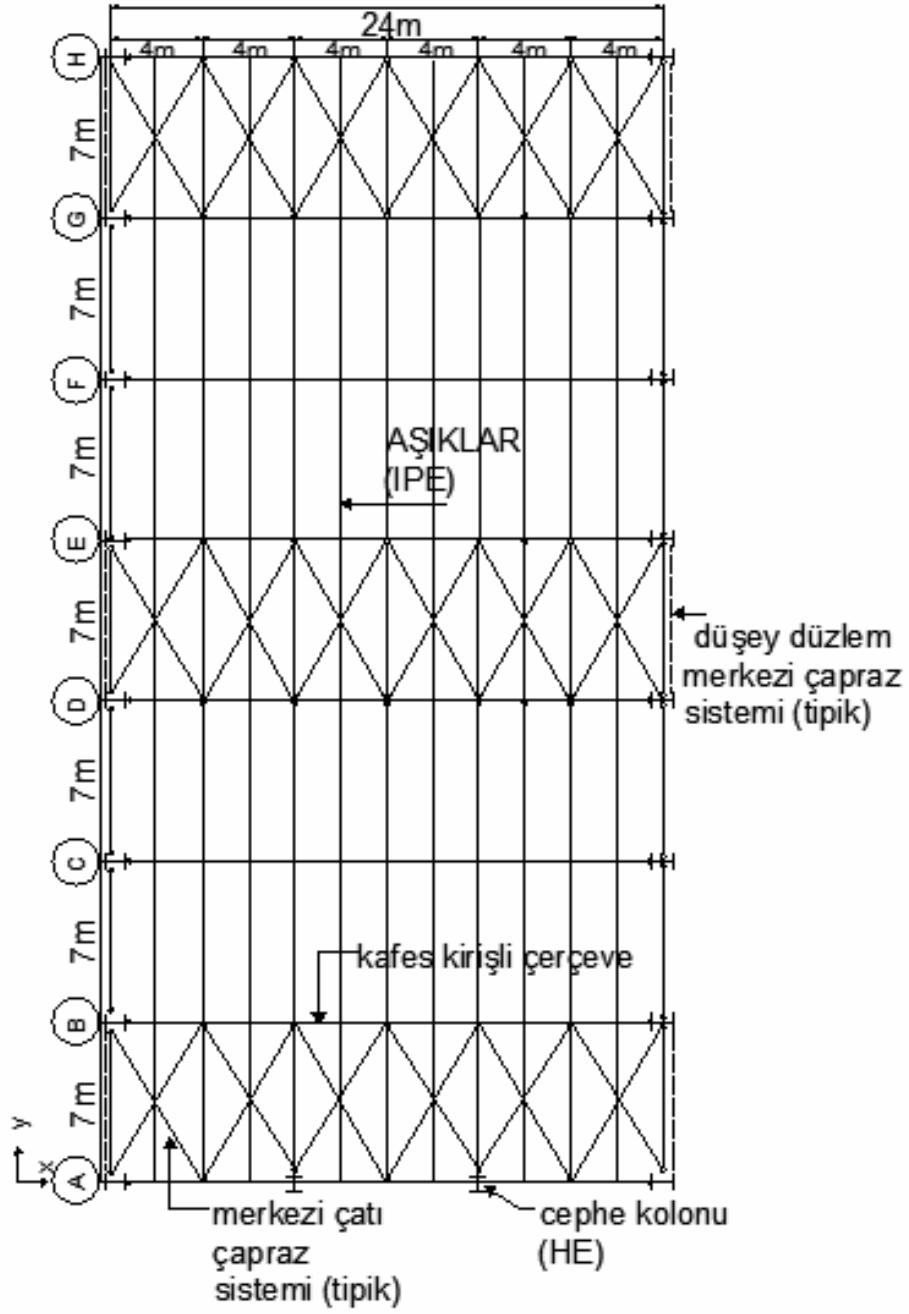
Üç boyutlu genel sistem görünüşü **Şekil 3.2**'de, çatı sistem planı **Şekil 3.3**'te, tipik çerçeve enkesiti **Şekil 3.4**'te ve cephe sistem görünüşü **Şekil 3.5**'te verilen tek katlı çelik endüstri binasının tasarımına ait başlıca sonuçlar ile tipik elemanlarının boyutlandırma ve detay hesapları açıklanacaktır.

Binanın (x) doğrultusundaki yatay yük taşıyıcı sistemi, 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.3**'te tanımlanarak ilgili tasarım koşulları verilen süneklik düzeyi yüksek, moment aktaran kafes kirişli çerçevelerden, (y) doğrultusundaki yatay yük taşıyıcı sistemi ise, 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.6**'da tanımlanarak ilgili tasarım koşulları verilen süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerden oluşmaktadır.

2007 Deprem Yönetmeliği **Tablo 2.5**'te, deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalarla ilgili maddesinde, süneklik düzeyi normal sistemler için taşıyıcı sistem davranış katsayısı tanımlanmadığından, yapı her iki doğrultuda da süneklik düzeyi yüksek sistem olarak çözülmüştür.



Şekil 3.2 : Genel Sistem Görünüşü



Şekil 3.3 : Çatı Sistem Planı

Çatı döşemesi, çelik aşıklar ile bunlara mesnetlenen alüminyum sandviç panellerden teşkil edilen çatı kaplamasından meydana gelmektedir. Düzlemi içinde rijit bir diyafram oluşturmayan çatı döşemesinde, A-B, D-E ve G-H aksları arasında merkezi çatı çapraz sistemi bulunmaktadır. Çatı çapraz sistemi, aynı akslar arasında, düşey düzlemde de devam ederek binanın (y) doğrultusundaki yatay yük taşıyıcı sistemini meydana getirmektedir. Çatı döşemesinin rijit bir diyafram oluşturmaması nedeniyle, (x) ve (y) doğrultularındaki yatay yük taşıyıcı sistemler birbirinden bağımsız olarak davranmaktadır.

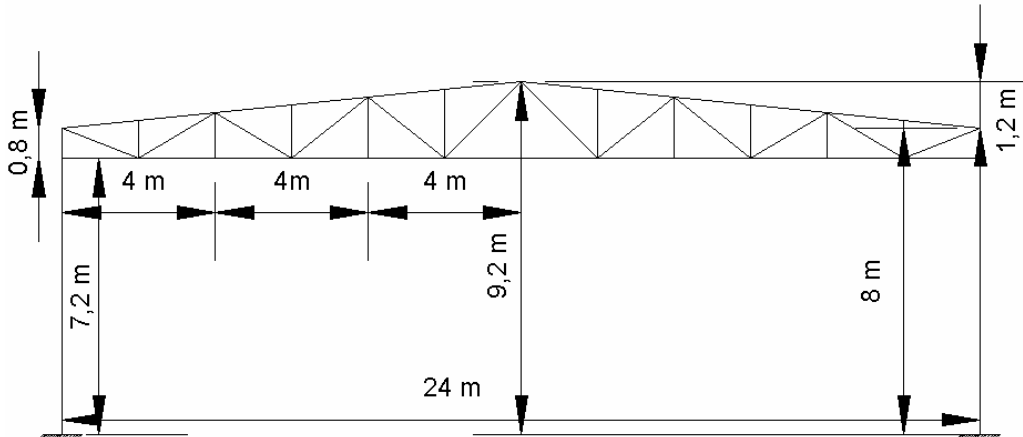
Kolonların ± 0.00 kotunda, temele ankastre olarak mesnetlendiği göz önüne alınacaktır.

Çatı ve düşey düzlem bağlantılarında L profilleri ve kare kesitli kutu profilleri kullanılacaktır.

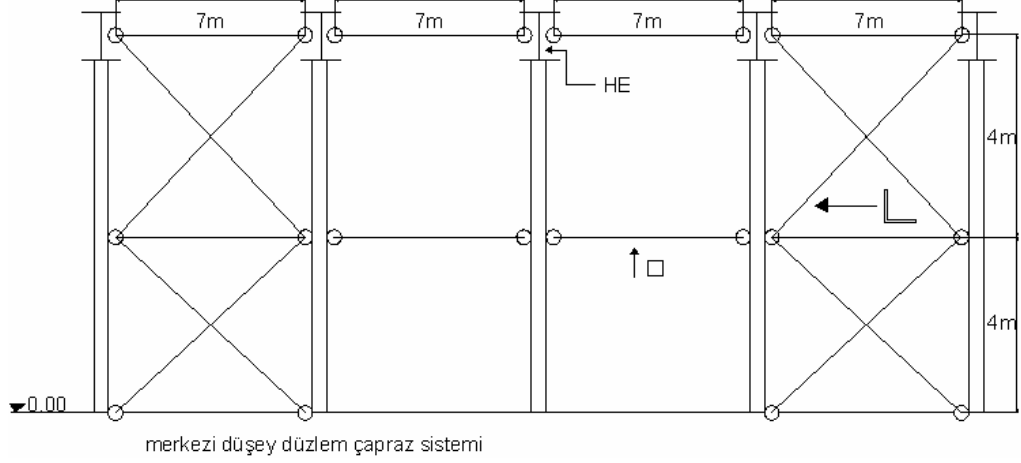
Sistemin tasarımında Fe 37 yapı çeliği kullanılması öngörülmektedir. Çelik yapı malzemesinin özellikleri ile ilgili olarak, 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.2.3.1** geçerlidir.

TS 648 Çelik Yapılar Standardı'na göre, Fe 37 yapı çeliğinin akma gerilmesi $\sigma_a=235 \text{ N/mm}^2$, elastisite modülü $E = 206182 \text{ N/mm}^2$ ve emniyet gerilmeleri, normal gerilme için $\sigma_{emn}=141 \text{ N/mm}^2$, kayma gerilmesi için $\tau_{emn}=82 \text{ N/mm}^2$ değerlerini almaktadır.

2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.2.3.2**'ye uygun olarak, deprem yükleri etkisindeki elemanların birleşim ve eklerinde ISO 10.9 kalitesinde (akma gerilmesi $\sigma_a=900 \text{ N/mm}^2$) bulon kullanılacaktır.



Şekil 3.4 : Tipik Çerçeve Enkesiti



Şekil 3.5 : Cephe Sistem Görünüşü

3.2.1 Düşey Yükler

a) Çatı döşemesi:	çatı kaplaması	0.1	kN/m^2
	aşıklar	0.1	kN/m^2
	tesisat yükü	0.25	kN/m^2
	çelik konstrüksiyon	<u>0.3</u>	kN/m^2
	$g =$	0.75	kN/m^2
b) Cepheler:	kar yükü	$q =$	0.75 kN/m^2
	cephne kaplaması	0.1	kN/m^2
	cephne elemanları	0.1	kN/m^2
	doğrama	<u>0.4</u>	kN/m^2
		0.6	kN/m^2
c) Dış duvar yükü	$g_d =$	3.0	kN/m^2

3.2.2 Deprem Karakteristikleri

Tasarımı yapılacak tek katlı çelik endüstri binası birinci derece deprem bölgesinde ve Z_2 yerel zemin sınıfı üzerinde inşa edilecek ve işyeri olarak kullanılacaktır. Yapı taşıyıcı sisteminin bir doğrultuda süneklik düzeyi yüksek çerçevelerden, diğer doğrultuda ise süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerden oluşturulması öngörülmektedir. Bu parametreler esas alınarak belirlenen deprem karakteristikleri aşağıda verilmiştir:

- Etkin yer ivme katsayısı (birinci derece deprem bölgesi) $A_0 = 0.40$
- Bina önem katsayısı (işyeri) $I = 1.00$

- Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

(x doğrultusunda deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı binalar) $R_x=4$

(y doğrultusunda deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerle taşındığı binalar) $R_y=5$

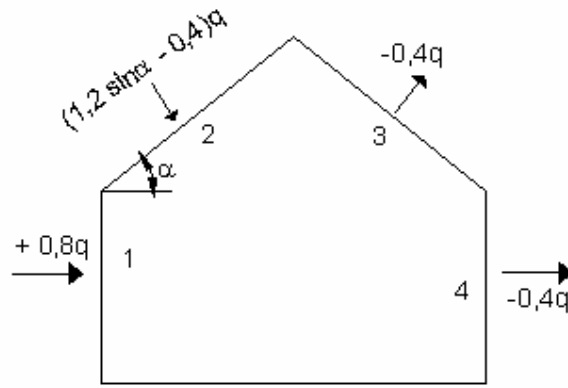
3.2.3 Rüzgâr Yükleri

Yapı sistemine etkiyen rüzgâr yükleri TS 498 Yük Standardına göre belirlenecektir.

Zeminden yükseklik : 9.20 m

Rüzgar hızı : 36 m/s

Emme : 0.80 kN/m²



Şekil 3.6 : Rüzgar Yükleme

$$\tan \alpha = 1.2/12 \rightarrow \alpha = 5.71^\circ \quad \sin \alpha = 0.01 \quad \cos \alpha \cong 0.995$$

Rüzgâr yönüne (α) açısı yapan eğimli yüzeyler:

$$q = \frac{V^2}{1600} = \frac{36^2}{1600} = 0.81 \text{ kN/m}^2 \cong 0.80 \text{ kN/m}^2$$

$$w = c \cdot q \rightarrow 1.2 \sin \alpha \times 0.80 = 0.96 \sin \alpha$$

$$w = 0.96 \times 0.01 = 9.6 \times 10^{-4} \text{ kN/m}^2$$

$$(1.2 \sin \alpha - 0.4)q = -0.39q \rightarrow (\text{emme}) \cong 0.40q$$

$$1 \text{ yüzeyi: } 0.80 \times 0.80 = 0.64 \text{ kN/m}^2 (+) \rightarrow \text{Çerçeve doğrultusunda}$$

$$2 \text{ yüzeyi: } -0.4 \times 0.80 = -0.32 \text{ kN/m}^2 (-) \rightarrow \text{Çatı düzlemine dik}$$

3 yüzeyi: $-0.4 \times 0.80 = -0.32 \text{ kN/m}^2$ (-) → Çatı düzlemine dik

4 yüzeyi: $-0.4 \times 0.80 = -0.32 \text{ kN/m}^2$ (-) → Çerçeve doğrultusunda

Rüzgâr yüklerinin idealleştirilmesi

a) Çerçeve doğrultusunda (X – doğrultusu)

Kolon yük uzunluğu:

- Kenar kolon; 3.50m → $W_1 = 3.50 \times 0.64 = 2.24 \text{ kN/m}$ (basınç)
→ $W_4 = 50 \times 0.32 = 1.12 \text{ kN/m}$ (emme)
- Orta kolon; 7.00m → $W_1 = 7.00 \times 0.64 = 4.48 \text{ kN/m}$ (basınç)
→ $W_4 = 7.00 \times 0.32 = 2.24 \text{ kN/m}$ (emme)

b) Çatı düzlemine dik doğrultuda

Aşık yük uzunluğu:

- Kenar aşık; 1.00m → $W_2 = W_3 = 1.00 \times 0.32 = 0.32 \text{ kN/m}$ (emme)
- Orta aşık; 2.00m → $W_2 = W_3 = 2.00 \times 0.32 = 0.64 \text{ kN/m}$ (emme)

3.2.4 Kar yükleri

Bölge : 1. bölge

Rakım : $\leq 200\text{m}$

P_{ko} : 0.75 kN/m^2

- Kenar aşıklar: $0.75 \times 1.00 = 0.75 \text{ kN/m}$
- Orta Aşıklar : $0.75 \times 2.00 = 1.50 \text{ kN/m}$

3.2.5 Trapez Sac Yükü

- Kenar Aşıklar: $0.10 \times 1.00 = 0.10 \text{ kN/m}$
- Orta Aşıklar : $0.10 \times 2.00 = 0.20 \text{ kN/m}$

3.2.6 Aşık Yükleri

▪ Kenar Aşıklar; (L=7m)

G : 0.10 kN/m (↓) → $0.10 \times 7.00 = 0.70 \text{ kN}$ (Yatay düzlemde)

KAR: 0.75 kN/m (↓) → $0.75 \times 7.00 = 5.25 \text{ kN}$ (Yatay düzlemde)

WXN: 0.32 kN/m (↑) → $0.32 \times 7.00 = 2.24 \text{ kN}$ (Çatı düzlemine dik doğ.)

$$WXP:0.32 \text{ kN/m } (\uparrow) \rightarrow 0.32 \times 7.00 = 2.24 \text{ kN (Çatı düzlemine dik doğ.)}$$

▪ Orta Aşıklar; (L=7m)

$$G : 0.20 \text{ kN/m } (\downarrow) \rightarrow 0.20 \times 7.00 = 1.40 \text{ kN (Yatay düzlemde)}$$

$$KAR: 1.50 \text{ kN/m } (\downarrow) \rightarrow 1.50 \times 7.00 = 10.50 \text{ kN (Yatay düzlemde)}$$

$$WXN:0.64 \text{ kN/m } (\uparrow) \rightarrow 0.64 \times 7.00 = 4.48 \text{ kN (Çatı düzlemine dik doğ.)}$$

$$WXP:0.64 \text{ kN/m } (\uparrow) \rightarrow 0.64 \times 7.00 = 4.48 \text{ kN (Çatı düzlemine dik doğ.)}$$

3.2.7 Deprem Yükleri

$$g = 0.75 \text{ kN/m}^2, q = 0.75 \text{ kN/m}^2$$

$$W_1 = [7 \times 8 \times 2 \times (0.10 + 0.10 + 0.40) + 0.82 \times 8 \times 2] \times \frac{1}{2} = 40.16 \text{ kN}$$

$$W_2 = 0.75 \cdot (7.24) = 126 \text{ kN}, W_3 = (7.24) \cdot (0.75) = 126 \text{ kN}$$

$$W_T = G + nQ \quad (n=0.30)$$

$$W_T = 40.16 + 126 + 126 \cdot (0.30) = 203.96 \text{ kN} \rightarrow W \cong 204 \text{ kN}$$

$$V_t = (A_o \cdot I \cdot S(T)/R) \cdot W \rightarrow A_o=0.40, I=1.00, S(T)=2.50, R_x=4$$

$$V_t = (0.40 \times 1.00 \times 2.50/4) \cdot 204 \rightarrow V_t = 51 \text{ kN}$$

$$\text{Orta Aşık Deprem Yükleri: } \frac{51}{12} = 4.25 \text{ kN}$$

$$\text{Kenar Aşık Deprem Yüğü: } \frac{4.25}{2} = 2.13 \text{ kN}$$

3.2.8 Aşık Hesabı

Ön boyut; IPE 180 $\rightarrow G=18,90 \text{ kg/m}$, Malzeme:St 37,

$$W_x=146 \text{ cm}^3, W_y=22.2 \text{ cm}^3$$

1. Yük analizi

$$\text{Aşık öz ağırlığı: } 0.19 \text{ kN/m}$$

$$\text{Kar yükü ağırlığı: } 0.75 \times 2.00 = 1.50 \text{ kN/m}$$

$$\text{Çatı örtüsü ağırlığı: } 0.10 \times 2.00 = 0.20 \text{ kN/m}$$

$$P = 0.19 + 1.50 + 0.20 = 1.89 \text{ kN/m}$$

2. Statik Hesap

$$M_y = 1.89 \cdot \frac{(7.00)^2}{8} \cdot \cos(5.71) = 11.51 \text{ kNm}$$

$$M_x = 1.89 \cdot \frac{(7.00)^2}{8} \cdot \sin(5.71) = 1.15 \text{ kNm}$$

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{11.51 \times 10^2}{146} + \frac{1.15 \times 10^2}{22.2} = 13.06 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{em} = 14.40 \text{ kN/m}^2$$

3.2.9 Üst Başlık Hesabı

Ön boyut; **90x90.9/10** (Çift korniyer) , $I_x = 116 \times 2 = 232 \text{ cm}^4$

$$A = 15.50 \times 2 = 31 \text{ cm}^2 \rightarrow I_y = 518.50 \text{ cm}^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{232}{31}} = 2.74 \text{ cm}$$

$$l_k = 2.00 \text{ m} \rightarrow \lambda_x = \frac{l_k}{i_x} = \frac{200}{2.74} \cong 73 \rightarrow \omega = 1.51$$

$$\sigma = \omega \times \frac{N}{A} \rightarrow N_{\max} = 276.064 \text{ kN (basınç)} \rightarrow \text{G+Q kombinasyonu}$$

$$\sigma = 1.51 \times \frac{276.064}{31} = 13.45 \text{ kN/m} < \sigma_{em} = 14.10 \text{ kN/cm}^2$$

3.2.10 Alt Başlık Hesabı

Ön boyut; **70x70.7/10** (Çift korniyer) , $I_x = 42.40 \times 2 = 84.80 \text{ cm}^4$

$$A = 9.40 \times 2 = 18.80 \text{ cm}^2 \rightarrow I_y = 199.50 \text{ cm}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{84.80}{18.80}} = 2.12 \text{ cm}$$

$$l_k = 2.00 \text{ m} \rightarrow \lambda_x = \frac{l_k}{i} = \frac{200}{2.12} = 94.33 \rightarrow \omega = 1.80$$

- Basınç durumu için:

$$N_{W_x} = 91.244 \text{ kN}$$

$$\sigma = \omega \times \frac{N}{A} = 1.80 \frac{91.244}{18.80} = 8.73 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma = 8.73 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{em} = 14.10 \times 1.15 = 16.22 \text{ kN/cm}^2$$

- Çekme durumu için:

$$N_{\max} = 284.598 \text{ kN} \rightarrow \text{G + Q + E}_x \text{ kombinasyonu}$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{284.598}{18.80} = 15.13 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma = 15.13 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{em} = 14.10 \times 1.33 = 18.75 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{Ön boyut uygundur.}$$

3.2.11 (y) Doğrultusundaki Merkezi Çapraz Sisteminin Analizi

(y) doğrultusundaki deprem ve rüzgâr etkilerine karşı düzenlenen süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perde sisteminin deprem etkileri ve rüzgar yükleri altında analizi yapılacaktır.

Merkezi çapraz sistemi, A-B, D-E, ve G-H aksları arasındaki açıklıklarda düzenlenen çatı ve düşey çapraz sistemlerinden meydana gelmektedir.

Merkezi çapraz sisteminin analiz ve boyutlandırılmasında şu varsayımlar yapılacaktır:

a) Her üç açıklıktaki çapraz sistemi, aşağıda açıklanan analiz sonuçlarında elde edilen en elverişsiz iç kuvvetlere göre, ortak olarak boyutlandırılacaktır. Diğer bir deyişle, her üç sistemin enkesit profilleri aynı olacaktır.

b) A-B ve G-H aksları arasındaki merkezi çapraz sistemleri kalkan duvar cephelerine (A ve H aksları cepheleri) etkileyen rüzgâr kuvvetleri için hesaplanacaktır.

c) D-E aksları arasındaki merkezi çapraz sistemi ise, bu çapraz sistemine yatay deprem yüklerini aktardığı varsayılan C-F aksları arasındaki bölgeye etkileyen deprem kuvvetleri için hesaplanacaktır.

d) tek katlı olan ve büyük bir yatay rijitliğe sahip bulunan merkezi çapraz sisteminin birinci doğal titreşim periyodunun $T_A \leq T_{1y} \leq T_B$ olduğu, diğer bir deyişle, $S(T_{1y}) = 2.5$ olarak alınabileceği varsayımı yapılmıştır.

3.2.11.1 Merkezi Çapraz Sisteminin Rüzgâr Yükleri İçin Hesabı

A ve H aksları cephe kolonlarına etkileyen rüzgâr yükleri bu yüklerden dolayı oluşan çatı ve düşey düzlem çapraz sistemlerine aktarılan mesnet tepkileri aşağıda hesaplanarak gösterilmiştir.

Cephe kolonlarına etkileyen rüzgâr yükleri:

$$w_1 = 0.8 \times 0.5 \times 2.0 = 0.8 \text{ kN/m}$$

$$w_2 = 0.8 \times 0.5 \times 4.0 = 1.60 \text{ kN/m}$$

$$w_3 = 0.8 \times 0.8 \times 4.0 = 2.56 \text{ kN/m}$$

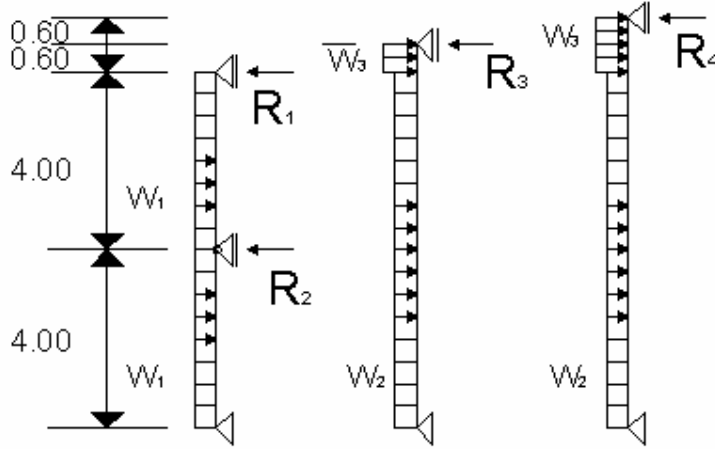
Çatı ve düşey düzlem çapraz sistemine etkileyen mesnet tepkileri:

$$R_1 = 0.80 \times 2.0 = 1.60 \text{ kN/m}$$

$$R_2 = 0.80 \times 4.0 = 3.20 \text{ kN/m}$$

$$R_3 = 1.60 \times 8.0 \times \frac{4.0}{8.6} + 2.56 \times 0.6 \times \frac{8.3}{8.6} = 7.44 \text{ kN}$$

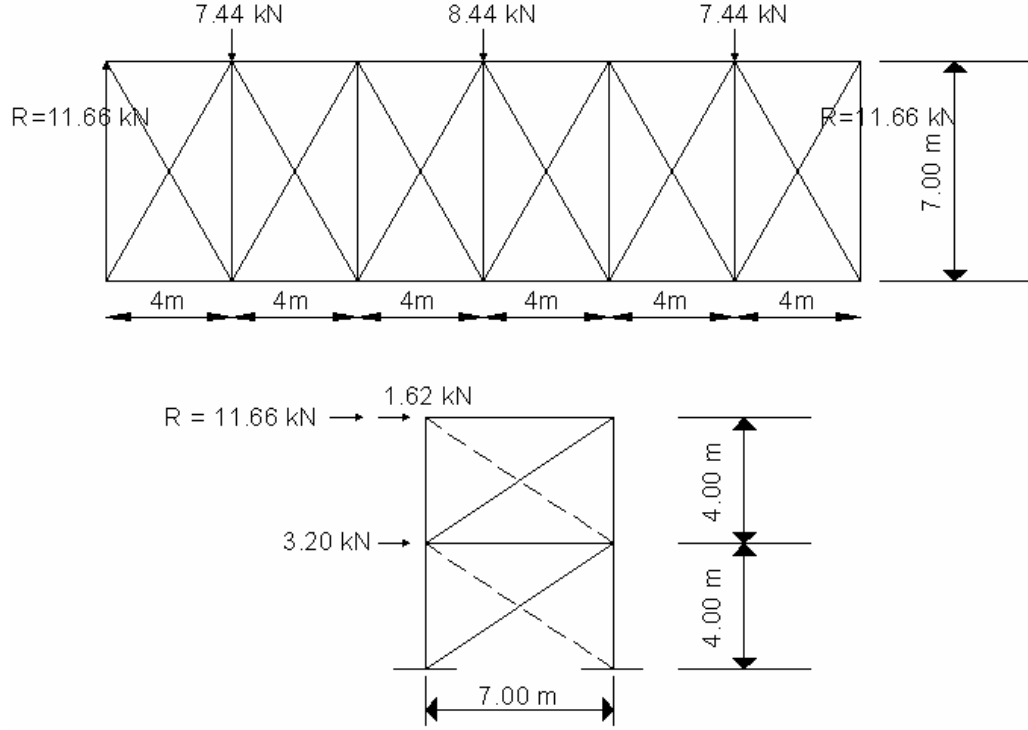
$$R_4 = 1.60 \times 8.0 \times \frac{4.0}{9.2} + 2.56 \times 1.2 \times \frac{8.6}{9.2} = 8.44 \text{ kN}$$



Şekil 3.7 : Cephe Kolonlarının Rüzgar Yükleri ve Mesnet Tepkileri

A-B ve G-H aksları arasındaki çatı ve düşey düzlem çapraz sistemleri yukarıda belirlenen rüzgâr yükleri altında hesaplanarak çubuk kuvvetleri bulunmuştur. Sistem hesaplarında :

- Eğik çatı düzlemindeki çubuk kuvvetlerinin düşey düzlemdeki bileşenleri terk edilerek çatı çapraz sistemi yatay düzlemde hesaplanmıştır.
- Rüzgâr yüklerinin basınç kuvveti oluşturacağı çubuklar terk edilerek yalnız çekme kuvvetleri etkisi altındaki çubuklar göz önüne alınmıştır.



Şekil 3.8 : Çatı ve Düşey Düzlem Çaprazlarına Etkiyen Rüzgar Yükleri

3.2.11.2 Merkezi Çapraz Sisteminin Deprem Yükleri İçin Hesabı

D-E aksları arasındaki çatı ve düşey düzlem çapraz sistemlerine etkileyen deprem yükleri aşağıda hesaplanmış ve **Şekil 3.8**'de gösterilmiştir.

Deprem Yönetmeliği **Madde 2.7.1** uyarınca, göz önüne alınan deprem doğrultusunda çatı ve düşey düzlem çapraz sisteminin düğüm noktalarına etkileyen F_i eşdeğer deprem yükleri, aşağıdaki bağıntı ile belirlenecektir.

$$F_i = \frac{A(T_1)}{R_a(T_1)} W_i \geq 0.10 x A_0 x W_i$$

Burada W_i , ilgili düğüm noktasına etkileyen eşdeğer deprem yükünün hesabına esas oluşturan ağırlıktır ve C-F aksları arasındaki sabit yükler ile hareketli yük katılım katsayısı ile çarpılan hareketli yüklerin toplamından meydana gelmektedir.

Binaya, (y) doğrultusundaki eşdeğer deprem yükleri $T_A \leq T_{1y} \leq T_B$ varsayımı ile $S(T_{1y}) = 2.5$ ve $R_{ay}(T_{1y}) = R_y = 5$ değerleri yukarıdaki denklemde yerine

$$\text{konularak } F_i = \frac{0.40 x 1.0 x 2.5}{5} W_i = 0.20 W_i \text{ şeklinde hesaplanır.}$$

$$W_i = 204 \text{ kN} \rightarrow 0.20W_i = 0.20 \times 204 = 40.8 \text{ kN}$$

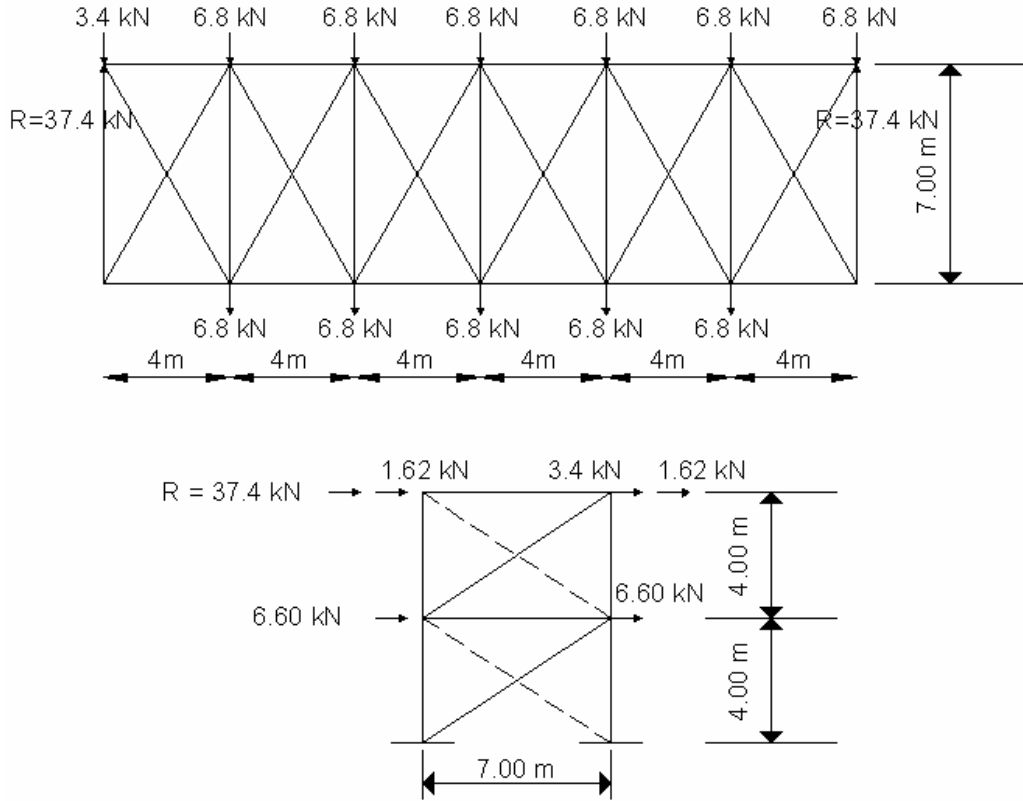
$$\text{Orta aşık deprem yükü : } \frac{40.8}{6} = 6.8 \text{ kN}$$

$$\text{Kenar aşık deprem yükü : } \frac{6.8}{2} = 3.4 \text{ kN}$$

D-E aksları arasındaki çatı ve düşey düzlem çapraz sistemleri aşağıda belirlenen deprem yükleri altında hesaplanarak çubuk kuvvetleri bulunmuştur. Sistem hesaplarında:

a) Eğik çatı düzlemindeki çubuk kuvvetlerinin düşey düzlemdeki bileşenleri terk edilerek çatı çapraz sistemi yatay düzlemde hesaplanmıştır.

b) Deprem yüklerinin basınç kuvveti oluşturacağı çubuklar terk edilerek yalnız çekme kuvvetleri etkisi altındaki çubuklar göz önüne alınmıştır.



Şekil 3.9 : Çatı ve Düşey Düzlem Çaprazlarına Etkiyen Deprem Yükleri

3.2.12 Kolonların Boyutlandırılması

D aksı çerçeve kolonunun alt ucunda en elverişsiz olan düşey yükler + deprem yüklemesi ($G + Q + E_x + 0.3E_y$ yüklemesi) için gerilme kontrolleri yapılmıştır.

Düşey sabit yükler, hareketli yükler ve deprem etkilerinden dolayı kolonun alt ucunda oluşan iç kuvvetler (kesit zorları) ile toplam iç kuvvetler:

$$N_G = -8.4 \text{ kN}$$

$$N_Q = -50.00 \text{ kN}$$

$$N_{E_x} = -1.28 \text{ kN}$$

$$N_{E_y} = -1.02 \text{ kN} \quad N_{G+Q+E} = -(8.4 + 50.00 + 1.28 + 0.3 \times 1.02) = 60 \text{ kN}$$

$$M_G = 0.18 \text{ kNm}$$

$$M_Q = 1.35 \text{ kNm}$$

$$M_E = 184 \text{ kNm} \quad M_{G+Q+E} = 185.53 \text{ kNm}$$

$$T_G = 0.22 \text{ kN}$$

$$T_Q = 0.17 \text{ kN}$$

$$T_E = 25.51 \text{ kN} \quad T_{G+Q+E} = 25.9 \text{ kN}$$

değerlerini almaktadır.

Seçilen kolon kesiti (**HE 260B**) için gerekli enkesit karakteristikleri

$$W_x = 1148 \text{ cm}^3 \quad , \quad I_x = 14920 \text{ cm}^4$$

$$A = 118.4 \text{ cm}^2 \quad , \quad i_x = 11.22 \text{ cm}$$

Enkesit boyutları: başlık genişliği: $b = 260 \text{ mm}$, başlık kalınlığı: $t = 17.5 \text{ mm}$

enkesit yüksekliği: $d = 260 \text{ mm}$, gövde kalınlığı: $t_w = 10 \text{ mm}$

gövde yüksekliği: $h = 260 - 2 \times 17.5 = 225 \text{ mm}$, başlık alanı: $F_b = 24 \times 1.7 = 40.8 \text{ cm}^2$

Süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kolonları için 2007 Deprem Yönetmeliği

Madde 4.3.1'de verilen enkesit koşulları uyarınca, kolon enkesitinin başlık genişliği/kalınlığı ve gövde yüksekliği/kalınlığı oranlarının **Tablo 4.3**'te verilen koşulları sağlaması gerekmektedir.

Yerel burkulmanın önlenmesini amaçlayan bu koşullar:

$$\frac{b/2}{t} \leq 0.3 \sqrt{E_s / \sigma_a} \quad \text{ve} \quad \frac{h}{t_w} \leq 3.2 \sqrt{E_s / \sigma_a}$$

şeklindedir.

F_e37 yapı çeliği için $\sqrt{E_s/\sigma_a} = \sqrt{206182/235} = 29.62$ değeri yukarıdaki ifadelerde yerlerine konularak

$$\frac{130}{17.5} = 7.43 < 0.3 \times 29.62 = 8.9 \quad \text{ve} \quad \frac{225}{10} = 22.56 < 3.2 \times 29.62 = 94.8$$

elde edilir ve enkesit koşullarının sağlandığı görülür.

Bileşik eğilme (eksenel basınç ve tek eksenli eğilme) etkisindeki bu kolonda, normal gerilme tahkiki TS 648 Çelik Yapılar Standardı **Madde 3.4**'te verilen

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx}\sigma_{bx}}{\left(1.0 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ex}}\right)\sigma_{Bx}} \leq 1.00$$

formülü ile yapılacaktır. Burada :

$$\sigma_{eb} = \frac{60 \times 10^3}{118.4 \times 10^2} = 5.1 \text{ N/mm}^2 : \text{yalnız basınç kuvveti altında hesaplanan gerilme}$$

σ_{bem} : kolonun $\lambda_x = S_{kx}/i_x$ ve $\lambda_y = S_{ky}/i_y$ narinliklerinden büyük olanına bağlı olarak, TS 648 Standardı **Çizelge 8**'e göre belirlenen basınç emniyet gerilmesidir.

(D) aksı çerçevesi kolonunun kuvvetli eksenini doğrultusunda yanal ötelenmesinin önlenmiş olduğu, zayıf eksenini doğrultusunda ise, yanal ötelenmesinin düşey düzlem çapraz sistemi tarafından önlendiği göz önünde tutulmuştur. Buna göre, TS 648 Standardı **Çizelge 5**'ten bulunan K_x katsayısı ve yanal ötelenmenin önlendiği doğrultudaki K_y katsayısı yardımı ile hesaplanan S_{kx} ve S_{ky} burkulma boyları

$$S_{kx} = K_x \times H = 2.9 \times 800 = 2320 \text{ cm} \quad , \quad S_{ky} = K_y \times \frac{H}{2} = 0.95 \times 400 = 380 \text{ cm}$$

değerlerini almaktadır. Bu değerler kullanılarak narinlik oranları

$$\lambda_x = \frac{S_{kx}}{i_x} = \frac{2320}{11.22} = 206.8 \quad \lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} = \frac{380}{6.58} = 57.8 \quad \lambda = (\text{maks } \lambda_x, \lambda_y) = 206.8$$

olarak bulunur.

Bu narinlik değerleri için **Çizelge 8**'den bulunan basınç emniyet gerilmesi

$$\sigma_{bem} = 195 \text{ kg/cm}^2 = 19.5 \text{ N/mm}^2 \text{ dir.}$$

Yalnız eğilme momenti altında hesaplanan gerilme:

$$\sigma_{bx} = \frac{185.53 \times 10^6}{1148 \times 10^3} = 161.6 \text{ N/mm}^2$$

$C_{mx} \cong 0.85$: yanal ötelemesi önlenmemiş sistem

$$\sigma_{ex} = \frac{8290000}{(206.8)^2} = 193.8 \text{ N/mm}^2$$

Yanal burkulma halinde basınç emniyet gerilmesi

$$\sigma_b = \frac{840000 \times C_b}{sxd / F_b} \leq 0.6x\sigma_a \quad \text{denklemleri ile hesaplanır. Burada :}$$

s: kolon basınç başlığının yanal burkulmaya karşı mesnetlendiği noktalar arasındaki uzaklık, $s = H = 800 \text{ cm}$

$$C_b = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \leq 2.3 \quad \text{şeklinde hesaplanan bir katsayıdır.}$$

$$\text{Kolon uç momentlerinin } \left(\frac{M_1}{M_2} \right)_x = \frac{0.0}{177.53} = 0 \quad \text{oranı için hesaplanan}$$

$C_{bx} = 1.75$ değeri yukarıdaki denklemlerde yerine yazılırsa:

$$\sigma_{bx} = \frac{840000 \times 1.75}{800 \times 24 / 40.8} = 3127.3 \text{ kg/cm}^2 = 312.27 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \sigma_B = 141 \text{ N/mm}^2$$

elde edilir.

Normal gerilme tahkiki:

$$\frac{\sigma}{\sigma_{enn}} = \frac{5.1}{19.5} + \frac{0.85 \times 161.6}{\left(1.0 - \frac{5.1}{193.8} \right) \times 141.0} = 1.26 < 1.33$$

Kayma gerilmesi tahkiki:

$$\tau = \frac{T_x S_x}{I_x x t_w} = \frac{25.9 \times 395 \times 10^6}{14920 \times 10^4 \times 10} = 6.9 \text{ N/mm}^2 < 1.33 \times 82 = \tau_{enn}$$

3.2.13 Çatı ve Düşey Düzlem Çapraz Sistemi Elemanlarının Boyutlandırılması

En elverişsiz olan, (D-E) aksları arası düşey düzlem çapraz sistemi elemanları boyutlandırılacaktır. Düşey düzlem çapraz sisteminin en elverişsiz çubuk kuvvetleri:

- | | | |
|------------------------|----------------------|-------------------------------|
| a. Diyagonal çubukları | i) rüzgar yüklemesi | $N_{maks} = 16.32 \text{ kN}$ |
| | ii) deprem yüklemesi | $N_{maks} = 56.3 \text{ kN}$ |
| b. Dikme çubukları | i) rüzgar yüklemesi | $N_{maks} = 15.25 \text{ kN}$ |
| | ii) deprem yüklemesi | $N_{maks} = 46.5 \text{ kN}$ |

Diyagonal çubukları için seçilen kesit: **L 180x180x22**

Enkesit karakteristikleri: $A = 74.70 \text{ cm}^2$, $i_{\min} = 6.86 \text{ cm}$

M20 bulon kullanılması halinde net enkesit alanı: $A_{\text{net}} = 74.7 - 0.8 \times 2.1 = 73.0 \text{ cm}^2$

Süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdelerin elemanları için Deprem Yönetmeliği **Madde 4.6.1.1**'de verilen enkesit koşulları uyarınca, çaprazların kenar uzunluğu/kalınlık oranının **Tablo 4.3**'te verilen koşulu sağlaması gerekmektedir. Çapraz elemanın enkesitinde yerel burkulmanın

önlenmesini amaçlayan bu koşul $\frac{h}{t_w} \leq 0.3\sqrt{E_s / \sigma_a}$ şeklindedir.

F_e37 yapı çeliği için $\sqrt{E_s / \sigma_a} = \sqrt{206182 / 235} = 29.62$ değeri yukarıdaki

ifadede yerine konularak $\frac{180}{22} = 8.18 < 0.3 \times 29.62 = 8.9$ elde edilir ve enkesit

koşulunun sağlandığı görülür.

2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.6.1.2**'ye göre, çatı ve düşey düzlem çapraz sistemlerinin tüm basınç elemanlarında narinlik oranı (çubuk burkulma boyu/atalet yarıçapı) $4.0\sqrt{E_s / \sigma_a}$ sınır değerini aşmayacaktır.

$$4.0\sqrt{E_s / \sigma_a} = 4.0\sqrt{206182 / 235} = 118.48$$

Çubuk boyu $L=806 \text{ cm}$ olan diyagonal çubuklarında, narinlik oranı

$$\lambda = \frac{806}{6.86} = 117.49 \text{ olduğundan enkesit koşulunun sağlandığı görülür.}$$

Dikme çubukları için seçilen kesit: **160x160x8**

Enkesit karakteristikleri: $A = 48 \text{ cm}^2$, $i_{\min} = 6.18 \text{ cm}$

Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerin elemanları için Deprem Yönetmeliği **Madde 4.6.1.1**'de verilen enkesit koşulları uyarınca, dikdörtgen kutu kesitli elemanların kenar uzunluğu/kalınlık oranının **Tablo 4.3**'te verilen koşulu sağlaması gerekmektedir. Elemanın enkesitinde yerel burkulmanın önlenmesini sağlayan bu koşul

$$\frac{h}{t_w} \leq 0.7\sqrt{E_s / \sigma_a} \text{ şeklindedir.}$$

Fe 37 yapı çeliği için $\sqrt{E_s / \sigma_a} = \sqrt{206182 / 235} = 29.62$ değeri yukarıdaki ifadede yerine konularak $\frac{160 - (2 \times 8)}{8} = 18 < 0.7 \times 29.62 = 20.73$ elde edilir ve enkesit koşulunun sağlandığı görülür.

Deprem Yönetmeliği **Madde 4.6.1.2'**ye göre, basınca çalışan elemanların narinlik oranı, $4.0 \sqrt{E_s / \sigma_a} = 4.0 \times 29.62 = 118$ sınır değerini aşmayacaktır.

Çubuk boyu $L = 700$ cm olan dikme çubuklarında, narinlik oranı

$$\lambda = \frac{700}{6.18} = 113.26 < 118 \text{ olduğundan narinlik koşulu sağlanmaktadır.}$$

Narinliğin 113 değeri için, TS 648 **Çizelge 8'**den bulunan basınç emniyet gerilmesi $\sigma_{bem} = 629 \text{ kg/cm}^2 = 62.9 \text{ N/mm}^2$ dir. Buna göre dikme çubuklarında gerilme tahkiki:

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = \frac{46.5 \times 10^3}{48 \times 10^2 \times 62.9} = 0.15 < 1.33$$

3.2.14 Çatı ve Düşey Düzlem Çapraz Sistemi Birleşim Detaylarının Tasarımı

Bu bölümde, kesit hesapları yapılarak enkesit profilleri belirlenen, (D-E) aksları arası düşey düzlem çapraz sistemi elemanlarının çerçeve kolonlarına birleşim detayının tasarımı yapılacaktır. Düşey düzlem çapraz sisteminin en elverişsiz çubuk kuvvetleri :

- | | | |
|-----------------------|----------------------|-------------------------------|
| a) Diagonal çubukları | i) rüzgar yüklemesi | $N_{maks} = 16.32 \text{ kN}$ |
| | ii) deprem yüklemesi | $N_{maks} = 56.30 \text{ kN}$ |
| b) Dikme çubukları | i) rüzgar yüklemesi | $N_{min} = -15.25 \text{ kN}$ |
| | ii) deprem yüklemesi | $N_{min} = -46.50 \text{ kN}$ |

Diagonal ve dikme çubuklarının enkesit profilleri, sırasıyla **L 180x180x22** ve **160x160x8** olarak belirlenmiştir.

Detay hesaplarında deprem ve rüzgâr yüklemeleri için aynı emniyet gerilmesi arttırımı (%15) uygulandığından, daha büyük çubuk kuvvetlerinin elde edildiği deprem yüklemesi için birleşim hesapları yapılacaktır.

a) Diyagonal çubuklarının birleşim detayı:

Birleşime etkiyen en büyük aksenal kuvvet: $N_{maks} = 56.3 \text{ kN}$

Enkesit profili: **L 180x180x22**

Seçilen düğüm levhası kalınlığı: $t = 10 \text{ mm}$

Birleşimde **2M20**(ISO10.9) bulon kullanılacaktır. $P_{em}=1.15 \times 75.5=86.8 \text{ kN}$

Bir bulona gelen kuvvet : $V = \frac{56.3}{2} = 28.15 \text{ kN}$

Profilin ağırlık merkezinden geçen eksen ile bulon eksenini arasındaki

dışmerkezlikten oluşan kuvvet: $H = \frac{56.3 \times (10.5 - 5.26)}{3.5 \times 2.0} = 42.14 \text{ kN}$

Bileşke bulon kuvveti : $R = \sqrt{(28.15)^2 + (42.14)^2} = 50.68 < 86.8 \text{ kN} = P_{emn}$

2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.6.3.1** uyarınca, birleşimin taşıma kapasitesi aşağıda tanımlanan iç kuvvetlerden küçük olanını da sağlamalıdır.

(1) Çaprazın aksenal çekme kapasitesi: $N_{u1} = 235 \times 73.02 \times 10^{-1} = 1814.2 \text{ kN}$

(2) **Madde 4.2.4**'te verilen arttırılmış yüklemelerden ($\Omega_0 = 2.0$) meydana gelen çapraz aksenal kuvveti: $N_{u2} = 2.0 \times 56.3 = 112.6 \text{ kN}$

(3) Düğüm noktasında birleşen, basınç etkisindeki **160x160x8** dikme çubuğu tarafından söz konusu çapraza aktarılabilecek en büyük kuvvet (çubuklar arasındaki açı: α)

$$N_{u3} = \frac{1.7 \sigma_{bem} A}{\cos \alpha} = \frac{1.7 \times 62.9 \times 48 \times 10^{-1}}{0.868} = 591.3 \text{ kN}$$

Buna göre, birleşimin aksenal kuvvet kapasitesi $N = 112.6 \text{ kN}$ değerini sağlayacaktır. Bu kuvvetten oluşan bileşke bulon kuvveti

$$R = \frac{112.6}{56.3} \times 48 = 96 \text{ kN} < 1.7 \times 75.5 = 128.4 \text{ kN} = P_u$$

şeklinde, **Madde 4.6.3.2**'ye göre hesaplanan taşıma kapasitesinden küçük olduğundan tahkik sağlanmaktadır.

b) Dikme çubuklarının birleşim detayı

Birleşime etkiyen en büyük aksenal kuvvet : $|N_{min}| = 46.5 \text{ kN}$

Enkesit profili : **160x160x8**

Seçilen düğüm levhası kalınlığı: $t = 10 \text{ mm}$

Birleşimde **2M20** (ISO 10.9) bulon kullanılacaktır. $P_{emn}=1.15 \times 75.5 = 86.8 \text{ kN}$

Bulonlar profil eksenine göre simetrik yerleştirilecektir.

Bir bulona gelen kuvvet : $V = \frac{46.5}{2} = 23.25 \text{ kN} < 86.8 \text{ kN}$

Deprem Yönetmeliği **Madde 4.6.3.1** uyarınca birleşimin taşıma kapasitesi aşağıda tanımlanan iç kuvvetlerden küçük olanını da sağlamalıdır.

(1) Dikme çubuğunun aksenal basınç kapasitesi

$$N_{u1} = 1.7 \times 62.9 \times 48 \times 10^{-1} = 513.3 \text{ kN}$$

(2) **Madde 4.2.4**'te verilen arttırılmış yüklemelerden ($\Omega_0 = 2.0$) meydana gelen dikme aksenal kuvveti $N_{u2} = 2.0 \times 46.5 = 93 \text{ kN}$

(3) Düğüm noktasına birleşen, çekme kuvveti etkisindeki **L 180x180x22** diyagonal çubuğu tarafından söz konusu çapraza aktarılabilecek en büyük kuvvet (çubuklar arasındaki açı α)

$$N_{u3} = 235 \times 73.02 \times 10^{-1} \times 0.868 = 1489.5 \text{ kN}$$

Buna göre birleşimin aksenal kuvvet kapasitesi $N = 93 \text{ kN}$ değerini sağlamalıdır. Bu kuvvetten oluşan bulon kuvveti

$$V = \frac{93}{2} = 46.5 \text{ kN} < 1.7 \times 75.5 = 128.4 \text{ kN} = P_u$$

şeklinde, **Madde 4.6.3.2**'ye göre hesaplanan taşıma kapasitesinden küçük olduğundan tahkik sağlanmaktadır.

2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.6.3.3**'e uygun olarak, dikme diyagonal çubuklarını düğüm noktasına birleştiren levhaların aşağıdaki koşulları sağlaması gerekmektedir:

- Düğüm noktası levhasının düzlemi içindeki eğilme kapasitesi, düğüm noktasına birleşen çaprazın eğilme kapasitesinden daha az olmayacaktır.
- Düğüm noktası levhasının düzlem dışına burkulmasının önlenmesi amacıyla, çaprazın ucunun kiriş veya kolon yüzüne uzaklığı düğüm levhası kalınlığının iki katından fazla olmayacaktır. Buna uyulmadığı

durumlarda, ilave berkitme levhaları konularak, düğüm levhasının düzlem dışına burkulması önlenecektir.

3.2.15 Kolonların Temel Bağlantı Detayının Tasarımı

(D) aksı çerçevesi kolonunun temel bağlantı detayı, 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.9**'a uygun olarak boyutlandırılacaktır.

Boyutlandırma, (D) aksı çerçeve kolonunun alt ucunda, en elverişsiz olan düşey yükler + deprem yüklemesi için gerçekleştirilecektir.

Düşey sabit yükler, hareketli yükler ve deprem etkilerinden dolayı kolonun alt ucunda oluşan iç kuvvetler (kesit zorları) ile toplam iç kuvvetler:

$$N_{G+Q} = -91.87 \text{ kN}$$

$$N_{Ex} = -1.28 \text{ kN}$$

$$N_{Ey} = -1.02 \text{ kN} \quad N_{G+Q+E} = -(91.87 + 1.28 + 0.3 \times 1.02) = 93.46 \text{ kN (basınç)}$$

$$M_{G+Q} = 1.81 \text{ kNm}$$

$$M_E = 210 \text{ kNm} \quad M_{G+Q+E} = 211.81 \text{ kNm}$$

$$T_{G+Q} = 1.18 \text{ kN}$$

$$T_E = 31.6 \text{ kN} \quad T_{G+Q+E} = 32.78 \text{ kN}$$

Buna göre, kolon taban kesitinde, en elverişsiz olan düşey yükler ve depremin ortak etkisi altında **G + Q + E** yüklemesinden oluşan

$$M_{G+Q+E} = 211.81 \text{ kNm}$$

$$N_{G+Q+E} = 93.46 \text{ kN}$$

$$T_{G+Q+E} = 32.78 \text{ kN}$$

iç kuvvetleri altında, deprem yüklemesi için izin verilen %15 emniyet gerilmesi arttırımı uygulanarak, detay tasarımı yapılacaktır.

Uygulanması öngörülen temel bağlantı detayında 30x490x490 mm taban levhası, 15x270x490 mm düşey yük aktarma levhaları ve 2x3 adet **M24** (ISO 10.9) ankraj bulonu kullanılmaktadır.

Eğilme momenti ve normal kuvvetten dolayı kolon tabanında oluşan çekme ve basınç kuvvetleri

$$T = \frac{211.81 - 93.46 \times 0.30}{0.30 + 0.35} = 282.73 \text{ kN} \quad , \quad C = 282.73 + 93.46 = 376.19 \text{ kN}$$

bulon çekme kuvvetleri

$$P = \frac{T}{3} = \frac{282.73}{3} = 94.24 < 1.15 \times 127 = 146.0 \text{ kN} = P_{\text{emn}}$$

beton basınç gerilmesi $\sigma_c = \frac{376.19 \times 10^3}{200 \times 490} = 3.84 \text{ N/mm}^2$ değerini almaktadır.

Beton basınç gerilmesinden dolayı taban levhasının eğilmesinden meydana

gelen normal gerilme $m \cong \frac{3.84 \times 100 \times 100}{4} = 9600 \text{ Nmm/mm}$,

$$\sigma = \frac{m}{W} = \frac{9600}{\frac{1 \times 30^2}{6}} = 64 \text{ N/mm}^2 < 1.15 \times 141 \text{ N/mm}^2 = \sigma_{\text{emn}} \text{ değerini alır.}$$

Kolon kesit zorlarının taban levhasına aktarılmasını sağlayan düşey yük aktarma levhalarını kolonlara bağlayan kaynaklardaki gerilmeler tahkik edilecektir.

$$P_v = \frac{N}{4} + \frac{M}{2x(d_c - t_{cf})} = \frac{93.46}{4} + \frac{211.81}{2x(0.26 - 0.0175)} = 483.45 \text{ kN}$$

kaynak gerilmesi

$$\tau_k = \frac{483.25 \times 10^3}{2 \times 10 \times (270 - 2 \times 10)} = 96.7 \text{ N/mm}^2 < 1.15 \times 110 = 126.5 \text{ N/mm}^2 = \tau_{k,\text{emn}}$$

Ankraj bulonlarının emniyetle aktarabileceği kesme kuvveti (sürtünme katsayısı: $\mu = 0.55$)

$$T_{\text{emn}} = \mu \sum P_{\text{emn}} = 0.55 \times 6 \times 146 = 481.8 \text{ kN} > 32.78 \text{ kN} = T_{G+Q+E}$$

Yukarıdaki tahkiklere ek olarak, temel bağlantı detayının kapasitesi aşağıda tanımlanan iç kuvvetlerden küçük olanlarını da sağlayacaktır.

a) Temele birleşen kolonun eğilme momenti ve eksenel kuvvet kapasitelerinin $1.1D_a$ katına eşit olan eğilme momenti ve normal kuvvet

Kolonun eğilme momenti kapasitesi (plastik moment) ve eksenel kuvvet kapasitesi:

$$M_p = W_{xp} \sigma_a = 2 \times 395 \times 235 \times 10^{-3} = 185.65 \text{ kNm}$$

$$N_p = A \sigma_a = 118.4 \times 235 \times 10^{-1} = 2782.4 \text{ kN}$$

Fe 37 çeliğinden yapılan hadde profilleri için arttırma katsayısı: $D_a = 1.2$

$$1.1D_a \times M_p = 1.1 \times 1.2 \times 185.65 = 245.1 \text{ kNm}$$

$$1.1D_a \times N_p = 1.1 \times 1.2 \times 2782.4 = 3672.8 \text{ kN}$$

b) **Madde 4.2.4**'te tanımlanan arttırılmış yükleme durumlarından dolayı kolon taban kesitinde meydana gelen eğilme momenti ve normal kuvvet

G+Q+Ω_oE yüklemesi için:

$$M = M_{G+Q} + \Omega_o M_E = 1.81 + 2.5 \times 168 = 421.81 \text{ kNm}$$

$$N = N_{G+Q} + \Omega_o N_E = -91.87 - 2.5 \times (1.28 + 0.3 \times 1.02) = 95.042 \text{ kN}$$

Buna göre temel bağlantı detayının taşıma kapasitesi:

$M = 421.81 \text{ kNm}$ ve $N = 95.042 \text{ kN}$ değerlerini sağlayacaktır. Kapasite

kontrollerinde, **Madde 4.2.5**'te verilen gerilme sınır değerleri

kullanılacaktır.

$$T = \frac{421.81 - 95.042 \times 0.30}{0.30 + 0.35} = 605.1, \quad C = 605.1 + 95.042 = 700.14 \text{ kN}$$

bulon çekme kuvvetleri

$$P = \frac{T}{3} = \frac{605.1}{3} = 201.7 \text{ kN} < 1.7 \times 127 = 215.9 \text{ kN} = P_u$$

beton basınç gerilmesi $\sigma_c = \frac{700.14 \times 10^3}{200 \times 490} = 7.14 \text{ N/mm}^2$ değerini

almaktadır.

Beton basınç gerilmesinden dolayı taban levhasının eğilmesinden meydana gelen normal gerilme:

$$m \cong \frac{7.14 \times 100 \times 100}{4} = 17850 \text{ Nmm/mm}$$

$$\sigma = \frac{m}{W_p} = \frac{17850}{\frac{1 \times 30^2}{4}} = 79.33 \text{ N/mm}^2 < 235 \text{ N/mm}^2 = \sigma_a$$

Kolon kesit zorlarının taban levhasına aktarılmasını sağlayan kaynaklardaki gerilmeler **G + Q + Ω_oE** yüklemesi için kontrol edilecektir.

$$P_v = \frac{N}{4} + \frac{M}{2x(d_c - t_{cf})} = \frac{95.042}{4} + \frac{421.81}{2x(0.26 - 0.0175)} = 917.23 \text{ kN}$$

$$\text{kaynak gerilmesi: } \tau_k = \frac{917.23}{2x10x(270 - 2x10)} = 183 \text{ N/mm}^2 < 1.7x110 = 187 \text{ N/mm}^2 = \tau_{k,u}$$

Tablo 3.1 : Kafes Kiriş Metraji

Kesit	Alan (cm ²)	Adet	Boy (m)	Toplam Boy (m)	Birim Hacim Ağırlığı (t/m ³)	Birim Ağırlık (t/m)	Toplam Ağırlık (t)
Üst Başlık							
L90x90x10	17.1	32	12.06	385.92	7.85	0.0134	5.17
Alt Başlık							
L70x70x10	13.1	32	12	384	7.85	0.0103	3.96
Diyagonal							
L50x50x5	4.80	176	2.15	378.4	7.85	0.00377	1.43
						Toplam	10.56

Tablo 3.2 : Aşık Metraji

Kesit	Alan (cm ²)	Adet	Boy (m)	Toplam Boy (m)	Birim Hacim Ağırlığı (t/m ³)	Birim Ağırlık (t/m)	Toplam Ağırlık (t)
IPE 180	23.95	91	7	637	7.85	0.0188	11.98

Tablo 3.3 : Çatı Çapraz Sistemi Metraji

Kesit	Alan (cm ²)	Adet	Boy (m)	Toplam Boy (m)	Birim Hacim Ağırlığı (t/m ³)	Birim Ağırlık (t/m)	Toplam Ağırlık (t)
L180x180x22	74.7	84	8.06	677.04	7.85	0.0586	39.68

Tablo 3.4 : Düşey Düzlem Merkezi Çapraz Sistemi Metrajı

Kesit	Alan (cm ²)	Adet	Boy (m)	Toplam Boy (m)	Birim Hacim Ağırlığı (t/m ³)	Birim Ağırlık (t/m)	Toplam Ağırlık (t)
L180x180x22	74.7	24	8.06	193.44	7.85	0.0586	11.34
160x160x8	48	6	7.00	42	7.85	0.0376	1.58
						Toplam	12.92

Tablo 3.5 : Kolon Metrajı

Kesit	Alan (cm ²)	Adet	Boy (m)	Toplam Boy (m)	Birim Hacim Ağırlığı (t/m ³)	Birim Ağırlık (t/m)	Toplam Ağırlık (t)
HE 260B	118.40	16	8.00	128	7.85	0.093	11.9

3.2.16 Bir Doğrultuda Süneklik Düzeyi Normal Çerçevelerden Diğer Doğrultuda Süneklik Düzeyi Normal Merkezi Çelik Çaprazlı Perdelerden Oluşan Tek Katlı Çelik Endüstri Binası

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Örnekler Kitabı **Örnek 13**'te verilen tek katlı çelik endüstri binasının tasarımına ait başlıca sonuçlar açıklanacaktır.

Binanın (x) doğrultusundaki yatay yük taşıyıcı sistemi, 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.4**'te tanımlanarak ilgili tasarım koşulları verilen süneklik düzeyi normal moment aktaran çerçevelerden, (y) doğrultusundaki yatay yük taşıyıcı sistemi ise, 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.7**'de tanımlanarak ilgili tasarım koşulları verilen süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdelerden oluşmaktadır.

Çatı döşemesi, çelik aşıklar ile bunlara mesnetlenen ve oluklu sac levhalardan teşkil edilen çatı kaplamasından meydana gelmektedir. Düzlemi içinde rijit bir diyafram oluşturmayan çatı döşemesinde, merkezi çatı çapraz sistemi bulunmaktadır. Çapraz sistemi, aynı akslar arasında düşey düzlemde de devam ederek binanın (y) doğrultusundaki yatay yük taşıyıcı sistemini meydana getirmektedir. Çatı

döşemesinin rijit bir diyafram oluşturmaması nedeniyle, (x) ve (y) doğrultularındaki yatay yük taşıyıcı sistemler birbirinden bağımsız olarak davranmaktadır.

Çatı çapraz sisteminin elemanları ile bunları birbirine bağlayan (y) doğrultusundaki kirişler çerçeve kirişlerine ve kolonlara mafsallı olarak bağlanmaktadır. Kolonların ± 0.00 kotunda, temele ankastre olarak mesnetlenmiştir.

Çerçeve sisteminin kirişleri ve kolonları Avrupa norm profilleri (IPE profilleri) kullanılarak boyutlandırılmıştır. Çatı ve düşey düzlem bağlantıları ile (y) doğrultusundaki kirişleri ise L profilleri ve kare kesitli kutu profiller ile teşkil edilmiştir.

Sistemin tasarımında Fe37 yapı çeliği kullanılmıştır. Çelik yapı malzemesinin özellikleri ile ilgili olarak, 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.2.3.1** geçerlidir.

2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.2.3.2**'ye uygun olarak, deprem yükleri etkisindeki elemanların birleşim ve eklerinde ISO 10.9 kalitesinde, deprem yükleri etkisinde olmayan elemanların birleşim ve eklerinde ise ISO 5.6 kalitesinde bulon kullanılmıştır. Kaynaklı birleşimler ve kaynak malzemesi ile ilgili olarak **Madde 4.2.3.3** ve **Madde 4.2.3.4** geçerlidir.

3.2.16.1 Deprem Karakteristikleri

Tasarımı yapılan tek katlı çelik endüstri binası birinci derece deprem bölgesinde, Z3 yerel zemin sınıfı üzerinde inşa edilmiş olup işyeri olarak kullanılacaktır. Yapı taşıyıcı sistemi bir doğrultuda süneklik düzeyi normal çerçevelerden, diğer doğrultuda süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdelerden oluşturulmuştur. Bu parametreler esas alınarak belirlenen deprem karakteristikleri ve ilgili yönetmelik maddeleri aşağıda verilmiştir.

- Etkin yer ivme katsayısı (birinci derece deprem bölgesi) $A_0 = 0.40$ (**Madde 2.4.1**)
- Bina önem katsayısı $I = 1.00$ (**Madde 2.4.2**)
- Spektrum karakteristik periyotları $T_A = 0.15$ sn $T_B = 0.60$ sn (**Tablo 2.4**)
(Z3 yerel zemin sınıfı)
- Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (x doğrultusunda deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal çerçevelerle taşındığı çelik bina) $R_x = 5$ (**Tablo 2.5**)
(y doğrultusundaki deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdelerle taşındığı çelik binalar) $R_y = 4$ (**Tablo 2.5**)

- Hareketli yük katılım katsayısı (kar yükü için) $n = 0.30$ (**Tablo 2.7**)

3.2.16.2 Düzensizliklerin Kontrolü

2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 2.3** uyarınca düzensizlik kontrolü yapılmıştır.

Çatı döşemesi rijit bir diyafram oluşturmadığından taşıyıcı sistemde **A2** türü düzensizlik bulunmaktadır. Bu nedenle 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 2.3.2.2**'ye uygun olarak, (x) doğrultusundaki deprem etkileri altında çerçeveler birbirinden bağımsız olarak hesaplanmış ve (y) doğrultusundaki deprem etkilerinin, bu doğrultudaki düşey düzlem bağlantılarına güvenle aktarıldığı hesapla doğrulanmıştır.

3.2.16.3 Yük Birleşimleri

Yapı sisteminin düşey yükler ile yatay deprem ve rüzgâr kuvvetleri altında analizi ile elde edilen iç kuvvetler, 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 2.7.5**'e ve TS 648 Çelik Yapılar Standardı'na uygun olarak, aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

- | | | |
|------------------------------------|-------------------|-------------|
| a) Düşey yük birleşimleri | : $G+Q$ | (1 yükleme) |
| b) Düşey yük + deprem birleşimleri | : $G + Q \pm E_x$ | (4 yükleme) |
| | : $0.9G \pm E_x$ | |
| c) Düşey yük + rüzgâr birleşimleri | : $G + Q \pm W_x$ | (4 yükleme) |
| | : $0.9G \pm W_x$ | |

Burada:

G: sabit yüklerden oluşan iç kuvvetler

Q: hareketli yüklerden oluşan iç kuvvetler

E_x: çerçeve doğrultusundaki deprem yüklerinden oluşan iç kuvvetler

W_x: çerçeve doğrultusundaki rüzgâr yüklerinden oluşan iç kuvvetlerdir.

2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.2.4**'e göre, yönetmeliğin gerekli gördüğü yerlerde, çelik yapı elemanlarının ve birleşim detaylarının tasarımında, arttırılmış deprem yüklemeleri göz önüne alınmıştır. Arttırılmış deprem yüklemelerinde, deprem etkilerinden oluşan iç kuvvetler Ω_0 büyütme katsayıları ile çarpılarak arttırılmıştır.

TS648 Çelik Yapılar Standardı'na ve 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.2.3.5**'e göre, emniyet gerilmeleri yöntemine göre yapılan kesit hesaplarında, birleşim ve ekler dışında, emniyet gerilmeleri düşey yük + rüzgâr yüklemeleri için %15,

düşey yük + deprem yüklemeleri için %33 arttırılmıştır. Birleşim ve eklerin tasarımında ise, her iki yükleme durumu için emniyet gerilmeleri %15 arttırılmıştır.

3.2.16.4 Sistem Analizleri

Yukarıda tanımlanan çerçeve sisteminin, düşey yükler ile deprem ve rüzgâr yükleri altında analizi yapılmış ve toplam (9) adet yük birleşimi için eleman iç kuvvetleri elde edilmiştir. Sistem analizleri SAP 2000 bilgisayar yazılımından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.6 : Çerçeve Kirişlerinin Metraji

Kesit	Alan (cm ²)	Adet	Boy (m)	Toplam Boy (m)	Birim Hacim Ağırlığı (t/m ³)	Birim Ağırlık (t/m)	Toplam Ağırlık (t)
IPE600	156	16	12.06	192.96	7.85	0.108	20.84

Tablo 3.7 : Çerçeve Kolonlarının Metraji

Kesit	Alan (cm ²)	Adet	Boy (m)	Toplam Boy (m)	Birim Hacim Ağırlığı (t/m ³)	Birim Ağırlık (t/m)	Toplam Ağırlık (t)
IPE600	156	16	8.00	128	7.85	0.108	13.83

Tablo 3.8 : Çatı Çapraz Sistemi Metraji

Kesit	Alan (cm ²)	Adet	Boy (m)	Toplam Boy (m)	Birim Hacim Ağırlığı (t/m ³)	Birim Ağırlık (t/m)	Toplam Ağırlık (t)
L80x80x8	12.3	56	8.06	451.36	7.85	0.00966	4.36

Tablo 3.9 : Düşey Düzlem Merkezi Çapraz Sistemi Metrajı

Kesit	Alan (cm ²)	Adet	Boy (m)	Toplam Boy (m)	Birim Hacim Ağırlığı (t/m ³)	Birim Ağırlık (t/m)	Toplam Ağırlık (t)
L80x80x8	12.3	24	8.06	193.44	7.85	0.00966	1.87

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu bölümde, 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) ve 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te (ABYYHY) yer alan yapısal nitelikli kavram ve kurallar arasındaki temel benzerlik ve farklılıklar ele alınacak, 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre çözülen örneğin sonuçları değerlendirilecektir.

- 2007 Deprem Yönetmeliği'nde, deprem bölgelerinde yapılacak tüm çelik binaların taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılması ve birleşimlerinin düzenlenmesi, bu konuda yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmeliklerle birlikte, belirtilen özel kurallara uyularak yapılacağı açıkça vurgulanmış ve kapsamı içindeki çelik binaların yatay yük taşıyıcı sistemlerinin sadece çelik çerçevelerden, sadece merkezi ya da dışmerkez çelik çaprazlı perdelerden veya çerçevelerin, çelik çaprazlı perdeler ya da betonarme perdelerle birleşiminden olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca betonarme döşemelerin çelik kirişler ile kompozit olarak çalıştığı çelik taşıyıcı sistemlere de değinilmiştir.
- Buna karşın 1998 Deprem Yönetmeliği'nde, süneklik düzeyi yüksek çelik çaprazlı perdelerin kolonlar, kirişler ve düğüm noktalarına dışmerkez olarak bağlanan çapraz örgü çubuklarından oluşan yatay yük taşıyıcı sistemler, süneklik düzeyi normal çelik çaprazlı perdelerin, kolonlar, kirişler ve düğüm noktalarına merkezi olarak bağlanan çapraz örgü çubuklarından oluşan yatay yük taşıyıcı sistemler oldukları belirtilmiş, kompozit yapılara ise hiç değinilmemiştir.
- 2007 Deprem Yönetmeliği'nde çelik taşıyıcı sistemler süneklik düzeyi yüksek çerçeveler, süneklik düzeyi normal çerçeveler, süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdeler, süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdeler ve süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdeler olarak beş sınıfa ayrılmıştır.

- 1998 Deprem Yönetmeliği'nde ise çelik taşıyıcı sistemler süneklik düzeyi yüksek çerçeveler, süneklik düzeyi normal çerçeveler, süneklik düzeyi yüksek çelik çaprazlı perdeler, süneklik düzeyi normal çelik çaprazlı perdeler olarak dört sınıfa ayrılmıştır.
- 2007 Deprem Yönetmeliği'nde süneklik düzeyi yüksek çerçeveler, enkesit koşulları, kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu, kiriş kolon birleşim bölgeleri, kolon ve kiriş ekleri, kiriş başlıklarının yanal doğrultuda mesnetlenmesi başlıkları altında detaylı bir şekilde incelenmiştir.
- 1998 Deprem Yönetmeliği'nde ise süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin kesit hesaplarının TS648'e göre emniyet gerilmeleri yöntemiyle yapılsa bile, tüm çerçeve elemanlarında başlık genişliği/kalınlığı ve gövde derinliği/kalınlığı oranları için TS4561'e uyulacağı belirtilmiştir. Bu yönetmelikte de kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu bulunmakta ancak, 2007 Deprem Yönetmeliği **Denklem 2.1**'de tanımlanan D_a arttırma katsayıları tanımlanmamaktadır.

Her iki yönetmelikte de yer alan güçlü kolon zayıf kiriş prensibi yapıda oluşacak plastik mafsalların önce kirişlerde oluşmasına yönelik önlemlerdir.

- 2007 Deprem Yönetmeliği'nde süneklik düzeyi normal çerçeveler, enkesit koşulları, kiriş kolon birleşim bölgeleri, kiriş başlıklarının yanal doğrultuda mesnetlenmesi, kiriş ve kolon ekleri başlıkları altında incelenmiştir. Yanal burkulmayı önleyici kurallar bulunmaktadır.
- 1998 Deprem yönetmeliği'nde ise süneklik düzeyi normal çerçevelerin kesit hesaplarının TS648'e göre emniyet gerilmeleri yöntemiyle yapılsa bile, tüm çerçeve elemanlarında başlık genişliği/kalınlığı ve gövde derinliği/kalınlığı oranları için TS4561'e uyulacağı belirtilmiştir.
- 2007 Deprem Yönetmeliği'nde süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdelerin basınç elemanlarının bazılarının burkulması halinde dahi, sistemde önemli ölçüde dayanım kaybı meydana gelmeyecek şekilde boyutlandırılmaları gerektiği belirtilmiştir. Süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı perdeler, enkesit koşulları, yatay yüklerin dağılımı, çaprazların birleşimleri, özel çapraz düzenleri için ek koşullar ve kolon ekleri başlıkları altında incelenmiştir.

- 1998 Deprem Yönetmeliği **Madde 8.4**'te süneklik düzeyi yüksek çelik çaprazlı perdelerin, kolonlar, kirişler ve düğüm noktalarına dışmerkez olarak bağlanan çapraz örgü çubuklarından oluşan yatay yük taşıyıcı sistem elemanları oldukları belirtilmiştir.
- 2007 Deprem Yönetmeliği'nde süneklik düzeyi normal çelik çaprazlı perdeler, enkesit koşulları, çaprazların birleşimleri, özel çapraz düzenleri için ek koşullar, başlıkları altında incelenmiştir. Yanal burkulmayı önleyici koşullar getirilmiştir.
- 1998 Deprem Yönetmeliği **Madde 8.6**'da süneklik düzeyi normal çelik çaprazlı perdelerin, kolonlar, kirişler, ve düğüm noktalarına merkezi olarak bağlanan çapraz örgü çubuklarından oluşan yatay yük taşıyıcı sistem elemanları oldukları belirtilmiş, bu elemanlara uygulanacak koşullar dört maddede sıralanmıştır:
 - a) Çaprazların sadece çekmeye çalışmak üzere hesaplanması durumunda, çapraz örgü çubuklarının narinlik oranı 250'yi aşmayacaktır.
 - b) Basınç kuvveti de alacak şekilde hesaplanan örgü çubuklarının narinlik oranı 100'den fazla olamaz.
 - c) Birden çok parçalı olup basınç kuvveti de alan örgü çubuklarında, TS648'in ara bağlantılara ilişkin tüm kuralları geçerlidir.
 - d) Örgü çubuklarının birleşimlerinde kaba bulon kullanılması durumunda, bulonların emniyet gerilmeleri %33 azaltılacaktır.
- 2007 Deprem Yönetmeliği'nde süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çelik çaprazlı perdelerin, deprem etkileri altında bağ kirişlerinin önemli ölçüde doğrusal olmayan şekildeğiştirme yapabilme özelliğine sahip yatay yük taşıyıcı sistemler oldukları belirtilmiştir. Enkesit koşulları, bağ kirişleri, bağ kirişlerinin yanıl doğrultuda mesnetlenmesi, bağ kirişlerinin dönme açısı, rijitlik levhaları, çaprazlar-kat kirişleri ve kolonlar, çapraz – bağ kirişi birleşimi, bağ kirişi – kolon birleşimi, kiriş – kolon birleşimi başlıkları altında bu tip sistemlerin tasarımında uyulması gereken kurallara değinilmiştir.
- 1998 Deprem Yönetmeliği **Madde 8.4**'te süneklik düzeyi yüksek çelik çaprazlı perdelerin, kolonlar, kirişler, ve düğüm noktalarına dışmerkez olarak

bağlanan çapraz örgü çubuklarından oluşan yatay yük taşıyıcı sistem elemanları oldukları belirtilmiş, bu elemanlara uygulanacak koşullar beş maddede belirtilmiştir:

- a) Örgü çubuklarının kolon – kiriş birleşim noktasına ya da iki örgü çubuğunun bir kiriş üzerindeki ortak birleşim noktasına göre dışmerkezliği, perde kolonları arasındaki açıklığın 1/5'i ile 1/10'u arasında seçilecektir. Dışmerkez örgü çubuklarının kirişle birleşme noktalarında, kirişin yanal burkulmasının ve ayrıca yerel burkulmaların önlenmesi için gerekli önlemler alınacaktır.
 - b) Örgü çubuklarının kolonlara bağlandığı çaprazlı perdelerde, bağlantı kolon kesitinin başlığına yapılacaktır. Kolon gövdesine bağlantı yapılamaz.
 - c) Basınç kuvveti de alacak şekilde hesaplanan örgü çubuklarının narinlik oranı 100'den fazla olamaz.
 - d) Birden çok parçalı olup basınç kuvveti de alan örgü çubuklarında, TS648'in ara bağlantılara ilişkin tüm kuralları geçerlidir.
 - e) Örgü çubuklarının birleşimlerinde kaba bulon kullanılması durumunda, bulonların emniyet gerilmeleri %33 azaltılacaktır.
- 2007 Deprem Yönetmeliği'nde malzeme koşulları ve emniyet gerilmeleri başlığı altında, TS648 veya uluslararası düzeyde kabul görmüş diğer standartlarda tanımlanan ve kaynaklanabilme özelliğine sahip olan tüm yapı çeliklerinin kullanılabilmesinden bahsedilmiştir. Ayrıca deprem yükleri etkisindeki elemanların birleşim ve eklerinde kullanılacak bulonların ISO 8.8, 10.9 veya daha yüksek kalitede olması gerektiği belirtilmiştir. Kaynaklı birleşimlerde çelik malzemesine ve kaynaklama yöntemine uygun elektrot kullanılacağı, deprem yükleri etkisindeki elemanlarda, aynı birleşim noktasında kaynaklı ve bulonlu birleşimlerin bir arada kullanılmayacağı hususlarına değinilmiştir.
 - 1998 Deprem Yönetmeliği **Madde 8.3.4.2'** de, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, eğilme aktaran birleşim ve eklerde kaba bulon kullanılmayacağı, öngermeli olarak kullanılan yüksek dayanımlı bulonlar ve ankraj bulonlarının bu kısıtlamanın dışında olduğu, yüksek dayanımlı

bulonların ISO 8.8 veya 10.9 kalitesinde olacağı belirtilmiştir. Ayrıca **Madde 8.3.4.3**'te kolon eklerinin küt kaynakla yapılması durumunda, kaynak ağzı açılacağı ve derin penetrasyonlu kaynak kullanılacağı ifade edilmiştir.

- 2007 Deprem Yönetmeliği'nde emniyet gerilmeleri yöntemine göre yapılan kesit hesaplarında, birleşim ve ekler dışında, emniyet gerilmeleri için TS648'deki EIY yükleme durumunda izin verilen %15 arttırımın deprem durumunda en fazla %33'e çıkarılabileceği belirtilmiştir. Çelik yapı elemanlarının ve birleşim detaylarının gerekli kapasitelerinin hesabında, σ_a akma gerilmesi yerine $D_a\sigma_a$ arttırılmış akma gerilmesi değerlerinin kullanılacağı vurgulanmış ve D_a katsayılarının tanımlandığı tablo verilmiştir.
- 1998 Deprem Yönetmeliği'nde D_a arttırma katsayıları tanımlanmamış, kullanılacak yapı çeliklerinin özelliklerine değinilmemiş, birleşim detayları üzerinde durulmamıştır.
- 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.2.4**'te arttırılmış deprem etkilerinden bahsedilmekte ve gerekli görülen yerlerde çelik yapı elemanlarının ve birleşim detaylarının tasarımında yönetmelikte verilen arttırılmış deprem etkilerinin göz önüne alınabileceği belirtilmiştir. Ayrıca **Tablo 4.2**'de taşıyıcı sistem türüne bağlı olarak değişen büyütme katsayıları tanımlanmıştır.
- 1998 Deprem Yönetmeliği'nde taşıma gücü yöntemine göre yapılan kesit hesaplarında, deprem etkisini içeren yükleme durumları tanımlanmıştır. Bu ifadelerde 2007 Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan ve taşıyıcı sistem türüne göre değişen Ω_0 büyütme katsayıları tanımlanmamıştır. Taşıma gücü yöntemi ile TS 4561'e göre yapılacak hesaplarda çelik akma sınırına uygulanacak malzeme güvenlik katsayısının 1.15, betonarme – çelik kompozit döşemelerde beton karakteristik basınç dayanımına uygulanacak malzeme güvenlik katsayısının ise 1.5 olacağı belirtilmiştir.
- 2007 Deprem Yönetmeliği **Tablo 2.5**'te deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalarla ilgili maddesinde, süneklik düzeyi normal sistemler için taşıyıcı sistem davranış katsayısı tanımlanmadığı için, yapı her iki doğrultuda da süneklik düzeyi yüksek sistem olarak çözülmüştür.

- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Örnekler Kitabı **Örnek 13** ise her iki doğrultuda süneklik düzeyi normal sistem olarak çözülmüştür.
- Her iki doğrultuda süneklik düzeyi yüksek olarak hesaplanan örneğimizde yapı ağırlığı 74 kg/m^2 dir.
- **Örnek 13**'te verilen yapının ağırlığı 35.3 kg/m^2 dir.
- Her iki yapının metrekaresine gelen ağırlığın bulunmasında birleşim levhaları, düğüm noktası levhası ve kuşaklar göz önüne alınmamıştır.
- Her iki doğrultuda süneklik düzeyi yüksek olarak hesaplanan örneğimizde kafes kirişin toplam ağırlığı 9 kg/m^2 olurken, **Örnek 13**'te toplam kiriş ağırlıkları 18 kg/m^2 dir.
- Her iki doğrultuda süneklik düzeyi yüksek olarak hesaplanan örneğimizde toplam kolon ağırlığı 10 kg/m^2 olurken, **Örnek 13**'te toplam kolon ağırlığı 12 kg/m^2 olarak bulunmuştur.
- Her iki doğrultuda süneklik düzeyi yüksek olarak çözülen örnekte, 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.6.1.2**'de, çatı ve düşey düzlem çapraz sistemlerinin tüm basınç elemanlarında narinlik oranının $4.0 \sqrt{E_s / \sigma_a}$ sınır değerini aşmaması gerektiği belirtildiği için çaprazların enkesiti **Örnek 13**'e oranla daha büyük olmuştur.
- Her iki doğrultuda süneklik düzeyi yüksek olarak hesaplanan örneğimizde çatı çapraz sisteminin ağırlığı 34 kg/m^2 olurken, **Örnek 13**'te çatı çapraz sistemi ağırlığı 3.7 kg/m^2 olmuştur.
- Her iki doğrultuda süneklik düzeyi yüksek olarak hesaplanan örneğimizde düşey düzlem merkezi çapraz sisteminin ağırlığı 11 kg/m^2 olurken, **Örnek 13**'te düşey düzlem merkezi çapraz sisteminin ağırlığı 1.6 kg/m^2 olmuştur.
- Çatı çapraz sistemi elemanları, üzerindeki yükleri düşey düzlem çaprazlarına ve kolonlara aktaran elemanlardır. 2007 Deprem Yönetmeliği **Madde 4.6.1.2**'de çatı ve düşey düzlem çapraz sisteminin tüm basınç elemanlarında narinlik oranı için getirilen sınır koşulu çatı çapraz sistemi elemanlarının enkesitinin büyümesine yol açmakta, bina ağırlığı artmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] **ABYYHY**, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,
Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [2] **DBYBHY**, 2005. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik,
Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [3] **Uzdider, E. ve Çağlayan Özden B.**, 2001. Depreme Dayanıklı Çelik Yapılar, İstanbul
- [4] **TS-498**, 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [5] **Deren, H.**, 2003. Çelik Yapılar, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- [6] **Odabaşı, Y.**, Çelik Çatı Elemanlarının Ekonomik Çözümü, İstanbul

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında İstanbul'da doğan Turgay YAVUZARSLAN, ilk ve orta öğrenimini İstanbul'da tamamladıktan sonra 1998 yılında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazanmış ve dört yıllık lisans eğitiminden sonra 2002 yılında mezun olmuştur. Vatani görevini tamamladıktan sonra 2004 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümü yüksek lisans programına kabul edilerek Yapı Analizi programında yüksek lisansa başlamıştır.