

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAYNAKLI KOLON-KİRİŞ BİRLEŞİMLERİNİN SİSMİK
GÜVENİLİRLİLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**


İnş. Müh. Senem KADIOĞLU


**F.B.E. İnşaat Anabilim Dalı Yapı Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

128622

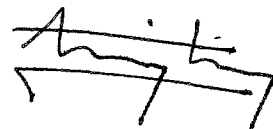
Tez Danışmanı : Prof. A. Zafer ÖZTÜRK (Y.T.Ü)

Prof. Dr. Tuner Gelile


Prof. Zekeriya Polat


Prof. A. Zafer ÖZTÜRK

İSTANBUL, 2002



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iii
KISALTMA LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ	vii
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAKLI MOMENT ÇERÇEVELERİ	3
2.1 Akma Dayanımı Kriteri	3
2.2 Gevrek Kırılma	3
2.2.1 Çok Eksenli Gerilmenin Gevrek Kırılmaya Etkisi	5
2.2.2 Kaynak Tarafından Oluşturulan Çok Eksenli Gerilmenin Gevrek Kırılmaya Etkisi	6
2.2.3 Kalınlık Etkisi	7
2.3 Lameler Yırtılma	7
2.4 Tam Ve Kısmi Nüfuzlu Küt Kaynak	10
2.5 Darbe Deneyi	10
2.5.1 Kırılma Tokluğu	13
3. KAYNAKLI MOMENT ÇERÇEVELERİNDE HASAR TİPLERİ	15
3.1 Kiriş Hasarları	16
3.2 Kolon Başlık Hasarları	18
3.3 Kaynak Hasarları Ve Süreksizlikleri	19
3.4 Kesme Levhası Hasarları	21
3.5 Panel Bölgesi Hasarları	22
4. KAYNAKLI MOMENT ÇERÇEVELERİNDE ONARIM	24
4.1 Tanım	24
4.2 Onarım Detayları	24
4.2.1 Kaynak Hasarlarının Onarımı	24
4.2.2 Kolon Hasarlarının Onarımı	27
4.2.3 Kiriş Başlık Hasarlarının Onarımı	31
4.2.4 Burkulmuş Kiriş Başlığının Onarımı	32
5. GÜÇLENDİRME	33
5.1 Güçlendirmenin Tanımı	33
5.2 Plastik Dönme Kapasitesi	35

5.3	Plastik Mafsal Bölgesinin Belirlenmesi	37
5.4	Plastik Mafsal Momentinin Belirlenmesi	38
5.5	Kiriş Kesme Kuvvetinin Belirlenmesi	38
5.6	Birleşimdeki Kesme Kuvvetinin Belirlenmesi	39
5.7	Kuvvetli Kolon- Zayıf Kiriş Prensibinin Kontrolü	40
5.8	Kolon – Kiriş Birleşiminin ve Panel Bölgesinin Kontrolü	41
5.8.1	UBC 94'e Göre Tahkik	41
5.8.1.1	Kolon Kiriş Birleşimleri (UBC 2213.7.1)	41
5.8.1.2	Panel Bölgesi (UBC 2213.7.1)	41
5.8.2	ABYYHY 1997' ye Göre Tahkik	42
5.9	Güçlendirme Detayları	42
5.9.1	Alt Başlıkta Guse	42
5.9.2	Üst Başlık Ve Alt Başlıkta Guse	44
5.9.3	Dik Nervür	45
5.9.4	Takviye Levhası	48
6.	BERKİTİLMİŞ ÇERÇEVE SİSTEMLERİN SİSMİK DAVRANIŞI.....	49
6.1	Eksantrik Berkitilmiş Çerçeveler.....	49
6.2	Konsantrik Berkitilmiş Çerçeveler	52
7.	SONUÇ	55
	KAYNAKLAR	59
	ÖZGEÇMİŞ	60

SİMGE LİSTESİ

d_b	Kiriş derinliği (Guse ve takviye levhası dahil)
d_c	Kolon derinliği
e	Eksantrik berkitilmiş çerçevelerde link uzunluğu
f_a	Kolondaki aksenal gerilme
F_{ya}	Malzemenin deneyle belirlenen akma dayanımı
F_{yc}	Kolonun altında ve üstünde belirlenen minimum akma dayanımı
I	Kolon atalet momenti
k	Uç şartları
L	Kiriş boyunca oluşan plastik mafsallar arasındaki mesafe
L_{cl}	Kolon panel bölgesi merkezi ile giriş açıklık ortası arasındaki mesafe
M_{cb}	Kirişte mekanizma oluştuğunda giriş alt başlığındaki güçlendirme elemanı hizasında kolonda oluşan moment
M_{ct}	Kirişte mekanizma oluştuğunda giriş üst başlığı üzerindeki güçlendirme elemanı hizasında kolonda oluşan moment
M_{pr}	Bir çerçevedeki herhangi bir eğilme elemanında plastik mafsal oluşumuna sebep olan eğilme momenti
M_p	Link elemanının plastik moment taşıma kapasitesi
Z_b	Kiriş profilinin plastiklik modülü
Z_c	Kolon profilinin plastiklik modülü
t_{cf}	Kolon başlık kalınlığı
t	Takviye levhaları dahil kolon panel bölgesi kalınlığı
λ	Narinlik katsayısı
θ_p	Kirişin plastik dönme açısı
θ_{ph}	Mafsal bölgesindeki plastik dönme

KISALTIMA LİSTESİ

ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
AISC	American Institute Of Steel Construction
ATC	Applied Technology Council
CJP	Complete joint penetration (tam nüfuzlu küt kaynak)
CUREE	California Universities For Research In Earthquake Engineering
EBF	Eksantrik berkitilmiş çerçeve
FEMA	Federal Emergency Management Agency
NEHRP	National Earthquake Hazards Reduction
NIST	National Institute Of Standards And Technology
SAC	SEAOC, ATC Ve CUREE
SEAOC	Structural Engineers Association Of California
UBC	Uniform Building Code



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Kiriş – kolon birleşiminde yaygın olarak görülen kırılmanın başladığı bölge 3
Şekil 2.2	Tek eksenli ve üç eksenli yükleme 5
Şekil 2.3	Tek eksenli çekme deneyinde çentik etkisi6
Şekil 2.4	Kaynaklı ve bulonlu birleşimlerde gerilme durumlarının karşılaştırılması 7
Şekil 2.5	Doğrultuların Tanımı 8
Şekil 2.6	Lameler yırtılma içeren birleşimler 9
Şekil 2.7	Hassas ve düzeltilmiş detaylar 10
Şekil 2.8	Darbe deneyinin prensibini gösteren örnek şekil 11
Şekil 2.9	Charpy U ve Charpy V darbe deneyi numuneleri 11
Şekil 2.10	Deokside edilmiş ve tane boyutları küçültülmüş C35 çeliği (Bofors B7) çubuk çapı 30 mm ve 170 +B setliğinde ısıl işlem görmüş (sertleştirilmiş ve temperlenmiş) 13
Şekil 3.1	Kaynaklı moment çerçevelerinde elemanlar 15
Şekil 3.2	Kiriş hasar tipleri 16
Şekil 3.3	Kolon hasar tipleri 18
Şekil 3.4	Kaynak hasar tipleri 20
Şekil 3.5	Kesme levhası hasar tipleri 21
Şekil 3.6	Panel bölgesi hasar tipleri 22
Şekil 4.1	W1a tipi hasarın onarımı 25
Şekil 4.2	W1b tipi hasarın onarımı 26
Şekil 4.3	Yeniden kaynak yapımı ile onarım ,(W2, W3, W4, W5) hasarların onarımı 26
Şekil 4.4	Kiriş profilinin giriş için geçici olarak kaldırılması 28
Şekil 4.5	Ark oyuğu ve kolon başlığının yeniden kaynaklanması 28
Şekil 4.6	Kolon başlığının değiştirilmesi 29
Şekil 4.7	Kolon gövdesinin ve takviye levhasının onarımı 29
Şekil 4.8	Takviye levhasız kolon gövdesinin alternatif onarımı 30
Şekil 4.9	Kiriş başlık levhasının yerleştirilmesi 31
Şekil 4.10	Kiriş başlık levhasının alternatif yerleşimi 32
Şekil 4.11	Burkulmuş kiriş başlığında (kiriş başlığı hizasında) berkitme levhalarının yerleştirilmesi 32
Şekil 5.1	Deformasyona uğramış çerçeve 34
Şekil 5.2	Küçük açıklıklı çerçevelerde kayma etkisinde akma..... 35
Şekil 5.3	Plastik mafsalın kiriş üzerindeki yeri 36
Şekil 5.4	Plastik mafsalın yeri..... 37
Şekil 5.5	Kiriş kesme kuvvetinin belirlenmesi 38
Şekil 5.6	Kritik kesitlerdeki moment hesabı 39
Şekil 5.7	Kuvvetli kolon değerlendirilmesinde kolon momenti hesabı 40
Şekil 5.8	Alt başlıkta guse ile güçlendirme yöntemi 44
Şekil 5.9	Alt ve üst başlıkta guse ile güçlendirme yöntemi 45
Şekil 5.10	Dik nervür ile güçlendirme yöntemi 45
Şekil 5.11	Takviye levhasıyla güçlendirme yöntemi 47
Şekil 6.1	Eksantrik berkitilmiş çerçeve örnekleri 49
Şekil 6.2	Eksantrik berkitilmiş çerçevelerin kinematik deformasyonları 50
Şekil 6.3	Berkitme diyagonallerinin kayma bağlantısına birleşimi 51
Şekil 6.4	Konsantrik berkitilmiş çerçeve türleri 52
Şekil 6.5	Narinlik katsayısının farklı değerleri için normalize kuvvet ile normalize deplasman arasındaki ilişki 54

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Çeşitli numunelerin boyutları	12
Çizelge 3.1 Kiriş hasar tipleri	16
Çizelge 3.2 Kolon hasar tipleri	18
Çizelge 3.3 Kaynak hasar tipleri	19
Çizelge 3.4 Kesme levhası hasar tipleri	21
Çizelge 3.5 Panel bölgesi hasar tipleri	22
Çizelge 4.1 Hangi hasar tipi için ne tür bir onarımın gerektiğini gösteren çizelge	25
Çizelge 4.2 Onarım biçimleri	27
Çizelge 5.1 Birleşim şekline göre mafsal bölgesinin yeri	37
Çizelge 5.2 Deney sonuçları – NIST 1998	43
Çizelge 5.3 Deney sonuçları.....	44
Çizelge 5.4 Deney sonuçları	46
Çizelge 5.5 Deney sonuçları	47
Çizelge 6.1 c_B 'nin, en büyük link deformasyonu (γ_u) 'ya göre değeri	51



ÖNSÖZ

Lisans öğrenimim süresince kazandığım mühendislik bakış açısını, yüksek lisans öğrenimim ve Yapı Anabilim Dalı' ndaki asistanlığım süresince pekiştirme fırsatı buldum. Bu tez çalışması ile tamamladığım yüksek lisans öğrenimim boyunca benden yardım ve hoşgörüsünü esirgemeyen sayın hocam Prof. A. Zafer ÖZTÜRK' e ve asistanlığımı yaptığım sayın hocam Prof. Dr. Türkan KÖKSAL' a teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca yüksek lisans öğrenimim süresince imkanlarından istifade ettiğim okuluma ve Yapı Anabilim Dalı çalışanlarına teşekkür eder şükranlarımı sunarım.



ÖZET

Bu tez çalışmasında ilk olarak, inşaat malzemesi olarak çeliğin en önemli özelliklerinden biri olan, deprem etkisi altında kopmadan deformasyon yapabilme kabiliyeti yani yüksek düktilite özelliği üzerinde durulmuş ve çelik malzemenin çentik darbe dayanımı, akma kriteri gibi diğer özellikleri tanımlanmıştır.

Kaynaklı moment çerçevelerinde 1994 Northridge Depremi (USA) sonrasında birleşim elemanları ve kaynakta gözlenen hasar tipi detayları incelenmiş ve bunların her birinin onarımına dair yöntemler anlatılmıştır.

Örtü levha, guse, yan levha ve dik nervür gibi yeni birleşim elemanlarının eklenmesi ile plastik mafsalın kirişte oluşmasını sağlayacak güçlendirmenin ne şekilde yapılacağı anlatılmış ve tasarımda plastik mafsal bölgesi ve momentinin belirlenmesine dair hesaplar verilmiştir. Kolon panel bölgesinin kesme mukavemetinin hesabı ile ilgili UBC 1994' deki kriterler ABYYHY 1997' deki kriterler ile karşılaştırılmıştır.

Son bölümde ise berkitilmiş çerçevelerin sismik davranışı incelenmiş ve bu çerçevelere ait eksantrik ve konsantrik iki tür berkitme çerçevesi ele alınmıştır.

Anahtar Sözcükler : Çelik, kaynak, kolon-kiriş birleşimi, sismik, onarım, güçlendirme

ABSTRACT

As a first step, ductility, one of the most important properties of steel material and hihg capability of deformation under the effect of earthquake, has been emphasized and notch toughness of steel material, energy of distortion yield criteria have been explained.

After the 1994 Northridge Earthquake in welded steel moment resistant frames, the details of the fractures on the weld and column-beam connection have been evaluated and the ways of repair have been explained through the literature.

By adding new connection elements like side plate connections, ubstanding rib, how the modification that enables plastic hinge to form in beam section is performed has been explained and calculations in design related to plastic hinge location and plastic moment have been given. The criteria in UBC 1994 related to shear capacity of column panel zone and the ones in ABYYHY 1997 have been compared.

In the last chapter seismic behavior of eccentric and concentric braced frames has been resumed.

Key Words : Steel, weld, column-beam connection, seismic, repair, modification



1 GİRİŞ

Çelik, 18. Yüzyıl başlarına gelinceye kadar inşaat sektörünün dışında bir çok alanda kullanıla gelen ve insanlık için çok önemli olan demir kökenli bir malzemedir. 18.yüzyılda yüksek fırınlama yönteminin kullanımı ile font imalatı yapılmaya başlanmıştır. Font inşaat malzemesi olarak önce kemer köprülerin inşa edilmesinde kullanılmıştır. Köprülerin kemer olarak inşa edilmesi, fontun çekme özelliğine sahip olmayışındandır. 18. Yüzyılın ikinci yarısından itibaren gelişen fırınlama yöntemleri yardımı ile dövme çelik imal edilmeye başlanmış ve bu gelişmeyi dolu gövdeli ve kafes kirişli köprülerin inşa edilmesi izlemiştir. 19. yüzyılda hızla gelişen metalurji teknolojisi dökme çeliğin imal edilmesini mümkün kılmıştır. 20. yüzyıl ile birlikte modern elektrik fırınları kullanılmaya başlamış ve çelik yapı teknolojisinde önemli mesafeler kat edilmiştir.

Tez çalışmasının konusu belirlenirken, 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi sonrasında ülkemizde betonarme ve yığma yapılar için yapılan yoğun çalışmalara karşın çelik yapıların sismik incelenmesine ilişkin çalışmaların azlığı dikkate alınmıştır. Dünyada çok geniş uygulama alanı bulmuş çelik yapılar, ülkemizde de er ya da geç uygulama alanını genişletecektir. Ülkemizdeki deprem potansiyeli, her tür yapının tasarımında ve uygulamasında çok önemli bir yer tutmaktadır. Çelik yapıların tasarımı yapılırken proje mühendisinin kullanacağı ilgili milli şartnamenin bu konudaki yeterliliği, üzerinde durulması gereken hayati bir konudur. Yaşadığımız son depremlerin meydana getirdiği hasarlar, neden olduğu can kaybı ve ekonomik kayıplar, şartnameler üzerinde yapılacak bilimsel çalışmaların ne derece gerekli olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Bu çalışmaların ilk adımı, dünyada meydana gelen depremler sonrası çelik yapılarda meydana gelmiş hasarlar üzerine yapılan mühendislik çalışmalarının derlenmesidir. Yapılacak bu ön çalışma ile çelik yapıların deprem karşısındaki davranışı hakkında gerçeğe dayalı önemli veriler elde edilebilir. Özellikle Amerika'daki San Andreas Fay'ı ile ülkemizdeki Kuzey Anadolu Fay hattının benzerliği dikkate alındığında, Amerika'da kullanılan AISC' nin yaklaşımı yapılacak olan çalışmalara önemli ölçüde ışık tutacaktır. Ayrıca Japonya'da kullanılan şartnamelerdeki sismik duyarlılık dikkate alındığında, bu konuda yapılmış ve yaşanan bir çok deprem ile de sınılanmış önemli bilimsel çalışmalardan istifade edebilme şansı ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada; çelik yapılardaki kaynaklı kolon-kiriş birleşimlerinin sismik etkiler altında davranışı incelenmiştir. Çalışmada, 1994 Northridge Depremi (USA) sonrası çelik yapılardaki kolon-kiriş birleşimlerinde meydana gelen hasarlar üzerinde yapılan incelemeler dikkate alınmıştır. Bu hasarların geometrisi ve mekanizması incelenmiş ve nasıl onarılıp, güçlendirilmeleri gerektiğinin üzerinde durulmuştur. Ayrıca UBC 94 ve ABYYHY 1997 arasında karşılaştırma yapılmış, incelenen hasarlar dikkate alınarak, kaynaklı kolon-kiriş birleşimlerine ilişkin milli şartnamemizin yeterliliği sorgulanmıştır.

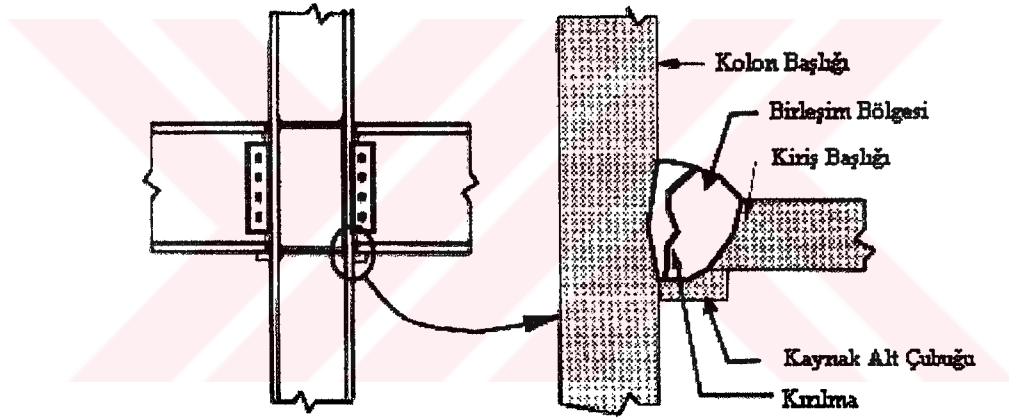
Ülkemizde yaşanan 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi sonrası betonarme ve yığma yapıların depreme karşı dayanıklı olacak şekilde tasarımı ve imalatına ilişkin önemli çalışmalar yapılmıştır. Henüz çok yaygın olarak kullanılmamakla birlikte, er ya da geç yaygınlaşacak çelik yapı uygulamaları için de olabilecek depremler dikkate alınarak sismik incelemelerin yapılması gerekmektedir. Ayrıca deprem sonrası betonarme ve yığma yapılarda meydana gelen hasarların güçlendirilmesin de kullanılan çelik güçlendirme yöntemi, çelik yapıların deprem anındaki davranışına ilişkin daha fazla incelemenin ve şartnamelerimizde önemli iyileştirmelerin yapılmasını gerekli kılmaktadır. Şartname hazırlığı bir çok laboratuvar ve arazi deneyinin, gözlemlerin yapılmasını ve yoğun mühendislik çalışmalarını kapsayan uzun süreli çalışmaları içerir. Bu konuda çelik yapıların yaygın olarak uygulandığı ülkelerde kullanılan, çeşitli depremlerle de sonuçları değerlendirilmiş ve güncelleştirilmiş şartnameler yapılacak çalışmalara örnek olabilir.

Bu tez çalışmasında Northridge 1994 (USA) Depremi sonrasında kaynaklı kolon-kiriş birleşimlerinde meydana gelen hasarlar için yapılan araştırmalara ilişkin geniş bir literatür taraması da yapılmıştır.

2 KAYNAKLI MOMENT ÇERÇVELERİ

Kaynaklı moment çerçeveleri dayanım kaybetmeden akarak plastik deformasyon yapıp depreme karşı koyacak şekilde tasarlanır. Hedeflenen plastik deformasyon kirişte plastik dönmeleri ve kolon-levha bölgesinin kayma etkisinde akmasını içerir. Bu şekilde binaya geçen deprem enerjisinin tüketilmesi gerçekleştirilebilir. Hasarın gevrek kırılma şeklinde değil çelik elemanların akması ve yerel burkulması olarak ortaya çıkması istenir.

1994 Northridge Depremi'nde binalardaki hasarlar yapılarda hedeflenen davranışın aksine ya düşük plastik dönme seviyelerinde ya da tamamen elastik bölgedeyken gevrek kırılma meydana geldiğini göstermiştir. Kırılmalar genellikle alt başlıkla-kolon başlığı arasındaki tam nüfuzlu küt kaynakta başlar. Birleşim şekline ve gerilme koşullarına göre bu kırılmalar farklı yollar izleyerek gelişirler. Şekil 2.1 kırılmanın geliştiği potansiyel biçimlerden birini gösterir.



Şekil 2.1 Kiriş-Kolon Birleşiminde Yaygın Olarak Görülen Kırılmanın Başladığı Bölge (FEMA-267)

Kolon-kiriş birleşimlerinde farklı yollar izleyerek gelişen kırılmalar çoğu kez kaynak kalınlığı boyunca yayılır. Bazı durumlarda kırılma kaynağın arkasındaki başlık malzemesinde Z yönündeki gerilmeden oluşan kırılmayı andıran bir yol izler. Bu kırılma “divot” veya “nugget” olarak isimlendirilir.

Kırılma bazen yaklaşık olarak alt başlıkla birleşen yatay düzlem boyunca kolon başlığının tamamında gelişir. Bazı durumlarda bu kırılmaların levha bölgesi boyunca kolon gövdesine doğru genişlediği görülür.

Birleşimler tasarlanırken bu birleşimlerin akma seviyesinde yüklenmesi durumunda kirişteki eğilme gerilmelerinin kiriş başlıklarındaki çekme ve basınç gerilmelerinden oluşan kuvvet çiftiyle (kayma gerilmesinin de kiriş gövdesine bağlı kesme levhası ile) kolona aktarıldığı varsayılır. Gerçek davranış biçimi bundan farklı olabilir. Kiriş birleşim bölgesindeki kolonda meydana gelen bölgesel deformasyonların sonucunda kirişteki kayma gerilmelerinin önemli bir kısmı kolona kiriş başlıkları tarafından aktarılır. Bu da kiriş başlıklarındaki küt kaynağa ikincil gerilmelerin oluşmasına neden olur. Kolon başlığının arkasındaki kolon gövdesi kiriş-kolon birleşimini bölgesel olarak güçlendirilir ve birleşim gerilme ve deformasyon dağılımını toplar (Brockenbrough ve Merrit, 1994)

En büyük gerilme genel olarak kiriş alt başlığını kolona birleştiren küt kaynağın dibinde meydana gelir. Bu bölgede kiriş gövdesinin kaynak girişini sınırlaması yüzünden kaynak işlemi zor olup kaynak gövdenin her iki tarafından başlatılıp birleşimin ortasında sonlanır. Bu bölgede zayıf birleşim ve birikmiş cüruf etkisi ortaya çıkar. Büyük çekme gerilmelerinde kaynağa oluşan çatlaklar hızlıca kararlılığını kaybedip gevrek kırılma olarak gelişirler ve yukarıda açıklandığı gibi farklı yollar izleyerek yayılırlar.

2.1 Akma Dayanımı Kriteri (Huber - Von Mises - Hencky)

Akma kriteri aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{2} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \right] \quad (2.1)$$

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ asal eksenler doğrultusundaki asal gerilmeleridir.

Bir çok tasarım durumunda asal gerilmelerden biri ya sıfırdır ya da ihmal edilecek kadar küçüktür. Bu durumda 2.1 denklemini 2.2' deki şekilde ifade edilir.

$$\sigma_y^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 \quad (2.2)$$

İnce levhalarda enine doğrultudaki asal gerilme genellikle sıfırdır ve 2.2 denklemini kullanılarak akma gerilmesi hesaplanır (Salmon ve Johnson, 1993)

2.2 Gevrek Kırılma

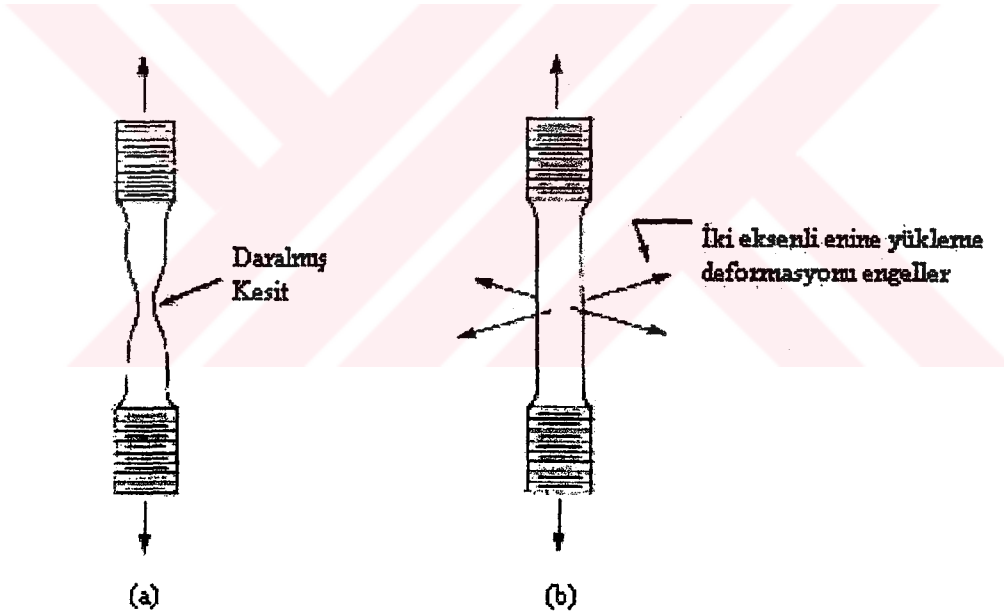
Genel olarak sünek olan çelik bazı koşullar altında gevrek davranış gösterir. Isı, birleşim geometrisi, levha kalınlığı, işçilik, birleşim araçları kırılma biçimini etkiler.

2.2.1 Çok Eksenli Gerilmenin Gevrek Kırılmaya Etkisi

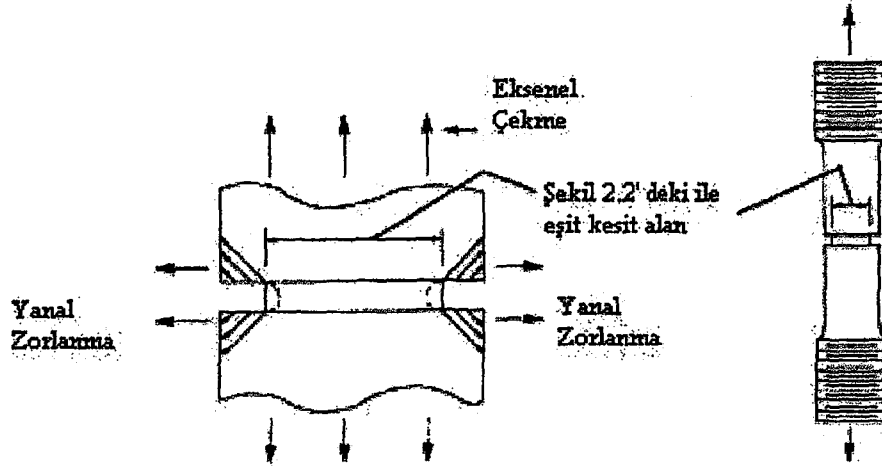
Yapılarda özellikle birleşimlerdeki karmaşık gerilme durumu gevrekliği etkileyen önemli bir faktördür. Şekil 2.2' de görüldüğü gibi tek eksenli gerilme durumunda çubuk kesitinde daralma olur. Çubuğa Şekil 2.2.b' deki gibi iki eksenli gerilme uygulandığında herhangi bir uzama ve kesitte azalma olmadan gevrek kırılma oluşur. Deformasyon oluşmamış kesitteki kırılma gerilmesiyle tek eksenli yüklenmiş daralmış kesitteki gerilme aynı değerdedir.

Çentik etkisi de Şekil 2.2.b' deki 3 eksenli yükleme halindeki etkiyle aynı olup plastik akmayı engeller. Şekil 2.3 çekme etkisindeki numunede çentik etkisini gösterir. Eksenel çekme artarken azaltılmış kesit daralmaya çalışır ancak bu duruma köşelerde gelişen diyagonal çekme gerilmeleri karşı koyar ve çubukta gevrek kırılma gözlenir.

Çentikler gerçek yapılarda düzgün kaynak yapılmayan birleşimlerde görülür.



Şekil 2.2 Tek eksenli ve üç eksenli yükleme (FEMA-267)

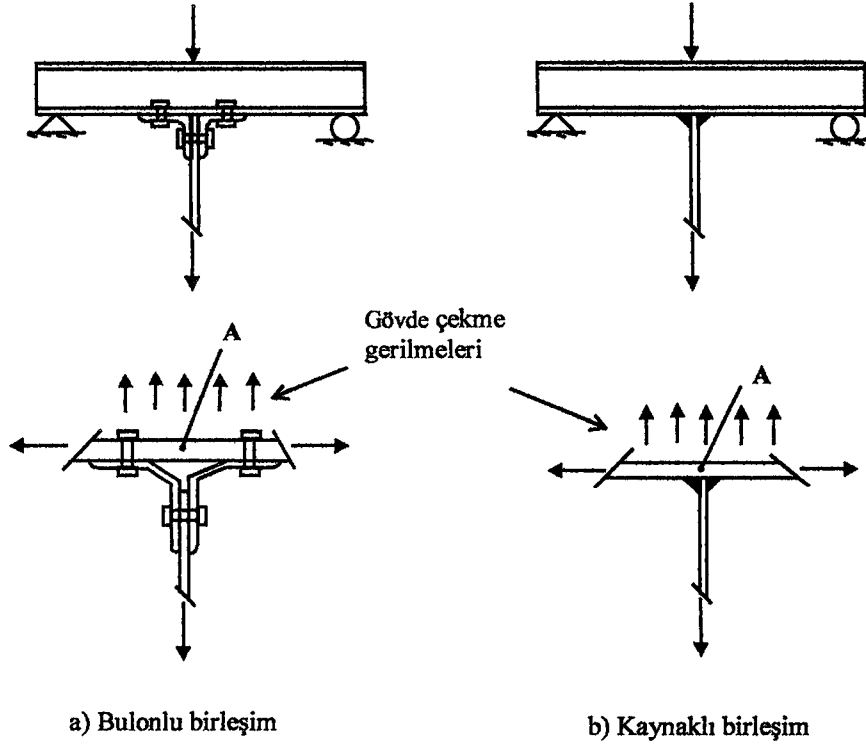


Şekil 2.3 Tek eksenli çekme deneyinde çentik etkisi (FEMA-267)

2.2.2 Kaynak Tarafından Oluşturulan Çok Eksenli Gerilmenin Gevrek Kırılmaya Etkisi

Genel olarak kaynak gevrek kırılmayla sonuçlanan iki eksenli ve 3 eksenli gerilme ve deformasyon durumlarını ortaya çıkaran bir birleşim aracıdır. Şekil 2.4' de basit mesnetli kiriş ve çekme levhası birleşimi görülmektedir. Eğilmeden dolayı kiriş alt başlığı çekme etkisindedir (A noktasında tek eksenli çekme gerilmesi oluşur). Çekme levhasının köşebent ve bulonlarla tutturulması başlık bulonları ve köşebentlerde tek eksenli çekme, levha bulonlarında ise kesme etkisi oluşturmuştur. Bu durumda A noktasında tek eksenli gerilme mevcuttur (Şekil 2.4.a).

Şekil 2.4.b' da kiriş başlığına levhanın kaynaklanması hali görülmektedir. Böyle bir durumda da başlığa direkt birleşimden ötürü A noktasında 2 eksenli gerilme oluşur. Kaynak bölgesi de bu nedenle 3 eksenli gerilmeye maruz kalıp ikisi uygulanan yüklerden, diğeri de kaynak eksenini boyunca oluşacak deformasyonun engellenmesinden ileri gelen gerilmelerdir. Bu sebeple kaynaklı birleşimler tasarlanırken 3 eksenli gerilmeden doğan gevrekliğin göz önüne alınması gerekir.



Şekil 2.4 Kaynaklı ve bulonlu birleşimlerde gerilme durumlarının karşılaştırılması (FEMA-267)

2.2.3 Kalınlık Etkisi

İnce levhalarda enine doğrultudaki gerilme ihmal edilebilir. Kalın levhalarda ise 3 eksenli gerilme etkisinden dolayı gevreklik artar.

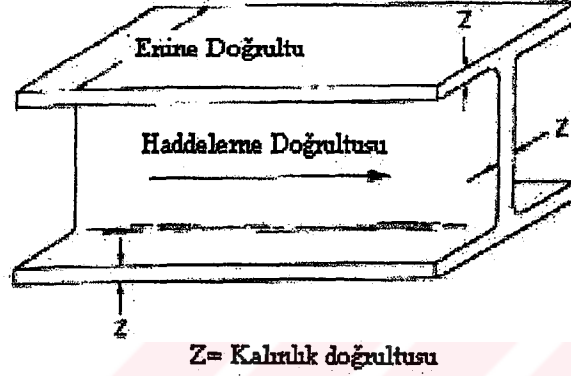
2.3 Lameler Yırtılma

Lameler yırtılma bir levhanın haddeleme yüzeyine paralel düzlemlerde meydana gelen gevrek kırılma biçimidir.

Kaynaklı birleşimlerde kalınlık boyunca (through thickness) oluşan deformasyonlar kaynak büzülmesinden ileri gelir ve akma deformasyonundan çok daha büyüktür. Servis yükleri altında gerilmelerin akma gerilmesinin altında kalacağı bu yüklerin lameler yırtılmayı oluşturmayacağı düşünülür (Popou ve Yang, 1995)

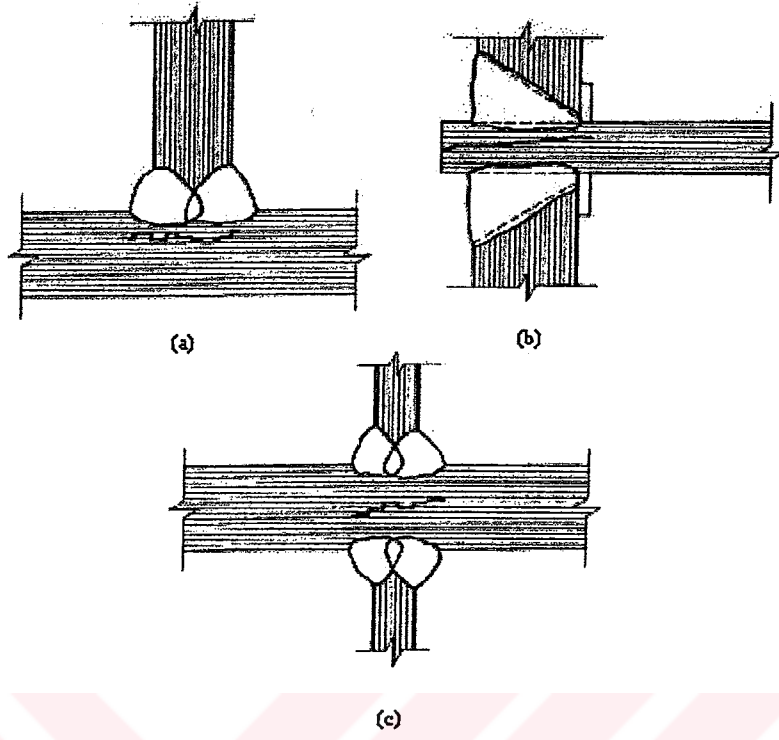
İmalatta haddeleme işleminin sonucu olarak, çelik profiller; haddelemeye paralel doğrultuda, enine doğrultuda ve kalınlık doğrultusunda farklı özelliklere sahip olur (Şekil 2.5).

I profiller enine ve haddeleme doğrultusunda yüklendiklerinde yeteri kadar düktildirler. Fakat kalınlık doğrultusunda düktiliteleri azdır. Deformasyon başlık kalınlığı doğrultusunda yoğunlaşırsa, zorlanmış durum ortaya çıkar. Bu durumda deformasyon başlıktan gövdeye ve karşı başlığa dağılamaz. Büyük yerel kalınlık deformasyonu akma noktasındaki deformasyonu aşabilir ve bu da lameler yırtılmaya neden olur.

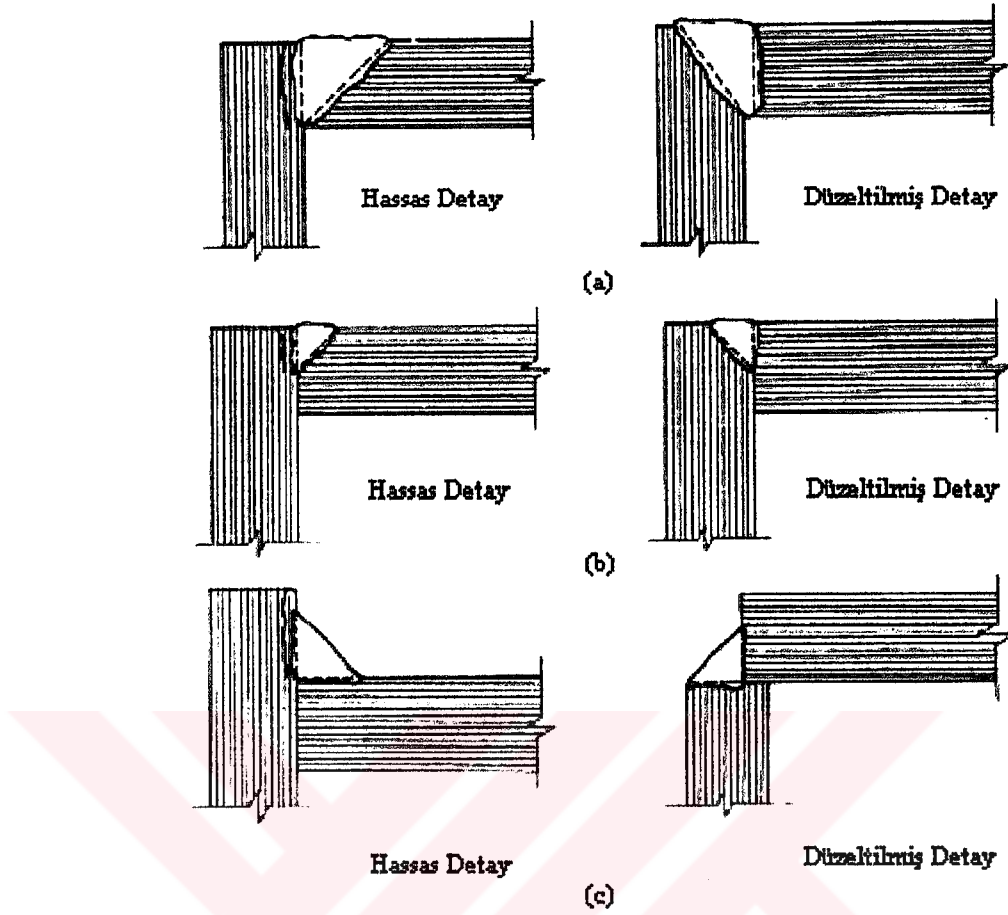


Şekil 2.5 Doğrultuların tanımı (Spiegel ve Limbrunner, 1993)

Şekil 2.6 kaynaklı birleşimlerde lameler yırtılma biçimlerini gösterir. Şekil 2.7'de kalınlık doğrultusunda kaynakta büzülme olduğunda, bağlı elemanın lameler yırtılmaya duyarlı olması ve kaynak detayının kaynaktaki büzülme yönünde oluşturması durumu gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Lameler yırtılma içeren birleşimler (Spiegel ve Limbrunner, 1993)



Şekil 2.7 Hassas ve düzeltilmiş detaylar (Spiegel ve Limbrunner, 1993)

2.4 Tam ve Kısmi Nüfuzlu Küt Kaynak

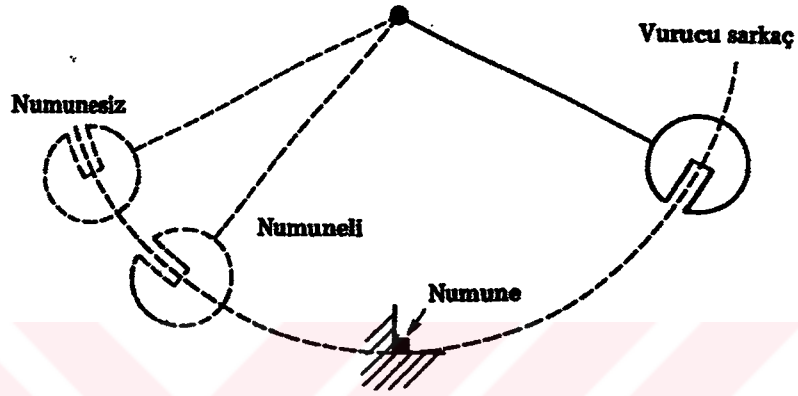
Küt kaynak yapımıyla birleşimdeki parçaların taşıdığı tüm yüklerin aktarılması hedeflenir. Bu nedenle böyle bir kaynağın dayanımının birleşen parçaların dayanımına eşit olması gerekir ki bu tür kaynağa tam nüfuzlu küt kaynak (complete joint penetration) denir. Eğer kaynak, birleşen parçaların kalınlığı boyunca yapılamıyorsa bu da kısmi nüfuzlu küt kaynak olarak isimlendirilir.

2.5 Darbe Deneyi (Notch Toughness Test)

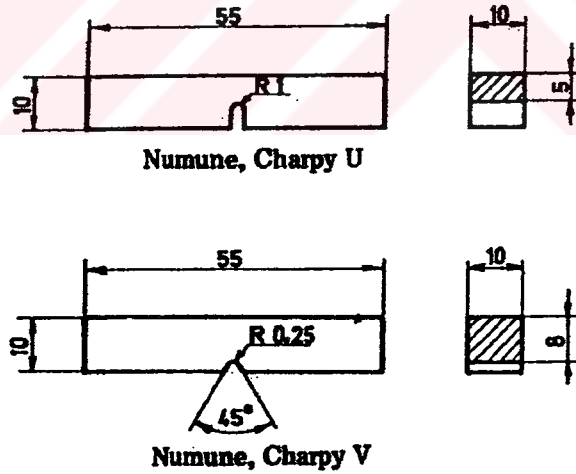
Darbe deneyi, kırılmada malzeme tarafından absorbe edilen enerji miktarını verir. Deney sert bir sarkaç kolu üzerindeki balyozun S_b gibi bir yükseklikten salınma bırakılması ve salınımın en düşük noktasında standart numuneye çarpmasından ibarettir (Şekil 2.8).

Numunenin kırılmasından sonra sarkacın yerdeğiştirme açısı ölçülür ve bundan numunenin kırılması için gerekli enerji hesap edilir. Darbe deneyi için yaygın olarak kullanılan Avrupa

numuneler sırasıyla Charpy U veya Charpy V olarak isimlendirilen bir U veya V şeklinde çentik içerirler (Şekil 2.9). Charpy U değeri kpm/cm^2 veya joule olarak, Charpy V değeri kpm veya joule olarak kaydedilir. Almanya' da DVM numuneleri geçerli olandır, Fransa' da ise Mesnegar numuneleri ve İngilizce konuşulan ülkelerde de Izod numuneleri hakimdir. Çeşitli numunelerin boyutları Çizelge 2.1'de gösterilmektedir. Izod deneyinde V çentikli numunenin bir ucu test makinasının mengenesine sıkıştırılır ve balyoz serbest uca çarpılır.



Şekil 2.8 Darbe deneyinin prensibini gösteren örnek şekil (Thelning, 1987)

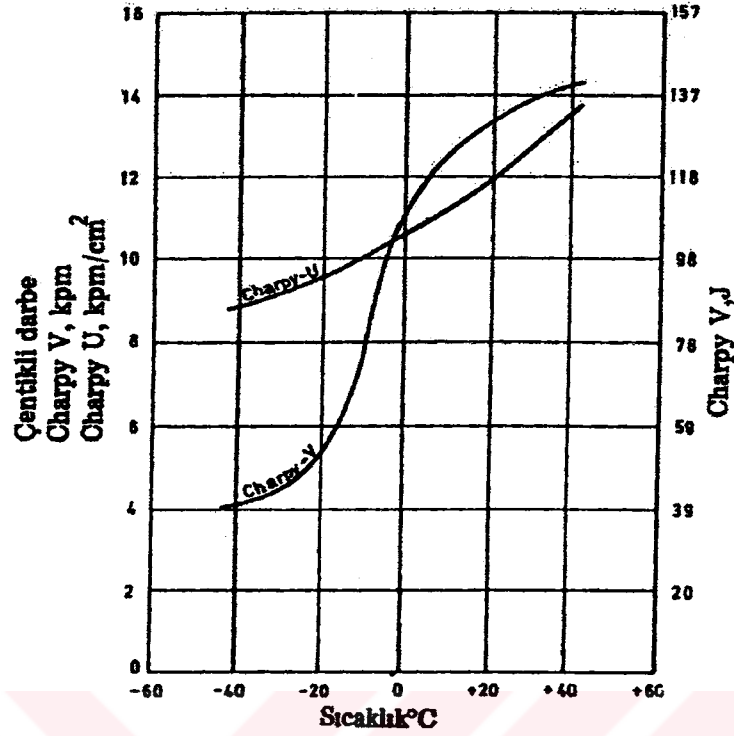


Şekil 2.9 Charpy U ve Charpy V darbe deneyi numuneleri (Thelning, 1987)

Çizelge 2.1 Çeşitli numunelerin boyutları (Theining, 1987)

Deney Tipi	Deney Parçalarının Boyutları (mm)				Çentik Boyutları (mm)			Destek Mesafesi
	Boy	En	Yükseklik	Derinlik	Çap	Açıklık Açısı	Yarıçap	
Charpy U	55	10	10	5	2	-	-	40
DVM	55	10	10	3	2	-	-	40
Mesnager	55	10	10	2	2	-	-	40
Charpy V	55	10	10	2	-	45°	0-25	40
Izod	75	10	10	2	-	45°	0-25	-

Birçok çelik türleri özellikle genel yapı çelikleri oda sıcaklığında yüksek, fakat daha düşük sıcaklıklarda çok düşük çentik darbe değerleri verirler. Yüksek değerlerden düşük çentik darbe değerlerine geçiş oldukça dar bir sıcaklık aralığı içinde gerçekleşir. 27,5 Joule (2.8 kpm) değeri Charpy V çentikli darbe tokluğunda çok sık oluşan minimum bir değerdir. V çentikli numune kesin bir geçiş aralığı, U çentikli ise genellikle azalan sıcaklık ile düşen darbe değerleri verir (Şekil 2.10). Maksimum çekme gerilmesi ve akma noktası mukavemet hesaplarıyla ilgili ifadeler doğrudan uygulanabilirken, darbe değerleri malzemenin sadece özel amaçlar için uygun olup olmayacağına karar vermek için kullanılır.



Şekil 2.10 Deokside edilmiş ve tane boyutları küçültülmüş C35 çeliği (Bofors B7) Charpy U ve Charpy V' nin çentikli darbe deneylerinde sıcaklığın etkisi çubuk çapı 30 mm ve 170 +B sertliğinde ısıtılmış ve temperlenmiş (sertleştirilmiş ve temperlenmiş) (Thelning, 1987).

2.5.1 Kırılma Tokluğu

Isıl işlem kırılma tokluğunu önemli ölçüde etkiler. Bir malzemenin kırılma tokluğu, bu malzemenin çekme gerilmesine maruz bırakıldığında çatlak ilerlemesine karşı dayanma kapasitesinin bir ölçüsüdür. Bir malzemenin kırılma tokluğu hakkında bazı bilgilere sahip olunarak şiddetli çatlak ilerlemesinden kaçınılabılır (Thelning, 1987).

200° - 400° sıcaklıkları arası temperleme nispeten yüksek darbe mukavemeti sağlar. 500° de minimum darbe mukavemeti elde edilir.

Isıl işlem kadar çelik üretim yöntemleri de darbe değeri üzerinde etkilidir. Bu yöntemleri şöyle sıralayabiliriz:

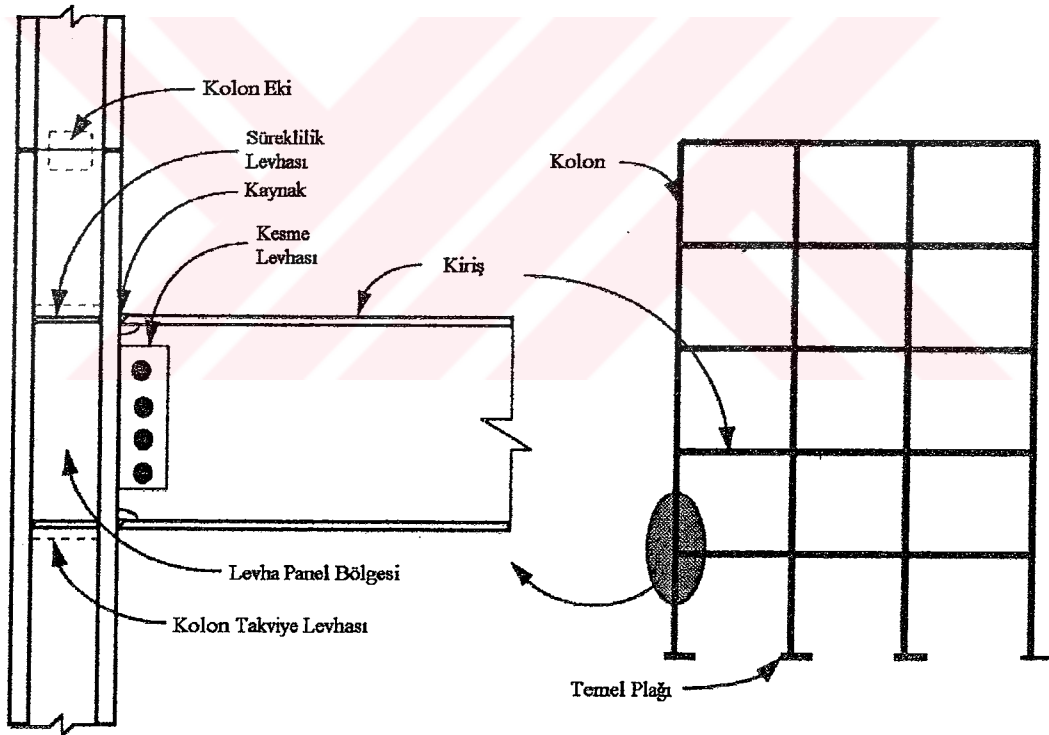
- İnce taneli normalize edilmiş,
- İnce taneli haddelenmiş,
- Kaba taneli normalize edilmiş,
- Kaba taneli haddelenmiş.

20° C' nin altındaki deney sıcaklıklarında 27 joule'lük bir minimum darbe değerini normalizasyon işlemiyle gerçekleştirilmek mümkündür. Normalizasyon yüksek sıcaklıklara ısıtılmış (örneğin, dövme ya da kaynak gibi işlemler için) ve taneleri kabalaşmış bir çeliğin tanelerini inceltmek için uygulanır (Thelning, 1987).



3. KAYNAKLI MOMENT ÇERÇVELERİNDE HASAR TİPLERİ

Kaynaklı moment çerçevelerinde yerel burkulma ve akma beklenen bir davranıştır. Gevrek kırılmalar ise beklenmeyen ancak 1994 Northridge depremi sonrası bu yapılarda görülen hasarlardır. Ancak moment çerçevelerinin deprem etkisinde göçmesine rastlanmamıştır. Hasar gören elemanlar kirişler, kolonlar, kolon levha bölgesi, kiriş başlığı süreklilik levhaları, takviye levhaları (doubler plate), kolon-kiriş başlıklarını birleştiren kaynaklar, kiriş gövdesini kolona başlığına bağlayan kesme levhaları şeklinde sıralanır. Kolon eki ve temel plağının da kırılarak hasara uğradığı belirtilmiştir. Ancak Northridge depreminde böyle bir hasar gözlenmemiştir. Şekil 3.1 yukarıda sıralanan elemanların genel olarak yapıyı oluşturan çerçeve ve kolon-kiriş birleşimindeki yerlerini göstermektedir (FEMA-267).

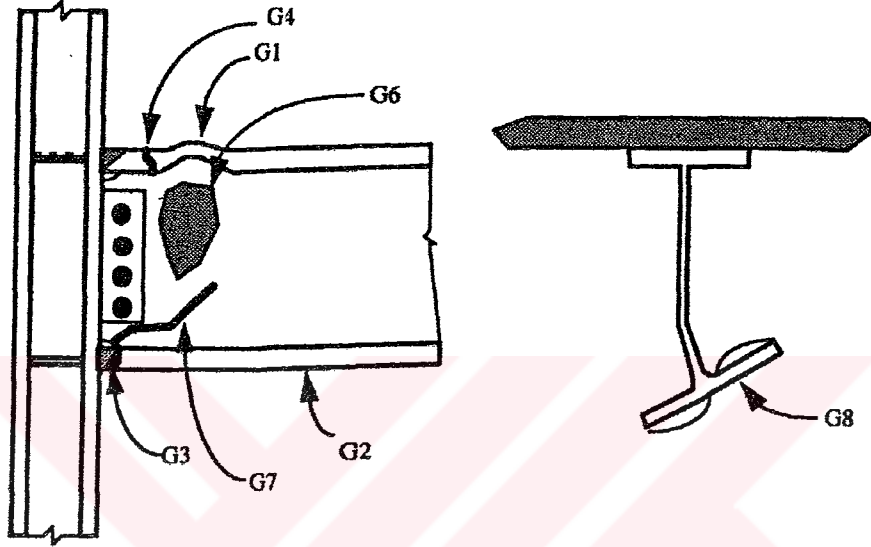


Şekil 3.1 Kaynaklı Moment Çerçevelerinde Elemanlar (FEMA-267)

Hasar tipleri NISTR 5025'de istatistiksel çalışmalar dayanılarak sınıflandırılmış ve FEMA 267-A' da genişletilerek aşağıdaki gibi düzenlenmiştir:

3.1 Kiriş Hasarı

Kiriş hasarı kolon-kiriş birleşiminde veya yakınında kiriş başlıklarının burkulması, akması ve kırılmasını içerir. Çizelge 3.1’ de çeşitli hasar tipleri tanımlanmış ve bunlar Şekil 3.2’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Kiriş hasar tipleri (FEMA-267)

Çizelge 3.1 Kiriş hasar tipleri (FEMA-267)

Tip	Tanım
G1	Başlığın burkulması (Üst başlık veya alt başlık)
G2	Başlığın akması (Üst başlık veya alt başlık)
G3	Isıl işlem bölgesinde başlık kırılması
G4	Isıl işlemden uzak bölgede başlık kırılması
G5	Üst ve alt başlıkta başlık kırılması
G6	Gövdenin akması veya burkulması
G7	Gövdenin kırılması
G8	Profilin yanal burulma burkulması

Burkulma olmadan kiriş başlıklarının akması (G2) yapının dayanımında ihmal edilebilir bir azalmaya sebep olur ve genel olarak tamir gerekmez.

Kiriş başlığının burkulması (G1) kiriş plastik dayanımında önemli bir kayba neden olur. Burkulmadan kaynaklanan ikincil gerilmeler başlığın kırılmasıyla (G4) sonuçlanır. G4 tipi hasarın oluşmasıyla, tekrarlanan yükler altında kiriş başlığı tüm çekme kapasitesini hızlıca kaybeder ancak basınç dayanımında bir miktar kapasite kalır. Başlık burkulmasının belirgin olarak görüldüğü durumlarda tamir gereklidir.

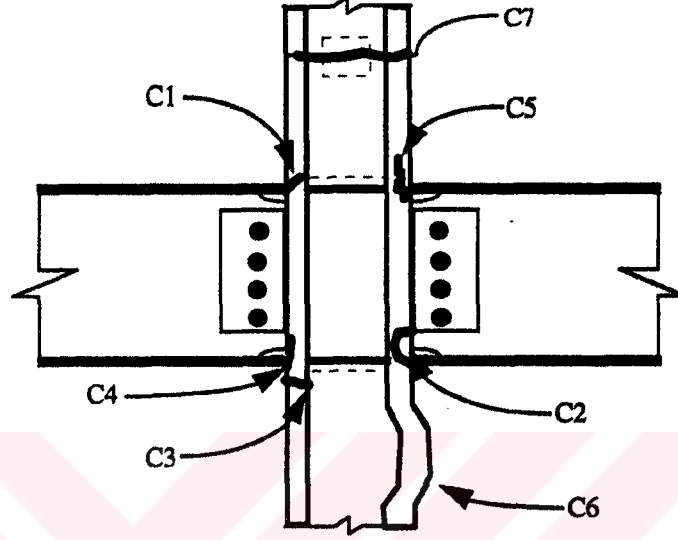
Isıl işleme maruz kalan bölgede görülen kırılma (G3) daha çok kaynak işleminin düzgün olarak yapılmamasından kaynaklanır. G4 tipi hasar gibi bu tip hasarda da başlık çekme kapasitesinin tamamen kaybı ve çerçevenin yanal dayanımının azalması söz konusu olur. Bazı durumlarda bu hasarın kaynak deliğinden gövdeye doğru genişlediği de görülmüştür.

Northridge depreminde kiriş hasarı daha çok alt başlıkta görülmüştür. Bunun sebeplerinden biri kiriş üst başlığında döşemenin bulunmasıyla meydana gelen kompozit davranışın, kirişin tarafsız ekseninin üst başlığa doğru kaymasını sağlamasıdır. Bu durum alt başlıkta büyük çekme deformasyonları ile sonuçlanır. Ayrıca döşemenin varlığı üst başlıkta yerel burkulmayı önemli miktarda azaltır.

Kırılmanın alt başlıkta daha çok görülmesine neden olan başka faktörlerde vardır. Kaynak altlığının yerleşim bölgesi bunlardan biridir. Alt başlık birleşiminde kaynak altlığı maksimum çekme etkisindeki bölgede yer alırken, üst başlıkta daha az deformasyon ve gerilme etkisi altındaki bölgede yer alır. Bu nedenle kaynak altlığından ileri gelen herhangi bir süreksizlik etkisi alt başlıkta çok daha önemlidir. Diğer bir önemli faktör de üst başlık kaynağının herhangi bir zorluk olmaksızın yapılması ancak alt başlık kaynağının yapılması esnasında kiriş gövdesinin engel teşkil etmesidir. Bu nedenle üst başlıktaki kaynak kalitesi daha yüksek olup, kırılmalar alt başlıkta gözlenir.

3.2 Kolon Başlık Hasarları

Çizelge 3.2’ de ve Şekil 3.3’de yedi çeşit kolon hasarı tanımlanmıştır. Kolon hasarı genellikle yapının yanıl dayanımının yanı sıra düşey yük taşıma kapasitesinin de azalmasına neden olur.



Şekil 3.3 Kolon hasar tipleri (FEMA-267)

Çizelge 3.2 Kolon hasar tipleri (FEMA-267)

Tip	Tanım
C1	Başlangıç başlık çatlama
C2	Başlık yırtılması "divot"(eğrisel kırılma)
C3	Isıl işlem bölgesinin dışında kırılma
C4	Isıl işlem bölgesinde kırılma
C5	Lameler başlık yırtılması
C6	Başlık burkulması
C7	Kolon bağlantı hasarı

C1 tipi hasar kiriş başlığına bağlanan bölgede kolon başlığındaki küçük bir çatlaktan ibaret olup sadece ultrasonik testlerle belirlenir. C2 tipi hasar kiriş başlığını kolon başlığına birleştiren kaynağın dibinde başlar, boylamasına kolon başlığı boyunca ilerler. Bazı durumlarda bu kırılma eğrisel biçimde, kırılmanın başladığı kolon başlığı yüzeyine doğru genişler. Bu biçimdeki kırılma “divot” ve “nugget” olarak adlandırılır. C3 ve C4 tipi hasarlarda kolon başlık kalınlığı boyunca genişler bazen de panel bölgesinin içine kadar yayılabilir. Kolon başlık kalınlığına paralel olarak gelişen C5 hasarı da çoğu zaman ultrasonik test ile belirlenir.

C2 hasarı kolon-kiriş birleşiminin çekme dayanımını ve kolon başlığının eğilme dayanımını önemli ölçüde azaltır. C3 ve C4 tipi hasarlar kolon başlığı çekme kapasitesinde azalmaya neden olur ve ilave yükler altında diğer tip hasarların da oluşmasına yol açabilirler.

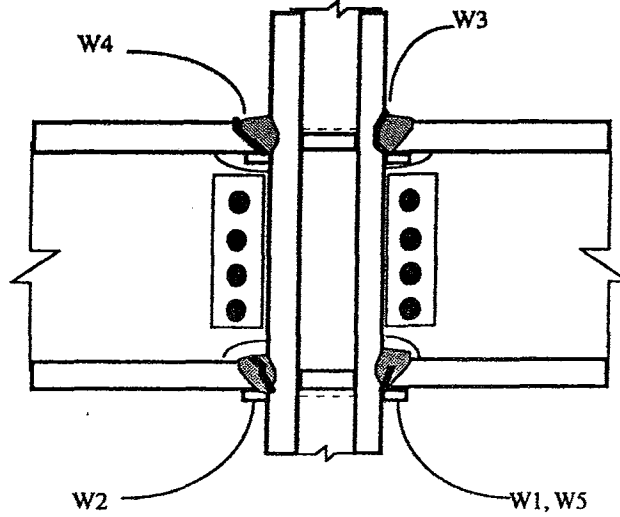
Moment çerçeveleri genellikle yanal deplasman sınırlandırma koşuluyla tasarlanır. Bu nedenle eleman boyutları dayanıma göre değil rijitliğe göre belirlenir. Böylece kiriş başlıklarındaki aşırı dayanım, kolon-kiriş başlıkları arasındaki küt kaynakların zorlanmasına neden olur. Bu durum kolon başlığına gelen Z yönündeki büyük çekme gerilmesi C2 tipi hasarı oluşturur. Kaynaklama esnasında oluşan süreksizliklerden ileri gelen C5 tipi hasar da C2 tipi hasarın oluşumunda pay sahibidir. Bu sebeple ASTM A898'e göre, kolon-kiriş birleşimlerinde kaynaklama öncesi ve sonrasında ultrasonik testlerle C5 tipi süreksizliklerin belirlenmesi gerekir. C2 tipi hasarın oluşumu kiriş kesitinin zayıflatılması gibi Bölüm 5' de açıklanan yöntemlerle engellenebilir.

3.3 Kaynak Hasarları Ve Süreksizlikleri

Çizelge 3.3' de ve Şekil 3.4'de altı tip kaynak hasarı tanımlanmıştır.

Çizelge 3.3 Kaynak hasarı tipleri (FEMA-267)

Tip	Hasarın Tanımı
W1	Kaynak dibinde kırılma
W1a	Kırılma boyutu = derinlik $< 5^{\text{mm}}$ veya $t_f/4$ = genişlik $< b_f/4$
W1b	W1a' dan daha büyük kırılma
W2	Kaynak kalınlığı boyunca kırılma
W3	Kolon ara yüzünde kırılma
W4	Kiriş başlığı ara yüzünde kırılma
W5	Ultrasonik testle belirlenebilen kırılma (önemsiz)



Şekil 3.4 Kaynak hasarı tipleri (FEMA-267)

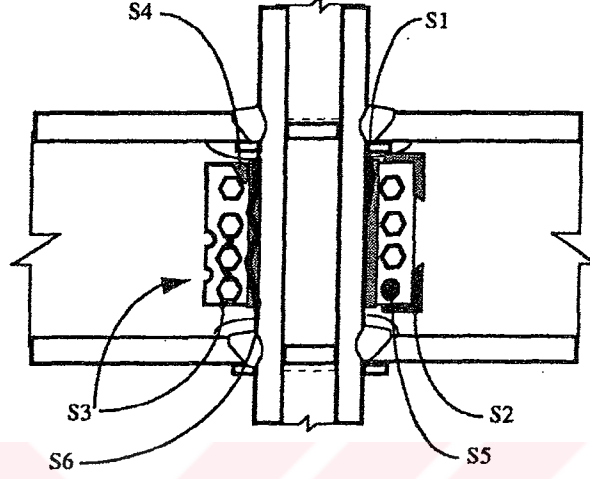
Ultrasonik deneylerde veya kaynak altlığının kaldırılmasıyla belirlenebilen W1a ve W1b tipleri, hasardan çok yapısal kusur olarak isimlendirilir. Bu kusurlar kalite kontrolünde birleşim geometrisi yüzünden belirlenemeyebilir. Ultrasonik Test tekniği ile tarama işlemi kiriş alt başlığının üst yüzeyinden itibaren yapıldığında kaynak dibinde oluşan W1 tipi kırılmalar farkedilemeyebilir.

W2 tipi hasar kaynak metali boyunca genişler ve manyetik parça testi ile belirlenebilir. W3 ve W4 tipi hasarlar kaynak metali ile kiriş-kolon başlık bölgeleri arasındaki ergime bölgesinde meydana gelir. Bu hasarlar kolon-kiriş birleşim bölgesinde çekme kapasitesinin azalmasına neden olur.

Genellikle kirişteki kaynak hasarları, kiriş alt başlığı ile kolon arasındaki kaynaklarda görülür. Üst başlık kaynağıyla ilgili hasarların görülme oranı %25'dir.

3.4 Kesme Levhası Hasarları

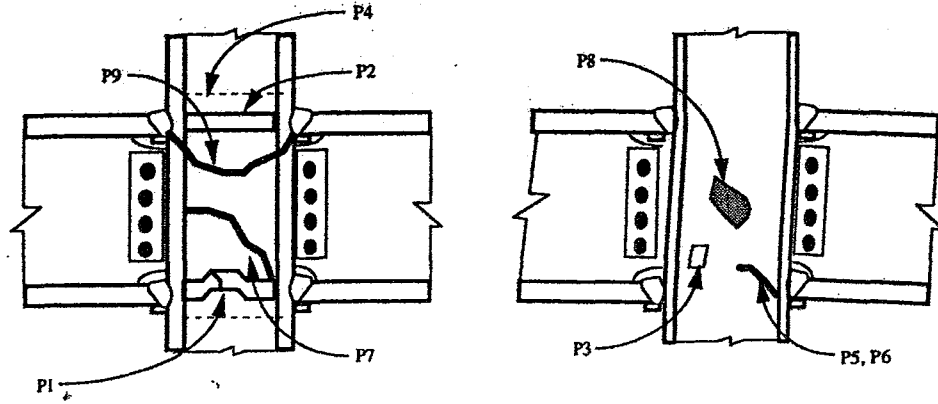
Kiriş gövdesini kolon başlığına bağlayan kesme levhalarıyla ilgili olarak Çizelge 3.4’ de altı tip hasar tanımlanmış ve Şekil 3.5’de gösterilmiştir. Kesme levhası hasarları genellikle kolon-kiriş panel bölgesi ve kaynakların hasara uğradığını gösterir.



Şekil 3.5 Kesme levhası hasar tipleri (FEMA-267)

Çizelge 3.4 Kesme levhası hasar tipleri (FEMA-267)

Tip	Hasar Tanımı
S1	Kolon yüzündeki kaynakta kısmi kırılma
S1a	Hasarsız kiriş başlığı
S1b	Kırılmış kiriş başlığı
S2	İlave kaynakta kırılma
S2a	Hasarsız kiriş başlığı
S2b	Hasarlı kiriş başlığı
S3	Bulonlar arası levha boyunca kırılma veya burulma
S4	Levhaların buruşması veya akması
S5	Hasarlı kopmuş veya gevşemiş bulon
S6	Kolon yüzeyindeki kaynakta boydan boya kırılma



Şekil 3.6 Panel bölgesi hasar tipleri (FEMA-267)

Kesme levhası hasarı kirişin düşey yük taşıma kapasitesini azaltacağından önemli sayılır. Eğer birleşiminde başka hasarlar oluşmamışsa kesme levhasında da genellikle ciddi bir hasar oluşumu görülmez. Kiriş başlık birleşimindeki kaynak malzemesi sağlamısa, kolon ve kiriş arasındaki rölatif dönme engellenir. Bu da kesme levhasını hasar görmekten korur.

3.5 Panel Bölgesi Hasarı

Kolon panel bölgesi ve komşu elemanlara ilişkin dokuz tip hasar Çizelge 3.5'de ve şekil 3.6'da tanımlanmıştır. Kolonun zayıf eksenine bağlanan kirişler yüzünden panel bölgesi elemanlarındaki hasarların belirlenmesi ve düşey yük taşıma kapasitesini kaybetmeden kolon kesitlerinin tamir için kaldırılması zor ve masraflıdır.

Çizelge 3.5 Panel bölgesi hasar tipleri (FEMA-267)

Tip	Hasar Tanımı
P1	Sürekli levhasının akması, kırılması
P2	Sürekli levhası kaynaklarının kırılması
P3	Gövdenin akması düktil deformasyonu
P4	Takviye levhası kaynaklarının kırılması
P5	Takviye levhasında derinliğin bir kısmında kırılma
P6	Gövdenin bir kısmının kırılması
P7	Takviye levhası ve gövde derinliğinin tamamında kırılma
P8	Gövdenin burkulması
P9	Ayrılmış kolon

Sürekli levhalarının kırılması, burkulması, akması (P1 tipi) ve bu levhalara ait kaynaklarda kırılmaların (P2 tipi) meydana gelmesi, hasar kolon malzemesine doğru ilerlemediği müddetçe çok önemli sayılmaz. Ancak takviye levhalarındaki kaynaklarda oluşan kırılma, takviye levhalarının işlevini kaybetmesine neden olacağından ve kolon malzemesine doğru gelişebileceğinden çok daha önemlidir. Panel bölgesinin kesme etkisinde akması (P3 tipi) kolon başlıklarında kırılmalara, kiriş-kolon birleşimlerinde ikincil gerilmelere neden olabilir. SAC tarafından California Berkley Üniversitesinde gerçekleştirilen çalışmada panel bölgesindeki aşırı deformasyonların üst başlıkta W_2 tipi kırılmaları başlattığı tesbit edilmiştir.

Kolon gövdesinde panel bölgesine doğru genişleyen kırılmalar (P_5, P_6, P_7) ilave yükler altında büyüüp kolonun alt ve üst kısmının ayrılması ile (P_9 tipi) sonuçlanabilir. Bu durumda kolonun çekme kapasitesi ve kesme kuvveti transferi önemli ölçüde sınırlanır. Böyle bir hasar kirişin akma dayanımının kolon malzemesi akma dayanımından fazla olduğu birleşim bölgelerinde, kolonun çekme kuvvetine maruz kalması durumunda görülür.

Kolonun panel bölgesi burkulması (P_8) kayma rijitliğinin hızlı bir şekilde azalmasına neden olur. Böyle bir burkulmanın kolonun zayıf eksenine birleşen kirişteki düşey kesme levhası ile güçlendirilen birleşimde görülme olasılığı çok düşüktür.

4 KAYNAKLI MOMENT ÇERÇEVELERİNDE ONARIM

4.1 Tanım

Onarım hasar görmüş veya yapısal kusura sahip elemanların dayanım rijitlik ve deformasyon kapasitesinin eski haline getirilmesidir. Güçlendirme ise hasarlı veya hasarsız yapı elemanlarının dayanım, rijitlik ve deformasyon kapasitesinin artırılmasıdır. Güçlendirme moment birleşim elemanlarında olabileceği gibi berkitmeli çerçevelerin, kesme duvarlarının eklenmesi v.b. yöntemlerle yapının yanal dayanım karakterini değiştirmek suretiyle de gerçekleştirilebilir.

4.2 Onarım Detayları

Hasarın büyüklüğüne ve yapısına göre onarım işlemi için çeşitli alternatifler düşünülebilir.

- a) Kolon ve kiriş profili ana malzemesinin değiştirilmesi,
- b) Birleşim elemanlarının değiştirilmesi,
- c) Birleşim kaynaklarının yenilenmesi,
- d) Adı geçen elemanların birleşiminin değiştirilmesi.

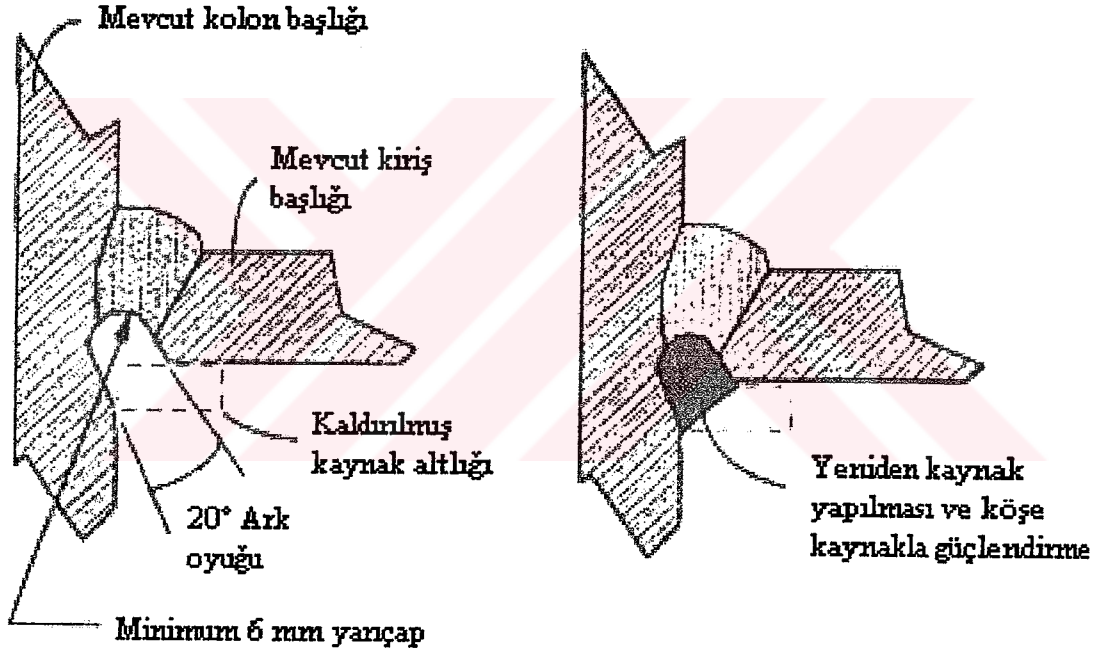
Bazı hasar tipleri için geliştirilen ve deneylerle verimliliği kanıtlanan örnek onarım detayları sırası ile gösterilmiştir:

4.2.1 Kaynak Hasarları (W Tipi Hasarlar)'nın Onarımı

Kolon-kiriş arasındaki veya yapı ana elemanı ile birleşim elemanı arasındaki hasarlı kaynaklardaki kusurları ve süreksizlikleri tamamen yok etmek için yeterli malzemenin kaldırılması gerekir. Basit köşe kaynaklarda tamir işlemi zayıf kaynak malzemesinin kazınarak kaldırılması ve yerine sağlam malzemeli kaynak yapılması suretiyle gerçekleştirilir. Çizelge 4.1'de hangi tip hasar için ne tür bir onarımın yapılacağı belirtilmiştir.

Çizelge 4.1 Hangi hasar tipi için ne tür onarım gerektiğini gösteren çizelge (FEMA-267)

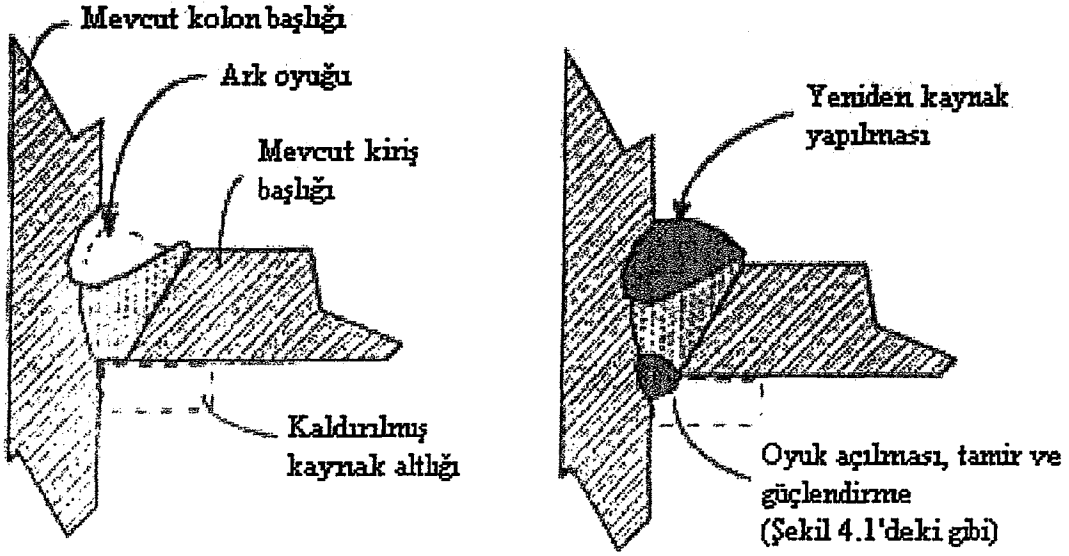
Hasar Tipi	Şekil
W_{1a} , W_{1b}	Şekil 4.1, Şekil 4.2
W_2	Şekil 4.3
W_3	Şekil 4.3
W_4	Şekil 4.3
W_5	Şekil 4.3



Not:

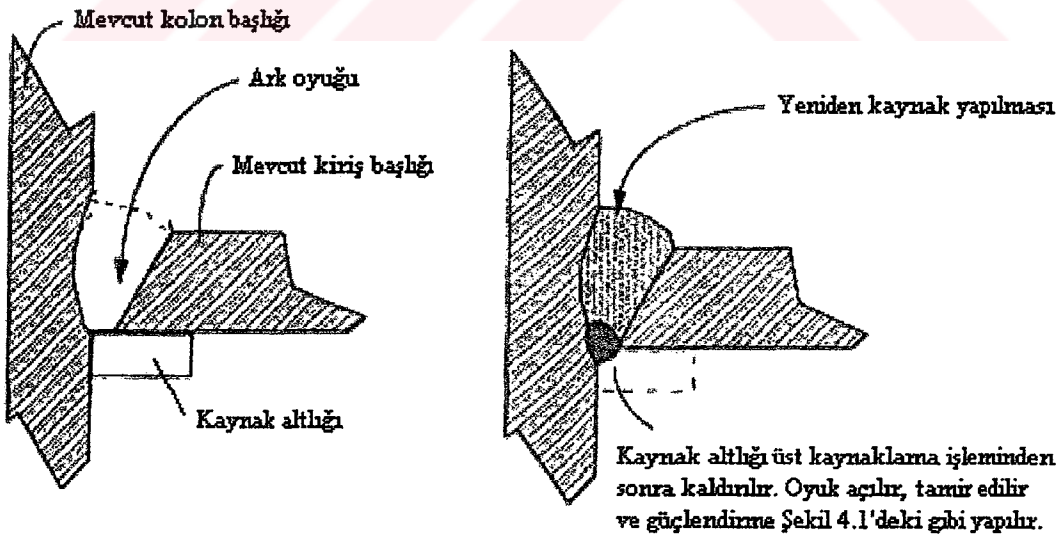
1. Varolan kaynak altı çubuğu kaldırılır.
2. Başlık yüzeyinin her iki ucu minimum 2:1 (yatay/düşey) eğimli ve 6^{mm} yarıçaplı kaynak dibini sağlayacak biçimde oyulur.
3. Yüzey kaynak dayanımını etkileyecek süreksizliklerden arındırılıp düzeltir ve kaynaklanır.
4. Birleşimi güçlendirmek amacıyla köşe kaynak uygulanır. Bu kaynağın kalınlığı kiriş başlık kalınlığının ¼'üne eşit olmalı ancak 6^{mm}'den az olmamalıdır.

Şekil 4.1 W_{1a} tipi hasarın onarımı (FEMA-267)



1. Hasarlı bölge 5cm uzunluğundaki sağlam kısım da dahil olmak üzere kaldırılır ve yeniden kaynaklanır.
2. Kaynak dibinin onarımı Şekil 4.1'deki gibidir.

Şekil 4.2 W1b kaynak hasarının onarımı (FEMA-267)



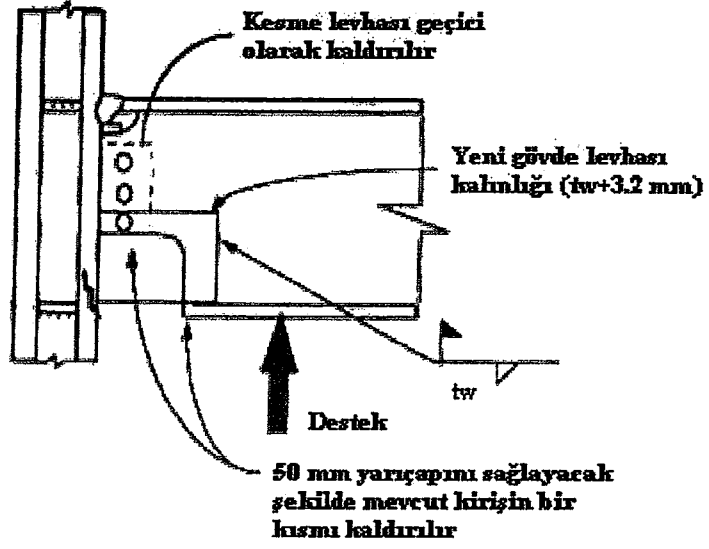
Şekil 4.3 Yeniden kaynak yapımı ile onarım, (W₂, W₃, W₄, W₅) hasarlarının onarımı (FEMA-267)

4.2.2 Kolon Hasarlarının Onarımı

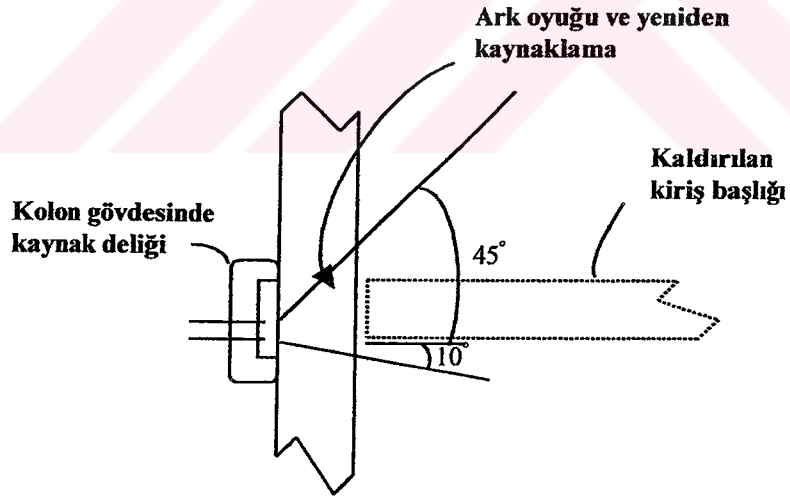
Kolonda kırılmanın yer aldığı kısımda hasarlı malzeme 15^{cm} yarıçapındaki bölgede herhangi bir süreksizlik kalmayacak biçimde kaldırılır. Kolondaki hasarların onarımı, kolon profilinin bir kısmının değiştirilmesi ya da küçük bir bölgeyi kapsayan hasarlarda kaldırılan malzemenin yerine kaynak yapılmasıyla gerçekleştirilir. Çizelge 4.2’de onarım biçimleri gösterilmiştir. Bir çok durumunda Şekil 4.4’de gösterildiği gibi bir tamiri gerçekleştirmek için kolona birleşen kirişin bir kısmını kaldırmak gerekebilir.

Çizelge 4.2 Onarım biçimleri (FEMA-267)

Hasar Tipi	Şekil
Kiriş Girişi	Şekil 4.4
C ₁	Şekil 4.4 , 4.5
C ₂	Şekil 4.4 , 4.6
C ₃	Şekil 4.4 , 4.5
C ₄	Şekil 4.4 , 4.5
C ₅	Şekil 4.4 , 4.6
P ₅	Şekil 4.7
P ₆	Şekil 4.7
P ₇	Şekil 4.7
P ₈	Şekil 4.8

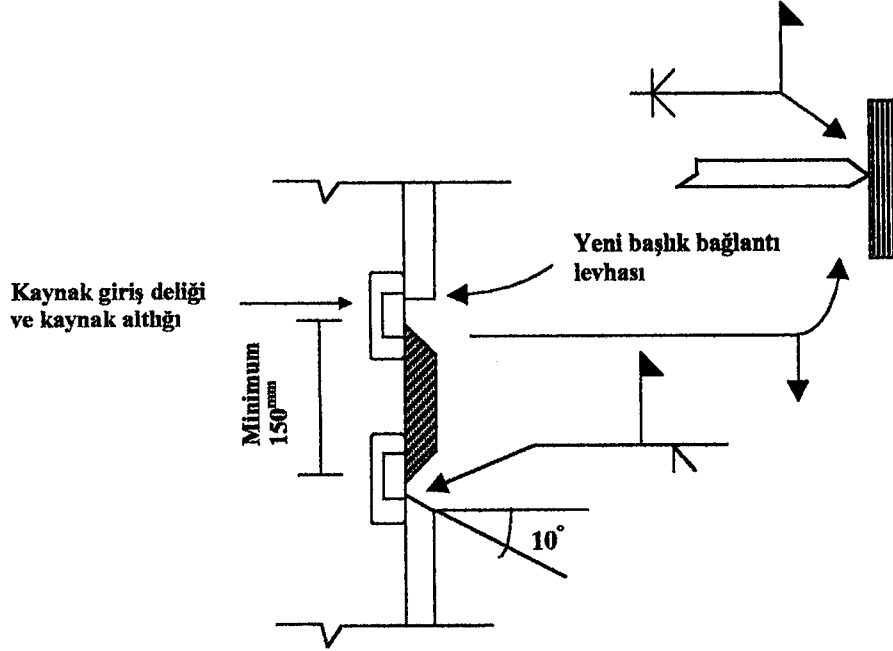


Şekil 4.4 Kiriş profilinin kaynak girişi için geçici olarak kaldırılması (FEMA-267)



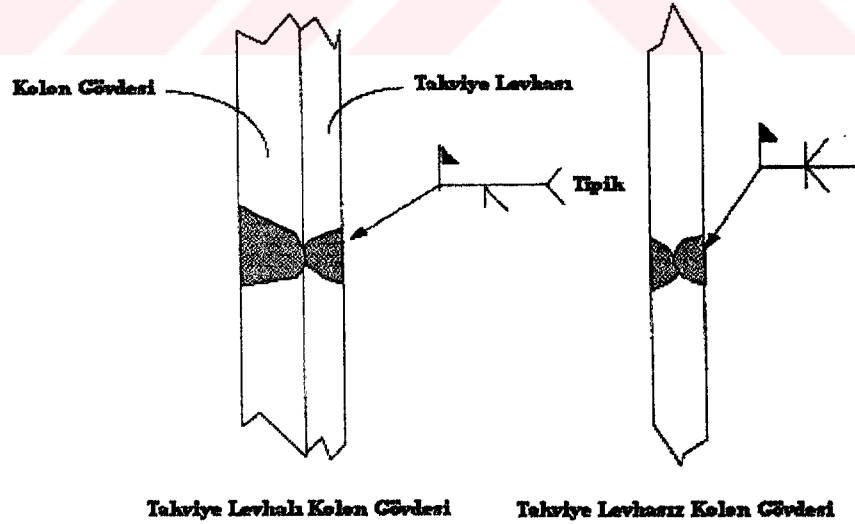
1. Tam nüfuzlu küt kaynak için 45°'lik ark oyuğu oluşturulur (AWS D1.1).
2. Biriken cürufun atılması için başlığın alt yüzeyine göre 10° eğim sağlanır.
3. Kaynaklanacak yüzey düzeltilir.

Şekil 4.5 Ark oyuğu ve kolon başlığının yeniden kaynaklanması (FEMA-267)



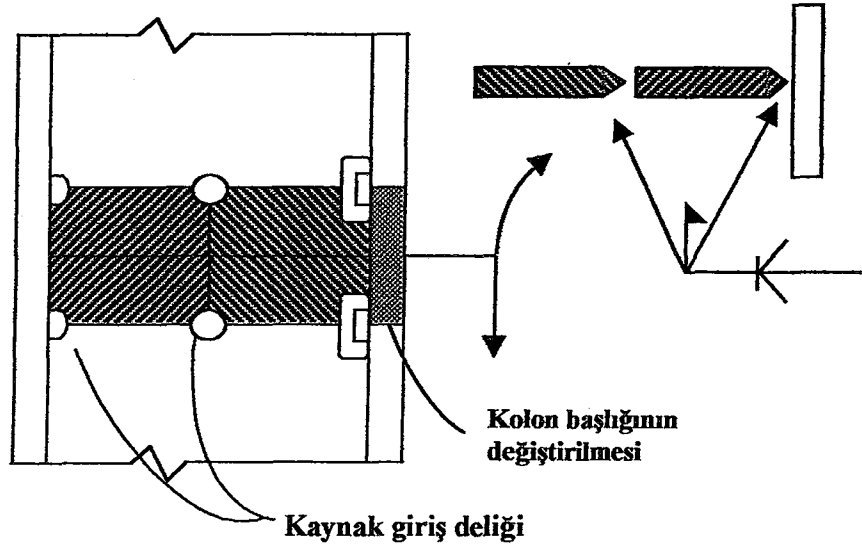
Şekil 4.6 Kolon başlığının değiştirilmesi (FEMA-267)

Başlık levhasının dayanımı ve genişliği kolon başlığınıninkiyle eşit, kalınlığı ise $0-6.5^{mm}$ toleransla mevcut başlıkla aynı kalınlıkta olmalıdır. Kaynaklama işlemi sırasında; önce levha ile kolon başlığının birleşiminde, sonrada kolon gövdesi ile levha arasında yapılmalıdır.



- 1) Takviye levhasının hasarlı kısmı çıkartılır, açılan ark oyuğuna kaynak yapılırken gövde kaynak altlığı olarak kullanılır.
- 2) Kolon gövdesinde hasarlı bölgenin kaynaklanarak onarılmasında takviye levhası kaynak alt çubuğu vazifesi görür. Takviye levhası mevcut değilse gövdede iki taraflı kaynak yapılır.

Şekil 4.7 Kolon gövdesinin ve takviye levhasının onarımı (FEMA-267)



Şekil 4.8 Takviye levhasız kolon gövdesinin alternatif onarımı (FEMA-267)

Kolon gövdesinin hasarlı kısmı çıkarılır ve yerine levha yerleştirilir. Yeni gövde levhasının kalınlığı mevcut kolon gövdesininkine (+3^{mm} toleransla) eşit olmalıdır.

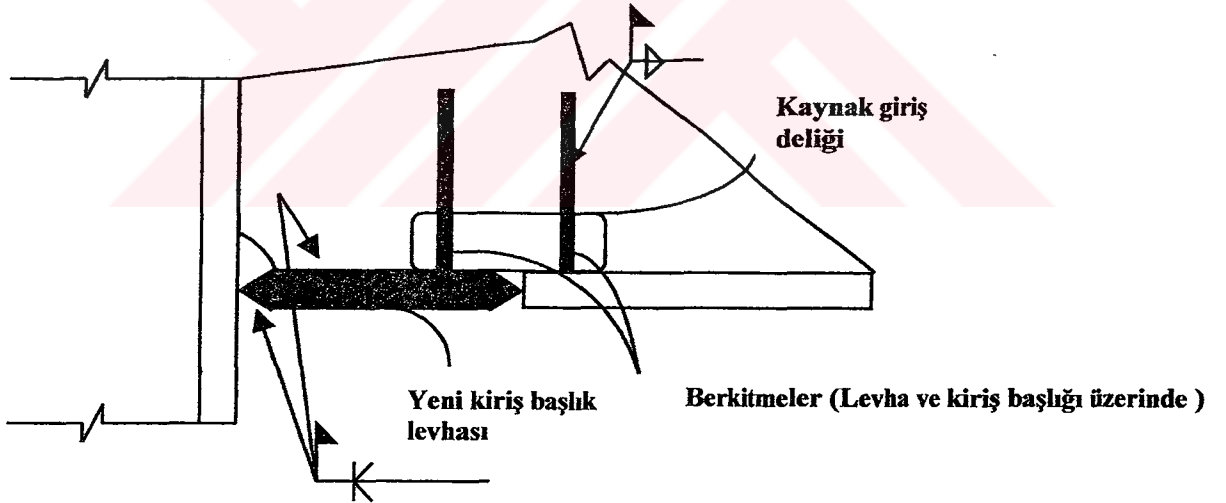
4.2.3 Kiriş Başlık Hasarları (G3-G5 Tipi)

Kiriş başlık levhalarındaki kırılmaların onarımı çeşitli metotlarla gerçekleştirilebilir:

1. Yöntem: Kırılmanın etrafında 150 mm yarıçapındaki bölgede hiçbir süreksizlik kalmayacak şekilde ark oyuğu açılarak hasarlı bölgenin çıkartılması ve yeniden kaynaklanmasıdır.
2. Yöntem: Başlığın hasarlı kısmı çıkartılıp yerine Şekil 4.9'da ve Şekil 4.10'da gösterildiği gibi levha yerleştirilir.

Kaynaklama sırası aşağıdaki gibi yapılır:

- a) Başlık levhasının kolona kaynaklanması,
- b) Levha üzerindeki berkitmenin levhaya ve gövdeye kaynaklanması,
- c) Levhanın kiriş başlığına kaynaklanması,
- d) Diğer berkitmenin kiriş başlığına ve kolon gövdesine kaynaklanması



Şekil 4.9 Kiriş başlık levhasının yerleştirilmesi (FEMA-267)

Levha yerleştirilirken kaynak altlığının kullanımını engellemek için çift eğimli birleşim oluşturulması tavsiye edilir. Bu şekilde kaynağın soğuması için harcanan zamana gerek duyulmadan bir tarafa çekilen birkaç kaynak dikişinden sonra diğer tarafın oyulup kaynaklanması işlemine geçilebilir.

5. GÜÇLENDİRME

5.1 Güçlendirmenin Tanımı

Kaynaklı moment çerçevelerindeki hasarlı birleşimlerin güçlendirilmesi terimi, birleşimin geometrisi, kapasitesi ve ilgili sınır şartlarındaki (eğilme ve kesme dayanımı, rijitliği gibi) önemli değişiklikleri ihtiva eder. Mevcut kaynağın kaldırılıp yerine daha dayanıklı kaynağın iyi bir işçilikle yerleştirilmesi güçlendirme olarak nitelendirilemez.

Takviye levhası, guse, yanal levha, dik nervür gibi yeni birleşim elemanlarının eklenmesiyle yapılan güçlendirme birleşimin esas davranışını değiştirmeyen tamir işleminden çok farklıdır. Eklenen elemanlar plastik mafsallık bölgesinin yerini değiştirmek suretiyle birleşimin sınır şartlarını da değiştirir.

Northridge depreminde oluşan hasarların çoğu kiriş-kolon birleşimindeki kaynakların dibindeki çatlaklara neden olan süreksizliklere bağlanmıştır. Bu süreksizlikler CJP (tam nüfuz etkisi) için kullanılan kaynak altlığı ile kaynak dibindeki birleşimin tam olarak gerçekleşmemesinden ileri gelir. Kaynak altlığının kaldırılıp, mevcut kaynağın oyularak yeniden kaynaklama işleminin yapılması, güçlendirme olarak tanımlanamaz. Ancak yeterli dayanımda kaynak metaliyle sağlanan ve istenilen performansı gösteren bir birleşimde mevcut kaynak kaldırılır ve yerine daha kuvvetli bir kaynak yapılırsa bu işleme güçlendirme denilebilir.

Güçlendirmede önce mevcut yapının plastik dönme kapasitesi belirlenir, daha sonra amaçlanan yöntemin verimliliği tayin edilir. Güçlendirmenin amacı çerçevenin plastik davranışını kiriş açıklığında plastik mafsallar oluşturarak kontrol altına almaktır.

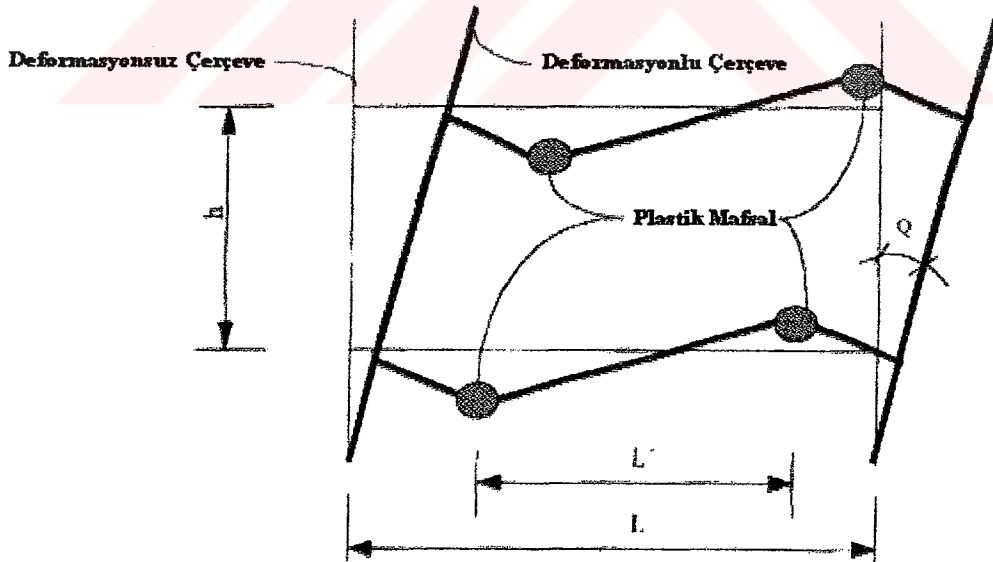
- **Kriter**

Kiriş-Kolon birleşimleri, takviye levhası, guse, yanal levha kullanılarak plastik mafsallık kolon yüzeyinden uzakta oluşturacak dayanımda tasarlanmalıdır. Şekil 5.1'de görüldüğü gibi kiriş açıklığında önceden belirlenen bölgede mafsallık oluşumunun sağlanmasıyla çerçevenin plastik davranışının kontrol altına alınması güçlendirmenin amacıdır.

Çerçeve yapıların deformasyonu yapının farklı bölgelerinde plastik eğilme ve kayma deformasyonu oluşumu ile sağlanır. Büyük deformasyonlarda çekme bölgesinde akma, basınç bölgesinde burkulmayla önemli dönmeler sağlayan plastik mafsallar oluşur. Yeterli

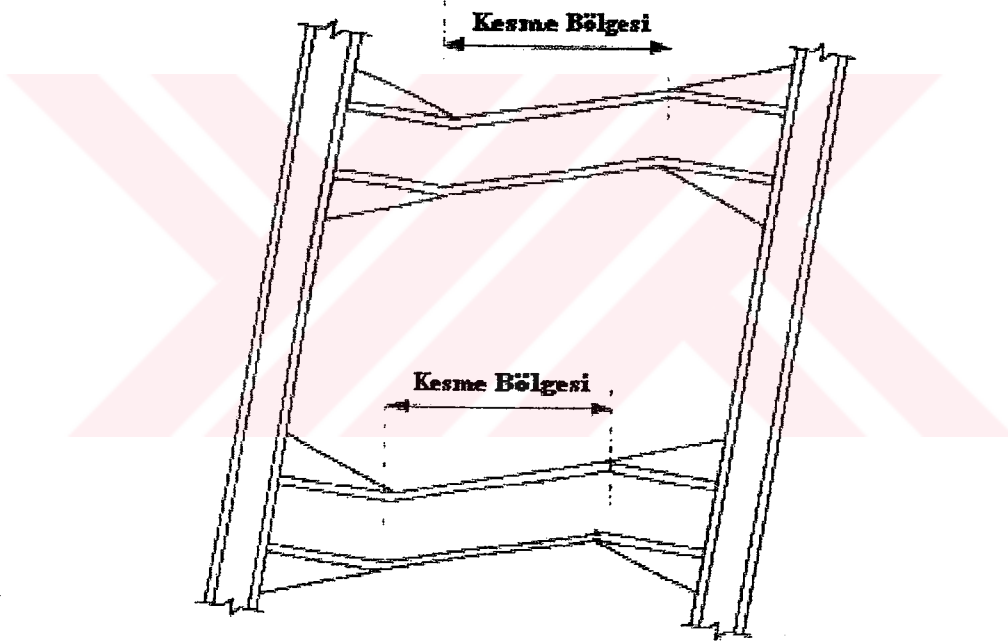
miktarda plastik mafsall oluşuyorsa yapıda mekanizma oluşur ve çerçeve plastik deformasyon yapar. Bu davranışa önemli ölçüde enerji yutulması eşlik eder. Kolonlarda plastik mafsall oluşumu istenmeyen bir durumdur. Çünkü nispeten daha az elemanın katılmasıyla kat mekanizmaları oluşur ve daha az enerji absorbe olur.

Northridge depreminden önce UBC ve NEHRP' de tavsiye edilen birleşimler plastik mafsallın kirişte kolon yüzünde ya da kolon panel bölgesinde oluşması ilkesine dayanmaktaydı. Plastik mafsall eğer panel bölgesinde meydana gelirse, kolonda meydana gelen deformasyon kolon-kiriş birleşiminde büyük ikincil gerilmeler oluşturur ki bu gevrek kırılmaya sebep olan bir durumdur. Plastik mafsallın kirişte, kolon yüzünde oluşması ise kolon başlık malzemesinde kalınlık doğrultusunda (through thickness) büyük gerilmelere, kaynak malzemesi üzerinde de elastik olmayan büyük deformasyonların gelişimine neden olarak birleşimde gevrek kırılmayla sonuçlanır. Tüm bu koşullardan ötürü plastik mafsallın kolon yüzünden uzakta oluşmasını sağlayacak şekilde güçlendirme yapılmalıdır. Çelik kirişlerde plastik mafsallar belirli bir uzunluğa sahiptir, ve bu genel olarak kiriş derinliğinin yarısı kadardır. Bunun için plastik mafsall bölgesi kolon yüzünden itibaren en azından bu mesafe kadar uzakta alınmalıdır.



Şekil 5.1 Deformasyona uğramış çerçeve (FEMA-267)

Küçük açıklıklı çerçevelerde Şekil 5.2'de görüldüğü gibi eğilmeden dolayı mafsallaşma oluşmayabilir. Eğer etkili eğilme bölgesi uzunluğu L' çok küçük ise eğilme etkisinde plastikleşmeden önce kaymadan dolayı akma meydana gelir. Bu tür bir plastik davranış ise moment çerçevelerinden çok eksantrik kuşatılmış çerçevelerde görülür. Moment çerçevelerinde buna neden olan etken, küçük açıklıklı çerçevelerde takviye levhası, yan levhası, guse gibi elemanların kullanılmasıyla yüksek dayanımlı birleşimlerin oluşturulmasıdır. Bu durumda eksantrik kuşatılmış çerçevelere ilişkin şartname esasları dikkate alınmalıdır. Kesme etkisindeki bölge yanal burkulmaya karşı kuşatılmalı ve kayma etkisinde akmayı takiben oluşacak burkulmadan sakınmak için güçlendirilmelidir.



Şekil 5.2 Küçük açıklıklı çerçevelerde kayma etkisinde akma (FEMA-267)

5.2 Plastik Dönme Kapasitesi

Güçlendirilmiş bir birleşimin plastik dönme kapasitesi hesaplanmış gerçek plastik dönme gereksinimini karşılamalıdır.

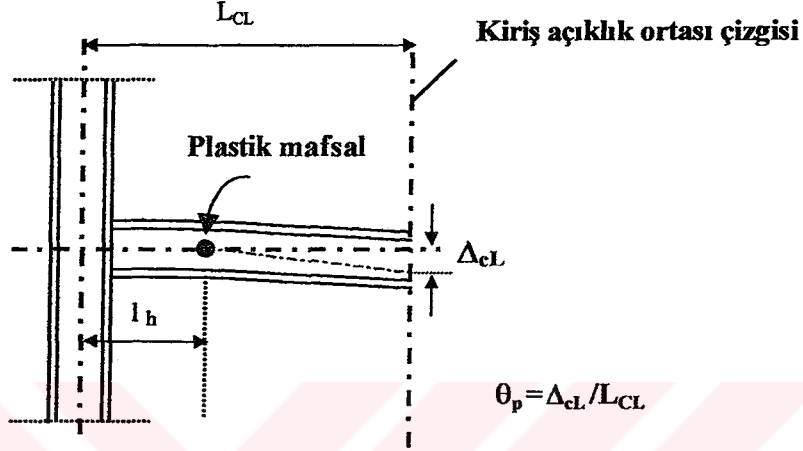
θ_p : Kirişin plastik dönme açısı

θ_{ph} : Mafsal bölgesindeki plastik dönme

L_{cl} : Kolon-kiriş panel bölgesi merkezi ile kiriş açıklık ortası arasındaki mesafe

l_h : Plastik mafsalın kolon panel bölgesi merkezine uzaklığı

$$\theta_p = \frac{\Delta_{cl}}{L_{cl}} \quad (5.1)$$



Şekil 5.3 Plastik mafsalın kiriş üzerindeki yeri (FEMA-267)

Burada söz konusu plastik dönme kapasitesi kirişin plastik dönme açısı (θ_p) olarak tanımlanmıştır. Çünkü birleşimin plastik dönme kapasitesini belirlemek için yapılan deneylerde mafsallar birleşim numuneleri üzerinde önceden belirlenen yerde oluşmadığı ve panel bölgesinde de bir miktar plastikleşme meydana geldiği için mafsaldaki plastik dönmenin (θ_{ph}) değerini belirlemek güç olur. Buna karşılık (θ_p) kiriş plastik dönme açısının deneyle elde edilmesi daha kolaydır.

Plastik mafsalların oluşacağı yer tayin edilip plastik analiz yapılarak kolon yüzünden uzakta oluşan mafsaldaki plastik dönme (θ_{ph}) hesaplanır, 5.2 formülü ile bu dönme, kiriş plastik dönme açısı (θ_p)'na çevrilir.

$$\theta_p = \theta_{ph} \frac{(L_{cl} - l_h)}{L_{cl}} \quad (5.2)$$

Birleşimin plastik dönme kapasitesi en az bu değeri karşılayacak kadar olmalıdır.

Plastik dönme kapasitesini belirlemek üzere hesap yapma imkanı yoksa bu durumda birleşim minimum plastik dönme kapasitesi olan 0.025 radyan'lık dönme gerçekleştirilecek şekilde

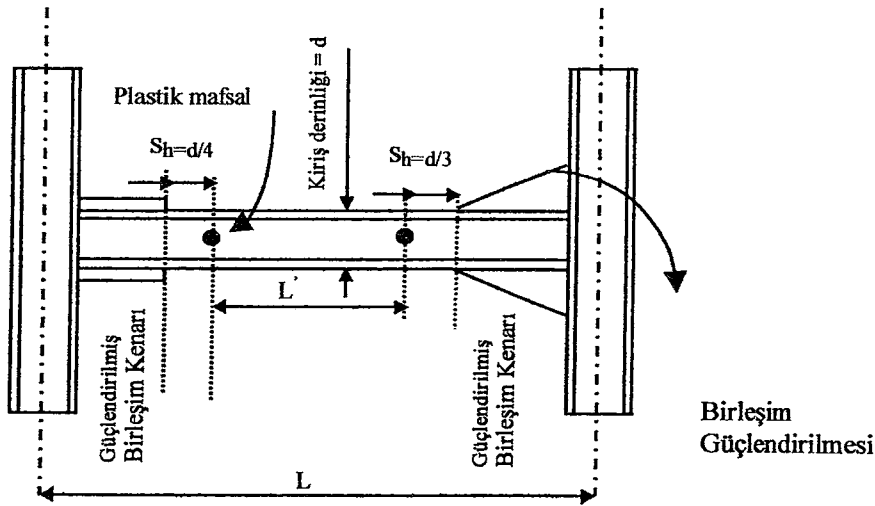
tasarlanmalıdır. Güçlendirilmiş yapılarda geçerli olan bu değerle yarı düktilite sağlanmış olur. Yeni yapılacak yapılarda mümkün olduğu kadar düktilitenin yüksek tutulması hedeflenir.

5.3 Plastik Mafsal Bölgesinin Belirlenmesi

Hesaplar için ana parametre plastik mafsal bölgesinin yeridir. Kirişteki toplam eğilme etkisinin çok küçük bir kısmının düşey yüklerden kaynaklanması durumunda, plastik mafsal bölgesinin yeri Çizelge 5.1’de ve Şekil 5.4’de gösterildiği gibi alınır. Eğer kiriş üzerinde düşey yüklerden ileri gelen eğilme, kiriş plastik kapasitesinin % 30’ undan daha az ise bu yük etkisi ihmal edilebilir ve çizelgedeki değerler güvenle kullanılabilir. Düşey yükün bu değeri aşması durumunda mafsal bölgesinin yerinin tayini için plastik analiz yapmak gerekir.

Çizelge 5.1 Birleşim Şekline göre plastik mafsal bölgesinin yeri (FEMA-267)

Birleşim Biçimi	Mafsal Bölgesi “ S_h ”
Takviye levhası	Takviye levhasının bitim noktasının $d/4$ uzağında
Guse	Guse ucunun $d/3$ uzağında
Düşey Nervür (Dik)	Düşey nervürün $d/3$ uzağında



Şekil 5.4 Plastik mafsalın yeri (FEMA-267)

5.4 Plastik Mafsal Momentinin Belirlenmesi

Mafsal bölgesindeki plastik momentin değeri aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır:

$$M_{pr} = 1,1 \cdot Z_b \cdot F_{ya} \quad (5.3)$$

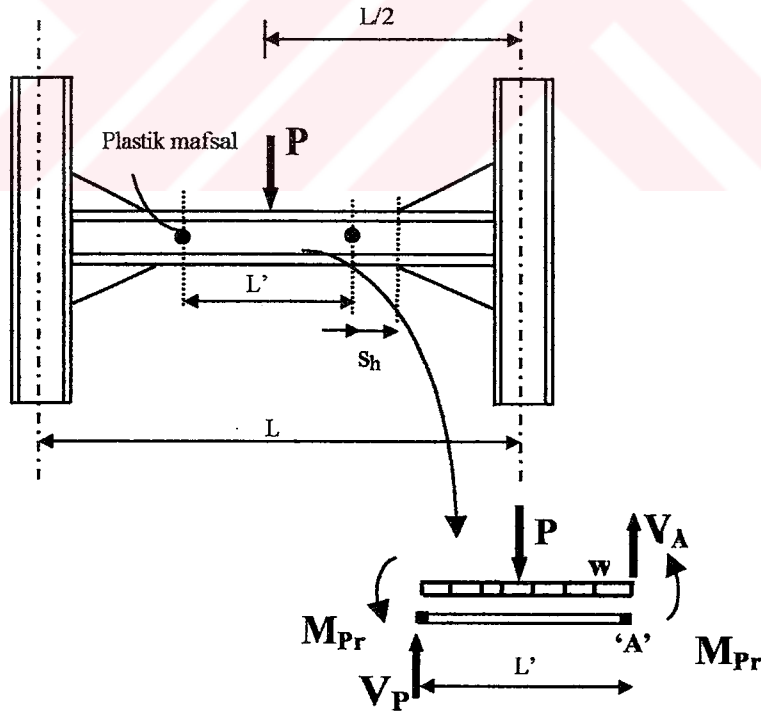
F_{ya} : Malzemenin deneyler ile belirlenen akma gerilmesidir.

Z_b : Profilin plastiklik modülü

“5.3” denklemindeki 1,1 katsayısı iki etkenin hesaba katılması sonucu kullanılır. Birinci etken deneyin yapıldığı parçanın alındığı kiriş gövdesiyle kiriş başlığındaki akma gerilmesinin farklı olmasıdır. Daha kalın malzemeden oluşan kiriş başlığının akma dayanımı gövdeninkinden daha düşüktür. İkinci faktör de akmanın üzerinde bir dayanıma neden olan pekleşme etkisidir. 1,1 katsayısı bu iki kriterin beraber düşünülmesi sonucu ortaya çıkar.

5.4 Kiriş Kesme Kuvvetinin Belirlenmesi

Plastik mafsal bölgesindeki kesme kuvveti ilgili kısma ait kuvvetler diyagramı çizilerek belirlenir. Şekil 5.5’ de böyle bir hesaplama örneği gösterilmiştir.



Anoktasına göre moment almırsa 'A'= 0

$$V_P = \{ M_{Pr} + M_{Pr} + P \cdot L' / 2 + w \cdot L'^2 / 2 \} / L'$$

Şekil 5.5 Kiriş kesme kuvvetinin belirlenmesi (FEMA-267)

$$\sum M_A = 0 \text{ ise}$$

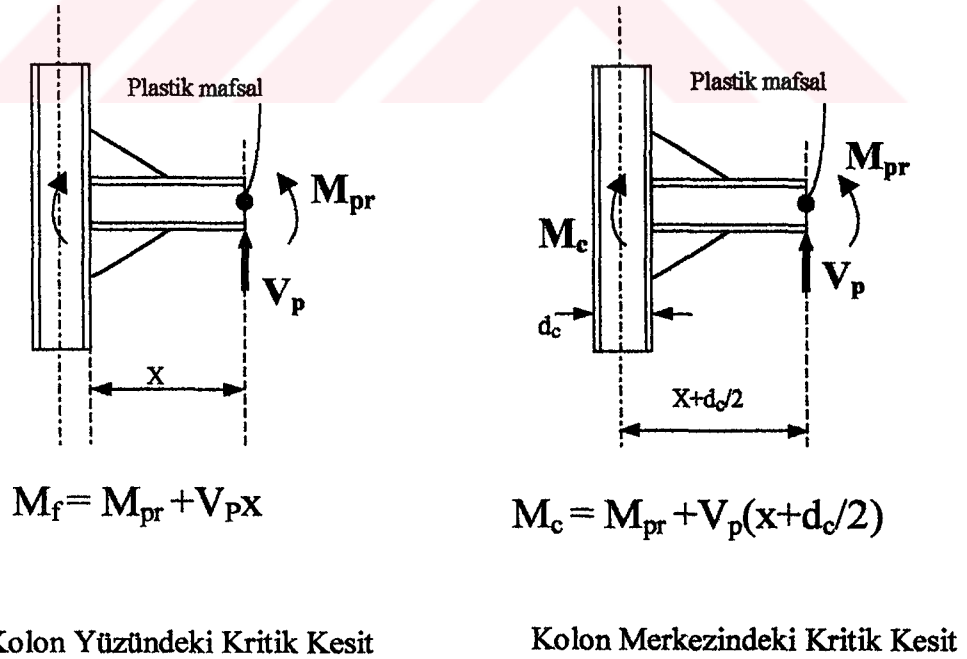
$$V_p = \left\{ M_{pr} + M_{pr} + P \frac{L'}{2} + W \cdot L' \frac{L'}{2} \right\} / L' \quad (5.4)$$

Not: $2 \frac{M_{pr}}{L'}$ düşey kesme kuvveti $\left(\frac{P}{2} + \frac{W \cdot L'}{2} \right)$, den daha düşükse plastik mafsalsal bölge değiştirilir ve L' ona göre ayarlanır.

5.5 Birleşimdeki Kesme Kuvvetinin Belirlenmesi

Birleşim tasarımında çeşitli levhaların boyutlandırılması ve kaynak hesabı için her bir kritik kesite gelen eğilme ve kesme etkisinin belirlenmesi gerekir. Bu tesirler plastik mafsalsal ve kritik kesit arasındaki bölgeye ait kuvvetler diyagramının çizilmesiyle hesaplanabilir. İki kritik kesite ait hesaplama Şekil 5.6' da gösterilmiştir.

Her birleşim biçimi farklı kritik kesitlere sahip olabilir. Kolon-kiriş birleşimi tasarlanırken ve kolon panel bölgesindeki kesme etkisi değerlendirilirken kiriş başlığıyla kolon arasındaki düşey düzlem bir kritik kesit teşkil eder. İkinci kritik kesit kolon merkezinde oluşur. Bu noktada hesaplanan momentler kuvvetli kolon-zayıf kiriş prensibinin kontrolünde kullanılır. Birleşim biçimine göre uygun olan başka kritik kesitler de seçilmelidir.



Şekil 5.6 Kritik Kesitlerdeki Moment Hesabı (FEMA-267)

5.6 Kuvvetli Kolon-Zayıf Kiriş Prensibinin Kontrolü

Kirişte plastik mafsal oluşması ile göçme mekanizması oluşturan yapılar kolonda mafsallaşmayla mekanizma geliştiren yapılara göre daha fazla enerji yutarlar. Bu nedenle mevcut yapının orijinal tasarımı kolonlardan ziyade kirişlerde mafsallaşma meydana getirecek şekilde ise bu davranış biçiminin güçlendirmeyle değiştirilmemesine özenle dikkat edilmelidir. Kuvvetli kolon-zayıf kiriş prensibinin gerçekleşip gerçekleşmediği aşağıdaki bağıntı ile kontrol edilmelidir.

$$\sum Z_c (F_{yc} - f_a) / \sum M_c > 1,0 \quad (5.5)$$

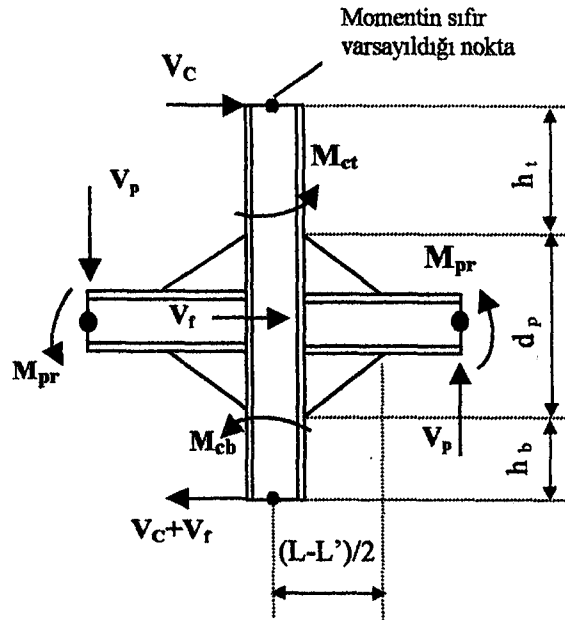
Z_c : Birleşimin altındaki ve üstündeki kolon kesitinin plastiklik modülü,

F_{yc} : Kolonun altında ve üstündeki minimum akma gerilmesi,

f_a : Kolonun altındaki ve üstündeki aksenal gerilme,

$\sum M_c$: Birleşimdeki kirişlerin her birinde beklenen plastik momentlerin (M_{pr}) meydana gelmesi ile kolon levha bölgesinin altında ve üstünde oluşan momentlerin toplamıdır.

$\sum M_c$ kolonun altında ve üstünde eğilme rijitliğinin aynı olması durumunda Şekil 5.6' daki gibi hesaplanır. Bu basit yaklaşım sadece kirişin altında guse bulunması gibi simetrik olmayan ve kolonun altındaki ya da üstündeki parçaların herhangi birinde akmanın daha önce oluşmasına neden olan durumlarda geçerli değildir. Bu durumda Şekil 5.7' de gösterilen metod kullanılır.



Şekil 5.7 Kuvvetli kolon değerlendirmesinde kolon momenti hesabı (FEMA-267)

$$V_c = \frac{\sum [M_{pr} + V_p \cdot (L - L')/2] - V_f \cdot (h_b + d_p/2)}{h_b + d_p + h_t} \quad (5.6)$$

$$M_{ct} = V_c \cdot h_t \quad (5.7)$$

$$M_{cb} = (V_c + V_f) \cdot h_b \quad (5.8)$$

$$\sum M_c = M_{ct} + M_{cb} \quad (5.9)$$

5.7 Kolon Kiriş Birleşimi Ve Panel Bölgesinin Kontrolü

5.7.1 UBC 94' e Göre Tahkik

5.7.1.1 Kolon-Kiriş Birleşimleri (UBC 2213.7.1)

Kolon kiriş birleşimi aşağıda tanımlanan momentlerden en büyüğünü karşılayabilecek kapasitede olmalıdır:

- Kirişin plastik moment taşıma kapasitesi ($M_{Pr} = Z \cdot F_y$, Z: kesitin plastik mukavemet momenti)
- 5.10 formülü ile verilen panel bölgesi kesme mukavemetine karşılık gelen moment.

5.7.1.2 Panel Bölgesi (UBC 2213.7.1)

Birleşim panel bölgesi, gravitasyonel yüklere ilaveten sismik yüklerin 1.85 katı olan dış yüklerce oluşturulan moment nedeniyle ortaya çıkan kesme kuvvetine dayanabilmelidir. Fakat panel bölgesi kesme mukavemetinin, birleşim noktasındaki kiriş uç momentlerinin cebrik toplamının 0.8 katı için lüzumlu olan değerden daha fazla olması gerekmez.

Birleşim bölgesi kesme mukavemeti hesabı için aşağıdaki formül kullanılabilir.

$$V = 0.55 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t \left[1 + \frac{3 \cdot b_c \cdot J_{ct}^2}{d_b \cdot d_c \cdot t} \right] \quad (5.10)$$

b_c : Kolon başlık genişliği,

d_b : Kiriş derinliği (guse ve takviye levhası dahil),

d_c : Kolon derinliği,

t : Kolon panel bölgesinin takviye levhaları dahil toplam kalınlığı,

t_{cf} : Kolon başlık kalınlığı.

5.7.2 ABYYHY 1997' ye Göre Tahkik

Bütün deprem bölgelerinde kaynak emniyet gerilmesi veya taşıma gücü % 25 oranında azaltılacaktır. Birinci ve ikinci deprem bölgelerinde, şantiyede kaynaklı birleşim ve eklerin sertifikalı kaynakçı tarafından yapılması zorunludur.

Köşe kaynaklı ya da öngermesiz bulonlu kolon-kiriş birleşimlerinin yük aktarma gücü, birleşime bağlanan elemanın taşıma gücünün 1.2 katından daha az olamaz. Diğer tür kolon-kiriş birleşimlerinde, birleşimin yük aktarma gücü, birleşime bağlanan elemanın kendi taşıma gücünden hiçbir zaman daha az olamaz.

5.8 Güçlendirme Detayları

5.8.1 Alt Başlık Guse

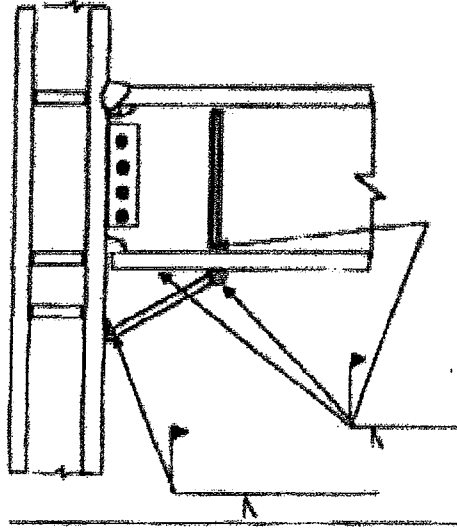
Şekil 5.8' de kiriş alt başlığına guse kaynaklanmasıyla oluşturulan güçlendirme biçimi görülmektedir. Böyle bir güçlendirmeye ilişkin bir çok deney SAC tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmayı takiben kaynaklanmış guse içeren bir birleşimin performansını geliştirmek üzere ilave bir çalışma da NIST ve AISC tarafından yapılmıştır. Tüm çalışmalar guse ile güçlendirmenin birleşimin ana davranışını değiştirerek birleşimin performansını arttırdığını göstermiştir. Alt başlığa kaynaklanan guse sadece plastik mafsalları oluşturmasını kolon yüzünden uzaklaştırılmaz aynı zamanda birleşimdeki kaynaklar üzerine gelen etkileri de azaltır. Aslında guse, kiriş başlığı altında mesnet durumu oluşturulup mesnet yüzündeki etkili eğilme gerilmesini ve kirişten kolona aktarılan kesme kuvvetini önemli ölçüde azaltır. Laboratuvar sonuçları, alt başlıkta guse kullanımının kolon ile kiriş alt başlığı arasındaki mevcut düşük dayanımlı kaynağın güçlendirilmesi ihtiyacını ortadan kaldırdığını göstermiştir. Bu ilave kaynaklama işleminin ortadan kalkması tamir masrafını azaltır. Bununla beraber üst başlık kaynağının güçlendirmesi halinde daha güvenilir bir performans elde edilir ancak bu işlem döşemenin kaldırılmasını gerektirdiğinden zordur. Guseyle güçlendirme yöntemi plastik dönme kapasitesini kabul edilebilir seviyelerde geliştirir ve birleşim dayanımının mafsallardaki büyük deformasyonlar sırasında sabit kalmasını sağlar.

Birleşimin performansı gusenin kiriş alt başlığı ve kolon yüzüne bağlantısında tam nüfuzlu (CJP) kaynağın gerçekleştirilebilmesine bağlıdır. Birleşim, kolon başlığında çatlaklara, yorulmalara maruz kalabilir. Fakat kiriş etkili derinliğinin guse ile artması böyle bir potansiyel probleme karşı birleşimin hassas olmasını engeller. Gusenin kolona ve kirişe kaynaklanması alttan kaynaklanma işlemini gerektirir (90° lik oyuk kaynak yapılması zor olabilir).

NIST 1998’ de alt başlığı guseyle onarılmış 9 tane kolon-kiriş birleşimi üzerinde yapılan deney sonuçları yayınlanmıştır. Birleşim numunelerinin çoğu 0,02 radyan’ ın üzerinde plastik dönmeyi gerçekleştirebilmiştir. Ancak üst başlıktaki mevcut düşük dayanımlı kaynağın güçlendirmeden bırakıldığı numunelerde birleşim performansı düşük dönme seviyelerinde kaynaktan meydana gelen kırılmalarla sınırlanmıştır. Güçlendirme işleminin bir parçası olarak bu kaynakların yeniden yapılması ile yüksek performansın sağlanması mümkündür

Çizelge 5.2 Deney sonuçları – NIST 1998 (FEMA-267)

NUMUNE SAYISI	9
Kiriş	W30x99
Kolon	W14x176
Geçleştirilen Plastik Dönmeler	
• Numune 1	0,04 rd (Kaynaksız Alt Başlık)
• Numune 2	0,05 rd (Kaynaklı Alt Başlık)
• Numune 3	0,014 rd
• Numune 4	0,015 rd
Kiriş	W36x150
Kolon	W14x257
Geçleştirilen Plastik Dönmeler	
• Numune 1	0,014 rd (Güçlendirilmemiş Üst Başlık Kaynağı)
• Numune 2	0,019 rd (Kısmen Güçlendirilmiş Üst Başlık Kaynağı)
• Numune 3	0,028 rd (Güçlendirilmiş Üst Başlık Kaynağı)
Kiriş	W36x150
Kolon	W14x455
Geçleştirilen Plastik Dönmeler	
• Numune 1	0,015 rd (Güçlendirilmemiş Üst Başlık Kaynağı)
Kiriş	W18x86
Kolon	W24x279
Geçleştirilen Plastik Dönmeler	
• Numune 1	0,035 rd (Takviye levhalı Üst Başlık)



Şekil 5.8 Alt başlıktaki guse ile güçlendirme yöntemi (FEMA-267)

5.8.2 Üst Başlıkta ve Alt Başlıkta Guse

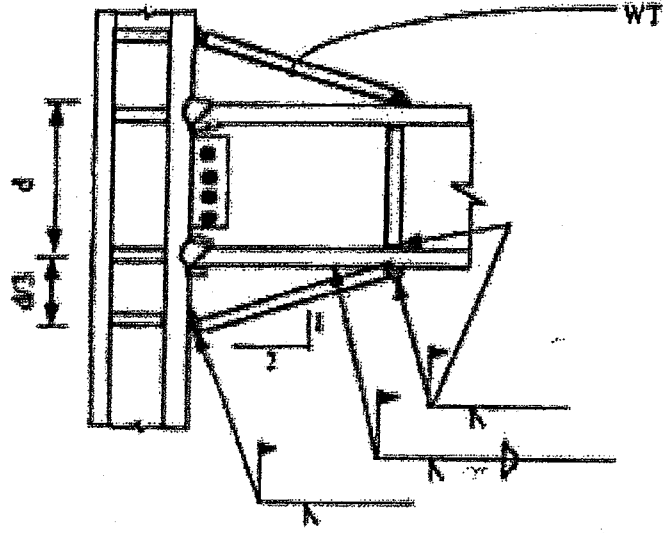
Şekil 5.9'da verilen alt ve üst başlıkta guse bulunmasına ilişkin güçlendirme işleminde hedeflenen, plastik mafsalsın kolon yüzünden uzakta oluşmasını sağlamak ve etkili derinliği artırarak kolon başlığındaki kaynağın onarılması zorunluluğunu ortadan kaldırmaktır.

Birleşimin performansı guselerin kiriş ve kolona bağlantısında tam nüfuzlu kaynağın düzgün bir şekilde gerçekleştirilmesine bağlıdır.

Bu yöntemle güçlendirilen 2 numune üzerinde yapılan deneylerde yüksek plastik dönmeler gerçekleştirilmiştir. Deneyler başlıklardaki yüksek burkulma bölgelerinde kolon başlık genişliği boyunca meydana gelen kırılmalarla sonlanmıştır (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 Deney sonuçları (FEMA-267)

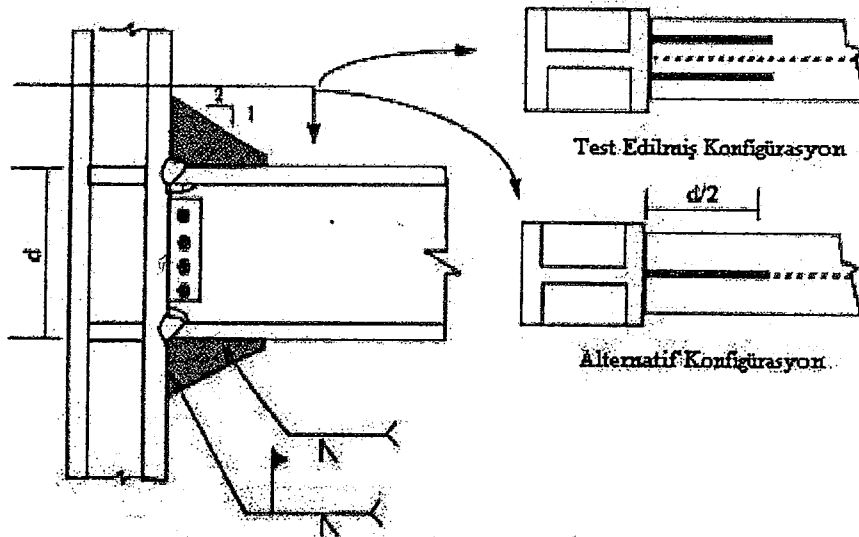
NUMUNE SAYISI	2
Kiriş	W30x99
Kolon	W14x176
Gerçekleştirilen Plastik Dönmeler	
• Numune 1	0,07 rd
• Numune 2	0,07 rd



Şekil 5.9 Alt ve üst başlıkta guse ile güçlendirme yöntemi (FEMA-267)

5.8.3 Dik Nervür

Şekil 5.10 dik nervürlü birleşim biçimi gösterir. Nervür levhası kolon başlığındaki kaynakta oluşan tesirleri azaltır ve plastik mafsalmı yerini değiştirir. Bu tür güçlendirme yönteminin her bir başlıkta iki nervür ve kiriş eksenine hizasında tek bir nervür bulunması olmak üzere iki alternatif biçimi vardır. Nervürlerin kiriş üst başlığına yerleştirilmesi mevcut döşemenin kaldırılmasını, alt başlığa yerleştirilmesi ise alttan kaynaklama işlemini gerektirir.



Şekil 5.10 Dik nervür ile güçlendirme yöntemi (FEMA-267)

Şekilde gösterilen her bir başlıkta iki nervür ihtiva eden 2 birleşim (Engelhardt & Sabol, 1994) deneye tabii tutulmuştur. Kiriş başlık kaynağının düzgün olması durumunda uygun plastik dönmeler elde edilmiştir. Seçilen numunelerin boyutu her iki nervürün kullanılmasını gerekli kılmıştır. Tek nervürlü birleşim tasarımı daha çok eksantrik kuşatılmış çerçevelerle ilgili olup bu konuda sınırlı sayıda deney gerçekleştirilmiştir. Deneyde kullanılan kolonlar ağır olduğu için başlıklar burkulmadan uygulanan yüke dayanabilmişlerdir. Benzer performans daha hafif kolon kesitlerinde oluşmayabilir. Ayrıca kolonların boyutu tüm plastik deformasyonların kiriş plastik mafsalsal bölgesinde oluşmasına neden olmuştur. Deneyler nervürlerin hizasında kiriş alt başlığında küçük bir yırtılma meydana geldiğinde sonlanmıştır.

Çizelge 5.4 Deney sonuçları (FEMA-267)

NUMUNE SAYISI	2
Kiriş Boyutu	W36x150
Kolon Boyutu	W14x426
Gerçekleştirilen Plastik Dönme	
• Her İki Numune İçin	>0,025 rd

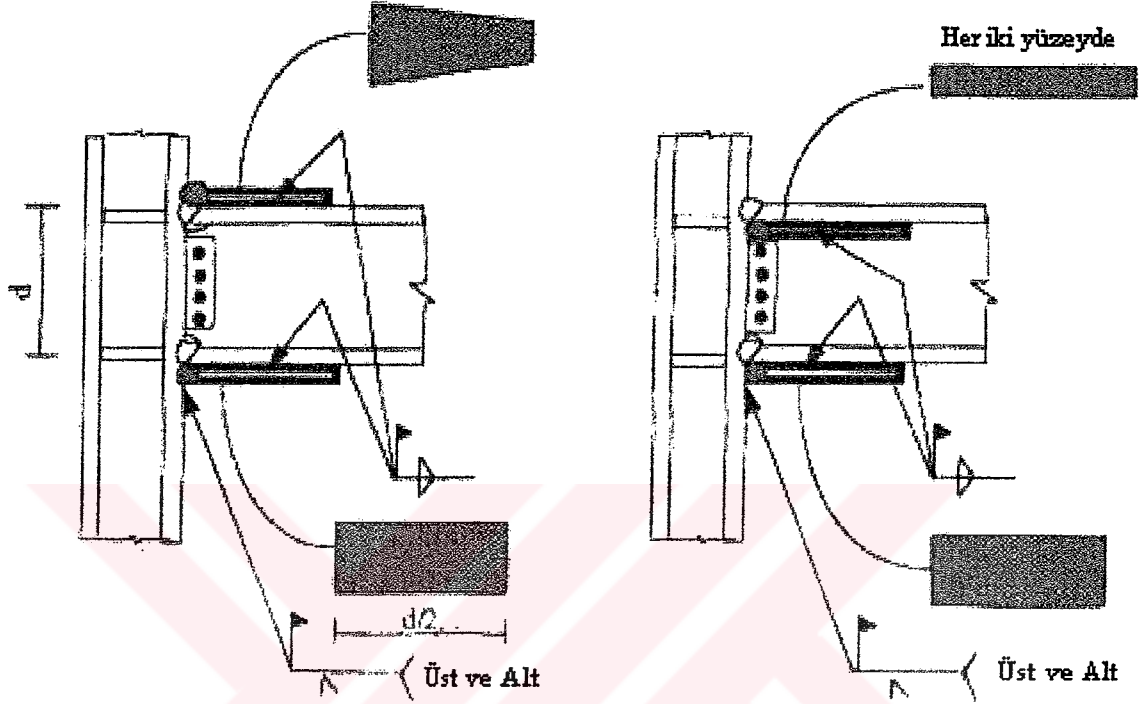
5.8.4 Takviye Levhası (Cover Plate Sections)

Şekil 5.11, takviye levhalı birleşimin temel biçimlerini gösterir. Takviye levhası kullanımıyla kolon başlığındaki kaynakta gerilme azaltılıp plastik mafsalsal bölgenin oluşumu sağlanır. Deneysel çalışmalar sadece üst başlığın üzerinde takviye levhası bulunan birleşimlerde gerçekleştirilmiştir. Üst başlığın altında levha bulunması durumunda daha kalın levhaların kullanımı gereklidir. Ancak böyle bir durum için herhangi bir deneysel çalışma mevcut değildir.

Üst başlığın üzerinde takviye levhasının kullanımı mevcut yapının dış duvarı kirişin dış kısmına ulaşmayı engelliyorsa tercih edilebilir. Kiriş üst başlığının altına levha yerleştirilmesi ise döşemede herhangi bir işlem yapmaksızın gerçekleştirilebilir. Şekilde gösterildiği gibi alt başlıktaki levha dikdörtgen olup kiriş başlığıyla birleşiminde kaynağın rahat yapılabilmesi için başlık genişliğinden daha fazla boyutlandırılır.

Levha boyutu arttıkça kaynak kalınlığı artacağından takviye levhalarının kalınlıkları kolon-kiriş birleşimindeki kaynak boyutlarını gereğinden fazla yapmayacak şekilde seçilmelidir. Kalınlığı fazla olan kaynak daha yüksek rötrelere gerilmesine ve gerçek yüklemeye önce çatlama oluşmasına neden olur.

Daha çok alt başlığın güçlendirilmesini hedefleyen diğer metotlara göre bu tür güçlendirme yöntemi masraflıdır.



Şekil 5.11 Takviye levhası ile güçlendirme yöntemi (FEMA-267)

Çizelge 5.5 Deneysel sonuçları (FEMA-267)

NUMUNE SAYISI	18
Kiriş Boyutu	W21x68 ~ W36x150
Kolon Boyutu	W12x106 ~ W14x455
Gerçekleştirilen Plastik Dönmeler	
• 13 Numunede	>0,025 rd
• 3 Numunede	$0,005 < \theta_p < 0,025$ rd
• 2 Numunede	0,005 rd

Texas Üniversitesi'nde 18 numune üzerinde gerçekleştirilen deneylerde 0,025 rd ve daha fazla plastik dönmeler gerçekleştirilebilmiştir. Ağır kolon profillerinin kullanıldığı deneylerde plastik deformasyon kirişte oluşan plastik mafsallarda meydana gelmiş kolon levha bölgesinde herhangi bir deformasyon gözlenmemiştir. 3 numunedeki kaynaklarda (W2 tipi)

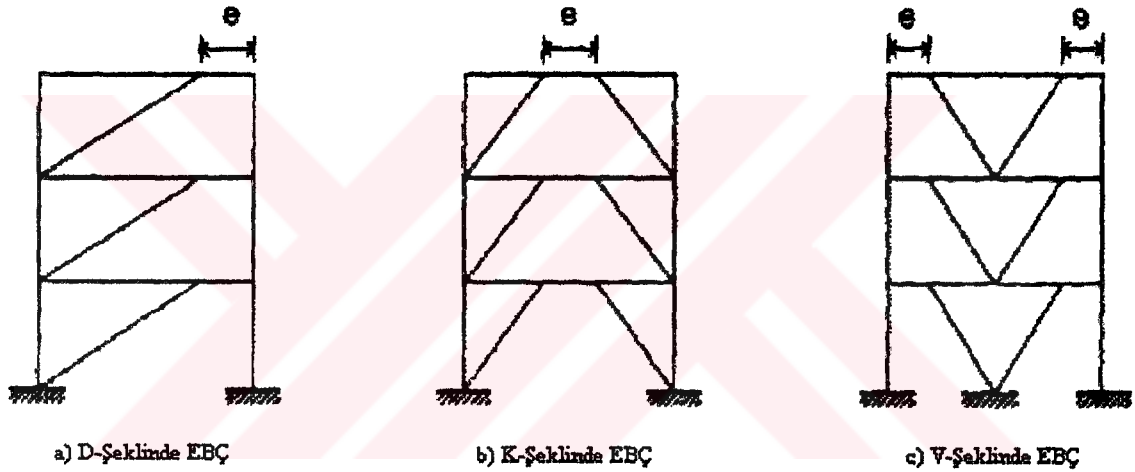
gevrek kırılma oluşmuş, 0,015 rd'lık plastik dönme gerçekleştirmiştir. Diğer 2 başarısız deneyde de kolon başlığında C2 tipi hasar oluşmuş ancak 0,005 rd'lık plastik dönme elde edilebilmiştir.



6. BERKİTİLMİŞ ÇERÇEVE SİSTEMLERİN SİSMİK DAVRANIŞI

6.1 Eksantrik Berkitilmiş Çerçeveler

Eksantrik berkitilmiş çerçeveler berkitme elemanının kolon kiriş birleşim noktasından belli bir "e" mesafesi kadar uzağa bağlanmasıyla oluşturulur. Berkitme elemanının bağlandığı nokta ile kolon kiriş birleşimi arasındaki link olarak isimlendirilen kiriş parçası eğilme veya kayma etkisinde plastik deformasyon yaparak enerji harcanmasını gerçekleştirir. Link bölgesinin dışındaki elemanlar ise (kiriş, kolon ve berkitmeler) elastik kalacak şekilde tasarlanır. Eksantrik olarak berkitilmiş çerçeve sistemlerine ilişkin örnekler Şekil 6.1' de gösterilmiştir (Mc Kenzie,1998)

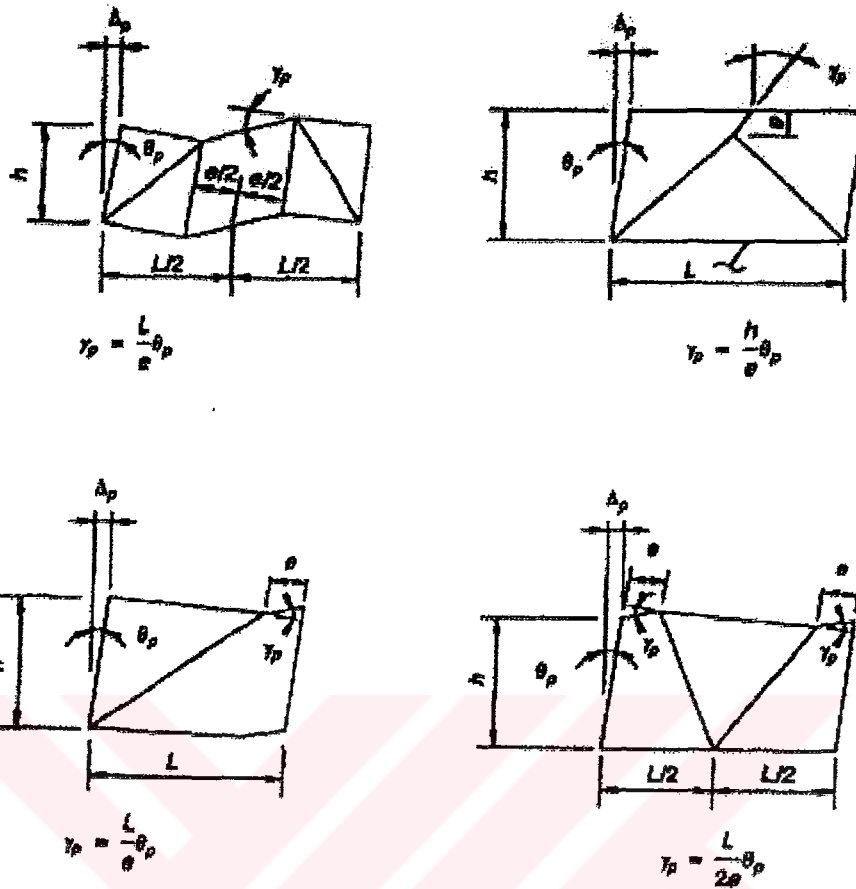


Şekil 6.1 Eksantrik berkitilmiş çerçeve örnekleri (Whittaker ve Reinhorn)

Kolon yakınında büyük momentlerin oluşumu engellendiği için bu 3 çerçeve biçiminden en iyisi K tipi EBÇ' dir.

EBÇ 'lerin 4 çeşit kinematik deformasyonları şekil 6.2' de gösterilmiştir.

Link elemanındaki önemli miktardaki plastik dönmeler berkitilmemiş rijit çerçevelere nazaran eksantrik olarak berkitilmiş çerçevelerin daha düktil olduğunu gösterir.



Şekil 6.2 Eksantrik berkitilmiş çerçevelerin kinematik deformasyonları (Whittaker ve Reinhorn)

- Kayma etkisinde deformasyon yapan kayma linkleri kısa link olarak da bilinir ve uzunluğu aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$e \leq 1,6 \cdot \frac{M_p}{V_p} \quad (6.1)$$

M_p : Link elemanın plastik moment taşıma kapasitesidir.

$$V_p = 0.0055 \sigma_y \cdot d \cdot t_w \quad (6.2)$$

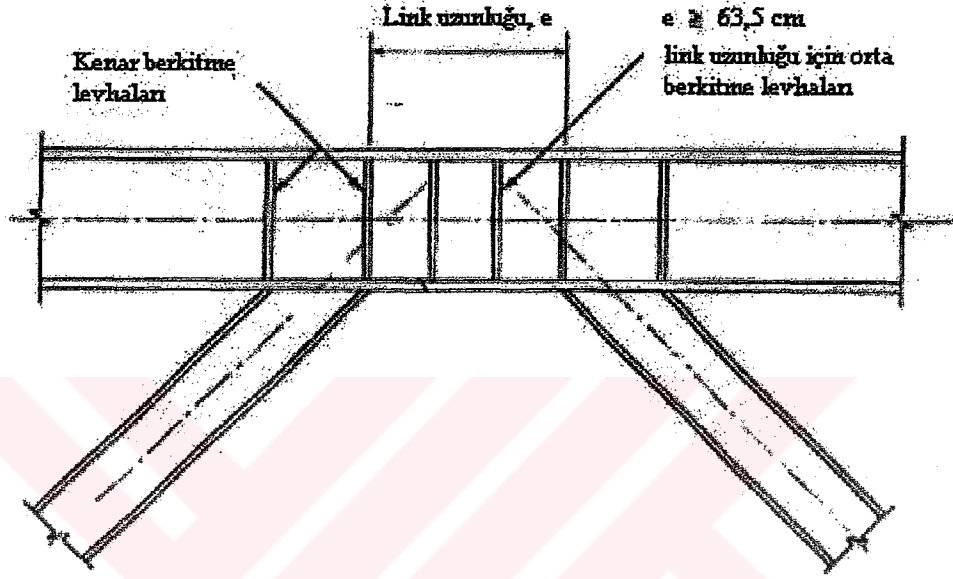
d : Kiriş yüksekliği

t_w : Gövde kalınlığı

- Eğilme etkisi altında deformasyon yapan moment linklerinin uzunluğu 6.3 denkleminle hesaplanır.

$$e \geq 2,6 \frac{M_p}{V_p} \quad (6.3)$$

Link elemanlarında tekrarlı yükler karşısında gövde burkulmasını önlemek amacıyla gövde berkitme levhaları kullanılır (Şekil 6.3).



Şekil 6.3 Berkitme diyagonallerinin kayma bağlantısına birleşimi (Whittaker ve Reinhorn)

Çizelge 6.1 c_B 'nin, en büyük link deformasyonu (γ_u)'na göre değeri (Whittaker ve Reinhorn)

c_B	γ_u (rad)
56	0,03
38	0,06
29	0,09

Link elemanının gövde berkitmeleri arasındaki mesafe 6.3 denklemi ile hesaplanır.

$$\frac{a}{t_w} + \frac{1}{5} \cdot \frac{d}{t_w} = c_B \quad (6.3)$$

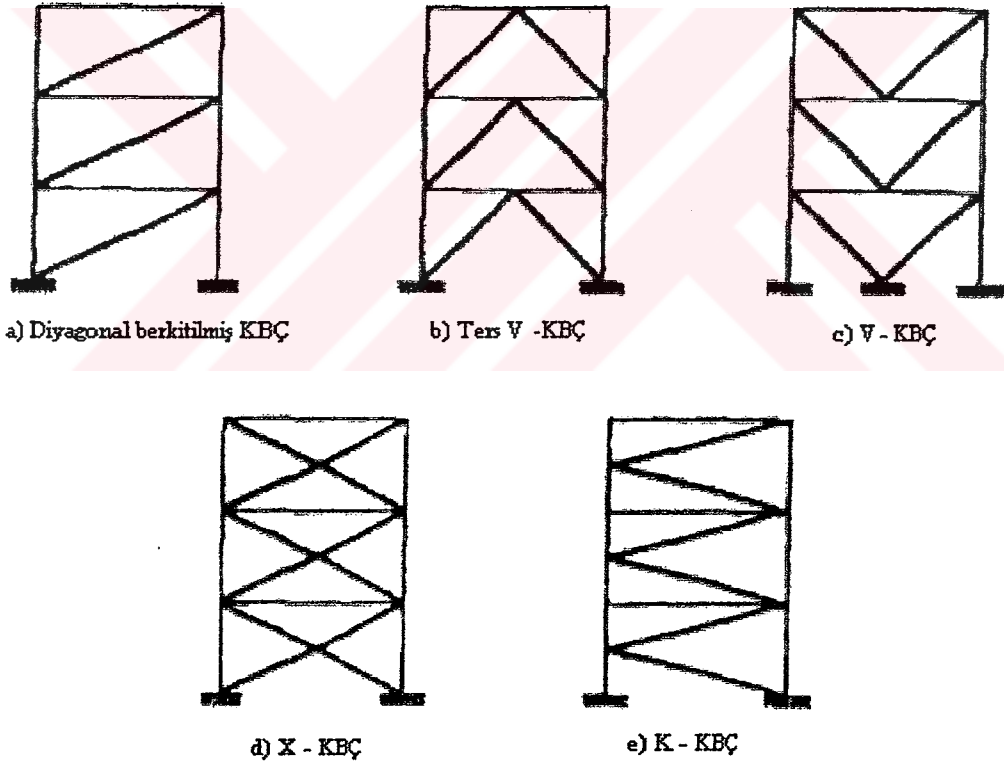
$\gamma_u \rightarrow$ en büyük link deformasyonudur.

AISC ' ye göre EBC ' de müsaade edilen maksimum dönme açıları:

- Kısa linkler için 0,08 rd
- Uzun linkler için 0.02 rd

6.2 Konsantrik Berkitilmiş Çerçeveler

Konsantrik berkitilmiş çerçevelerde plastik davranış berkitme elemanlarının çekme etkisinde akması basınç etkisinde ise burkulmasıyla meydana gelir. Bu deformasyonlar gerçekleşirken berkitmelerin kolon ve kirişe birleşim bölgesiyle, kolon ve kirişin kendisi elastik kalır. Bazı berkitme biçimleri şekil 6.4' de gösterilmiştir.



Şekil 6.4 Konsantrik berkitilmiş çerçeve türleri (Whittaker ve Reinhorn)

Berkitme elemanlarının enerji sarfetine kapasitelerini 3 parametre etkiler.

- 1) (λ) narinlik katsayısı
- 2) (k) uç şartları
- 3) (I, A) profil biçimi

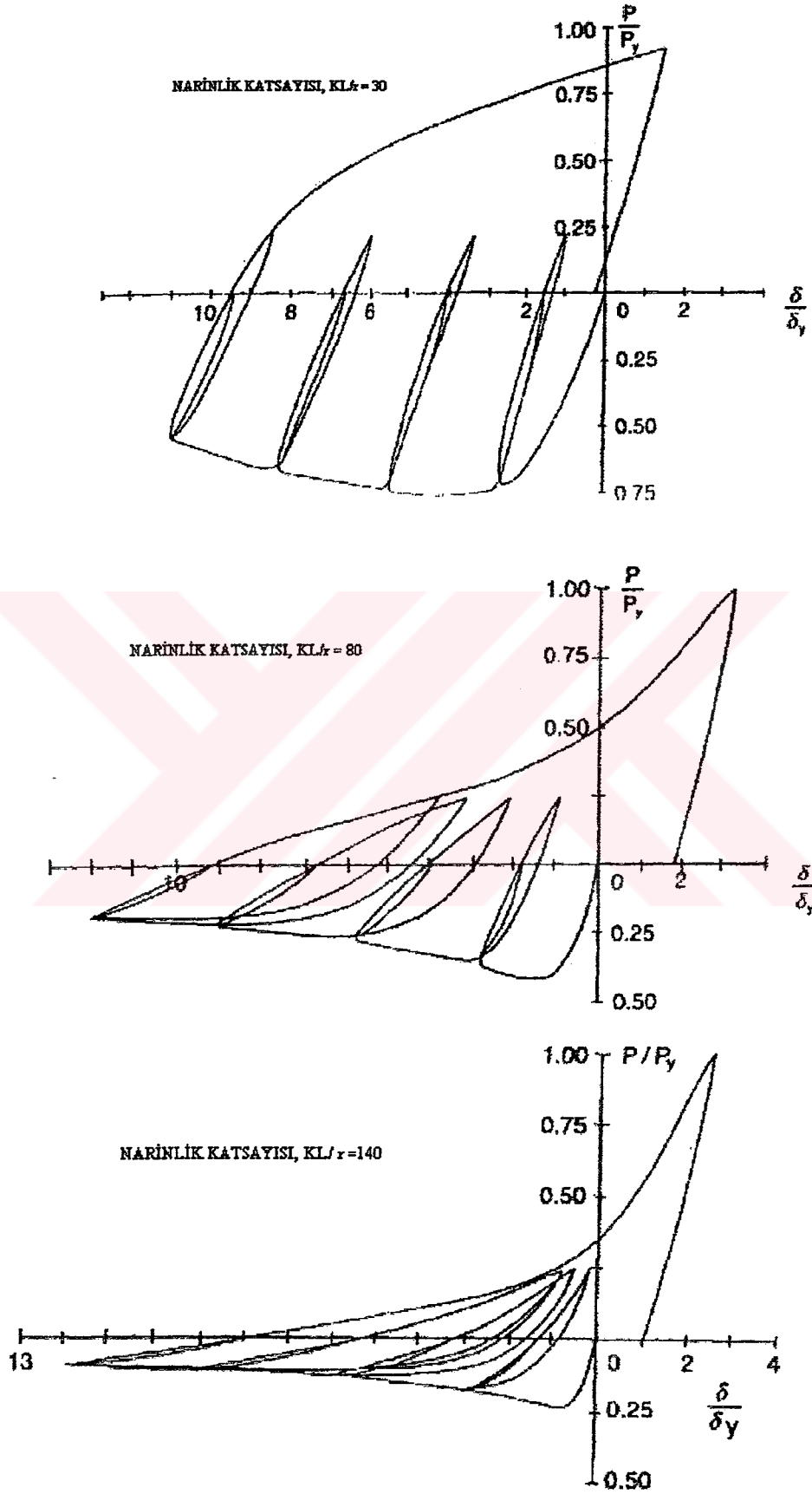
Berkitmeler narin, normal, kuvvetli olmak üzere genel olarak sınıflandırılır.

Narinlik oranı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\lambda = k * L * \sqrt{\frac{A}{I}} = \frac{k * L}{r} \quad (6.4)$$

Şekil 6.5' de görüldüğü gibi narinlik katsayısı yüksek berkitmelerin burkulmaya karşı rijitlikleri azdır. Ayrıca tekrarlı yükler altında dayanımlarını hızlı bir şekilde kaybederler ve orjinal geometrilerine dönemezler. Aşağıda farklı narinlik katsayılarına sahip berkitmeler için normalize kuvvet ve normalize deplasman arasındaki ilişki verilmiştir.





Şekil 6.5 Narinlik katsayısı farklı değerleri için normalize kuvvet ile normalize deplasman arasındaki ilişki (Whittaker ve Reinhorn)

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

1999 Kocaeli Depremi sonrasında ülkemizdeki yapı stoğunun büyük bir bölümünü oluşturan betonarme ve yığma yapılar için yapılan çalışmalar ülkemiz için oldukça önemlidir. Ancak henüz önemli uygulama alanı bulamamakla birlikte yakın bir gelecekte geniş bir uygulama alanı bulacak çelik yapılar için aynı yaklaşım gösterilmemektedir. Çelik yapı elemanları ile güçlendirilen betonarme ve yığma yapıların varlığı göz önünde bulundurulduğunda durumun ülkemiz için arz ettiği önem ortaya çıkmaktadır.

Çelik yapılar alanında, Amerika ve Avrupa'da 19 ve 20. yüzyılda önemli gelişmeler gösterilmiş ve yaygın olarak uygulanmıştır. Ancak özellikle Amerika'da yaşanan her deprem sonrasında çelik yapıların tasarımı ile ilgili önemli incelemeler yapılmıştır. Yapılan bu incelemeler neticesinde kullandıkları şartnamelerde önemli değişikliklere gidilmiş, bu şartnamelerin hatalı ya da eksik bulunan yanları düzeltilmiştir.

Bu konuda yolun başında olan ülkemizin, deprem kuşağında yer alıyor olması, bizleri benzer tedbirleri bir an önce almaya zorlamalıdır. Şartnamemizdeki eksik ya da hatalı yanlar, önümüzdeki yıllarda yapı stoğu içerisinde payını artıracak olan çelik yapıların tasarımında önemli yanlışların yapılmasına neden olabilir. Ayrıca dünya genelinde çelik yapı tasarım ve uygulamasında geline nokta bir çok yöntem henüz literatürümüze girmemiştir.

Bu tez çalışmasında, çelik yapılarda kaynaklı kolon-kiriş birleşimleri üzerine yapılan güncel çalışmalar incelenmiştir. Özellikle 1994 Northridge depremi sonrasında yapılan çalışmalar üzerinde durulmuş ve depreme maruz kalan kaynaklı çelik yapıların performansını arttırmak için yapılması gerekenlerle ilgili olarak varılan sonuçlar ısıtma işlemi, tasarım ve uygulama aşaması başlıkları altında aşağıda sunulmuştur.

7.1. Isıtma İşlemi Ve Üretim Aşaması

Bölüm 2' de, çentik darbe dayanımı ve lameler yırtılma başlıkları altında incelenen çelik malzemenin düktilite ile darbe dayanımı özelliği ısıtma işlemi ve üretim yöntemlerinden etkilenen ve yapının performansına tesir eden malzeme özellikleridir.

Haddeleme işlemi çelik yapı malzemesinin farklı doğrultuda farklı düktiliteye sahip olmasına neden olur. Haddeleme sonucu kalınlık doğrultusunda daha az düktiliteye sahip I profiller bu doğrultuda zorlandıklarında bölüm 2' de incelenen ve gevrek kırılmaya neden olan hasarlar kaçınılmaz olur. Hassas birleşim durumlarının ortadan kalkması için kaynaklama işleminin yine bu bölümde gösterildiği gibi yapılması gerekir.

Çelik yapıların performansını değerlendirilirken gevrek davranış ile düktil davranış arasındaki ayrımın doğru olarak yapılması gerekir. Yükleme esnasında plastik deformasyonu takiben gelişecek olan küçük çatlakların oluşması yaygın olarak görülen bir durumdur. Bazı durumlarda oluşan bu küçük çatlaklar stabil kalırken, bazen de artan yükler altında yavaşça büyüyerek kopma noktasına ulaşabilirler. Hedeflenen plastik dönmeden önce küçük çatlakların meydana gelmesi, bu çatlakların stabil kalması halinde tasarımın başarısız olarak değerlendirilmesine neden değildir. Benzer şekilde tasarımda hedeflenen plastik dönme seviyelerinin üzerinde gevrek kırılmanın görülmesi tasarımın reddedilmesine neden teşkil etmez.

Çatlak ilerlemesine karşı dayanma kapasitesi ölçüsü olan kırılma tokluluğunun bilinmesi, gevrek bir malzeme olan kaynak için çok önemlidir. Tasarım aşamasında maksimum çekme ve akma gerilmesi v.b özellikler mukavemet hesaplarına direkt uygulanırken, çentik darbe dayanımı (kırılma tokluğu) herhangi bir katsayı olarak hesaplara katılamaz. Ancak oluşabilecek bir çatlağın ilerlemesinden kaçınmak için kırılma tokluğu olgusunun da dikkate alınıp, minimum değerinin tespit edilmesi ve üretimde bu değer sağlanması gerekir. Bu da çelik yapı elemanlarının imalatında kalite kontrolünü sağlayacak mühendislik çalışmaları ile metalurji mühendisliği disiplini ve inşaat mühendisliği disiplinlerinin ortak çalışmaları ile gerçekleştirilebilir. Böyle bir ortak çalışma bu husustaki standartlarımızın gelişmesine neden olacaktır.

7.2. Tasarım Aşaması

Malzeme özelliğinin yanı sıra tasarım safhasında yapılacak işlemler de birleşimin performansını etkiler. Yapıda mekanizma oluşumunu sağlayan ve bu şekilde önemli ölçüde enerji yutulmasını gerçekleştiren plastik mafsallar eğer panel bölgesinde meydana gelirse kolon-kiriş birleşiminde ortaya çıkan ikincil gerilmeler, gevrek kırılmaya sebep olur. Plastik mafsalin kiriş üzerinde kolon yüzünde oluşması durumunda ise kaynaklı kolon-kiriş birleşiminde büyük gerilme ve şekil değiştirme ortaya çıkar. Tasarımda hedeflenen plastik dönme miktarı 0,025 rd olup, birleşimin bu dönme gerçekleştiren yapının yanal dayanımına katkıda bulunma yeteneğini muhafaza edebilmesi gerekir. 1994 Northridge depremi sonrasında, amaçlanan aksine kaynaklı birleşimlerin çoğunda 0,005 rd'nın üzerindeki plastik dönmelerde bile gevrek kırılmalar oluşmuştur. Tüm bu sebeplerden ötürü, plastik mafsalin kolon yüzünden uzakta oluşmasını sağlayan ve bölüm 5' de ayrıntıları verilen aşağıdaki tasarım prensiplerinin dikkate alınması gerekir.

- 1) Plastik mafsal bölgesinin belirlenmesi,
- 2) Plastik momentin belirlenmesi,
- 3) Kuvvetli kolon-zayıf kiriş birleşimi prensibinin kontrolü.

Bu prensipleri uygularken, kiriş açıklığının durumuna göre sınır şartlarının değişmesi söz konusu olabilir. Şöyle ki kirişte plastik mafsal oluşturmak üzere yan levha, takviye levhası ve guse gibi elemanlarla güçlendirme yapılması, küçük açıklıklı bir moment çerçevesinin açıklığını daha da küçük yapar. Bu tür çerçevelerde ise eğilme etkisinde plastikleşmeden önce, kaymadan dolayı akma meydana gelebilir ki böyle bir plastik davranış ise moment çerçevelerinden çok eksantrik berkitilmiş çerçevelerde görülür. Bu durumda 6. bölümde açıklanan eksantrik berkitmeli çerçevelere ilişkin esaslar dikkate alınarak tasarım yapılmalıdır.

Beton döşemeye sahip çoğu moment çerçevelerinin tasarımında, döşeme ve kiriş üst başlığı arasındaki kompozit davranış dikkate alınmaz ancak bu kompozit davranış kiriş dayanımını önemli ölçüde artırır. Bu etki kompozit sistemlerin tasarımında direkt hesaba katılırken, moment çerçevelerinin tasarımında ihmal edilir. Kompozit davranıştan kaynaklanan eğilme dayanımı artışı zayıf kolon - kuvvetli kiriş ve zayıf panel bölgesi durumlarını ortaya çıkarır. Ancak günümüze kadar döşemenin etkisini dahil edecek deneysel çalışmalar mevcut olmayıp kompozit davranış etkisi yeteri kadar irdelenememiştir. Bu sebeple tasarımda kuvvetli kolon - zayıf kiriş prensibinin kontrolünün hassasiyetle yapılmasına özen gösterilmelidir.

Panel bölgesi tasarımında kullanılan kriterler, UBC 94'e göre ve ABYYHY 97'e göre bölüm 5.7' de karşılaştırılmış ve buna göre şu sonuca varılmıştır: UBC 94'deki panel bölgesi kesme mukavemetinin değeri, alt sınır ve üst sınır olmak üzere iki limit durum için incelenerek tasarlanır. Alt sınır 5.10 denklemi ile verilen kesme kuvveti olup gravitasyonel yüklere ilaveten sismik yüklerin 1,85 katından meydana gelen dış yüklerce oluşturulan moment nedeniyle ortaya çıkar. Üst sınıra göre panel bölgesi kesme mukavemeti değerinin, birleşim noktasındaki kiriş uç momentlerinin cebrik toplamının 0,8 katı için lüzumlu olandan daha fazla olması gerekmez. Bilhassa bu üst sınırlama koşulu ABYYHY 97'de yer alan, " kolon-kiriş birleşimlerinin yük aktarma gücü birleşime bağlanan elemanların taşıma gücünün 1,2 katından daha az olamaz " kriteri ile karşılaştırıldığında 1,2 katsayısı ile güvenlik payının çok yüksek tutulduğu söylenebilir. Deprem bölgesinde yapı tasarımı hazırlanırken kullanılan katsayıların gereğinden fazla güvenli tarafta kalması mühendislik açısından ve ekonomik olarak optimum çözüm olmamaktadır.

Bu durumda çelik yapı tasarımına ilişkin kullandığımız şartname ve standartların güncelleştirilmesinin gerekliliği kaçınılmazdır.

7.3. Uygulama Aşaması:

Çelik yapıların çok fazla uygulanmayışı pratikte bir çok hatanın yapılmasını beraberinde getirmektedir. Kaynaklama, kaynaklı kolon-kiriş birleşimlerinde çok önemli bir yer tutan ve kaynağı yapan ustanın kişisel becerisine bağlı olan önemli bir işlemdir. Bu hususta pek yaygın olmamakla birlikte, sertifikalı kaynakçı kullanımı söz konusudur. Ancak bu yaklaşım ülkemizdeki uygulamacı firmalarda pek yaygın değildir. Bir başka kontrol mekanizması yapılan kaynakların çeşitli yöntemlerle test edilmesidir ki bu da çok pahalı bir yöntemdir. Bu konuda belirli bir standardın tutturulabilmesi için aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Çelik yapılar kendi içlerinde rutin olmayan bir çok detay içerirler ve bu nedenle de imalat aşamasında daha sık kontrol gerektirirler.
- Çelik yapı imalatında çalışacak işçilerin eğitilmesi ve sertifikalandırılması, çelik yapı üretiminde gerekli güvenliliğin sağlanmasında önemli bir koşuldur. Sertifikanın teknik olarak yeterli kuruluşlar tarafından verilmesi ve periyodik olarak da kontrole tabi tutularak verilen bilgilerin güncelleştirilmesi gereklidir.
- Çelik yapılarda geometri v.b koşullar nedeniyle proje verilerinin dışında yapılacak her bir detayın, tasarımcı mühendisin onayı ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu husus da ülkemizde çoğu zaman göz ardı edilen bir durumdur.

KAYNAKLAR

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, (1997)

American Institute of Steel Construction, AISC Northridge Steel Update 1, (1994)

Brockenbrough, R. L., Merritt, F. S., (1994), Structural Steel Designer's Handbook, Second Edition, Mc Graw-Hill Inc.

Federal Emergency Management Agency, (267/1995), (267-B/1999), "Evaluation, Repair, Modification and Design of Welded Steel Moment Frame."

Fu, Y.M., Cherry, S., (1999), "Simplified Seismic Code Design Procedure for Friction-Damped Steel Frames", Canadian Journal Of Civil Eng. , 1999, Vol 26, Iss 1, pp 55-71.

Fukumoto, Y., (2000), "Reduction of Structural Ductility Factor Due to Variability of Steel Properties.", Engineering Structures, 2000, Vol 22, Iss 2, pp 123-127.

Mc Kenzie, W. M. C., (1998), Design of Structural Steel Work, Mc Millan Press Ltd., Napier University, Edinburg.

Popou, E. P., Yang, T. S., (1995), "Steel Seismic Moment Resisting Connections", University of California at Berkeley, May, 1995.

Rokach, A. J., (1991), Theory and Problems of Structural Steel Design (Load and Resistance Factor Method), Mc Graw-Hill Inc.

Salmon, C. G., Johnson, J.E., (1990), Steel Structures Design and Behavior Emphasizing Load and Resistance Factor Design, Third Edition.

Spiegel, L., Limbrunner, G. F., (1993), Applied Structural Steel Design, Printice Hall.

Theining, K. E., (1987), Bofors El Kitabı.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	28.08.1976	
Doğum Yeri	İstanbul	
Lise	1989-1993	Fatih Kız Lisesi, İstanbul
Yabancı Dil Hazırlık	1994-1995	Yıldız Teknik Üniversitesi, Yabancı Diller Yüksek Okulu
Lisans	1995-1999	Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fak., İnşaat Müh. Böl. “Bölüm İkincisi”
Yüksek Lisans	1999-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği, Yapı Anabilim Dalı Programı

Çalıştığı Kurumlar

2002-Halen	Fatih İlçe Belediyesi İmar İşleri Müdürlüğü, İmar Uygulama Şefliği “İnşaat Mühendisi”
1999-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi, Yapı Ana Bilim Dalı “Araştırma Görevlisi”