

# ÇELİK YAPI SİSTEMLERİNDE SÜNEK DÜĞÜM NOKTASI TASARIMI

Ahmet Metin YILDIRIM  
İnş. Yük. Mühendisi

BALKAR MÜHENDİSLİK VE MÜŞAVİRLİK A.Ş.

KASIM - 2017

1

## Süneklik Kavramı

- Süneklik Kavramı
- Sünek Sistemler Üzerine
- Sünek Sistemler İçin Düğüm Noktaları

2

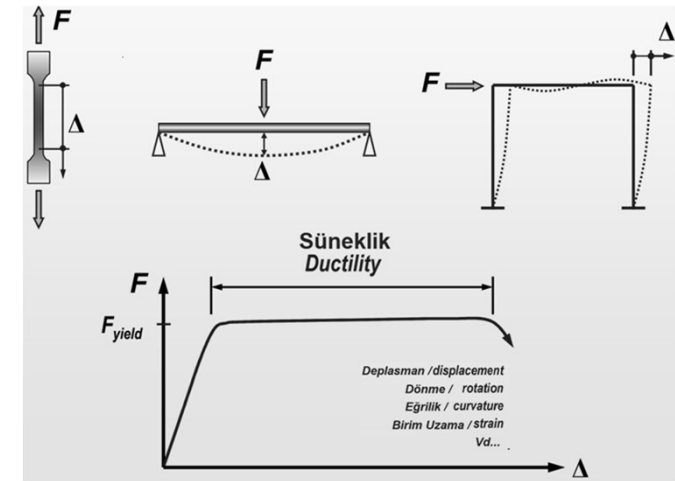
## Süneklik Kavramı

**Süneklik:**

Dayanımda bir azalma olmaksızın yüksek elastik ötesi  
şekil değiştirme yapabilme yeteneği

- Malzeme sünekliği
- Yapısal elemanların sünekliği  
( Elemanlar ve bağlantıları )
- Yapısal sistem sünekliği

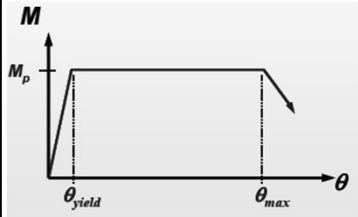
3



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

4

### Sünekliğin : Kantitatif olarak tanımı



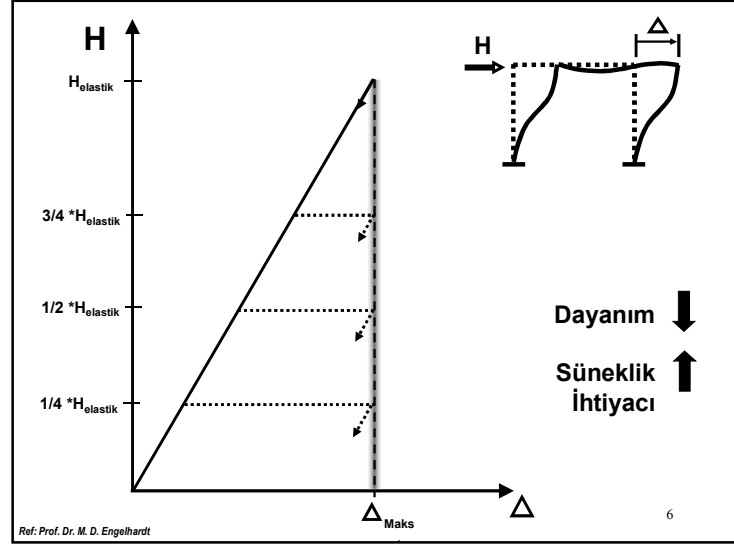
$$\mu = \frac{\theta_{max}}{\theta_{yield}} - \text{Süneklik}$$

$$\theta_p = \theta_{max} - \theta_{yield} - \text{Plastik Dönme}$$

- Süneklik  $\mu$
- Plastik Dönme Açısı  $\theta_p$

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

5

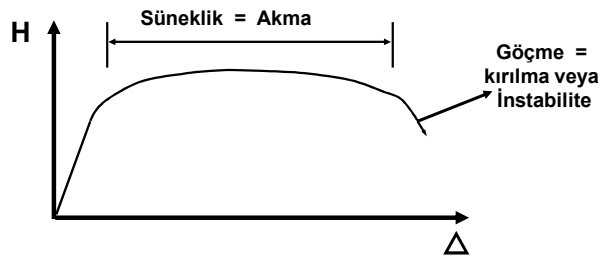


Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

6

### Yapılarda Süneklik : Akma

Süneklik olmayan göçme modları: Kırılma veya İstabilite



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

7

### Sünek Davranışın Geliştirilmesi:

- Sigorta elemanların seçilmesi.  
*merkezi çaprazlı sistemlerde; çaprazlar , dış merkezli çaprazlı sistemlerde; bağ kirişi, moment aktaran çerçeve sistemlerde; kirişler*
- Sigorta elemanların sünek davranacak şekilde detaylandırılması
- Sigorta elemanlar haricindeki elemanların sigorta elemanlardan daha güçlü tasarlanması

8

## Çelik Yapı Sistemlerinde Sünek Düğüm Noktası Tasarımı

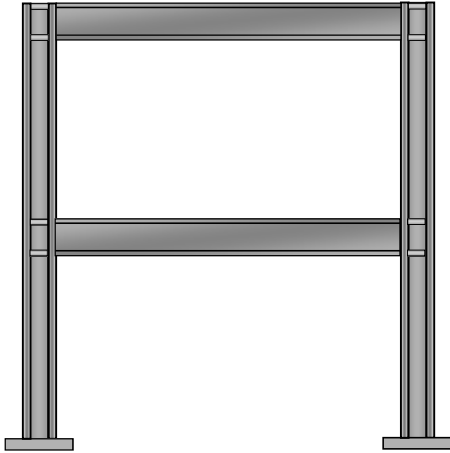
- Süneklik Kavramı
- Sünek Sistemler Üzerine
- Sünek Sistemler İçin Düğüm Noktaları

9

## SÜNEK SİSTEMLER ÜZERİNE

- MOMENT AKTARAN ÇERÇEVELER
- MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER
- DIŞMERKEZ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER
- BURKULMASI ÖNLENMİŞ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER

10



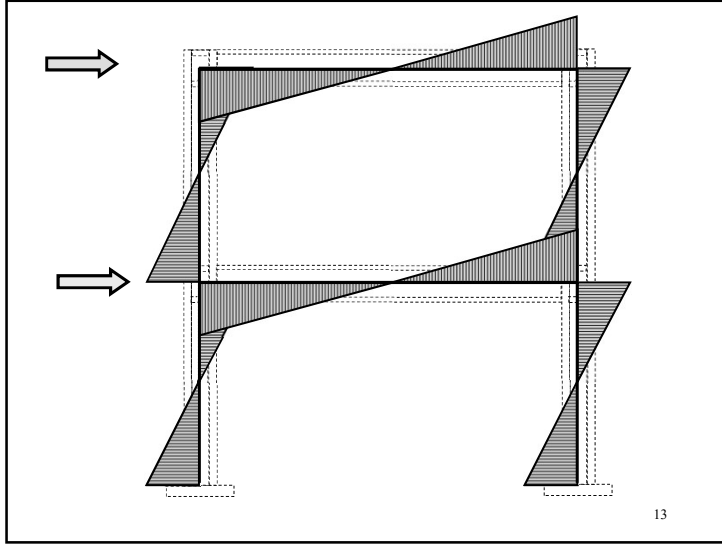
Moment Aktarı Çerçeve

11

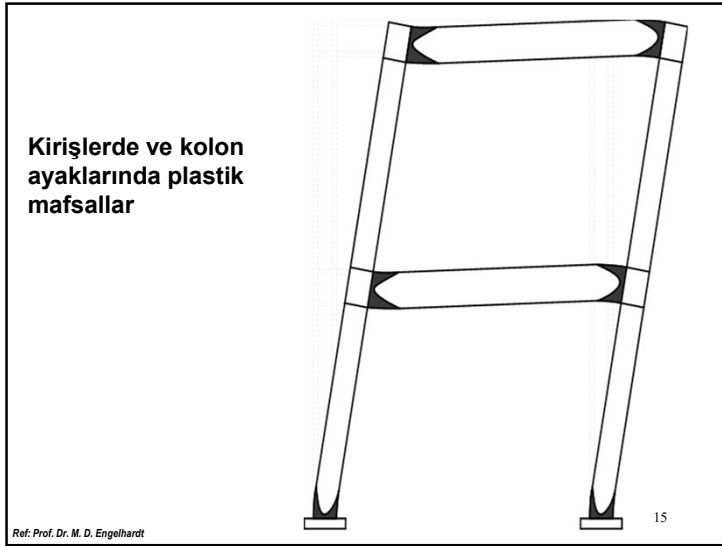
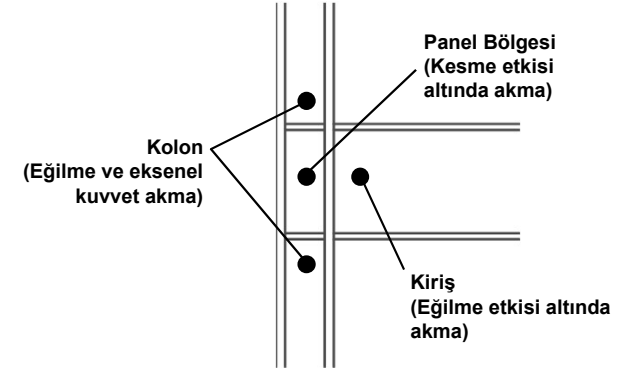


Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

12



### Muhtemel plastik mafsal bölgeleri



### SÜNEK SİSTEMLER

- MOMENT AKTARAN ÇERÇEVELER
- MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER
- DIŞMERKEZ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER
- BURKULMASI ÖNLENMİŞ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER



### Merkezi Çaprazlı Çerçeve (MÇÇ)

Kiriş, kolon ve çaprazların bir düşey makas olarak teşkil edildiği ve bu makasın yatay etkilere karşı çalıştığı sistemlerdir.

Sünek davranışın planlandığı noktalar çaprazlar.

- Çaprazlarda çekme altında akma
- Çaprazların basınç altında burkulma (Kısıtlı sünek davranış)

#### Avantajları

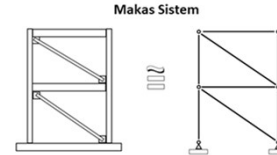
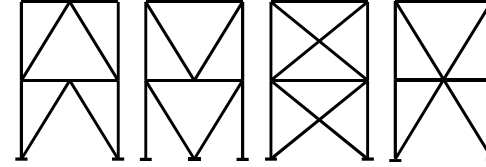
- Yüksek elastik rijitlik

#### Dejavantajları

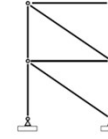
- Diğer sistemlere göre az sünek davranış kapasitesi
- Mimari problemler

17

### MÇÇ tipleri



Merkezi çaprazlı sistemler düşey makaslar gibi bir modele sahiptir.



Kesme - Çaprazlar tarafından karşılanır.

Devrilme - Kolonlar ve temeller tarafından karşılanır.

18

Rafael Sabelli



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

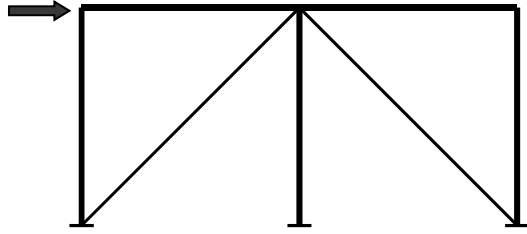
19



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

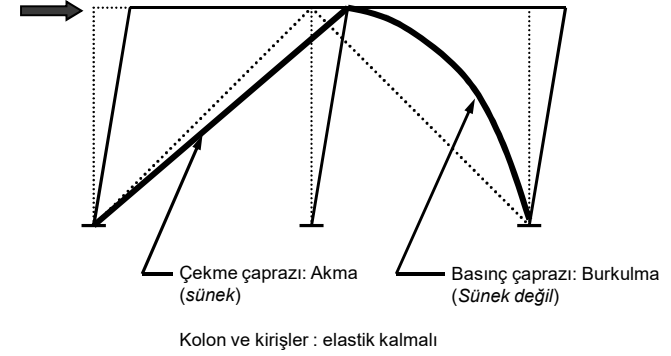
20

### Deprem Etkisi Altında MÇÇ sistemlerin Elastik Ötesi Davranışı



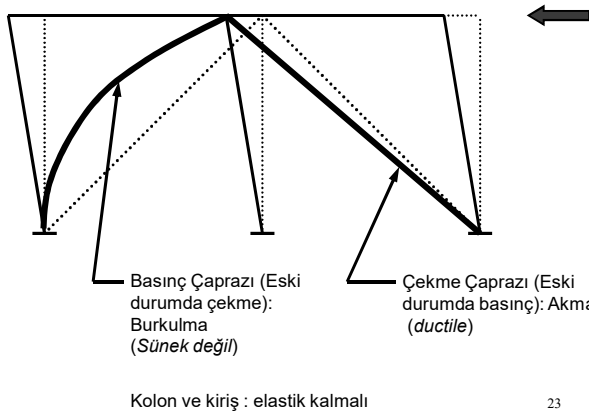
21

### Deprem Etkisi Altında MÇÇ sistemlerin Elastik Ötesi Davranışı



22

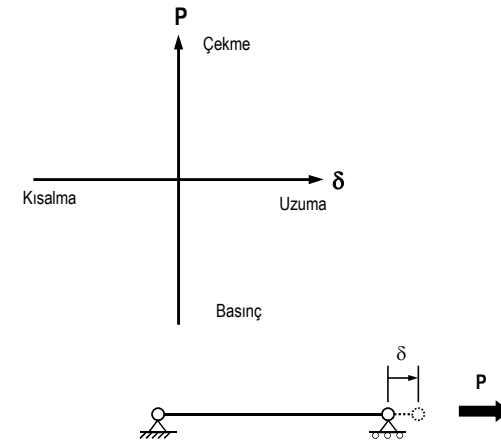
### Deprem Etkisi Altında MÇÇ sistemlerin Elastik Ötesi Davranışı



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

23

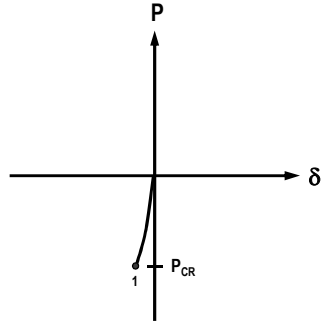
### Çevrimsel Yük Altında Çaprazların Davranışı



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

24

### Çevrimsel Yük Altında Çaprazların Davranışı

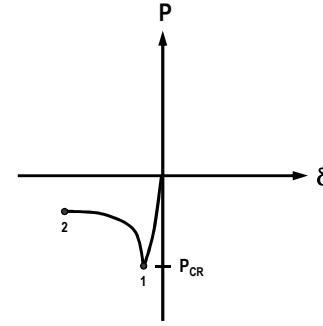


1. Çapraz maksimum taşıyabileceği aksel basınç yükü ile yüklenir. (Burkulma)

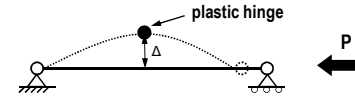


25

### Çevrimsel Yük Altında Çaprazların Davranışı

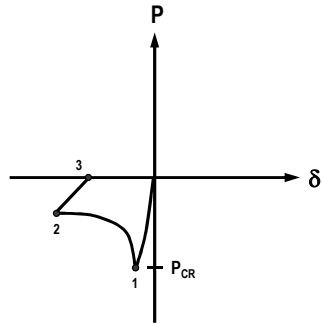


1. Çapraz maksimum taşıyabileceği aksel basınç yükü ile yüklenir. (Burkulma)
2. Basınç yüklemesine devam edilir. Basınç dayanımı hızla düşer. Eğilme mafsalı kolon ortasında oluşur. (P-Δ momenti kaynaklı).

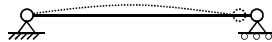


26

### Çevrimsel Yük Altında Çaprazların Davranışı

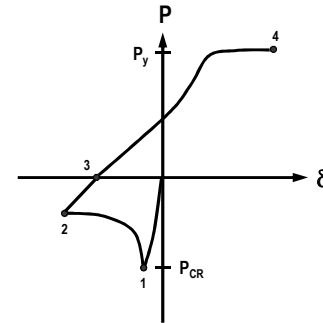


1. Çapraz maksimum taşıyabileceği aksel basınç yükü ile yüklenir. (Burkulma)
2. Basınç yüklemesine devam edilir. Basınç dayanımı hızla düşer. Plastik eğilme mafsalı eleman ortasında oluşur. (P-Δ momenti kaynaklı olarak).
3. Yük kaldırıldığında (P=0). Elemanda düzlem dışı kalıcı şekil değiştirme gözlenir.



27

### Çevrimsel Yük Altında Çaprazların Davranışı

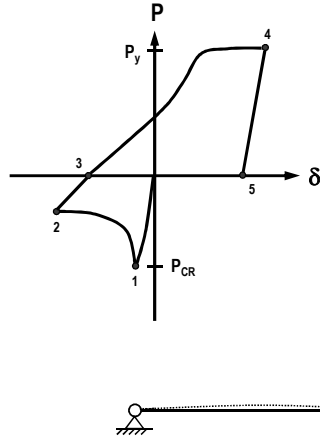


4. Çapraz çekme ile yüklenir.



28

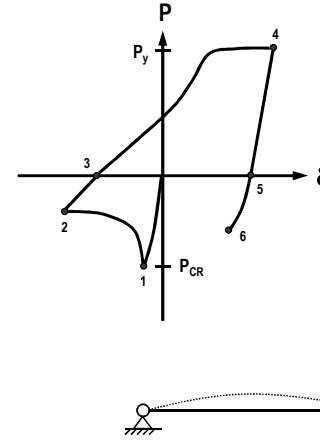
### Çevrimsel Yük Altında Çaprazların Davranışı



4. Çapraz çekme ile yüklenir.
5. Yük kaldırılır. ( $P=0$ ). Yine eleman üzerinde bir miktar kalıcı şekil değiştirme gözlenir.

29

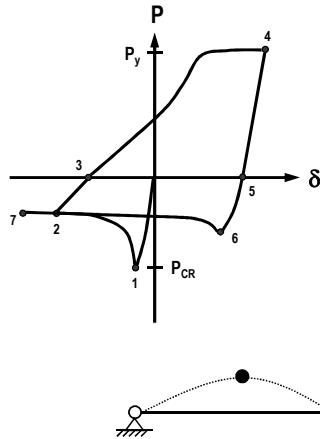
### Çevrimsel Yük Altında Çaprazların Davranışı



4. Çapraz çekme ile yüklenir.
5. Yük kaldırılır. ( $P=0$ ). Yine eleman üzerinde bir miktar kalıcı şekil değiştirme gözlenir.
6. Çapraz tekrar maksimum taşıyabileceği aksenal basınç ile yüklenir. (Burkulma). Maksimum aksenal yük bir önceki adımdan daha düşük değerdedir.

30

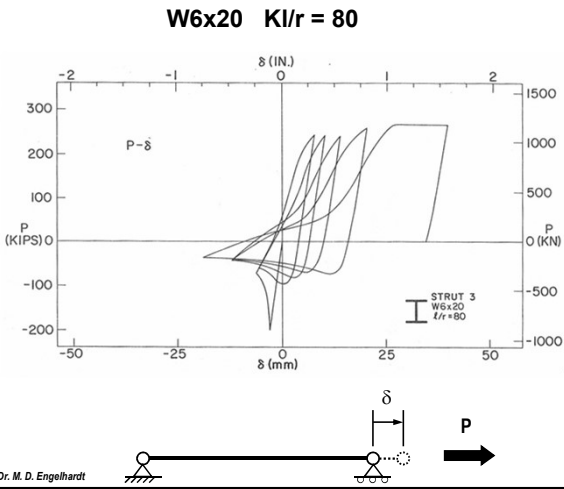
### Çevrimsel Yük Altında Çaprazların Davranışı



4. Çapraz çekme ile yüklenir.
5. Yük kaldırılır. ( $P=0$ ). Yine eleman üzerinde bir miktar kalıcı şekil değiştirme gözlenir.
6. Çapraz tekrar maksimum taşıyabileceği aksenal basınç ile yüklenir. (Burkulma). Maksimum aksenal yük bir önceki adımdan daha düşük değerdedir.
7. Basınç yüklemesine devam edilir ve eleman ortasında plastik eğilme mafsalı oluşur. ( $P-\Delta$  momenti kaynaklı olarak).

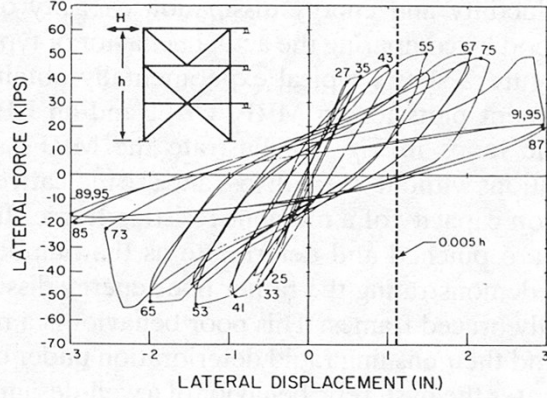
31

### Çevrimsel Yük Altında Çaprazların Davranışı



32

### Merkezi Çaprazlı Bir Çerçevenin Çevrimsel Yükleme Altındaki Davranışı



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

33



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

34

## SÜNEK SİSTEMLER

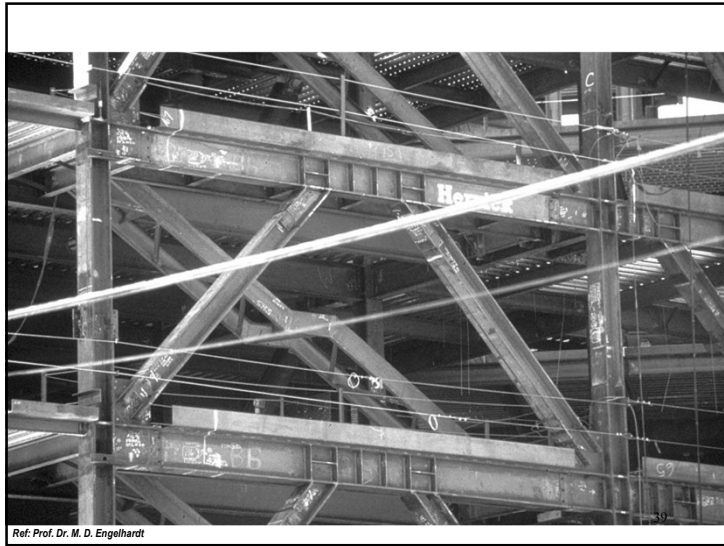
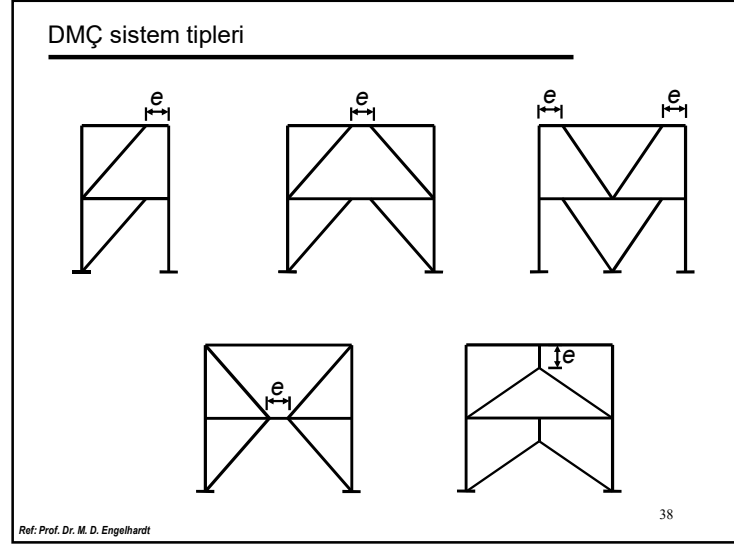
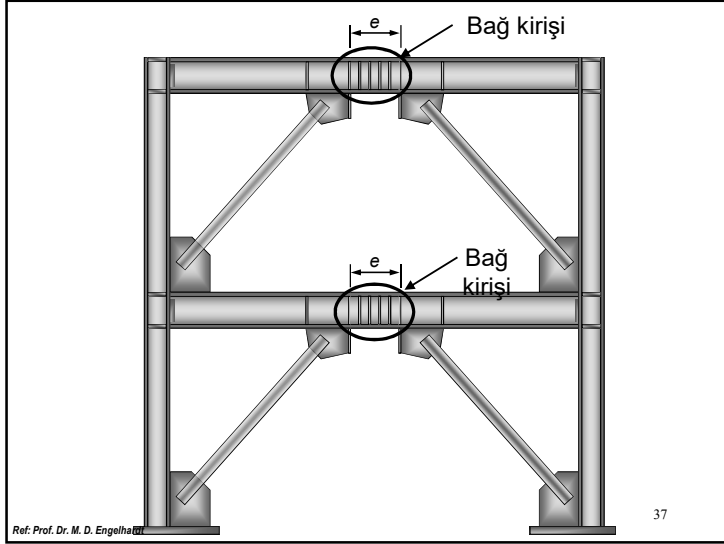
- MOMENT AKTARAN ÇERÇEVELER
- MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER
- DIŞMERKEZ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER
- BURKULMASI ÖNLENMİŞ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER

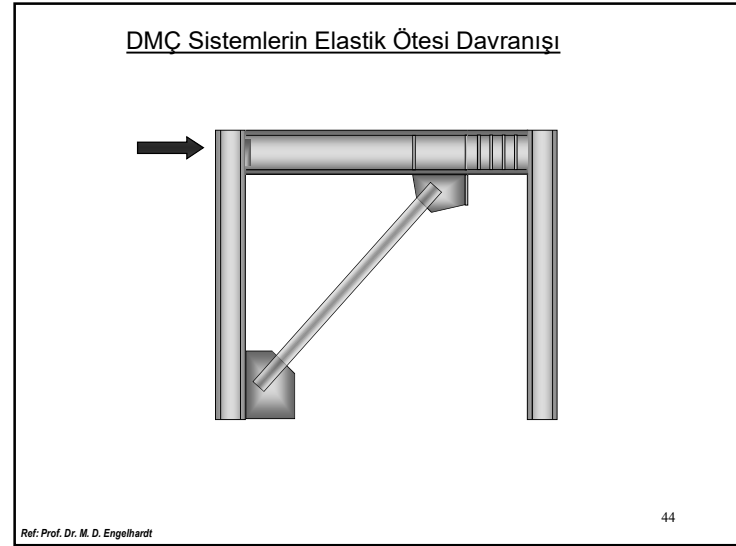
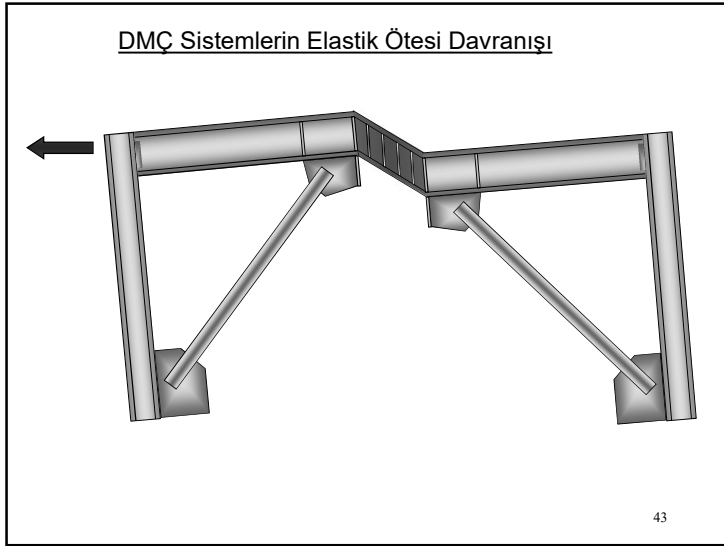
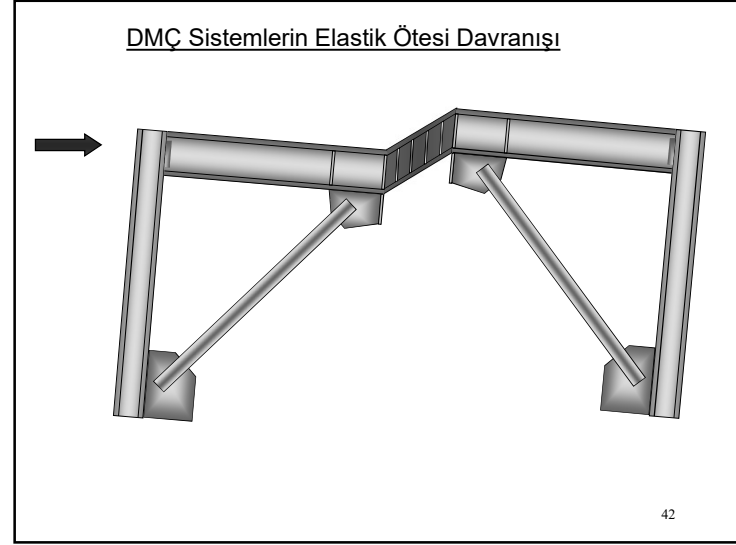
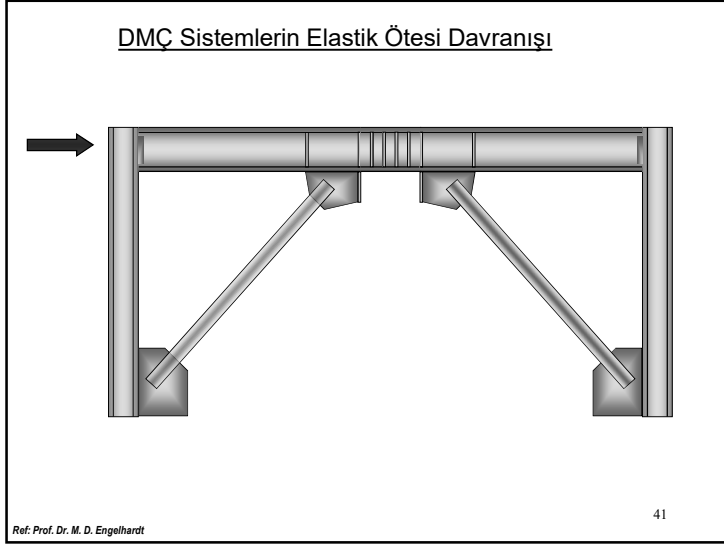
35

### Dış Merkez Çaprazlı Çerçevesel

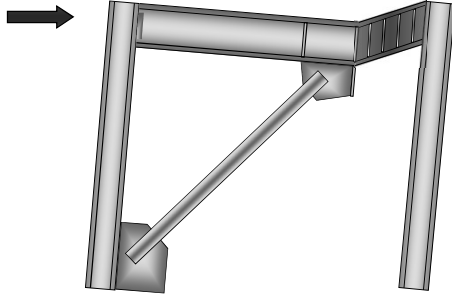
- Kiriş, kolon ve çapraz elemanlardan oluşan çerçeve sistemlerdir. Çaprazların en az bir ucu kirişten izole edilmiş bağ kirişi adı verilen kısma bağlanır.
- Yanal yük DÇÇ sistemlerde, çerçeve ve makas sistemin bir kombinasyon ile aktarılır.
- Sünek davranış bağ kirişinin elastik ötesi şekil değiştirmesi ile sağlanır.
- DÇÇ'ler yüksek düzey bir süneklilik sağlarken ( Moment aktaran çerçevesel gibi), aynı zamanda ciddi bir elastik rijitlik sağlamaktadır (merkezi çaprazlı çerçevesel gibi).

36



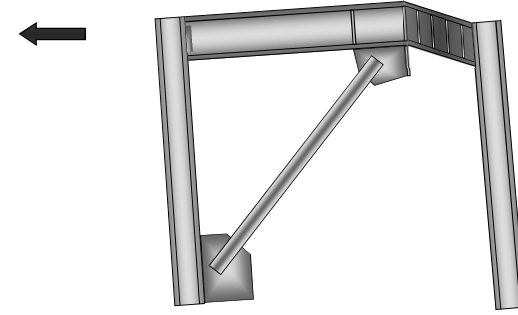


DMÇ Sistemlerin Elastik Ötesi Davranışı



45

DMÇ Sistemlerin Elastik Ötesi Davranışı



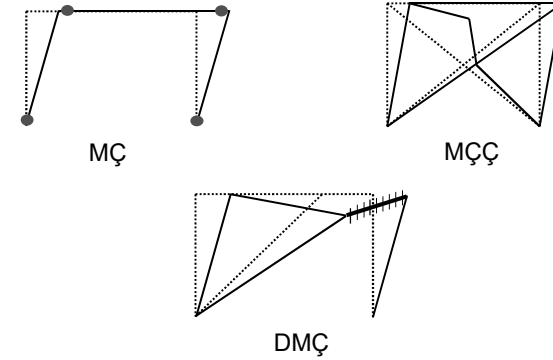
46

DMÇ Sistemlerin Elastik Ötesi Davranışı



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

47

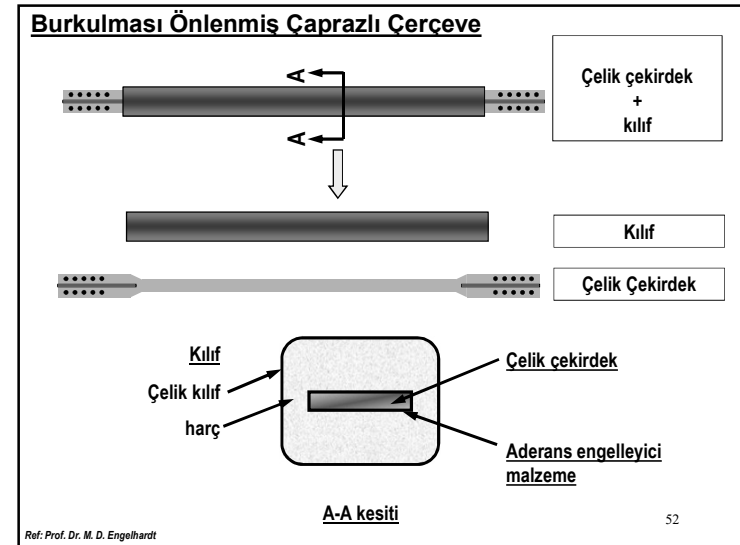
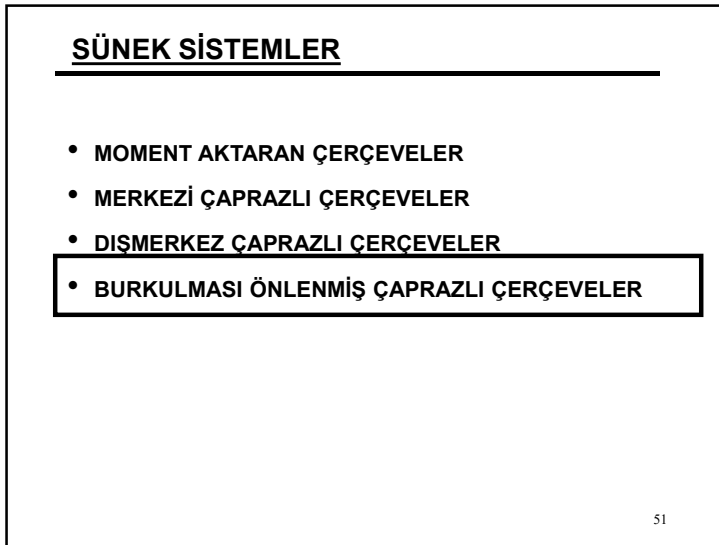
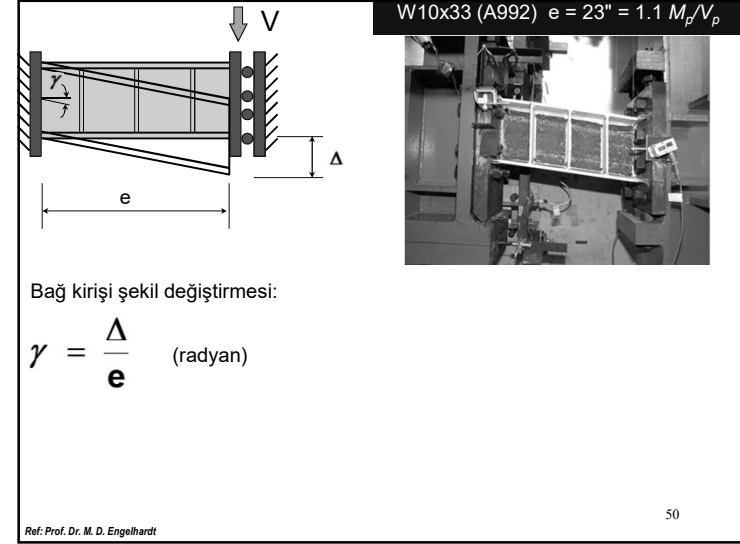
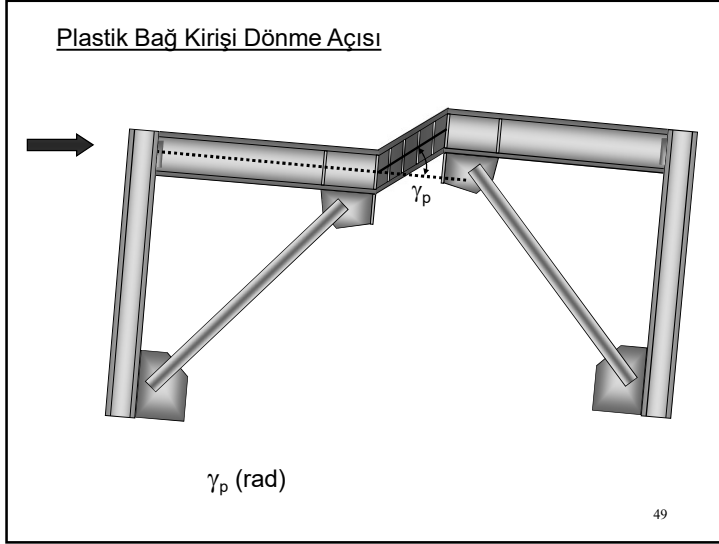


Enerji Dönüştürme Mekanizmaları

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

48



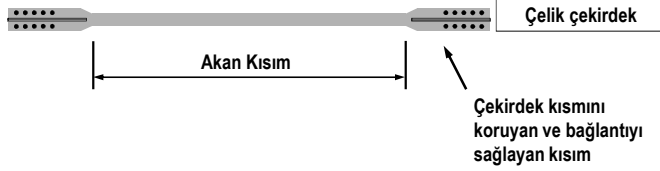


### Burkulması Önlenmiş Çaprazlı Çerçeve



Kılıf çelik çekirdek ile bağlı olmadığı için

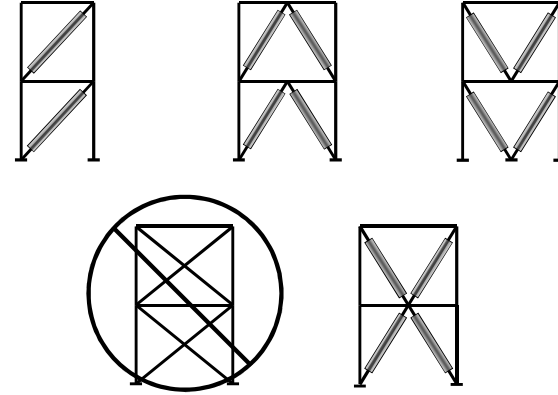
- kılıf aksenal yük almamaktadır.
- kılıf eğilme rijitliği ile burkulmaya karşı konulmaktadır.



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

53

### Burkulması Önlenmiş Çaprazlı Çerçeve Tipleri



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

54



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

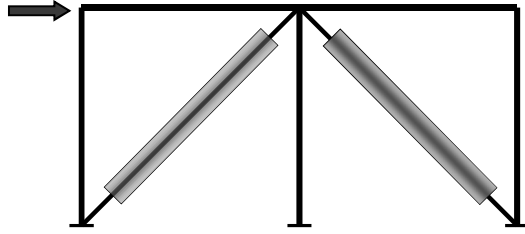
55



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

56

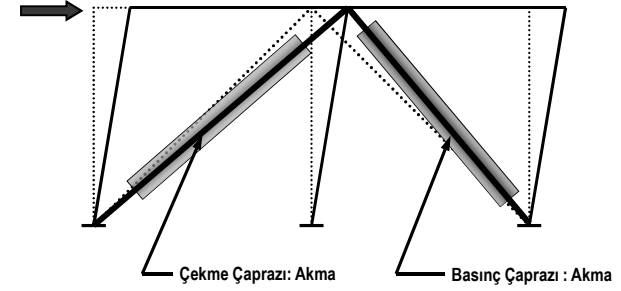
### BÖÇ Sistemlerin Elastik Ötesi Davranışı



Ref. Prof. Dr. M. D. Engelhardt

57

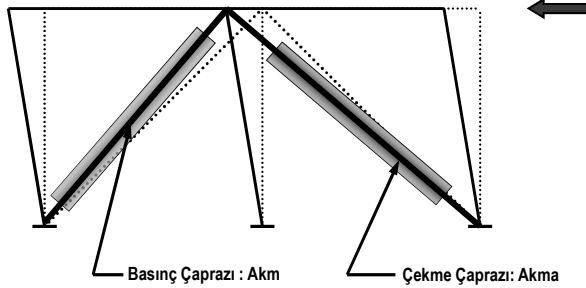
### BÖÇ Sistemlerin Elastik Ötesi Davranışı



Kolon ve kiriş elastik kalmalı

58

### BÖÇ Sistemlerin Elastik Ötesi Davranışı



Kolon ve kiriş elastik kalmalı

59

#### C1. Sineklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler

C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>sineklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3
C12. Deprem etkilerinin tamamının <i>sineklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	8	2.5
C13. Deprem etkilerinin tamamının <i>sineklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	5	2
C14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sineklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>sineklik düzeyi yüksek</i> dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>sineklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz. 4.3.4.5)	8	3
C15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sineklik düzeyi yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>sineklik düzeyi yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>sineklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz. 4.3.4.5)	6	2.5
C16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantılan mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>sineklik düzeyi yüksek</i> çelik kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	4	2

TBDY\_2018 (Taslak)

60

## SÜNEK SİSTEMLER İÇİN DÜĞÜM NOKTALARI

- SÜNEKLİK KAVRAMI
- SÜNEK SİSTEMLER ÜZERİNE
- SÜNEK SİSTEMLER İÇİN DÜĞÜM NOKTALARI

61

## SÜNEK SİSTEMLER İÇİN DÜĞÜM NOKTALARI

- GENEL KAVRAMLAR
- MOMENT AKTARAN ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI
- MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI
- DIŞMERKEZİ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI
- KOLON EKLERİ

62

## SÜNEK SİSTEMLER İÇİN DÜĞÜM NOKTALARI

### Genel Kavramlar

- Yükler ve yük birleşimleri
- Arttırılmış etkiler
- Korunmuş Bölgeler
- Deprem Kuvveti Taşıyıcı Sistemlerin Birleşimleri için Genel Kurallar (TDBY - 2018 Taslak)

63

### GENEL KAVRAMLAR

#### Yükler ve Yük Birleşimleri

$$1.2G + Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)}$$

$$0.9G + H + E_d^{(H)} - 0.3E_d^{(Z)}$$

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)}$$

$$E_d^{(H)} = \pm 0.3E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)}$$

$$E_d^{(Z)} = (2/3)S_{DS}G$$

#### 9.2.6. Dayanım Fazlalığı Katsayısı ile Büyütülen Deprem Etkileri

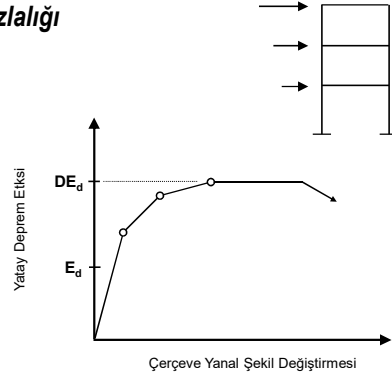
Bu bölümün ilgili maddelerinde açıklandığı yerlerde, çelik yapı elemanları ile birleşim ve ek detaylarının gerekli dayanımları, deprem etkilerinin *dayanım fazlalığı katsayısı D* ile çarpılarak büyütülmesiyle belirlenen iç kuvvetlerin 9.2.5'te tanımlanan yük birleşimlerinde kullanılmasına elde edilecektir. Ancak bu iç kuvvetler, *kapasite tasarımı ilkesi* nin gereği olarak, pekileşme ve malzeme dayanımı artışı etkileri de gözönüne alınarak tanımlanan *akona* (mekanizma) durumu ile uyumlu iç kuvvetlerden daha büyük alınmayacaktır. *D* dayanım fazlalığı katsayıları, taşıyıcı sistemlerin türlerine ve süneklik düzeylerine bağlı olarak Tablo 4.1'de verilmiştir.

TBDY\_2018 (Taslak)

64

## GENEL KAVRAMLAR

### Dayanım Fazlalığı



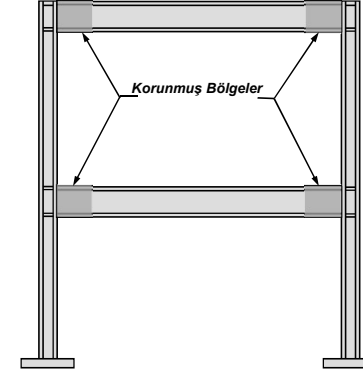
Arttırılmış deprem etkileri  $DE_d$ , çerçevenin plastik yanıl dayanımını tahmini olarak belirlemek adına kullanılan bir kavramdır.

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

65

## GENEL KAVRAMLAR

### Moment Aktaran Çerçevesler için Korunmuş Bölgeler

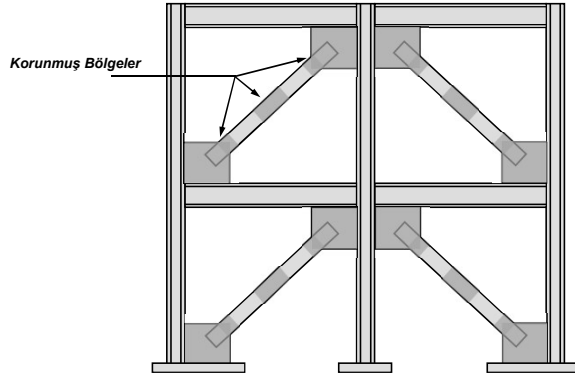


Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

66

## GENEL KAVRAMLAR

### Merkezi Çaprazlı Çerçevesler için Korunmuş Bölgeler

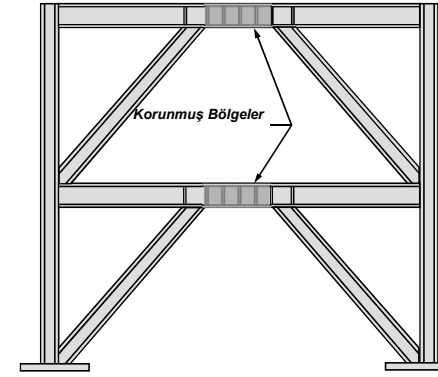


Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

67

## GENEL KAVRAMLAR

### Dış Merkezi Çaprazlı Çerçevesler için Korunmuş Bölgeler

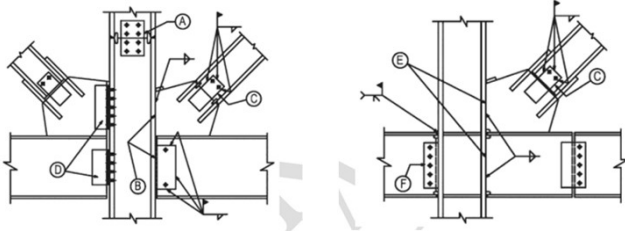


Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

68

## GENEL KAVRAMLAR

### EK 9A – DEPREM KUVVETİ TAŞIYICI SİSTEMLERİN BİRLEŞİMLERİNDE GENEL KOŞULLAR



Şekil 9A.1

9A.1 – Bulonlar ve kaynaklar arasında aynı kuvvetin paylaşımının önlenmesi amacıyla, tipik birleşim ve ek detaylarında (Şekil 9A.1) uyulması gereken esaslar aşağıda verilmiştir.

69

TBDY\_2018 (Taslak)

## GENEL KAVRAMLAR

A. Gövdenin bulonlu, başlıkların kaynaklı bağlantısında, gövde birleşimi sadece kesme kuvveti, başlıkların kaynaklı birleşimleri ise kolon eksenel kuvveti (çekme veya basınç) ve eğilme momentleri gözönüne alınarak boyutlandırılmalıdır.

B. Yerinde kaynaklı çapraz-kiriş-kolon birleşimlerinde, çapraz elemandaki kuvvetin düşey bileşeni, düğüm noktası levhası-kolon başlığı ve kiriş gövdesi-kolon başlığı arasındaki kaynaklı birleşimlere uygun şekilde dağıtılmalıdır. Kiriş gövdesinde montaj bulonları kullanılabilir.

C. Çapraz-düğüm noktası levhası birleşimlerinde, başlıklar ve gövdedeki kaynaklar çaprazın eksenel kuvvetine göre boyutlandırılmalıdır. Montaj amaçlı bulon kullanılabilir.

D. Bulonlu çapraz-kiriş-kolon birleşimlerinde, çapraz elemandaki kuvvetin yatay ve düşey bileşenleri, düğüm noktası levhası-kolon başlığı ve kiriş gövdesi-kolon başlığı arasındaki bulonlu birleşimlere uygun şekilde dağıtılmalıdır.

E. Atölye kaynaklı çapraz-kiriş-kolon birleşimlerinde, çapraz elemandaki kuvvetin düşey bileşeni, düğüm noktası levhası-kolon başlığı ve kiriş gövdesi-kolon başlığı arasındaki kaynaklı birleşimlere uygun şekilde dağıtılmalıdır.

F. Moment aktaran kiriş-kolon birleşimlerinde, bulonlu gövde birleşimi kesme kuvveti dikkate alınarak, kaynaklı başlıklar ise eğilme momentleri ve eksenel kuvvetler altında boyutlandırılmalıdır.

70

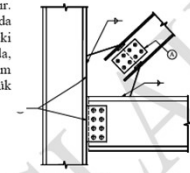
TBDY\_2018 (Taslak)

## GENEL KAVRAMLAR

9A.2. Bulonlar ve kaynaklar, 9.2.3.5'te belirtildiği gibi, birleşimdeki bir kuvveti veya bir kuvvetin bileşenini paylaşacak şekilde birarada kullanılamazlar. Kuvvet paylaşımı bakımından uygun olmayan bulonlu ve kaynaklı birleşimlerde (Şekil 9A.2) karşılaşılan durumlar aşağıda açıklanmıştır.

A. Gövdenin bulonlu, başlıkların kaynaklı bağlantısında, bulonlar ve kaynaklar, çaprazdaki eksenel kuvveti birlikte aktaracak şekilde kullanılamazlar.

B. Kolon yüzüne düğüm noktası levhasının kaynaklı, kiriş gövdesinin ise bulonlu bağlanması halinde yük aktarımı, kolon yüzüne bağlantının tamamı kaynaklı veya bulonlu birleşimlerden oluşması durumuna göre farklı olacaktır. Böyle bir durumda, kolon yüzündeki kaynaklı düğüm noktası levhası birleşimi, çapraz elemandaki kuvvetin düşey bileşeni ve kirişteki düşey mesnet tepkisinin toplamını aktarma eğiliminde olacaktır. Aynı zamanda, yatay kuvvetin kiriş gövdesindeki bulonlu birleşimle kolona aktarılması da daha rijit olan kaynaklı düğüm noktası levhası birleşimleri nedeniyle önlenecek ve böylece düğüm noktası levhası-kiriş başlığı kaynaklı birleşimi, çaprazdaki kuvvetin tüm yatay bileşenini de aktarma eğiliminde olacaktır. Böylece, kiriş-kolon-çapraz birleşiminde kolona aktarılması gereken kuvvetler büyük oranda düğüm noktası levhasının kolon yüzüne kaynaklı bağlantısı ile aktarılacak ve kiriş gövdesindeki kayma levhası kuvvet aktaramayacaktır. Bu durumda, birleşimin dengesi dikkate alındığında, kiriş ve kolonlarda ilave momentler oluşacak ve bu momentleri aktarabilmek için düğüm noktası levhası-kolon yüzü ve düğüm noktası levhası-kiriş başlığındaki kaynaklara daha büyük kuvvetler etkiyecektir.

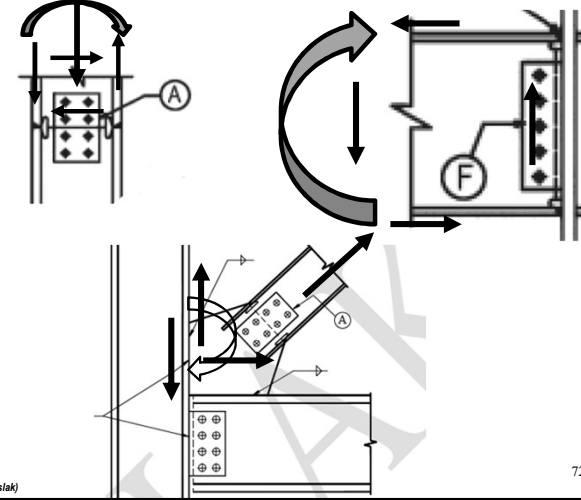


Şekil 9A.2

71

TBDY\_2018 (Taslak)

## GENEL KAVRAMLAR



72

TBDY\_2018 (Taslak)

## SÜNEK SİSTEMLER İÇİN DÜĞÜM NOKTALARI

- GENEL KAVRAMLAR
- **MOMENT AKTARAN ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI**
- MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI
- DIŞMERKEZİ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI
- KOLON EKLERİ

73

## MOMENT AKTARAN ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI

- Tasarım Gereklilikleri
- Norridge Depremi ve Sonuçları Üzerine
- Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar
- Kolon Panel Bölgesi
- Süreklilik Levhaları
- Yanal Stabilite

74

### Tasarım Gereklilikleri

**Kolon kiriş bağlantıları temelde aşağıdaki 3 noktayı sağlamalıdır.**

(a) Birleşim en az 0.04 radyan *görelî kat ötelemesi açısı*'nı (görelî kat ötelemesi/kat yüksekliği) sağlayabilecek kapasitede olacaktır. Bunun için, deneysel ve/veya analitik yöntemlerle geçerliliği kanıtlanmış olan detaylar kullanılacaktır. Geçerliliği kanıtlanmış olan çeşitli bulonlu ve kaynaklı birleşim detayı örnekleri ve bunların uygulama sınırları **Ek 9B**'de verilmiştir.

(b) Birleşimin kolon yüzündeki  $M_{uc}$  *gerekli eğilme momenti dayanımı*, **Ek 9B**'de tanımlanan detayda, düğüm noktasına birleşen kirişin olası plastik eğilme momenti,  $M_p$  ile kiriş ucundaki olası plastik mafsalin yeri dikkate alınarak, **Denk.(9.11)** ile hesaplanacak eğilme momenti dayanımından daha az olmayacaktır.

$$M_{uc} = M_{pr} + V_{uc} l_h \quad (9.11)$$

*Gerekli eğilme momenti dayanımının* belirlenmesinde, kirişin plastik mafsal ve kolon yüzü arasındaki bölümleri için, düşey yüklerden gelen ilave eğilme momentinin katkısı da dikkate alınabilir.

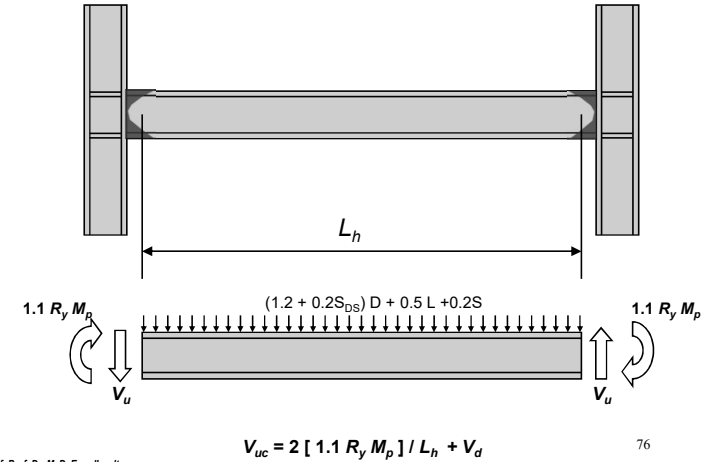
(c) Birleşimin boyutlandırılmasında kullanılacak  $V_{uc}$  kesme kuvveti, akma (mekanizma) durumu esas alınarak belirlenen kesme kuvveti ile kiriş ucundaki plastik mafsal noktalarında  $(1.2G + 0.5Q + 0.2S)$  yük birleşimi altında hesaplanacak kesme kuvveti toplanarak **Denk. (9.12)** ile elde edilecektir. *Gerekli kesme kuvveti dayanımının* belirlenmesinde, kirişin plastik mafsal ve kolon yüzü arasındaki bölümleri için, düşey yüklerden gelen ilave kesme kuvvetinin katkısı da dikkate alınabilir.

$$V_{uc} = V_d \pm (M_{pr} + M_{pj}) / l_h \quad (9.12)$$

TBDY, 2018 (Tasınak)

### Tasarım Gereklilikleri

Kolon-kiriş bağlantı için gerekli kesme dayanımının bulunması



76

## Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine

### Hasar sebepleri : Tasarımsal Faktörler

Gerilme ve birim uzamaların kiriş başlık kaynaklarında çok yüksek olması

- Kiriş kesme bağlantısının moment ve kesme etkilerinin aktarımında uygun olmayan davranışı
- Kaynak ulaşım deliği etkisi
- Kolon başlığındaki eğilmenin etkisi
- Diğer faktörler

77

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

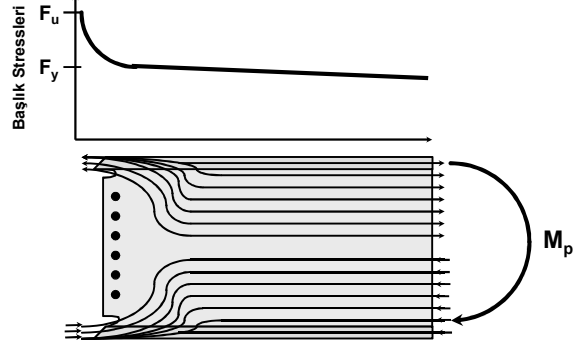
## Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine

- Ocak 17, 1994
- Büyüklük = 6.8
- Merkez üssü : Northridge - San Fernando Valley (Los Angeles bölgesi)
- Ölüm : 58
- Hasar : \$20 Milyar
- Sylmar: 0.91g H 0.60g V
- Sherman Oaks: 0.46g H 0.18g V
- Granada Hills: 0.62g H 0.40g V
- Santa Monica: 0.93g H 0.25g V
- North Hollywood: 0.33g H 0.15g V

78

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

## Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine

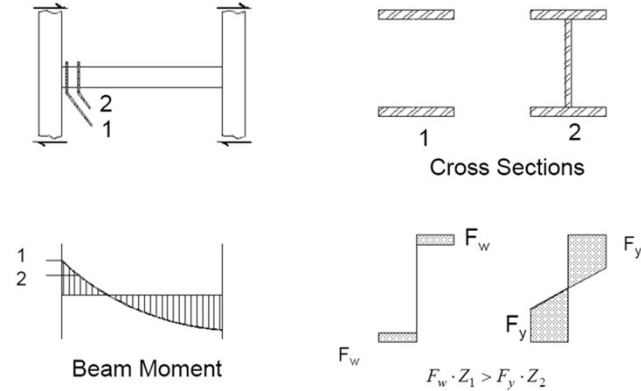


Moment sebebiyle oluşan gerilmelerin, gövde bağlantısı nedeni ile düzgün yayılmama durumu

79

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

## Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine



80

Rafael Sabelli



### Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine

Başlıklarda artan gerilme sebebiyle başlıkta oluşan kesme gerilmeleri

$V_{flange}$

Gerilme Konstrasyonu:

- Kaynak ulaşım deliği
- Başlıkta kesme kuvveti
- Gövde bağlantısının moment aktarımına yetersiz katkısı

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

81

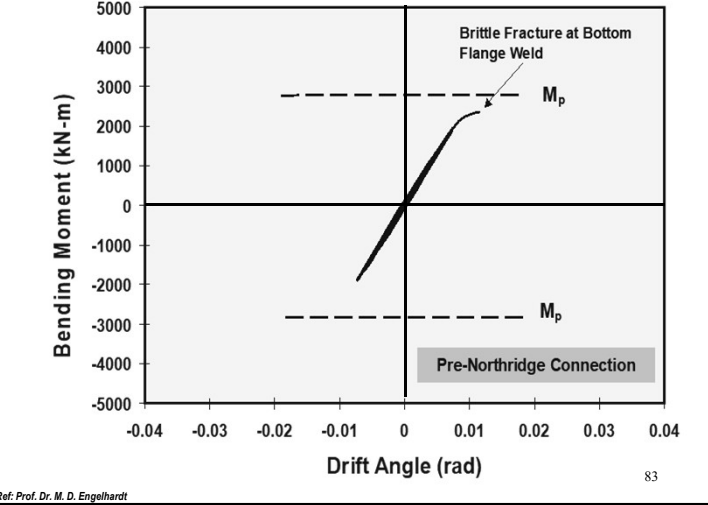
### Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine

Geliştirilmiş Kaynak Ulaşım Deliği

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

82

### Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine



### Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine

Kaynaklı Bağlantılarda Northridge Depreminden Sonra Gözlenen Tipik Hasarlar

- complete fracture at weld-column interface
- complete fracture prop'tg up the column flange
- partial fracture prop'tg up the column flange
- fracture through weld metal
- fracture across beam flange at toe of weld
- lamellar tearing in column flange
- fracture across column flange (horiz'l or inclined)
- fracture across column flange and part of web

Ref: Prof. Dr. H. Krawinkler

84

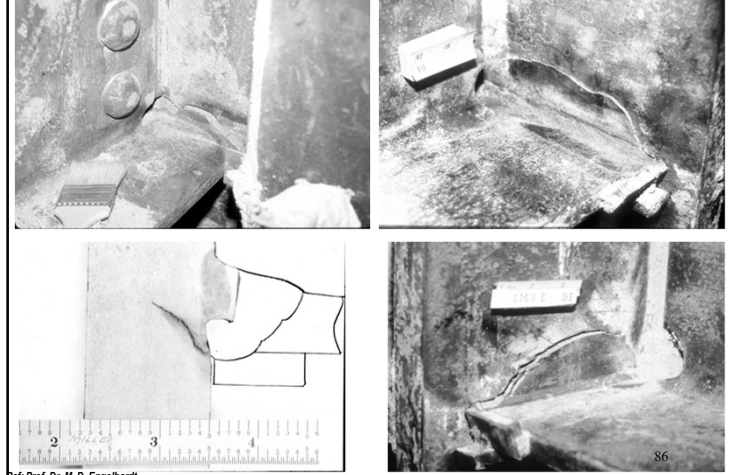
### Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine



85

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

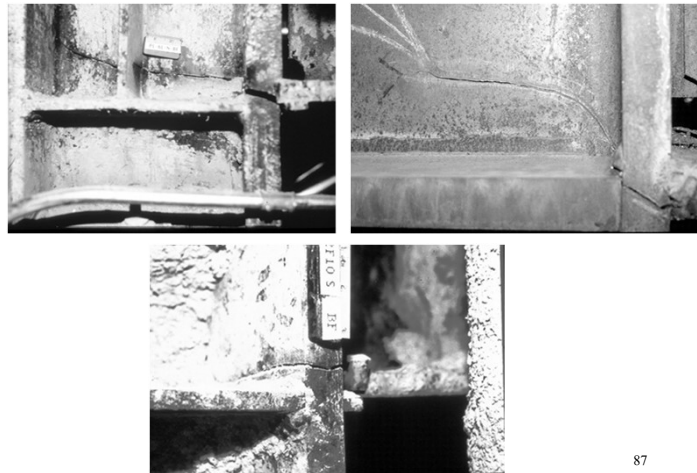
### Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine



86

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

### Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine



87

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

### Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine

#### **Hasar Gözlemleri**

- Birçok çelik moment aktaran çerçeveye sahip binalarda kolon kiriş bağlantılarında hasar gözlenmiştir.
- Çelik çerçevelerde toptan göçme gözlenmemiştir.
- Tipik Hasarlar:
  - Küt kaynaklarda kırılma
  - Kolon başlıklarında "divot" kırılması
  - Kolon başlığında başlayan ve gövdeye ilerleyen

#### **Kaynaklarda gözlenen zaaf lar**

- Düşük tokluğa sahip kaynak metal
- Düşük kalite
- Besleme levhası kaynaklı hasarlar

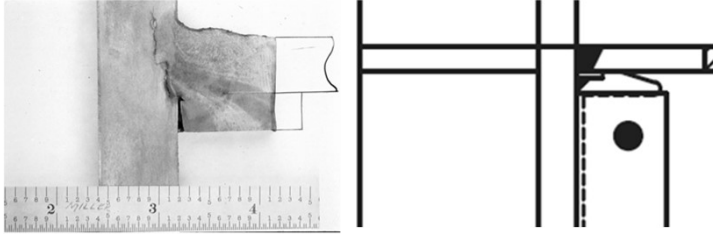
88

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

### Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine

Kaynak destek levhasından kaynaklanan hatalar ve zorluklar:

- Çentik etkisi
- Kaynak kontrol zorluğunun artması



Ref. Prof. Dr. M. D. Engelhardt **Problem**

**Çözüm**

89

### Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine

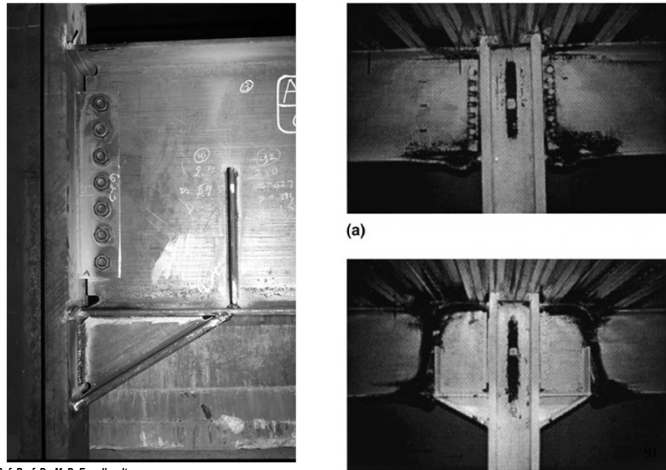
Hasar Görmüş Bağlantılar için Güçlendirme Önerileri



Ref. Prof. Dr. M. D. Engelhardt

90

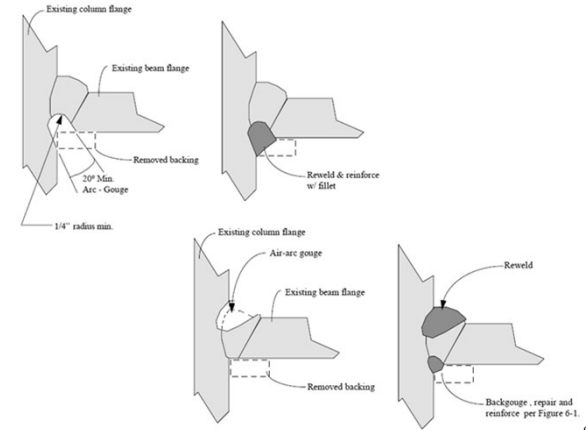
### Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine



Ref. Prof. Dr. M. D. Engelhardt

### Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine

Kaynak Hasarları için Örnek Onarım

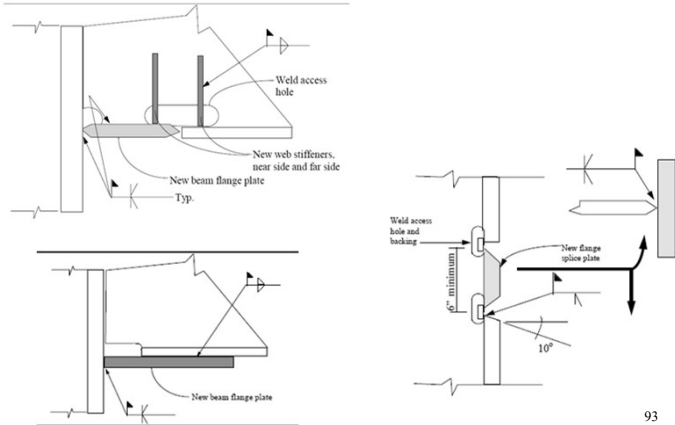


FEMA 267

92

## Northridge Depremi ve Sonuçları Üzerine

Hasar Görmüş Kiriş Kolon Başlıkları için Örnek Onarım



FEMA 267

93

## Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar

ANSI/AISC 358-16  
An American National Standard

### Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications

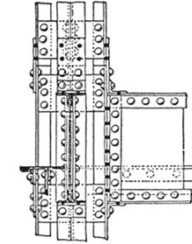
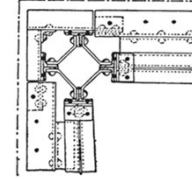
May 12, 2016

Supersedes ANSI/AISC 358-10, ANSI/AISC 358-11, ANSI/AISC 358-14  
and all previous versions

Approved by the Connection Prequalification Review Panel



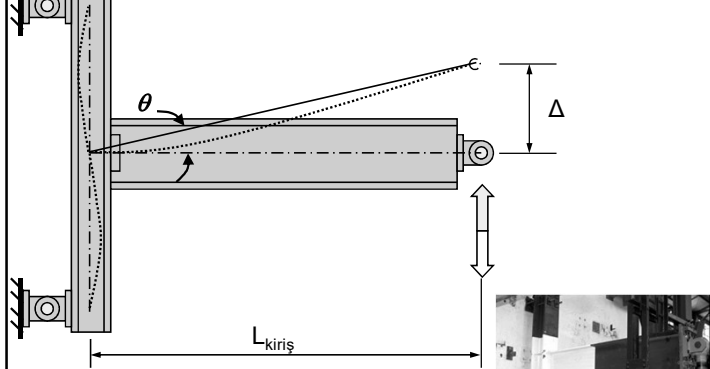
AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION  
130 East Randolph Street, Suite 2000, Chicago, Illinois 60601  
www.aisc.org



94

## Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar

Tipik dış aks kolon – kiriş bağlantısı deney numunesi



$$\text{Görelî kat ötelemesi dönme açısı } \theta = \frac{\Delta}{L_{\text{kiriş}}}$$

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

95

## Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar

Test gereklilikleri- Yükleme geçmişi

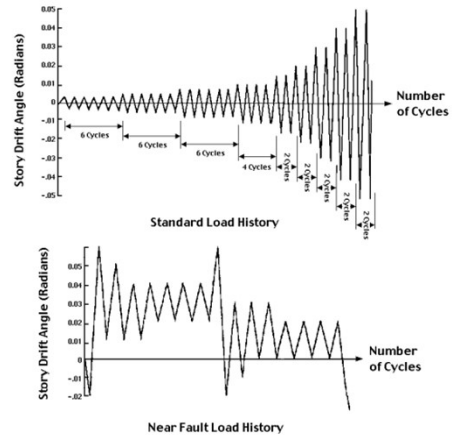
- 6 çevrim  $\theta = \pm 0.00375$  rad.
- 6 çevrim  $\theta = \pm 0.005$  rad.
- 6 çevrim  $\theta = \pm 0.0075$  rad.
- 4 çevrim  $\theta = \pm 0.01$  rad.
- 2 çevrim  $\theta = \pm 0.015$  rad.
- 2 çevrim  $\theta = \pm 0.02$  rad.
- 2 çevrim  $\theta = \pm 0.03$  rad.
- 2 çevrim  $\theta = \pm 0.04$  rad.

Görelî kat ötelemesi  
dönme açısı  $\theta$

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

96

**Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar**

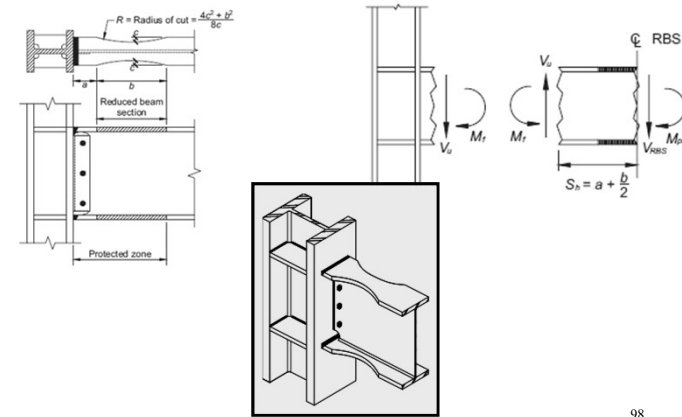


FEMA 355

97

**Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar**

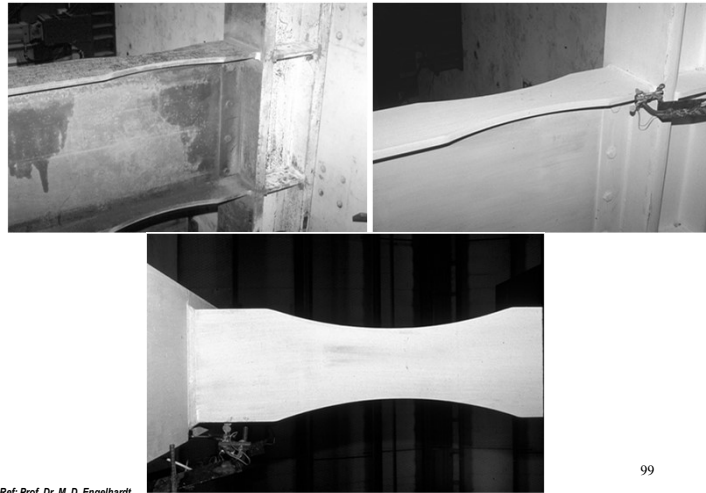
**Azaltılmış En Kesitli Birleşim Detayı (RBS):**



AISC 358-16

98

**Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar**



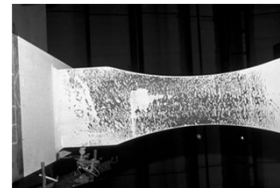
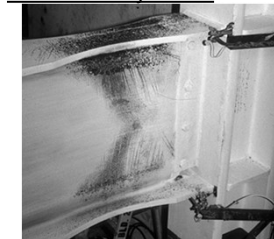
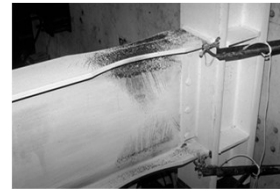
Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

99

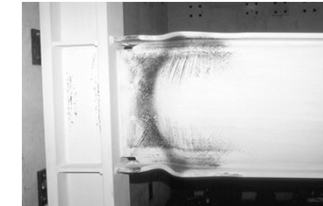
**Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar**

$\theta \cong 0.02$  radyan.....

$\theta \cong 0.03$  radyan.....



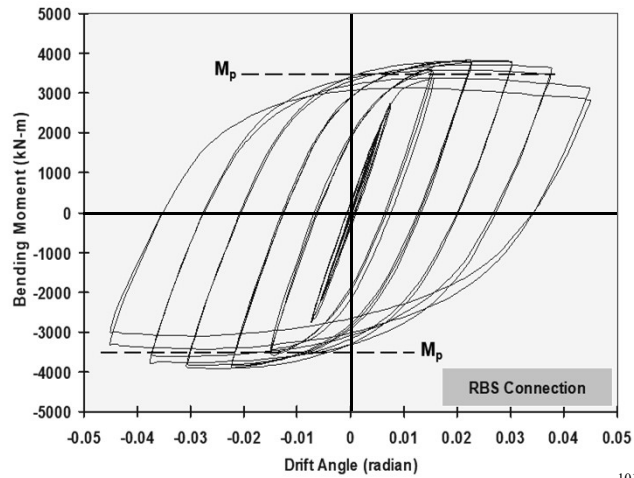
$\theta \cong 0.04$  radyan.....



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

100

### Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

101

### Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar

#### Alın Levhali Birleşim:

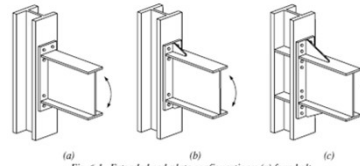


Fig. 6.1. Extended end-plate configurations: (a) four-bolt unstiffened, 4E; (b) four-bolt stiffened, 4ES; (c) eight-bolt stiffened, SES.

TABLE 6.3  
Summary of Four-Bolt Extended Stiffened End-Plate Geometry and Yield-Line Mechanism Parameter

Case	Yield-Line Mechanism Parameter	Bolt Force Model
Case 1 (4E)	$\frac{1}{2} \left( \frac{b_f}{d} + \frac{b_f}{d} \right) \left( \frac{b_f}{d} + \frac{b_f}{d} \right) \left( \frac{b_f}{d} + \frac{b_f}{d} \right)$	$\frac{1}{2} (F_u A_s + F_u A_s)$
Case 2 (4ES)	$\frac{1}{2} \left( \frac{b_f}{d} + \frac{b_f}{d} \right) \left( \frac{b_f}{d} + \frac{b_f}{d} \right) \left( \frac{b_f}{d} + \frac{b_f}{d} \right)$	$\frac{1}{2} (F_u A_s + F_u A_s)$
Case 3 (SES)	$\frac{1}{2} \left( \frac{b_f}{d} + \frac{b_f}{d} \right) \left( \frac{b_f}{d} + \frac{b_f}{d} \right) \left( \frac{b_f}{d} + \frac{b_f}{d} \right)$	$\frac{1}{2} (F_u A_s + F_u A_s)$

Fig. 6.6. Typical view of design details.

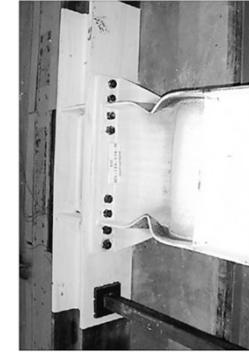


Photo courtesy of Professor Thomas Murray, Virginia Tech

AISC 358-16

102

### Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar



FIGURE 3.7. FOUR BOLT EXTENDED UNSTIFFENED CONNECTION AFTER TESTING (4E-1.25-1.5-24)

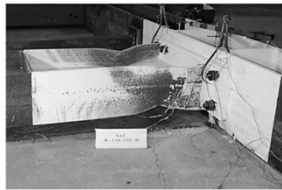
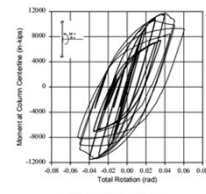
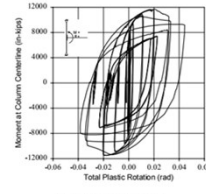


FIGURE 3.8. FOUR BOLT EXTENDED UNSTIFFENED CONNECTION AFTER TESTING SHOWING DETAIL OF BEAM FLANGE (4E-1.25-1.5-24)



a) Moment vs. Total Rotation



b) Moment vs. Plastic Rotation

FIGURE 3.6. FOUR BOLT EXTENDED UNSTIFFENED MOMENT ROTATION RESPONSE (4E-1.25-1.5-24)

Photo courtesy of Professor Thomas Murray, Virginia Tech

103

### Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar

#### Bulunlu Başlık Levhali Birleşim (BFP):

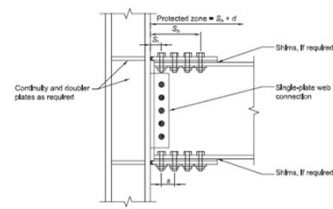


Fig. 7.1. Bolted flange plate moment connection.



(a) Fracture Location

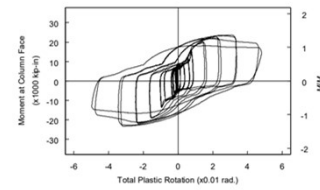


Figure 3.9 Specimen BFP-1: Beam Moment versus Total Plastic Rotation



(b) Close-up

AISC 358-16 & E. POPOV PEER Report

104

## Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar

### Kaynaklı Kolon- Kiriş Bağlantısı:

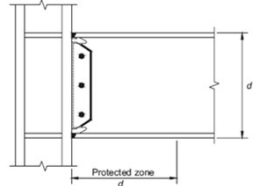


Fig. 8.1. WUF-W moment connection.

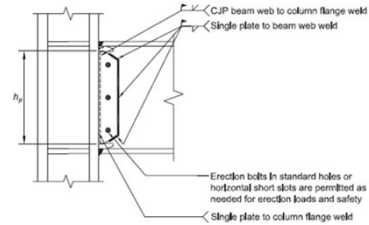


Fig. 8.2. General details of beam web-to-column flange connection.

AISC 358-16

105

## Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar

### Kaiser Bulonlu Braket Kolon- Kiriş Bağlantısı:

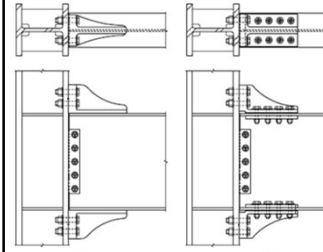


Fig. 9.1. Kaiser bolted bracket connection.  
(a) W-series connection; (b) B-series connection.



AISC 358-16

106

## Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar

### Conxtech Kolon- Kiriş Bağlantısı:

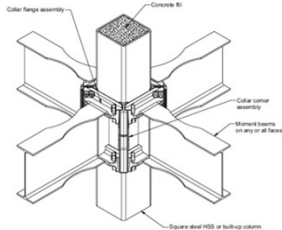
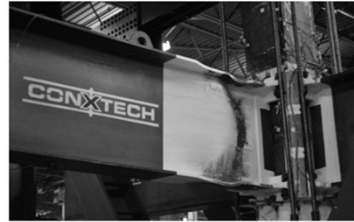
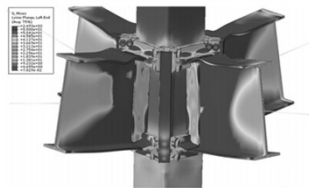


Fig. 10.1. Assembled ConxTech moment connection.



TECHNICAL SUMMARIES:  
RESISTANCE TO PROGRESSIVE COLLAPSE



AISC 358-16

107

## Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar

### Yanal Levhalı Kolon-Kiriş Bağlantısı(Side Plate Connection):

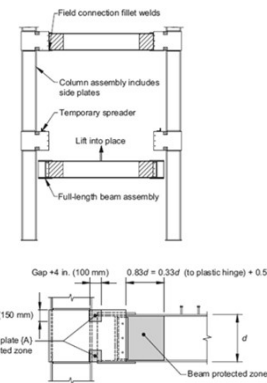


Fig. 11.6. Location of beam and side plate protected zones (one-sided connection shown).

AISC 358-16

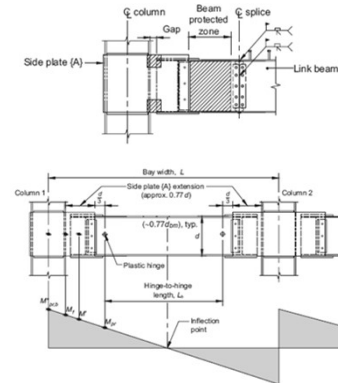
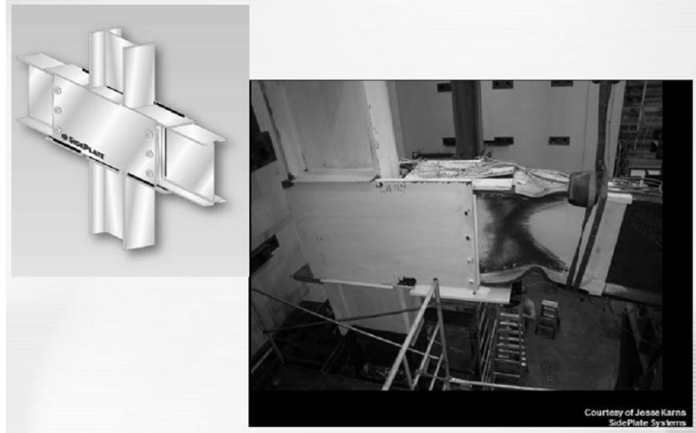


Fig. 11.5. Plastic hinge location and hinge-to-hinge length.

108

### Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar



Courtesy of Jesso Karna  
SidePlate Systems

109

AISC 358-16

### Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar

#### Simpson Strong – Tie Kolon-Kiriş Bağlantısı:

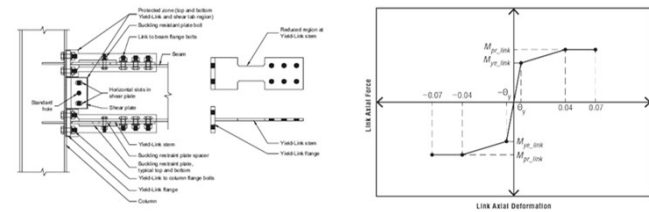


Fig. 12.1. Simpson Strong-Tie Strong Frame moment connection.

FIGURE A18—CONNECTION MOMENT VS. ROTATION



110

AISC 358-16

### Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar

#### Çift T Kesitli Kolon-Kiriş Bağlantısı ( Double – Tee Connection):

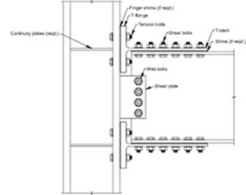


Fig. 11.1. Typical double-tee connection.

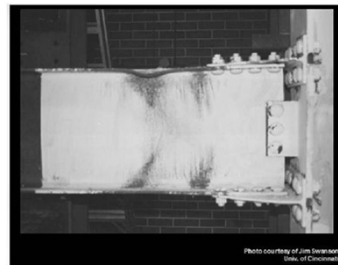


Photo courtesy of Jim Swanson  
Steel, of Chicago

111

Fig. 11.2. Beam dimensions for double-tee connections.  
Shaded regions represent plastic hinges.

AISC 358-16

### Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar

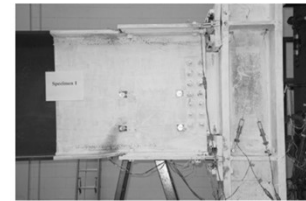
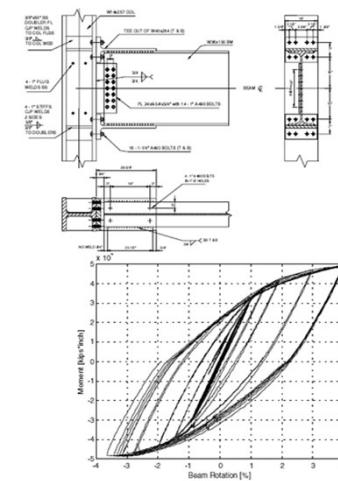


Figure 2-6. Specimen 1 after the test (side view)

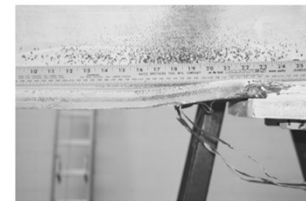


Figure 2-7. Residual beam flange buckling (after the test)

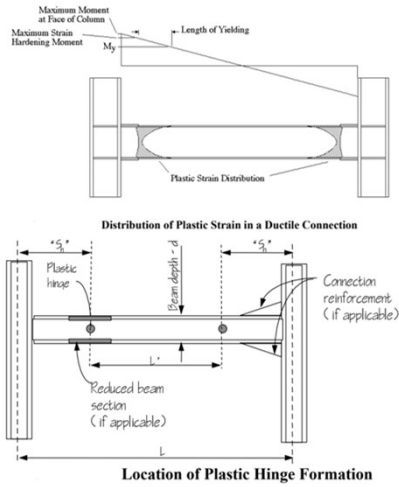
FIGURE A18—CONNECTION MOMENT VS. ROTATION

112

E.POPOV, PEER Report



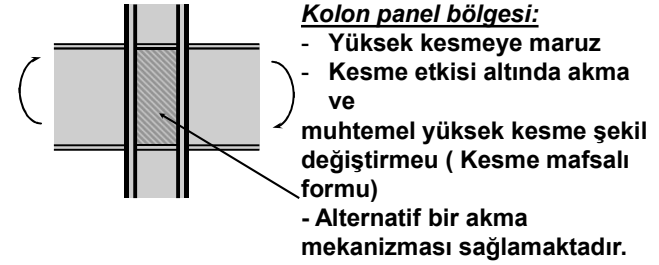
### Kalitesi Önceden Belirlenmiş Bağlantılar



E. POPOV ... PEER Report & FEMA 350

113

### Kolon panel bölgesi



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

114

### Kolon panel bölgesi

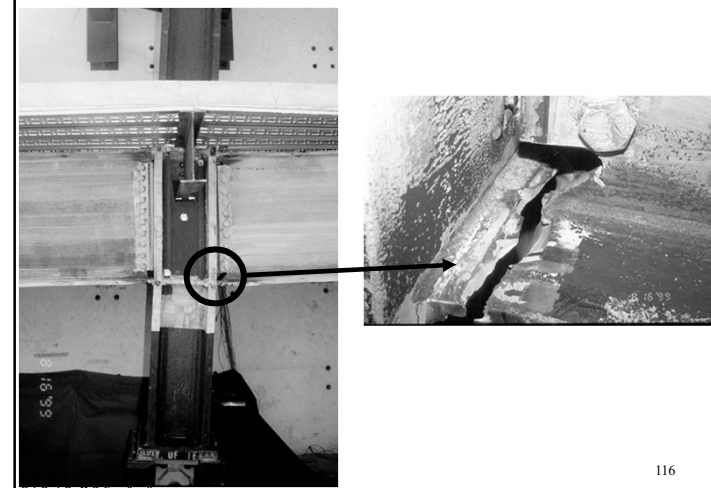
Panel bölgesinde kesme etkisi altında akma durmunda düğüm şekil değiştirmesi



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

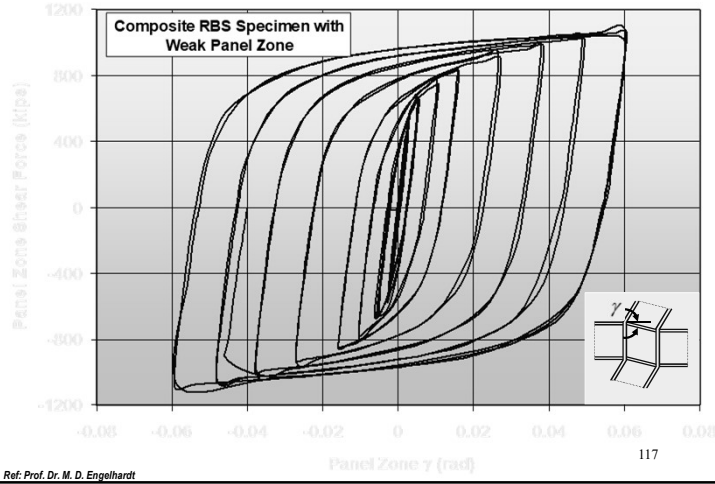
115

### Kolon panel bölgesi



116

## Kolon panel bölgesi



## Kolon panel bölgesi

### Panel bölgesi davranışı üzerine gözlemler

- Muhtemel yüksek sünek davranış.
- Panel bölgesinin köşelerinde lokalize şekil değiştirmeler ("kıvrılma"), kiriş başlığı küt kaynak dikişlerinin yakınında kırılma olasılığını artırabilir.
- Yapı yönetmeliklerinde, panel bölgesi tasarımı çok farklı biçimlerde yer almaktadır.
- Mevcut AISC şartnamesi panel bölgesinde doğrusal olmayan davranışı sınırlamaktadır.
- Kabul edilebilir panel bölgesi doğrusal olmayan davranış tanımı için daha fazla araştırmaya ihtiyaç söz konusudur.

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

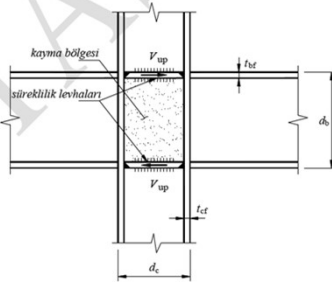
118

## Kolon panel bölgesi

### Panel Bölgesi : Kesme Dayanımı

9.3.4.2 – Kiriş-kolon birleşim detayında, kolon ve kiriş başlıklarının sınırladığı kayma bölgesinin (Şekil 9.3)  $V_{up}$  gerekli kesme kuvveti dayanımı, kolona birleşen kirişlerin olası plastik momentleri etkisinden meydana gelen kolon kesme kuvveti esas alınarak Denk.(9.13) ile hesaplanacaktır.

$$V_{up} = \sum M_{uc} \left( \frac{1}{d_b - t_{bf}} - \frac{1}{H_{col}} \right) \quad (9.13)$$

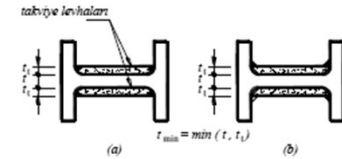


## Kolon panel bölgesi

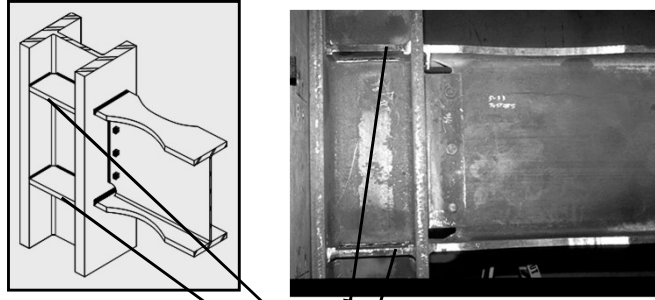
(a) Kayma bölgesi yeterli kesme kuvveti dayanımına sahip olacak şekilde boyutlandırılacaktır. Bunun için, kayma etkisinde akma sınır durumu gözönüne alınarak, kayma bölgesinin tasarım kesme kuvveti dayanımı  $\phi_v = 1.0$  (YDKT) ile belirlenecektir. Bu koşulun sağlanamaması halinde kayma bölgesi, gövde takviye levhaları veya köşegen doğrultusunda levhalar eklenerek güçlendirilecektir.

(b) Kolon gövde levhasının ve eğer kullanılmış ise takviye levhalarının her birinin en küçük kalınlığı,  $t_{min} \geq u / 180$  koşulunu sağlayacaktır (Şekil 9.4). Bu koşulun sağlanmadığı durumlarda, takviye levhaları ve kolon gövde levhası birlikte çalışmaları sağlanacak şekilde birbirlerine kaynaklanacak ve levha kalınlıkları toplamının  $\sum t \geq u / 180$  koşulunu sağladığı kontrol edilecektir.

(c) Kayma bölgesinde takviye levhaları kullanılması halinde, bu levhaların kolon başlık levhalarına bağlanması için tam penetrasyonlu küt kaynak veya köşe kaynağı kullanılacaktır. (Şekil 9.4). Bu kaynaklar, takviye levhası tarafından karşılanan kesme kuvveti gözönüne alınarak boyutlandırılacaktır.



### Sürekliлик Levhaları



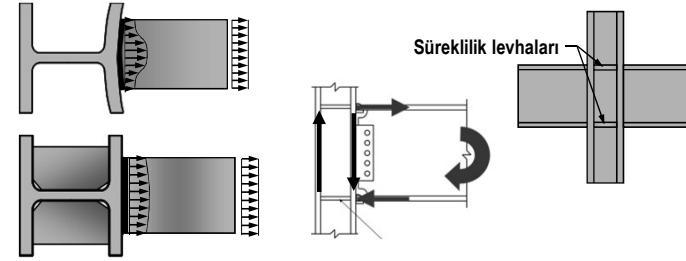
Sürekliлик levhaları

121

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

### Sürekliлик Levhaları

#### Geniş Başlıklı Kolonlar için:



Aşağıdaki şart sağlanmadıkça süreklilık levhaları gerekir:

$$t_{cf} \geq 0.4 \sqrt{1.8 b_{bf} t_{bf} \frac{R_{yb} F_{yb}}{R_{yc} F_{yc}}} \quad \text{ve} \quad t_{cf} \geq \frac{b_{bf}}{6}$$

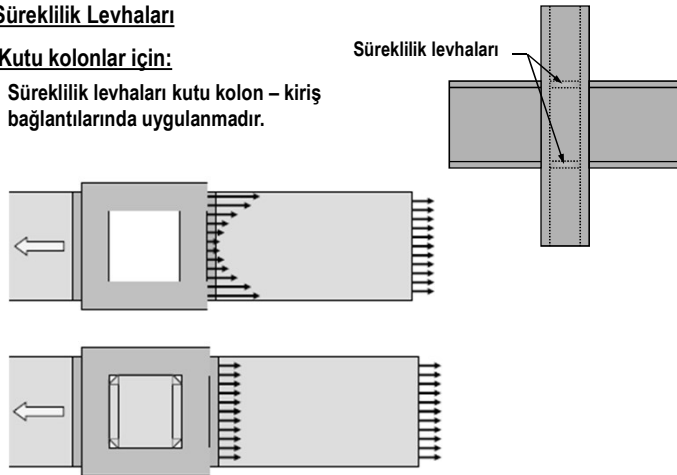
122

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt & Prof. Dr. JUDY LUI

### Süreklilık Levhaları

#### Kutu kolonlar için:

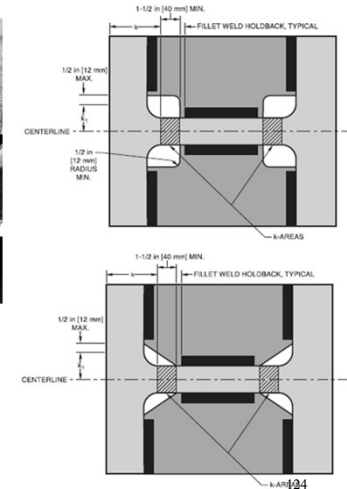
Süreklilık levhaları kutu kolon – kiriş bağlantılarında uygulanmaz.



123

Duane K. Miller, Sc.D., P.E.

### Süreklilık Levhaları



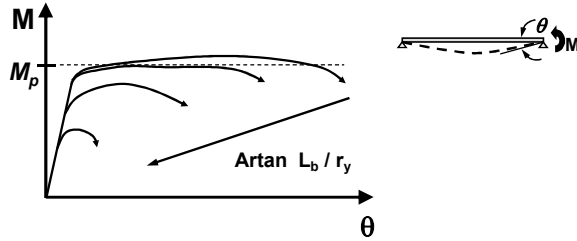
Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

AWS SEISMIC SUPPLEMENT D1

### Yanal Stabilite

MÇ'lerde büyük dayanım kayıplarını, yeter sünek davranış elde edilmeden önce oluşmasını engellemek için, çerçevece kirişlerinin yanal burulmalı burkulmaya karşı tutulması gerekmektedir.

(Yeter süneklik= görelî kat ötelemesi dönme açısı 0.04 rad)



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

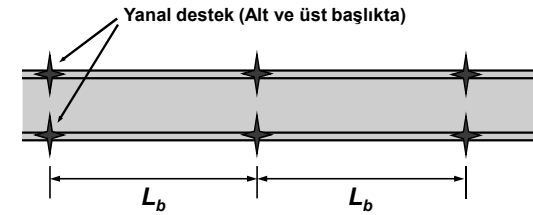
125

### Yanal Stabilite

Yanal burulmalı burkulmayı kontrol eden temel nokta:

$L_b$  = yanal destek noktaları arası mesafe

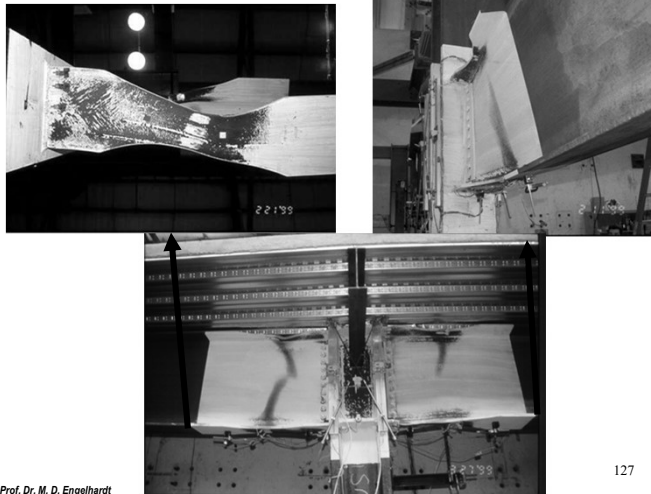
$r_y$  = zayıf eksende atalet yarı çapı



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

126

### Yanal Stabilite



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

127

### SÜNEK SİSTEMLER İÇİN DÜĞÜM NOKTALARI

- GENEL KAVRAM
- MOMENT AKTARAN ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI
- **MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI**
- DIŞMERKEZİ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI
- KOLON EKLERİ

128

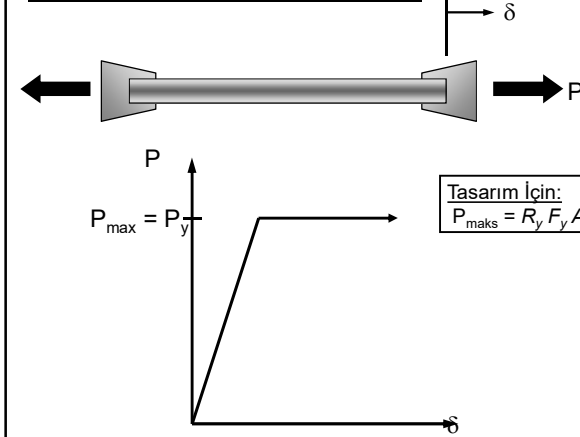
## MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTLARI

- Çapraz Bağlantılarında Oluşabilecek Maksimum Etkiler
- Çapraz – Guse Levhası Bağlantısında Kayıplı Kesitte Kopma Limit Durumu
- Çapraz Bağlantılarında Blok Kesme Limit Durumu
- Guse Levhasının Basınç ve Çekme Altındaki Limit Durumu
- Yeni Deprem yönetmeliğinde Önerilen Bağlantılar
- Kolon ve Kiriş Gövdesinde Lokal Akma Limit Durumu
- Yanal Stabilite
- Çapraz Uçlarının Moment Aktaran Bağlantı ile Bağlı Olduğu Durumda Gerekli Kontroller
- Eğilme / Katlanma Çizgisi

129

## Çapraz Bağlantılarında Oluşabilecek Maksimum Etkiler

Çekme Durumunda- Eksenel Kuvvet:

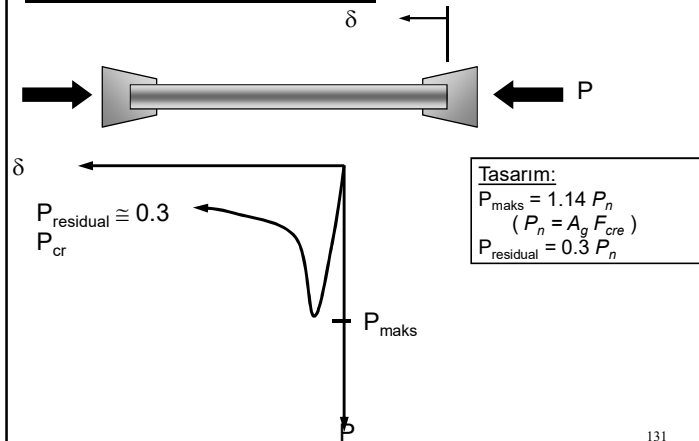


Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

130

## Çapraz Bağlantılarında Oluşabilecek Maksimum Etkiler

Basınç Durumunda- Eksenel kuvvet

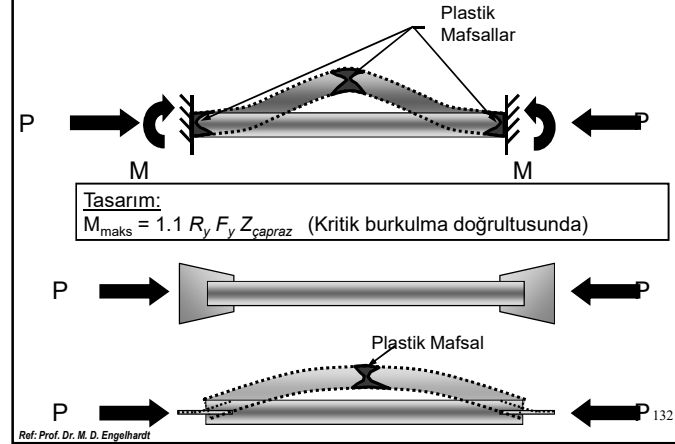


Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

131

## Çapraz Bağlantılarında Oluşabilecek Maksimum Etkiler

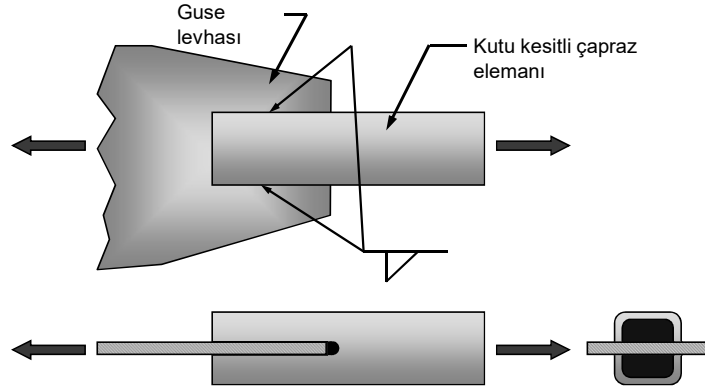
Basınç Durumunda – Eğilme Momenti:



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

132

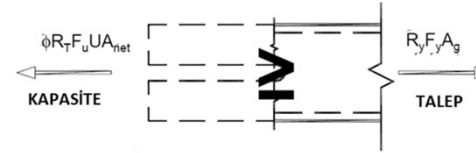
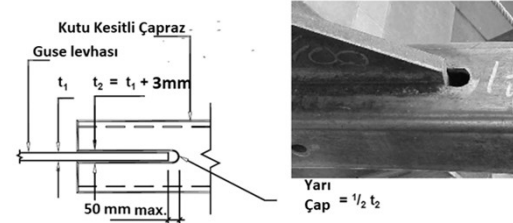
**Çapraz – Guse Levhası Bağlantısında Kayıplı Kesitte Kopma Limit Durumu**



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

133

**Çapraz – Guse Levhası Bağlantısında Kayıplı Kesitte Kopma Limit Durumu**

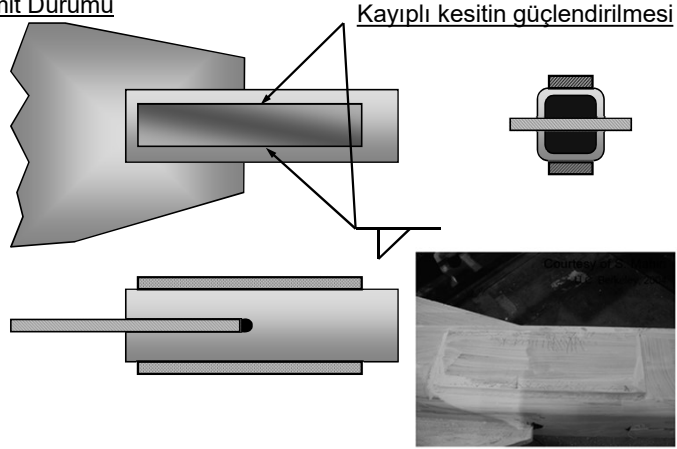


$$\frac{A_{net}}{A_g} \geq \frac{R_y F_y}{\phi R_t F_u U} = \frac{1.23}{S235} \quad 1.17 \quad (U = 0.9) \quad S355$$

Rafael Sabelli

134

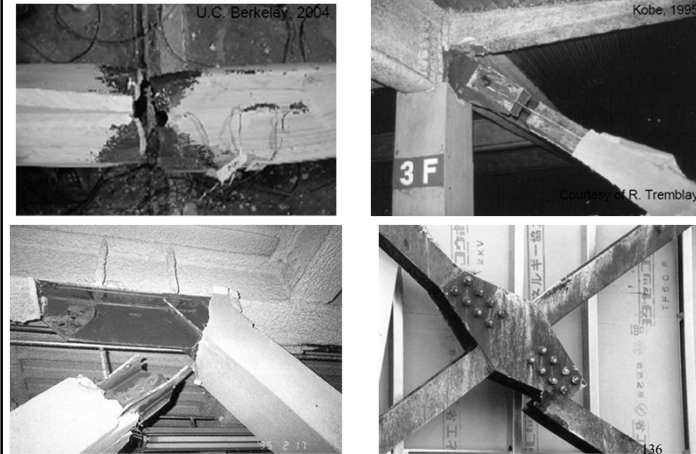
**Çapraz – Guse Levhası Bağlantısında Kayıplı Kesitte Kopma Limit Durumu**



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

135

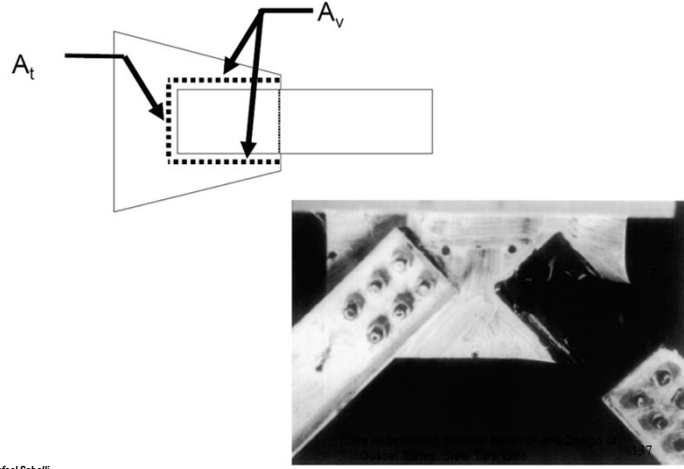
**Çapraz – Guse Levhası Bağlantısında Kayıplı Kesitte Kopma Limit Durumu**



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

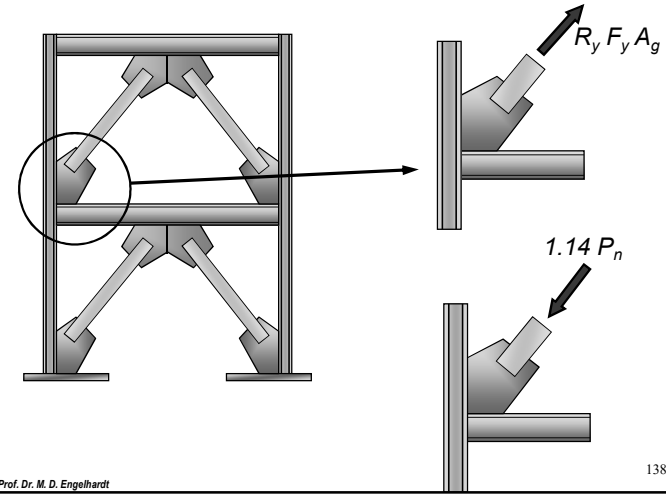
136

### Çapraz Bağlantılarında Blok Kesme Limit Durumu



Rafael Sabelli

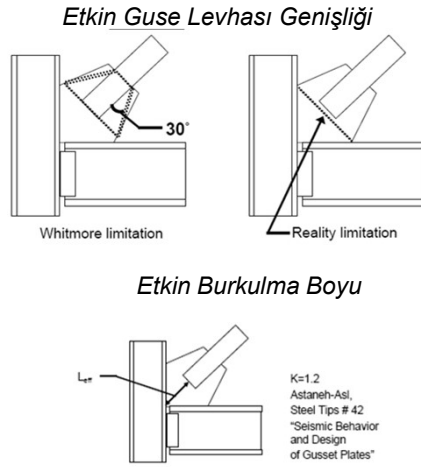
### Guse Levhasının Basınc ve Çekme Altındaki Limit Durumu



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

138

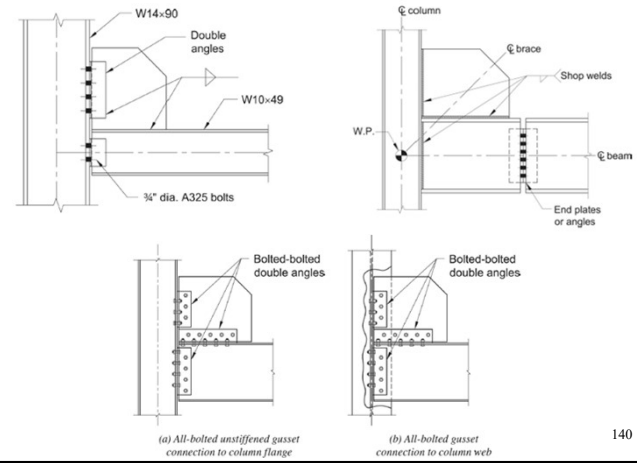
### Guse Levhasının Basınc ve Çekme Altındaki Limit Durumu



Rafael Sabelli

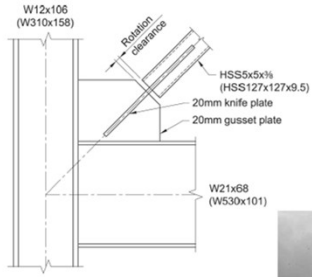
139

### Yeni Deprem yönetmeliğinde Önerilen Bağlantılar



140

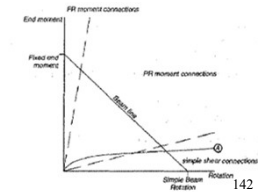
## Yeni Deprem yönetmeliğinde Önerilen Bağlantılar



Courtesy of R. Tremblay

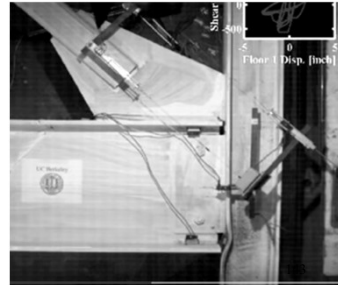
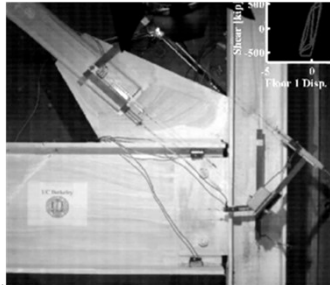
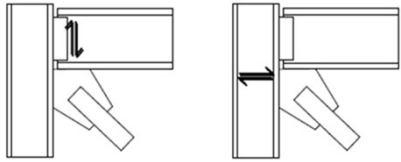
## Yeni Deprem yönetmeliğinde Önerilen Bağlantılar

- Bağlantı dönme açısı  $\approx$  Görelî Kat Ötelemesi açısı
- Basit bağlantılar belirli bir elastik ötesi dönme kapasitesine sahip olmalıdır. (Minimum %2.5 YTDY – 2018)
- Kesme levhali bağlantıların dönme kapasitelerinin az olduğu yapılan araştırmalar ile tespit edilmiştir.
- Bu durumda, köşebent ve alın levhali bağlantıları kullanılması yönetmeliklerde belirtilmiştir.



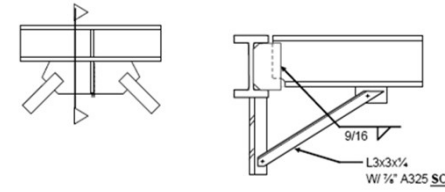
Rafael Sabelli

## Kolon ve Kiriş Gövdesinde Lokal Akma Limit Durumu

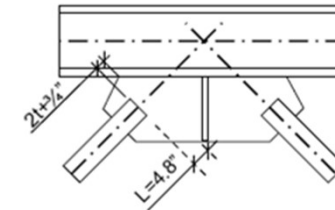


Rafael Sabelli

## Yanal Stabilite



Guse levhasında plastikleşecek bölgelerin belirlenmesi

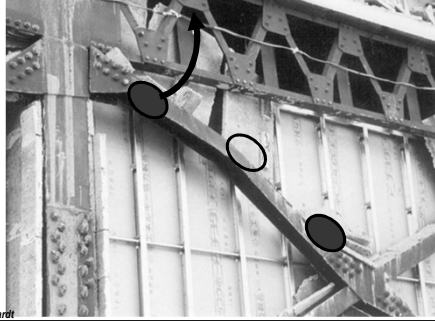
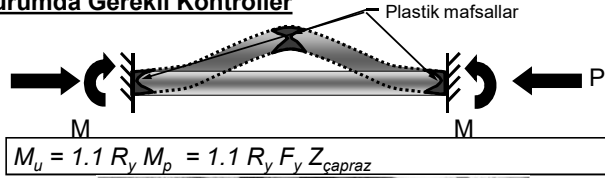


Rafael Sabelli

144



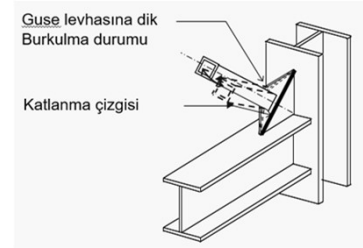
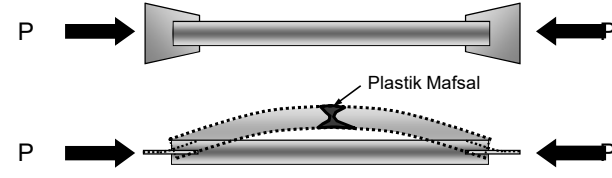
**Çapraz Uçlarının Moment Aktaran Bağlantı ile Bağlı Olduğu Durumda Gerekli Kontroller**



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

145

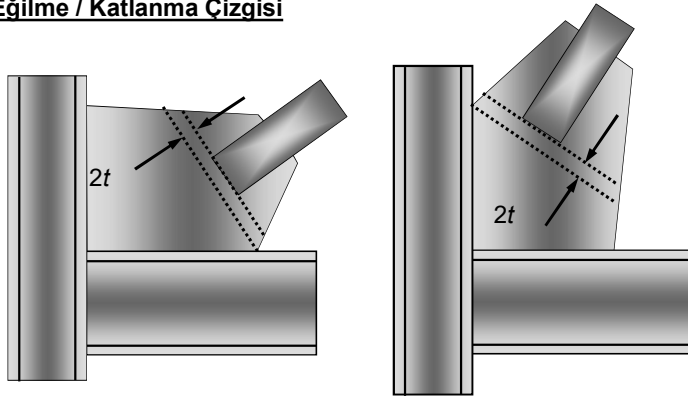
**Eğilme / Katlanma Çizgisi**



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

146

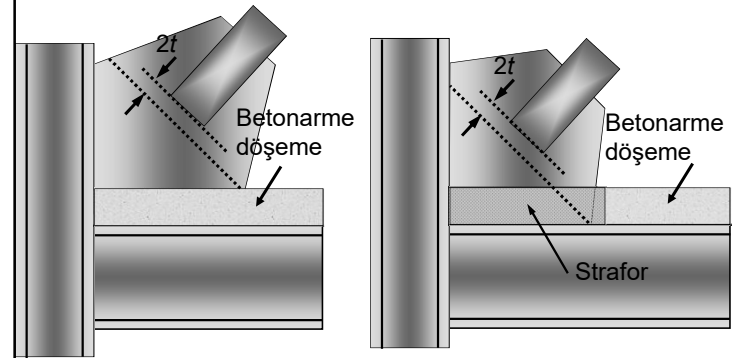
**Eğilme / Katlanma Çizgisi**



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

147

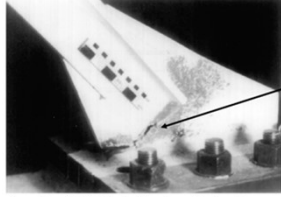
**Eğilme / Katlanma Çizgisi**



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

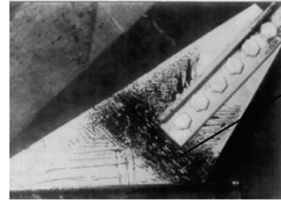
148

### Eğilme / Katlanma Çizgisi



From Astaneh-Asl, Seismic Behavior and Design of Gusset Plates, Steel Tips 1998

Crack formed by gusset plate folding  
**Guse levhası katlanma çizgisinde kırılma**



From Astaneh-Asl, Seismic Behavior and Design of Gusset Plates, Steel Tips 1998

Gusset plate fold line  
**Guse levhası katlanma çizgisi**

149

### Eğilme / Katlanma Çizgisi



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

150

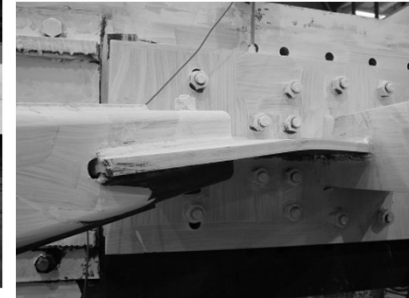
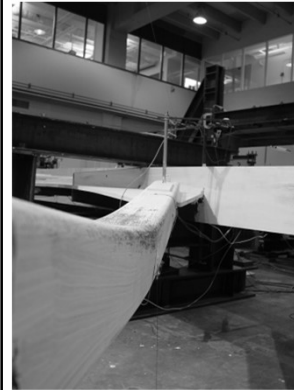
### Eğilme / Katlanma Çizgisi



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

151

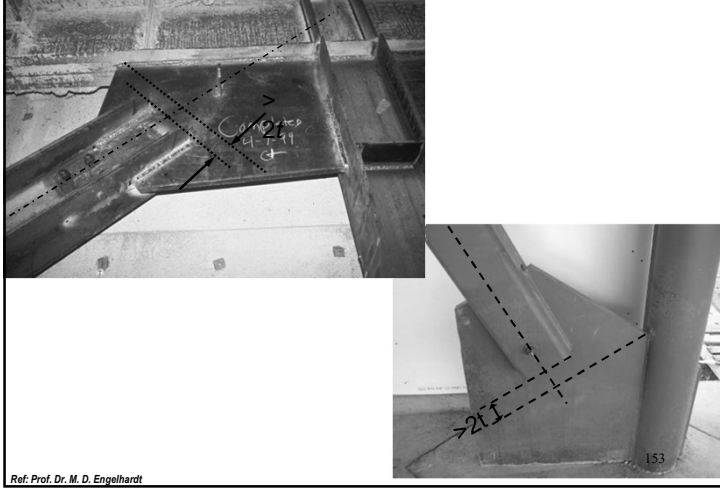
### Eğilme / Katlanma Çizgisi



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

152

### Eğilme / Katlanma Çizgisi



### Eğilme / Katlanma Çizgisi



### SÜNEK SİSTEMLER İÇİN DÜĞÜM NOKTALARI

- GENEL KAVRAM
- MOMENT AKTARAN ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI
- MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI
- DIŞMERKEZİ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI
- KOLON EKLERİ

156

# Dışmerkez Çelik Çaprazlı Çerçeve Detayları

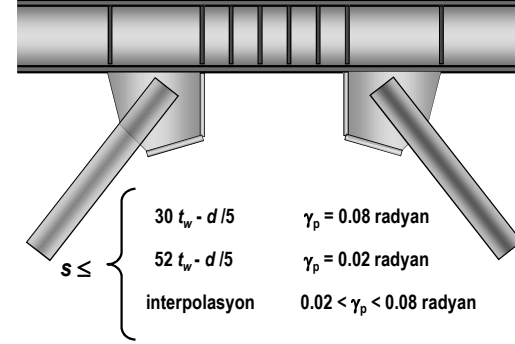
- Bağ Kirişi Berkitme Düzeni
- Bağ kirişi – Çapraz Bağlantıları
- Bağ Kirişi – Kolon Bağlantısı
- Değişebilir Bağ Kirişi
- Yanal Stabilite
- Kolon – Kiriş Bağlantıları
- Christchurch Depremi Hasarları Üzerine

157

## Bağ Kirişi Berkitme Düzeni

$e \leq 1.6 M_p / V_p$   
(Kesme etkisi altında akma)

Bağ kirişi  
uzunluğu =  $e$   
 $s$   $s$   $s$   $s$   $s$



$s \leq \begin{cases} 30 t_w - d / 5 & \gamma_p = 0.08 \text{ radyan} \\ 52 t_w - d / 5 & \gamma_p = 0.02 \text{ radyan} \\ \text{interpolasyon} & 0.02 < \gamma_p < 0.08 \text{ radyan} \end{cases}$

$t_w$  = bağ kirişi gövde kalınlığı  $d$  = bağ kirişi yüksekliği

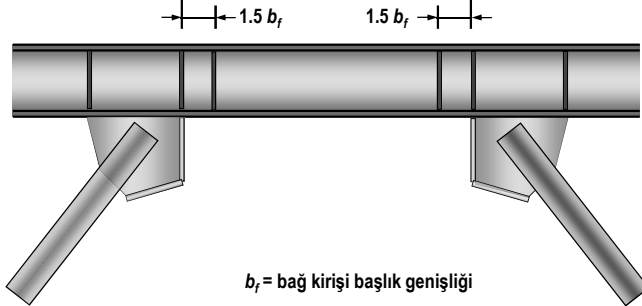
Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

158

## Bağ Kirişi Berkitme Düzeni

$2.6 M_p / V_p < e < 5 M_p / V_p$   
(Uzun bağ kirişi)

Bağ kirişi uzunluğu =  $e$



$b_f$  = bağ kirişi başlık genişliği

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

159

## Bağ Kirişi Berkitme Düzeni



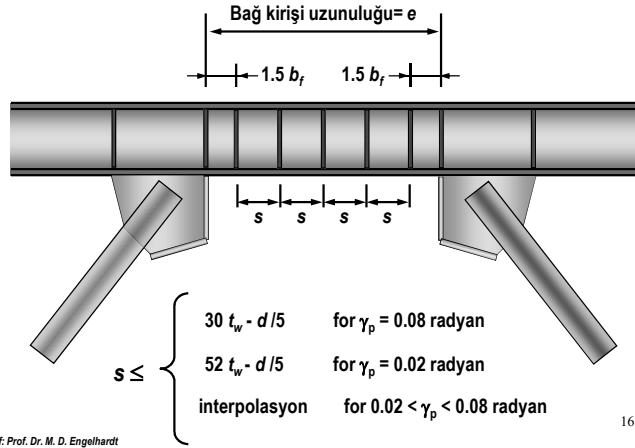
Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

160

**Bağ Kirişi Berkitme Düzeni**

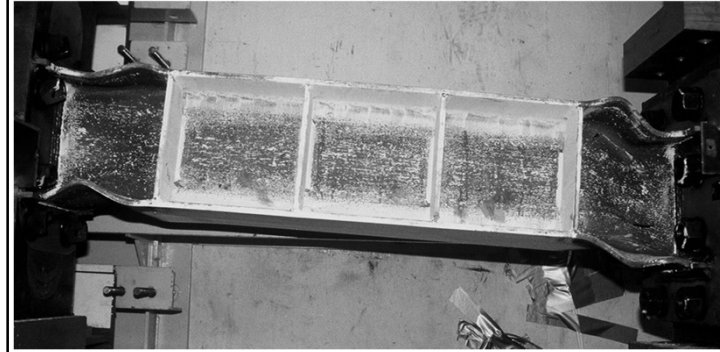
$$1.6 M_p / V_p < e < 2.6 M_p / V_p$$

(Orta bağ kirişi)



161

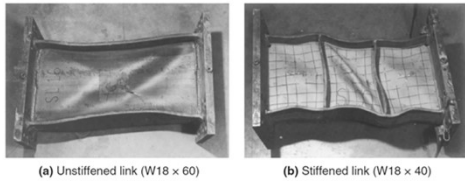
**Bağ Kirişi Berkitme Düzeni**



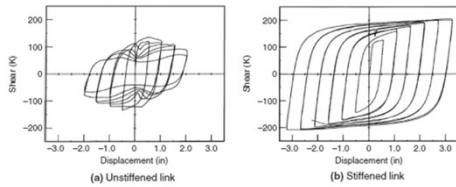
Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

162

**Bağ Kirişi Berkitme Düzeni**

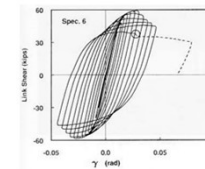
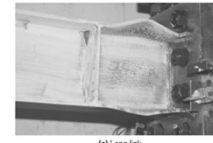
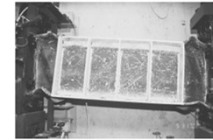
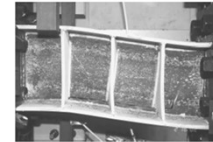


Unstiffened versus stiffened link. (Malley and Popov 1983, with permission from EERC, University of California, Berkeley.)



163

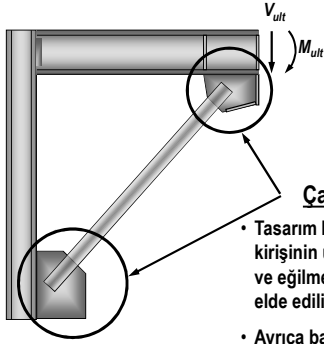
**Bağ Kirişi Berkitme Düzeni**



Link failure modes. (Courtesy of M.D. Engelhardt, Dept. of

164

### Bağ Kiriş – Çapraz Bağlantıları



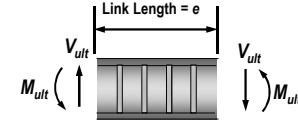
#### Çapraz bağlantıları

- Tasarım kuvvetleri ( $P$  and  $M$ ) bağ kirişinin üreteceği maksimum kesme ve eğilme etkilerinden ( $V_{ult}$  ve  $M_{ult}$ ) elde edilir.
- Ayrıca basınç için  $1.1 R_y P_n$  kuvveti ile kontrol yapılır.
- Çaprazlarda burkulma öngörülmediği için katlanma çizgisi söz konusu değildir.

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

165

### Bağ Kiriş – Çapraz Bağlantıları



Çaprazların tasarımı için:

$$V_{ult\_Ç} = 1.25 R_y V_n$$

Bağ kirişi dışındaki kirişler için :

$$V_{ult\_B} = 1.1 R_y V_n$$

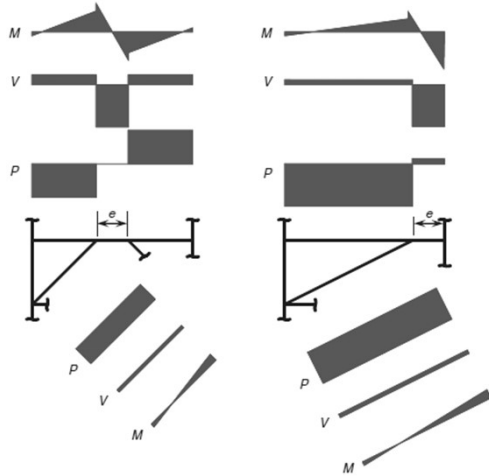
$V_n$  = bağ kirişi nominal kesme dayanımı =  $\min (V_p \text{ or } 2 M_p / e)$

$$M_{ult} = \frac{e V_{ult}}{2}$$

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

166

### Bağ Kiriş – Çapraz Bağlantıları



167

### Bağ Kiriş – Çapraz Bağlantıları



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

168

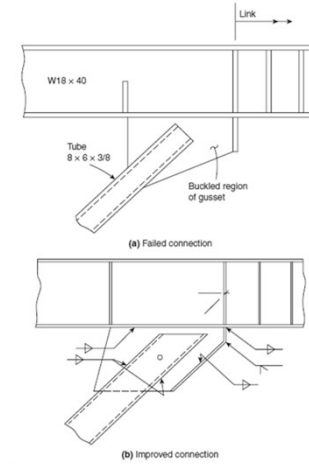
### Bağ Kiriş – Çapraz Bağlantıları



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

169

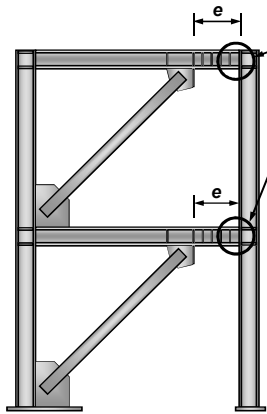
### Bağ Kiriş – Çapraz Bağlantıları



Brace-to-beam gusset connection. (Courtesy of M.D. Engelhardt, Dept. of Civil Engineering, University of Texas, Austin.)

170

### Bağ Kirişi Kolon Bağlantısı



#### Bağ kirişi kolon bağlantısı

Aşağıdaki dönme değerlerini oluşmasını sağlamalıdır:

$$\gamma_p \geq \pm 0.08 \text{ rad. for } e \leq 1.6 M_p / V_p$$

$$\gamma_p \geq \pm 0.02 \text{ rad. for } e \geq 2.6 M_p / V_p$$

interpolasyon

$$1.6 M_p / V_p < e < 2.6 M_p / V_p$$

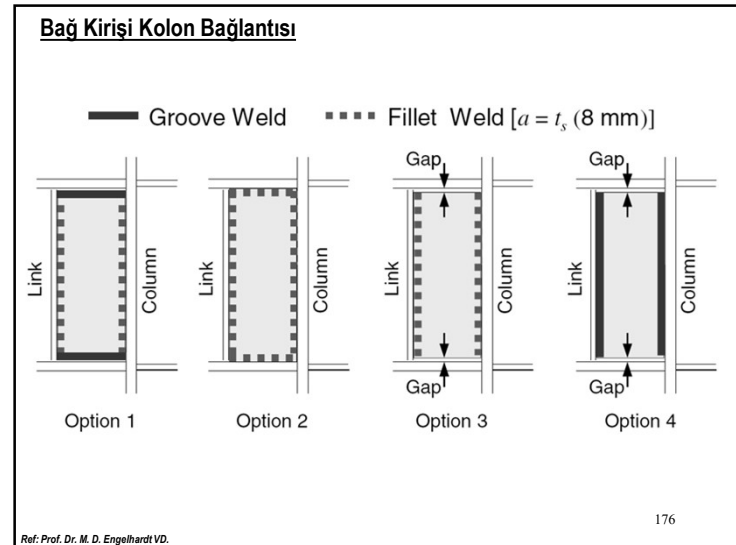
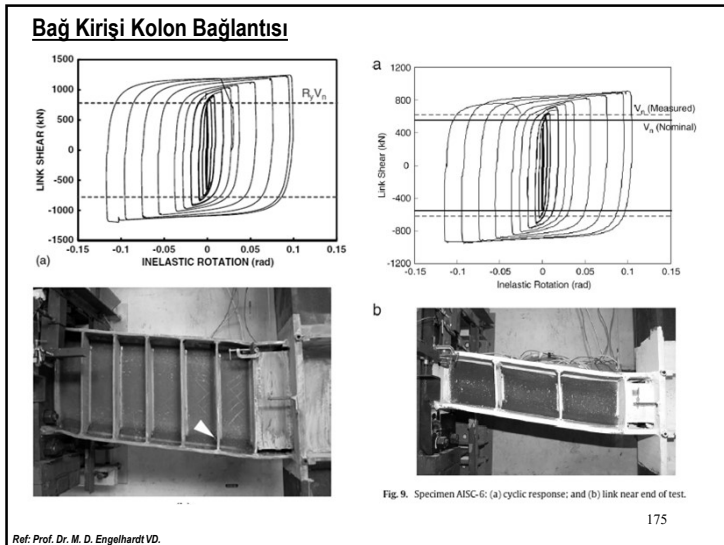
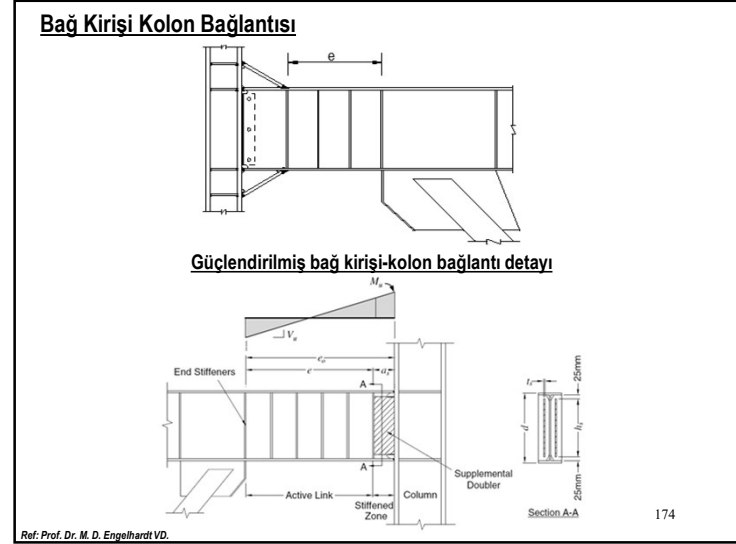
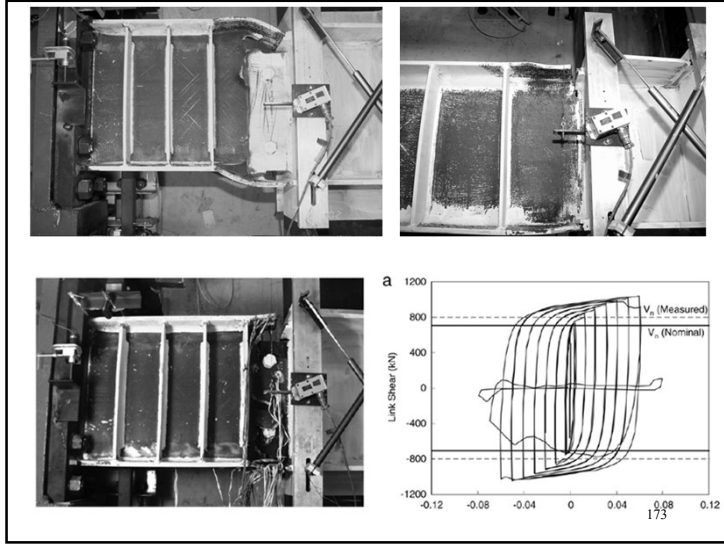
Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

171

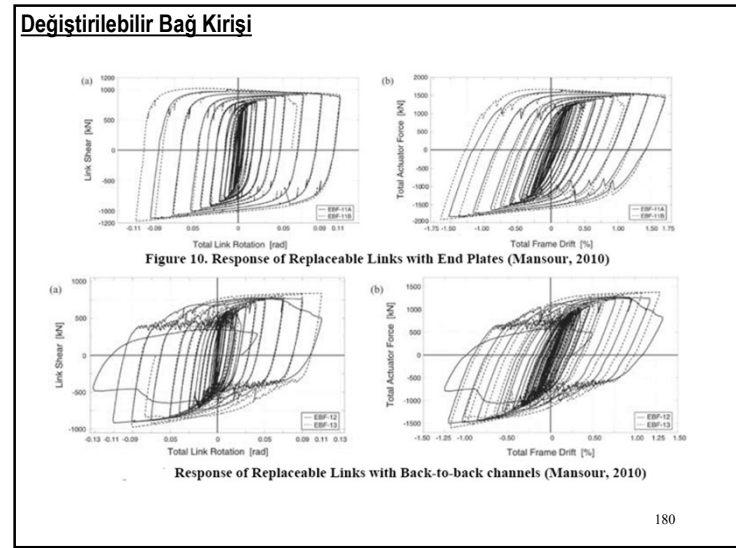
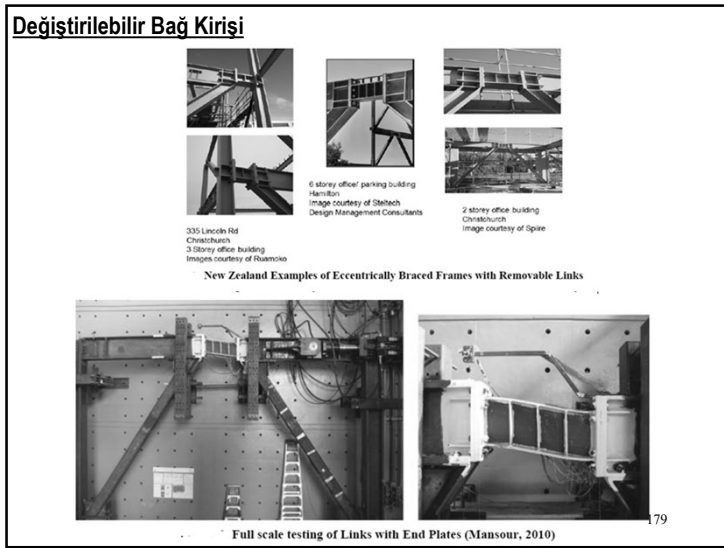
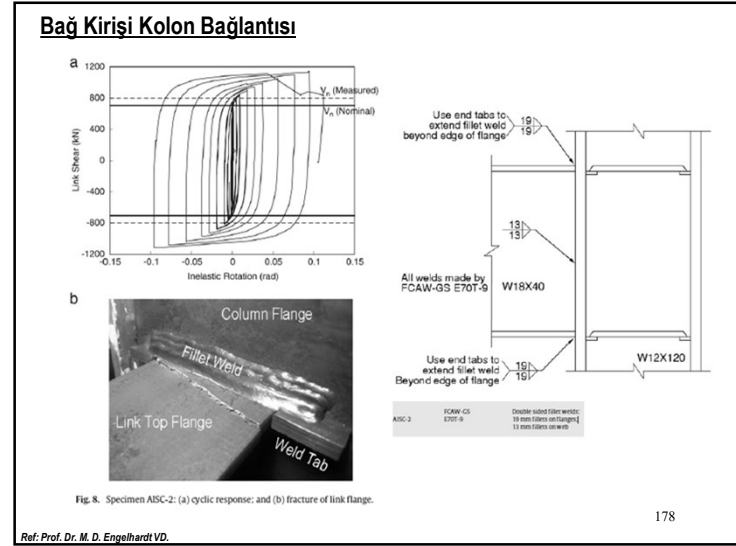
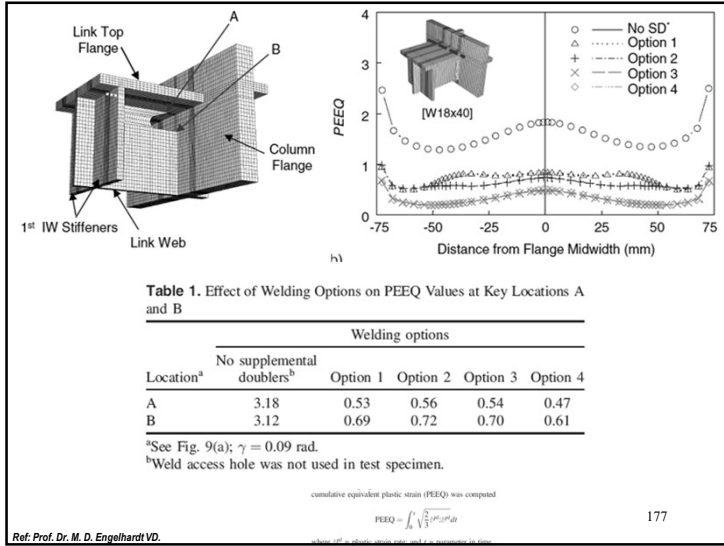
### Bağ Kirişi Kolon Bağlantısı

- Bağ kirişi – kolon bağlantısı oluşacak maksimum kesme kuvvetini ve bu kuvvet kaynaklı kolon yüzündeki momente karşılık gerekli dayanımı olmalıdır.
- Bir önceki madde belirtilen kuvvetlerin yanı sıra diyafram kuvvetlerini de taşımalı. (Eksenel çekme ve basınç)
- Bağ kirişinin kolona moment aktaran bağlantısının kalitesi önceden belirlenmiş bağlantı olması gerekmektedir.
- Fakat kolona bağlı bağ kirişlerinin kalitesi önceden belirlenmiş bağlantısı mevcut değildir. AISC 358 ve FEMA 350 dokümanlarında tariflenen detaylar bağ kirişi için uygun değildir. Bu sebeple tasarlanacak bağlantı çevrimsel deneye tabi tutulmalıdır.
- Deney yapılmadığı durumlarda aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır;
  1. güçlendirilmiş moment çerçeve bağlantısı kullanılabilir. Bu bağlantı akma gerilmelerinin bağlantıdan uzakta olacağı bir bağlantı olmalıdır.
  2. Tam derinlikli berkitmeler güçlendirilmiş kesit ile bağ kirişi kesiti arayüzünde teşkil edilmeli.
  3. Bağ kirişi uzunluğu  $e \leq 1.6 M_p / V_p$

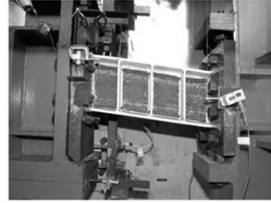
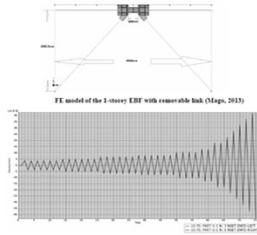
172



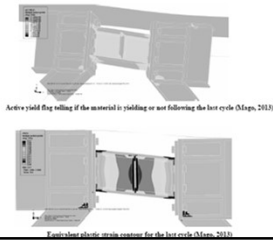




## Değiştirilebilir Bağ Kirişi



Experimental Testing of Shear Links (AISC, 2007)

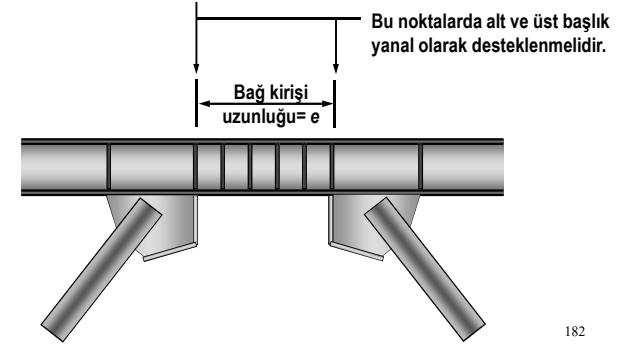


181

## Yanal Stabilite

$$\text{Gereken yanal destek dayanımı: } P_b = 0.06 \frac{|R_y F_y Z|_{Link}}{h_o}$$

$h_o$  = bağ kirişi başlık eksenleri arasındaki mesafe



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

182

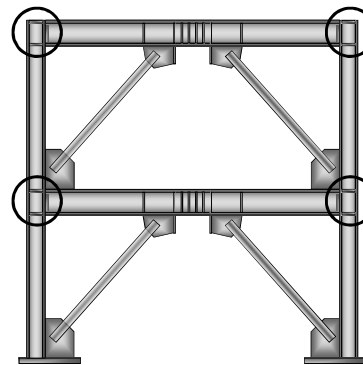
## Yanal Stabilite



Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

183

## Kolon-Kiriş Bağlantıları



Bağ kirişinden uzak kolon kiriş bağlantıları:

Mafsal bağlı durumda:  $R=7$   
Moment bağlı durumda (Sünek düzeyi normal koşulları ile):  $R=8$

Kolon kiriş bağlantıları 0.025 radyan dönmeyi sağlayacak şekilde detaylandırılmalı. Yeni deprem yönetmeliği EK9C

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

184

## Christchurch Depremi Hasarları Üzerine

22.02.2011



Michel Bruneau<sup>1</sup>, Charles Clifton<sup>2</sup>, Greg MacRae<sup>3</sup>, Roberto Leon<sup>4</sup>, and Alistair Fussell<sup>5</sup>

185



Michel Bruneau<sup>1</sup>, Charles Clifton<sup>2</sup>, Greg MacRae<sup>3</sup>, Roberto Leon<sup>4</sup>, and Alistair Fussell<sup>5</sup>

186

## SÜNEK SİSTEMLER İÇİN DÜĞÜM NOKTALARI

- GENEL KAVRAM
- MOMENT AKTARAN ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI
- MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI
- DIŞMERKEZİ ÇAPRAZLI ÇERÇEVELER İÇİN SÜNEK DÜĞÜM NOKTALARI
- KOLON EKLERİ

187

## KOLON EKLERİ

- Genel Kurallar
- Tasarım Kuvvetleri (MÇ)
- Tasarım Kuvvetleri (MMÇ)
- Tasarım Kuvvetleri (DMÇ)

188

## KOLON EKLERİ

### Genel Kurallar

9.2.10.1 – Deprem yükü etkisindeki taşıyıcı sistemlerin kapsamı dışında olan kolonlar da dahil olmak üzere, tüm kolonlar için *kolon ekleri* giriş başlıklarının kolona birleşim düzlemlerinden en az 1.2 m uzakta yapılacaktır. Ancak, kolon net yüksekliğinin 2.4 m den az olması halinde, kolon eki net yüksekliğin ortasında teşkil edilecektir. Bununla beraber, kolon gövdesi ve başlıklarının tam penetrasyonlu küt kaynak ile birleştirildiği eklerin, kolon enkesit yüksekliğinden az olmamak koşulu ile, giriş başlıklarının kolona birleşim düzlemlerine daha yakın bölgelerde teşkil edilmesine izin verilebilir.

9.2.10.2 – Kolon eklerinin boyutlandırılmasında ek detayının gerekli dayanımı, kolonun boyutlandırılmasında esas alınan iç kuvvet durumu ve ilgili maddelerde belirtilen kurallar esas alınarak belirlenecektir.

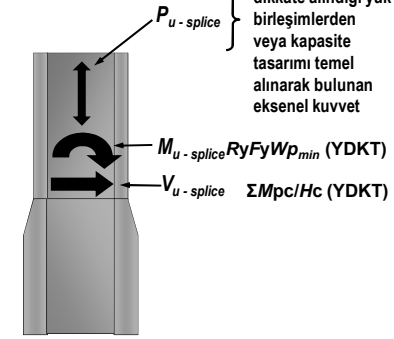
9.2.10.3 – Kolon ekleri bulonlu, köşe ve küt kaynaklı yapılabilir. Ekin küt kaynaklı olması durumunda tam penetrasyonlu küt kaynak kullanılacaktır (Bkz. Ek 9A).

189

## Tasarım Kuvvetleri (MÇ)

Kolon ekleri 9.2.10'da verilen ilgili koşulları sağlayacak şekilde boyutlandırılacaktır. Ayrıca, bulonlu kolon eklerinin gerekli eğilme dayanımı, eklenen elemanlardan küçük enkesitli olanı dikkate alınarak  $R_y F_y W_p / 1.5$  (GKT) veya  $R_y F_y W_p$  (YDKT) şeklinde hesaplanacaktır. Eklerin gerekli kesme kuvveti dayanımı,  $\Sigma M_{pc} / 1.5 H_c$  (GKT) veya  $\Sigma M_{pc} / H_c$  (YDKT), 9.3.1.3(a) ve 9.3.1.3(b) den elde edilen kesme kuvveti değerlerinden en büyüğü olarak alınacaktır. Burada,

$\Sigma M_{pc}$ , eklenen kolonun alt ve üst uçlarındaki kolon eğilme momenti dayanımlarının toplamıdır.

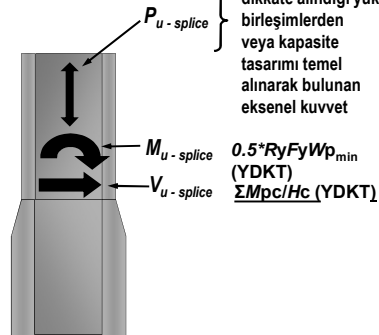


190

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt

## Tasarım Kuvvetleri (MMÇ)

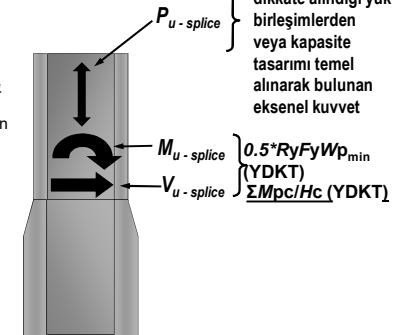
Kolon ekleri 9.2.10'da verilen koşulları sağlayacak şekilde boyutlandırılacaktır. Kolon eklerinin eğilme momenti dayanımı, eklenen elemanlardan küçük kesitli olanının eğilme kapasitesinin %50'sinden az olmayacaktır. Gerekli kesme kuvveti dayanımı,  $\Sigma M_{pc} / 1.5 H_c$  (GKT) veya  $\Sigma M_{pc} / H_c$  (YDKT) şeklinde hesaplanacaktır.



191

## Tasarım Kuvvetleri (DMÇ)

Süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin kolon ekleri için 9.6.7'de verilen koşullar süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerin kolon ekleri için de aynen geçerlidir.



192

Ref: Prof. Dr. M. D. Engelhardt



**KATILIMINIZ İÇİN  
TEŞEKKÜRLER**

194