ÇELİK TAŞIYICI SİSTEMLERİN DEPREME DAYANIKLI TASARIMINA İLİŞKİN TEMEL ESASLAR VE ÖZEL KONULAR

Doç. Dr. Cüneyt Vatansever
İstanbul Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

15.11.2026

KAPSAM

1. **Çelik Bina Sistemleri**
   - **1. 1. Bina Türü Endüstri Yapıları**
   - **1. 2. Çok Katlı Çelik Yapılar**
2. **Çelik Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Stabilite Tasarımı için Analiz Yöntemleri**
   - **2.1. Genel Esaslar**
   - **2.2. Genel Analiz Yöntemi İle Tasarım**
   - **2.3. Burkulma Boyu Yöntemi ile Tasarım**
3. **Yatay Doğrultudaki Kuvvetleri Karşılayan Taşıyıcı Sistemler (TBDY Bölüm 9)**
   - **3.1. Moment aktaran çelik çerçeveler**
   - **3.2. Merkezi çaprazlı çelik çerçeveler**
   - **3.3. (Süneklik düzeyi yüksek) dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler ((SY)DMÇÇ)**
   - **3.4. Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçeveler (BÖÇÇ)**
   - **3.5. Çelik-betonarme kompozit kolonların kullanıldığı moment aktaran çerçeveler**

1. ÇELİK BİNA SİSTEMLERİ

1.1. Bina türü çelik endüstri yapıları
















BOB FRANCIS
JLG ULTRA BOOM



1.2. Çok katlı çelik binalar









2. ÇELİK BİNA SİSTEMLERİNİN STABİLİTE TASARIMI İÇİN ANALİZ YÖNTEMLERİ

2.1 Genel Esaslar

Stabilite tasarımını esas alan analizlerde yapı stabilitesini etkileyen aşağıdaki faktörler göz önüne alınmalıdır.

(a) Elemanların eğilme, kayma ve eksenel şekildeğiştirmeleri ile birlikte yapı sisteminin yerdeğiştirmesinde etkili olan diğer tüm şekildeğiştirmeler (kiriş – kolon birleşimi panel bölgesi şekildeğiştirmeleri, vb.).

(b) Eleman şekildeğiştirmesine ait (P – δ) ve sistem yerdeğiştirmesine ait (P – Δ) ikinci mertebe etkileri.

(c) Taşıyıcı sistem geometrik ön kusurları.

(d) Doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler ile dayanım ve rijitliklerdeki belirsizlikler.

Yapısal stabiliteyi etkileyen yukarıdaki faktörleri göz önüne alan **genel (doğrudan) analiz yöntemi** ve **burkulma boyu (etkin uzunluk) yöntemi** ile stabilite tasarımının esasları aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır.

İkinci mertebe teorisi doğrusal olmadığından süperpozisyon prensibi geçerli değildir. Bu nedenle sistem, işletme (servis) yüklerinin ilgili yük birleşimleri için kendilerine ait yük katsayıları ile çarpımından oluşan toplam yükler altında ikinci mertebe teorisine göre analiz edilir. Toplam yükler, YDKT yük birleşimlerinden edilen yüklemeden veya GKT yük birleşiminin 1.6 katına eşit bir yüklemeden elde edilecektir.

2.2 Genel Analiz Yöntemi İle Tasarım

- Bu yöntem sınırlama olmaksızın tüm çelik yapı sistemlerinin stabilite tasarımına uygulanabilmektedir. Boyutlandırmada YDKT veya GKT yaklaşımlardan herhangi biri kullanılabilir.
- İkinci mertebe etkiler ve taşıyıcı sistem geometrik ön kusurları (fiktif yükler kullanılarak) göz önüne alınmalıdır.
- Doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler rijitlik azaltması ile temsil edilerek hesaba katılmalıdır.
- Elemanların burkulma boyu katsayıları, $K = 1.0$ ($KL = L$) olarak alınacaktır.

Not: Sehim (düşey yerdeğiştirme), göreli kat ötelemeleri, hakim doğal titreşim periyotları azaltılmamış rijitlikler kullanılarak hesaplanacaktır.

2.3 Burkulma Boyu Yöntemi İle Tasarım

- Bu yöntem, düşey yüklerin düşey çerçeveler, kolonlar ve perdeler tarafından taşındığı yapı sistemlerine uygulanabilir.
- Tüm katlarda, YDKT yük birleşimlerinden veya GKT yük birleşimlerinin 1.6 katına eşit yüklemelerden oluşan ikinci mertebe göreli kat ötelemelerinin birinci mertebe göreli kat ötelemelerine oranı (Δ_2 / Δ_1) olan B_2 katsayısı 1.5 değerine eşit veya daha küçük olmalıdır.
- İkinci mertebe etkiler ve taşıyıcı sistem geometrik ön kusurları (fiktif yükler kullanılarak, sadece düşey yüklerin bulunduğu yük birleşimlerinde) göz önüne alınmalıdır.
- Elemanların burkulma boyu katsayıları, K değerleri hesaplanmalıdır. Genellikle, $KL \geq L$.
- Doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler nedeniyle rijitlik azalması ve geometrik ön kusurların etkileri, elemanlar için burkulma boyu katsayılarının kullanılması ile dolaylı olarak hesaba katılmaktadır.

Burkulma Boyu Yöntemi

Eleman ön kusurları dayanım eğrisinin elde edilmesinde dikkate alınmaktadır.

$$\frac{P}{P_n} \geq 0.2 \quad \rightarrow \quad \frac{P}{P_n} + \frac{8}{9}\frac{M}{M_n} \leq 1.0$$

2. Mertebe Elastik Analiz

P_n, burkulma boyu katsayısı, K, hesaplanarak elde edilmektedir ve $KL \geq L$

Sistem stabilitesini etkileyen faktörler:

- Eğilme, kayma ve eksenel şekildeğiştirmeler
- İkinci mertebe etkiler
- Geometrik ön kusurlar
- Doğrusal olmayan şekildeğiştirmeleri temsil eden rijitlik azaltması

Genel Analiz Yöntemi

Eleman ön kusurları dayanım eğrisinin elde edilmesinde dikkate alınmaktadır.

2. Mertebe Elastik Analiz

$$\frac{P}{P_n} \geq 0.2 \quad \rightarrow \quad \frac{P}{P_n} + \frac{8}{9}\frac{M}{M_n} \leq 1.0$$

P_n, burkulma boyu katsayısı, $K = 1$ alınarak ($KL = L$) hesaplanmaktadır.

Sistem stabilitesini etkileyen faktörler:

- Eğilme, kayma ve eksenel şekildeğiştirmeler
- İkinci mertebe etkiler
- Taşıyıcı sistem geometrik ön kusurları
- Doğrusal olmayan şekildeğiştirmeleri temsil eden rijitlik azaltması

3. YATAY DOĞRULTUDAKİ KUVVETLERİ KARŞILAYAN TAŞIYICI SİSTEMLER (TBDY BÖLÜM 9)

3.1. Moment aktaran çelik çerçeveler (MAÇ)

3.1.1. Süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçeveler (SYMAÇ)

3.1.2. Süneklik düzeyi sınırlı moment aktaran çelik çerçeveler (SSMAÇ)

3.2. Merkezi çaprazlı çelik çerçeveler (MÇÇ)

3.2.1. Süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler (SYMÇÇ)

3.2.2. Süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçeveler (SSMÇÇ)

3.3. (Süneklik düzeyi yüksek) dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler ((SY)DMÇÇ)

3.4. Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçeveler (BÖÇÇ)

3.5. Çelik-betonarme kompozit kolonların kullanıldığı moment aktaran çerçeveler

3.5.1. Süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çerçeveler

3.5.1.1. Çelik gömme kompozit kolonlar ile betonarme kirişlerden oluşan moment aktaran çerçeveler

3.5.1.2. Beton dolgulu kompozit kolonlar ile çelik kirişlerden oluşan moment aktaran çerçeveler

3.5.2. Süneklik düzeyi sınırlı moment aktaran çerçeveler

3.5.2.1. Çelik gömme kompozit kolonlar ile betonarme kirişlerden oluşan moment aktaran çerçeveler

3.5.2.2. Beton dolgulu kompozit kolonlar ile çelik kirişlerden oluşan moment aktaran çerçeveler

3.6 Bina Türü Endüstri Yapıları (Ozel durum)

3.1. Moment aktaran çelik çerçeveler (MAÇ)

3.1.a. Moment aktaran çelik çerçevelerin davranışı

3.1.b. Kiriş-kolon birleşimleri

3.1.c. Kolon panel bölgesinin davranışı

3.1.d. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'de verilen kural ve koşullar

3.1.a. Moment aktaran çelik çerçevelerin davranışı

Kirişlerin kolonlara moment aktaracak şekilde (rijit olarak) bağlandığı moment aktaran çelik çerçeveler, yatay doğrultuda etkiyen kuvvetleri, kiriş ve kolonlarda oluşan eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri olarak aktarırlar.

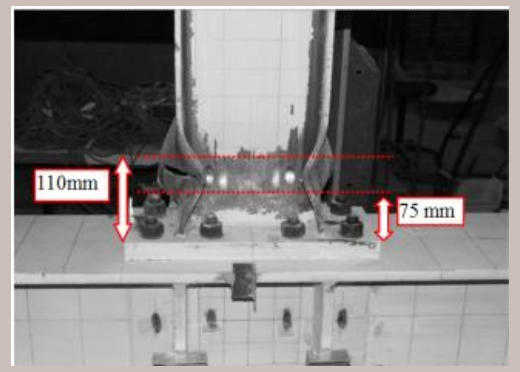
Sünekliğin sağlanmasında

kirişlerin eğilme momenti etkisinde akmaya ulaşması (plastik mafsal oluşması),

kolon panel bölgesinin kesme etkisinde akmaya ulaşması (sınırlı düzeyde plastik deformasyon),

kolonların eğilme momenti etkisinde akmaya ulaşması (plastik mafsal oluşması)

etkin olmaktadır.



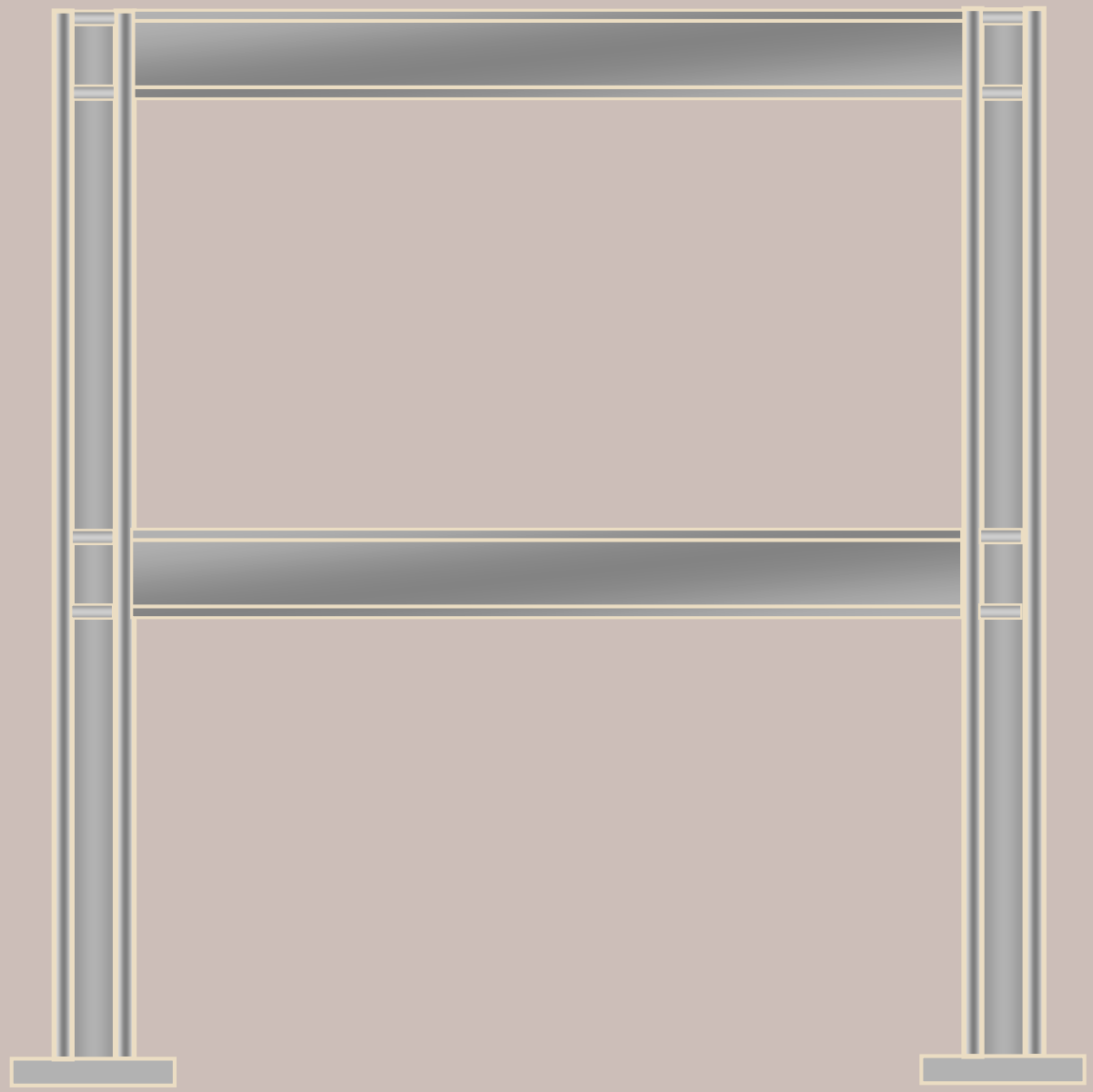
Moment aktaran çelik çerçevelerin avantajları

Mimari olarak, geniş alanların oluşturulmasına imkan sağlar.

Yapısal olarak, yüksek sünekliğe sahip taşıyıcı sistemlerdir.

Moment aktaran çelik çerçevelerin dezavantajları

Sınırlı bir yatay rijitliğe sahip sistemlerdir.







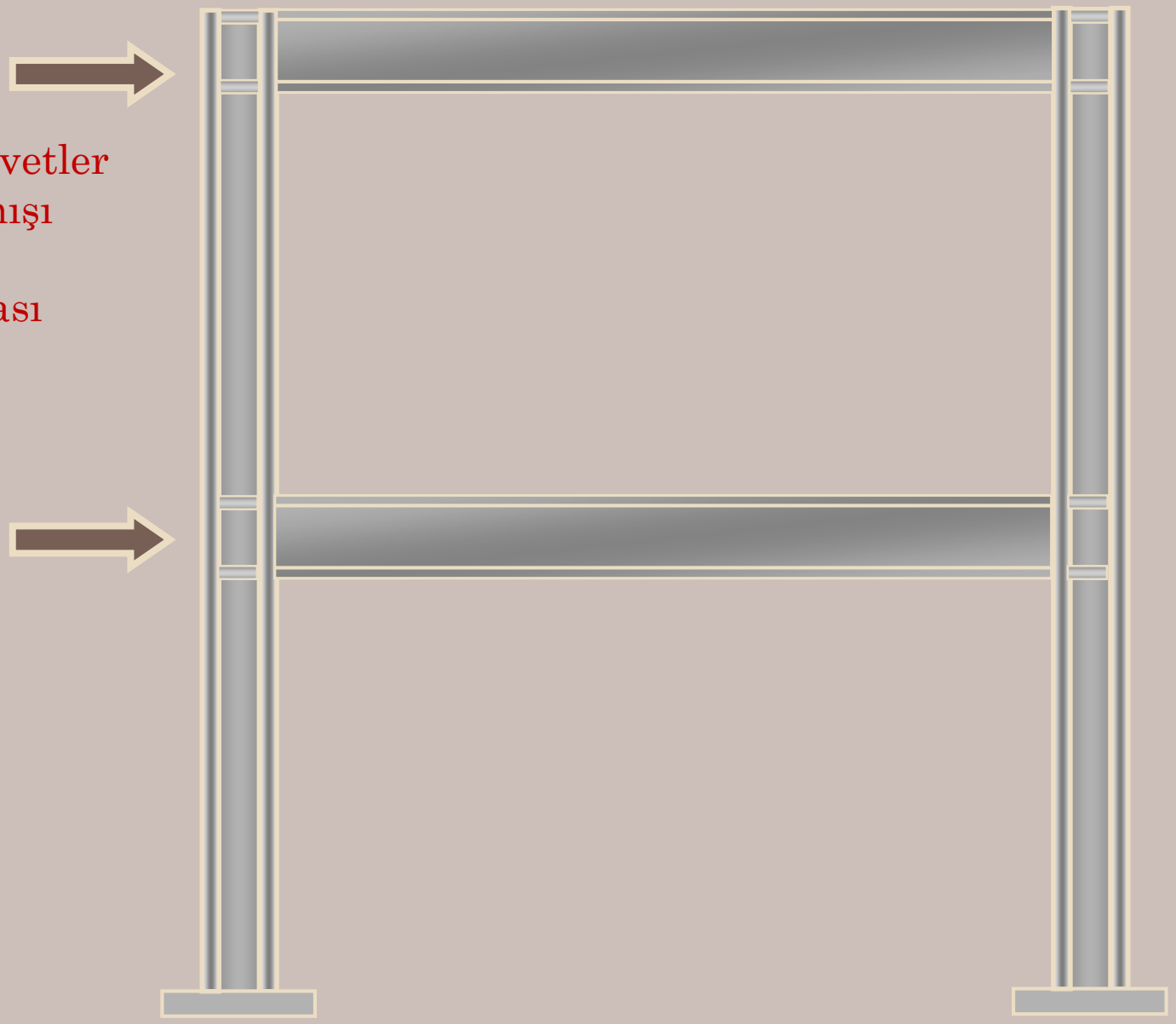
Sünek davranışın sağlanması

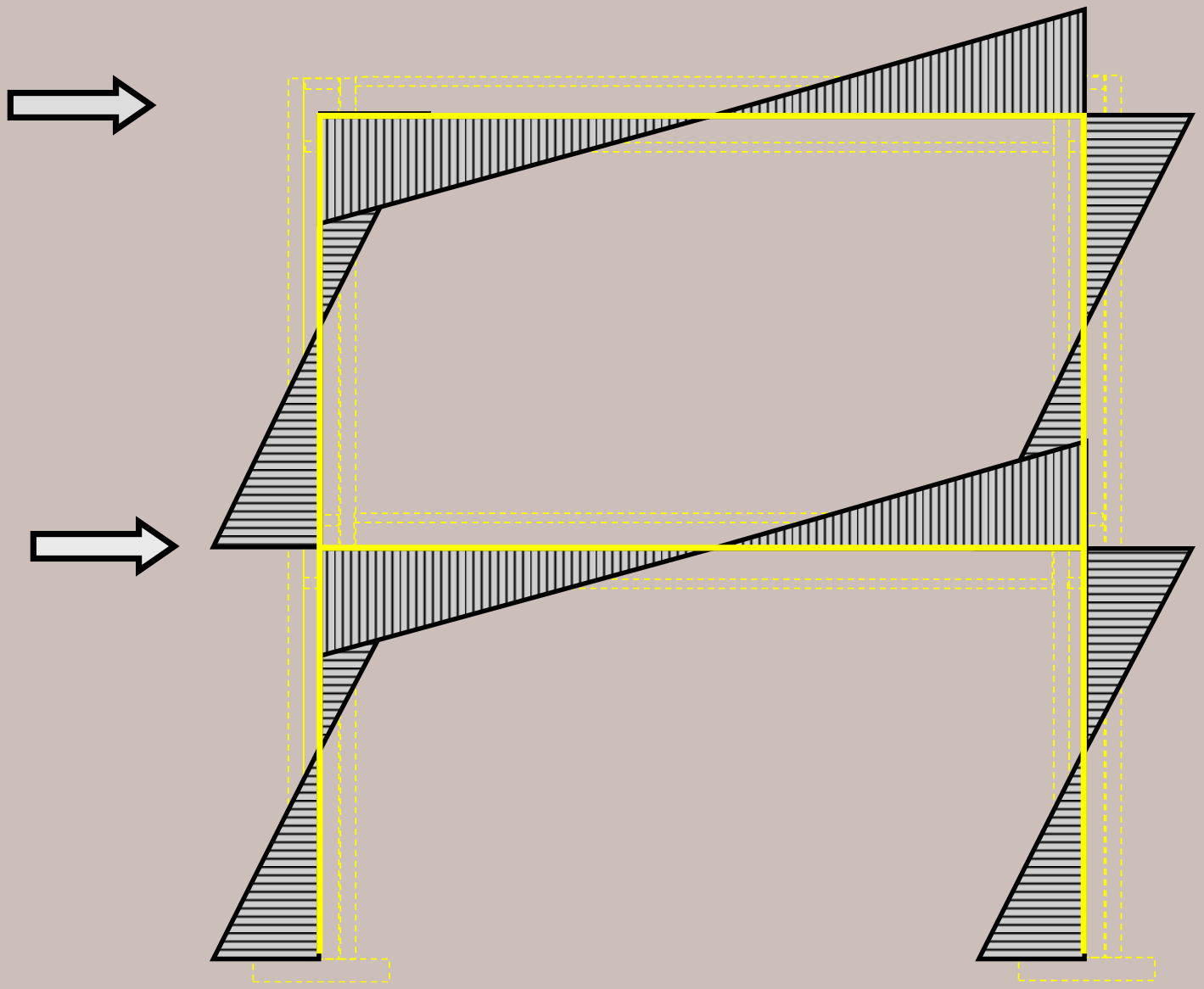
Sünek bir davranış sağlanabilmesi için aşağıdaki hususların dikkate alınması gerekmektedir.

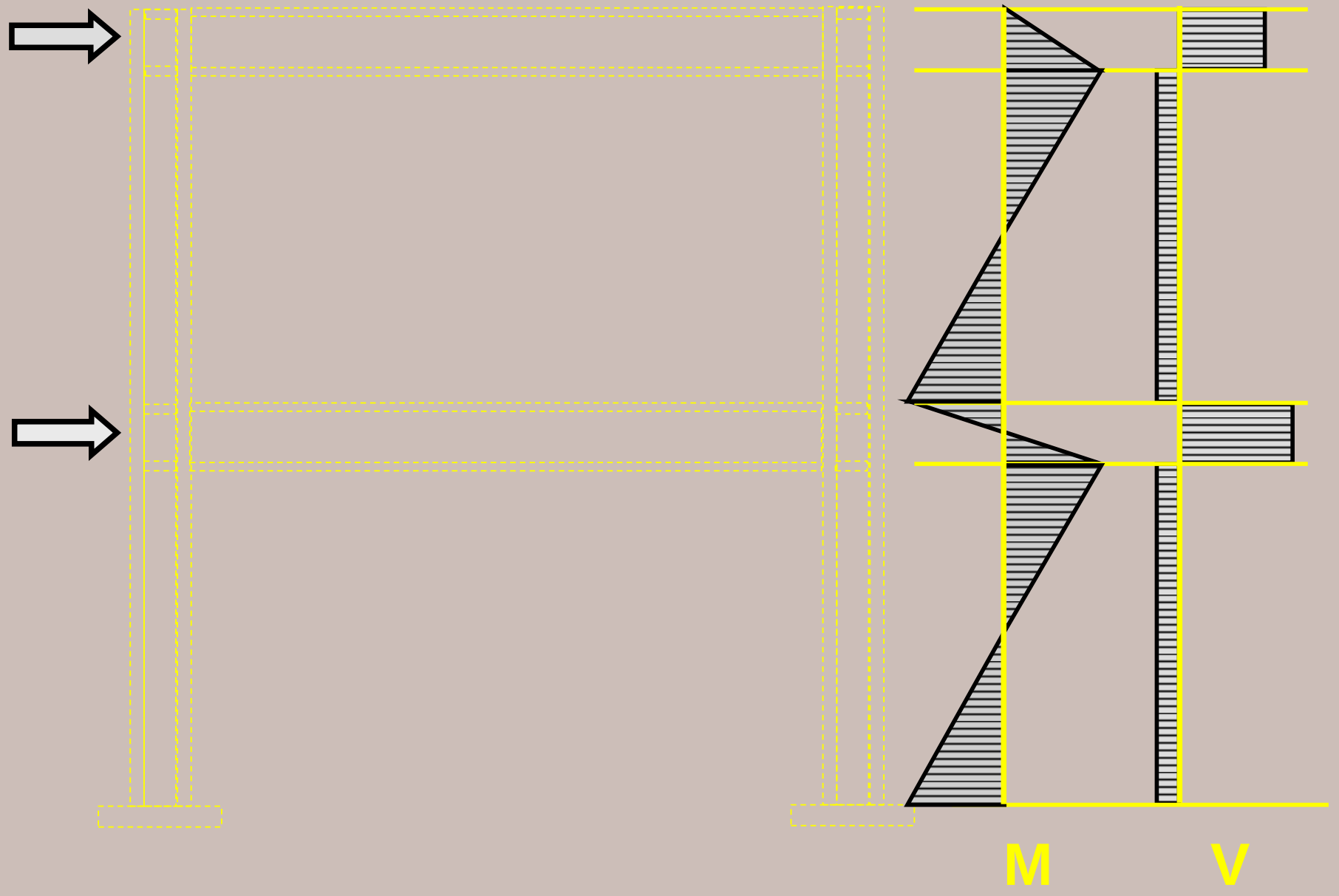
- Doğrusal olmayan davranışın çok iyi anlaşılması ve kontrol edilebilmesi gerekir.
- Plastik şekildeğiştirmelerin (plastik mafsalların) oluşacağı elemanlar belirlenmelidir.
- Plastik mafsal bölgeleri, büyük plastik şekildeğiştirmeler gösterecek şekilde detaylandırılmalıdır. Bu nedenle, bu bölgelerde herhangi bir kırılma, kopma veya stabilite kaybı meydana gelmemelidir.
- Plastik mafsal bölgelerinin dışında kalan diğer elemanlar, plastik mafsal oluşması (mekanizma durumu) durumunda meydana gelen iç kuvvetleri güvenle aktaracak şekilde boyutlandırılmalıdır.

Yatay doğrultudaki kuvvetler altında MAÇ'nin davranışı

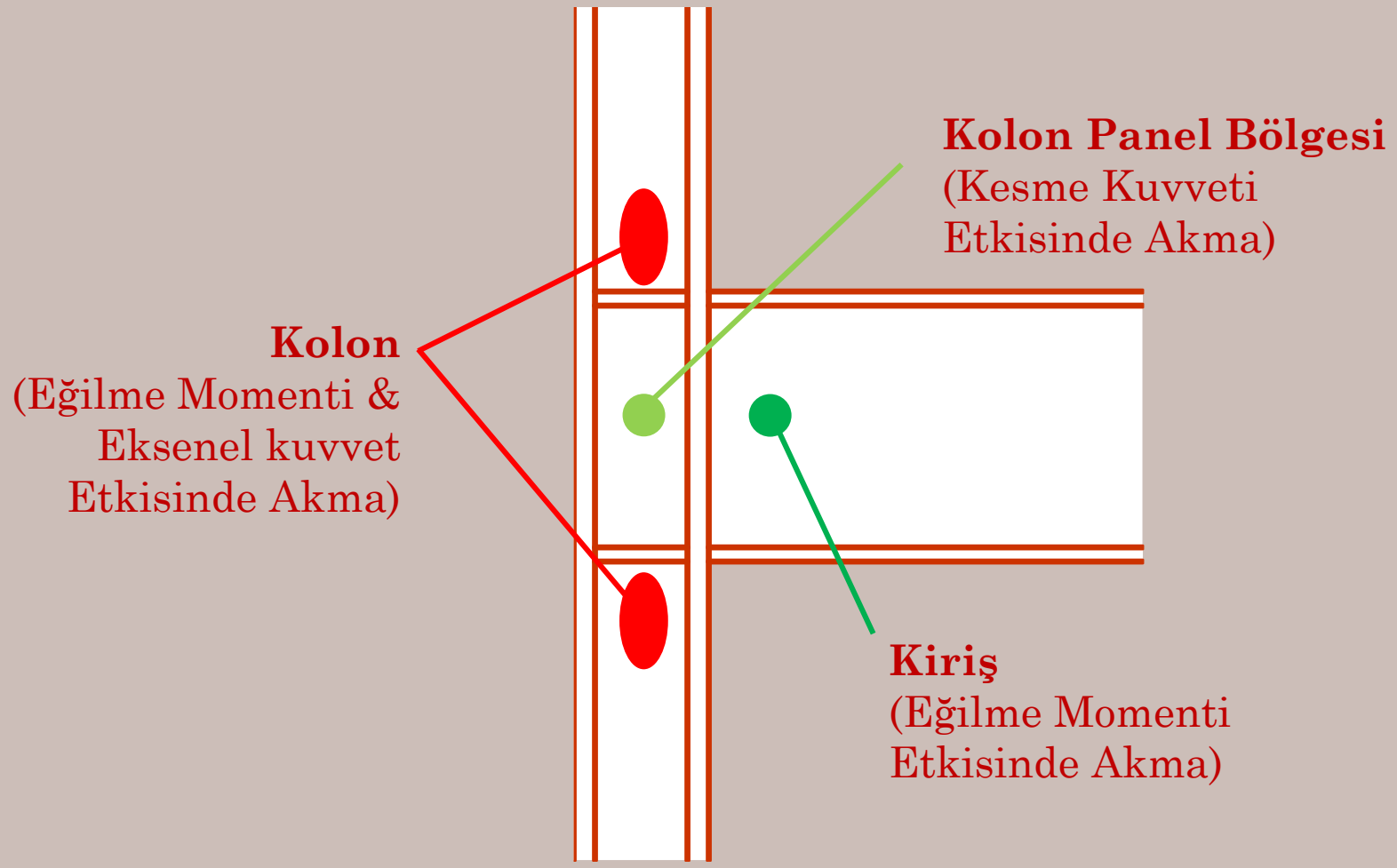
İç kuvvet dağılımı ve olası plastik mafsal bölgeleri



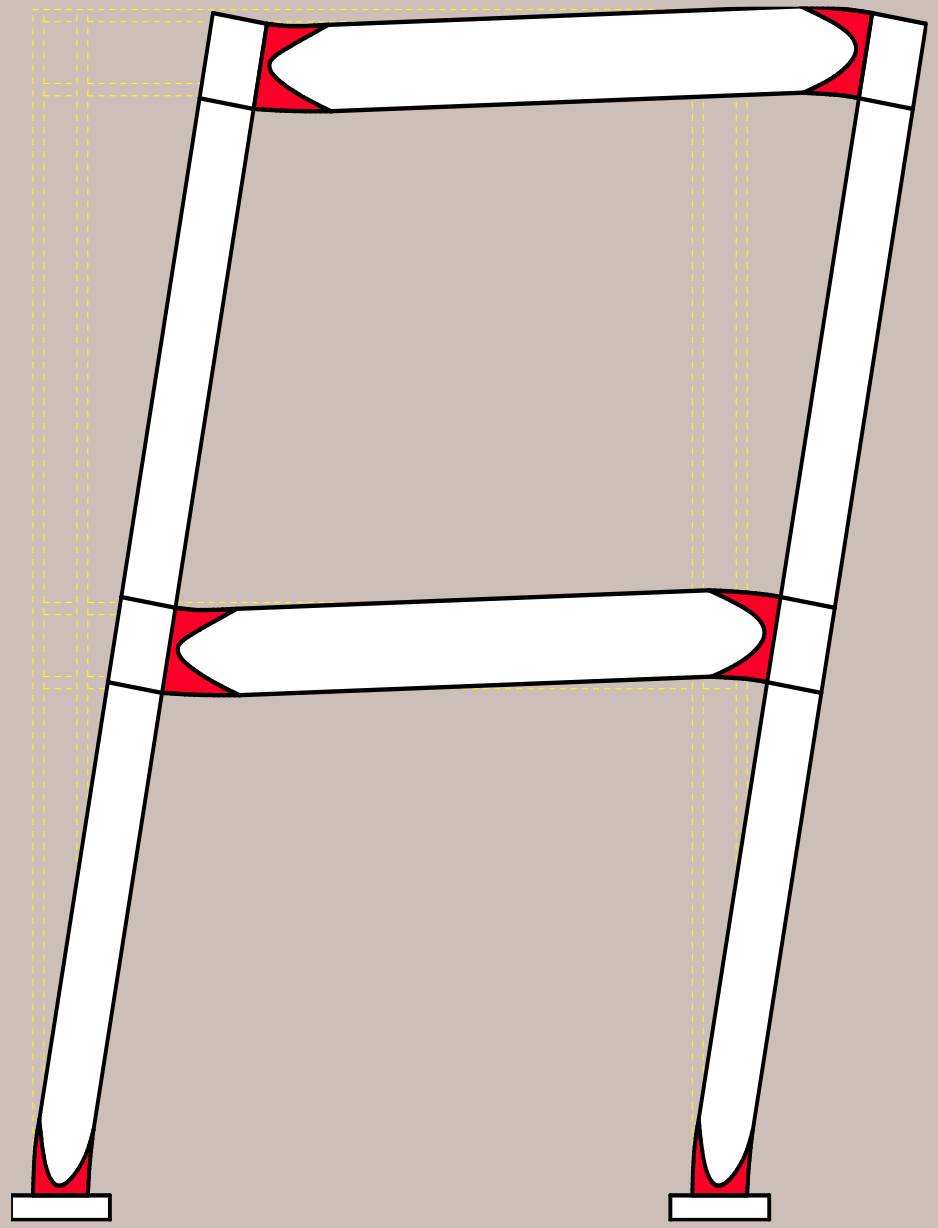



M
V

Olası plastik mafsal bölgeleri

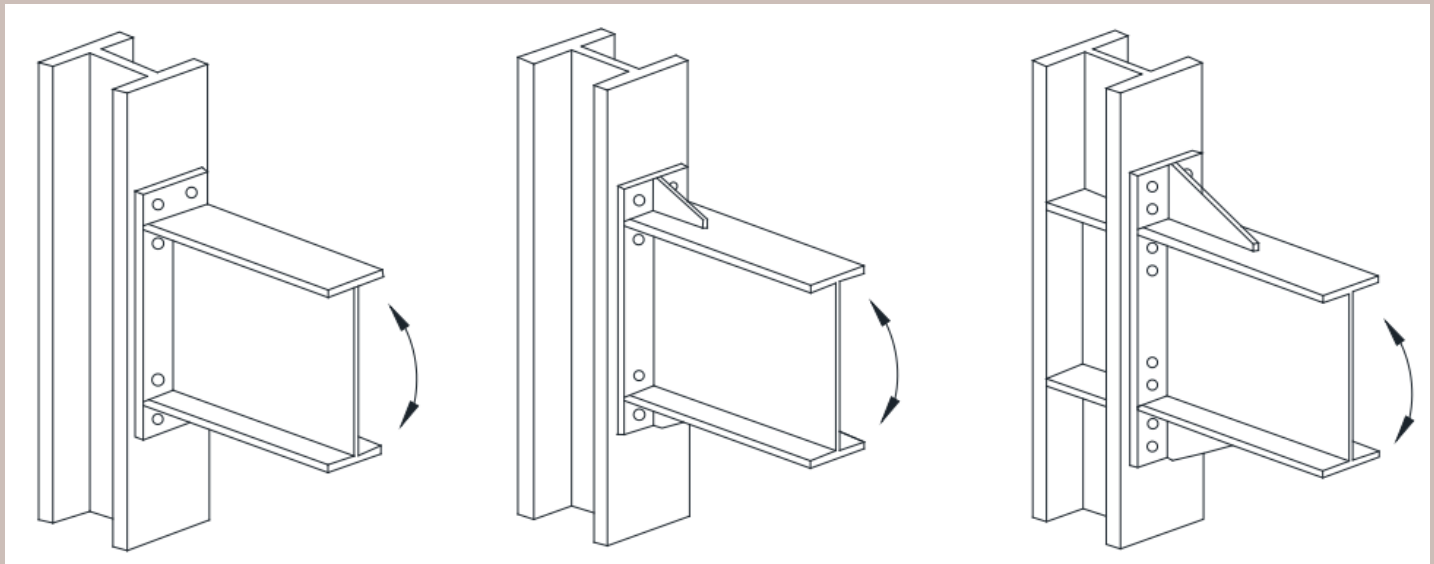


Kirişlerde Plastik Mafsal Oluşması

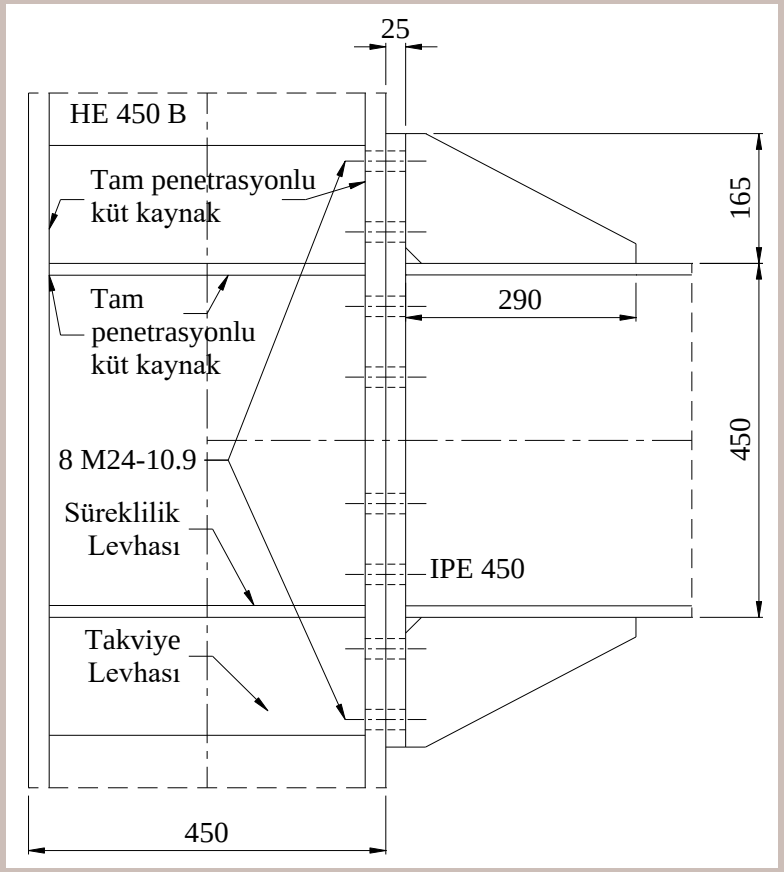


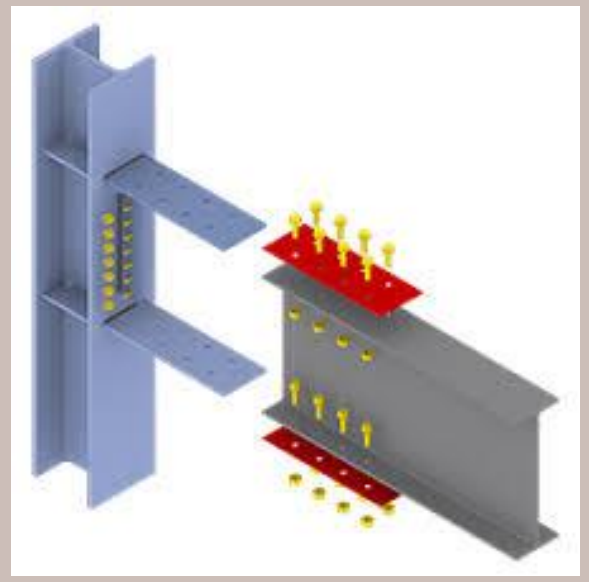
3.1.b. Kiriş-kolon birleşimleri

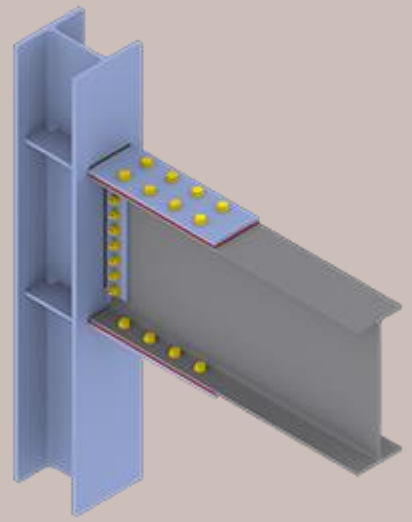
Deprem etkileri altında kirişlerin uç bölgelerinde büyük plastik şekildeğiştirmeler meydana gelirken, kiriş-kolon birleşimlerinde herhangi bir göçme meydana gelmemelidir.

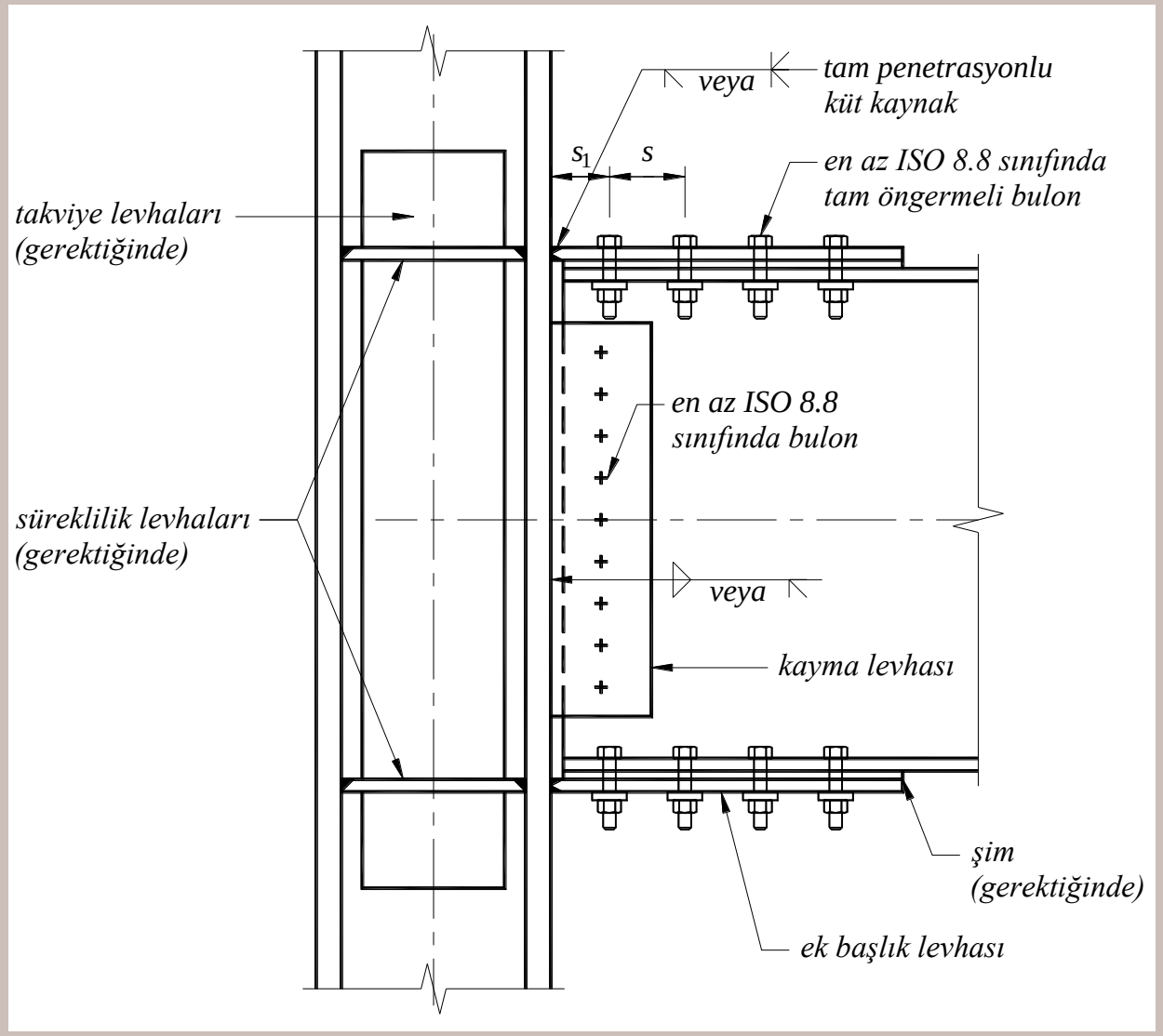


Tam dayanımlı bulonlu alın levhalı kiriş-kolon birleşimi (TBDY Şekil 9B.2)

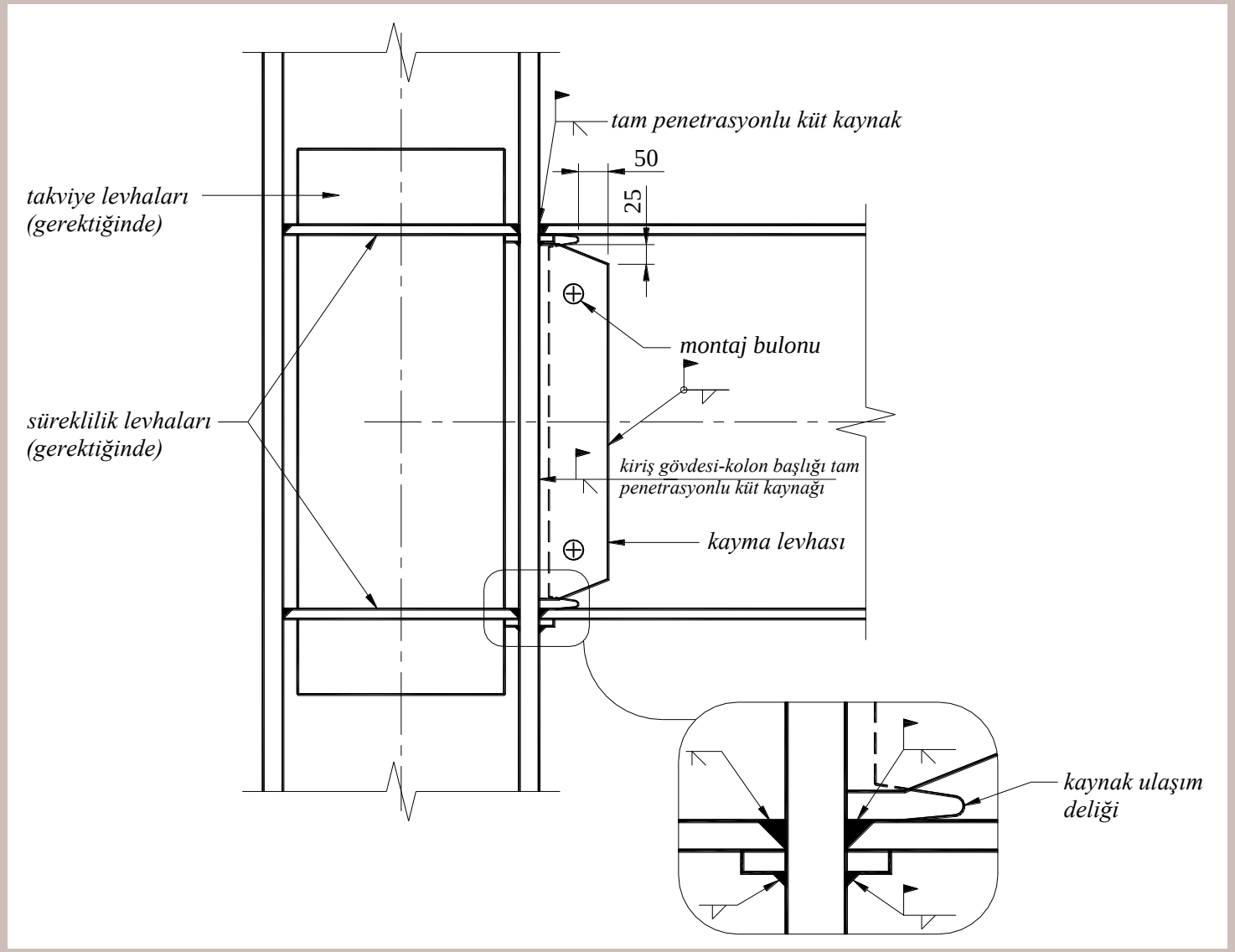




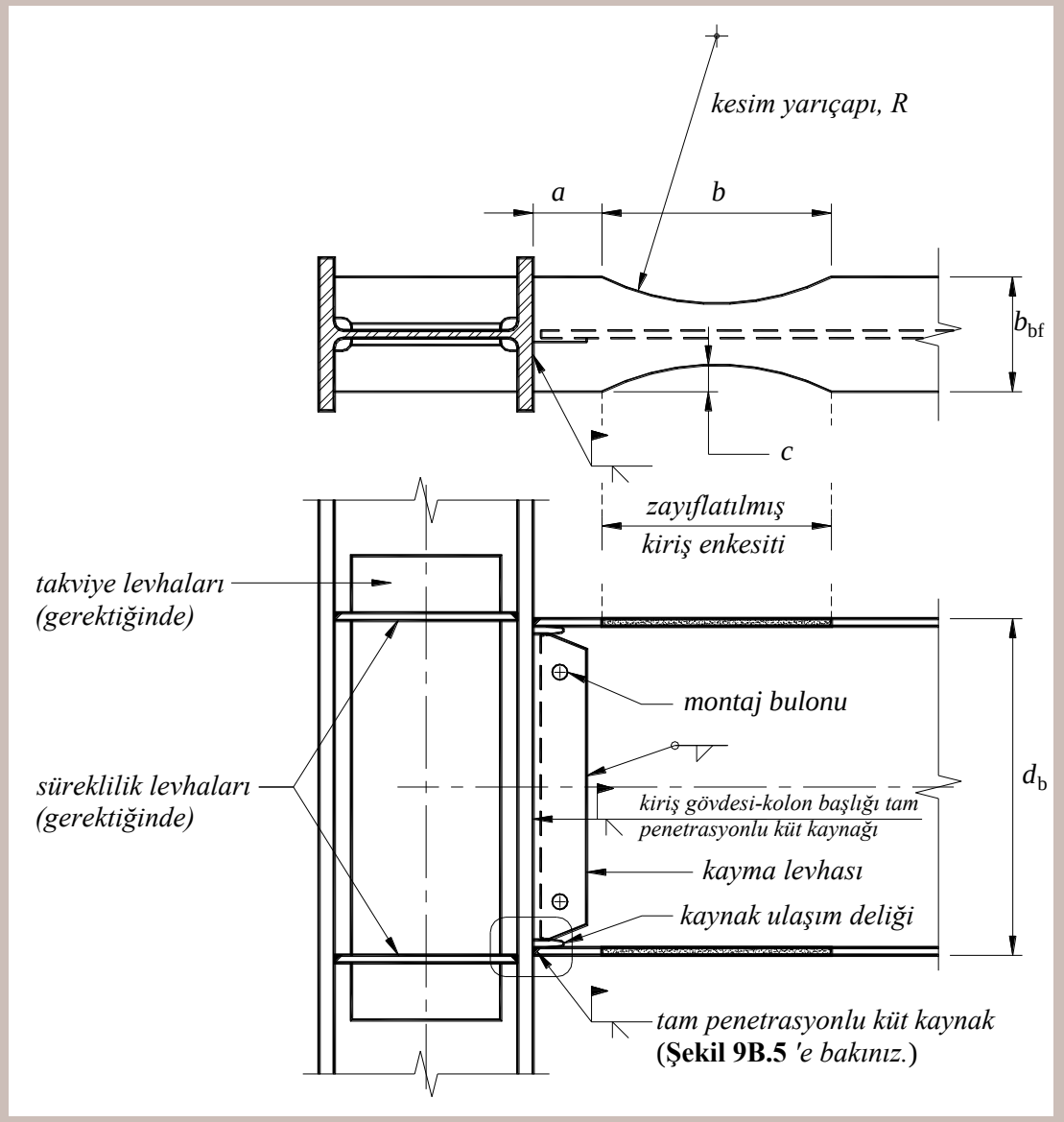




Bulonlu başlık levhalı kiriş-kolon birleşimi (TBDY Şekil 9B.4)



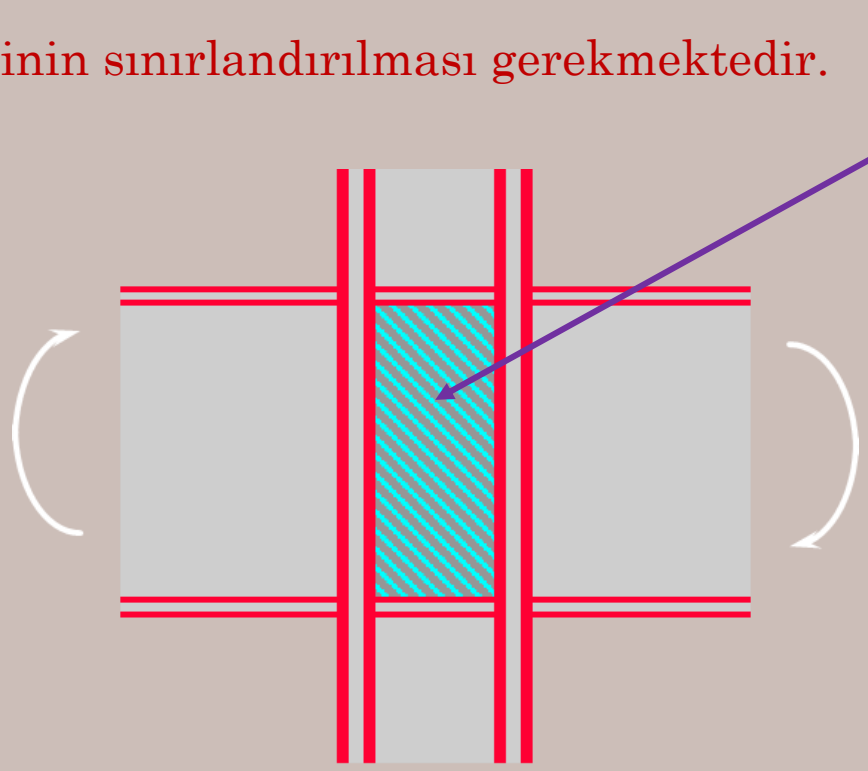
Tam penetrasyonlu küt kaynaklı kiriş-kolon birleşimi (TBDY Şekil 9B.5)

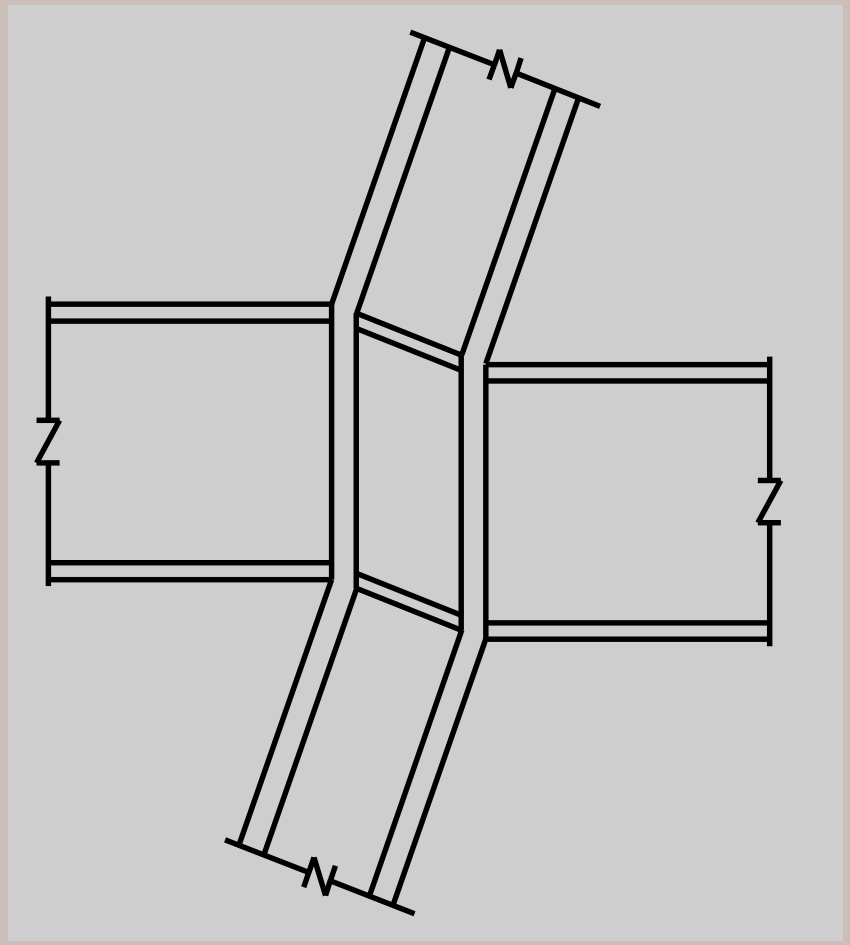


Kaynaklı zayıflatılmış kiriş enkesitli kiriş-kolon birleşimi (TBDY Şekil 9B.7)

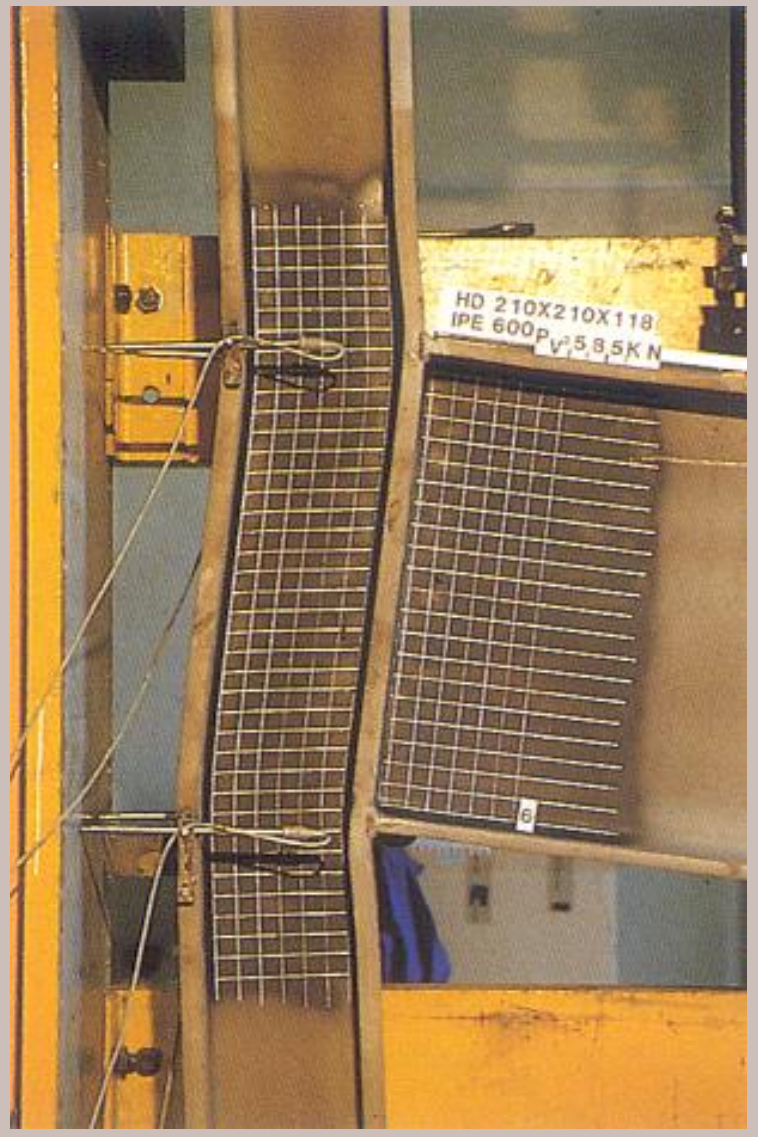
3.1.c. Kolon panel bölgesinin davranışı

Bu bölge büyük kesme kuvveti etkisindedir. Kesme kuvvetinin büyük değerlere ulaşması nedeniyle, bu bölgede kayma etkisinde akma, diğer bir deyişle, büyük kayma şekildeğiştirmeleri meydana gelebilir ve kesme etkisinde plastik mafsal oluşabilir. Büyük kayma şekildeğiştirmeleri ikinci mertebe etkilerinin artmasına neden olacağı için, bu mekanizma durumunun önlenmesi ve kolon panel bölgesinin kayma etkisinde plastik şekildeğiştirmelerinin sınırlandırılması gerekmektedir.









Kolon panel bölgesinin plastik kayma şekildeğiştirmesi nedeniyle kiriş-kolon birleşim bölgesinin deformasyonu

3.1.d Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'de verilen kural ve koşullar

Moment aktaran çelik çerçeveler, TBDY 2018'de süneklik düzeylerine göre aşağıdaki iki sınıfa ayrılmaktadır.

i. TBDY 9.3. Süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçeveler (SYMAÇ)

ii. TBDY 9.4. Süneklik düzeyi sınırlı moment aktaran çelik çerçeveler (SSMAÇ)

TBDY 9.3. Süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçeveler (SYMAÇ)

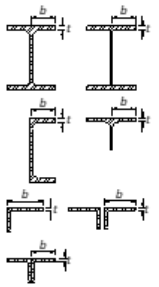
Süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçeveler, deprem etkileri altında kirişlerinin önemli ölçüde, kiriş-kolon birleşimlerinin kayma bölgesinin ise sınırlı miktarda doğrusal olmayan şekildeğiştirme yapabilme özelliğine sahip olduğu taşıyıcı sistemlerdir.



Genel Koşullar

- Enkesit koşulları, başlık genişliği / kalınlığı ve gövde yüksekliği / kalınlığı oranları ≤ λ_{hd}

TABLO 9.3 – Enkesit Koşulları

	Eleman Tanımı	Narinlik Oranı	Sınır değerler: Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar, λ_{hd}	Sınır değerler: Süneklik Düzeyi Sınırlı Elemanlar, λ_{md}	Açıklama
Rijitleştirilmemiş Elemanlar	I- veya yapma I-enkesitler ile U- ve T- enkesitlerin başlıkları, korniyer (L) veya ayrık çift korniyerlerin kolları, sürekli birleşik çift korniyerlerin kolları	b/t	$0.34\sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	$0.43\sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	
	T-enkesitlerin gövdeleri	d/t	$0.34\sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ [a]	$0.43\sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$	

- Kiriş başlıkları yanal ötelenmeye ve burulmaya karşı desteklenecektir.

- Kirişlerin boyutlandırılması

Kirişler,

Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) yöntemi esas alındığında, TBDY 9.2.5.1 göz önünde tutularak ÇYTHYE Yönetmeliği Bölüm 5.3.1'de verilen yük birleşimleri etkisinde deprem etkilerinin belirleyici olduğu varsayıldığında,

$$1.2G + (1.0 \text{ veya } 0.5)Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)}$$

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

Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT) yöntemi esas alındığında, TBDY 9.2.5.2 göz önünde tutularak ÇYTHYE Yönetmeliği Bölüm 5.3.2'de verilen yük birleşimleri etkisinde deprem etkilerinin belirleyici olduğu varsayıldığında,

$$G + 0.75Q + 0.75S \pm 0.75\left(0.7E_d^{(H)}\right) + 0.75 \times 0.3\left(0.7E_d^{(Z)}\right)$$

$$G \pm \left(0.7E_d^{(H)}\right) + 0.3\left(0.7E_d^{(Z)}\right)$$

$$0.6G + 0.75H \pm \left(0.7E_d^{(H)}\right) - 0.3\left(0.7E_d^{(Z)}\right)$$

altında elde edilen en elverişsiz iç kuvvetler göz önünde tutularak boyutlandırılacaktır.

Not: Gerekli dayanımlar ikinci mertebe etkileri de içerecek şekilde hesaplanacaktır.

- Kolonların boyutlandırılması

Kolonlar,

i. *Deprem etkilerini içeren yük birleşimleri* altında elde edilen iç kuvvetler (eksenel kuvvet, eğilme momenti ve kesme kuvveti)

YDKT yöntemi esas alındığında

$$1.2G + (1.0\,veya\,0.5)Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)}$$

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

GKT yöntemi esas alındığında

$$G + 0.75Q + 0.75S \pm 0.75\left(0.7E_d^{(H)}\right) + 0.75 \times 0.3\left(0.7\,E_d^{(Z)}\right)$$

$$G \pm \left(0.7E_d^{(H)}\right) + 0.3\left(0.7\,E_d^{(Z)}\right)$$

$$0.6G + 0.75H \pm \left(0.7E_d^{(H)}\right) - 0.3\left(0.7\,E_d^{(Z)}\right)$$

Hareketli yük değerinin 5.0 kN/m^2'ye eşit veya daha küçük olması durumunda Q, %50 oranında azaltılabilir. Ancak bu azaltma, garajlar ve insanların yoğun olarak bulunduğu binalar için uygulanmayacaktır.

Not: Gerekli dayanımlar ikinci mertebe etkileri de içerecek şekilde hesaplanacaktır.

ii. Eğilme momentleri göz önüne alınmaksızın, TBDY 9.2.6 uyarınca, *dayanım fazlalığı katsayısı, D ile büyütülen yatay deprem etkilerini içeren yük birleşimleri*nden elde edilecek eksenel çekme ve basınç kuvvetleri

YDKT yöntemi esas alındığında

$$1.2G + (1.0 \text{ veya } 0.5)Q + 0.2S + DE_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)}$$

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

GKT yöntemi esas alındığında

$$G + 0.75Q + 0.75S \pm 0.75D\left(0.7E_d^{(H)}\right) + 0.75 \times 0.3\left(0.7E_d^{(Z)}\right)$$

$$G \pm D\left(0.7E_d^{(H)}\right) + 0.3\left(0.7E_d^{(Z)}\right)$$

$$0.6G + 0.75H \pm D\left(0.7E_d^{(H)}\right) - 0.3\left(0.7E_d^{(Z)}\right)$$

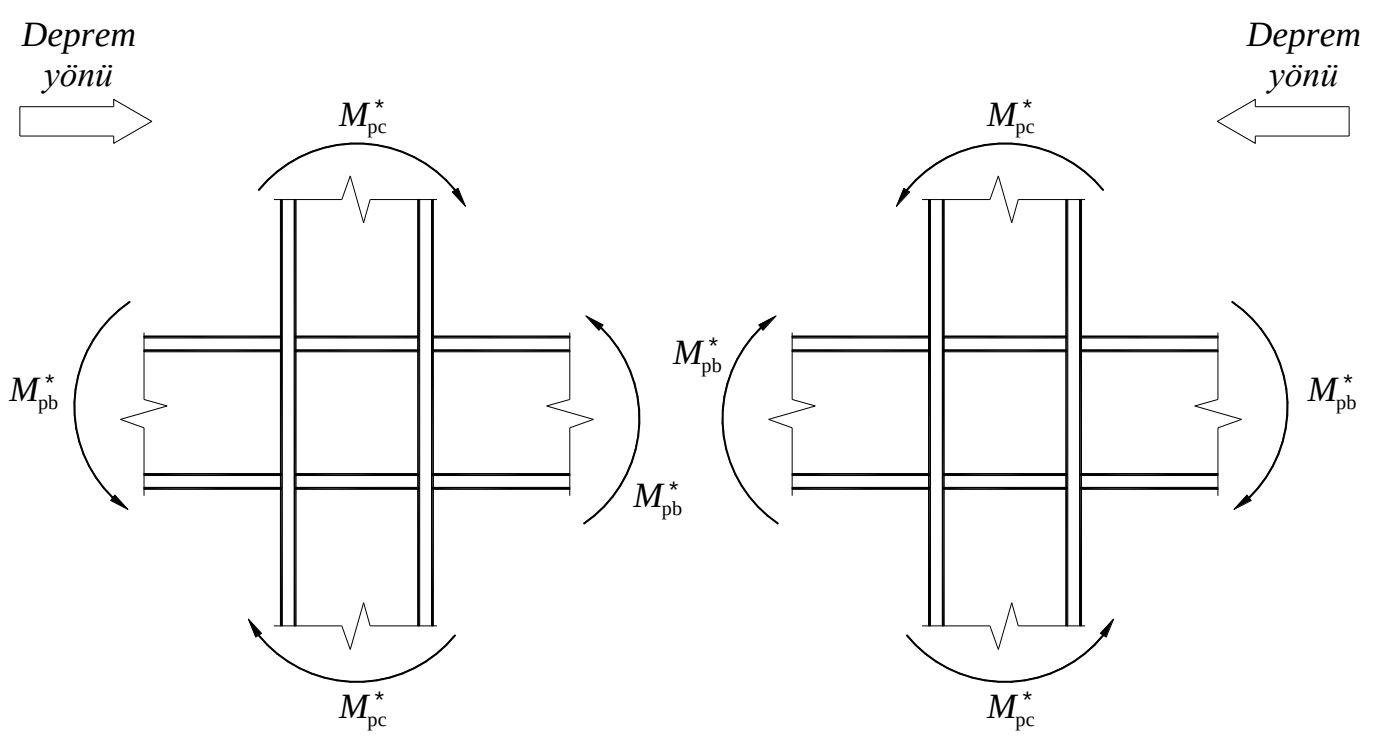
etkisi altında boyutlandırılacaktır.

Ancak, kolon uçları arasında etkiyen yatay kuvvetlerin bulunması halinde, bunların oluşturacağı eğilme momentleri de göz önüne alınacaktır.

Not: Gerekli dayanımlar ikinci mertebe etkileri de içerecek şekilde hesaplanacaktır.

Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu

Süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçevelerin veya betonarme perdeli-çelik çerçeveli sistemlerin çerçevelerinin her bir kiriş-kolon düğüm noktasında, kiriş ve kolonun boyuna eksenlerinin kesişim noktası esas alınarak, göz önüne alınan deprem doğrultusunda, TBDY Denk.(9.7) ile uyumlu olacak şekilde kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulunun sağlandığı gösterilecektir (TBDY Şekil 9.2).



TBDY Şekil 9.2

$$\frac{\sum M^*_{pc}}{\sum M^*_{pb}} > 1.0$$

TBDY Denk.(9.7)

Kiriş-kolon birleşim bölgeleri

Süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çelik çerçevelerin kiriş-kolon birleşimleri aşağıdaki üç koşulu birarada sağlamalıdır.

- Birleşim en az 0.04 radyan *göreli kat ötelemesi açısı*'nı (göreli kat ötelemesi / kat yüksekliği) sağlayabilecek kapasitede olacaktır.
- Birleşimin kolon yüzündeki M_{uc} *gerekli eğilme momenti dayanımı,* **TBDY Denk.(9.11)** ile hesaplanacak eğilme momenti dayanımından daha az olmayacaktır.

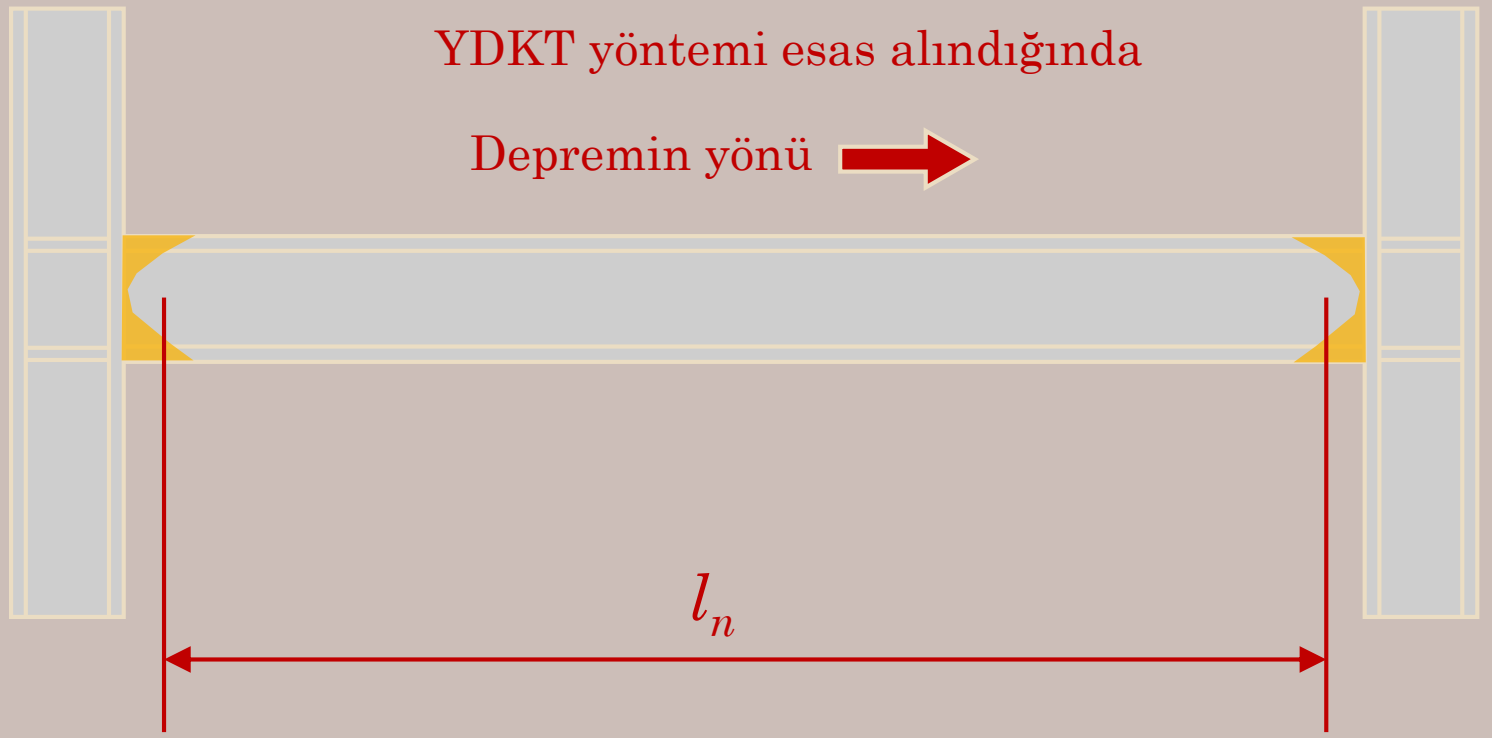
$$M_{uc} = M_{pr} + V_{uc}\ell_h \qquad \textbf{TBDY Denk.(9.11)}$$

- Birleşimin boyutlandırılmasında kullanılacak V_{uc} kesme kuvveti, akma (mekanizma) durumu esas alınarak belirlenen kesme kuvveti ile kiriş ucundaki plastik mafsal noktalarında (1.2G + (1.0 veya 0.5)Q + 0.2S) yük birleşimi altında hesaplanacak kesme kuvveti toplanarak **TBDY Denk.(9.12)** ile elde edilecektir.

$$V_{uc} = V_d \pm \left(M_{pri} + M_{prj}\right)/\ell_n \qquad \textbf{TBDY Denk.(9.12)}$$

YDKT yöntemi esas alındığında

Depremin yönü

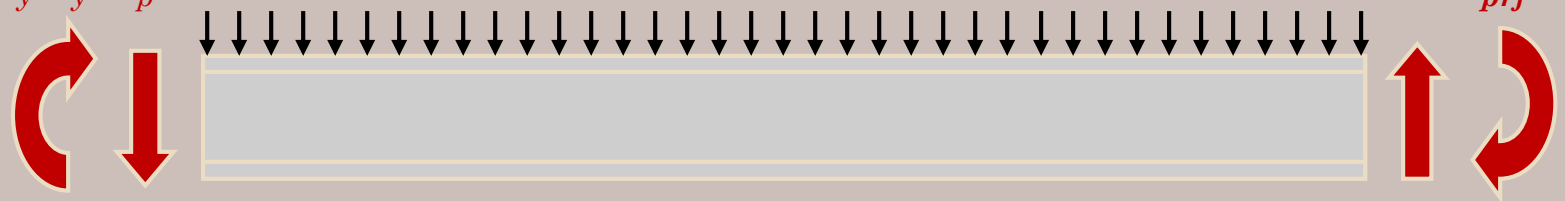


$$C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2F_y} \leq 1.2$$

1.2G + (1.0 veya 0.5)Q + 0.2S

$M_{pri} = C_{pr}\, R_y\, F_y\, W_p$

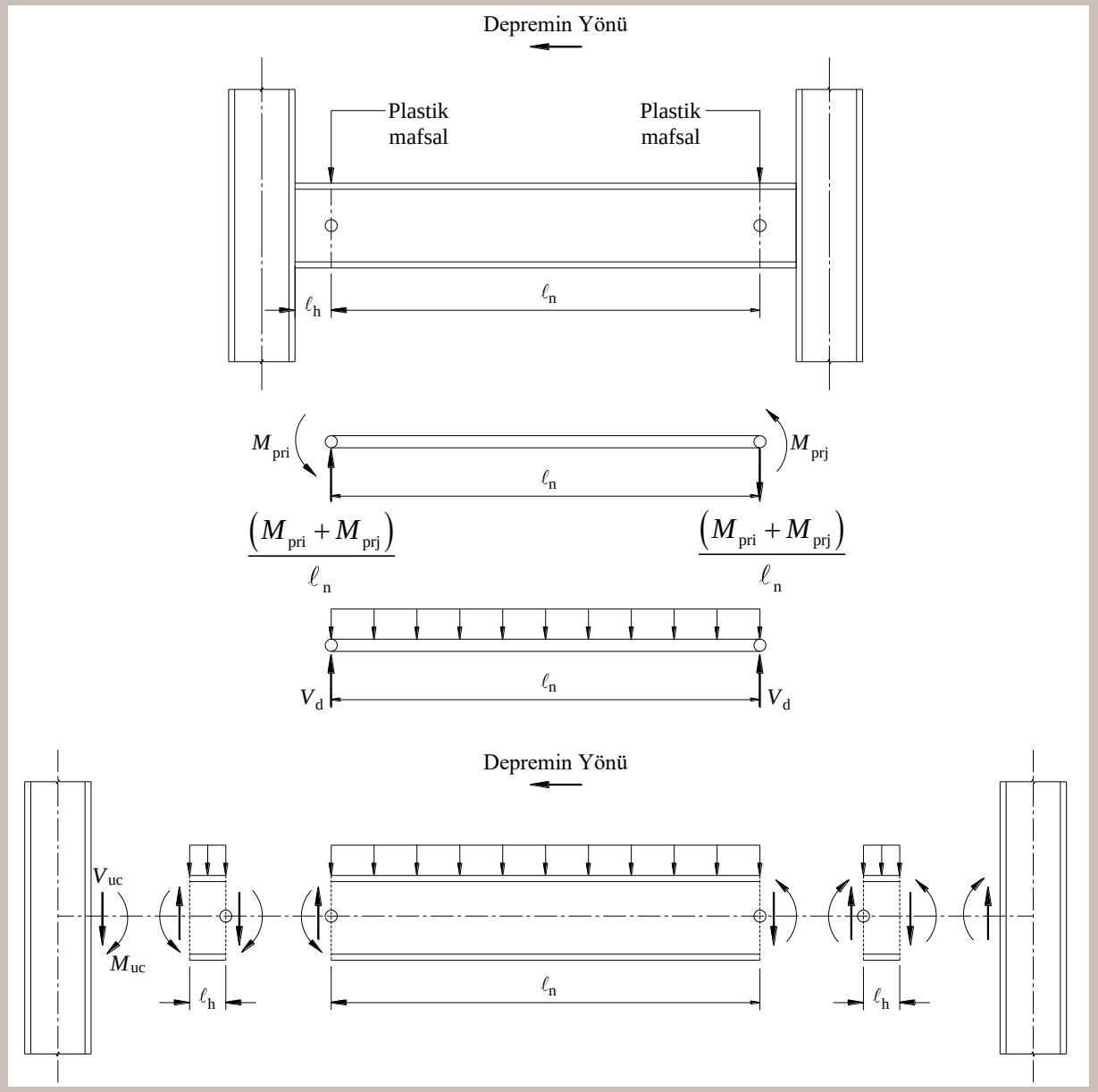
$M_{prj} = C_{pr}\, R_y\, F_y\, W_p$



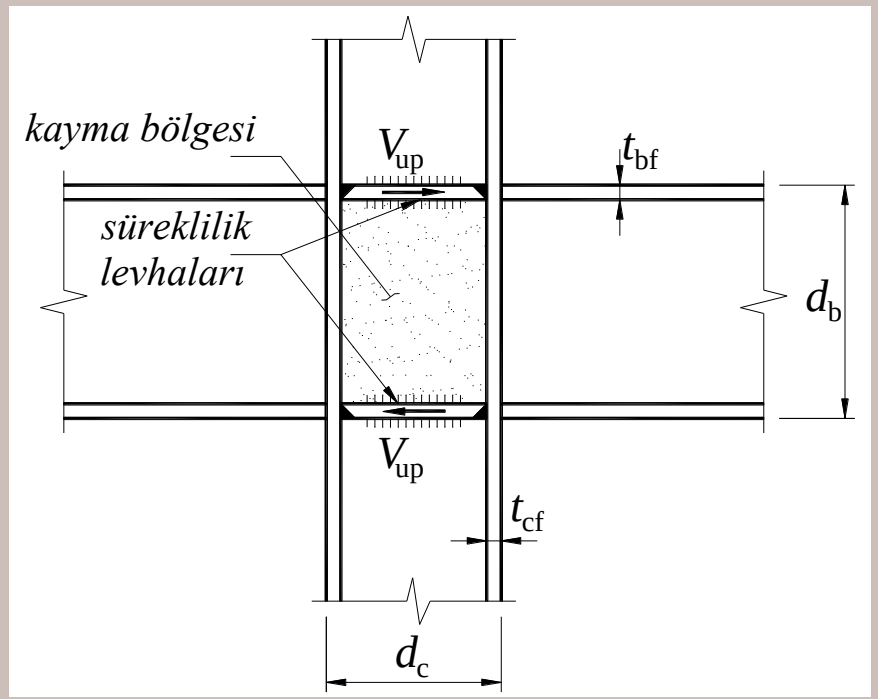
$V_{pr} = (M_{pri} + M_{prj}) / l_n$

$V_{pr} = (M_{pri} + M_{prj}) / l_n$

$$V_{uc} = V_d \pm (M_{pri} + M_{prj}) / l_n$$

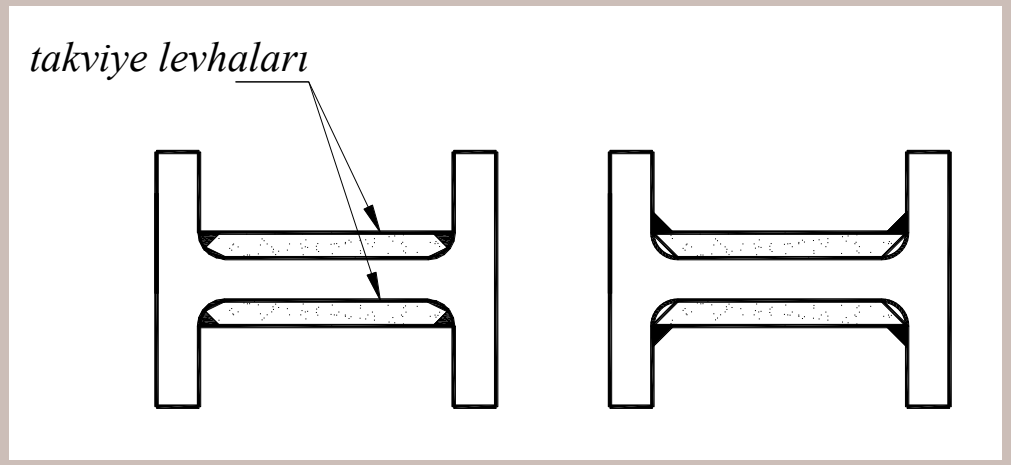

Depremin Yönü
Plastik mafsal
Plastik mafsal
ℓ_h
ℓ_n
M_{pri}
M_{prj}
ℓ_n
$\frac{(M_{pri}+M_{prj})}{\ell_n}$
$\frac{(M_{pri}+M_{prj})}{\ell_n}$
V_d
ℓ_n
V_d
Depremin Yönü
V_{uc}
M_{uc}
ℓ_h
ℓ_n
ℓ_h

Kayma bölgesi (kolon panel bölgesi) yeterli kesme kuvveti dayanımına sahip olacak şekilde boyutlandırılmalıdır. Kiriş-kolon birleşim detayında, kolon ve kiriş başlıklarının sınırladığı kayma bölgesinin gerekli kesme kuvveti dayanımı, V_{up}, kolona birleşen kirişlerin olası plastik momentleri etkisinden meydana gelen kolon kesme kuvveti esas alınarak TBDY Denk.(9.13) ile hesaplanacaktır. Kolon panel bölgesinin kayma dayanımının yeterli olmaması halinde, bu bölge ilave levhalar yardımıyla takviye edilmelidir.



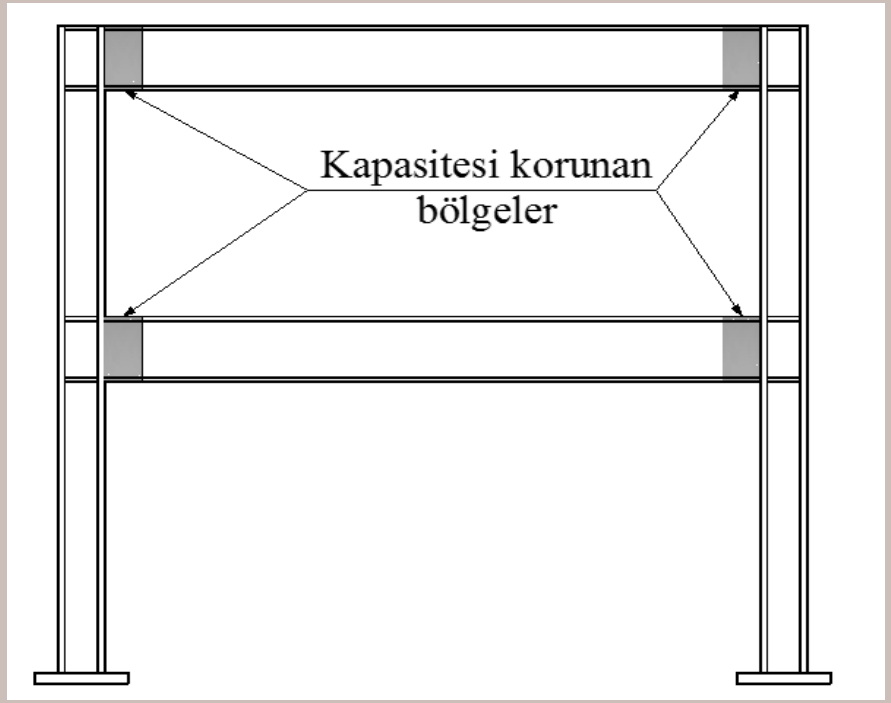
$$V_{up} = \sum M_{uc} \left(\frac{1}{d_b - t_f} - \frac{1}{H_{ort}} \right)$$

TBDY Denk.(9.13)



Kapasitesi korunmuş bölgelerde, TBDY 9.2.9'da verilen koşullara uyulacaktır. Bu bölgeler içinde başlıklı kayma elemanlarının kullanılmasına izin verilmez.

Kapasitesi korunmuş bölgeler her bir birleşim tipi için tanımlanacaktır. Aksi belirtilmedikçe, kapasitesi korunmuş bölgeler kolon yüzünden başlayarak, plastik mafsal noktasından itibaren kiriş yüksekliğinin 1.5 katı uzaklığı içine alan bölge olarak tanımlanmıştır.



Kolonların Temele Bağlantı Detayları (TBDY 9.12)

Temel bağlantı detaylarının boyutlandırılmasında gerekli dayanımlar, TBDY 9.2.6 esas alınarak belirlenecektir.

Moment aktaran çelik çerçevelerin kolonlarının temele bağlantı detaylarının;

gerekli eğilme momenti dayanımı, aşağıda tanımlanan eğilme momenti değerlerinden küçüğüne eşit olarak alınacaktır.

(1) YDKT yöntemi esas alındığında, kolonların $1.1R_yF_yW_p$ ile hesaplanan eğilme momenti dayanımı
GKT yöntemi esas alındığında, kolonların $1.1R_yF_yW_p$ / 1.5 ile hesaplanan eğilme momenti dayanımı

(2) Dayanım fazlalığı katsayısı, D ile büyütülen deprem etkisi (eğilme momenti) esas alınarak, deprem etkilerini içeren yük birleşimleri ile hesaplanan eğilme momenti.

Deprem etkilerinin dayanım fazlalığı katsayısı, D ile çarpılarak büyütülmesiyle belirlenen iç kuvvetlerin 9.2.5'te tanımlanan yük birleşimlerinde kullanılmasıyla elde edilen kolon eğilme momenti dayanımının kullanılması halinde, temele bağlantı detayında gevrek göçme davranışı (beton esaslı göçme durumları, ankraj çubuklarının çekme dayanımlarının aşılması, vb.) oluşmayacağı gösterilmelidir.

gerekli kesme kuvveti dayanımı,

Deprem etkilerinin dayanım fazlalığı katsayısı, D ile çarpılarak büyütülmesiyle belirlenen iç kuvvetlerin 9.2.5'te tanımlanan yük birleşimlerinde kullanılmasıyla elde edilen kolon kesme kuvveti dayanımı ile $2R_yF_yW_p$ / $(1.5H_c)$ (GKT) veya $2R_yF_yW_p$ / $(1.5H_c)$ (YDKT) şeklinde hesaplanan kesme kuvveti dayanımından küçüğü.

Ancak gerekli kesme kuvveti dayanımı, $0.7F_yW_p$ / $(1.5H_c)$ (GKT) veya $0.7F_yW_p$ / H_c (YDKT) şeklinde hesaplanan kolon kesme kuvveti dayanımından daha az olmayacaktır.

gerekli eksenel kuvvvet (çekme veya basınç kuvveti) dayanımı, aşağıdaki esaslarla hesaplanan dayanımların büyüğünden daha az olmayacaktır.

Deprem etkilerinin dayanım fazlalığı katsayısı, D ile çarpılarak büyütülmesiyle belirlenen iç kuvvetlerin 9.2.5'te tanımlanan yük birleşimlerinde kullanılmasıyla elde edilen kolon eksenel kuvvet dayanımı.

İlgili maddelerde kolon ekleri için tanımlanan eksenel kuvvet dayanımı.

3.2. Merkezi çaprazlı çelik çerçeveler (MÇÇ)

3.2.a Merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin özellikleri ve tipleri

3.2.b Merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin davranışı

3.2.c Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'de verilen kural ve koşullar

3.2.a Merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin özellikleri ve tipleri

Bu tür sistemlerde kirişler, kolonlar ve çaprazlar düşey doğrultuda bir kafes sistem oluşturacak şekilde düzenlenirler. Yatay doğrultuda etkiyen kuvvetler, eksenel çekme ve basınç kuvvetleri olarak aktarılırlar.

Süneklik, çaprazların

eksenel çekme kuvveti etkisinde akmaya ulaşması,

eksenel basınç kuvveti etkisinde burkulması

ile sağlanmaktadır.

Merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin avantajları

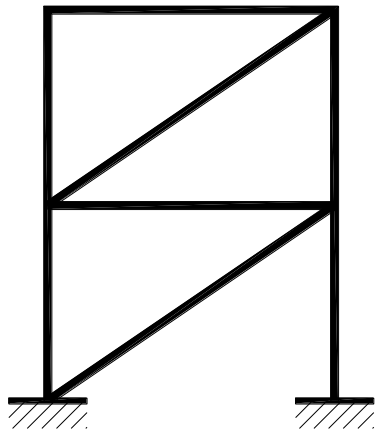
Yapısal olarak, yüksek yatay rijitliğe sahip sistemlerdir.

Merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin dezavantajları

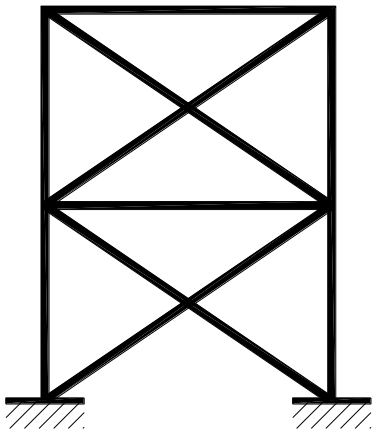
Diğer sistemlere (SYMAÇ, SYDMÇÇ ve BÖÇÇ) göre süneklik düzeyleri düşüktür.

Mimari olarak, geniş alanların oluşturulmasına olanak sağlaması sınırlı düzeydedir.

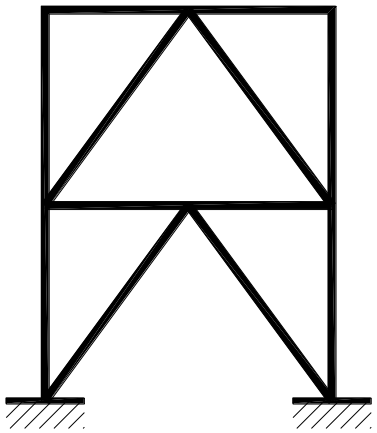
Merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin tipleri



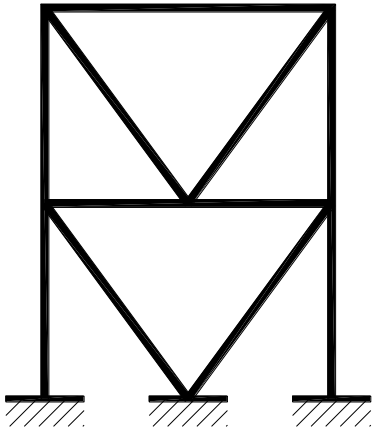
Diyagonal çapraz



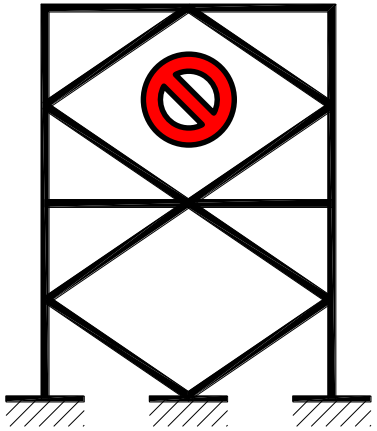
X çapraz



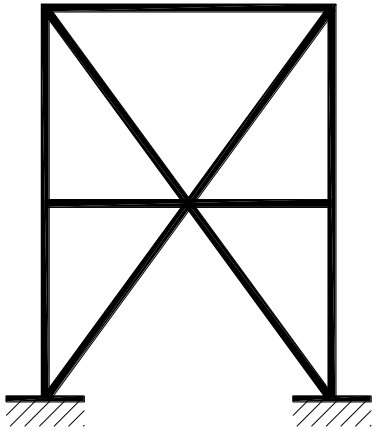
Ters V çapraz



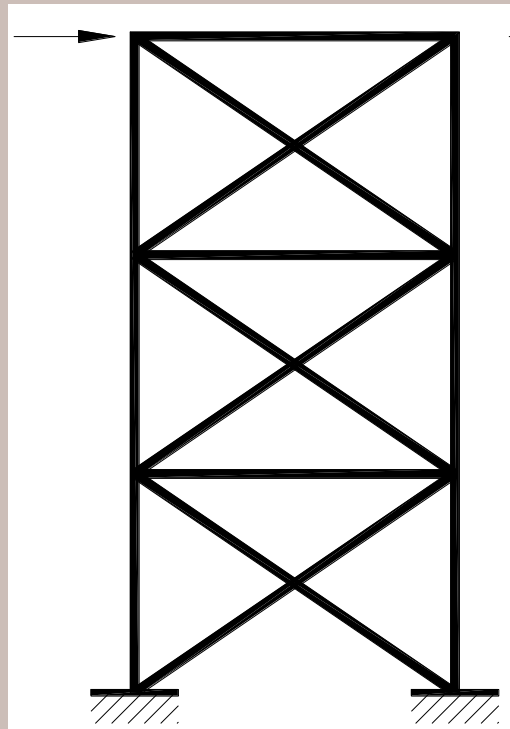
V çapraz



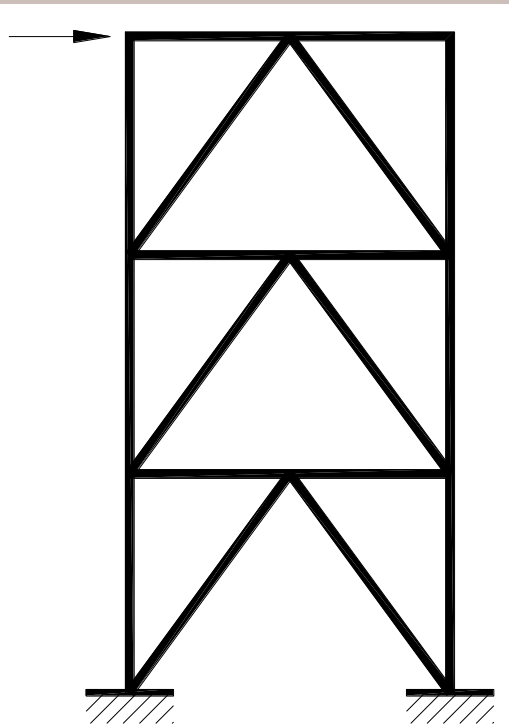
K çapraz



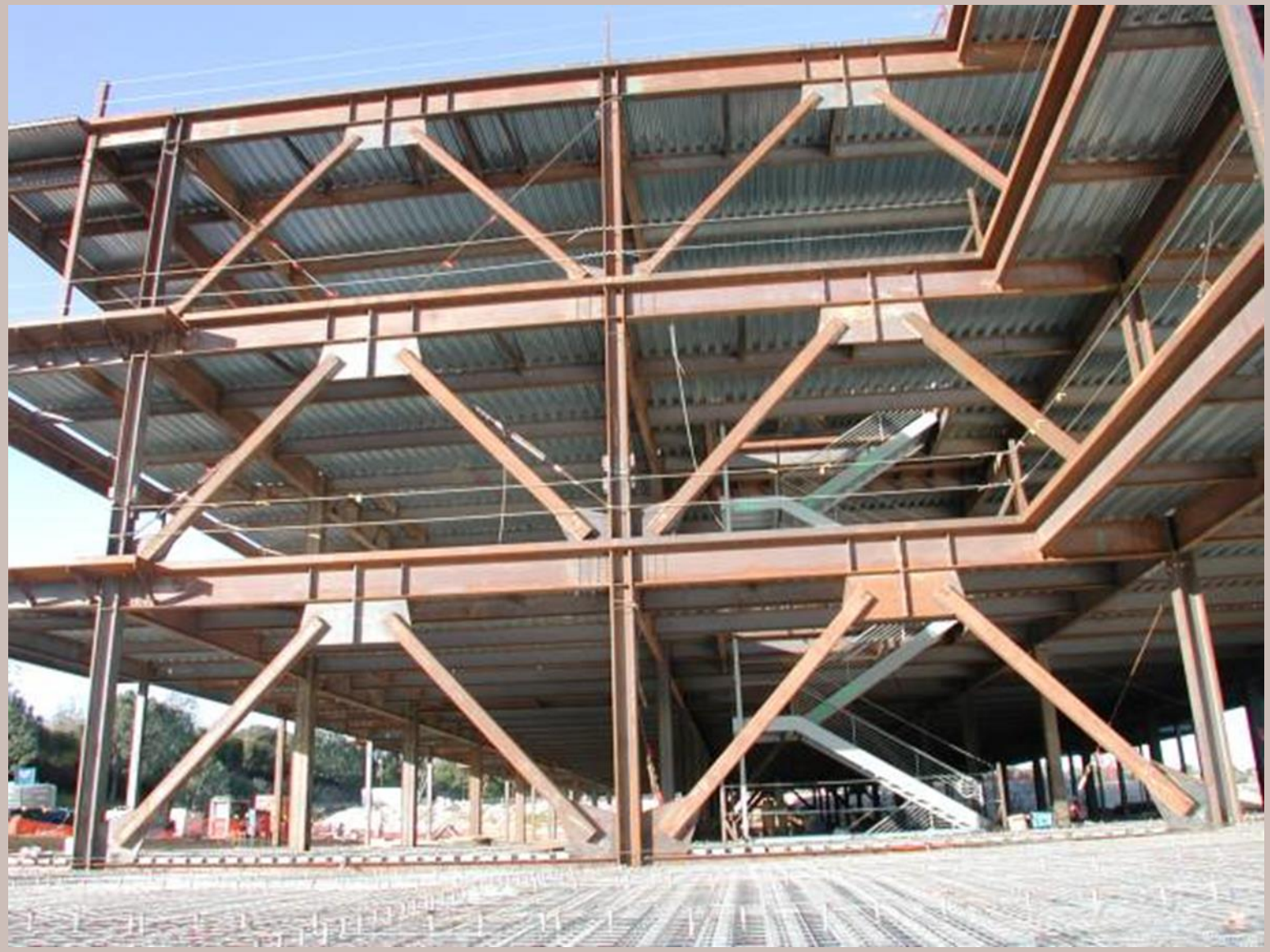
Ayrık X çapraz



Çoklu X çapraz



Çoklu ters V çapraz



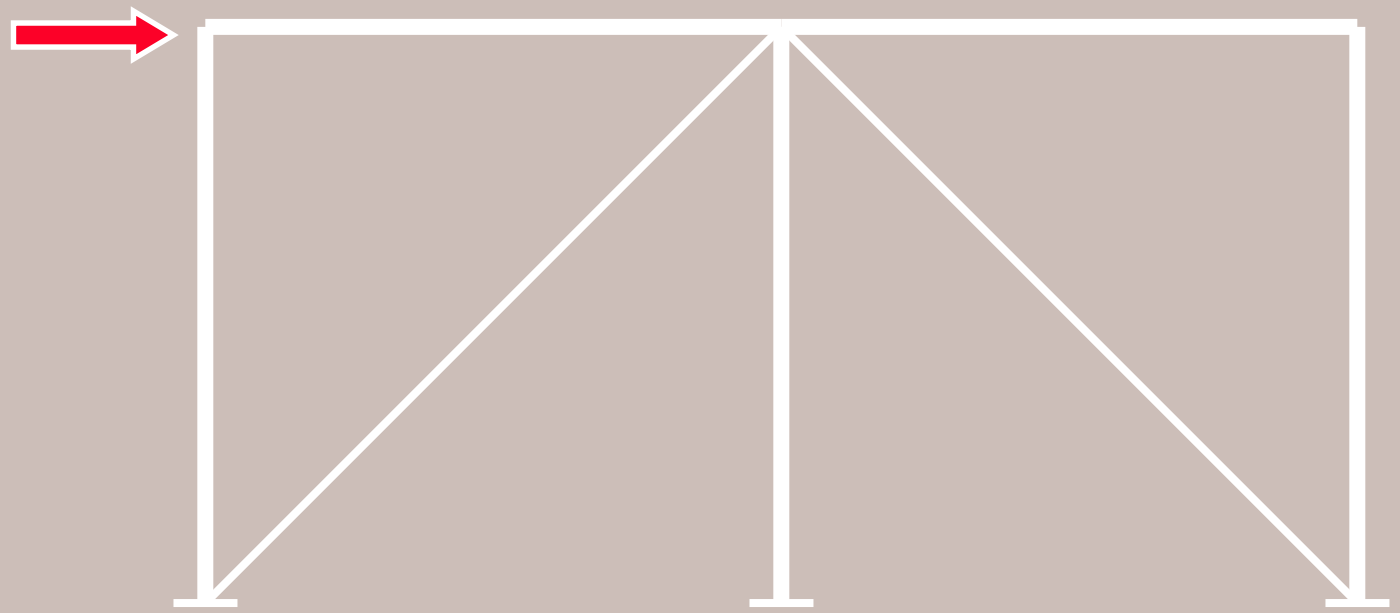


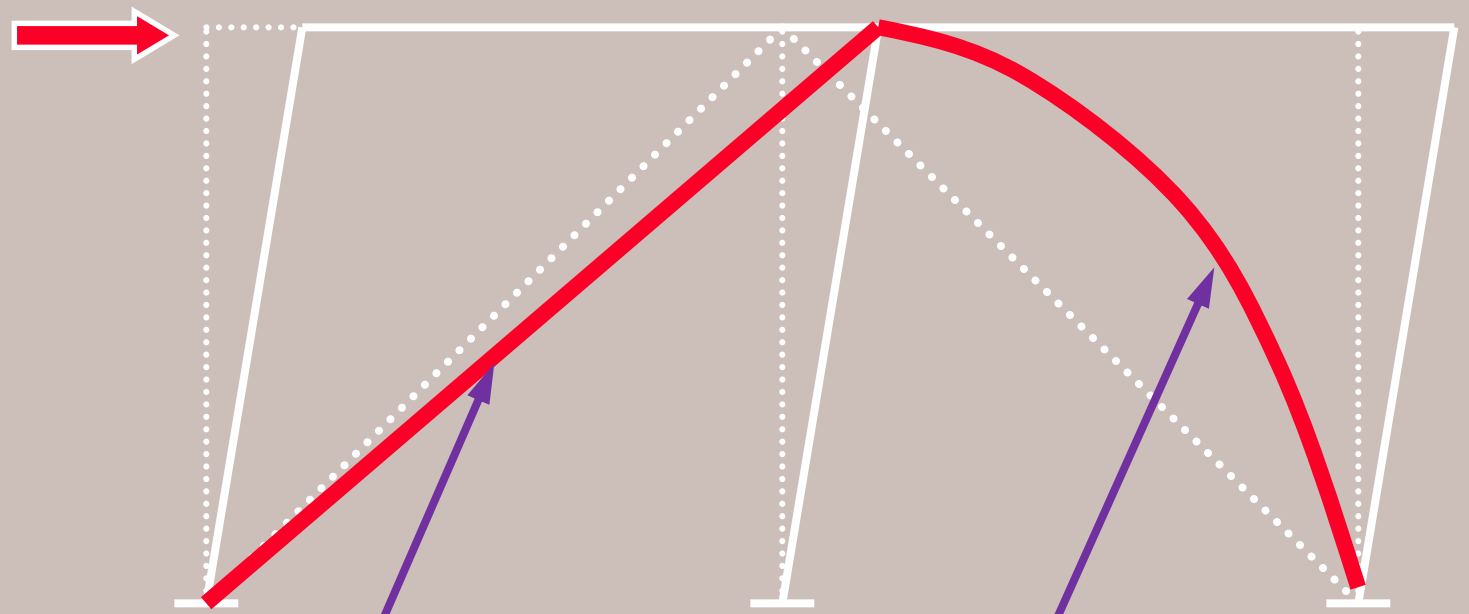




3.2.b Merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin davranışı

Yatay deprem etkisi altında doğrusal olmayan davranış

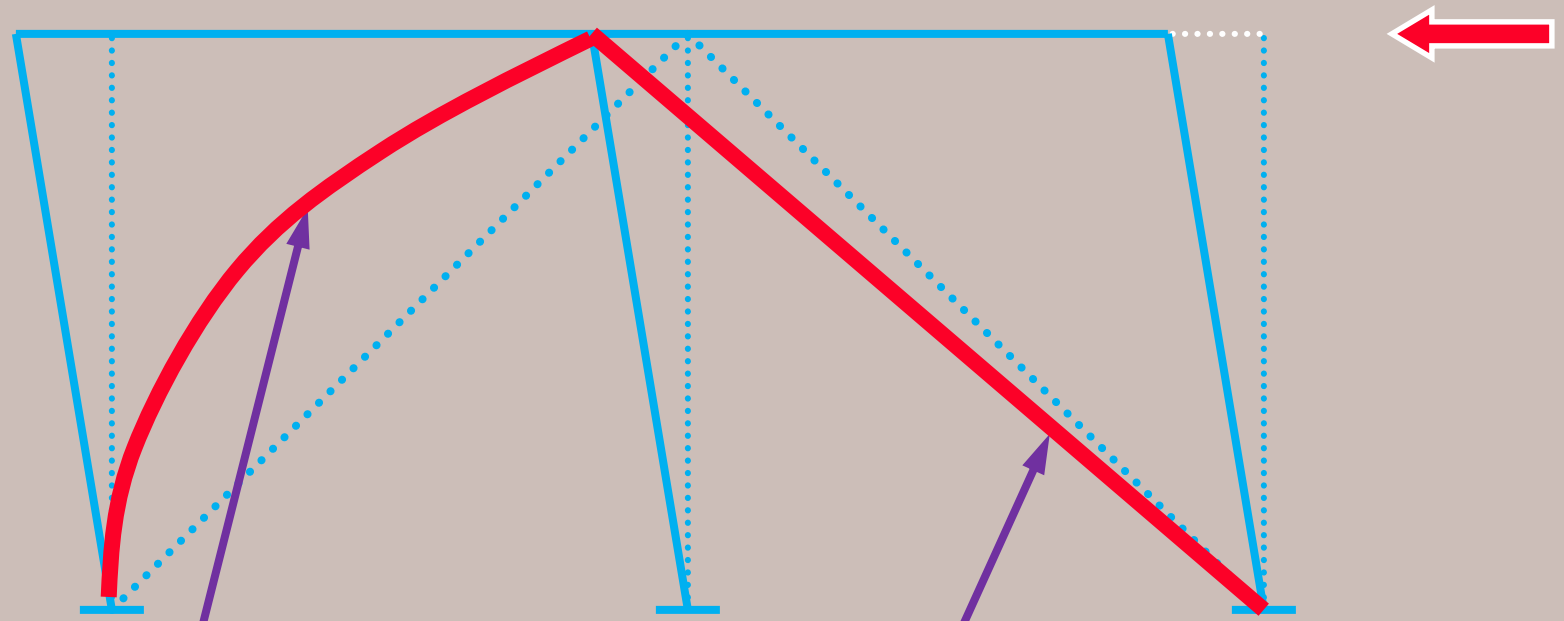




Eksenel çekme kuvveti etkisindeki çapraz: Akma (*sünek*)

Eksenel basınç kuvveti etkisindeki çapraz: Burkulma (*sünek değil*)

Kolonlar ve kirişler: esas itibariyle elastik bölgede kalmalı



Daha önce eksenel çekme kuvveti etkisinde olan eksenel basınç kuvveti etkisindeki çapraz: Burkulma
(***sünek değil***)

Daha önce eksenel basınç kuvveti etkisinde olan eksenel çekme kuvveti etkisindeki çapraz: Akma
(***sünek***)

Kolonlar ve kirişler: esas itibariyle elastik bölgede kalmalı





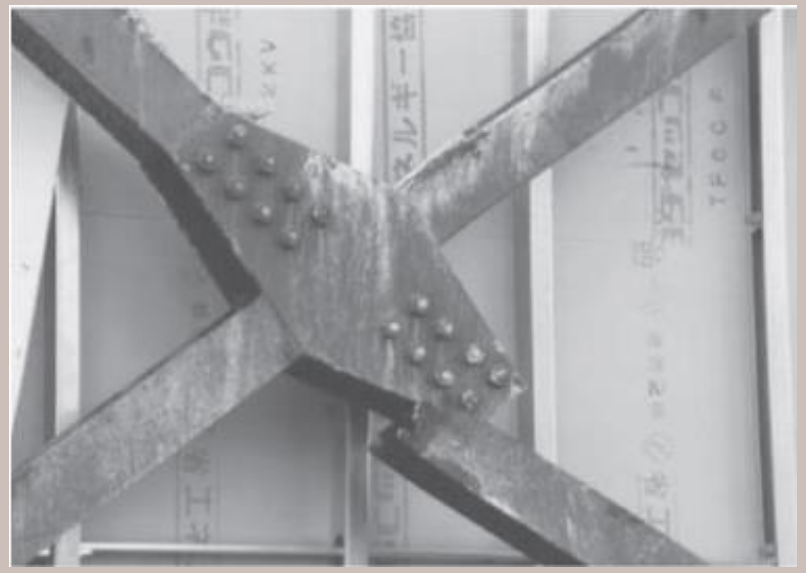




Düğüm noktası levhasının kaynaklı birleşiminin yetersiz dayanımı nedeniyle oluşan hasar



Kirişin merkezi çaprazların birleştiği noktada yanal olarak desteklenmemesi nedeniyle meydana gelen dönme

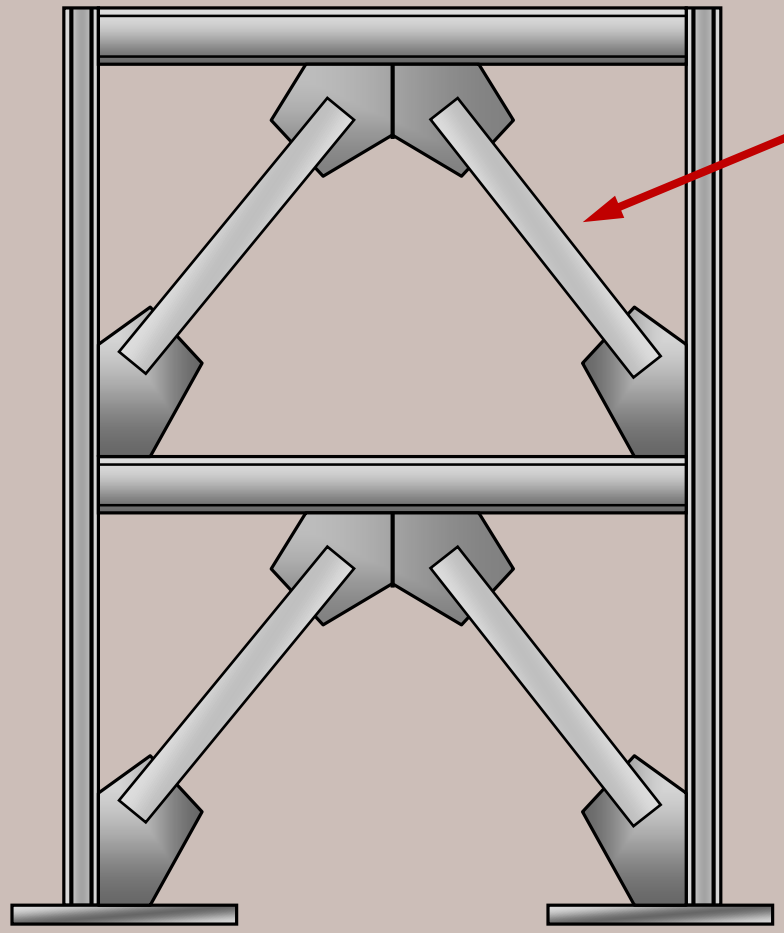


Çaprazın net enkesitten kopması

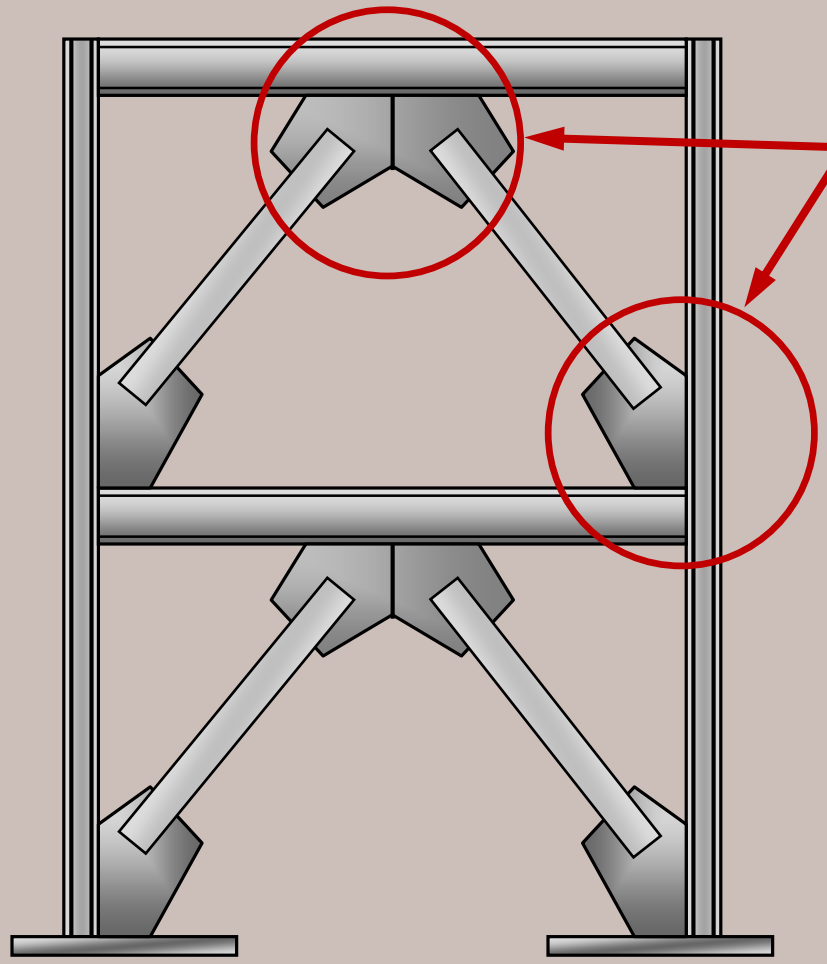


Çaprazın temele bağlantısında (ankrajında) meydana gelen hasar

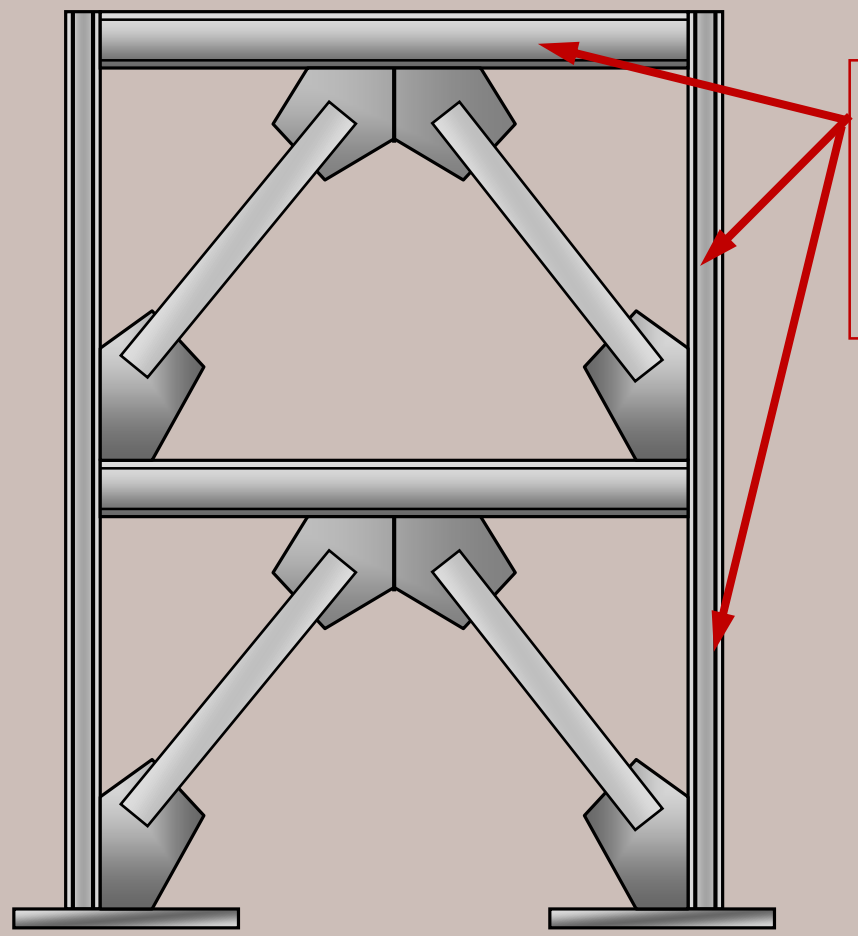
Sünek davranışın sağlanmasında genel yaklaşım



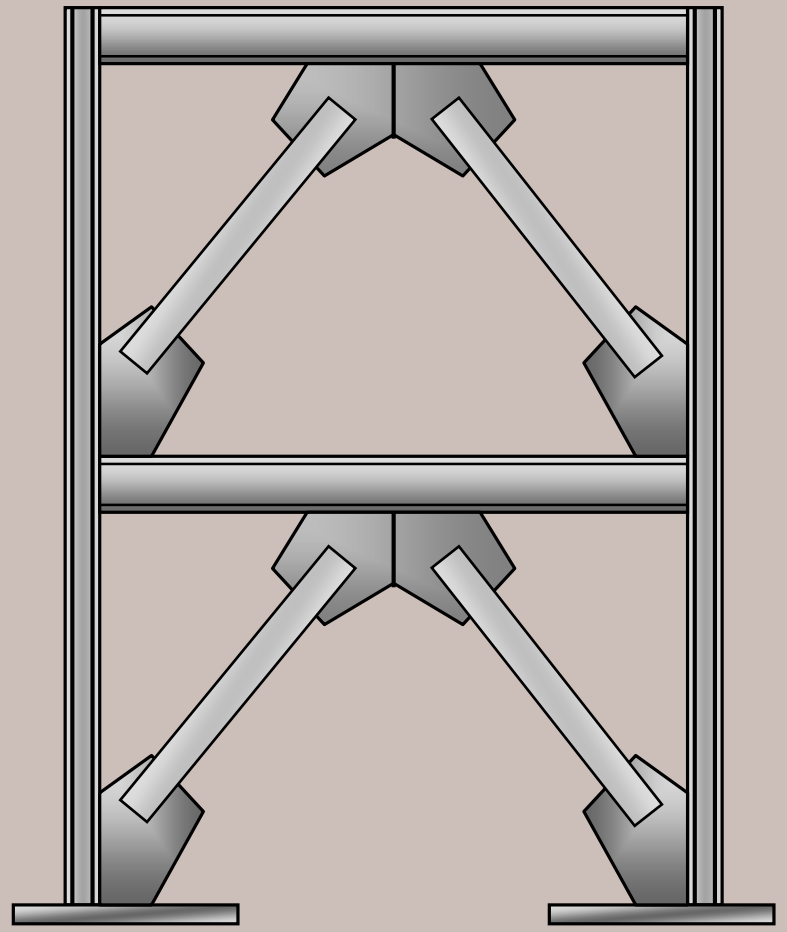
- Sistem, plastik şekildeğiştirmelerin sadece çapraz elemalarda oluşmasını sağlayacak şekilde boyutlandırılmalıdır.
  - Çaprazlar deprem enerjisinin sönümlenmesinde etkin olan elemanlardır.
  - Çaprazlar sistemin en zayıf elemanlarıdır. Diğer tüm elemanlar (kolonlar, kirişler) ve birleşimler çaprazlardan daha güçlü olmalıdır.
- Çaprazlar yüksek enerji sönümleme kapasitesine sahip olmalıdır. Bu amaçla KL / i ve b / t ile h / t_w oranları sınırlandırılmalıdır.



- Çaprazların birleşimleri, tekrarlı tersinir yükleme etkisindeki çapraz elemanların olası akma ve burkulma dayanımları esas alınarak boyutlandırılmalıdır.



- Kirişler, kolonlar, kolonların temele ankrajları ve kolon ekleri, çapraz elemanların olası akma ve burkulma dayanımlarına ulaşması durumunda oluşan iç kuvvet dağılımı esas alınarak boyutlandırılmalıdır.

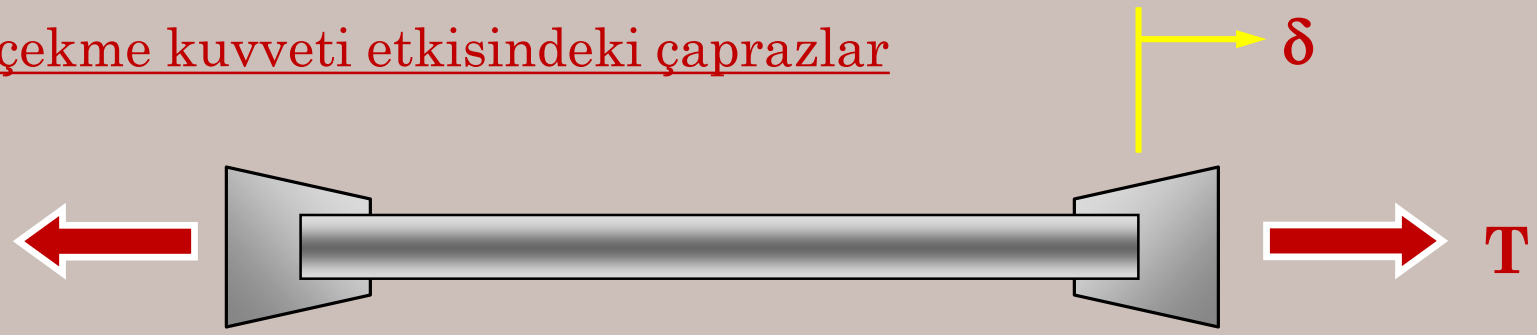


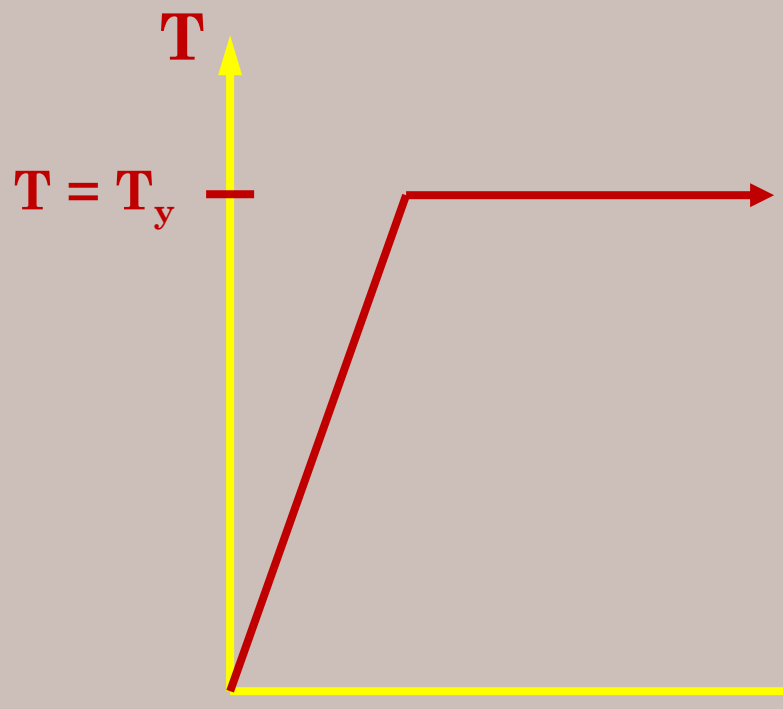
Sonuç olarak,

- çapraz elemanlar en elverişsiz iç kuvvetlerin elde edildiği yük birleşimleri altında,
- diğer tüm elemanlar ve birleşimler çaprazların akma ve burkulma dayanımlarına ulaşması sırasında oluşan iç kuvvet dağılımları esas alınarak boyutlandırılacaktır.

Çapraz elemaların eksenel çekme kuvveti etkisinde akma ve eksenel basınç kuvveti etkisinde burkulma dayanımları

Eksenel çekme kuvveti etkisindeki çaprazlar



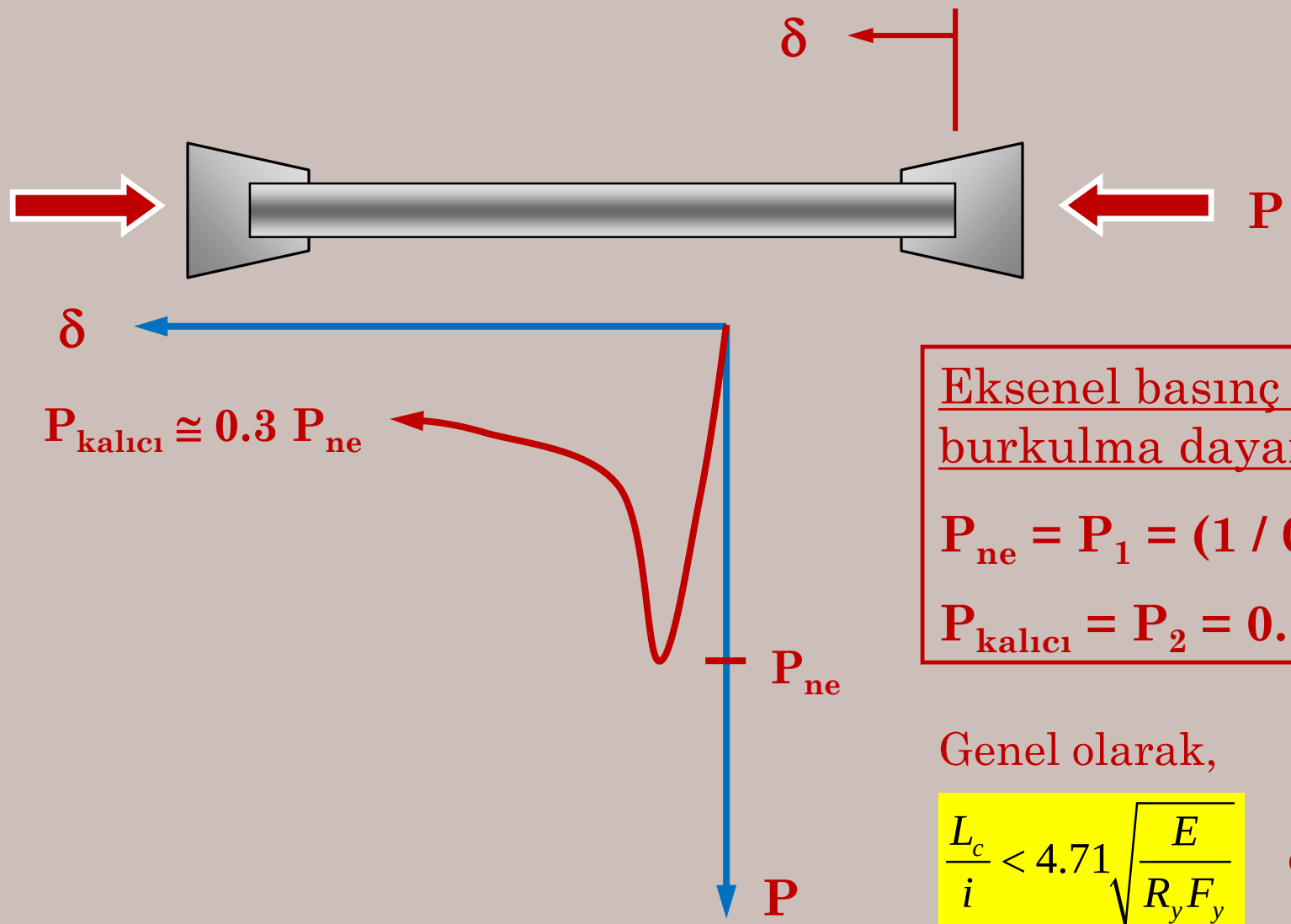


Eksenel çekme kuvveti etkisindeki çaprazların akma dayanımı TBDY 9.6.2.2(a)-(b)

$T = T_y = R_y F_y A_g$

R_y : Malzeme sınıfına bağlı olarak, TBDY Tablo 9.2

Eksenel basınç kuvveti etkisindeki çaprazlar



Eksenel basınç kuvveti etkisindeki çaprazların burkulma dayanımları TBDY 9.6.2.2(a)-(b)

$P_{ne} = P_1 = (1 / 0.877)\, F_{cre}\, A_g$ $\quad (1/0.877) = 1.14$

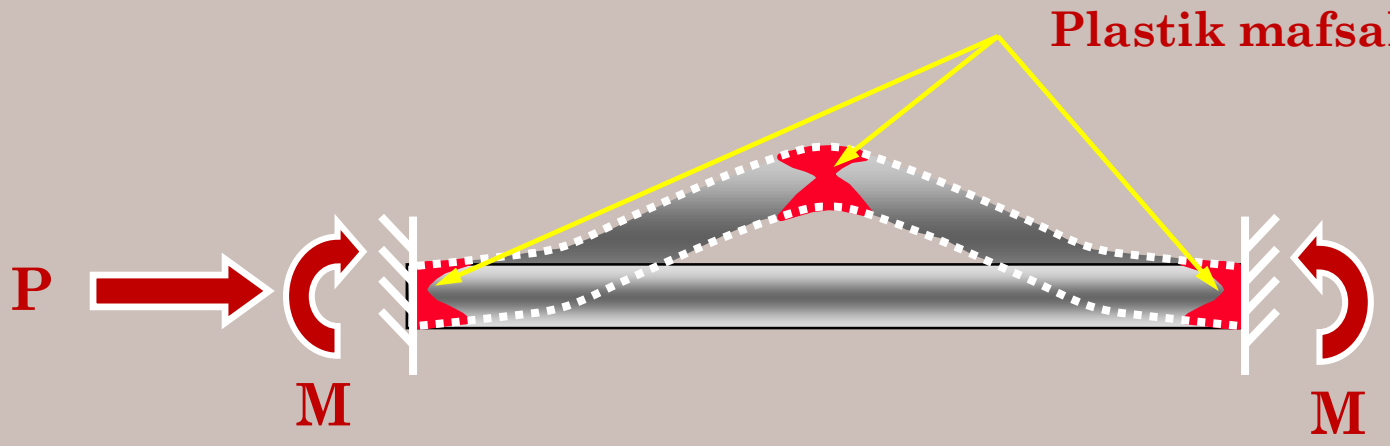
$P_{kalıcı} = P_2 = 0.3\,(1.14\, F_{cre}\, A_g)$

Genel olarak,

$$\frac{L_c}{i} < 4.71\sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$$ olduğundan $$F_{cre} = \left(0.658^{\frac{R_y F_y}{F_e}}\right) R_y F_y$$

Eksenel basınç kuvveti etkisindeki çaprazlar

Uç bağlantıları moment aktaracak şekilde teşkil edilen eksenel basınç kuvveti etkisindeki çaprazlar burkulduğunda, uç birleşim elemanlarında (düğüm noktası levhasında ve birleşimlerinde, birleşim araçlarında, vb.) burkulma nedeniyle oluşan eğilme momenti altında ilave etkiler meydana gelecektir. Bu durum aşağıdaki şekilde açıklanabilir.

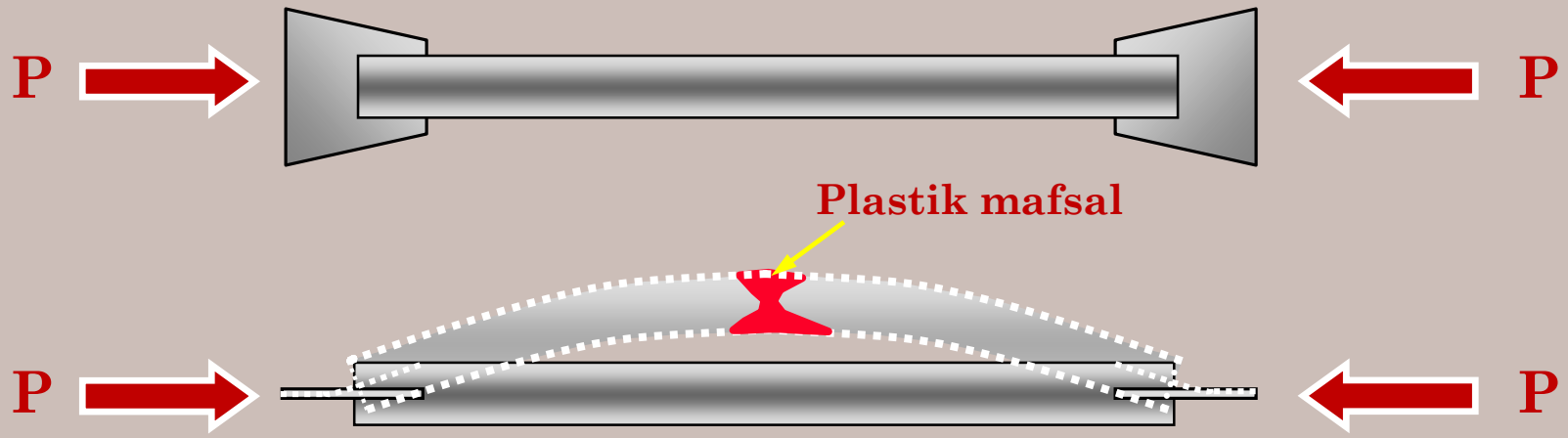




Rijit uç bağlantısı nedeniyle çapraz uçlarında ve orta noktasında eğilme etkisinde plastik mafsallar oluşacaktır. Bu durumda uç birleşimlerinin ve bağlantı elemanlarının boyutlandırılmasında aşağıda tanımlanan eğilme momenti değerinin dikkate alınması gerekmektedir.

$$M_{max} = 1.1\, R_y\, F_y\, W_{p,çapraz} \quad \text{(burkulma eksenine bağlı olarak)}$$

Mafsallı uç bağlantısı teşkil edilmesi halinde, bir adet plastik mafsalın çaprazın orta noktasında oluşması sağlanır. Bu durumda uç birleşimlerinin ve bağlantı elemanlarının boyutlandırılmasında herhangi bir eğilme momenti etkisinin dikkate alınması gerekmez.





Çapraz elemanların uç bağlantıları, birleşim elemanlarında ilave eğilme momenti etkileri oluşmayacak şekilde mafsallı olarak teşkil edilmelidir.

3.2.c Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'de verilen kural ve koşullar

Merkezi çaprazlı çelik çerçeveler, TBDY 2018'de süneklik düzeylerine göre aşağıdaki iki sınıfa ayrılmaktadır.

i. TBDY 9.6. Süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler (SYMÇÇ)

ii. TBDY 9.7. Süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçeveler (SSMÇÇ)

TBDY 9.6. Süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler (SYMÇÇ)

Süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler, basınç etkisindeki çapraz elemanların bazılarının burkulması halinde dahi, sistemde önemli ölçüde dayanım kaybı meydana gelmeyecek şekilde boyutlandırılırlar.

TBDY 9.6.1 Genel Koşullar

- Enkesit koşulları, başlık genişliği / kalınlığı ve gövde yüksekliği / kalınlığı oranları $\leq \lambda_{hd}$

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

TBDY 9.6.2 Sistem Analizi

- Kolonların boyutlandırılması,

Kolonların boyutlandırılmasında esas alınacak eksenel basınç ve çekme kuvvetleri için,

iki akma (mekanizma) durumu (TBDY Şekil 9.7a ve 9.7b) ve

dayanım fazlalığı katsayısı, D ile büyütülen yatay deprem etkilerini içeren yük birleşimleri

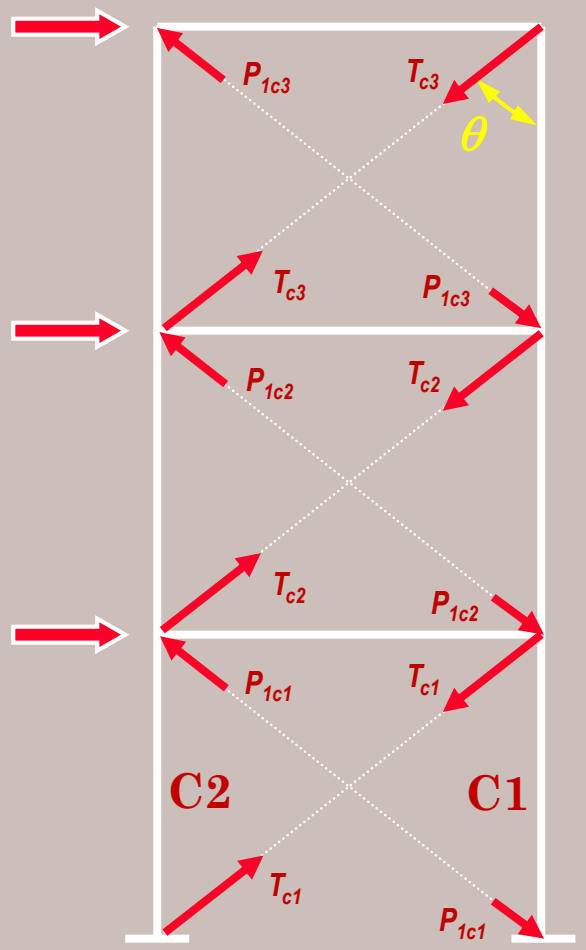
göz önünde tutulacaktır.

Bu eksenel kuvvetler, mekanizma durumları esas alınarak hesaplanan en büyük eksenel kuvvetleri içeren deprem etkili yük birleşimleri ve dayanım fazlalığı katsayısıyla (D) büyütülen yatay deprem etkilerini içeren yük birleşimleri altında elde edilen en büyük eksenel kuvvetlerin küçüğü olarak alınacaktır.

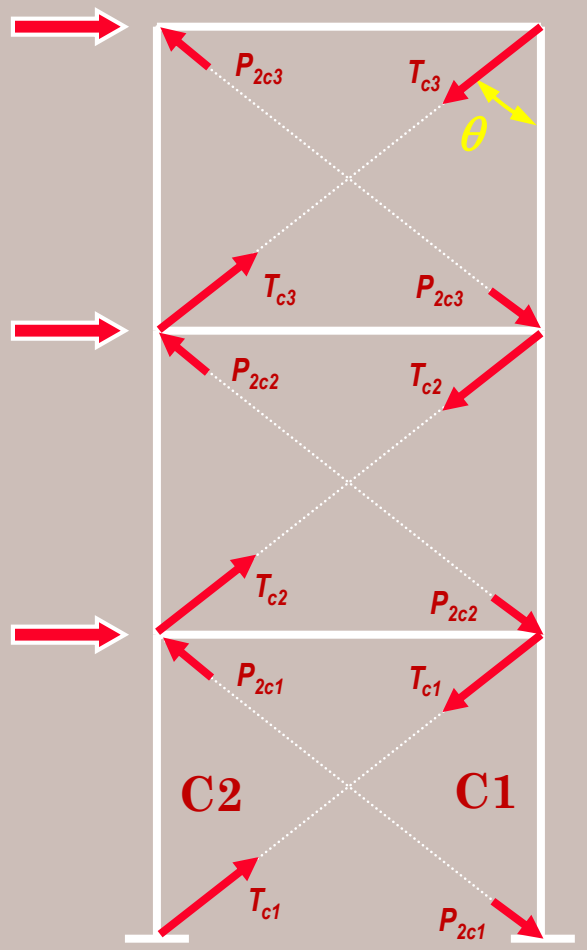
Güncelleme için öneri:

Bu eksenel kuvvetler, mekanizma durumları esas alınarak hesaplanan en büyük eksenel kuvvetleri içeren deprem etkili yük birleşimleri altında elde edilen en büyük eksenel kuvvetler olarak alınacaktır.

Eksenel basınç kuvveti (YDKT)



Burkulma anına karşı gelen mekanizma durumu



Burkulma sonrasına karşı gelen mekanizma durumu

$$\mathbf{T = T_y = R_y F_y A_g}$$

$$\mathbf{P_1 = P_{ne} = 1.14 F_{cre} A_g}$$

$$\mathbf{P_2 = P_{kalıcı} = 0.3\ (1.14\ F_{cre} A_g)}$$

C1 kolonunun en büyük eksenel basınç kuvveti, $\mathbf{P_C}$ için mekanizma durumları dikkate alındığında,

$P_{Emh} = (T_{c1} + T_{c2} + T_{c3})\text{Cos}\theta + (P_{1c2} + P_{1c3})\text{Cos}\theta$

$$1.2P_G + (1.0 \text{ veya } 0.5)P_Q + 0.2S + P_{Emh} + 0.3P_{E_d^{(Z)}} \rightarrow \mathbf{P_{mk}}$$

$$1.2P_G + (1.0 \text{ veya } 0.5)P_Q + 0.2P_S + DP_{E_d^{(H)}} + 0.3P_{E_d^{(Z)}} \rightarrow \mathbf{P_{Df}}$$

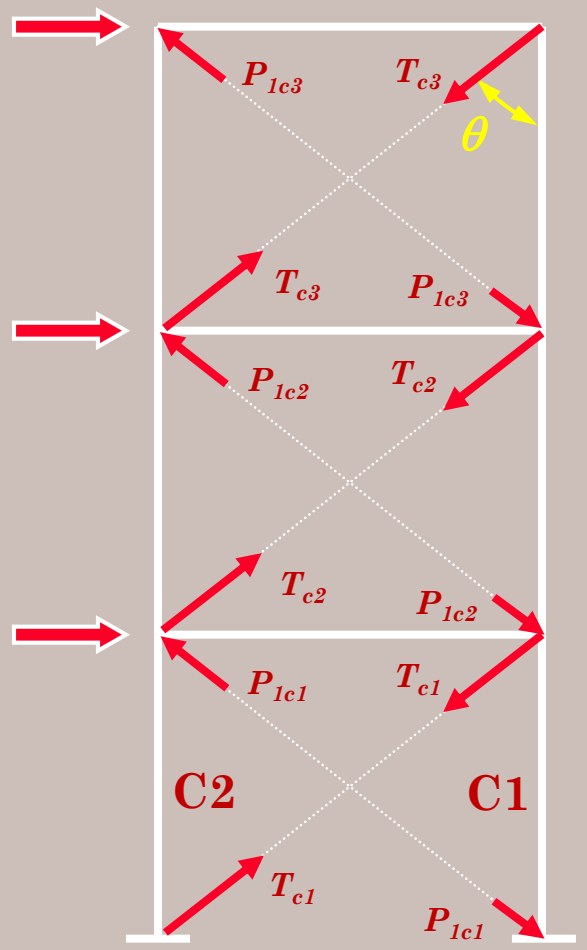
(2. Mertebe etkileri dahil)

$$\mathbf{P_C = MIN\ (P_{mk}\ ;\ P_{Df}\ )}$$

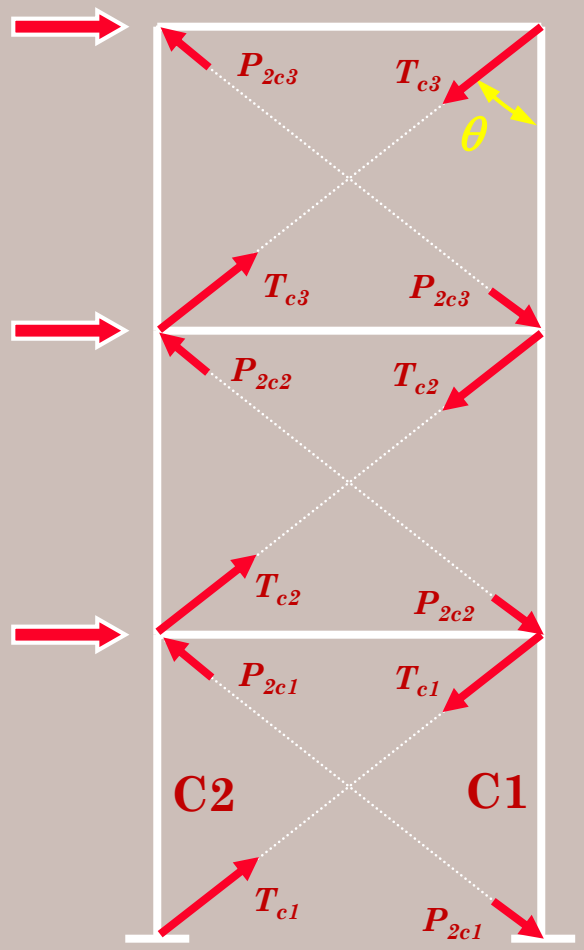
Güncelleme için öneri: $P_C = P_{mk}$

Not: Gerekli dayanımlar ikinci mertebe etkileri de içerecek şekilde hesaplanacaktır.

Eksenel çekme kuvveti (YDKT)



Burkulma anına karşı gelen mekanizma durumu



Burkulma sonrasına karşı gelen mekanizma durumu

$$T = T_y = R_y F_y A_g$$

$$P_1 = P_{ne} = 1.14 F_{cre} A_g$$

$$P_2 = P_{kalıcı} = 0.3\ (1.14\ F_{cre} A_g)$$

C1 kolonunun en büyük eksenel çekme kuvveti, P_T için mekanizma durumları dikkate alındığında,

$P_{Emh} = (T_{c2} + T_{c3})\text{Cos}\theta + (P_{1c1} + P_{1c2} + P_{1c3})\text{Cos}\theta$

$0.9 P_G + P_H + P_{Emh} - 0.3 P_{E_d^{(Z)}} \rightarrow P_{mk}$

$0.9 P_G + P_H + DP_{E_d^{(H)}} - 0.3 P_{E_d^{(Z)}} \rightarrow P_{Df}$ (2. Mertebe etkileri dahil)

$$P_T = \text{MIN}\ (P_{mk}\ ;\ P_{Df})$$

Güncelleme için öneri: $P_T = P_{mk}$

Not: Gerekli dayanımlar ikinci mertebe etkileri de içerecek şekilde hesaplanacaktır.

- Kirişlerin boyutlandırılması,

Kirişlerin boyutlandırılmasında esas alınacak eksenel basınç ve çekme kuvvetleri için,

iki akma (mekanizma) durumu (TBDY Şekil 9.7a ve 9.7b)

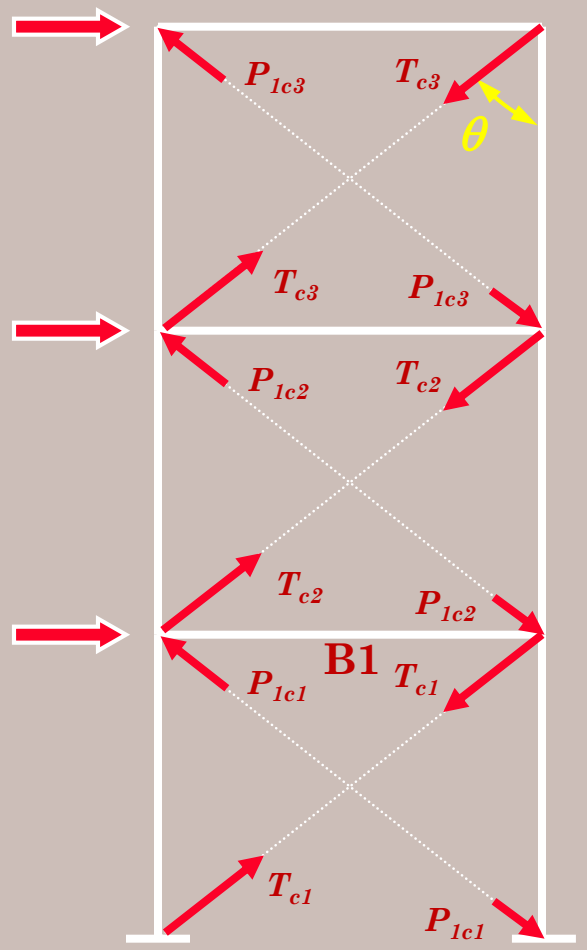
göz önünde tutulacaktır.

Bu eksenel kuvvetler, mekanizma durumları esas alınarak hesaplanan en büyük eksenel kuvvetleri içeren deprem etkili yük birleşimleri altında elde edilen en büyük eksenel kuvvetler olarak alınacaktır.

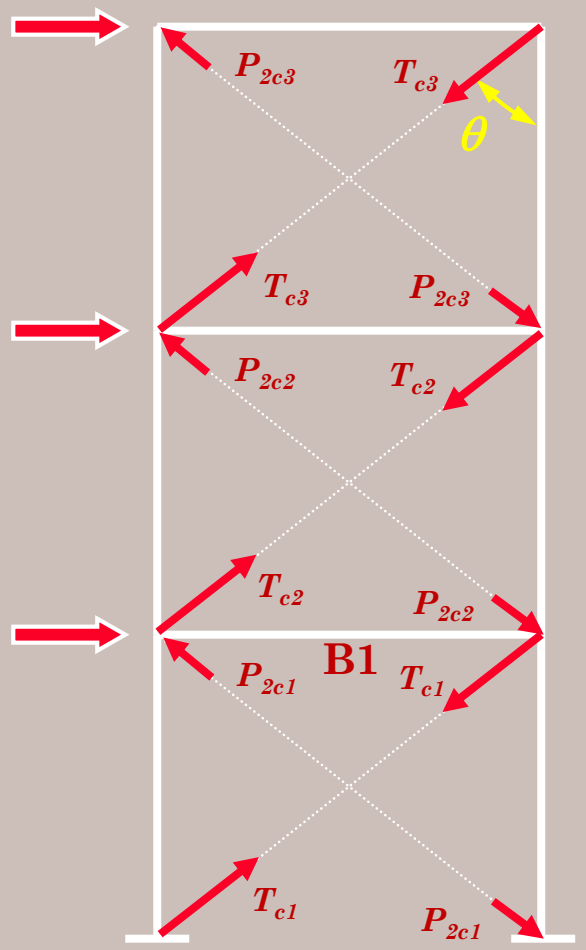
Güncelleme için öneri:

Ayrık X çaprazlı çerçevelerin kullanılması halinde, orta noktasına çaprazların bağlandığı kirişlerin gerekli kesme kuvveti ve gerekli eğilme momenti dayanımları, düğüm noktası levhası nedeniyle oluşan dışmerkezlik etkileri de dikkate alınarak belirlenecektir (bk. Fortney ve Thornton 2015, Fortney ve Thornton 2017).

Eksenel basınç kuvveti (YDKT) (Simetrik bir taşıyıcı sistem planı için)



Burkulma anına karşı gelen mekanizma durumu



Burkulma sonrasına karşı gelen mekanizma durumu

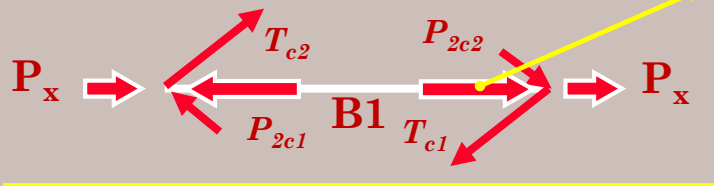
$$T = T_y = R_y F_y A_g$$

$$P_1 = P_{ne} = 1.14 F_{cre} A_g$$

$$P_2 = P_{kalıcı} = 0.3\,(1.14\, F_{cre} A_g)$$

B1 kirişinin en büyük eksenel basınç kuvveti, P_C için mekanizma durumları dikkate alındığında,

$P_x = [(P_{2c1} + T_{c1})\text{Sin}\theta - (T_{c2} + P_{2c2})\text{Sin}\theta\,] / 2$



P_{Emh}, düğüm noktası dengesi ile hesaplanacaktır.

$$1.2P_G + (1.0 \text{ veya } 0.5)P_Q + 0.2P_S + P_{Emh} + 0.3P_{E_d^{(Z)}} \longrightarrow P_{mk}$$

$$P_C = P_{mk}$$

Not: Gerekli dayanımlar ikinci mertebe etkileri de içerecek şekilde hesaplanacaktır.

Kesme kuvveti (YDKT)

$$1.2V_G + (1.0 \text{ veya } 0.5)V_Q + 0.2V_S + V_{Emh} + 0.3V_{E_d^{(Z)}}$$ ⟶ $\mathbf{V_{Emh} = 0}$ (Yük birleşimindeki diğer etkiler nedeniyle elde edilen V_u)

Eğilme momenti (YDKT)

$$1.2M_G + (1.0 \text{ veya } 0.5)M_Q + 0.2M_S + M_{Emh} + 0.3M_{E_d^{(Z)}}$$ ⟶ $\mathbf{M_{Emh} = 0}$ (Yük birleşimindeki diğer etkiler nedeniyle elde edilen M_u)

TBDY 9.6.3 Çaprazlar

Süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin çapraz elemanları aşağıdaki koşulları sağlayacak şekilde boyutlandırılacaktır.

Çapraz elemanlarda narinlik oranı (çubuk burkulma boyu / atalet yarıçapı) $KL / i \leq 200$ koşulunu sağlayacaktır.

Enkesitleri çok parçalı olan çaprazlar, ancak parçalarının sürekli olarak birleştirilmesi koşulu ile kullanılabilirler.

Çaprazlar, TBDY 9.2.5'te verilen deprem etkisi içeren yük birleşimleri dikkate alınarak boyutlandırılacaktır.

Çaprazın etkin net alanı kullanılarak hesaplanan kopma (kırılma) dayanımı, $R_t F_u A_e$ kayıpsız enkesit alanı kullanılarak hesaplanan akma dayanımı, $R_y F_y A_g$ değerinden daha az olmayacaktır. Bu koşul sağlanamadığında net alan enkesiti takviye (TBDY 9.6.3.4(a) ve (b)) edilecektir.

Güncelleme için öneri:

$A_e < A_g$ olması halinde net alan enkesiti takviye edilecektir.

TBDY 9.6.4 Özel Çapraz Düzenleri İçin Ek Koşullar

V veya ters V şeklindeki çapraz sistemlerinde, çaprazların bağlandığı kirişlerin sağlaması gereken ek koşullar aşağıda verilmiştir.

Kirişler birleştirdiği kolonlar arasında sürekli olacaktır.

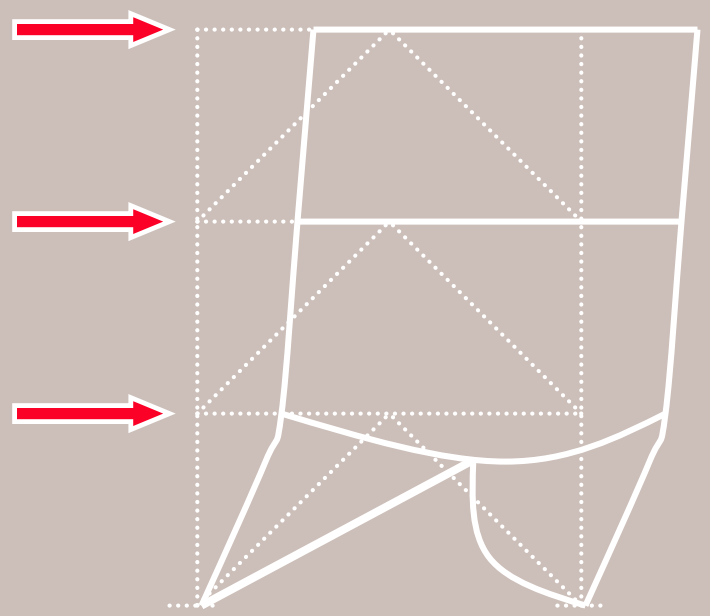
Kirişlerin üst ve alt başlıkları TBDY 9.2.8'de verilen ilgili koşullar esas alınarak yanal doğrultuda desteklenecektir. Ayrıca, kirişlerin üst ve alt başlıklarının çaprazların bağlandığı noktalarda da yanal doğrultuda desteklenmesi sağlanacaktır.

Kirişler ve birleşimlerinin gerekli dayanımları, (*deprem etkilerini içeren yük birleşimlerine göre, deprem etkileri olarak TBDY 9.6.2.2'de belirtilen iç kuvvetlerin meydana getirdiği dengelenmemiş kuvvetler ve düşey yükler dikkate alınarak*) hesaplanacaktır.

Süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçevelerde "K" şeklindeki (çaprazların kolon orta noktasına bağlandığı) çapraz düzenine izin verilmez.

Süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçevelerde sadece çekmeye çalışan çaprazların kullanılmasına izin verilmez.

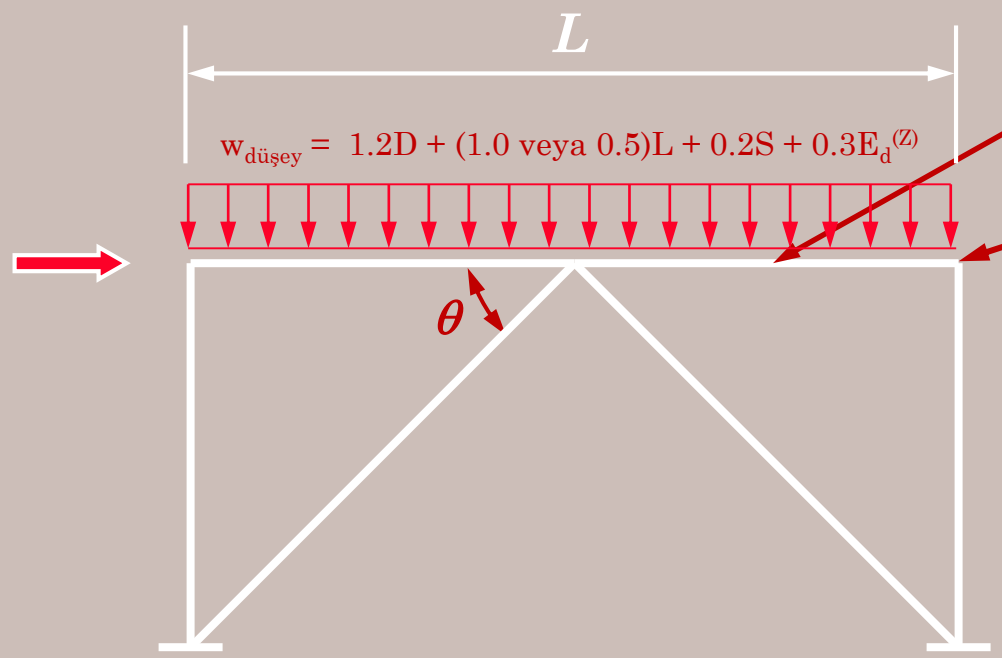
Ters V şeklindeki çapraz sistemi







(deprem etkilerini içeren yük birleşimlerine göre, deprem etkileri olarak TBDY 9.6.2.2'de belirtilen iç kuvvetlerin meydana getirdiği dengelenmemiş kuvvetler ve düşey yükler dikkate alınarak) ☆



En büyük eğilme momentinin hesabı

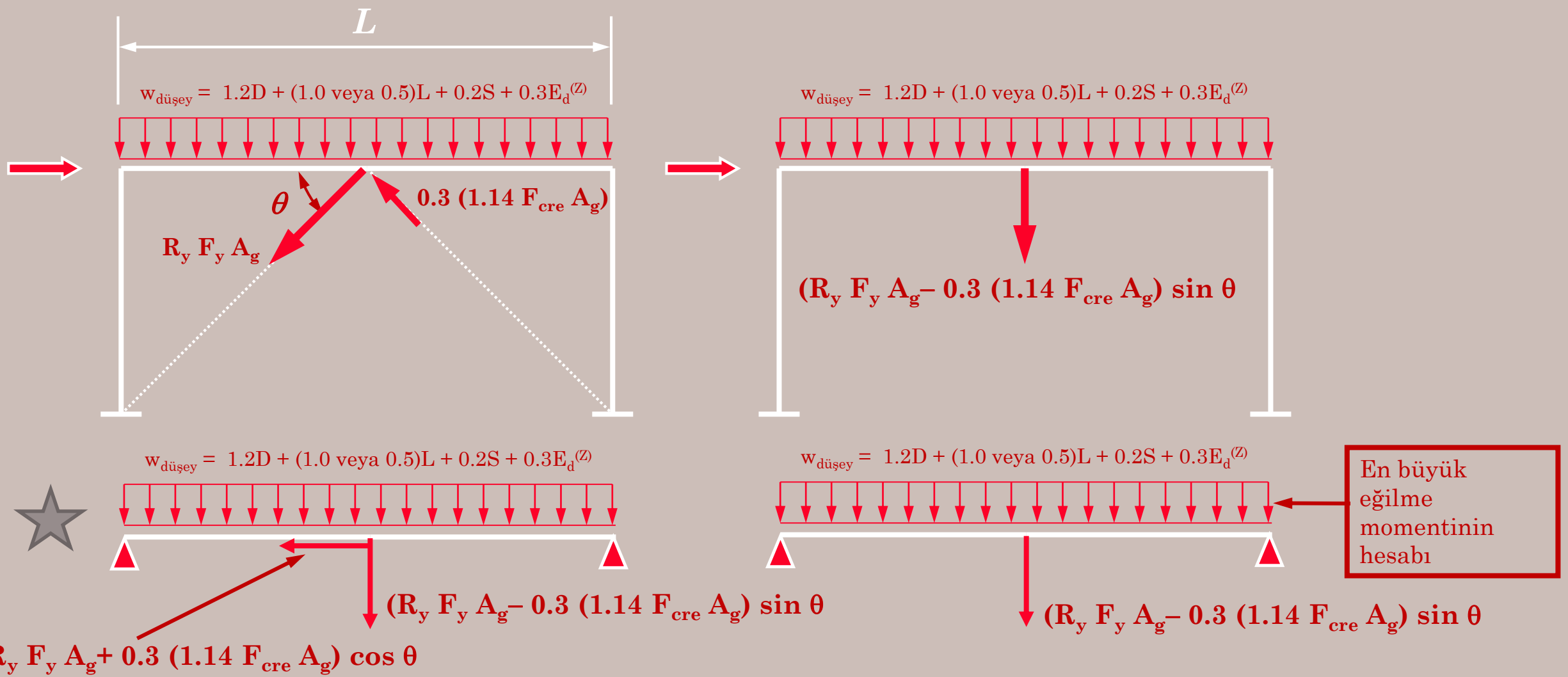
Kiriş-kolon birleşimi: Mafsallı

Çekme kuvveti etkisindeki çapraz için,

$$T = R_y F_y A_g$$

Basınç kuvveti etkisindeki çapraz için,

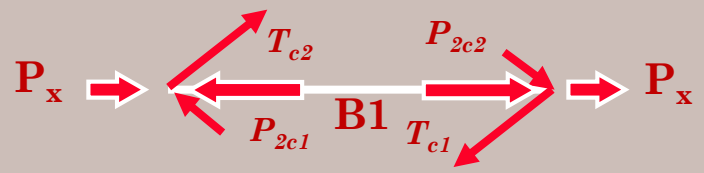
$$P = 0.3 (1.14 F_{cre} A_g)$$

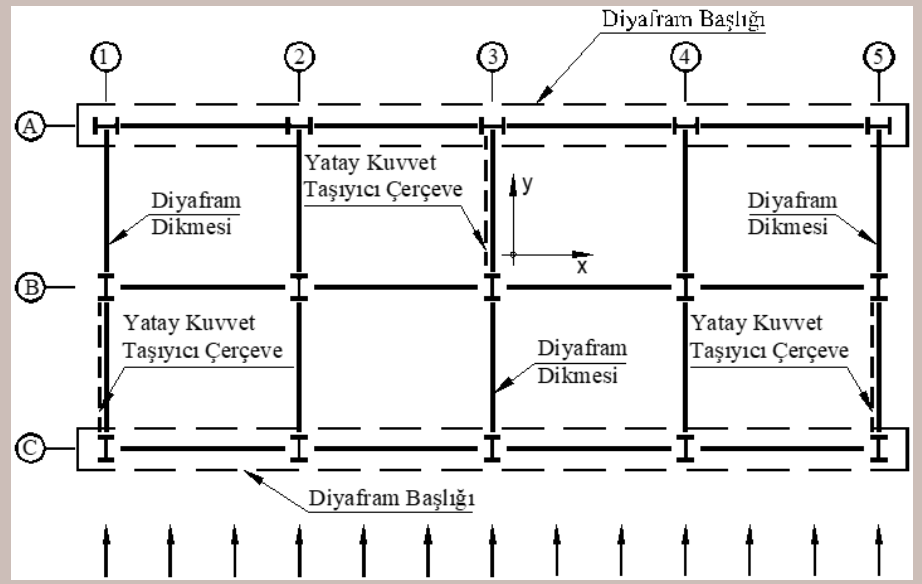

L
$w_{düşey}$ = 1.2D + (1.0 veya 0.5)L + 0.2S + 0.3$E_d^{(Z)}$
θ
$R_y F_y A_g$
0.3 (1.14 $F_{cre} A_g$)
$w_{düşey}$ = 1.2D + (1.0 veya 0.5)L + 0.2S + 0.3$E_d^{(Z)}$
($R_y F_y A_g$ – 0.3 (1.14 $F_{cre} A_g$) sin θ
$w_{düşey}$ = 1.2D + (1.0 veya 0.5)L + 0.2S + 0.3$E_d^{(Z)}$
($R_y F_y A_g$ – 0.3 (1.14 $F_{cre} A_g$) sin θ
($R_y F_y A_g$ + 0.3 (1.14 $F_{cre} A_g$) cos θ
$w_{düşey}$ = 1.2D + (1.0 veya 0.5)L + 0.2S + 0.3$E_d^{(Z)}$
($R_y F_y A_g$ – 0.3 (1.14 $F_{cre} A_g$) sin θ
En büyük eğilme momentinin hesabı

TBDY 9.6.5 Çapraz – Kiriş – Kolon Birleşimleri

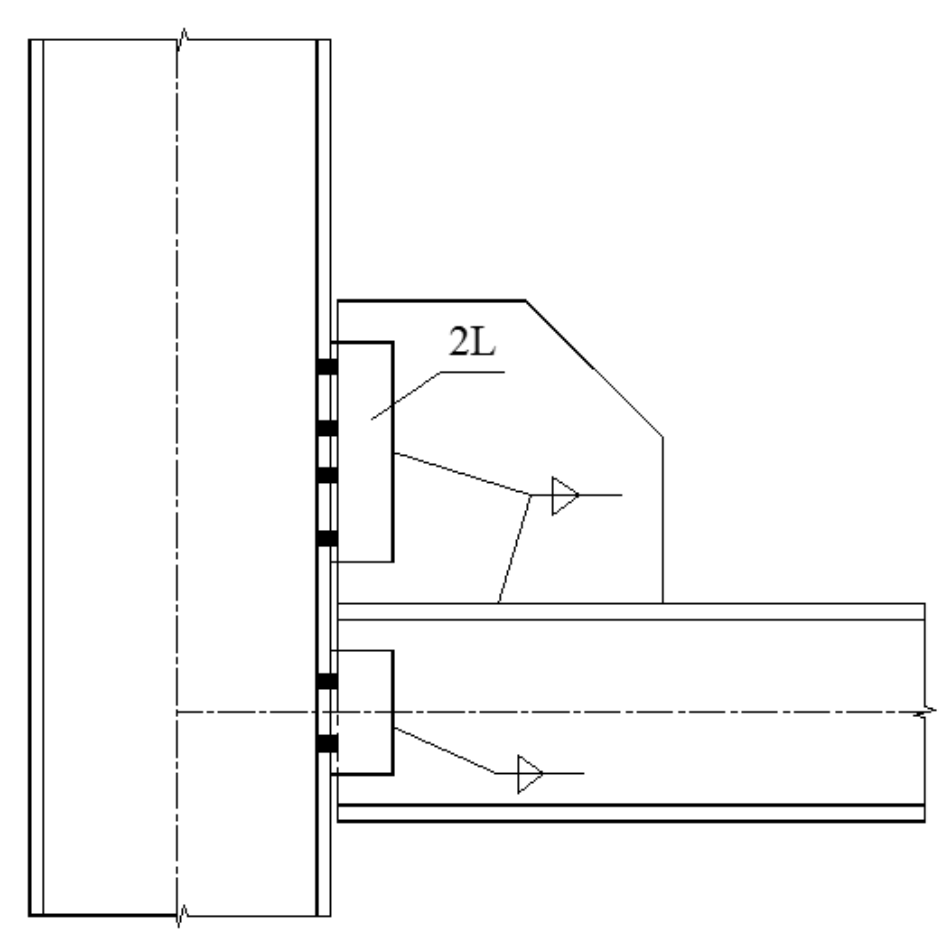
Çapraz elemanın veya düğüm noktası levhasının kiriş-kolon birleşim bölgesine bağlantısında aşağıdaki koşullara uyulacaktır. Ayrıca, aşağıdaki iç kuvvetler, TBDY 9.10.3'te açıklandığı şekilde hesaplanan diyafram dikmelerinin (aktarma elemanlarının) iç kuvvetleri ($\mathbf{P_x}$) ile birlikte değerlendirilecektir.

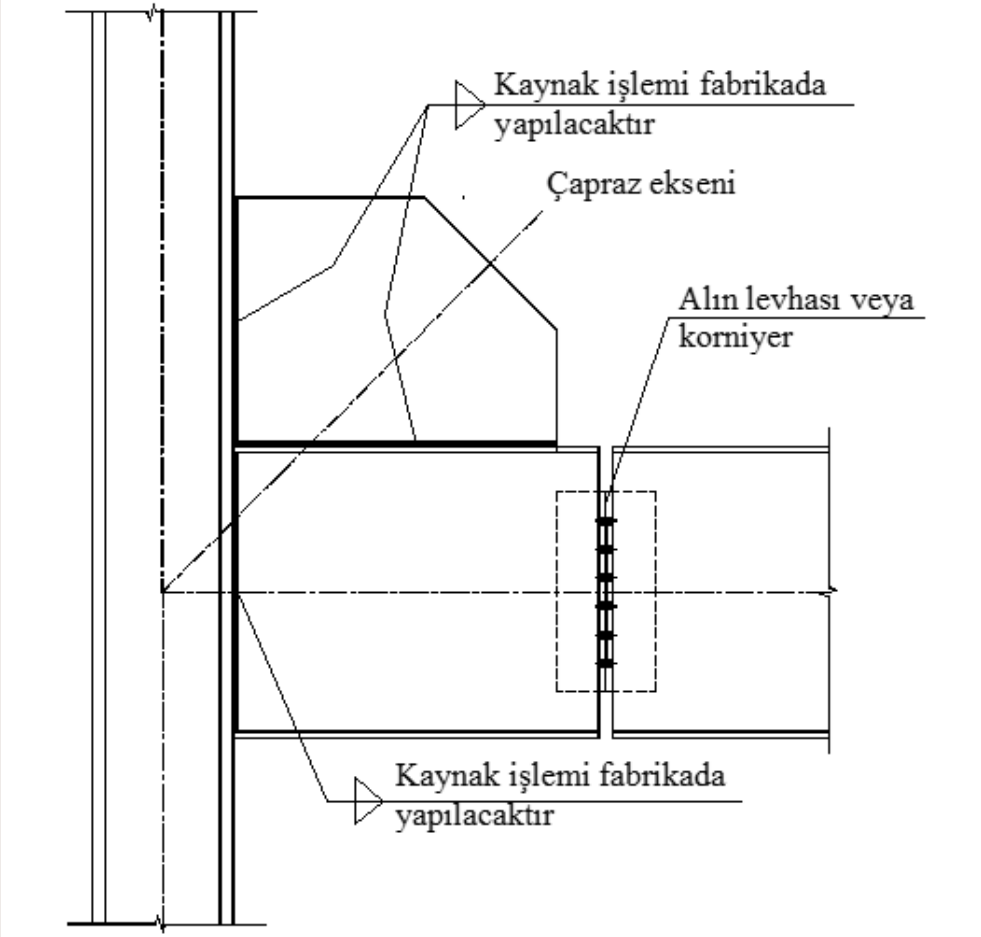
Örneğin, aşağıdaki şekilde verilen $\mathbf{P_x}$ kuvveti.





Kirişin kolona birleşimi mafsallı olarak tasarlandığında, birleşim detayı en az 0.025 radyan dönme açısını sağlayacak şekilde oluşturulacaktır. Bu bağlantı detayı için TBDY Ek 9C'de verilen ve bu koşulu sağladığı kanıtlanmış olan kiriş-kolon birleşim detaylarından biri kullanılabilir.



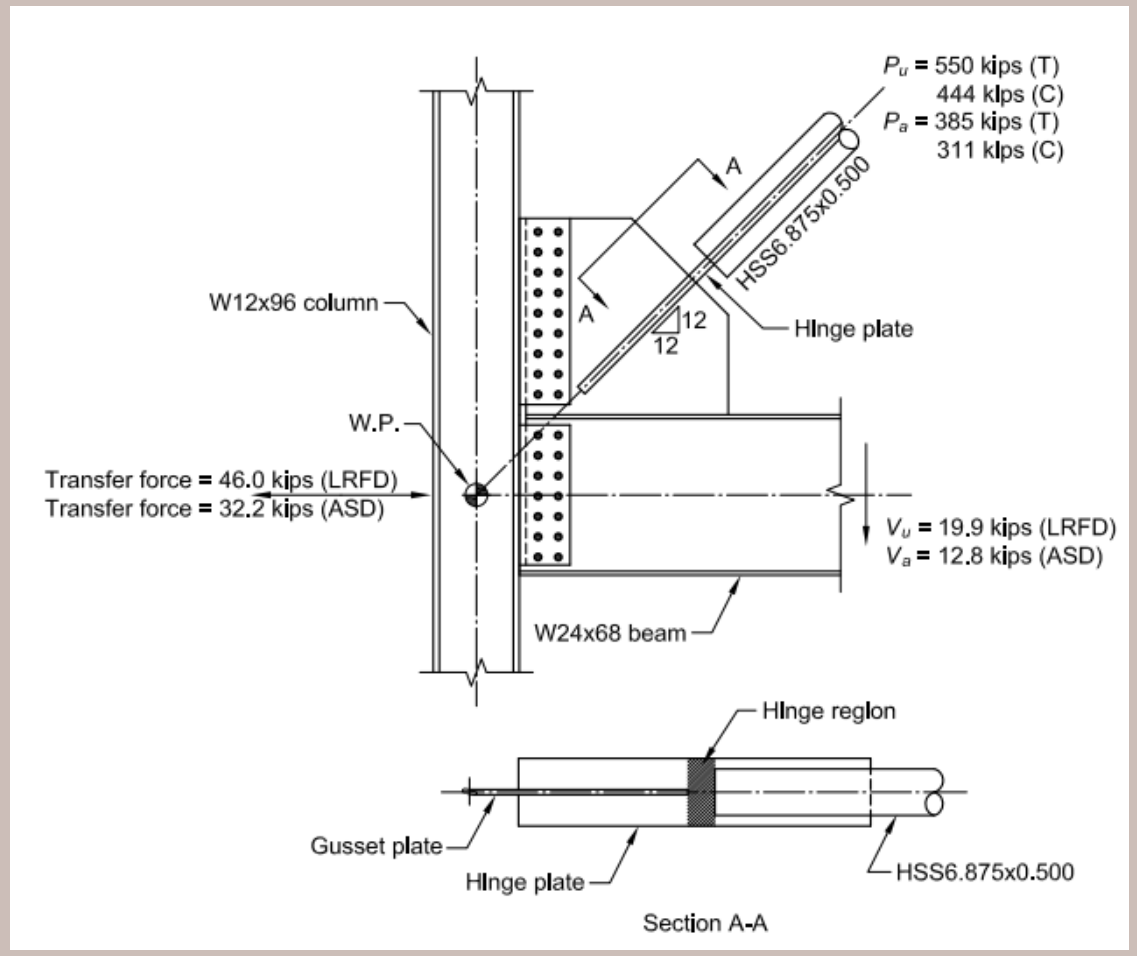


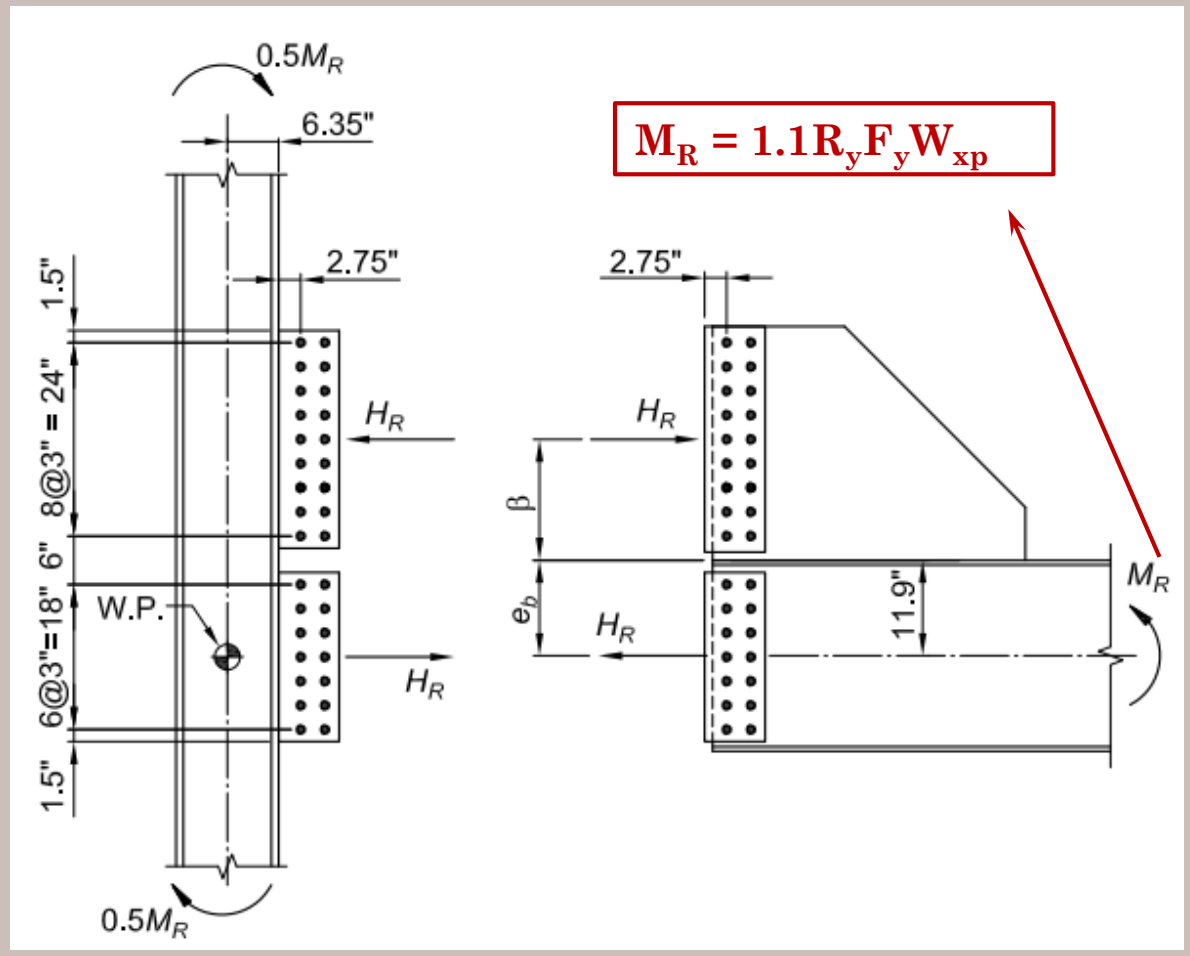
0.025 radyan dönme açısını sağlayan birleşimler

Kirişin kolona birleşimi 0.025 rad dönme açısını sağlayacak şekilde oluşturulmadığında, birleşim detayı aşağıda verilen eğilme momenti değerlerinden küçük olanını aktaracak şekilde boyutlandırılacaktır.

Kirişin $\mathbf{M_p}$ plastikleşme momentinin $\mathbf{1.1R_y}$ (YDKT) katından oluşan eğilme momenti.

Düğüm noktasına birleşen kolonların $\mathbf{\Sigma M_p}$ toplam plastikleşme momentinin $\mathbf{1.1R_y}$ (YDKT) katından oluşan eğilme momenti.





- Çaprazların uç birleşimlerinin boyutlandırılması (YDKT),

Bu birleşimlerin boyutlandırılmasında esas alınacak

eksenel çekme kuvvetleri, $\mathbf{T_y = R_y F_y A_g}$

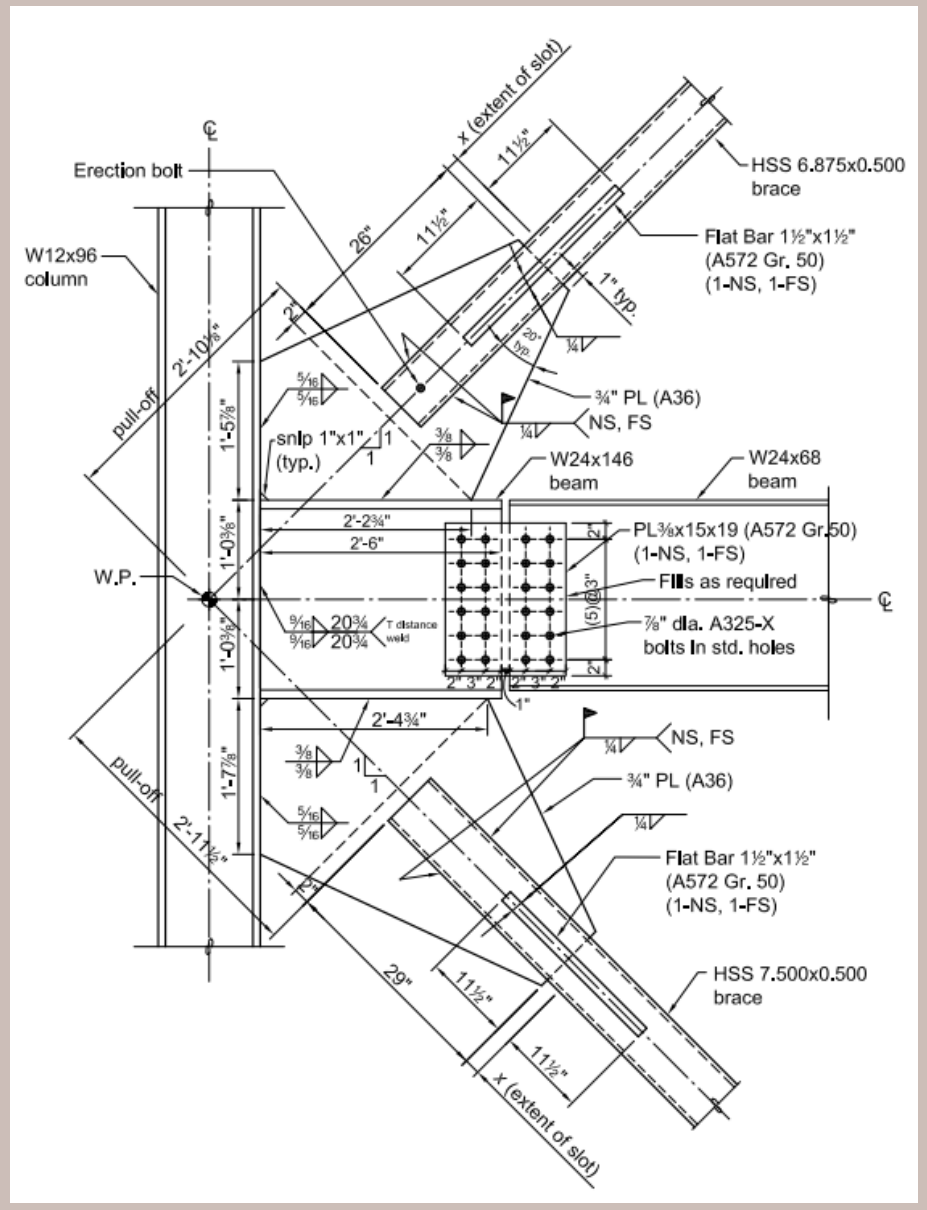
eksenel basınç kuvvetleri, $\mathbf{P = 1.1\ [MIN(\ 1.14 F_{cre} A_g\ ;\ R_y F_y A_g\ )]}$

Çapraz birleşimi, çaprazın burkulması nedeniyle oluşacak eğilme etkilerini karşılayacak dayanıma sahip olacaktır. Bu durum aşağıdaki koşullardan birine uyulmak suretiyle sağlanacaktır.

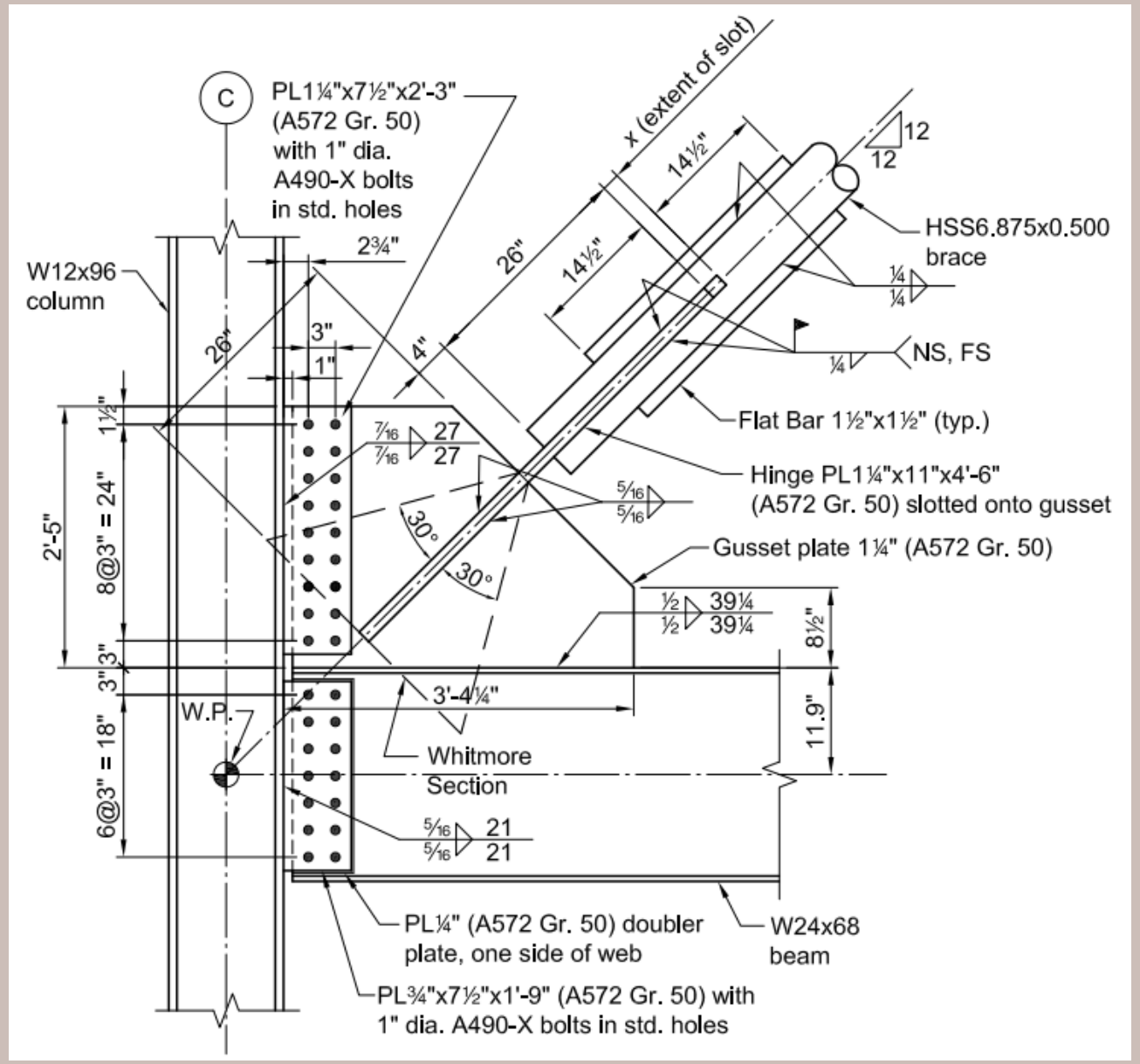
(1) Uç plastik mafsalların çapraz elemanı enkesitinde oluşması öngörüldüğünde, çapraz birleşiminin eğilme dayanımı çapraz elemanın beklenen eğilme momenti dayanımı değerinden daha büyük olmalıdır. Çaprazın beklenen eğilme momenti dayanımı, en küçük burkulma dayanımına karşı gelen eksene göre $\mathbf{1.1R_yM_p}$ ile hesaplanacaktır.

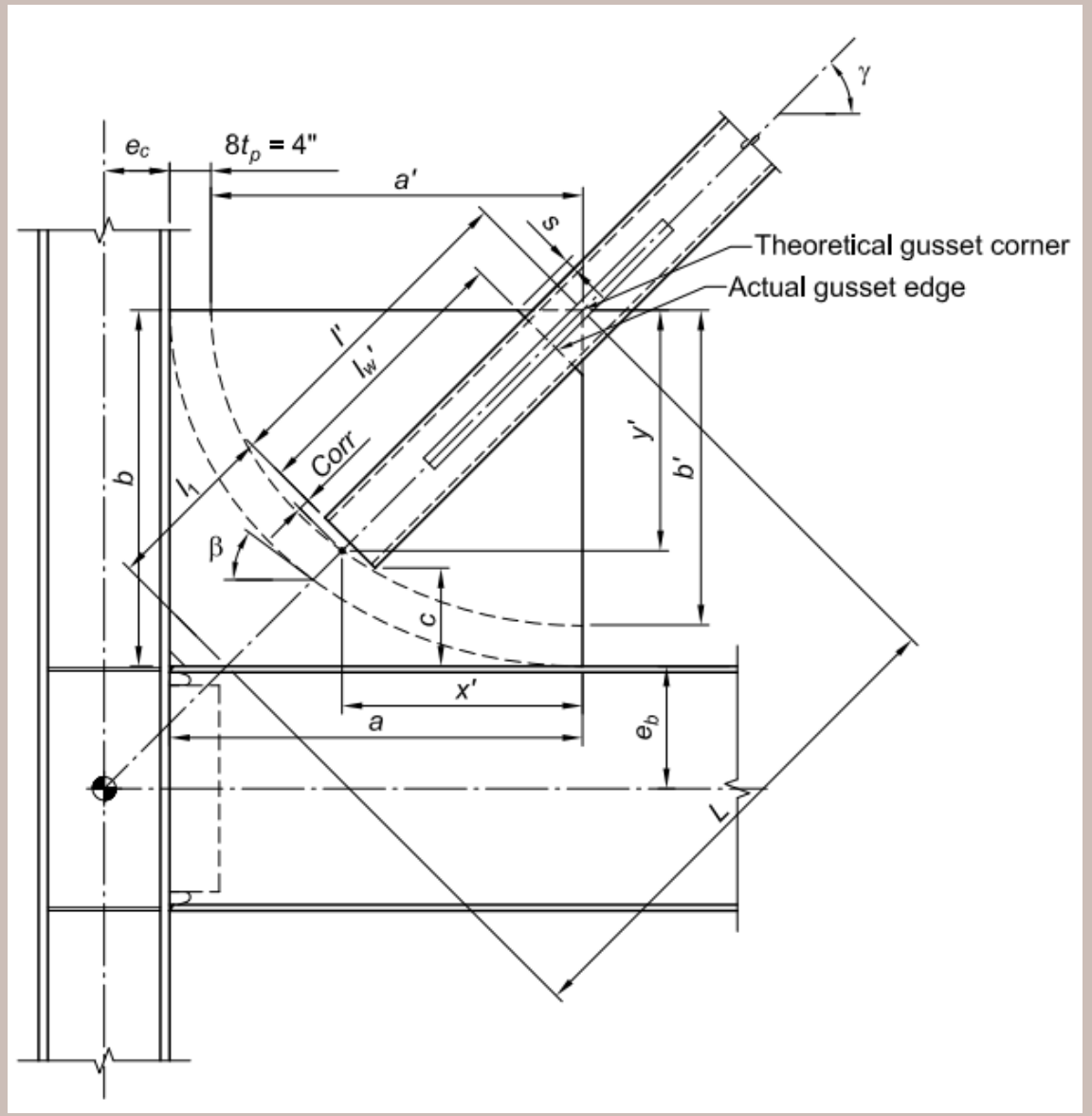
(2) Uç plastik mafsalların düğüm noktası veya bağlantı levhasında oluşması öngörüldüğünde, çapraz birleşimi yeterli dönme kapasitesine sahip olacaktır. Yeterli dönme kapasitesi, çapraz eleman uç birleşiminde kullanılacak düğüm noktası levhası veya bağlantı levhasında plastik dönmeye izin verecek yeterli bölgelerin teşkil edilmesiyle sağlanacaktır.

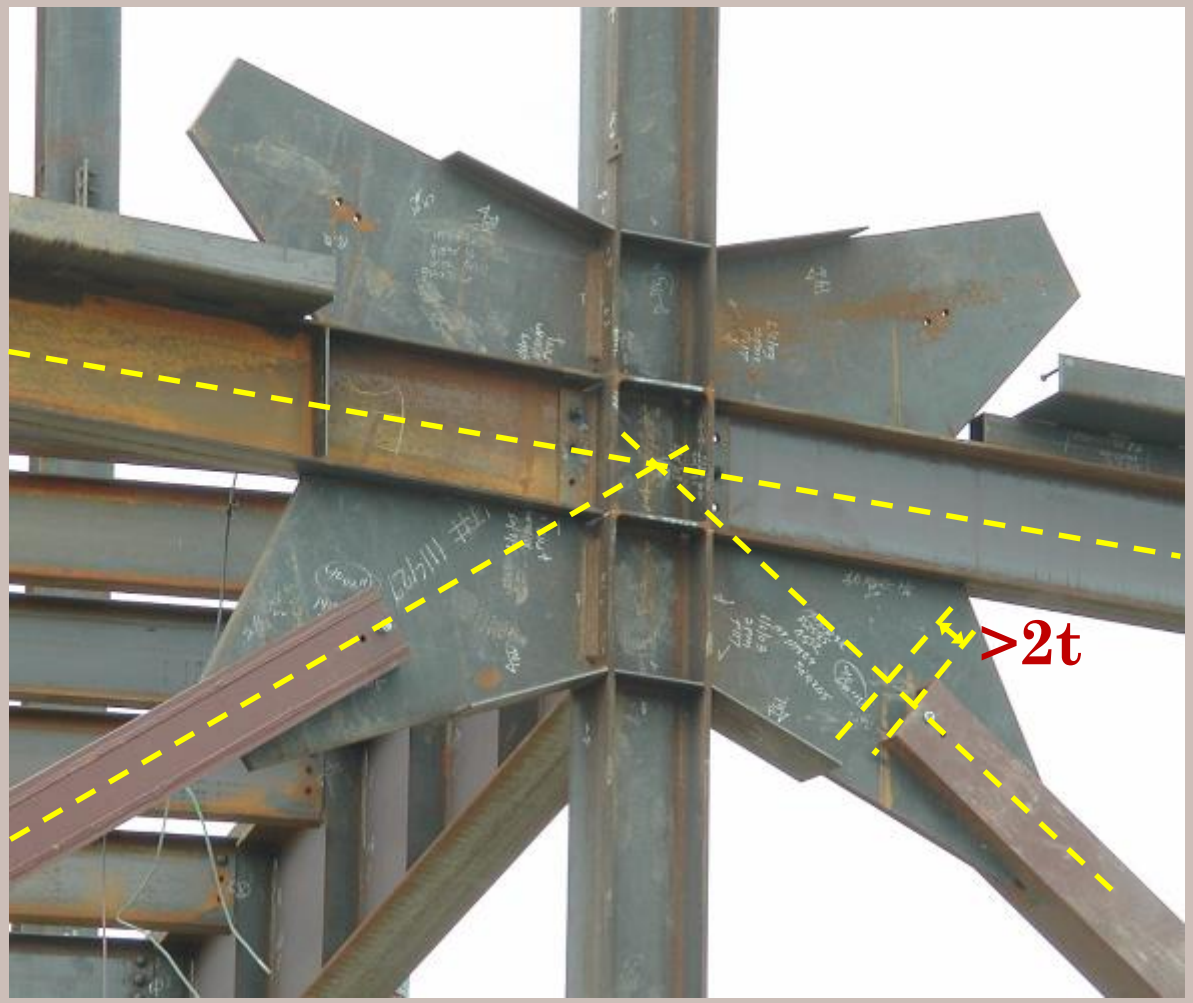
Güncelleme için öneri: *(1/0.877 = 1.14) katsayısı, en büyük eksenel basınç kuvveti için yeteri yaklaşıklığı sağlamaktadır.*
1.1 çarpanı kaldırılmalıdır.

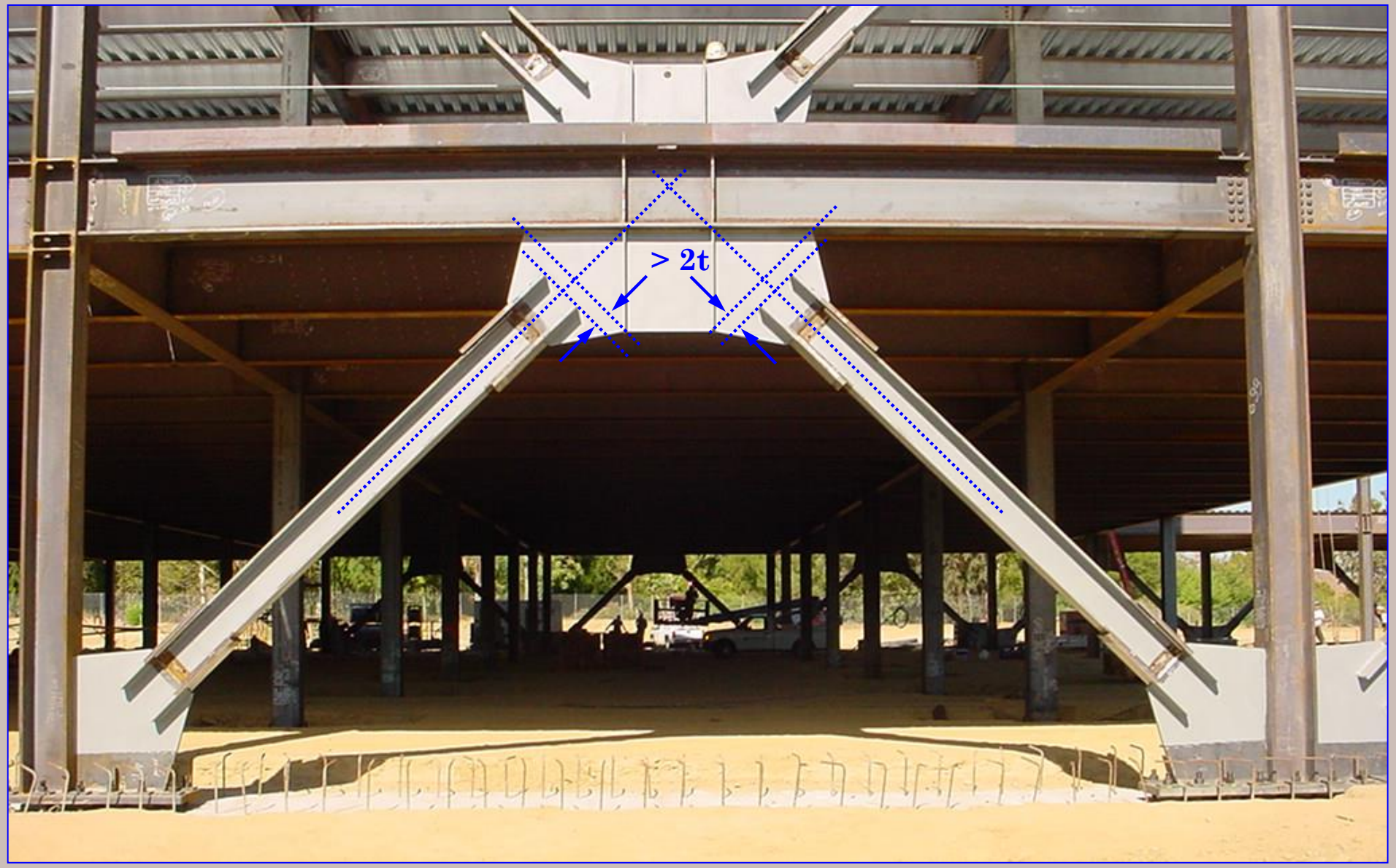


Bu birleşim tipinin özellikle kiriş-kolon birleşim bölgesine alt ve üst katlardan bağlanan merkezi çaprazların bulunması durumunda tercih edilmesi uygun olmaktadır. Böylece kiriş tarafından aktarılacak kesme kuvvetinin büyük değerlere ulaşmaması sağlanabilmektedir. Bu detayda gösterilen bulonlu kiriş birleşimi; TBDY 9.6.5'te tanımlanan, 0.025 radyan dönme açısını sağlayan birleşim tipi olarak değerlendirilmelidir. Diğer çapraz-kiriş-kolon birleşim tipinin uygulanması halinde, göz önüne alınması gereken, kirişin beklenen eğilme momenti kapasitesinin veya kolonların beklenen eğilme momenti kapasitelerinin toplamının etkisi ($\mathbf{M_R = 1.1 R_y F_y W_{xp}}$), özellikle kiriş-kolon birleşiminin bulonlu olarak tasarımını zorlaştırmaktadır.


C
PL1¼"x7½"x2'-3"
(A572 Gr. 50)
with 1" dia.
A490-X bolts
in std. holes
x (extent of slot)
14½"
12
12
HSS6.875x0.500
brace
¼
¼
NS, FS
¼
W12x96
column
2¾"
26"
14½"
26"
3"
1"
4"
Flat Bar 1½"x1½" (typ.)
Hinge PL1¼"x11"x4'-6"
(A572 Gr. 50) slotted onto gusset
Gusset plate 1¼" (A572 Gr. 50)
7/16
7/16
27
27
5/16
5/16
30°
30°
½
½
39¼
39¼
8½"
2'-5"
1½"
8@3" = 24"
3"
3"
6@3" = 18"
3'-4¼"
W.P.
Whitmore
Section
11.9"
5/16
5/16
21
21
PL¼" (A572 Gr. 50) doubler
plate, one side of web
W24x68
beam
PL¾"x7½"x1'-9" (A572 Gr. 50) with
1" dia. A490-X bolts in std. holes


γ
e_c
$8t_p$ = 4"
a'
s
Theoretical gusset corner
Actual gusset edge
l'
l_w'
Corr
l_1
b
β
y'
b'
c
x'
a
e_b
L


>2t


> 2t


1.1 R_y $M_{p\text{-çapraz}}$

3.3. (Süneklik düzeyi yüksek) dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler ((SY)DMÇÇ)

3.3.a Dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerin özellikleri ve tipleri

3.3.b Dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerin davranışı ve tanımlar

3.3.c Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'de verilen kural ve koşullar

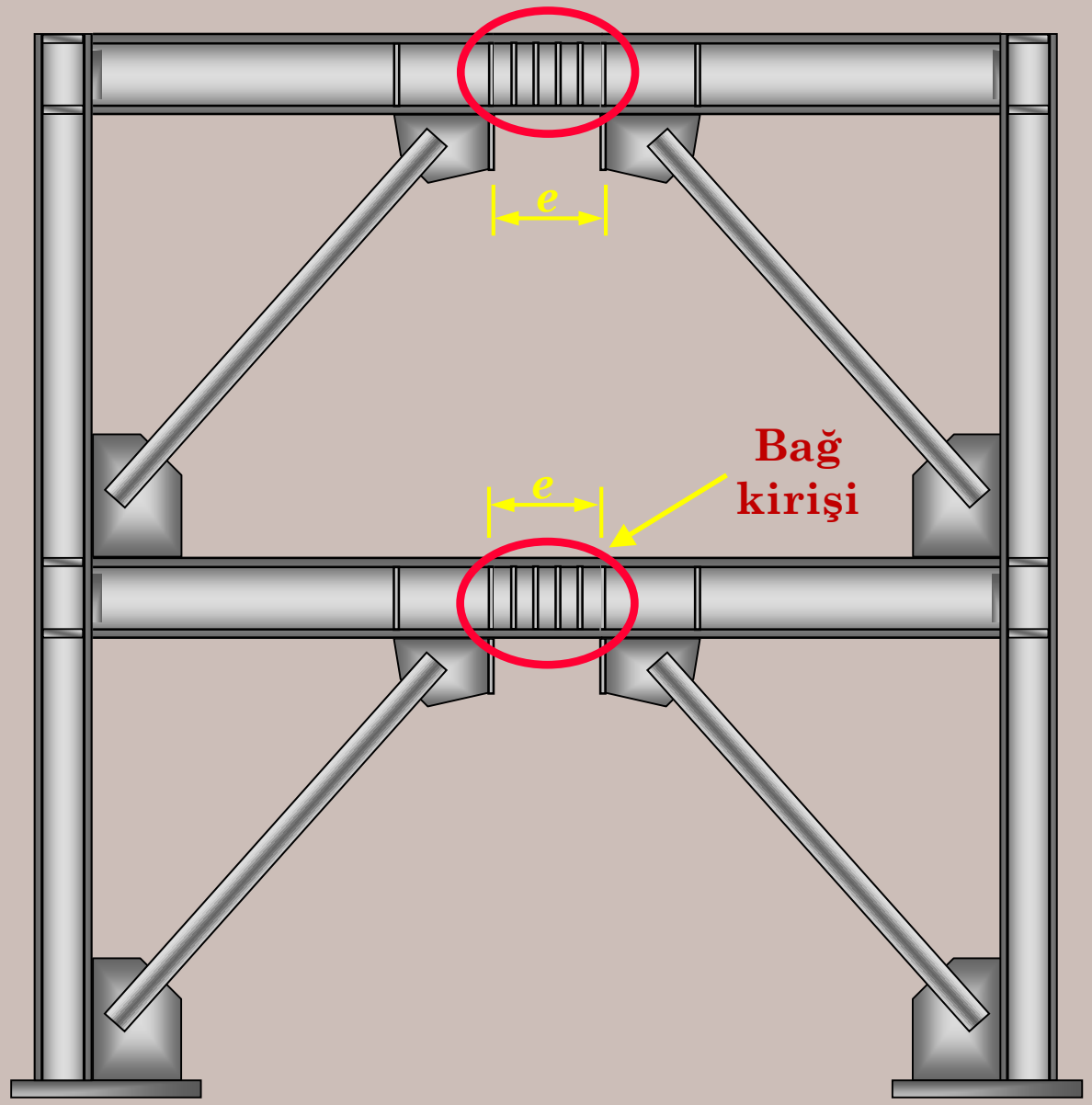
3.3.a Dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerin özellikleri ve tipleri

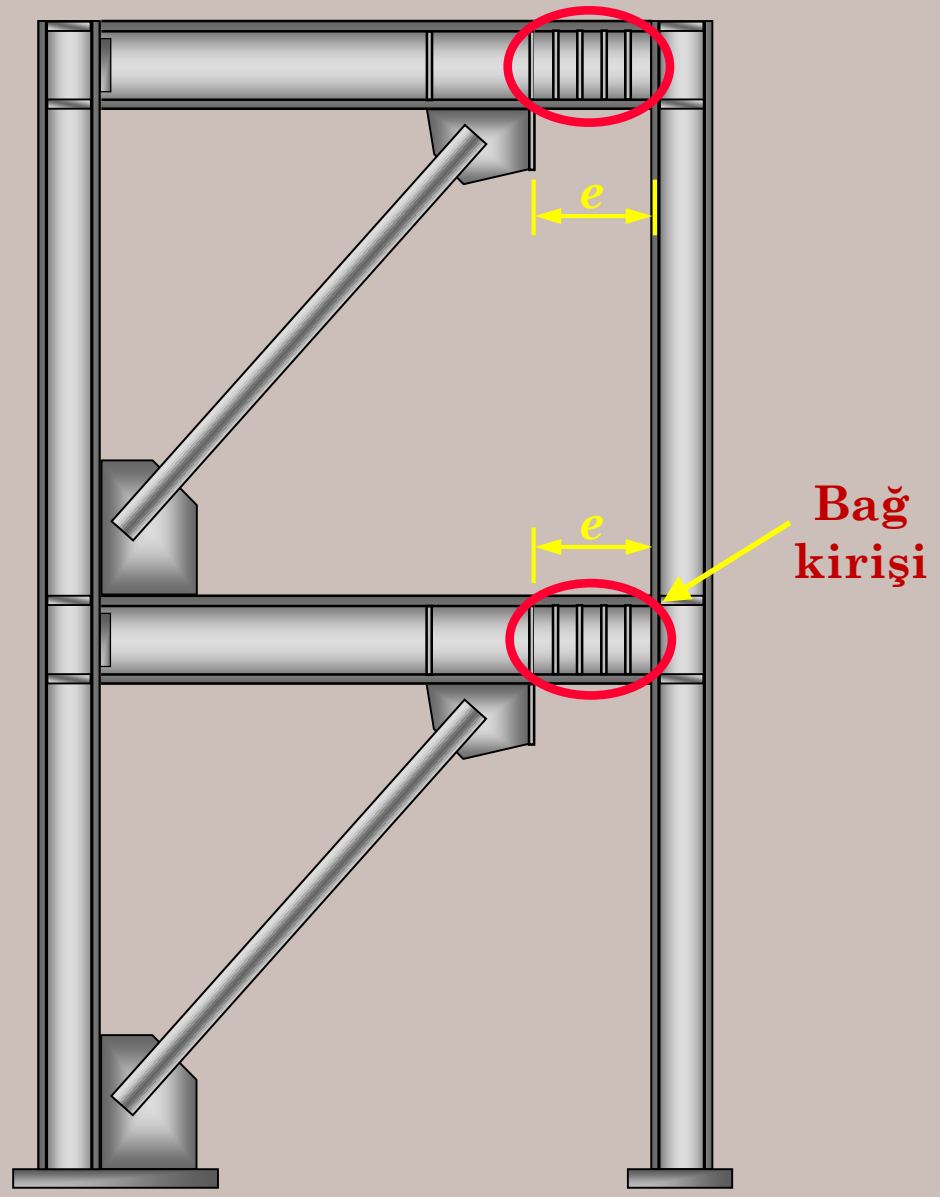
Çaprazların çerçeve düğüm noktalarına dışmerkez olarak bağlandığı, böylece **her çapraz elemanın en az bir ucunda bağ kirişi** adı verilen bir kat kirişi bölümünün oluşturulduğu çerçeve sistemlerdir.

Yatay doğrultuda etkiyen yükler, **moment aktaran çerçeve ile merkezi çaprazlı çerçeve davranışlarının birarada oluştuğu** durumda meydana gelen iç kuvvetler (eğilme momenti, eksenel ve kesme kuvvetleri) olarak aktarılırlar.

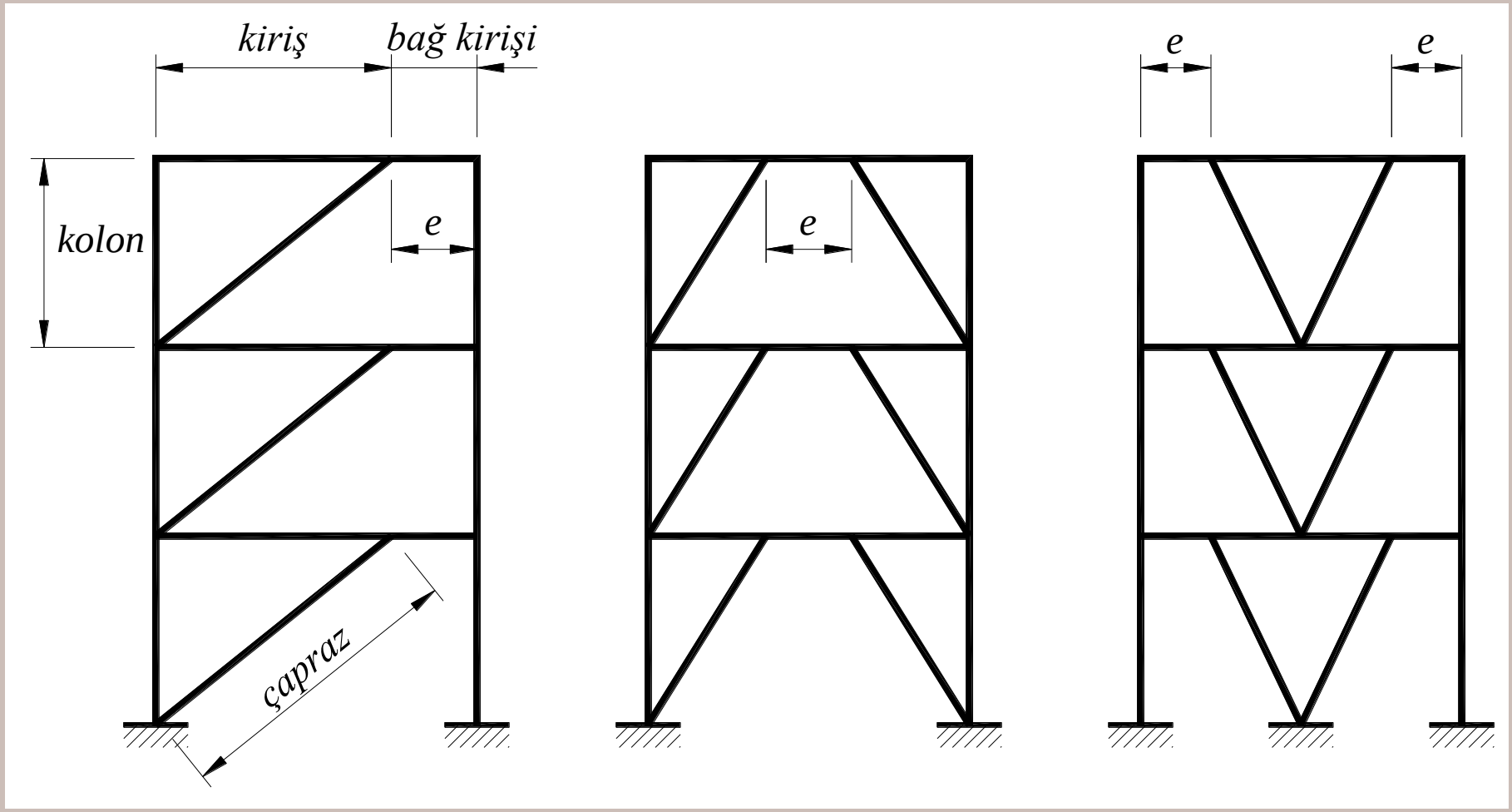
Süneklik, bağ kirişinin doğrusal olmayan davranışı ile sağlanır. Plastik şekildeğiştirmelerin bağ kirişi sınırları içinde kalması gerekmektedir.

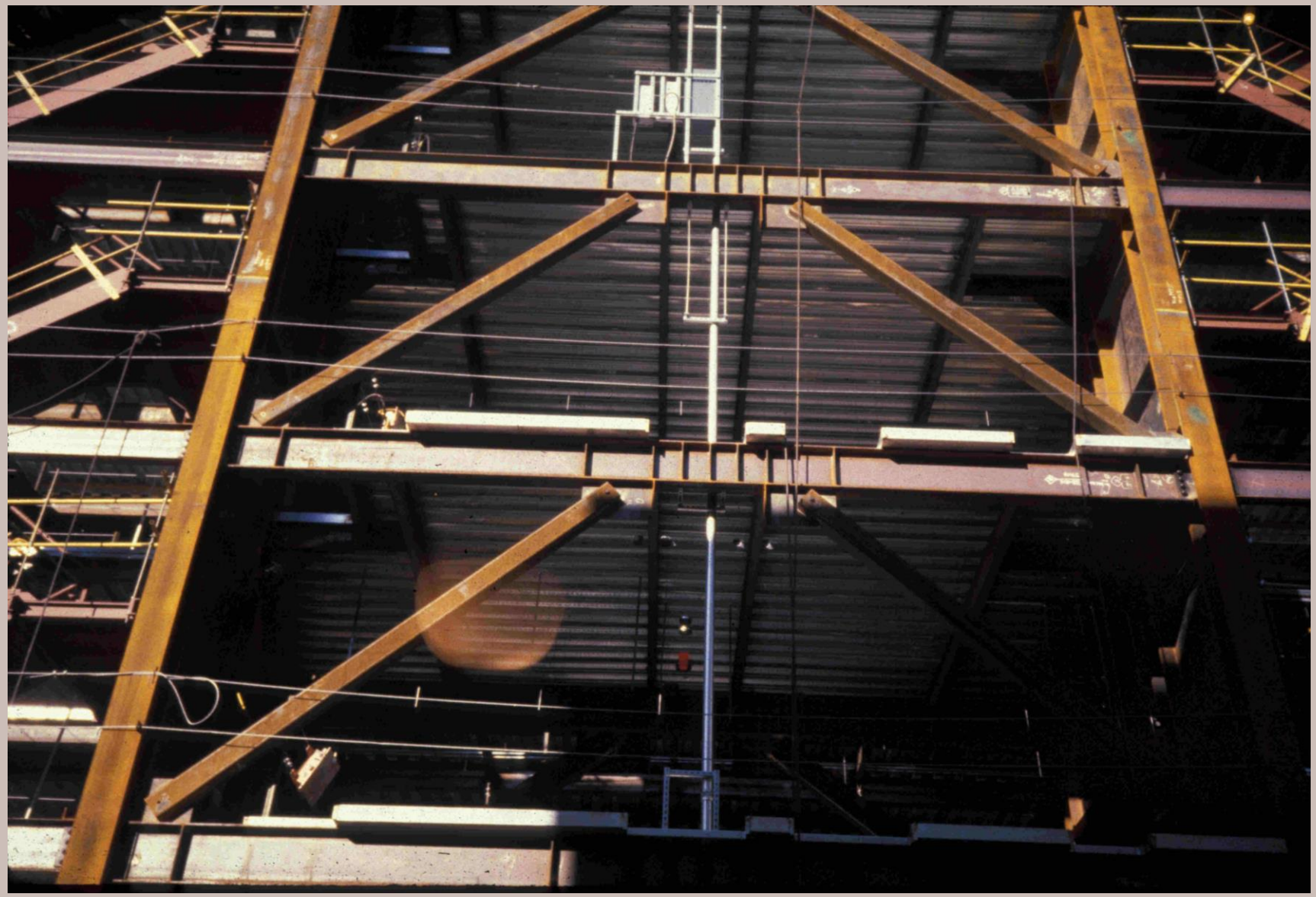
Dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler, **birleşik bir sistem (moment aktaran çerçeve ve merkezi çaprazlı çerçeve)** davranışına sahip olmaları nedeniyle, **moment aktaran çerçevelerin yüksek düzeydeki sünekliğini ve merkezi çaprazlı çerçevelerin yüksek düzeydeki yatay rijitliğini** sağlayabilmektedirler.

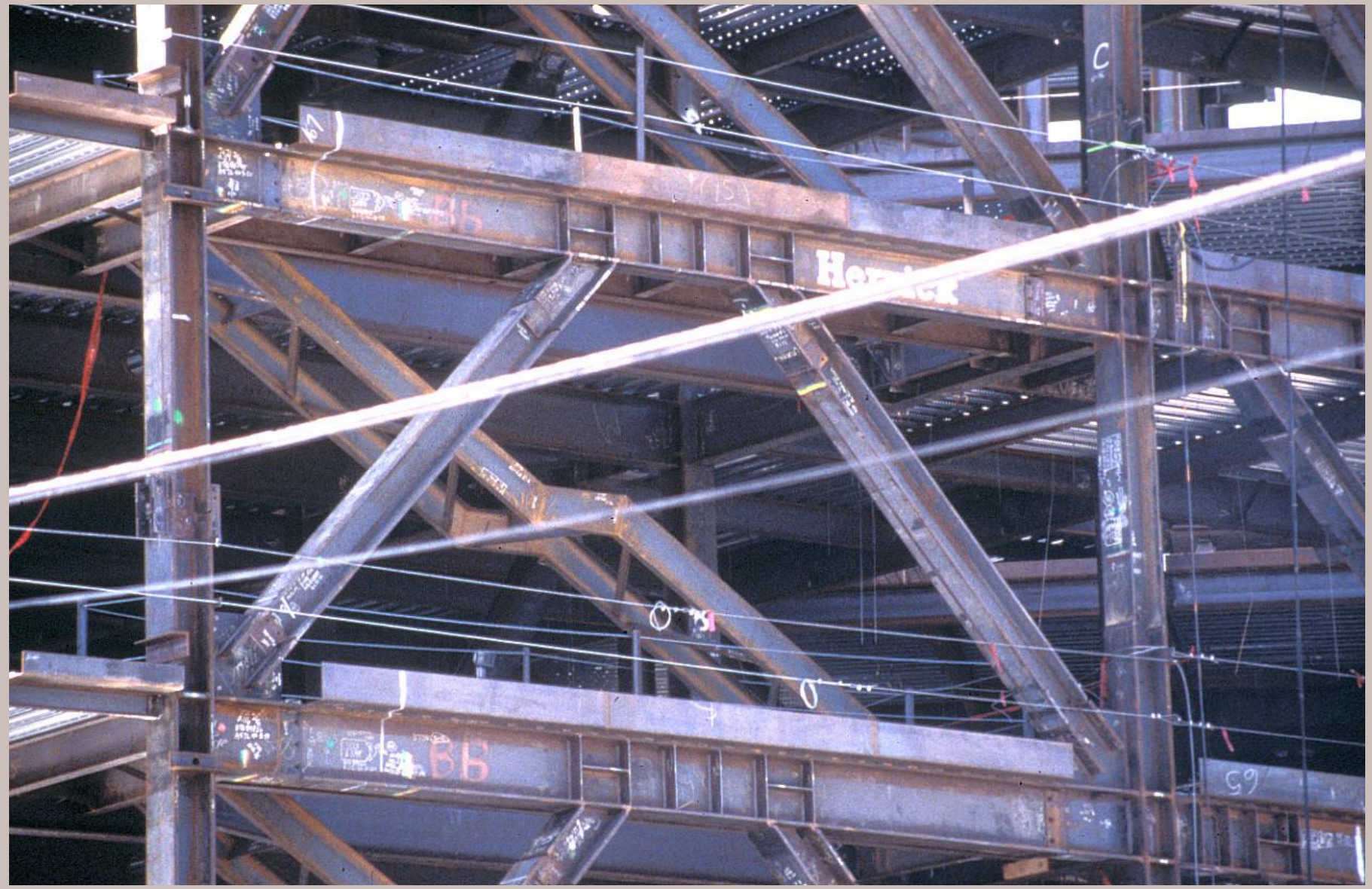

e
e
Bağ
kirişi


e
e
Bağ
kirişi

Dışmerkez çaprazlı çelik çerçeve tipleri





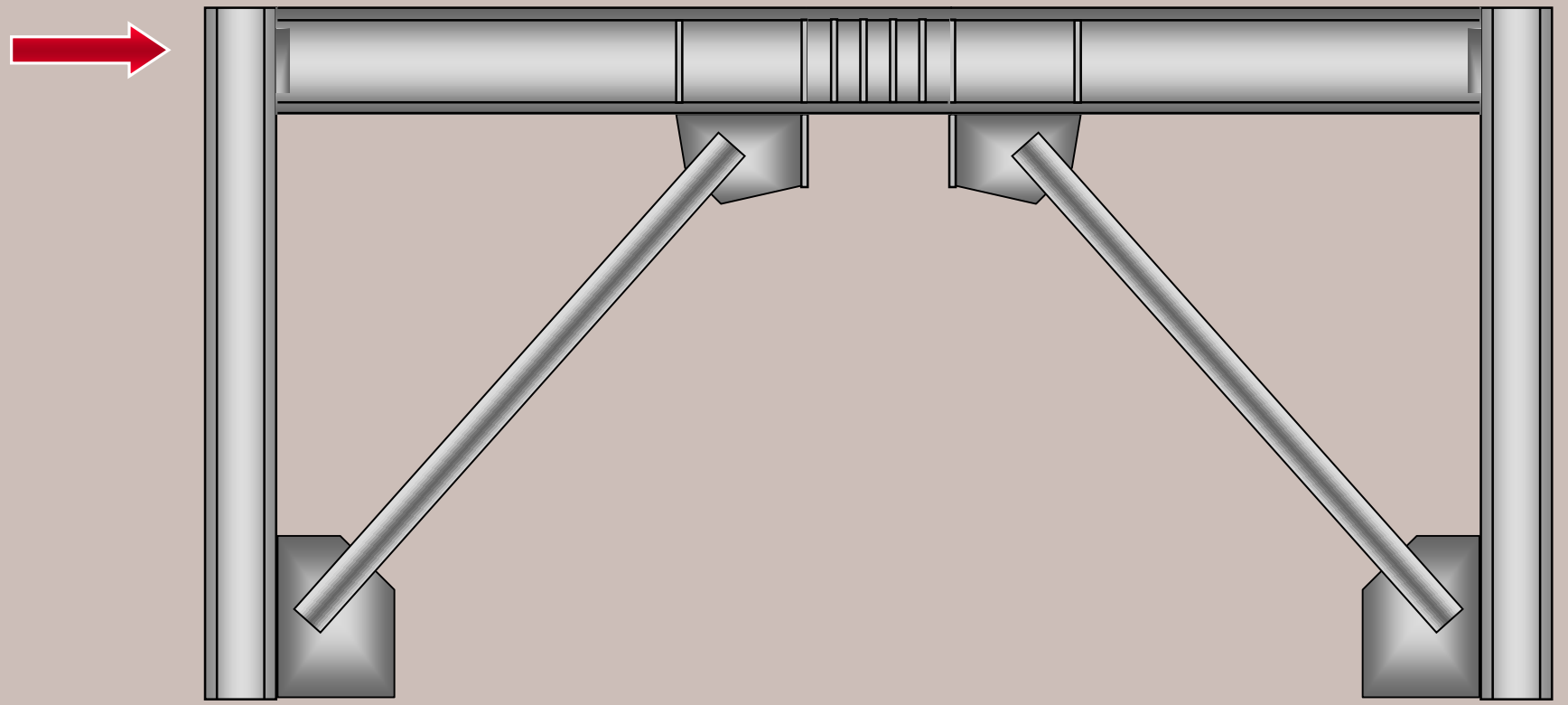


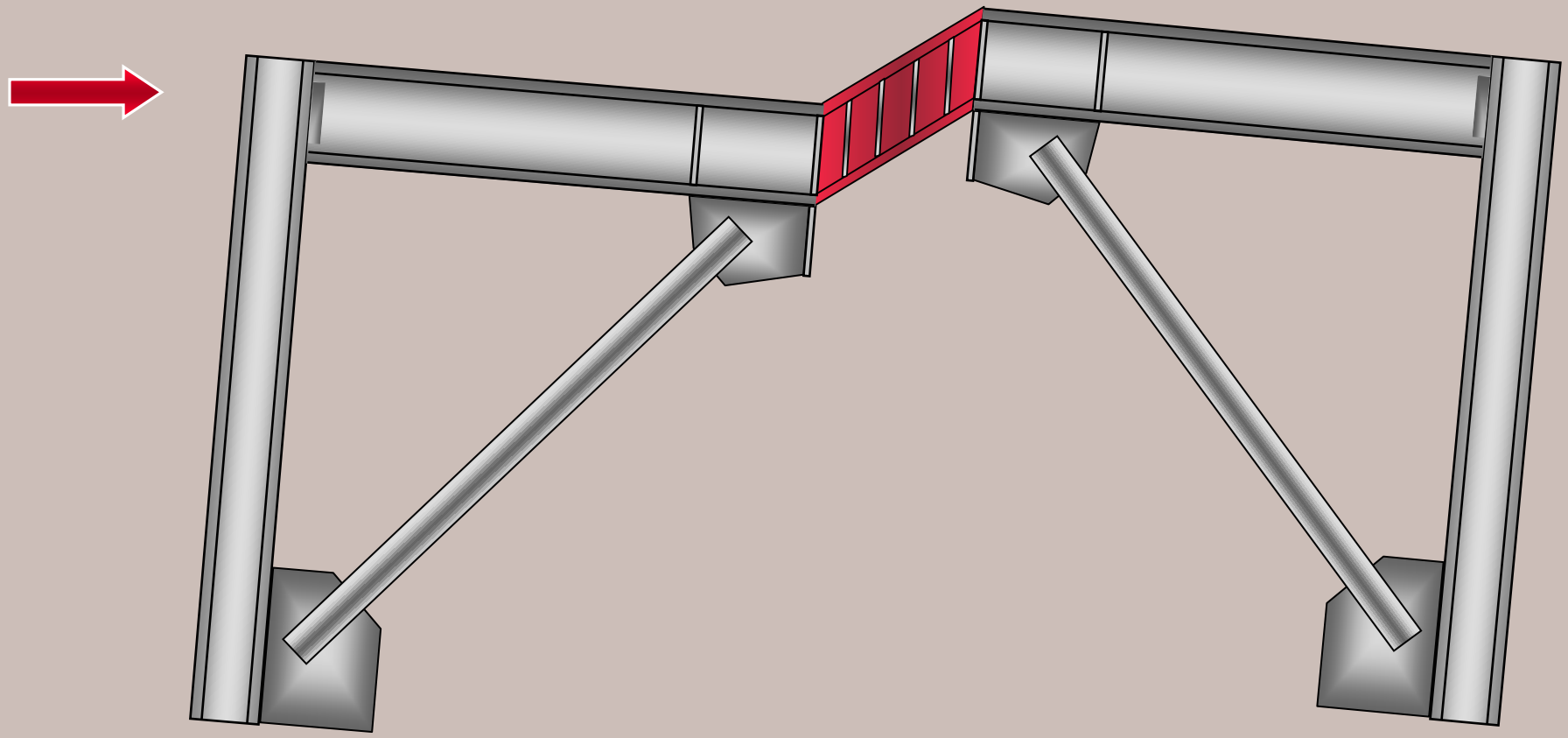


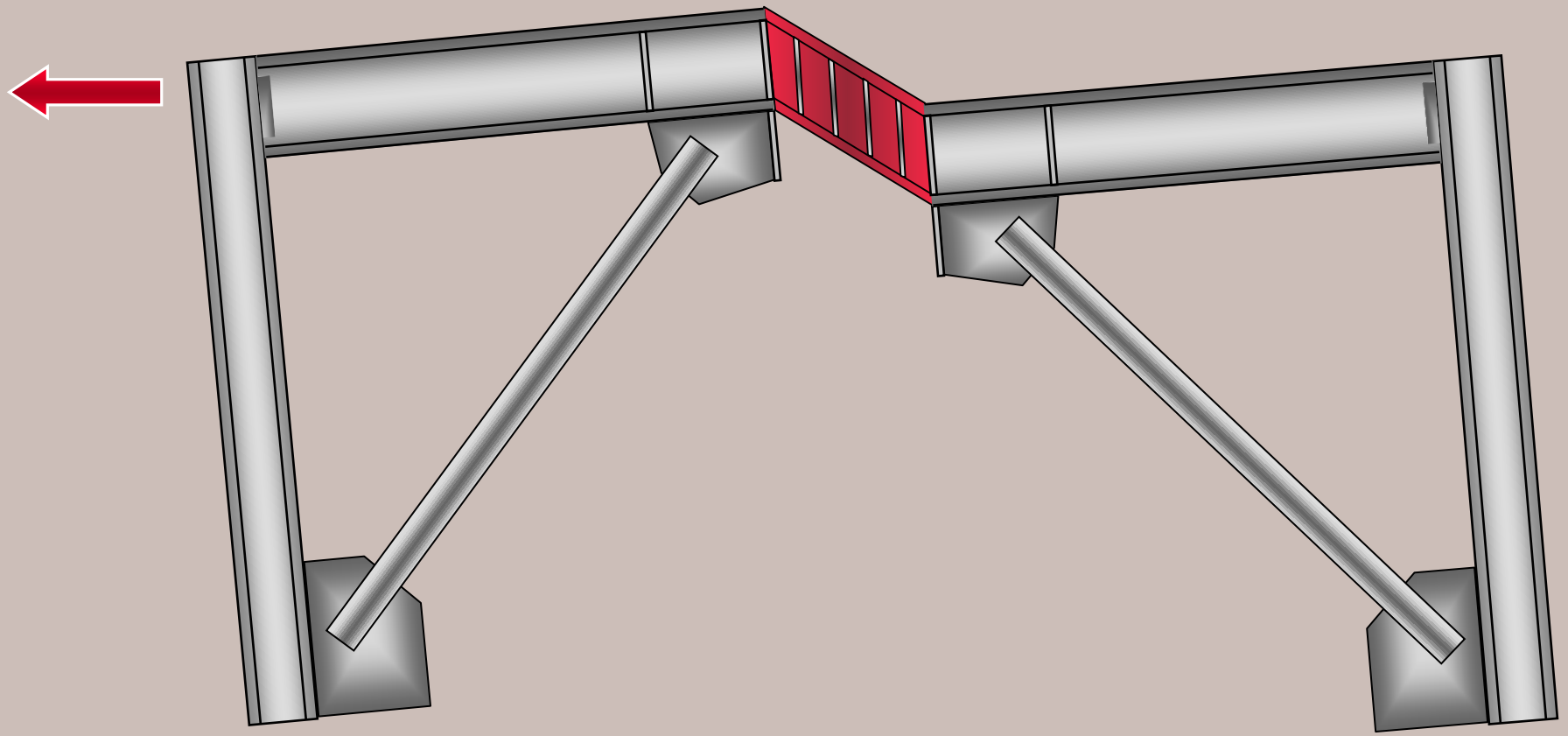


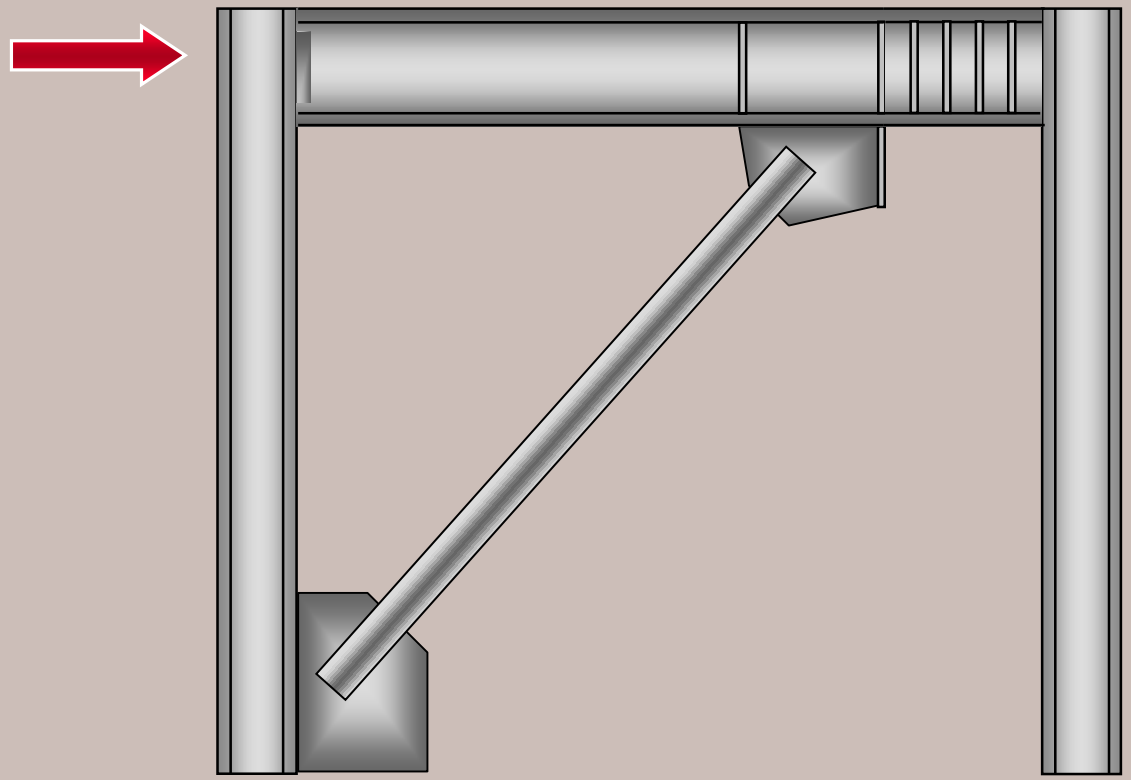
3.3.b Dışmerkez çaprazlı çelik çerçevelerin davranışı ve tanımlar

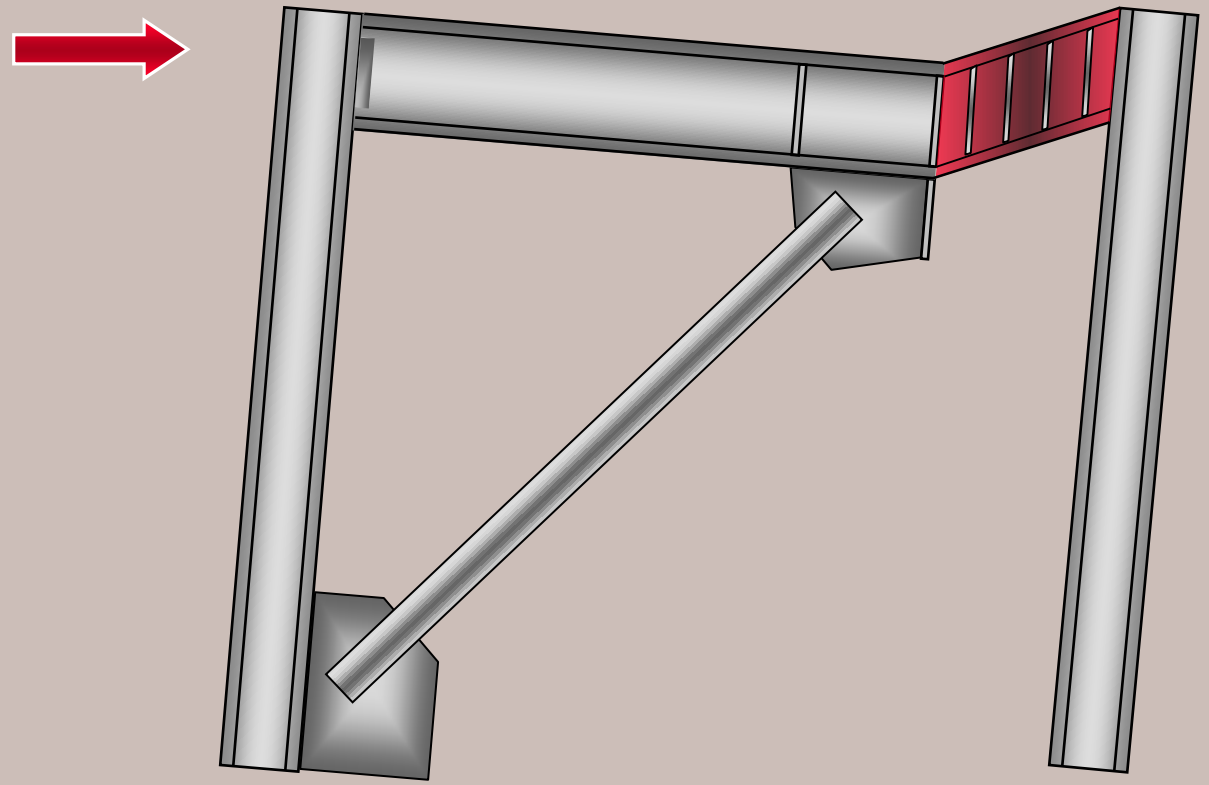
Yatay deprem etkisi altında doğrusal olmayan davranış

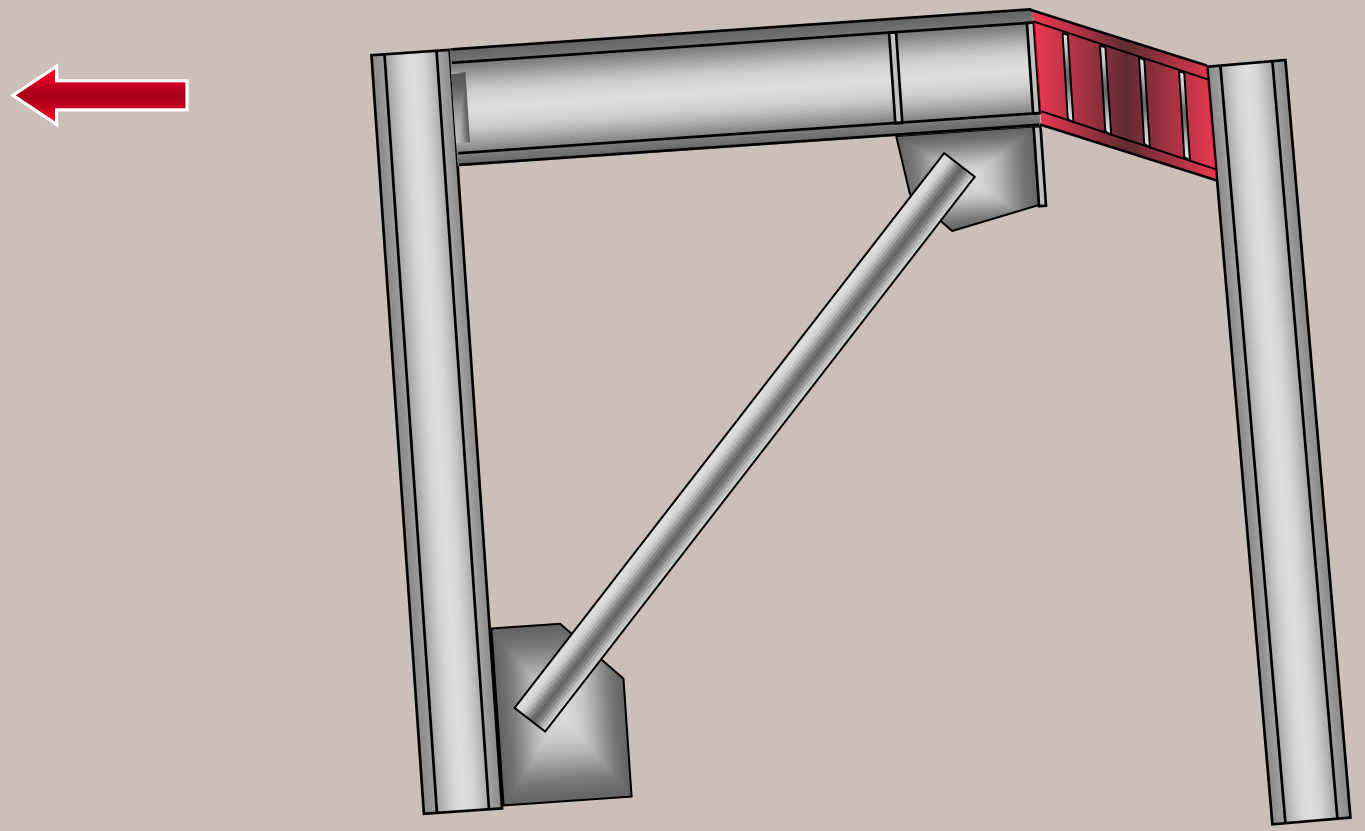




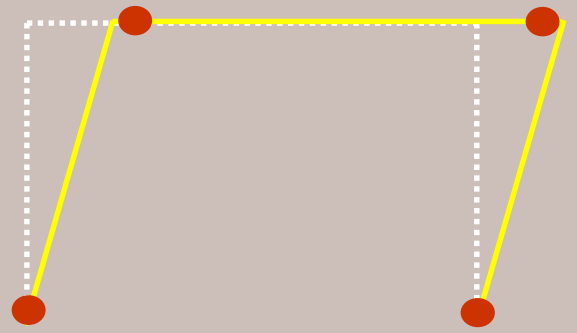




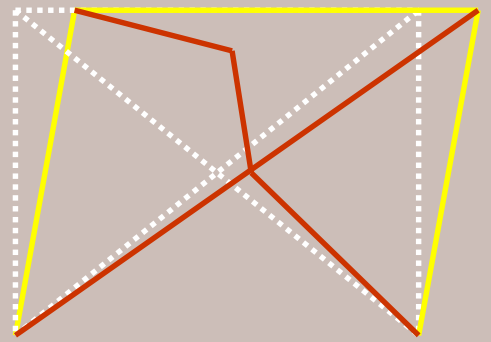




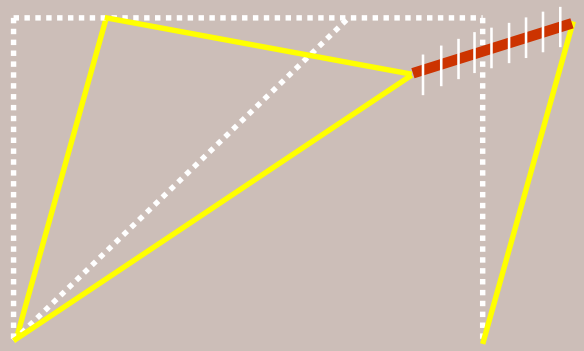




MAÇ



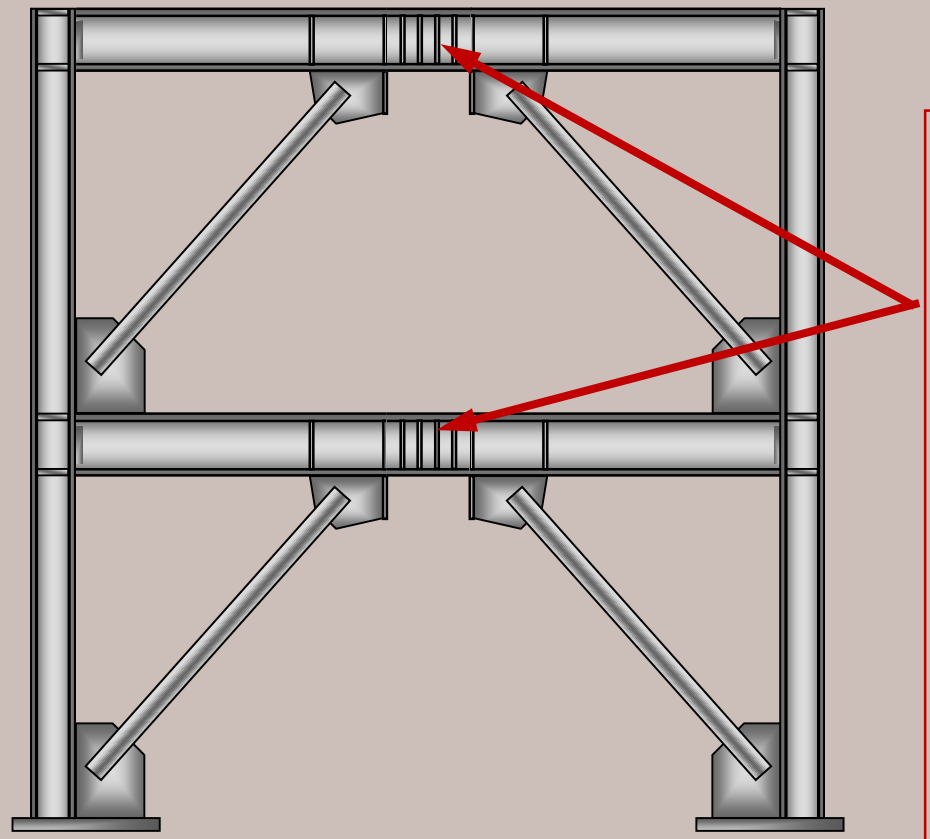
MÇÇ



DMÇÇ

Enerji Sönümleme Mekanizmaları

Sünek davranışın sağlanmasında genel yaklaşım ve bağ kirişi davranışı



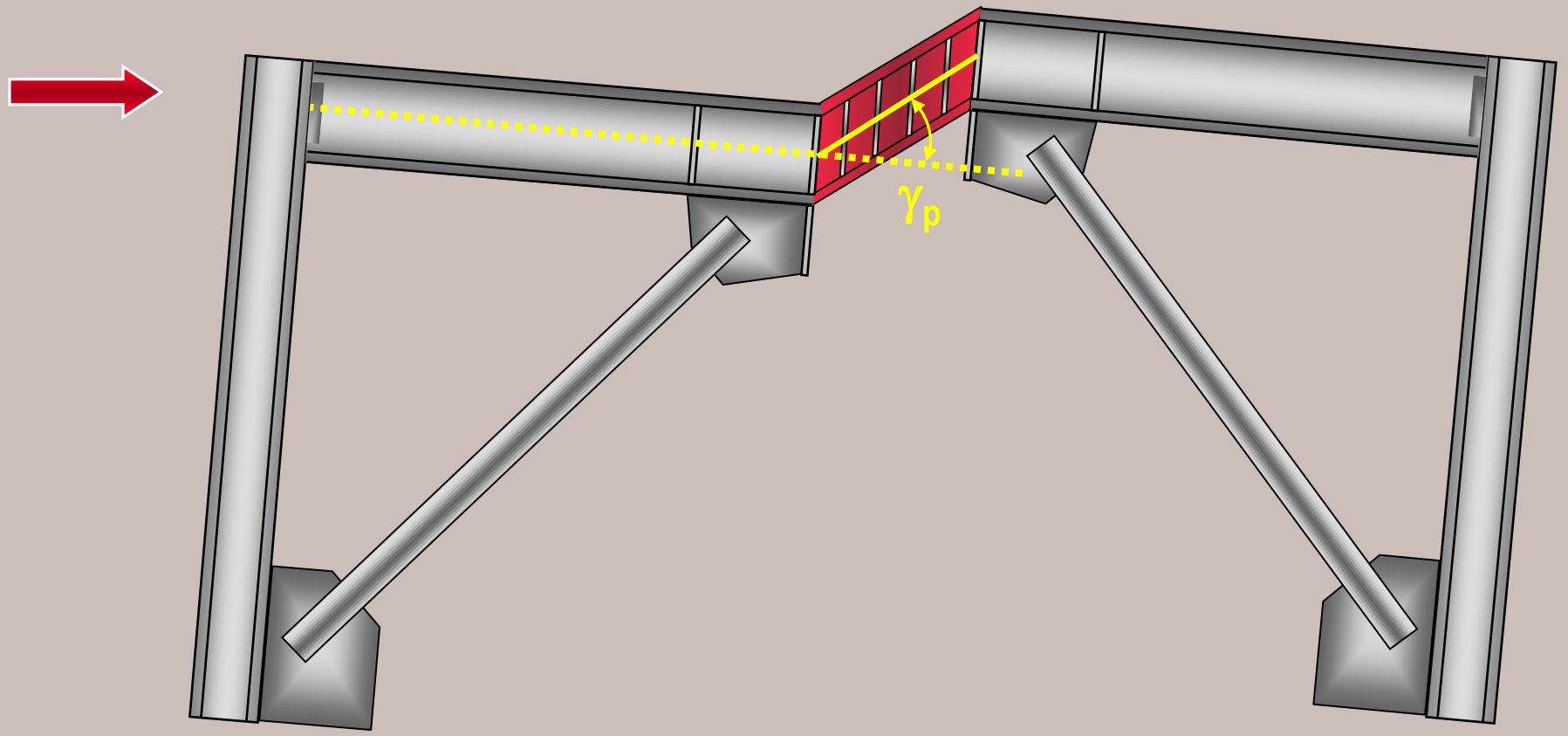
- Taşıyıcı sistem, plastik şekildeğiştirmelerin sadece bağ kirişinde oluşmasını sağlayacak şekilde boyutlandırılmalıdır.
  - Bağ kirişleri deprem enerjisinin sönümlenmesinde etkin olan elemanlardır.
  - Bağ kirişleri sistemin en zayıf elemanlarıdır. Diğer tüm elemanlar (çaprazlar, kolonlar, bağ kirişi dışında kalan kiriş bölümleri) ve birleşimler bağ kirişlerinden daha güçlü olmalıdır.
- Bağ kirişleri yüksek süneklik ve büyük enerji sönümleme kapasitesi sağlayacak şekilde detaylandırılmalıdır. Bu amaçla, rijitleştiricilerin ve yanal desteklerin gerektiği şekilde kullanılması sağlanmalıdır.

Bağ kirişlerinin tasarımında bilinmesi gereken önemli kavramlar

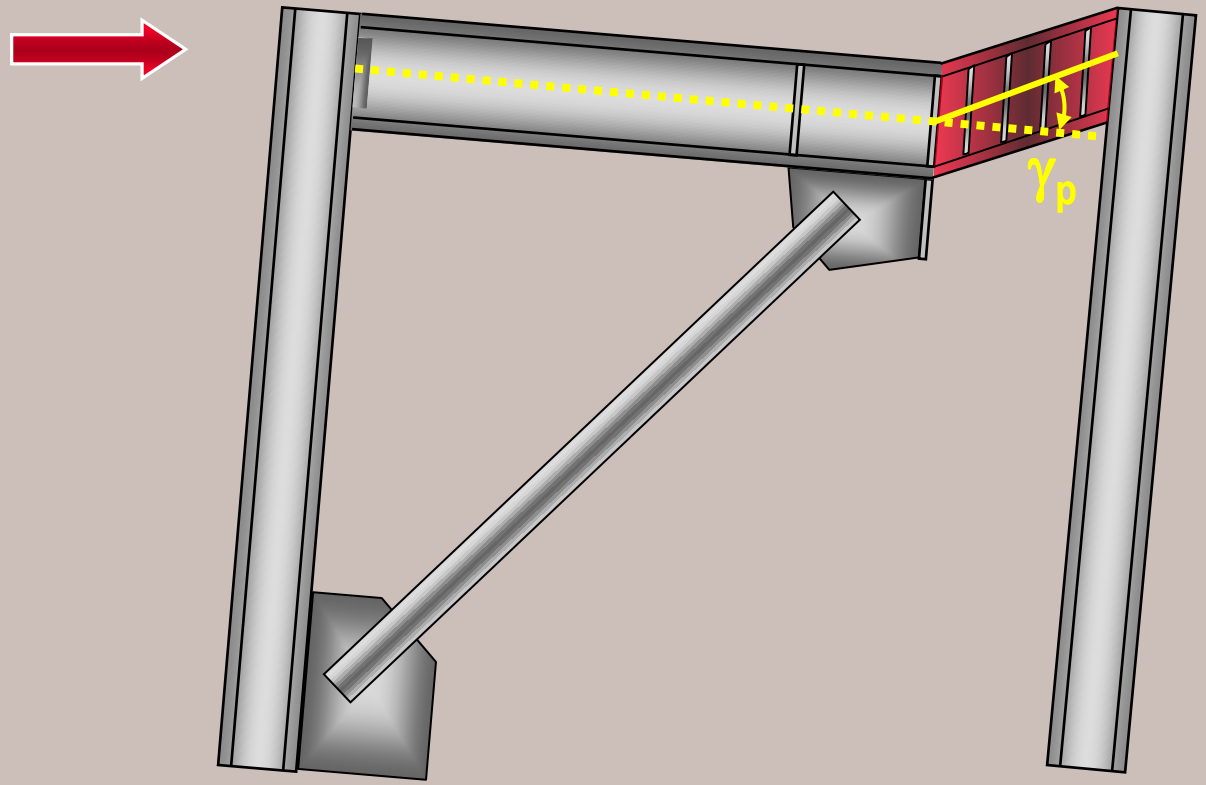
- Bağ kirişinin plastik dönme açısı
- Bağ kirişinde oluşan iç kuvvetler
- Bağ kirişlerinin kesme ve eğilme etkileri altında akma durumları
- Bağ kirişinin karakteristik kesme kuvveti dayanımı
- Bağ kirişlerinin akma sonrası davranışı



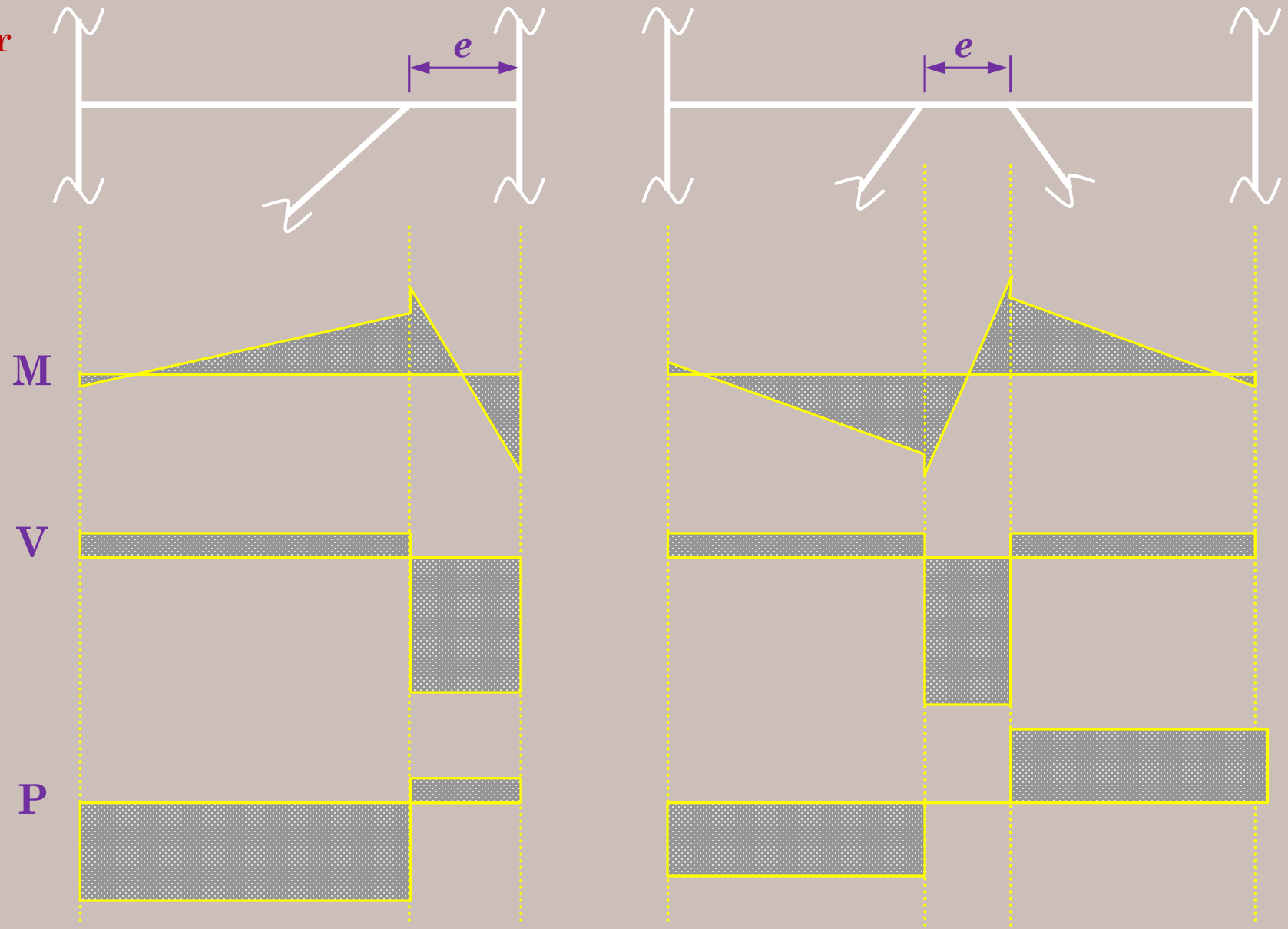
Bağ kirişinin plastik dönme açısı, γ_p



γ_p = bağ kirişi plastik dönme açısı(rad)


γ_p

Bağ kirişinde oluşan iç kuvvetler



Basit plastik davranış (pekleşme ile kesme ve eğilme etkileri arasında etkileşimin olmadığı varsayıldığında) esas alındığında,

Kesme etkili bağ kirişi: $$e \leq \frac{2M_p}{V_p}$$

Eğilme etkili bağ kirişi: $$e \geq \frac{2M_p}{V_p}$$

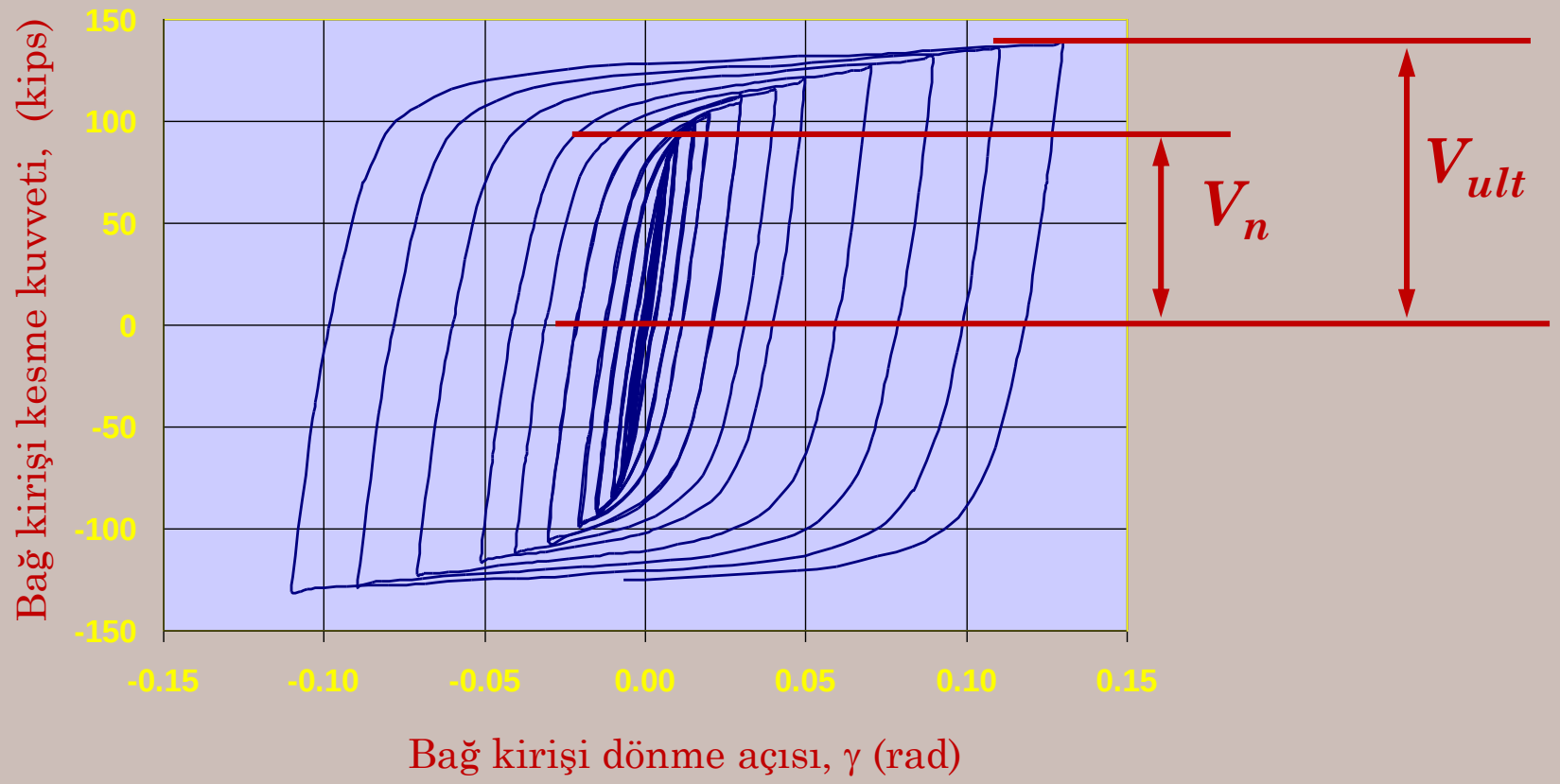
Bağ kirişlerinin karakteristik kesme kuvveti dayanımı (kesme-eğilme etkileşimi terkedilerek)

V_n = **küçük olan**

- V_p ← $e \le \dfrac{2M_p}{V_p}$ **olması halinde**
- $2M_p / e$ ← $e \ge \dfrac{2M_p}{V_p}$ **olması halinde**

Bağ kirişlerinin akma sonrası davranışları

Pekleşme ve pekleşmenin etkileri



Büyük plastik şekildeğiştirmeler meydana geldiğinde bağ kirişinin $\mathbf{V_n}$ dayanımı önemli derecede aşılmaktadır.

$$V_{ult} \approx (1.25 \text{ to } 1.5) \times V_n$$

Bağ kirişi uzunluğunun belirli değerler arasında olması halinde, kesme ve eğilme etkilerinde akma birlikte oluşmaktadır.

Bağ kirişi başlığının burkulmasını veya başlığı kolona bağlayan kaynakların kırılmasını önlemek amacıyla, bağ kirişi uç momentleri, $1.2M_p$ ile sınırlandırılmaktadır.

KESME ETKİLİ BAĞ KİRİŞİ UZUNLUĞU: $e \le \dfrac{2\left(1.2\,M_p\right)}{1.5\,V_p} = \dfrac{1.6\,M_p}{V_p}$

yüksek dayanım

büyük rijitlik

yüksek süneklik

EĞİLME ETKİLİ BAĞ KİRİŞİ UZUNLUĞU: $e \ge \dfrac{2\left(1.2\;M_p\right)}{0.92V_p} = \dfrac{2.6M_p}{V_p}$

KESME VE EĞİLMENİN ORTAK ETKİSİNDE BAĞ KİRİŞİ UZUNLUĞU: $\dfrac{1.6M_p}{V_p} \le e \le \dfrac{2.6M_p}{V_p}$

3.3.c Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'de verilen kural ve koşullar

Dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler, **TBDY 2018**'de

9.8. Süneklik Düzeyi Yüksek Dışmerkez Çaprazlı Çelik Çerçeveler (SYDMÇÇ)

olarak yer almaktadır.

TBDY 9.8. Süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler (SYDMÇÇ)

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

TBDY 9.8.1 Genel Koşullar

- Enkesit koşulları, başlık genişliği / kalınlığı ve gövde yüksekliği / kalınlığı oranları $\leq \lambda_{hd}$

Güncelleme:

- *Enkesit koşulları, kiriş ve kolonlar için; başlık genişliği / kalınlığı ve gövde yüksekliği / kalınlığı oranları* $\leq \lambda_{hd}$
- *Bağ kirişlerinin başlıkları için;* $e \leq 1.6M_p/V_p$ *olması halinde, başlık genişliği / kalınlığı* $\leq \lambda_{md}$
- *Çaprazların enkesitleri için; başlık genişliği / kalınlığı ve gövde yüksekliği / kalınlığı oranları* $\leq \lambda_{md}$

TBDY 9.8.2 Bağ Kirişleri

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

Bağ kirişleri, TBDY 9.2.5'te verilen deprem etkilerini içeren yük birleşimleri esas alınarak hesaplanan iç kuvvetler (eğilme momenti, eksenel kuvvet ve kesme kuvveti) altında boyutlandırılacaktır.

Bağ kirişinin tasarım kesme kuvveti dayanımı, $\phi_v V_n$ (YDKT)

$$V_n = \min\left(V_p; 2M_p/e\right)$$

$$\frac{P_r}{P_y} \le 0.15 \quad \text{için} \quad V_p = 0.6F_y A_w \quad \text{ve} \quad M_p = F_y W_p,\ P_y = F_y A_g$$

$$\frac{P_r}{P_y} > 0.15 \quad \text{için} \quad V_p = 0.6F_y A_w \sqrt{1-(P_r/P_y)^2} \quad \text{ve} \quad M_p = F_y W_p \left(\frac{1-P_r/P_y}{0.85}\right)$$

Bağ kirişinin gövde levhası tek parçalı olacak, gövde düzlemi içinde takviye levhaları bulunmayacaktır. Gövde levhasında boşluk açılmasına izin verilmez.

Bağ kirişi geniş başlıklı hadde I-profili veya yapma I-enkesitli olacaktır. Yapma enkesitli bağ kirişi kullanılması durumunda, başlık ve gövde levhası birleşimleri tam penetrasyonlu küt kaynak ile sağlanacaktır.

TBDY 9.8.3 Bağ Kirişinin Yanal Doğrultuda Desteklenmesi

Bağ kirişinin üst ve alt başlıkları kirişin iki ucunda, kolon kenarında düzenlenen bağ kirişlerinde ise kirişin bir ucunda, TBDY 9.2.8.2(b)'de verilen özel koşullar esas alınarak yanal doğrultuda desteklenecektir.





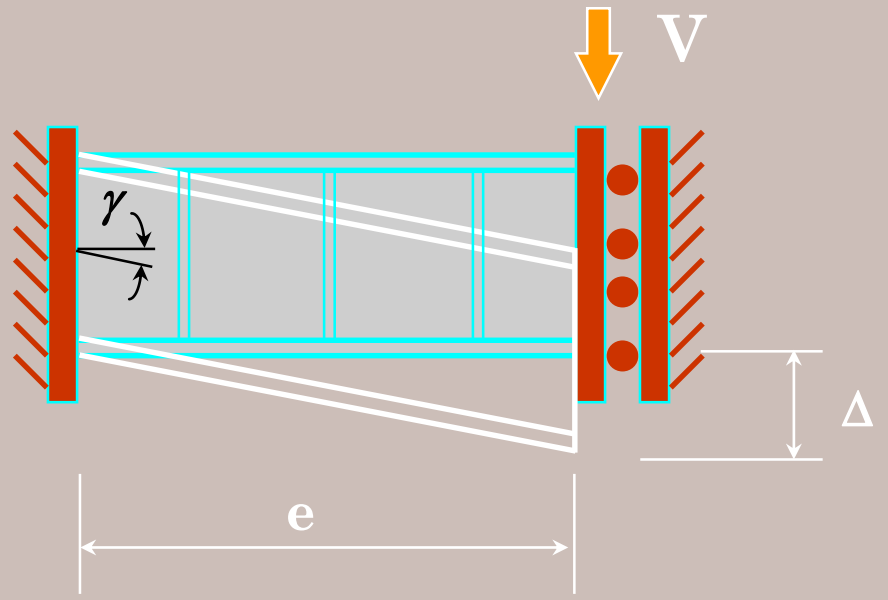
TBDY 9.8.4 Bağ Kirişinin Dönme Açısı

Bağ kirişi dönme açısı aşağıda verilen sınır değerleri aşmayacaktır.

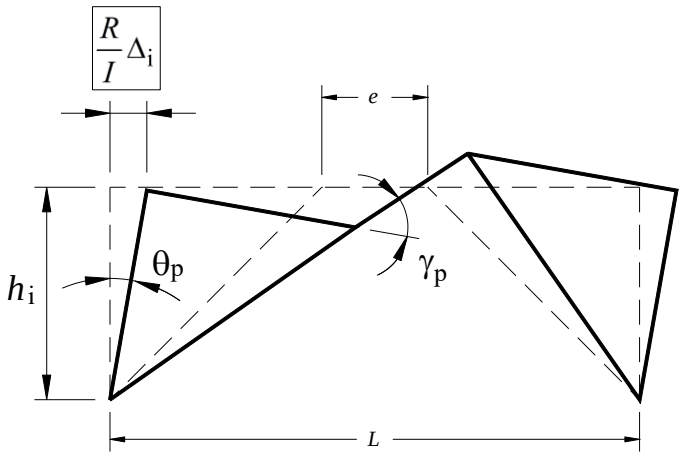
(a) Bağ kirişi uzunluğunun $1.6M_p / V_p$'ye eşit veya daha küçük olması halinde 0.08 radyan.

(b) Bağ kirişi uzunluğunun $2.6M_p / V_p$'ye eşit veya daha büyük olması halinde 0.02 radyan.

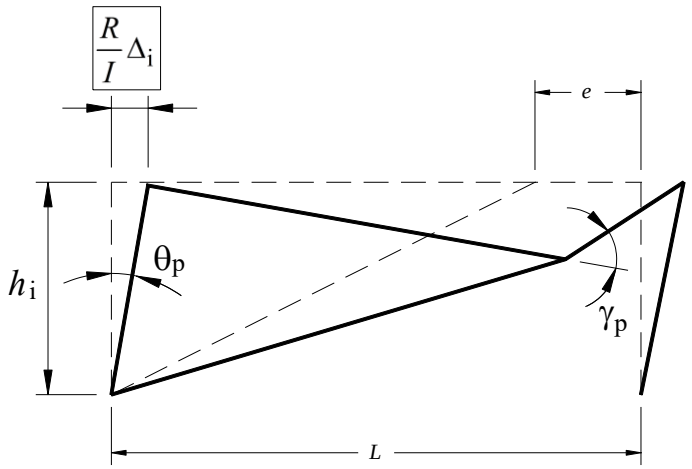
Bağ kirişi uzunluğunun bu iki sınır değer arasında olması halinde doğrusal interpolasyon yapılacaktır.



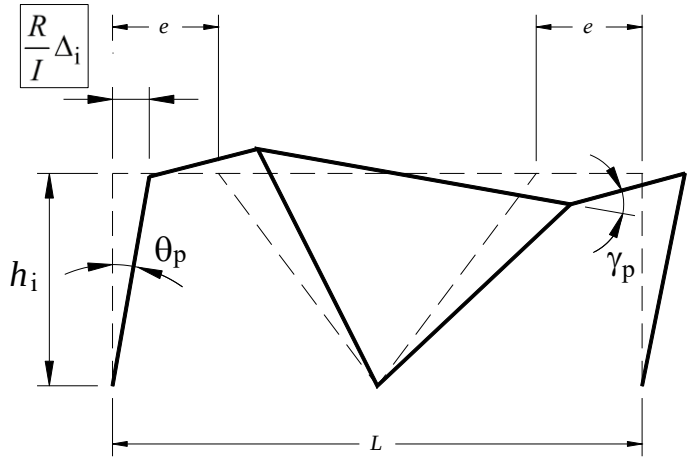
Bağ kirişi dönme deformasyonu: $\gamma = \dfrac{\Delta}{e}$ **(radian)**



$$\gamma_p = \frac{L}{e}\theta_p$$



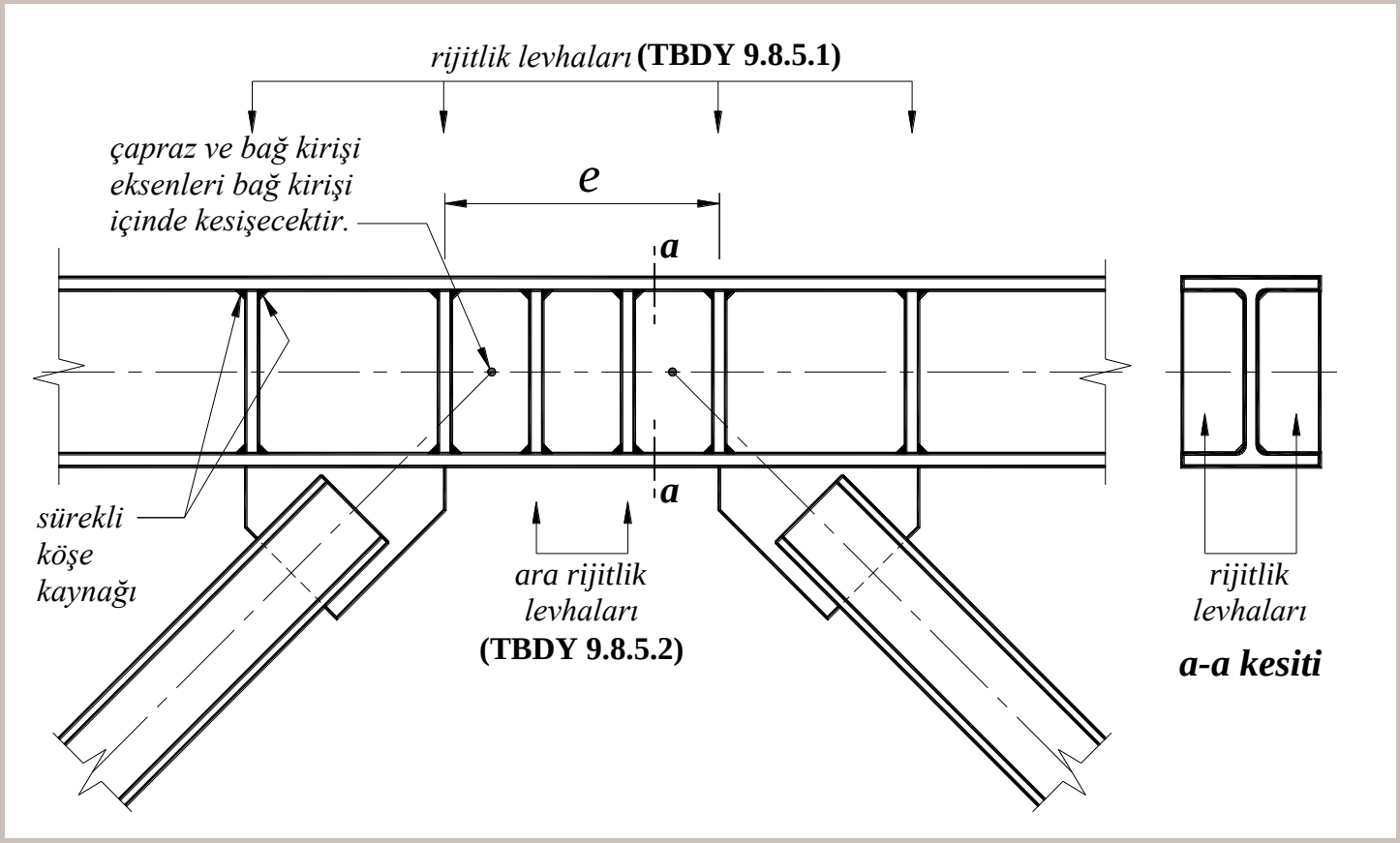
$$\gamma_p = \frac{L}{e}\theta_p$$



$$\gamma_p = \frac{L}{2e}\theta_p$$

TBDY 9.8.5 Rijitlik Berkitme Levhaları

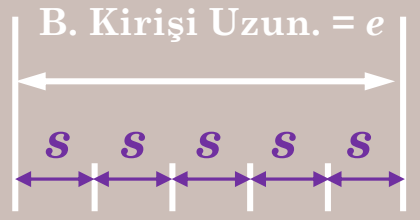
Çapraz elemanların bağ kirişine doğrudan yük aktardığı uçlarında ve düğüm noktası levhası kullanılması halinde, levha uçlarının hizalarında rijitlik levhaları düzenlenecektir. Rijitlik levhaları, aksi belirtilmedikçe, bağ kirişi gövde levhasının her iki tarafına konulacak, gövde levhası yüksekliğinde ve $(b_{bf} - t_w) / 2$ genişliğinde olacaktır.

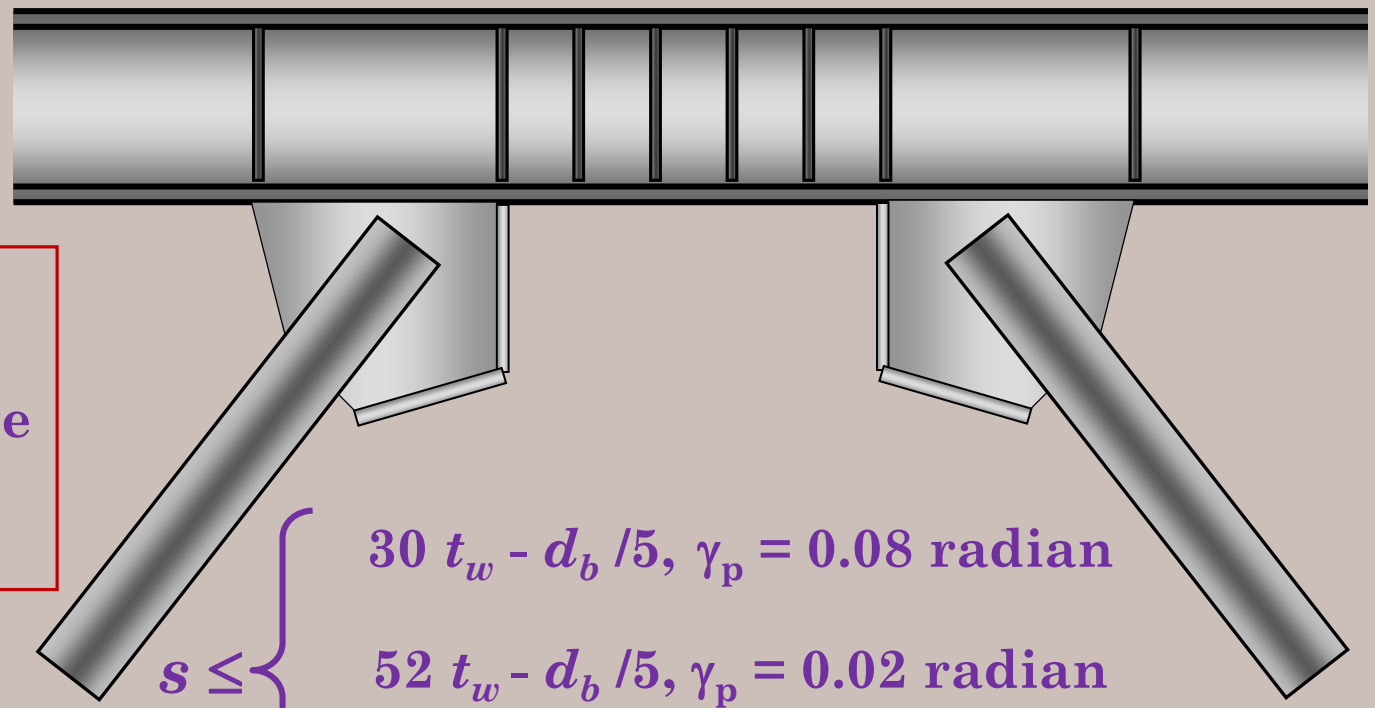




$e \leq 1.6\ M_p / V_p$

(Kesme Etkili Bağ Kirişi)





Rijitlik levhalarının kalınlığı, gövde levhası kalınlığının 0.75'inden ve 10mm'den az olmayacaktır.

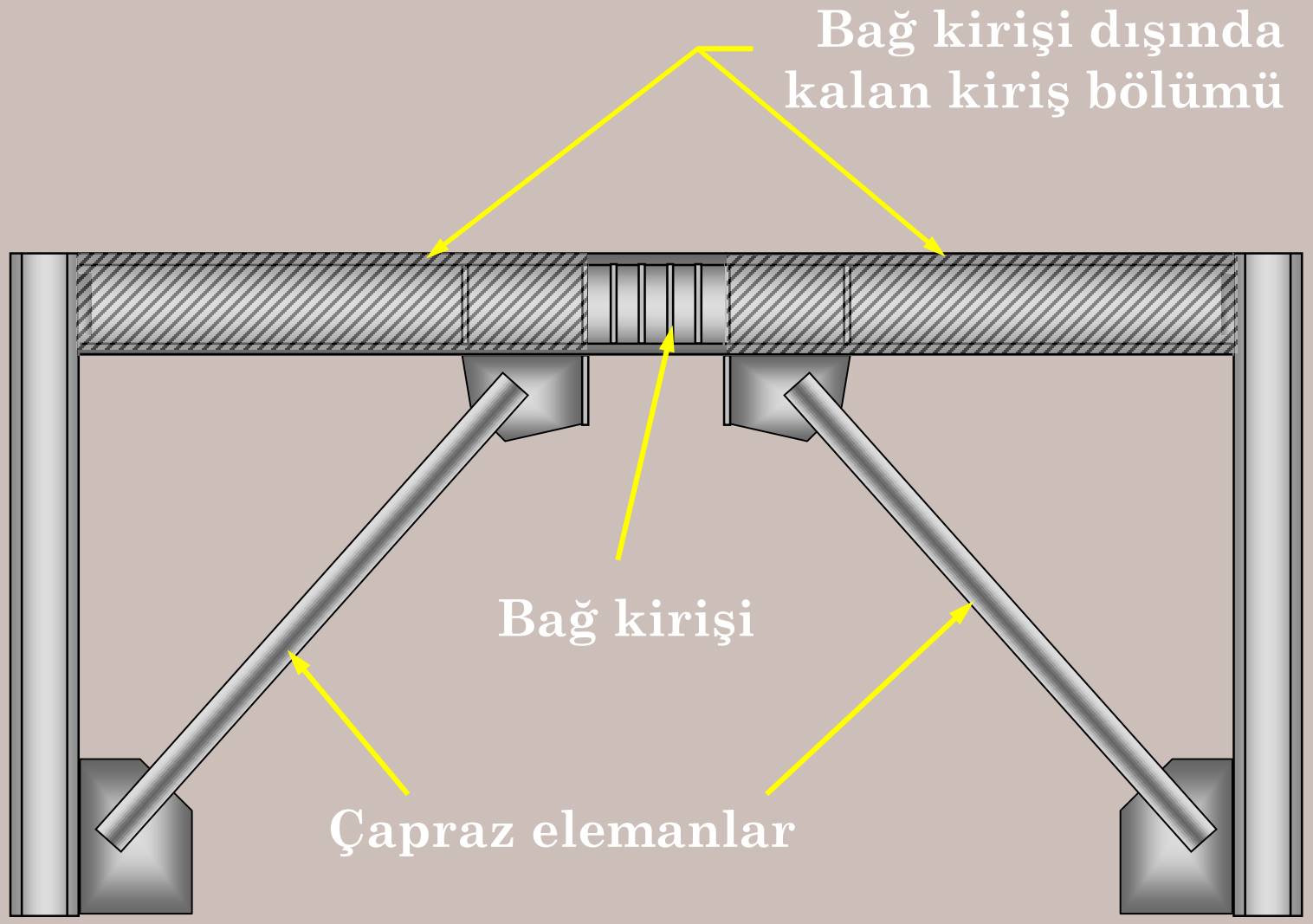
$$s \leq \begin{cases} 30\ t_w - d_b/5,\ \gamma_p = 0.08 \text{ radian} \\ 52\ t_w - d_b/5,\ \gamma_p = 0.02 \text{ radian} \\ \text{interpolasyon } 0.02 < \gamma_p < 0.08 \text{ radian} \end{cases}$$

t_w = Bağ kirişi enkesitinin gövde kalınlığı d_b = Bağ kirişi enkesitinin yüksekliği

TBDY 9.8.6 Çaprazlar, Kat Kirişleri ve Kolonlar

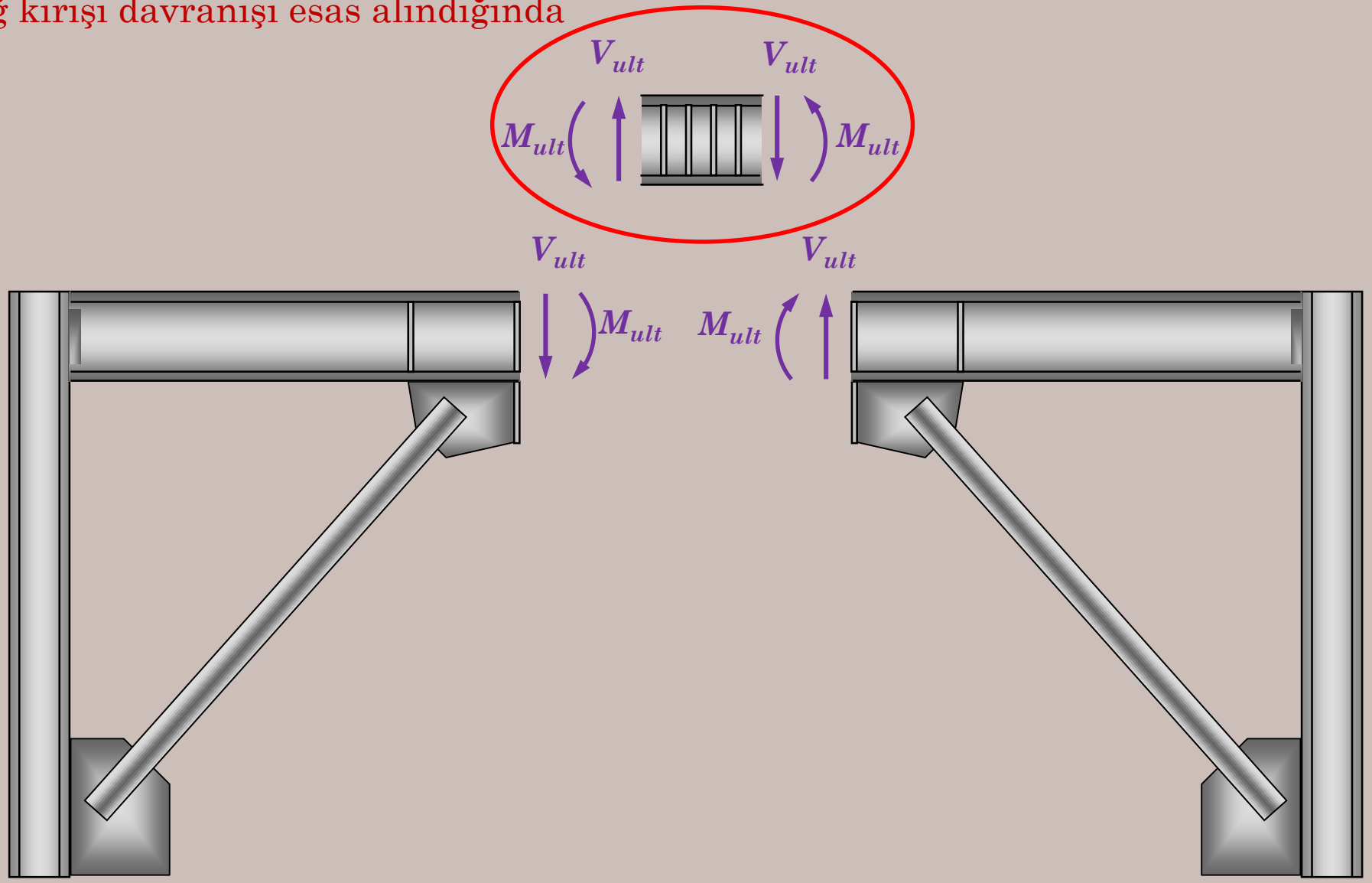
Çaprazların gerekli dayanımlarının belirlenmesinde, TBDY 9.2.5'te verilen yük birleşimlerindeki deprem etkileri, *bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yüklemenin* $1.25R_y$ katı ile büyütülecektir. Enkesitleri çok parçalı olan çaprazlar, ancak parçalarının sürekli olarak birleştirilmesi koşulu ile kullanılabilir.

Bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yükleme, TBDY 9.2.5'te verilen yük birleşimlerindeki deprem etkilerinin, deprem etkilerinden oluşan $\mathbf{V_E}$ tasarım kesme kuvveti ve $\mathbf{V_n = \min(V_p; 2M_p / e)}$ olmak üzere, V_n / V_E olarak tanımlanan *tasarım büyütme katsayısı* ile uyumlu olacak şekilde artırılması suretiyle belirlenecektir.


Bağ kirişi dışında
kalan kiriş bölümü
Bağ kirişi
Çapraz elemanlar

Kesme etkili bir bağ kirişi davranışı esas alındığında

$$e \le \frac{1.6\ M_p}{V_p}$$



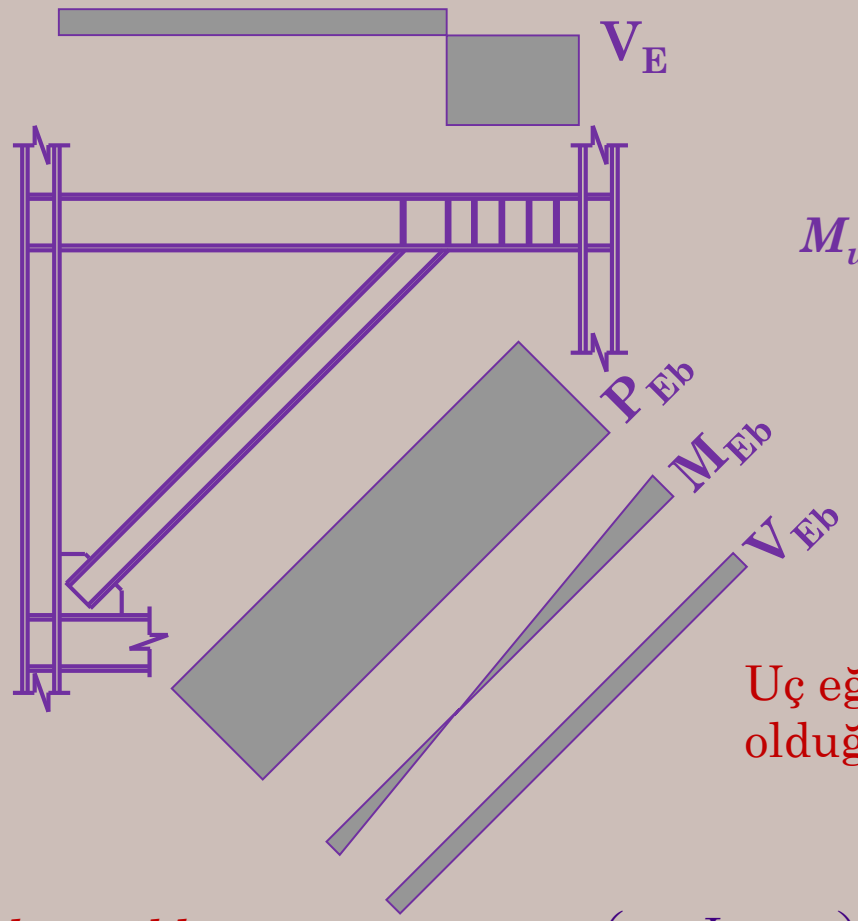
Kesme etkili bir bağ kirişi davranışı esas alındığında

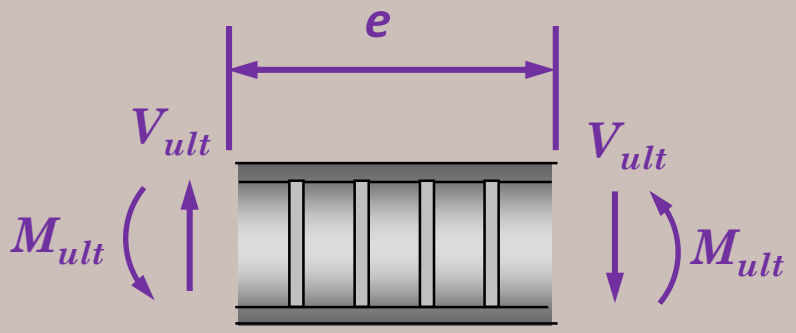
$$e \le \frac{1.6\ M_p}{V_p}$$

Çapraz eleman için tasarım büyütme katsayısı

$$\frac{1.25 R_y V_n}{V_E}$$

V_E : Sadece deprem etkisi altında oluşan, bağ kirişi kesme kuvveti değeri





$$V_{ult} = 1.25 R_y V_n$$

$$V_n = \min\left(V_p ; 2M_p / e\right)$$

Uç eğilme momentlerinin eşit olduğu varsayıldığında

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

Bağ kirişinin plastikleşmesine neden olan yükleme

$$P_{Emh} = \left(\frac{1.25 R_y V_n}{V_E}\right) P_{Eb} \qquad M_{Emh} = \left(\frac{1.25 R_y V_n}{V_E}\right) M_{Eb}$$

$$M_{Emh} = \left(\frac{\frac{I_{çap}}{l_{çap}}}{\frac{I_{çap}}{l_{çap}} + \frac{I_{bdk}}{l_{bdk}}}\right) M_{ult} \qquad V_{Emh} = \left(\frac{1.25 R_y V_n}{V_E}\right) V_{Eb}$$

Çaprazların gerekli eksenel kuvvet dayanımları (YDKT)

$$1.2P_G + (1.0 \text{ veya } 0.5)P_Q + 0.2P_S + P_{Emh} + 0.3P_{E_d^{(Z)}}$$

$$0.9P_G + P_H + P_{Emh} - 0.3P_{E_d^{(Z)}}$$

Çaprazların gerekli eğilme momenti dayanımı (YDKT)

$$1.2M_G + (1.0 \text{ veya } 0.5)M_Q + 0.2M_S + M_{Emh} + 0.3M_{E_d^{(Z)}}$$

$$0.9M_G + M_H + M_{Emh} - 0.3M_{E_d^{(Z)}}$$

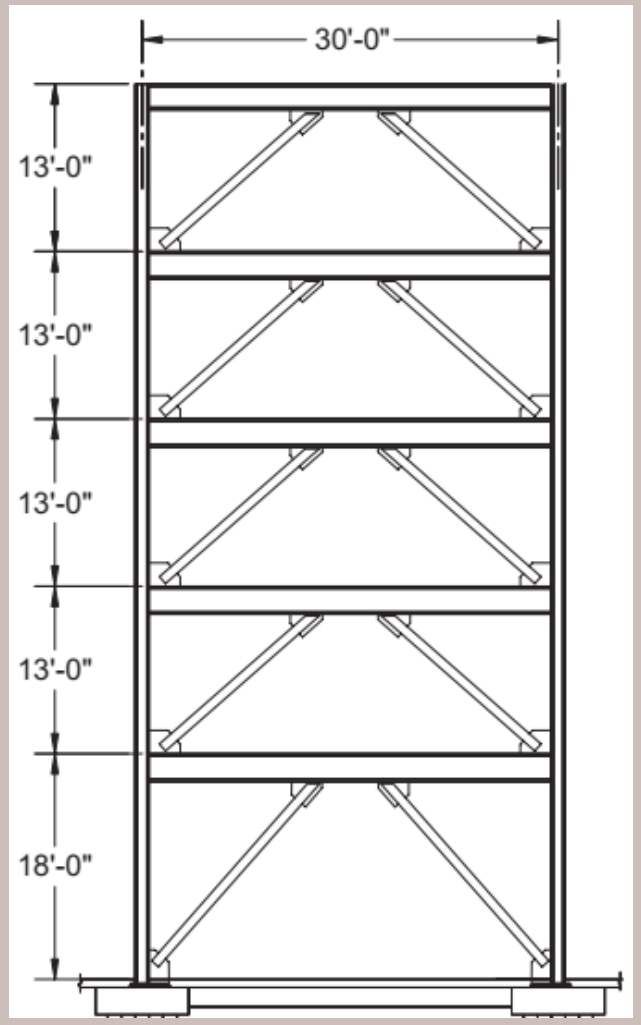
Çaprazların gerekli kesme kuvveti dayanımı (YDKT)

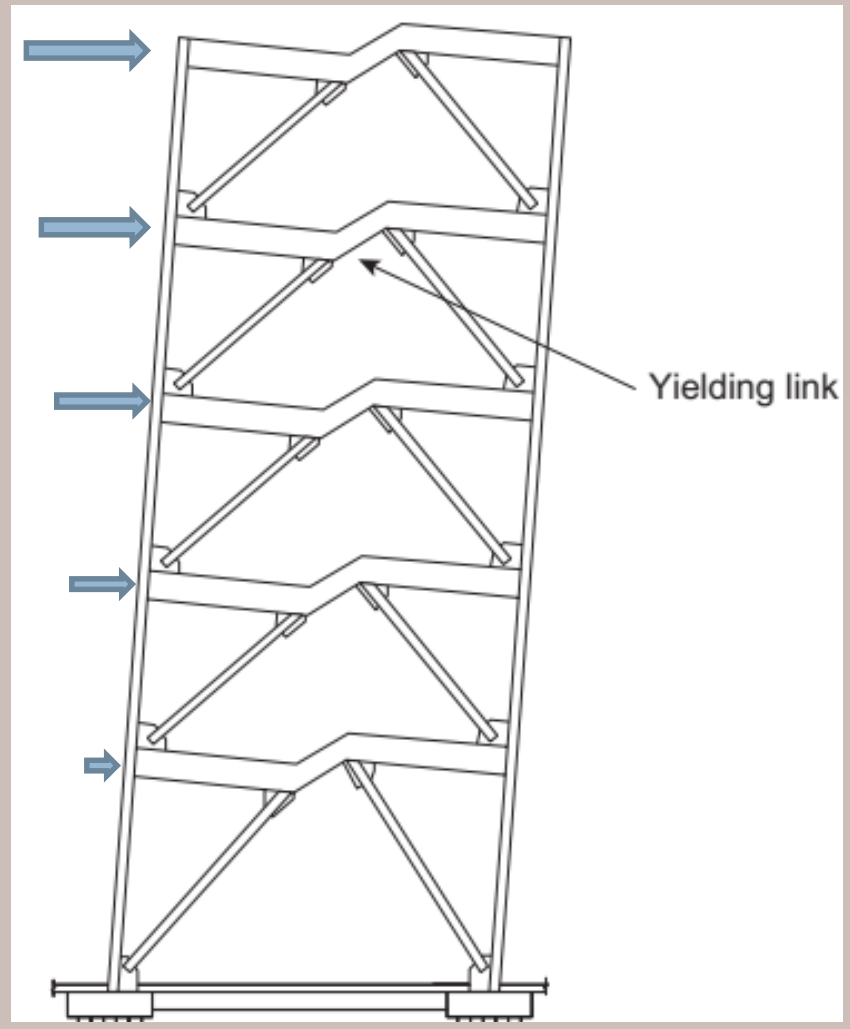
$$1.2V_G + (1.0 \text{ veya } 0.5)V_Q + 0.2V_S + V_{Emh} + 0.3V_{E_d^{(Z)}}$$

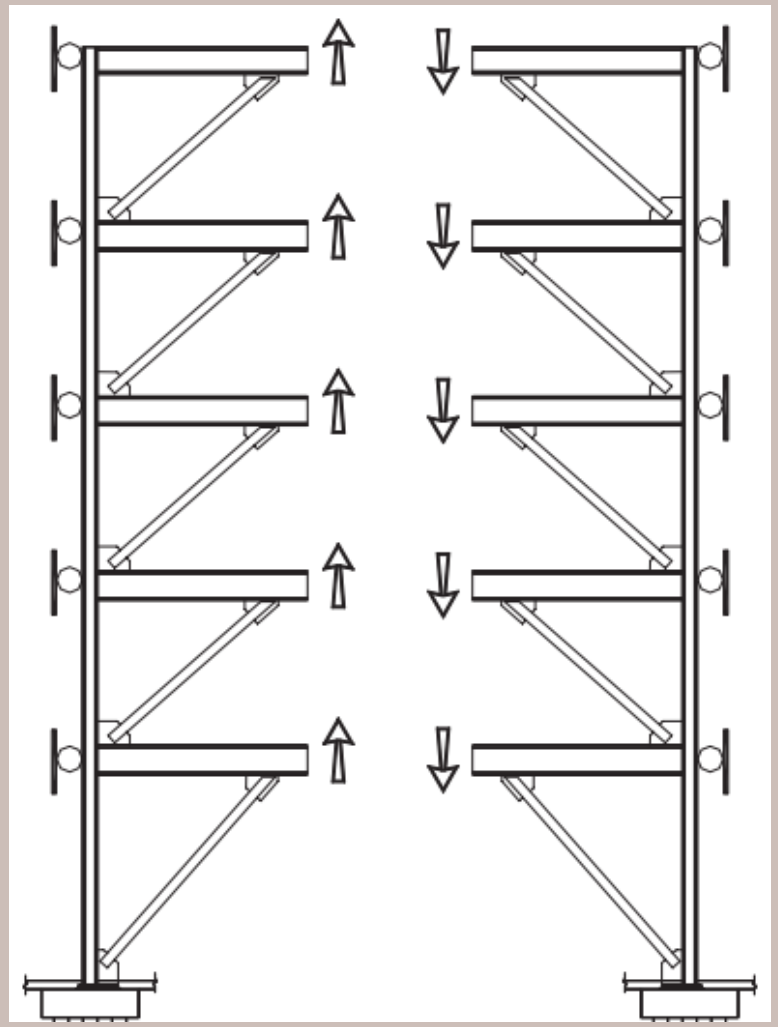
$$0.9V_G + V_H + V_{Emh} - 0.3V_{E_d^{(Z)}}$$

Not: Gerekli dayanımlar ikinci mertebe etkileri de içerecek şekilde hesaplanacaktır.

Kolonlar için tasarım büyütme katsayısı ve boyutlandırma

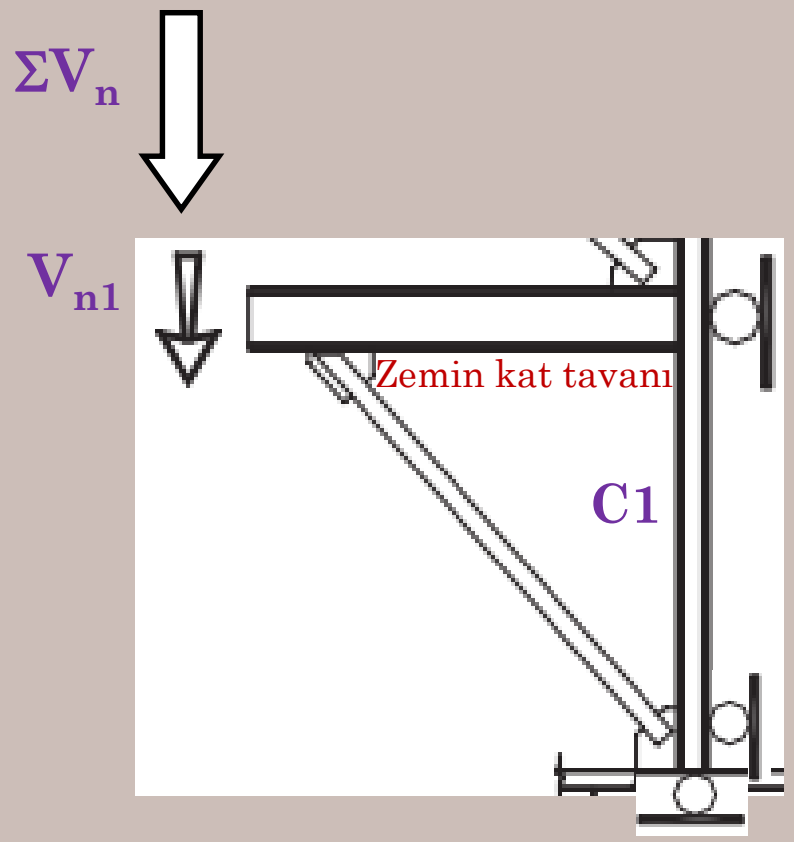


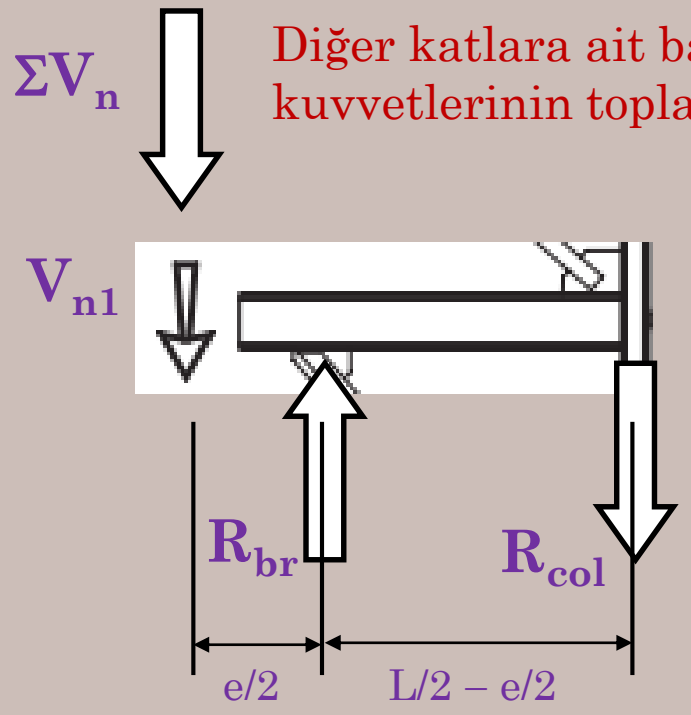




Kirişlerin kolonlara mafsallı olarak bağlandığı varsayılmaktadır.

Kolonların gerekli dayanımının belirlenmesinde, TBDY 9.2.5'te verilen yük birleşimleri esas alınacaktır.





Diğer katlara ait bağ kirişlerinin karakteristik kesme kuvvetlerinin toplamı

Zemin kat tavanı

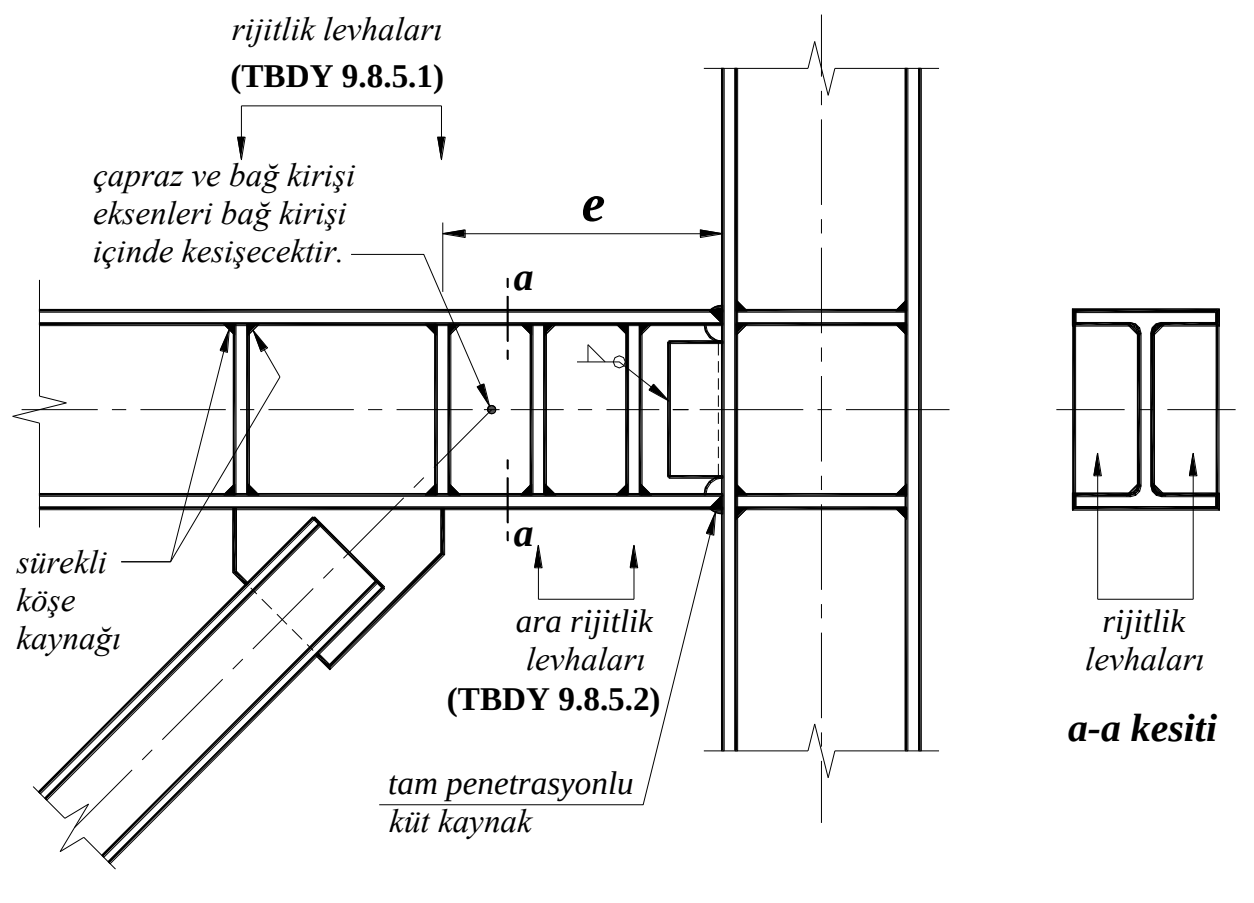
$$R_{col} = \frac{V_{n1} e}{(L - e)}$$

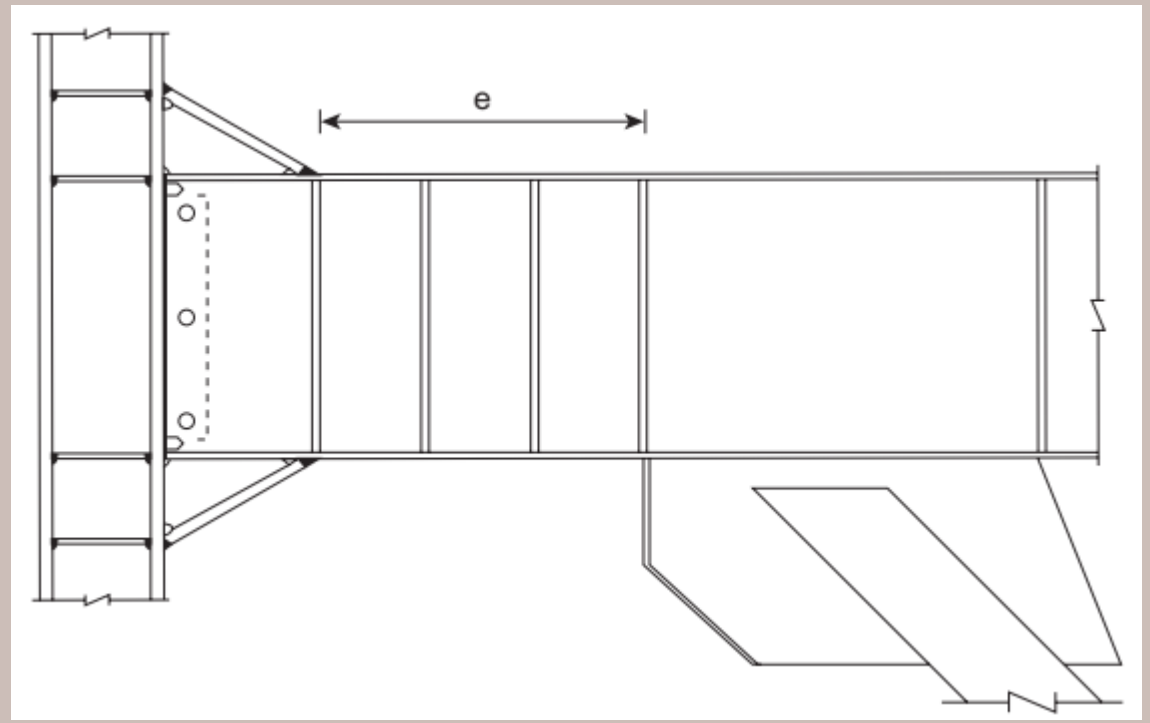
Göz önüne alınan kolon (**C1**), üzerindeki dört (≥ 3) adet kata ait bağ kirişinden gelen etkileri aktarması gerektiğinden, söz konusu kolona (C1) etkiyen eksenel basınç kuvveti,

$$\mathbf{P_{Emh} = 1.1 R_y (\Sigma V_n - R_{col})}$$

TBDY 9.8.9 Bağ Kirişi – Kolon Birleşimi

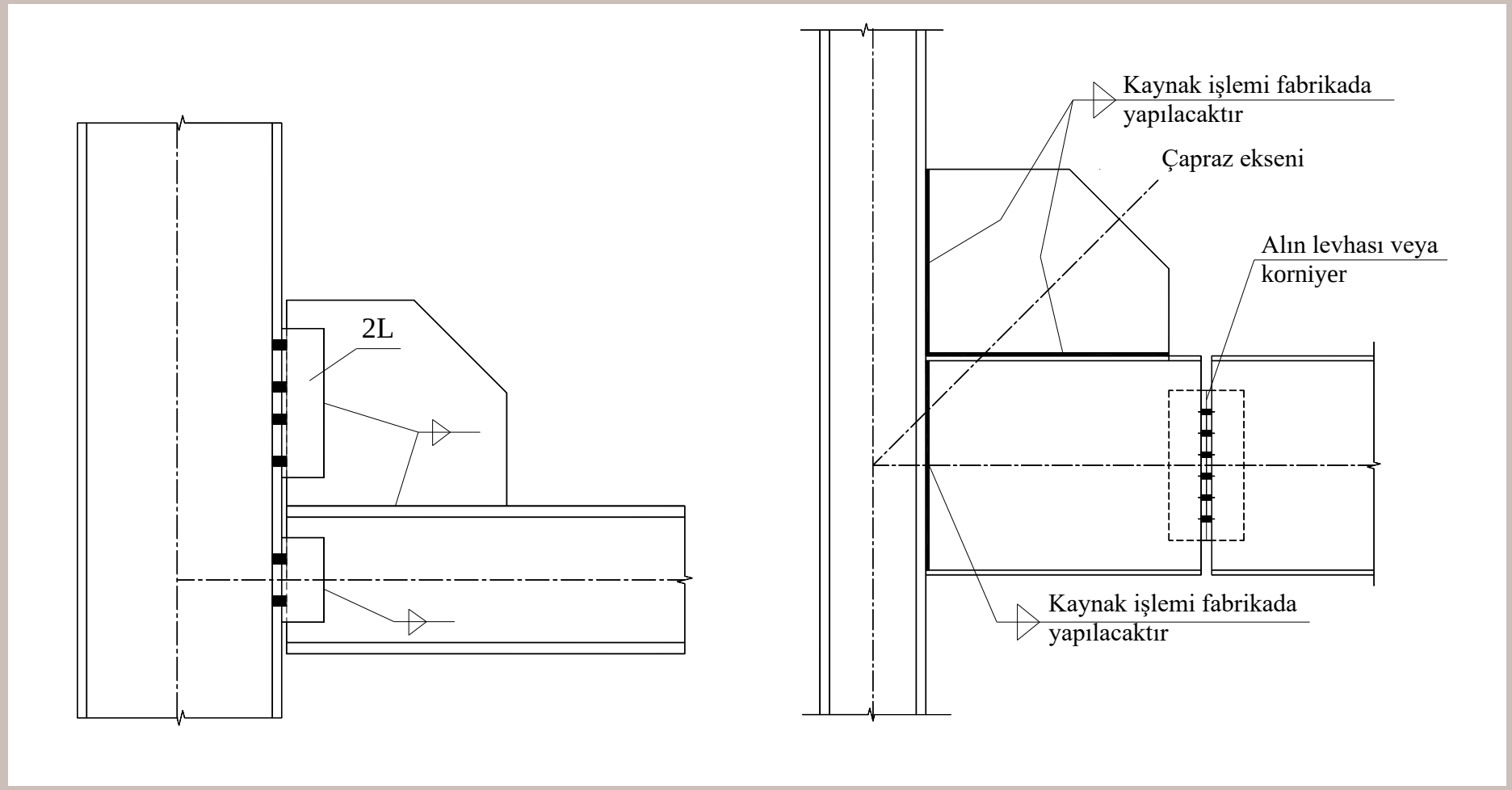
Kolona birleşen bağ kirişinin boyu $e \le \dfrac{1.6\ M_p}{V_p}$ koşulunu sağlayacaktır.





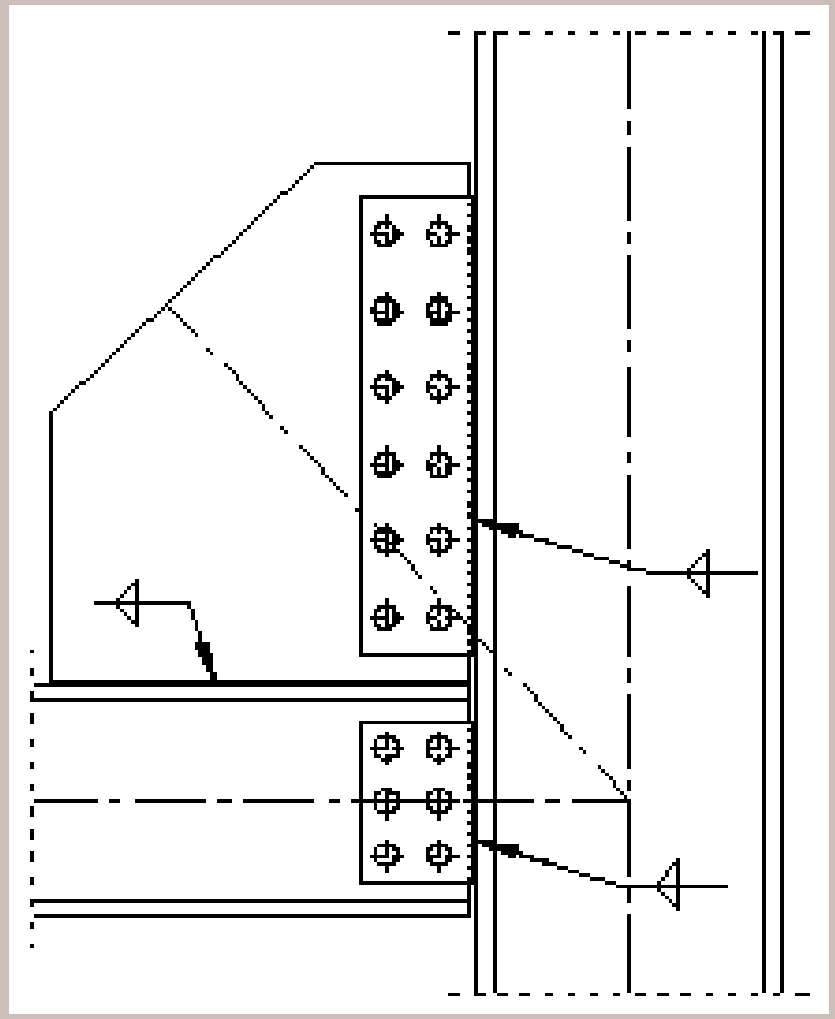
TBDY Ek 9C Şekil 9C.4

0.025 Radyan Dönme Açısını Sağlayan Birleşimler (Mafsallı Birleşimler)



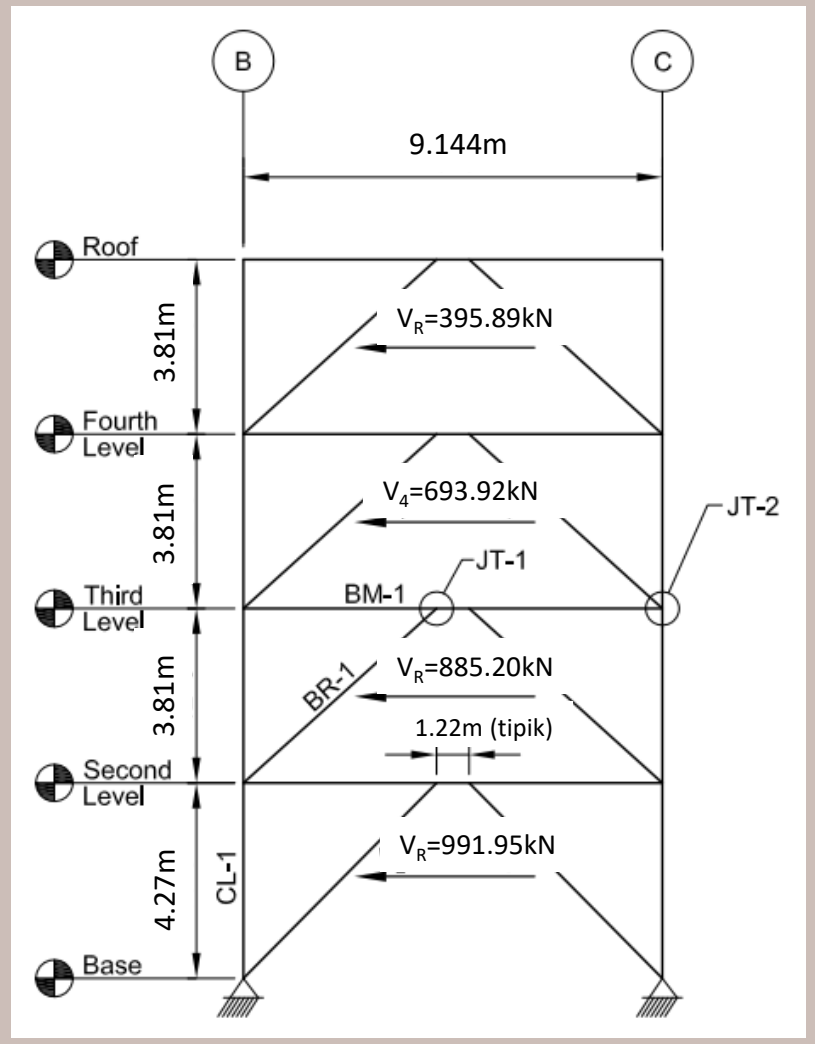
TBDY Ek 9C Şekil 9C.1(a)

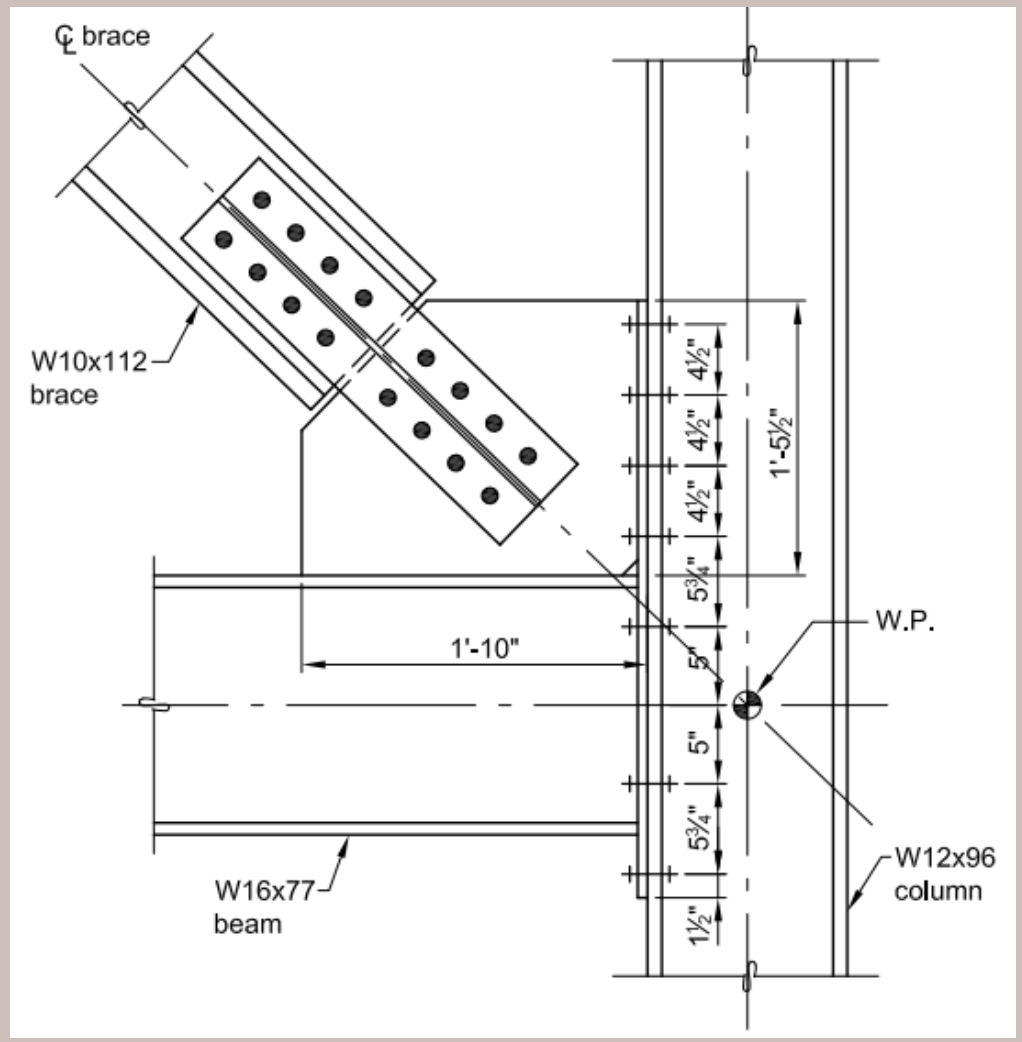
0.025 Radyan Dönme Açısını Sağlamayan Tipik Birleşim (Tipik Rijit Birleşim)



TBDY Ek 9C Şekil 9C.1(b)

Örneğin, aşağıdaki şekilde verilen alın levhalı birleşim, en az 0.025 radyan dönme açısını sağlayan kiriş-kolon birleşim detaylarından biridir. Ancak alın levhası kalınlığı yeterince ince olmalı ve kiriş başlığı yakınındaki bulonlar, alın levhasının eğilme deformasyonu nedeniyle oluşan ilave kaldırma kuvveti (prying action) de dikkate alınarak boyutlandırılmalıdır.





3.4. Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçeveler (BÖÇÇ)

3.4.a Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçevelerin özellikleri ve tipleri

3.4.b Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçevelerin davranışı

3.4.c Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'de verilen kural ve koşullar

3.4.a Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçevelerin özellikleri ve tipleri

Bu tür sistemlerde kirişler, kolonlar ve çaprazlar düşey doğrultuda bir kafes sistem oluşturacak şekilde düzenlenirler. Yatay doğrultuda etkiyen kuvvetler, eksenel çekme ve basınç kuvvetleri olarak aktarılırlar. Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçeveler, geometri bakımından geleneksel merkezi çaprazlı çelik çerçevelere benzemesine rağmen, **burkulma davranışı göstermeyen çaprazların özelliği** nedeniyle, geleneksel merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin aksine, tekrarlı tersinir yükler etkisinde simetrik bir çevrimsel davranış gösterirler.

Süneklik, çaprazların

eksenel çekme ve basınç kuvvetleri etkisinde akmaya ulaşması,

ile sağlanmaktadır.

Çapraz elemanlar eksenel basınç kuvveti etkisinde bir burkulma davranışı göstermez.

Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçevelerin avantajları

Yapısal olarak, yüksek yatay rijitliğe ve sünekliğe sahip sistemlerdir.

Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçevelerin dezavantajları

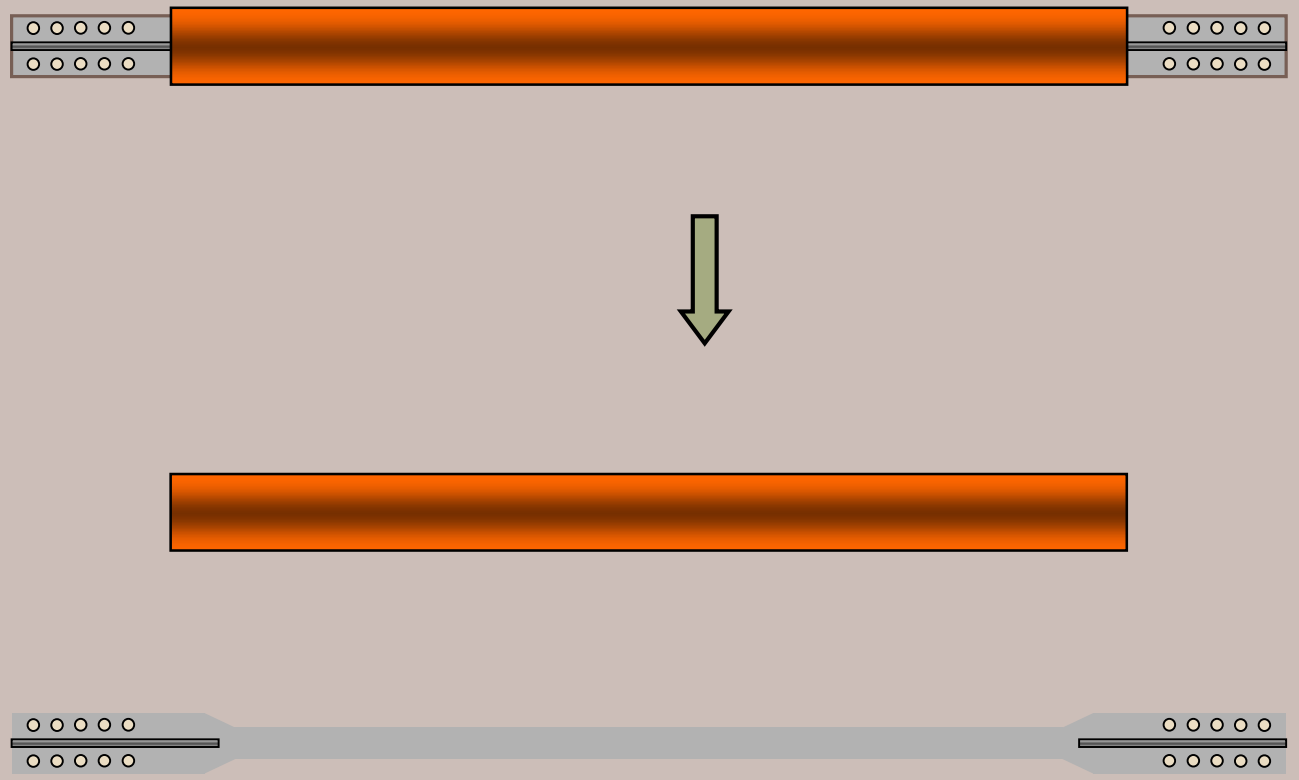
Mimari olarak, geniş alanların oluşturulmasına olanak sağlaması sınırlı düzeydedir.

Çaprazlı çerçeve sistemlerinin oluşturulmasında uygulama sınırları vardır.

Çapraz elemanların imalatı özel uygulamalar gerektirir.

Çaprazlı çelik çerçevelerin tasarımı için kullanılacak bazı parametreler deneysel çalışmaların yapılmasını gerektirir.

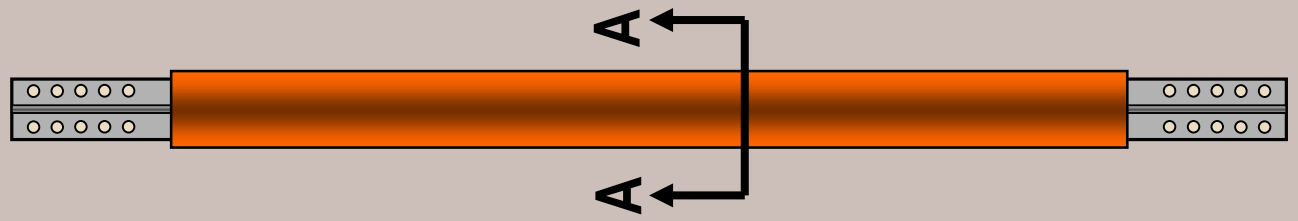
Burkulması önlenmiş çelik çaprazlar



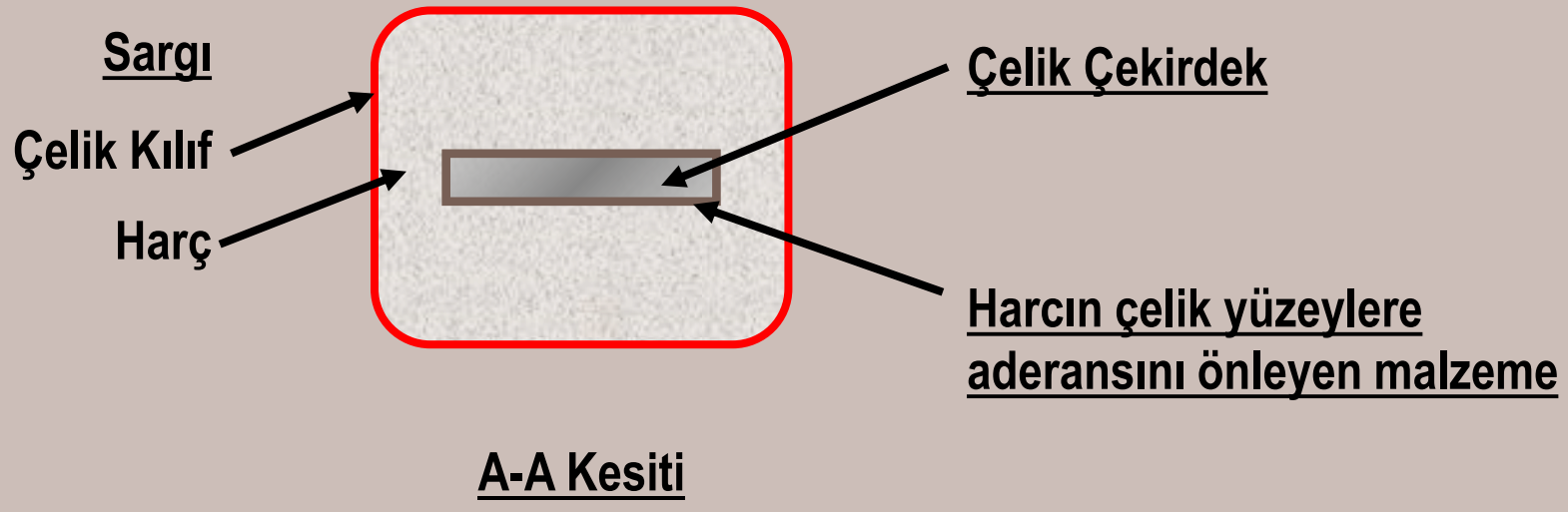
Burkulması Önlenmiş Çelik Çapraz:
Çelik Çekirdek
+
Sargı

Sargı

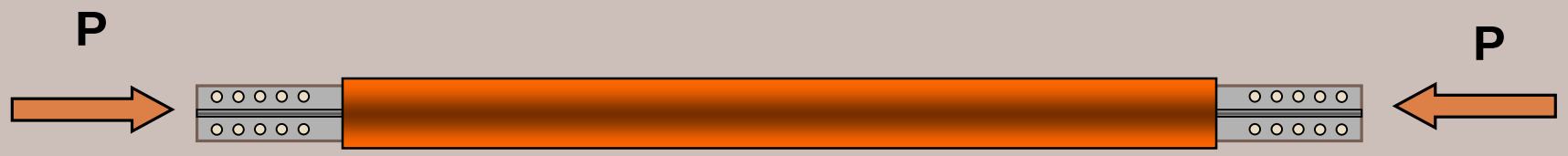
Çelik Çekirdek



Burkulması Önlenmiş Çelik Çapraz:
Çelik Çekirdek
+
Sargı



A-A Kesiti



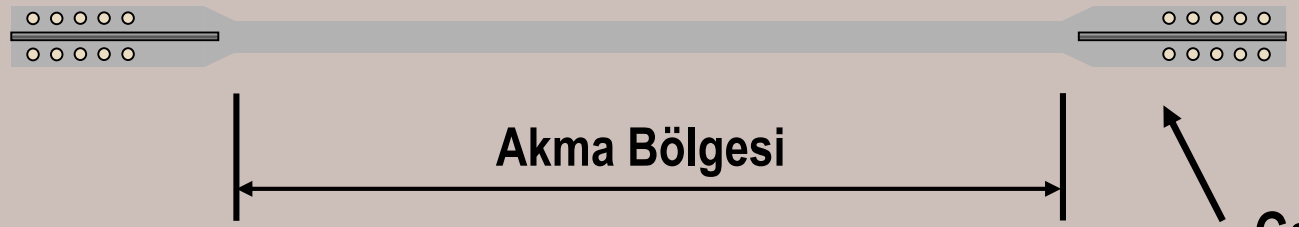
Çelik çekirdek eksenel kuvvet, P'yi aktaran eleman

Sargı çelik çekirdek için sadece bir kılıf görevi görür.

- Sargı, P eksenel kuvvetinin aktarılmasına katkı sağlamaz.
- Sargının eğilme rijitliği, çelik çekirdeğin burkulma deformasyonunun sınırlandırılmasını sağlar.

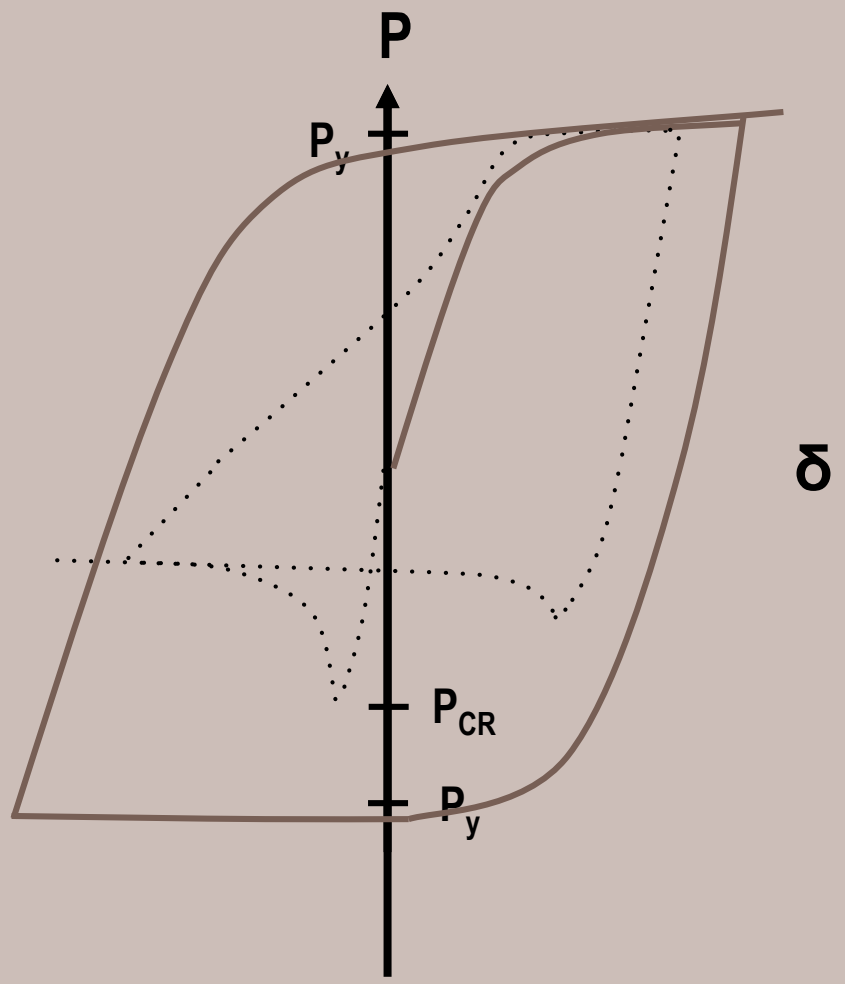


Burkulması Önlenmiş Çelik Çapraz:
Çelik Çekirdek
+
Sargı



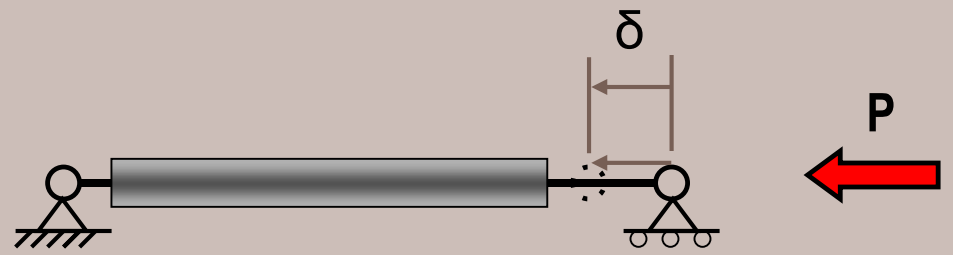
Çelik Çekirdek

Çapraz birleşim bölgesi

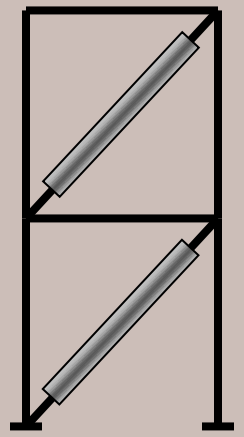


Burkulması Önlenmiş Çelik Çapraz:

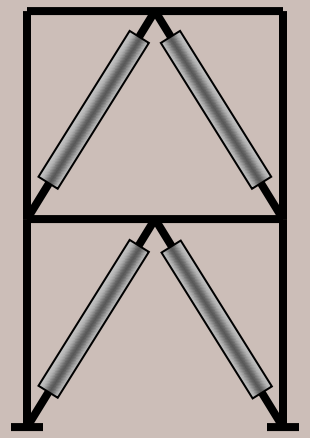
- Çekme etkisinde akma (***sünek***)
- Basınç etkisinde akma (***sünek***)
- Çekme ve basınç etkileri altında yaklaşık aynı dayanım (basınç etkisinde biraz daha büyük)



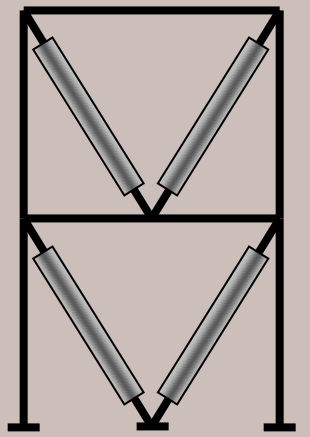
Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçevelerin tipleri



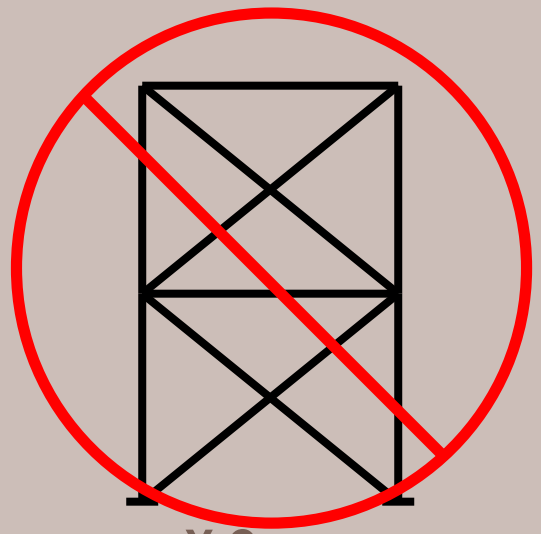
Tek Çapraz



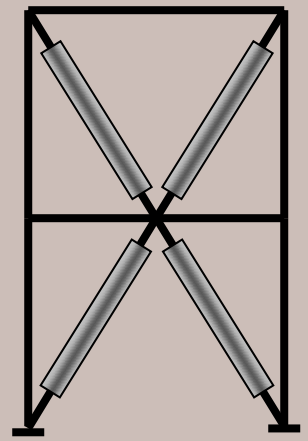
Ters V Çapraz



V Çapraz



X Çapraz



Ayrık (İki kat geçen) X Çapraz






Herrick
Herrick
4 5 2006



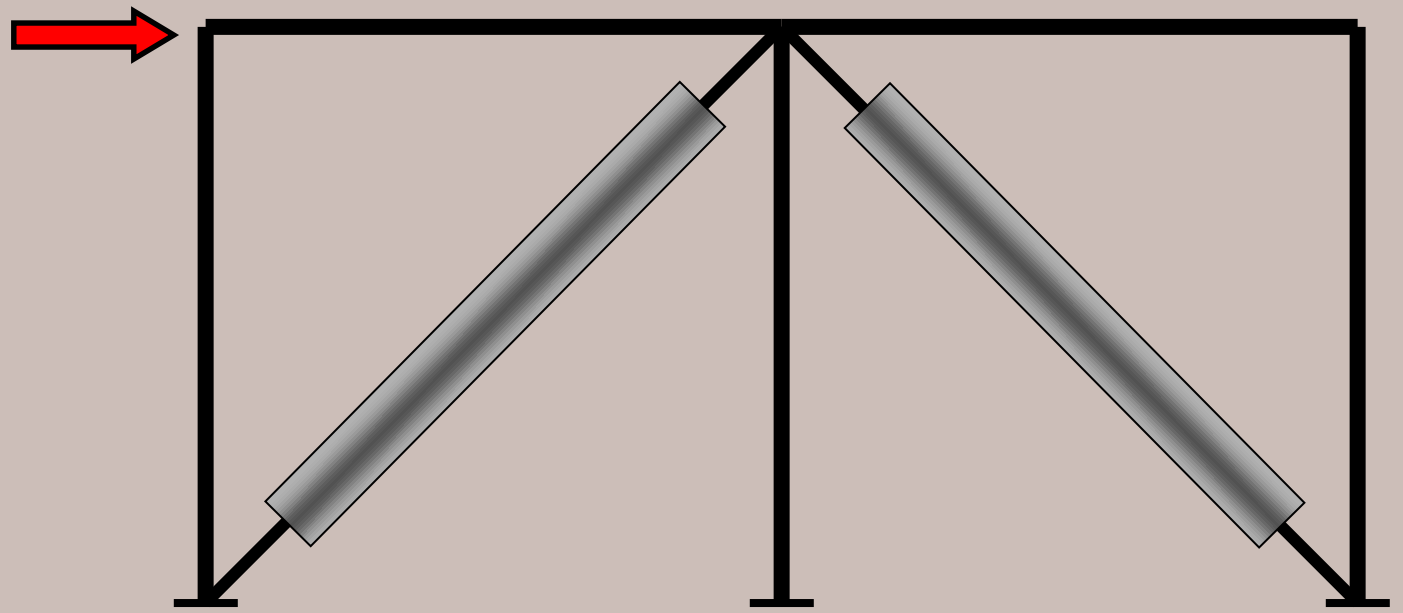


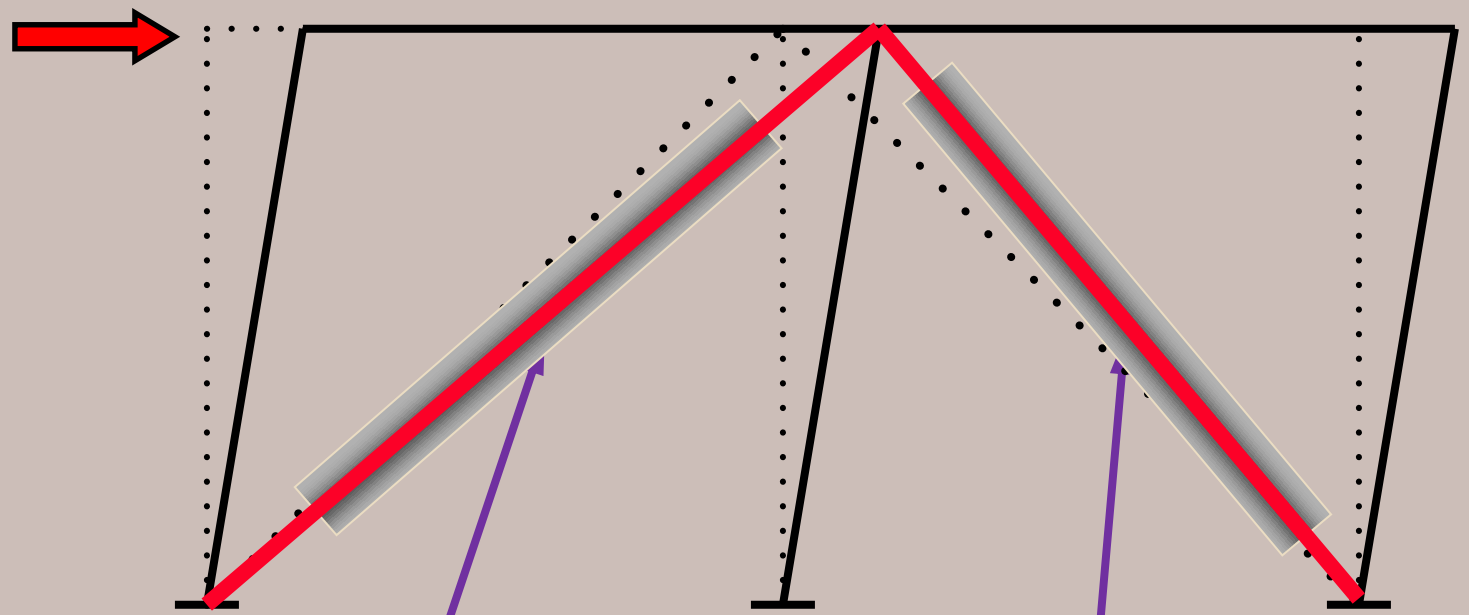




3.4.b Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçevelerin davranışı

Yatay deprem etkisi altında doğrusal olmayan davranış

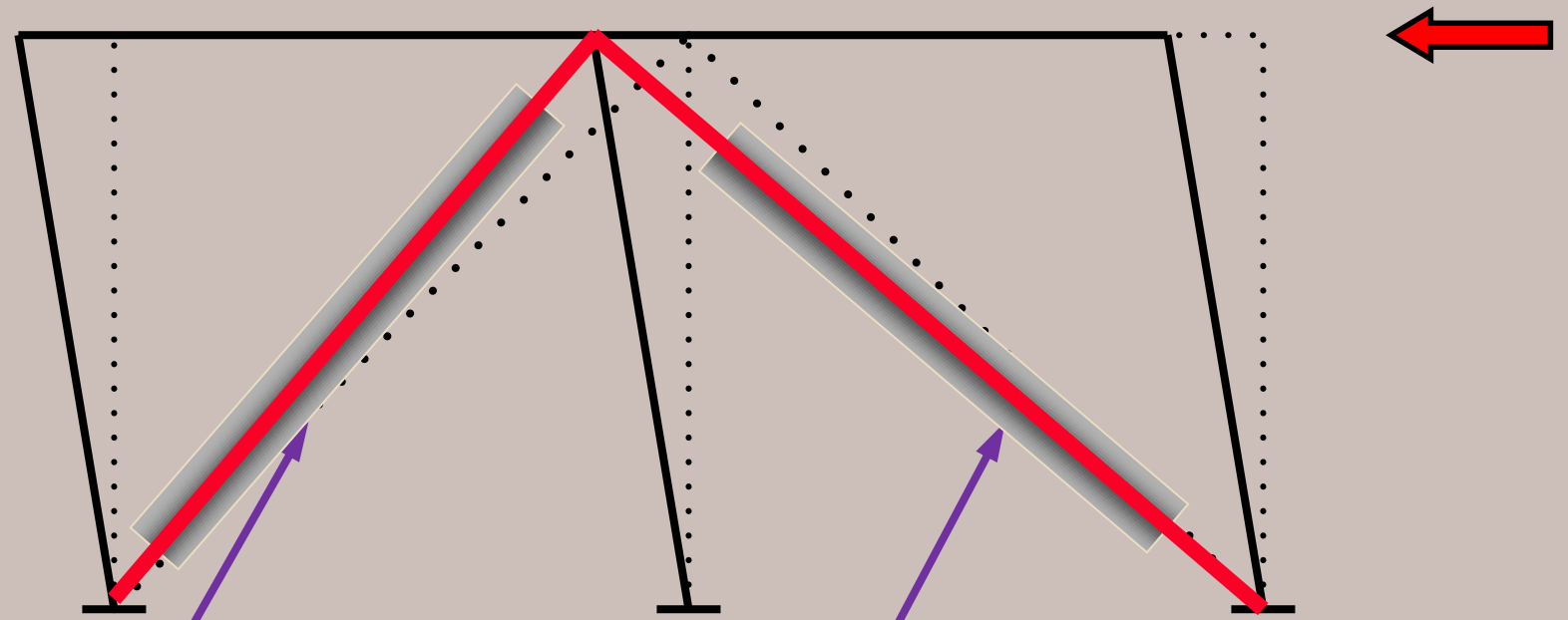




Eksenel çekme kuvveti etkisindeki çapraz: Akma (*sünek*)

Eksenel basınç kuvveti etkisindeki çapraz: Akma (*sünek*)

Kolonlar ve kirişler: esas itibariyle elastik bölgede kalmalı

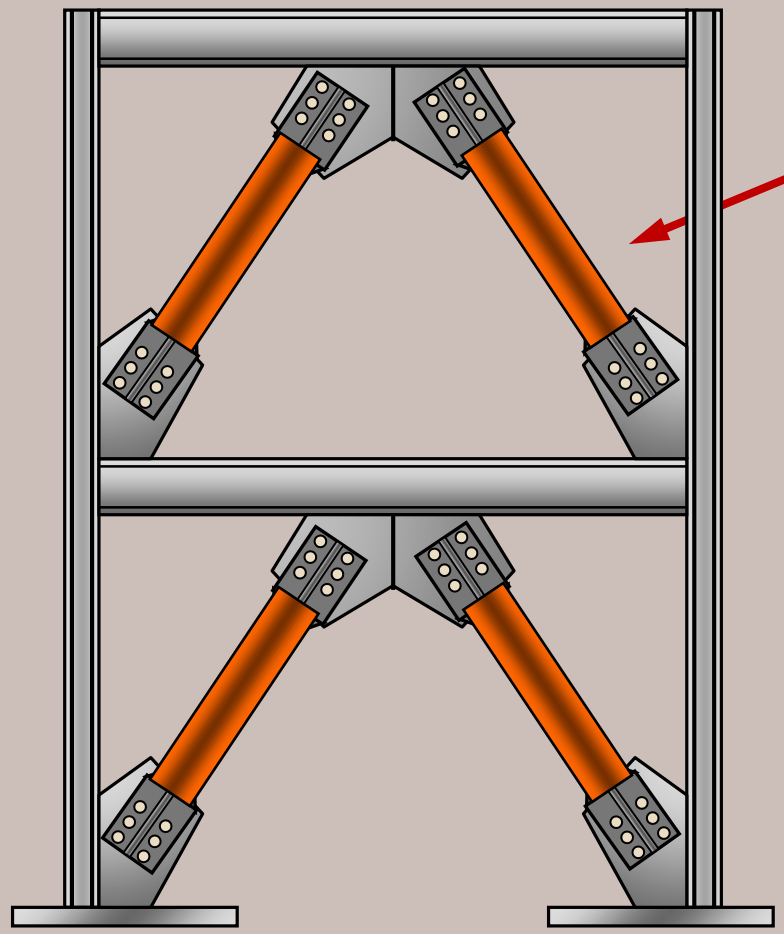


Daha önce eksenel çekme kuvveti etkisinde olan eksenel basınç kuvveti etkisindeki çapraz: Akma

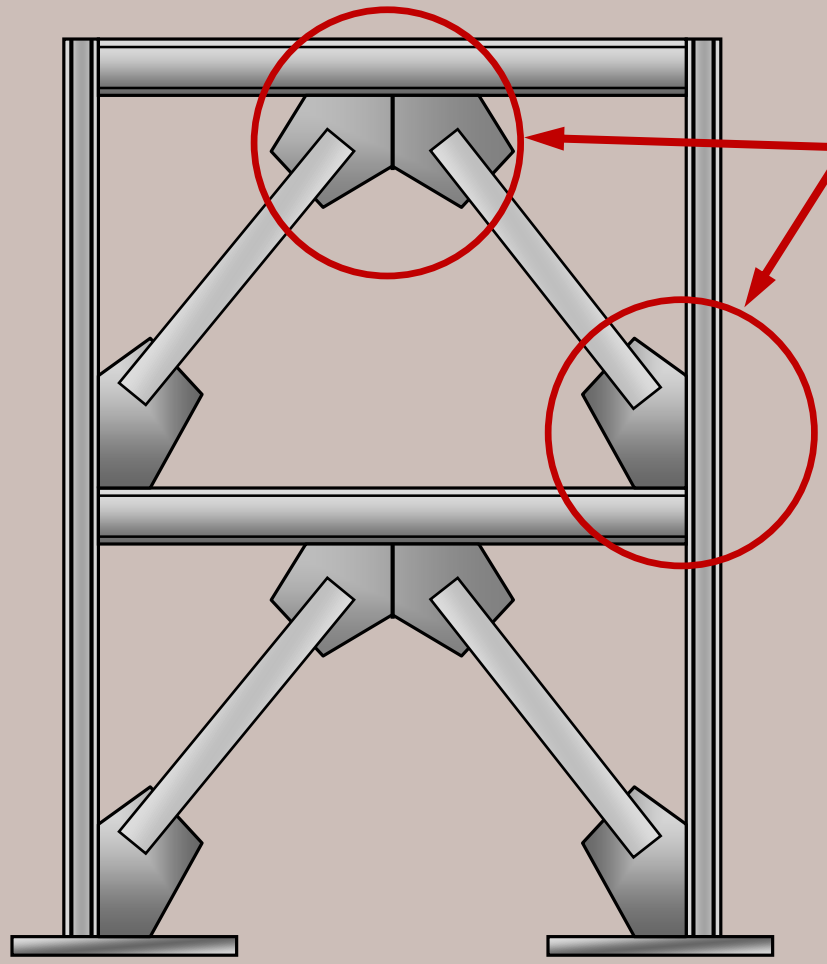
Daha önce eksenel basınç kuvveti etkisinde olan eksenel çekme kuvveti etkisindeki çapraz: Akma

Kolonlar ve kirişler: esas itibariyle elastik bölgede kalmalı

Sünek davranışın sağlanmasında genel yaklaşım



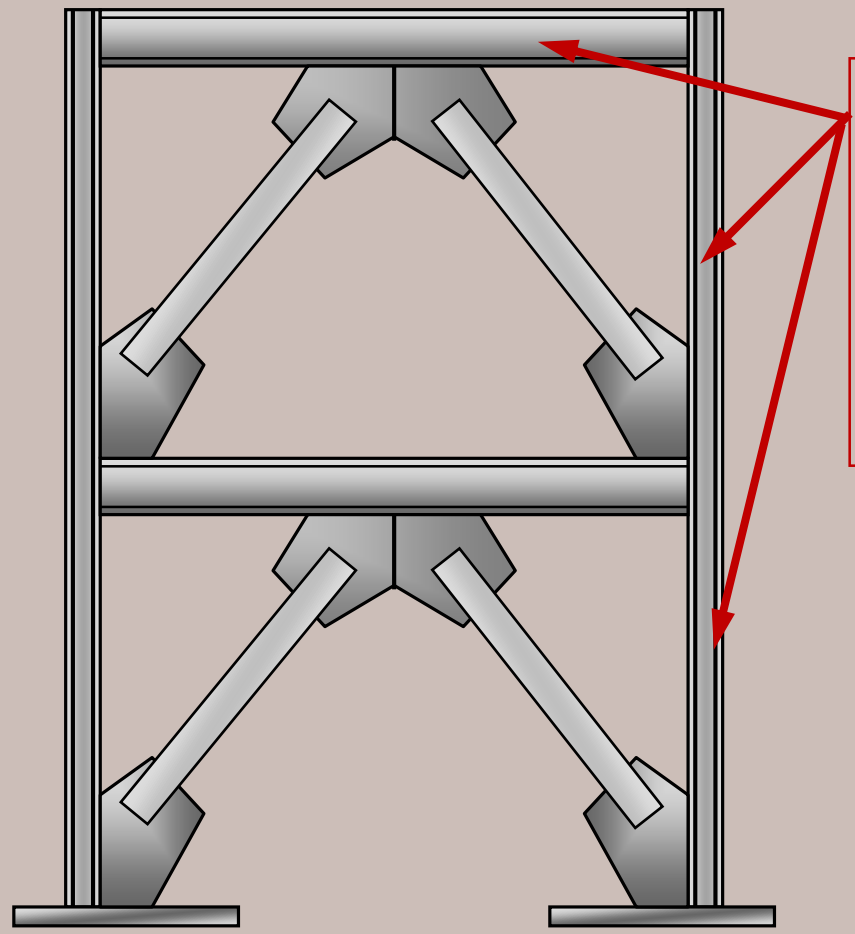
- Sistem, plastik şekildeğiştirmelerin sadece çapraz elemanlarda oluşmasını sağlayacak şekilde boyutlandırılmalıdır.
  - Çaprazlar deprem enerjisinin sönümlenmesinde etkin olan elemanlardır.
  - Çaprazlar sistemin zayıf elemanlarıdır. Diğer tüm elemanlar (kolonlar, kirişler) ve birleşimler çaprazların akma ve pekleşme davranışı göstermelerine karşı gelen iç kuvvet dağılımı esas alınarak boyutlandırılmalıdır.
- Çaprazlar yüksek enerji sönümleme kapasitesine sahip olmalıdır.



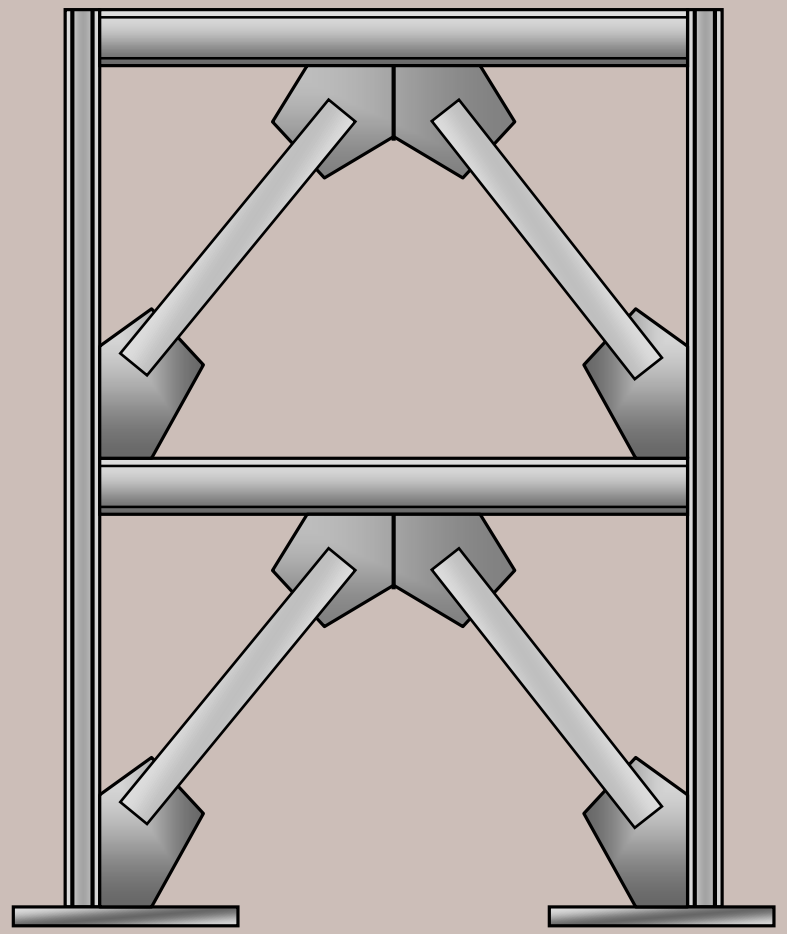
- Çaprazların birleşimleri, çelik çekirdeğin pekleşme durumu dikkate alınarak belirlenen en büyük eksenel kuvvetler esas alınarak boyutlandırılmalıdır.







- Kirişler, kolonlar, kolonların temele ankrajları ve kolon ekleri; çelik çekirdeklerin, pekleşme de dikkate alınmak suretiyle belirlenen eksenel kuvvet dayanımlarına ulaşması (mekanizma) durumunda bu elemanlar için sistemde oluşan en büyük iç kuvvetler esas alınarak boyutlandırılmalıdır.



Sonuç olarak,

- çaprazların çelik çekirdek elemanları, yatay deprem etkilerini içeren yük birleşimleri altında düşey yükler dikkate alınmaksızın elde edilen en elverişsiz eksenel kuvvetler dikkate alınarak,
- diğer tüm elemanlar ve birleşimler; çelik çekirdeklerin, pekleşme de dikkate alınmak suretiyle belirlenen eksenel kuvvet dayanımlarına ulaşması (mekanizma) durumunda bu elemanlar için sistemde oluşan en büyük iç kuvvetler esas alınarak boyutlandırılacaktır.

3.4.c Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'de verilen kural ve koşullar

Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçeveler, **TBDY 2018**'de

9.9. Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçeveler (BÖÇÇ)

olarak yer almaktadır.

TBDY 9.9. Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçeveler (BÖÇÇ)

Özel olarak üretilen burkulması önlenmiş çapraz elemanların kirişlere veya kiriş-kolon birleşim bölgelerine merkezi olarak bağlanmasıyla oluşturulan burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçeveler, plastik şekildeğiştirmelerin çekme ve basınç etkileri altında çapraz elemanlarda oluşması sağlanacak şekilde boyutlandırılırlar.

TBDY 9.9.1 Genel Koşullar

- Enkesit koşulları, başlık genişliği / kalınlığı ve gövde yüksekliği / kalınlığı oranları
  Kolonlar için $\leq \lambda_{hd}$, Kirişler için $\leq \lambda_{md}$
- Burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçeveler, tasarım deprem yer hareketi etkisinde çapraz elemanların çekme ve basınç etkileri altında akmaya ulaşması durumu esas alınarak boyutlandırılacaktır.
- Burkulması önlenmiş çaprazlar, en az %2 göreli kat ötelemesine ve tasarım göreli kat ötelemesinin iki katına karşı gelen şekildeğiştirme durumlarının büyüğü esas alınarak boyutlandırılacaktır.

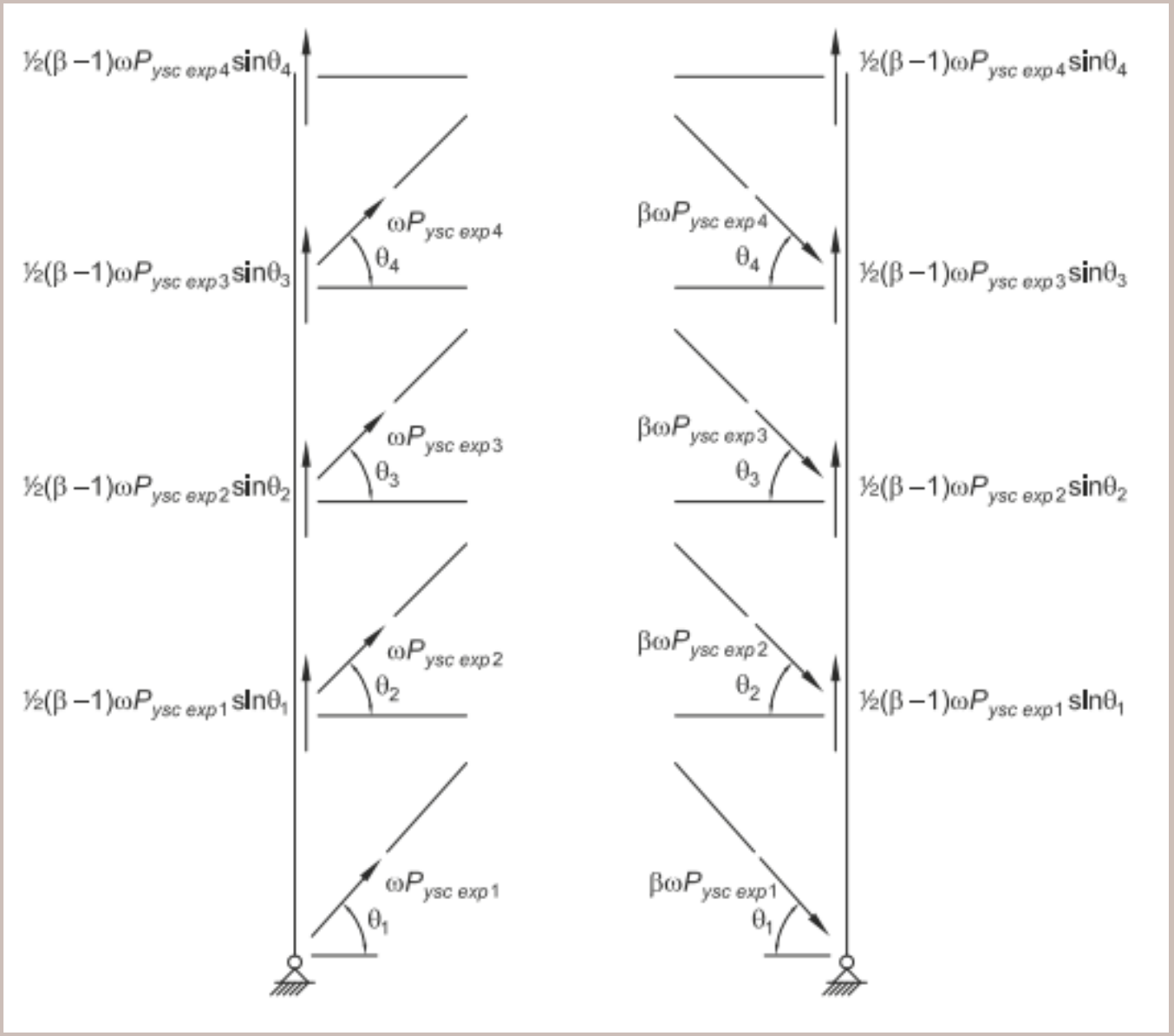
TBDY 9.9.2 Sistem Analizi

- Burkulması önlenmiş çelik çaprazlar (çelik çekirdek elemanları)

  yatay deprem etkilerini içeren yük birleşimleri altında düşey yükler dikkate alınmaksızın elde edilen en elverişsiz eksenel kuvvetler dikkate alınarak boyutlandırılacaktır.

- Kolonların, kirişlerin ve birleşimlerin boyutlandırılması,

  TBDY 9.2.6'da tanımlanan akma (mekanizma) durumu esas alınarak yapılacaktır.



Çekme

Çaprazın eksenel çekme kuvveti kapasitesi

$$T = \omega R_y P_{ysc}$$

Basınç

Çaprazın eksenel basınç kuvveti kapasitesi

$$P = \beta \omega R_y P_{ysc}$$

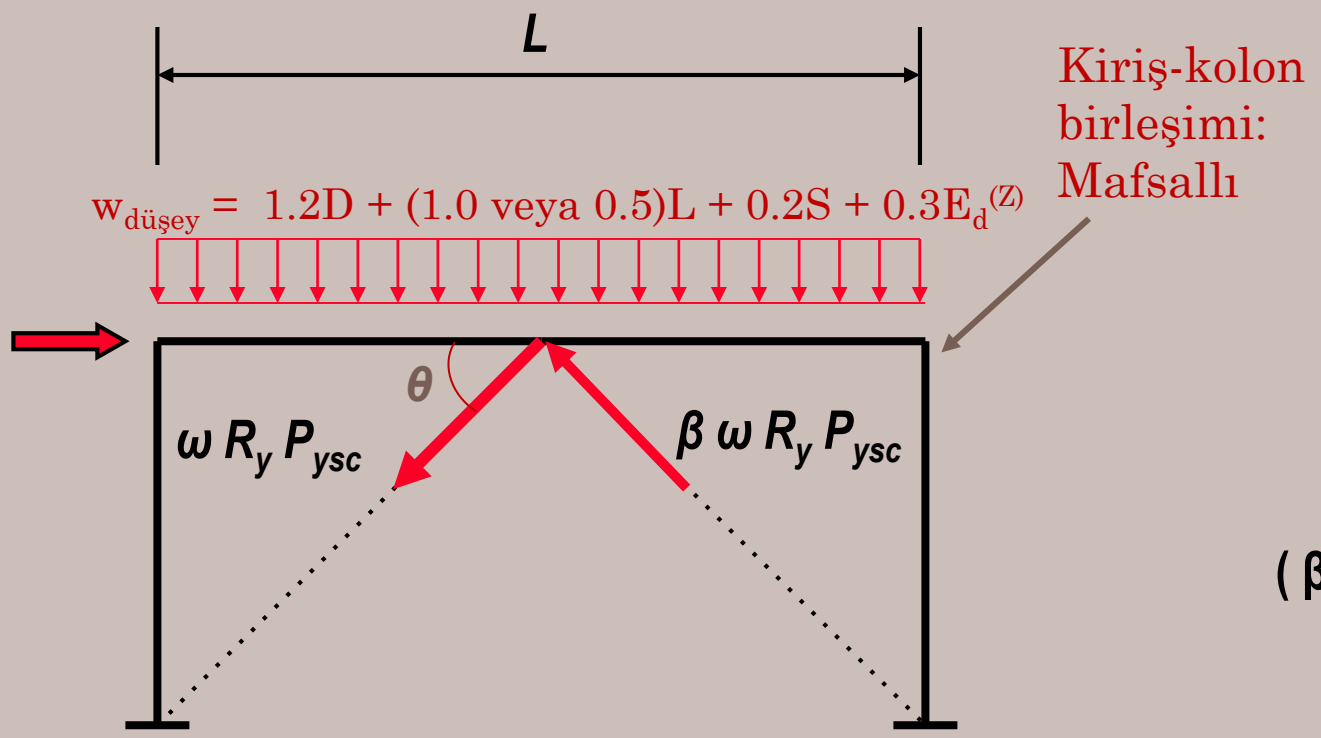
ω = pekleşme etkisi düzeltme katsayısı

β = basınç dayanımı düzeltme katsayısı

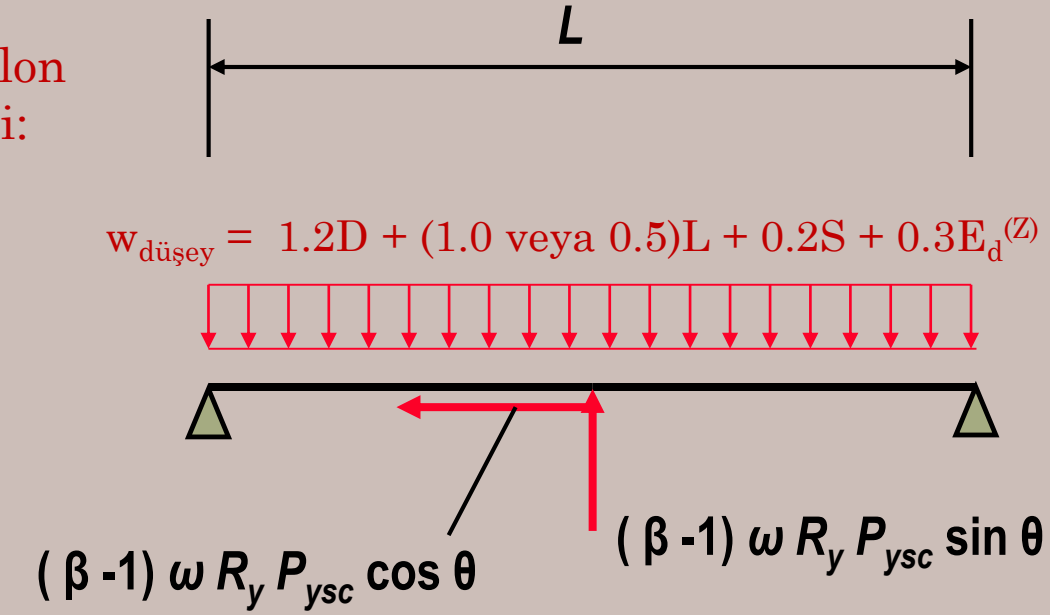
Çapraz elemanın eksenel kuvvet dayanımı, P_{syc}'nin çekme testi ile belirlenen F_{ysc} dikkate alınarak hesaplanması halinde, R_y **= 1.0** olarak alınacaktır.

$$\omega = \frac{T}{R_y P_{ysc}} \qquad \beta = \frac{P}{T} \qquad P_{ysc} = F_{ysc} A_{sc}$$

Ters-V burkulması önlenmiş çaprazlı çelik çerçeveler

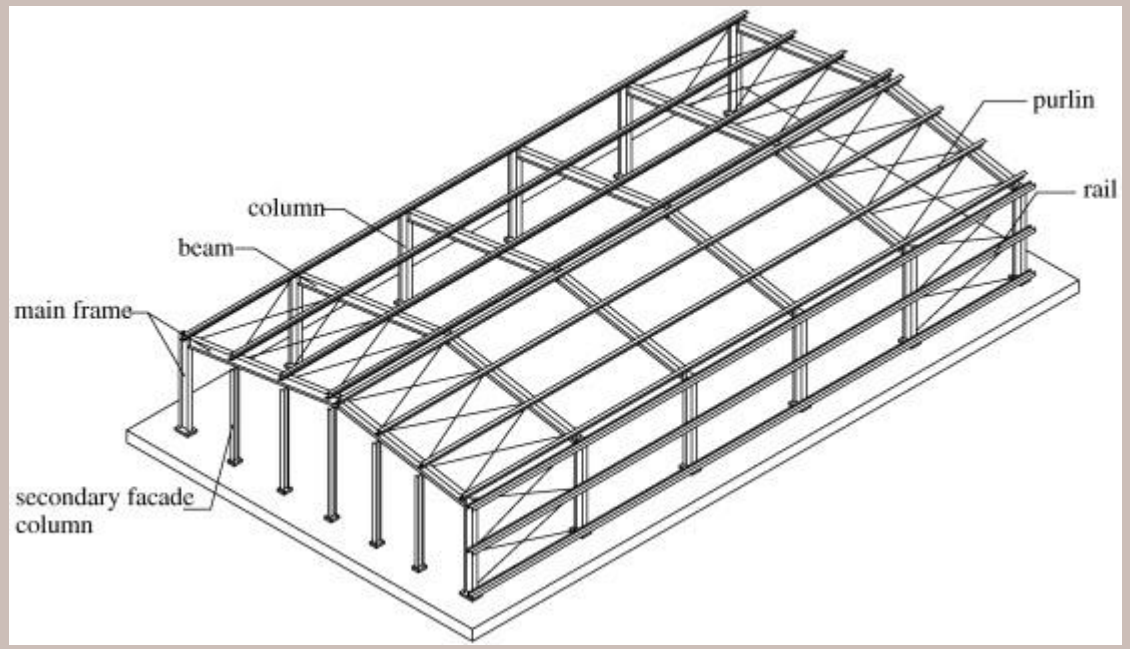


Kiriş-kolon birleşimi: Mafsallı



3.6 Bina Türü Endüstri Yapıları

Günümüzde çelik endüstri yapılarının büyük bir kısmı, tek katlı ve yatay yük taşıyıcı sistemleri enine doğrultuda moment aktaran çelik çerçevelerden, buna dik boyuna doğrultuda ise, merkezi çaprazlı çelik çerçevelerden oluşmaktadır.





TBDY 2018, genel olarak yapı yüksekliği boyunca her katta döşeme sistemlerinin (diyaframların) bulunduğu binaların depreme karşı tasarım esaslarını içermektedir. Bir doğrultuda yatay yük taşıyıcı sistemi merkezi çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan tek katlı endüstri yapılarında kat diyaframlarının bulunmaması nedeniyle, bina türü bu yapıların bu doğrultudaki tasarımlarına yönelik gerekli kural ve koşullar doğrudan doğruya TBDY 2018 kapsamında yer almamaktadır. Bu tür merkezi çaprazlı çelik çerçevelerin kullanılması halinde, AISC 341-16/22 F1.4c, F2.4e veya F4.4d'ye bakılabilir.





DİNLEDİĞİNİZ VE DİKKATİNİZ İÇİN TEŞEKKÜRLER