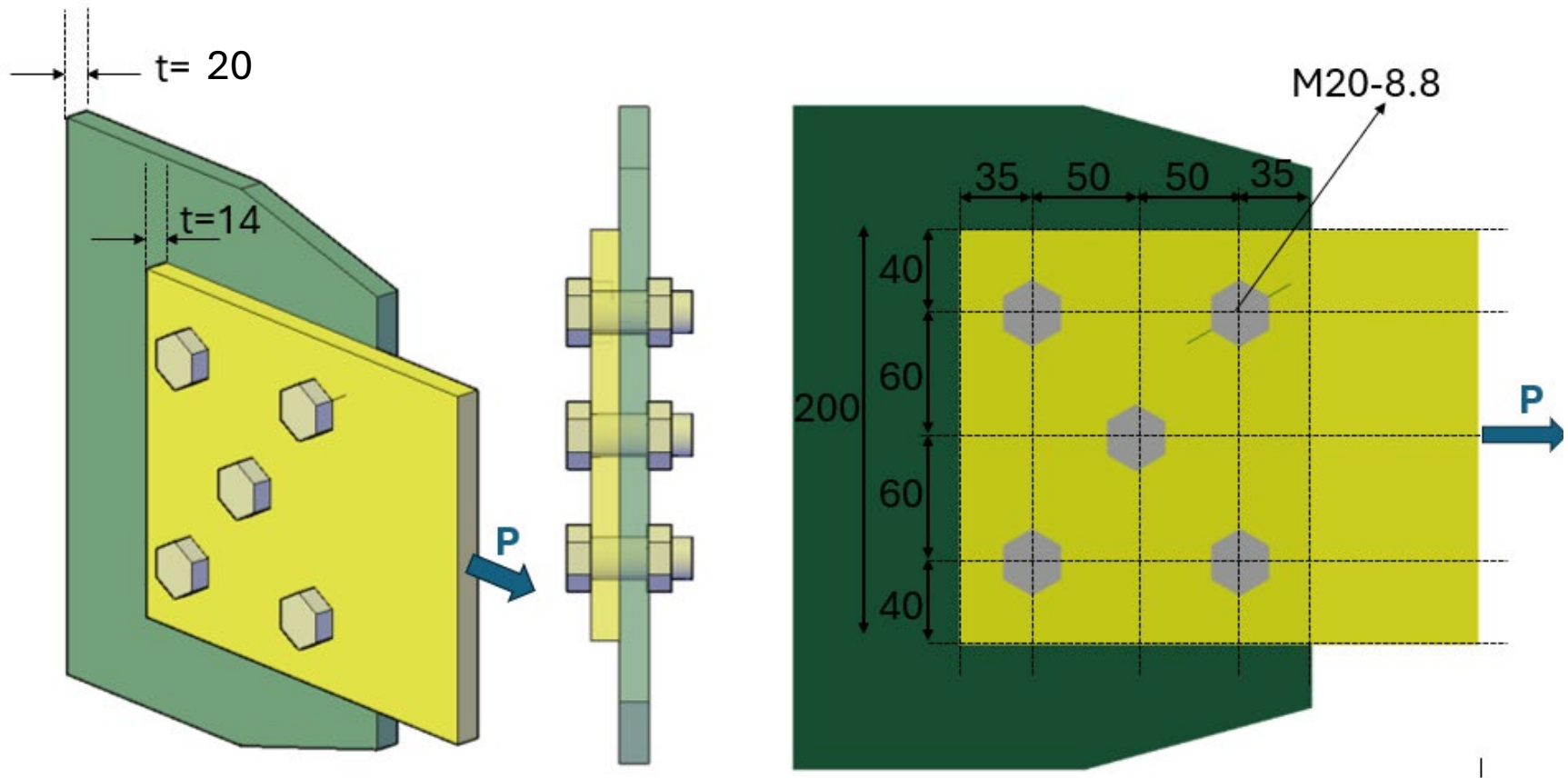


İNM304  
ÇELİK YAPILAR-UYGULAMA  
6. HAFTA-28.03.2024  
ÇEKME ÇUBUKLARI

Arş. Gör. Dr. Elif Firuze ERDİL  
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi  
Akdeniz Üniversitesi

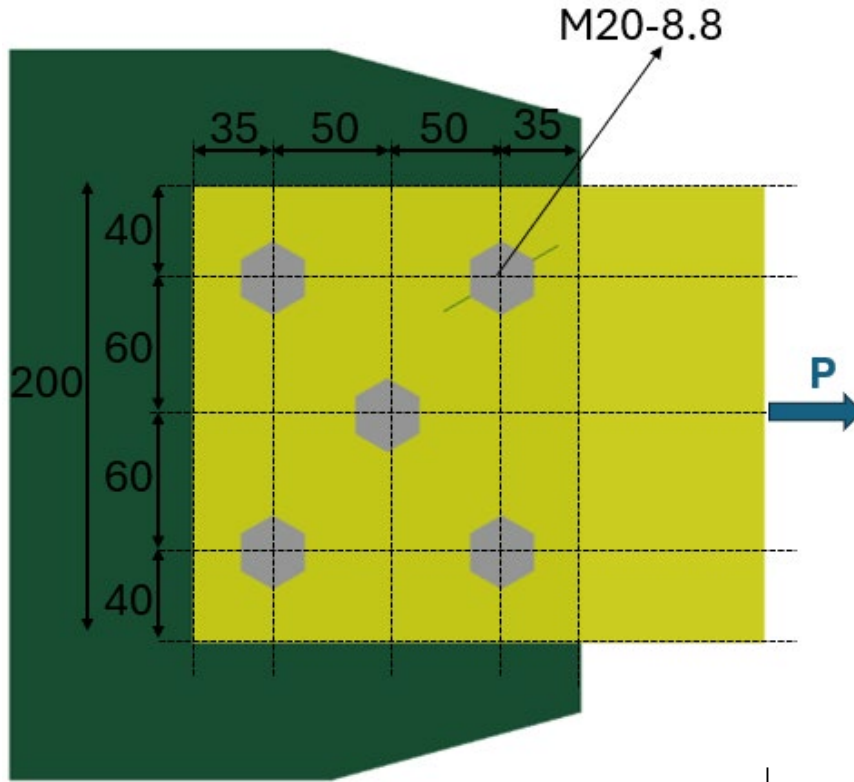
# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÖRNEK-1:



# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÖRNEK-1:



Malzeme: S235

Enkesit: 14x200

Bulonlar: M20-8.8

P=

a) Karakteristik çekme kuvveti dayanımını hesaplayınız.

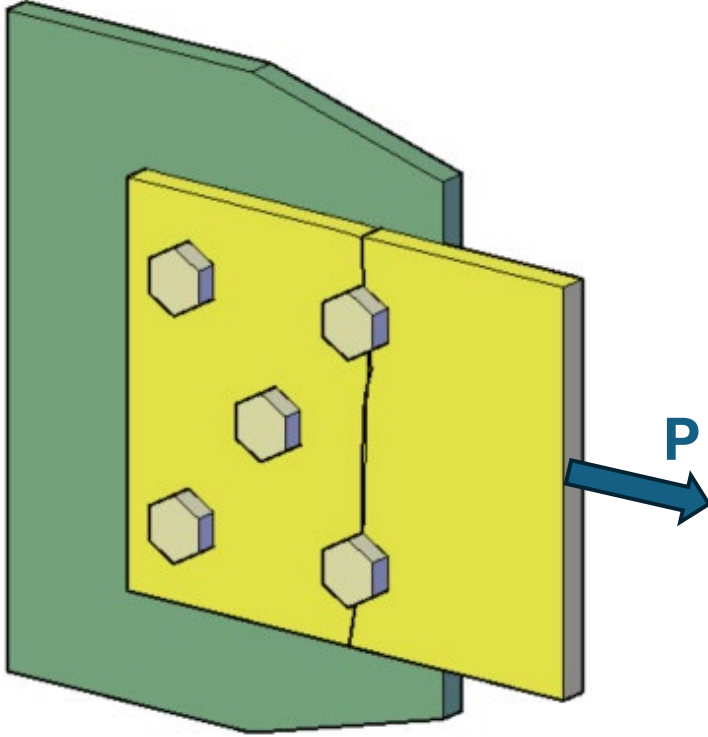
b) Tasarım çekme kuvveti dayanım kontrolünü yapınız (YDKT).

c) Güvenli çekme kuvveti dayanım kontrolünü yapınız (GKT).

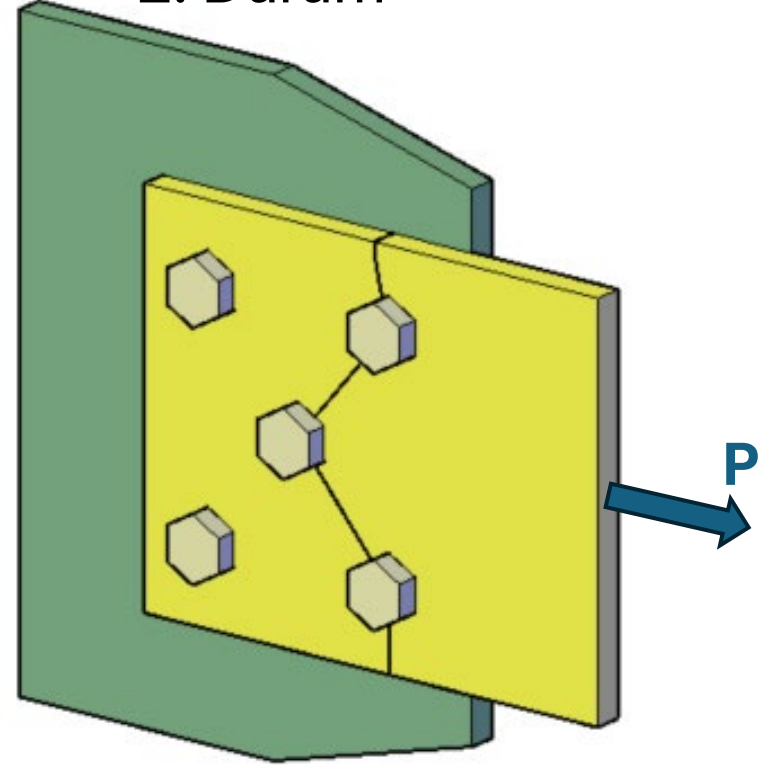
# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÇÖZÜM-1:

1. Durum



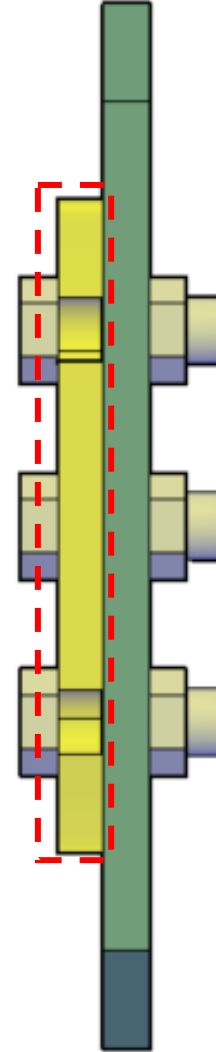
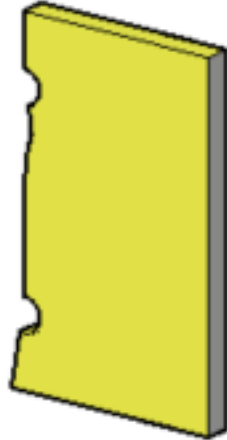
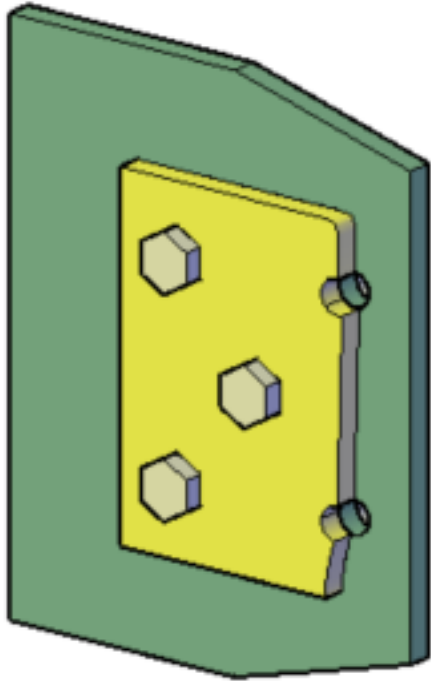
2. Durum



# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

ÇÖZÜM-1:

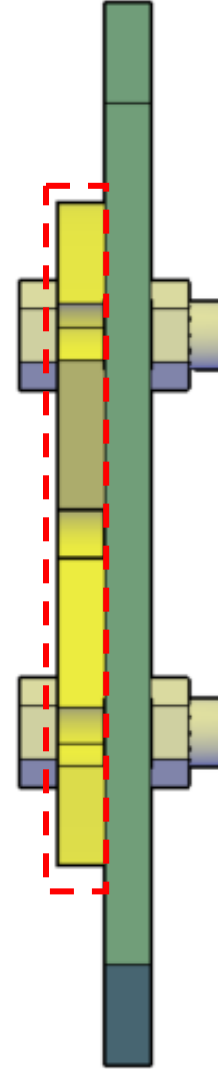
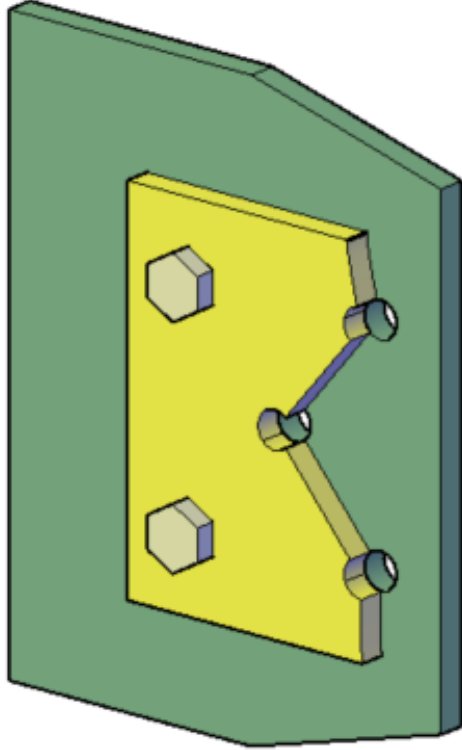
1. Durum



# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

ÇÖZÜM-1:

2. Durum



# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÇÖZÜM-1:

### 7.2.1 – Akma Sınır Durumu

Çekme elemanlarında akma sınır durumu için karakteristik çekme kuvveti dayanımı,  $T_n$ , kayıpsız enkesit alanı kullanılarak **Denk.(7.2)** ile hesaplanacaktır.

$$T_n = F_y A_g \quad (7.2)$$

*Tasarım çekme kuvveti dayanımı,  $\phi_t T_n$ , (YDKT) veya güvenli çekme kuvveti dayanımı,  $T_n/\Omega_t$ , (GKT),*

$$\phi_t = 0.90 \text{ (YDKT)} \quad \text{veya} \quad \Omega_t = 1.67 \text{ (GKT)}$$

alınarak belirlenecektir.

# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÇÖZÜM-1:

### 7.2.2 – Kırılma Sınır Durumu

Çekme elemanlarında kırılma sınır durumu için, karakteristik çekme kuvveti dayanımı,  $T_n$ , etkin net enkesit alanı kullanılarak **Denk.(7.3)** ile hesaplanacaktır.

$$T_n = F_u A_e \quad (7.3)$$

Tasarım çekme kuvveti dayanımı,  $\phi_t T_n$ , (YDKT) veya güvenli çekme kuvveti dayanımı,  $T_n/\Omega_t$ , (GKT),

$$\phi_t = 0.75 \text{ (YDKT)} \quad \text{veya} \quad \Omega_t = 2.00 \text{ (GKT)}$$

alınarak belirlenecektir.

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

$A_e$  : Etkin net enkesit alanı.

$A_g$  : Kayıpsız enkesit alanı.

$F_y$  : Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi.

$F_u$  : Yapısal çelik karakteristik çekme dayanımı.



# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÇÖZÜM-1:

**TABLO 13.8 – KARAKTERİSTİK DELİK BOYUTLARI, (mm)**

| Bulon | Delik Boyutları                 |                              |                                      |                                      |
|-------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|       | Standart Dairesel Delik Çapları | Büyük Dairesel Delik Çapları | Kısa Oval Delik (Genişlik × Uzunluk) | Uzun Oval Delik (Genişlik × Uzunluk) |
| M16   | 18                              | 20                           | 18 × 22                              | 18 × 40                              |
| M20   | 22                              | 24                           | 22 × 26                              | 22 × 50                              |
| M22   | 24                              | 28                           | 24 × 30                              | 24 × 55                              |
| M24   | 26                              | 30                           | 26 × 32                              | 26 × 60                              |
| M27   | 30                              | 35                           | 30 × 37                              | 30 × 67                              |
| M30   | 33                              | 38                           | 33 × 40                              | 33 × 75                              |
| ≥ M36 | $d + 3$                         | $d + 8$                      | $(d + 3) \times (d + 10)$            | $(d + 3) \times 2.5d$                |

**TABLO 2.1A – SICAK HADDELENMİŞ YAPISAL ÇELİKLERDE KARAKTERİSTİK AKMA GERİLMESİ,  $F_y$  VE ÇEKME DAYANIMI,  $F_u$**

| Standart ve Çelik Sınıfı | Karakteristik Kalınlık, $t$ (mm) |                            |                                    |                            |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|
|                          | $t \leq 40\text{mm}$             |                            | $40\text{mm} < t \leq 80\text{mm}$ |                            |
|                          | $F_y$ (N/mm <sup>2</sup> )       | $F_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $F_y$ (N/mm <sup>2</sup> )         | $F_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) |
| EN 10025-2               |                                  |                            |                                    |                            |
| S235                     | 235                              | 360                        | 215                                | 360                        |
| S275                     | 275                              | 430                        | 255                                | 410                        |
| S355                     | 355                              | 510                        | 335                                | 470                        |

# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÇÖZÜM-1:

### 5.4.3 – Kayıpsız ve Net Enkesit Alanları

(a) Elemanın *kayıpsız enkesit alanı*,  $A_g$ , yerel burkulma nedeniyle etkin olmayan enkesit parçalarının veya açılan delikler nedeniyle oluşan kayıpların gözönüne alınmadığı toplam enkesit alanı olarak tanımlanır.

(b) *Net (kayıplı) enkesit alanı*,  $A_n$ , elemanın kırılma çizgisi üzerinde yer alan bulon deliklerinin veya konstrüktif nedenlerden dolayı oluşan kesit kayıplarının çıkarılması ile elde edilen net genişlik ile kalınlığın çarpımı olarak tanımlanır.

Çekme ve kesme kuvveti etkisindeki elemanların kırılma çizgisi üzerindeki net enkesit alanı hesabında, delik açılırken delik çevresindeki çelik malzemenin hasar görme olasılığı gözönüne alınarak, karakteristik delik çapından 2mm daha büyük olarak alınan *etkin delik çapı*,  $d_e$ , kullanılacaktır.

$d_h$  : **Bölüm 13** de tanımlanan karakteristik bulon deliği çapı.

$d_e$  : Etkin delik çapı,  $(= d_h + 2\text{mm})$ .

# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÇÖZÜM-1:

### 5.4.3 – Kayıpsız ve Net Enkesit Alanları

Şaşırtmalı veya şaşırtmalı olmayan delikler için, kırılma çizgisi boyunca net alan **Denk.(5.3)** ile belirlenecektir.

$$A_n = A_g - \sum d_e t + \sum \frac{s^2 t}{4g} \quad (5.3)$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

$A_g$  : Toplam (kayıpsız) enkesit alanı.

$A_n$  : Net (kayıplı) enkesit alanı.

$d_h$  : **Bölüm 13** de tanımlanan karakteristik bulon deliği çapı.

$d_e$  : Etkin delik çapı, ( $= d_h + 2\text{mm}$ ).

$s$  : Ardışık iki deliğin merkezleri arasında, kuvvet doğrultusundaki aralık.

$t$  : Eleman kalınlığı.

$g$  : Ardışık iki deliğin merkezleri arasında, kuvvete dik doğrultudaki aralık.

# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÇÖZÜM-1:

### 7.1.3 – Etkin Net Enkesit Alanı

Çekme elemanının birleşim bölgesine tüm enkesit parçalarıyla bulonlu veya kaynaklı olarak bağlanmadığı durumda, gerilme yayılışındaki düzensizliğin hesaba katıldığı *etkin net enkesit alanı*,  $A_e$ , **Denk.(7.1)** ile hesaplanacaktır.

$$A_e = UA_n \quad (7.1)$$

Burada, *gerilme düzensizliği etki katsayısı*,  $U$ , çekme elemanlarının tipik bulonlu ve kaynaklı birleşimleri için, **Tablo 7.1** de verilmektedir.

**TABLO - 7.1 GERİLME DÜZENSİZLİĞİ ETKİ KATSAYISI**

| Durum | Çekme Elemanı Tanımı                                                              | Gerilme Düzensizliği Etki Katsayısı, $U$ | Örnek |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------|
| 1     | Çekme elemanlarının birleşim bölgesine tüm enkesit parçalarıyla bağlanması durumu | $U = 1.0$                                | –     |

# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÇÖZÜM-1:

### 13.4.3 – Blok Kırılma Dayanımı

*Karakteristik blok kırılma dayanımı,  $R_n$ , kesme yüzeyi veya yüzeyleri boyunca akma ve kırılma sınır durumları ile çekme yüzeyi boyunca kopma sınır durumları esas alınarak, Denk.(13.19) ile hesaplanacaktır.*

$$R_n = 0.60F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0.60F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} \quad (13.19)$$

*Tasarım blok kırılma dayanımı,  $\phi R_n$  (YDKT) veya güvenli blok kırılma dayanımı,  $R_n/\Omega$  (GKT),*

$$\phi = 0.75 \text{ (YDKT)} \quad \text{veya} \quad \Omega = 2.00 \text{ (GKT)}$$

alınarak belirlenecektir.

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

$A_{nt}$  : Çekme gerilmesi etkisindeki net alan.

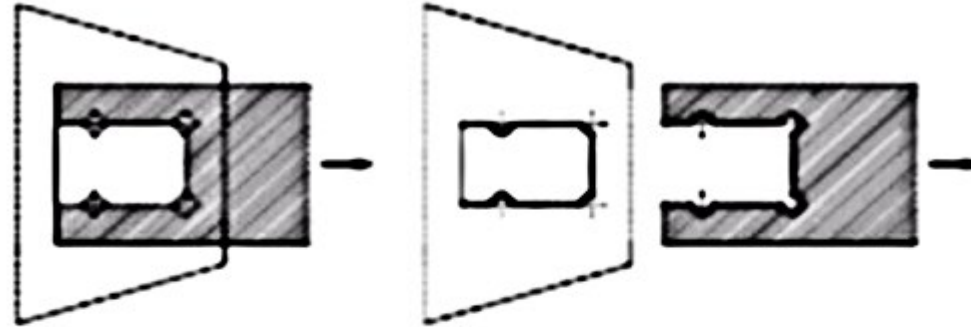
$U_{bs}$  : Çekme gerilmeleri yayılışını gözönüne alan bir katsayı.

Çekme gerilmeleri yayılışının üniform olduğu yüzeylerde,  $U_{bs} = 1.0$ , üniform olmadığı yüzeylerde ise  $U_{bs} = 0.5$  olarak alınacaktır, (Şekil 13.9).

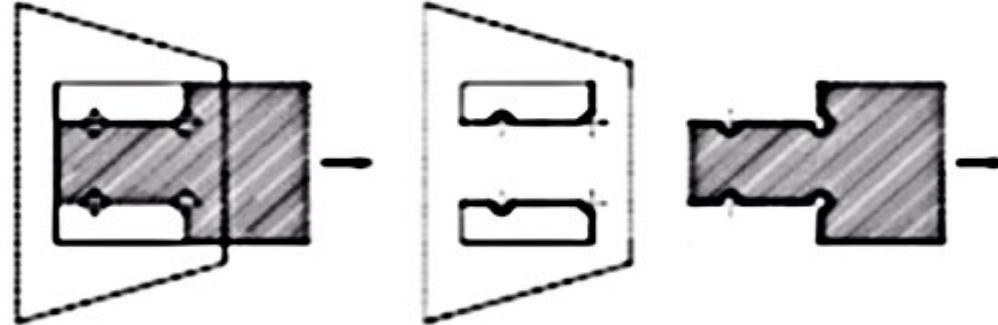
# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÇÖZÜM-1:

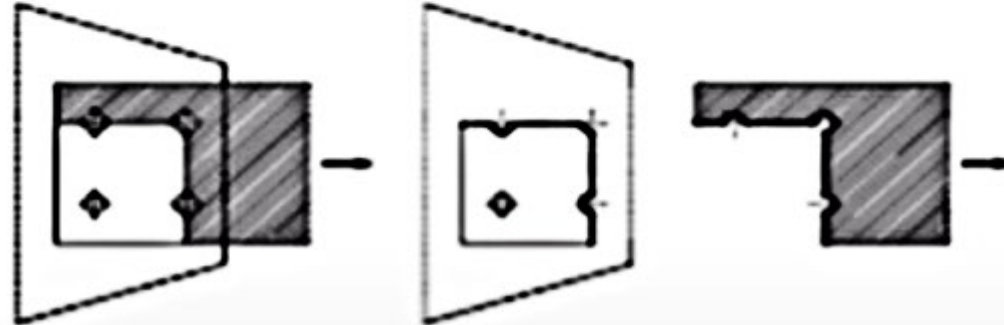
1. Durum



2. Durum



3. Durum



# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

ÇÖZÜM-1:

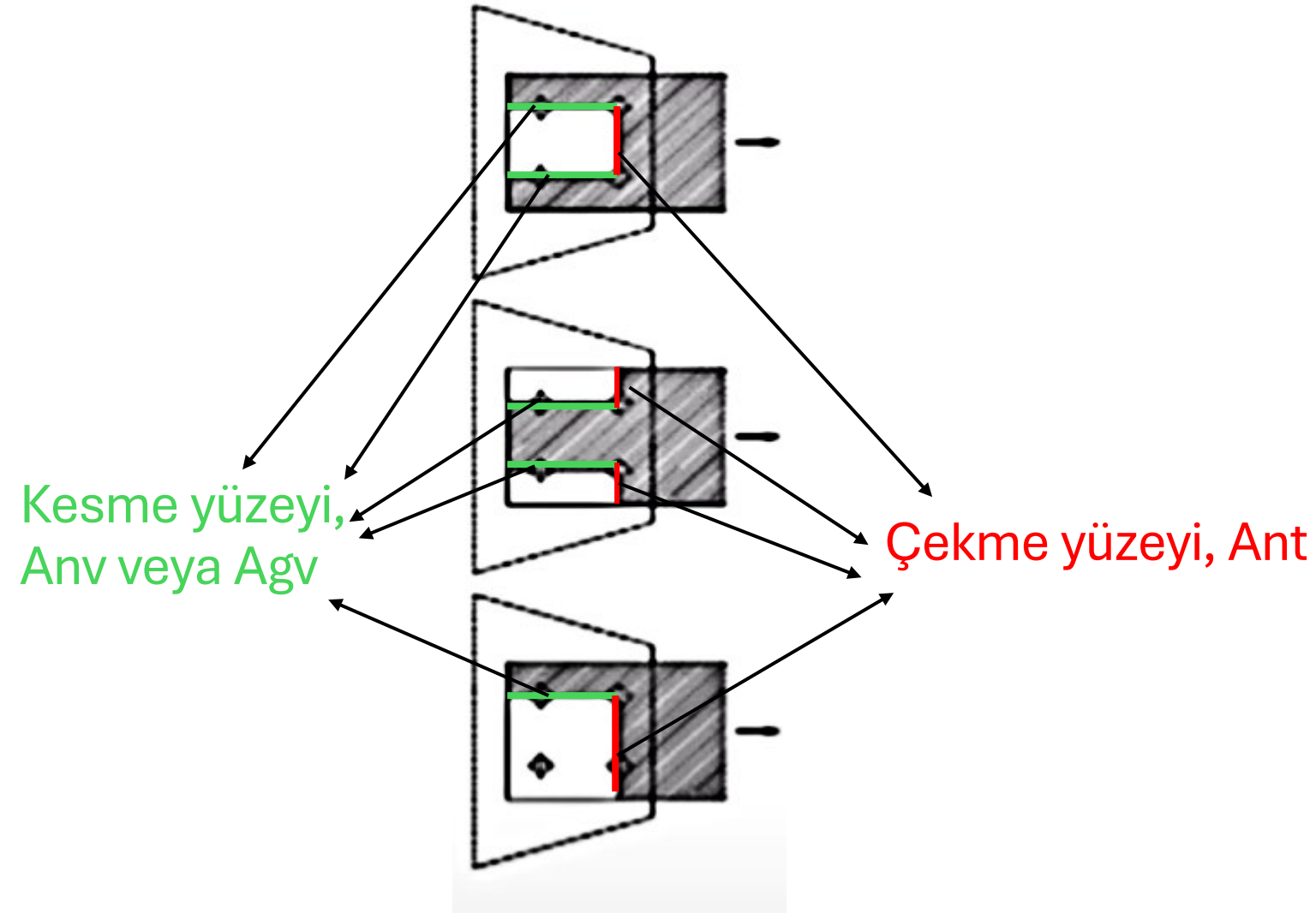
$$R_n = 0.60F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0.60F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}$$

Çekme yüzeyinde (çekme gerilmesi etkisiyle) kırılma

Kesme yüzeyinde (kayma gerilmesi etkisiyle) kırılma

# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

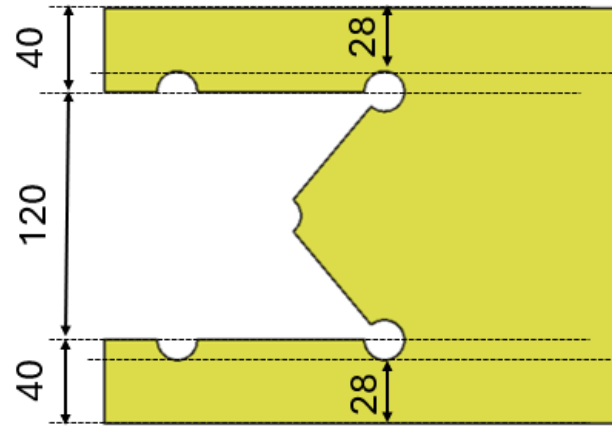
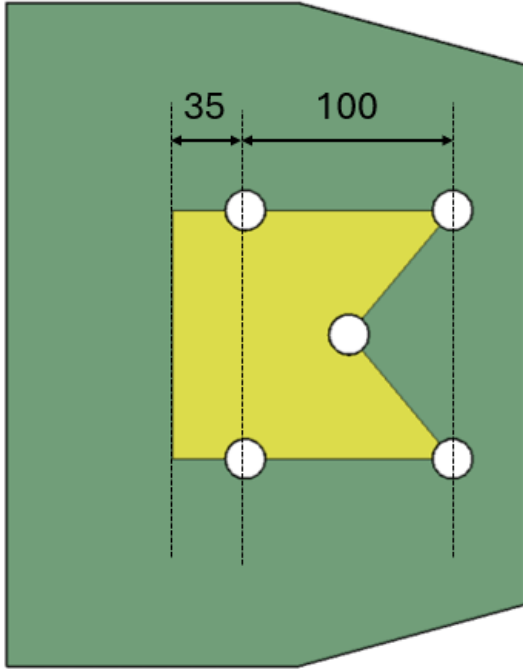
ÇÖZÜM-1:





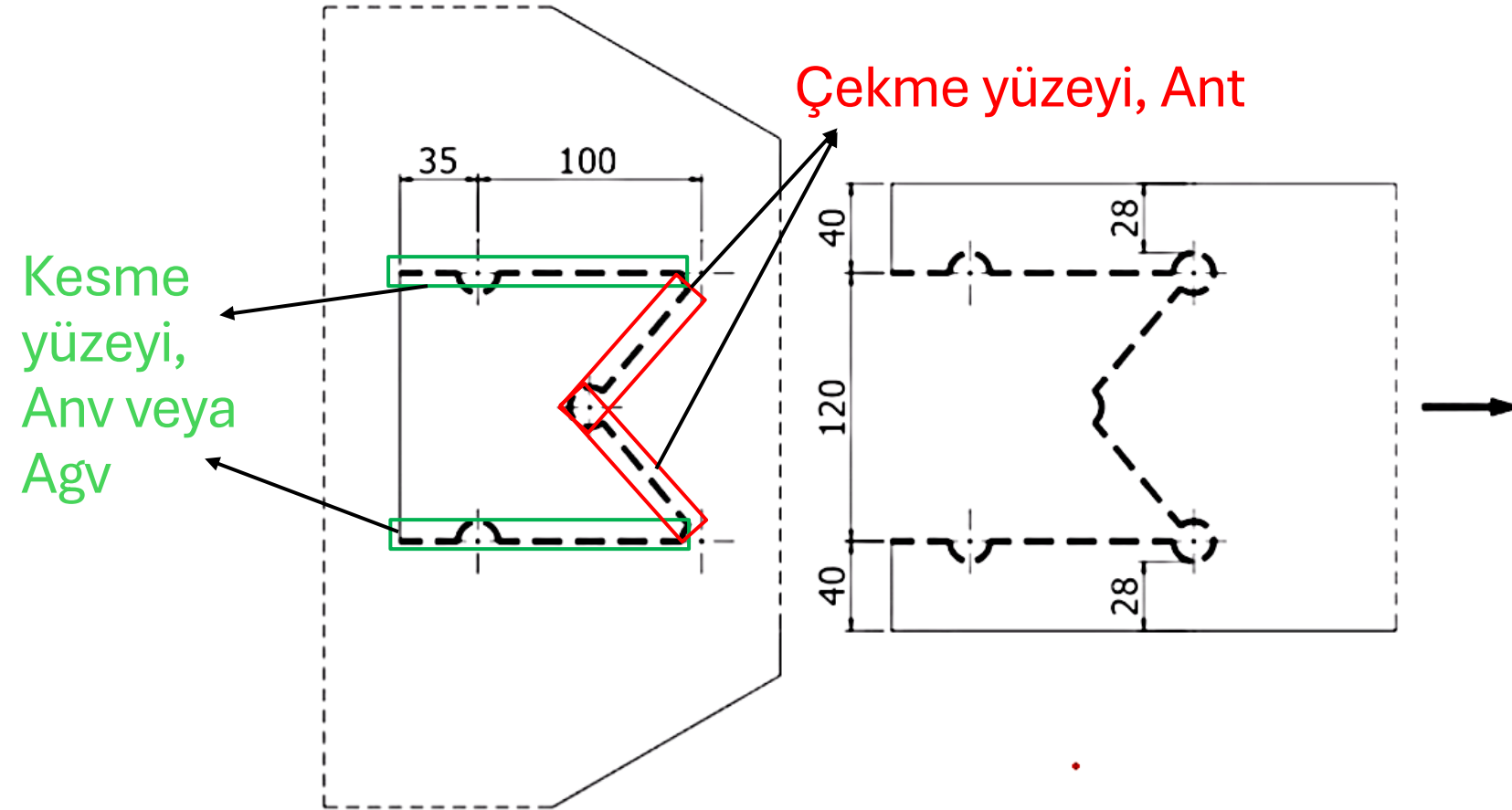
# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

ÇÖZÜM-1:



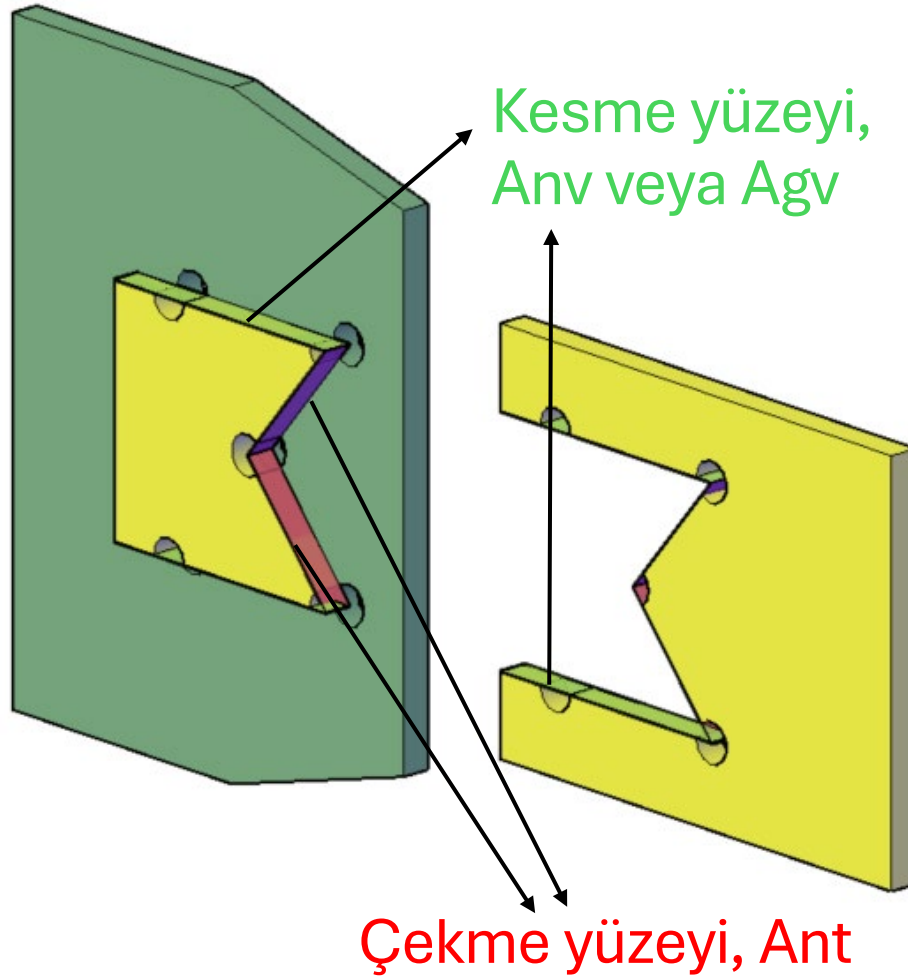
# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÇÖZÜM-1:



# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

ÇÖZÜM-1:



# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÇÖZÜM-1:

### 5.2.2 – Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT)

*Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım* (YDKT), tüm yapısal elemanlar için, *tasarım dayanımı*,  $\phi R_n$  nin bu tasarım yöntemi için öngörülen ve **Bölüm 5.3.1** de verilen YDKT yük birleşimleri altında hesaplanan *gerekli dayanım*,  $R_u$ , değerine eşit veya daha büyük olması prensibine dayanmaktadır.

Buna göre, tasarım **Denk.(5.1)** de verilen koşula uygun olarak gerçekleştirilecektir.

$$R_u \leq \phi R_n \quad (5.1)$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

$R_u$  : YDKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım.

$R_n$  : Karakteristik dayanım.

$\phi$  : Dayanım katsayısı.

$\phi R_n$  : Tasarım dayanımı.

Karakteristik dayanım,  $R_n$ , ve dayanım katsayısı,  $\phi$ , ilgili bölümlerde (**Bölüm 7 – 14 ve 16**) açıklanmaktadır.

# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÇÖZÜM-1:

### 5.3.1 – Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT)

Bu tasarım yönteminde gerekli dayanım,  $R_u$ , aşağıdaki yük birleşimleri ile belirlenecektir.

(1)  $1.4G$

(2)  $1.2G + 1.6Q + 0.5(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$

(3)  $1.2G + 1.6(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + (Q \text{ veya } 0.8W)$

(4)  $1.2G + 1.0Q + 0.5(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + 1.6W$

(5)  $1.2G + 1.0Q + 0.2S + 1.0E$

(6)  $0.9G + 1.6W$

(7)  $0.9G + 1.0E$

Not:

- (a)  $F$  akışkan madde basınç yükünün mevcut olması halinde, (1) – (4) sayılı birleşimlerde bu yük  $G$  yükünün katsayısı ile birleşime girecektir.
- (b)  $H$  yatay kuvvetinin mevcut olması halinde, bu etki gerekli dayanımı arttıracak yönde ise 1.6 katsayısı ile, gerekli dayanımı azaltacak yönde olması halinde ise 0.9 katsayısı ile birleşime girecektir.  $H$  yatay kuvvetinin deprem etkisini içeren yük birleşimlerine katkısı, DBYBHY kapsamında değerlendirilecektir.

# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÇÖZÜM-1:

### 5.2.3 – Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT)

*Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT)*, tüm yapısal elemanlar için, *güvenli dayanım*,  $R_n/\Omega$  nın bu tasarım yöntemi için öngörülen ve **Bölüm 5.3.2** de verilen GKT yük birleşimleri altında hesaplanan *gerekli dayanım*,  $R_a$ , değerine eşit veya daha büyük olması prensibine dayanmaktadır.

Buna göre, tasarım **Denk.(5.2)** de verilen koşula uygun olarak gerçekleştirilecektir.

$$R_a \leq \frac{R_n}{\Omega} \quad (5.2)$$

Buradaki terimler aşağıda açıklanmıştır.

$R_a$  : GKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım.

$R_n$  : Karakteristik dayanım.

$\Omega$  : Güvenlik katsayısı.

$R_n/\Omega$  : Güvenli dayanım.

Karakteristik dayanım,  $R_n$ , ve güvenlik katsayısı,  $\Omega$ , ilgili bölümlerde (**Bölüm 7 – 14 ve 16**) açıklanmaktadır.

# EKSENEL ÇEKME KUVVETİ ETKİSİ

## ÇÖZÜM-1:

### 5.3.2 – Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT)

Bu tasarım yönteminde gerekli dayanım,  $R_a$ , aşağıdaki yük birleşimleri ile belirlenecektir.

(1)  $G$

(2)  $G + Q$

(3)  $G + (Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$

(4)  $G + 0.75Q + 0.75(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$

(5a)  $G + 1.0W$

(5b)  $G + 0.7E$

(6a)  $G + 0.75Q + 0.75(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + 0.75(W)$

(6b)  $G + 0.75Q + 0.75S + 0.75(0.7E)$

(7)  $0.6G + W$

(8)  $0.6G + 0.7E$

Not:

- (a)  $F$  akışkan madde basınç yükünün mevcut olması halinde, (1) – (6) sayılı birleşimlerde bu yük  $G$  yükünün katsayısı ile birleşime girecektir.
- (b)  $H$  yatay kuvvetinin mevcut olması halinde, bu etki gerekli dayanımı arttıracak yönde ise 1.0 katsayısı ile, gerekli dayanımı azaltacak yönde olması halinde ise 0.6 katsayısı ile birleşime girecektir.  $H$  yatay kuvvetinin deprem etkisini içeren yük birleşimlerine katkısı, DBYBHY kapsamında değerlendirilecektir.
- (c)  $T$  sıcaklık değişmesi ve/veya mesnet çökmesi etkilerinin mevcut olması halinde, bu etkiler gerekli dayanımı arttıracak yönde ise 0.75 katsayısı ile tüm birleşimlere girecektir.