

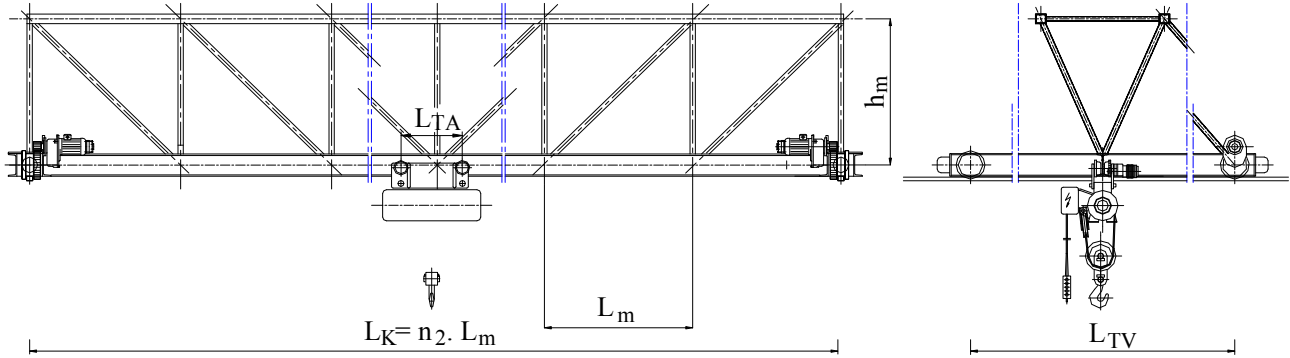
## Özel Örnek 5tx30,6m I-Profilli Kafes Kiriş, 2. Versiyon

Vinç := "5tx30,6m"

### Bilinen değerler:

Yükleme durumu: Devamlı küçük yükler, nadiren diğerleri

Kullanıldığı yer: Kapalı depo, tek vardiya, 3 saat



Kaldırma yükü

### Şekil 1

$$G_{YX} := 5000 \cdot \text{kg} \quad F_Y := G_{YX} \cdot g$$

$$F_Y = 49.03 \cdot \text{kN}$$

Kaldırma hızı

$$v_H := 8 \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Kaldırma yüksekliği

$$H_K := 8 \cdot \text{m}$$

Vincin ray açıklığı

$$L_K := 30.6 \cdot \text{m}$$

Vincin yürüme hızı

$$v_V := 25 \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Araba ve Ceraskalın kendi ağırlığı

$$G_{AX} := 800 \cdot \text{kg} \quad F_A := G_{AX} \cdot g$$

$$F_A = 7.85 \cdot \text{kN}$$

Araba yürüme hızı

$$v_A := 15 \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Araba tekerlek aks açıklığı

$$L_{TA} := 80 \cdot \text{cm}$$

Araba Tekerlek sayısı çiftkirişte 4, tek kirişte 2 verilir

$$n_{\text{Tek}} := 2$$

Gerekli sehim oranı,

$$k_f := 1800$$

Vincin Yükleme hali, Genel Giriş, Sayfa 3, Paragraf 1.3

$$Y_{\text{üHa}} := \text{"HZ"}$$

Vincin Kaldırma sınıfı "DIN 15018", Genel Giriş, Sayfa 5, Tablo 6

$$K_{\text{aSI}} := \text{"H2"}$$

Vincin Yükleme Grubu "DIN 15018", Genel Giriş, Sayfa 5, Tablo 6

$$Y_{\text{üGr}} := \text{"B4"}$$

Çentik Grubu "DIN 15020", Genel Giriş, Sayfa 7, Tablo 10

$$\text{ÇeGr} := \text{"K3"}$$

Vincin Tahrir Grubu "DIN 15020"

$$T_{\text{aGr}} := \text{"1Am"}$$

Gerekli sehim

$$f_{\text{ger}} := \frac{1}{k_f} \cdot L_K$$

$$f_{\text{ger}} = 17 \cdot \text{mm}$$

Kaldırma yükü veya Dinamik katsayısı

Genel Giriş, Sayfa 8, Tablo 11

$$\psi_K := 1.2 + 0.0044 \cdot \text{min} \cdot \text{m}^{-1} \cdot v_H$$

$$\psi_K = 1.235$$

Öz ağırlık katsayısı, Genel Giriş, Sayfa 8, Tablo 12

$$\varphi_K := 1.1$$

Yükleme grubu katsayısı, Genel Giriş, Sayfa 8, Tablo 13

$$k_B := 1.08$$

## Malzemenin mukavemet değerleri

Malzeme

Malzeme := "St 37"

Kopma mukavemeti

 $R_m := 340 \cdot \text{MPa}$ 

Akma mukavemeti

 $R_e := 235 \cdot \text{MPa}$ 

Elastiklik modülü

 $E_{\text{dyn}} := 2.1 \cdot 10^5 \cdot \text{MPa}$ 

Poisson sayısı

 $\nu_{\text{St}} := 0.3$ 

Özgül ağırlığı

 $\rho_{\text{St}} := 7850 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 

**Emniyetli statik mukavemet değerleri :**

I. Hal için çekme

 $\sigma_{\text{StçEM}} := 160 \cdot \text{MPa}$ 

basma

 $\sigma_{\text{StbEM}} := 140 \cdot \text{MPa}$ 

kayma

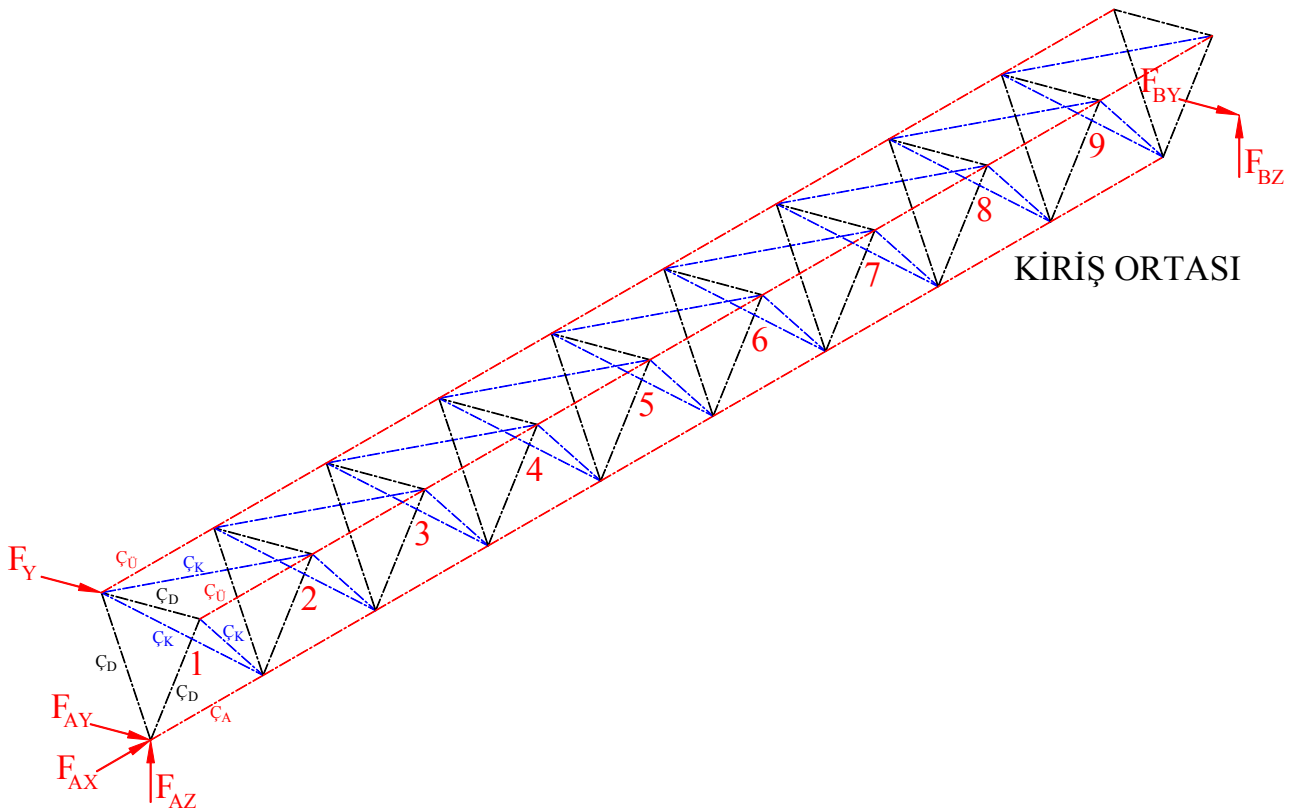
 $\tau_{\text{StEM}} := 92 \cdot \text{MPa}$ 

**Düşündüğümüz konstrüksiyonun ana değerlerini seçip krokisini çizelim.**

### MODÜL DEĞERLERİNİN SEÇİMİ

Modül sayısı

$$n_2 := 18 \quad L_m := \frac{L_K}{n_2}$$

 $L_m = 170.0 \cdot \text{cm}$  $h_m := 170 \cdot \text{cm}$  $b_m := 160 \cdot \text{cm}$ 

**Şekil 2**

**Hacimde Statik belirlilik kontrolü**

$$K_{1H} = 3 \cdot n_{dH} - n_{\check{c}H} - a_{1H}$$

Yatak kuvvetlerinin sayısı:

$$a_{1H} := 6$$

Alt kuşakta çubuk sayısı:

$$n_{\check{c}AH} := n_2 \quad n_{\check{c}AH} = 18$$

Üst kuşakta çubuk sayısı:

$$n_{\check{c}ÜH} := n_2 \cdot 2 \quad n_{\check{c}ÜH} = 36$$

Dikme çubuklarının sayısı:

$$n_{\check{c}DiH} := n_2 \cdot 3 + 3 \quad n_{\check{c}DiH} = 57$$

Köşegen çubuklarının sayısı:

$$n_{\check{c}KöH} := n_2 \cdot 3 \quad n_{\check{c}KöH} = 54$$

Toplam çubuk sayısı:

$$n_{\check{c}H} := n_{\check{c}AH} + n_{\check{c}ÜH} + n_{\check{c}DiH} + n_{\check{c}KöH}$$

$$n_{\check{c}H} = 165$$

Düğüm sayısı:

$$n_{dH} := n_2 \cdot 3 + 3$$

$$n_{dH} = 57$$

Kontrol:

$$K_{1H} := 3 \cdot n_{dH} - n_{\check{c}H} - a_{1H}$$

$$K_{1H} = 0.00$$

**Sistem statik belirli ve rijittir.****Ceraskal I-Profilinde yürüyeceğinden önce I-Profilini seçelim:**

Alt kuşak ceraskal için I profilidir, köşegenler ve dikmelerin kaynatılması ve kuşak kalınlığının etkisinde göz önüne alırsak, "Geniş kuşaklı IPB Profili" seçilmesinde fayda vardır.

Profil için gerekli tekerlek kuvveti

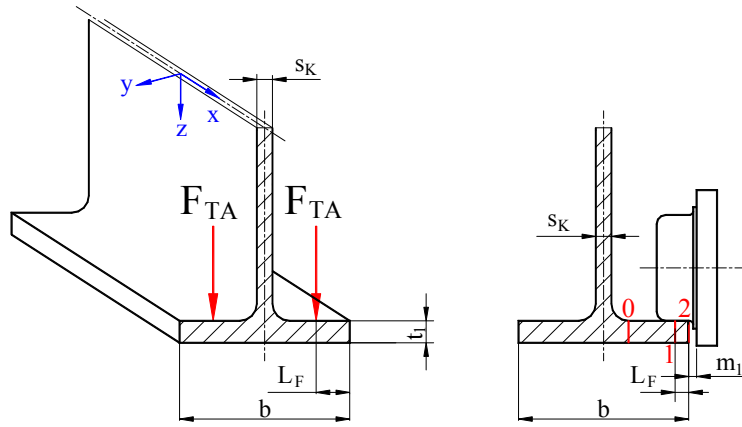
$$F_{TA} := (F_Y + F_A) \cdot 4^{-1}$$

$$F_{TA} = 14.22 \cdot \text{kN}$$

$$t_{ger} := \sqrt{5 \cdot \frac{F_{TA}}{\sigma_{St\check{c}EM}}}$$

**Bu değere göre IPB 340 Profilini seçelim.**

$$t_{ger} = 21.08 \cdot \text{mm}$$

**Şekil 3**

HEB := "HEB340"

$$h_{IP} := 340 \cdot \text{mm}$$

$$b_{IP} := 340 \cdot \text{mm}$$

$$s_{IP} := 12 \cdot \text{mm}$$

$$t_{IP} := 21.5 \cdot \text{mm}$$

$$J_{yIP} := 36660 \cdot \text{cm}^4$$

$$W_{yIP} := 2160 \cdot \text{cm}^3$$

$$q_{kIP} := 1314.1 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$J_{zIP} := 9690 \cdot \text{cm}^4$$

$$W_{zIP} := 646 \cdot \text{cm}^3$$

Toplam alan

$$A_{IP} := 171 \cdot \text{cm}^2$$

$$b_{Tek} := 350 \cdot \text{mm}$$

Dikme alanı

$$h_{dik} := h_{IP} - t_{IP}$$

$$A_{dikIP} := h_{dik} \cdot s_{IP}$$

$$A_{dikIP} = 38.22 \cdot \text{cm}^2$$

Kuşak alanı

$$A_{kus} := b_{IP} \cdot t_{IP}$$

$$A_{kus} = 73.10 \cdot \text{cm}^2$$

$$m_1 := 0.5 \cdot (b_{Tek} - b_{IP})$$

Kuvvetin kuşak kenarına olan mesafesi

$$L_F := 20 \cdot \text{mm}$$

$$m_1 = 5.00 \cdot \text{mm}$$

**Kirişteki ek gerilmeler**

I-profilli kirişte ölçüler oranı katsayısı

$$\lambda_K := \frac{2L_F}{b_{IP} - s_{IP}}$$

$$\lambda_K = 0.122$$

**x-yönü, uzunluğuna gerilme katsayıları**

$$0\text{- Altkuşak ile yan plaka geçişi} \quad c_{x0} := 0.05 - 0.58 \cdot \lambda_K + 0.148 \cdot e^{(3.015 \cdot \lambda_K)} \quad c_{x0} = 0.193037$$

$$1\text{- Tekerlek kuvvetinin etkilediği nokta} \quad c_{x1} := 2.23 - 1.49 \cdot \lambda_K + 1.39 \cdot e^{(-18.33 \cdot \lambda_K)} \quad c_{x1} = 2.196957$$

$$2\text{- Alt kuşak kenarı} \quad c_{x2} := 0.73 - 1.58 \cdot \lambda_K + 2.91 \cdot e^{(-6 \cdot \lambda_K)} \quad c_{x2} = 1.937280$$

**y-yönü, enine gerilme katsayıları**

$$0\text{- Altkuşak ile yan plaka geçişi} \quad c_{y0} := -2.11 + 1.977 \cdot \lambda_K + 0.0076 \cdot e^{(6.53 \cdot \lambda_K)} \quad c_{y0} = -1.852050$$

$$1\text{- Tekerlek kuvvetinin etkilediği nokta} \quad c_{y1} := 10.108 - 7.408 \cdot \lambda_K - 10.108 \cdot e^{(-1.364 \cdot \lambda_K)} \quad c_{y1} = 0.645565$$

$$2\text{- Alt kuşak kenarı} \quad e = 2.718282 \quad c_{y2} := 0$$

Düzeltilme faktörü

$$\epsilon_{Dü} := 0.75$$

**x-yönünde, uzunluğuna gerilmeler**

$$0\text{- Altkuşak ile yan plaka geçişi} \quad \sigma_{Fx0} := c_{x0} \cdot F_{TA} \cdot t_{IP}^{-2} \quad \sigma_{Fx0} = 6 \cdot \text{MPa}$$

$$1\text{- Tekerlek kuvvetinin etkilediği nokta} \quad \sigma_{Fx1} := c_{x1} \cdot F_{TA} \cdot t_{IP}^{-2} \quad \sigma_{Fx1} = 68 \cdot \text{MPa}$$

$$2\text{- Alt kuşak kenarı} \quad \sigma_{Fx2} := c_{x2} \cdot F_{TA} \cdot t_{IP}^{-2} \quad \sigma_{Fx2} = 60 \cdot \text{MPa}$$

**y-yönü, enine gerilmeler**

$$0\text{- Altkuşak ile yan plaka geçişi} \quad \sigma_{Fy0} := c_{y0} \cdot F_{TA} \cdot t_{IP}^{-2} \quad \sigma_{Fy0} = -57 \cdot \text{MPa}$$

$$1\text{- Tekerlek kuvvetinin etkilediği nokta} \quad \sigma_{Fy1} := c_{y1} \cdot F_{TA} \cdot t_{IP}^{-2} \quad \sigma_{Fy1} = 20 \cdot \text{MPa}$$

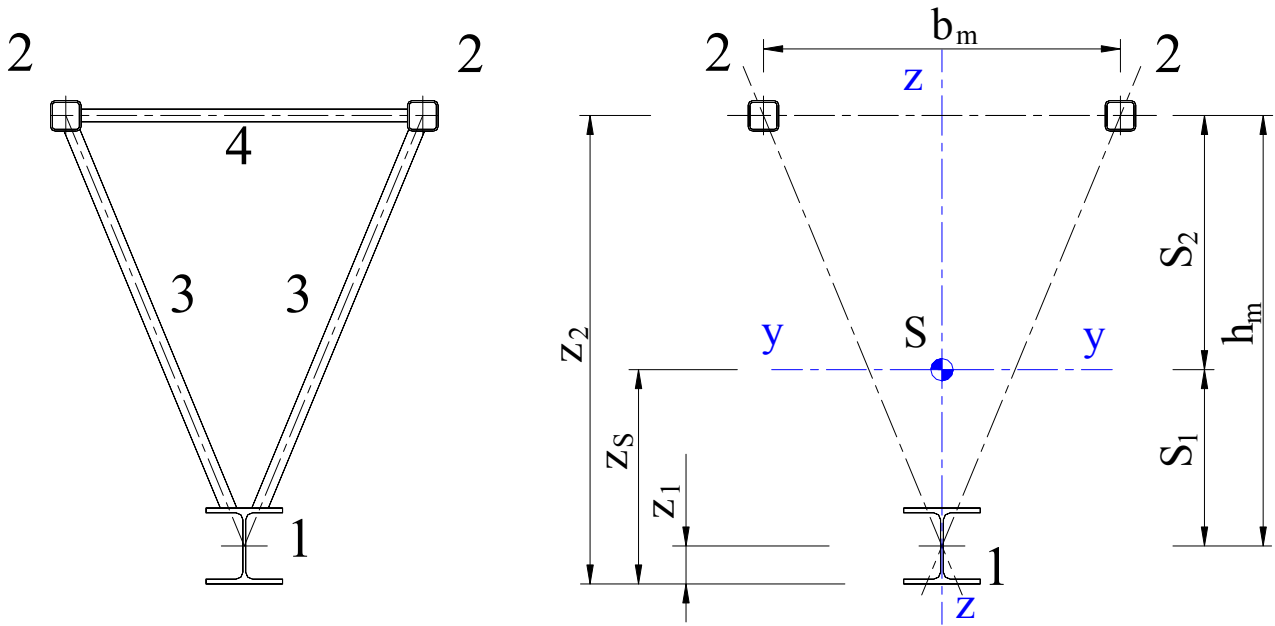
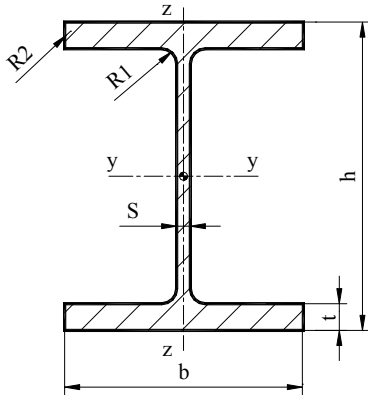
$$2\text{- Alt kuşak kenarı} \quad \sigma_{Fy2} := c_{y2} \cdot F_{TA} \cdot t_{IP}^{-2} \quad \sigma_{Fy2} = 0$$

Burada tecrübelerle göre ön karşılaştırma değeri emniyetli çekme değerinin % 50 ini geçmemelidir.

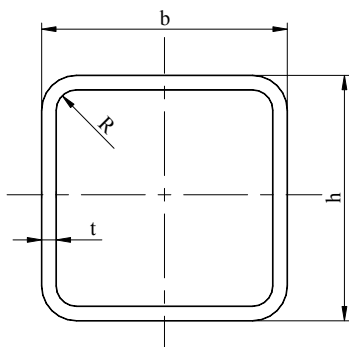
$$\text{Ön hesap değeri} \quad \sigma_{\text{önkar}} := \sqrt{\sigma_{Fx1}^2 + \sigma_{Fy1}^2} \quad \sigma_{\text{önkar}} = 70 \cdot \text{MPa}$$

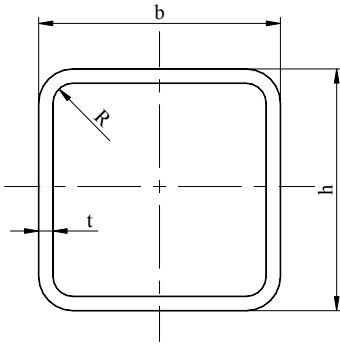
$$\sigma_{\text{önEM}} := 0.5 \cdot \sigma_{\text{StçEM}} \quad \sigma_{\text{önEM}} = 80 \cdot \text{MPa}$$

**Hesabımıza devam edelim.**

**Sistemin uzunlukları ve ağırlık merkezi****Şekil 4****Pozisyon 1, Alt kuşak profili**

HEB = "HEB340"

 $h_{IP} = 340.00 \cdot \text{mm}$  $t_{IP} = 2.15 \cdot \text{cm}$  $J_{yIP} = 36660.00 \cdot \text{cm}^4$  $J_{zIP} = 9690.00 \cdot \text{cm}^4$  $F_{P1} := q_{kIP}$  $b_{IP} = 340.00 \cdot \text{mm}$  $s_{IP} = 1.2 \cdot \text{cm}$  $A_{IP} = 171.00 \cdot \text{cm}^2$  $W_{yIP} = 2160.00 \cdot \text{cm}^3$  $W_{zIP} = 646.00 \cdot \text{cm}^3$  $F_{P1} = 1314.10 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ **Şekil 5****Pozisyon 2, Üst kuşak profili****120x120x7.1 Profil** $h_{P2} := 12 \cdot \text{cm}$  $t_{P2} := 0.71 \cdot \text{cm}$  $J_{yP2} := 663 \cdot \text{cm}^4$ **Şekil 6** $b_{P2} := 12 \cdot \text{cm}$  $A_{P2} := 31.5 \cdot \text{cm}^2$  $J_{zP2} := 663 \cdot \text{cm}^4$  $F_{P2} := 242.2 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$

**Pozisyon 3, Dikme profili****60x60x6.3 Profil**

$$h_{P3} := 6 \cdot \text{cm}$$

$$t_{P3} := 0.63 \cdot \text{cm}$$

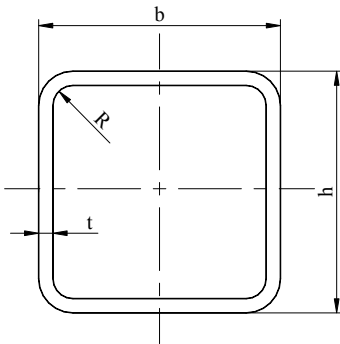
$$J_{yP3} := 61.6 \cdot \text{cm}^4$$

$$b_{P3} := 6 \cdot \text{cm}$$

$$A_{P3} := 13.1 \cdot \text{cm}^2$$

$$J_{zP3} := 61.6 \cdot \text{cm}^4$$

$$F_{P3} := 101 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

**Pozisyon 4, Köşegen profili****60x60x6.3 Profil**

$$h_{P4} := 6 \cdot \text{cm}$$

$$t_{P4} := 0.63 \cdot \text{cm}$$

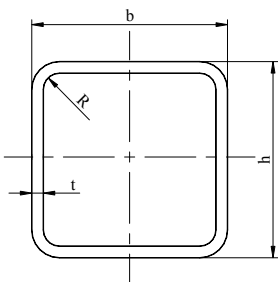
$$J_{yP4} := 61.6 \cdot \text{cm}^4$$

$$b_{P4} := 6 \cdot \text{cm}$$

$$A_{P4} := 13.1 \cdot \text{cm}^2$$

$$J_{zP4} := 61.6 \cdot \text{cm}^4$$

$$F_{P4} := 101 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

**Pozisyon 5, Bağlantı profili****50x50x5 Profil**

$$h_{P5} := 5 \cdot \text{cm}$$

$$t_{P5} := 0.5 \cdot \text{cm}$$

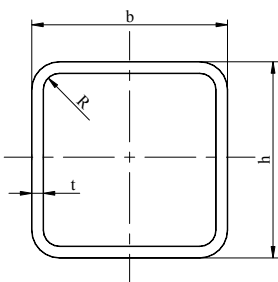
$$J_{yP5} := 28.9 \cdot \text{cm}^4$$

$$b_{P5} := 5 \cdot \text{cm}$$

$$A_{P5} := 8.73 \cdot \text{cm}^2$$

$$J_{zP5} := 28.9 \cdot \text{cm}^4$$

$$F_{P5} := 67.18 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

**Pozisyon 6, Bağlantı köşegen profili****50x50x5 Profil**

$$h_{P6} := 5 \cdot \text{cm}$$

$$t_{P6} := 0.5 \cdot \text{cm}$$

$$J_{yP6} := 28.9 \cdot \text{cm}^4$$

$$b_{P6} := 5 \cdot \text{cm}$$

$$A_{P6} := 8.73 \cdot \text{cm}^2$$

$$J_{zP6} := 28.9 \cdot \text{cm}^4$$

$$F_{P6} := 67.18 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

**Sistemin ağırlık merkezi**

$$z_{P1} := 0.5 \cdot h_{IP}$$

$$z_{P1} = 17.0 \cdot \text{cm}$$

$$z_{P2} := z_{P1} + h_m$$

$$z_{P1} = 17.0 \cdot \text{cm}$$

$$A_{\text{top}} := A_{IP} + 2A_{P2}$$

$$A_{\text{top}} = 234.00 \cdot \text{cm}^2$$

$$z_{Sa} := (z_{P1} \cdot A_{IP} + 2z_{P2} \cdot A_{P2}) \cdot A_{\text{top}}^{-1}$$

$$z_{Sa} = 62.77 \cdot \text{cm}$$

$$S_1 := z_{Sa} - z_{P1}$$

$$S_1 = 45.77 \cdot \text{cm}$$

$$S_2 := z_{P2} - z_{Sa}$$

$$S_2 = 124.23 \cdot \text{cm}$$

Ölçülendirme ve hesap için gerekli tekerlek kuvveti

$$F_{TD} := \frac{\psi_K \cdot F_Y + \varphi_K \cdot F_A}{n_{\text{Tek}}}$$

$$F_{TD} = 35 \cdot \text{kN}$$

Gerekli atalet momenti

$$J_{yger} := \frac{F_{TD} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E_{\text{dyn}} \cdot f_{ger}} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$$

**Sistemin eylemsizlik momenti**

y-eksenine göre eylemsizlik (atalet) momenti:

$$J_{ySis} := J_{yIP} + 2 \cdot J_{yP2} + S_1^2 \cdot A_{IP} + 2S_2^2 \cdot A_{P2}$$

$$J_{ySis} = 1368498 \cdot \text{cm}^4$$

$$J_{yger} = 1155826 \cdot \text{cm}^4$$

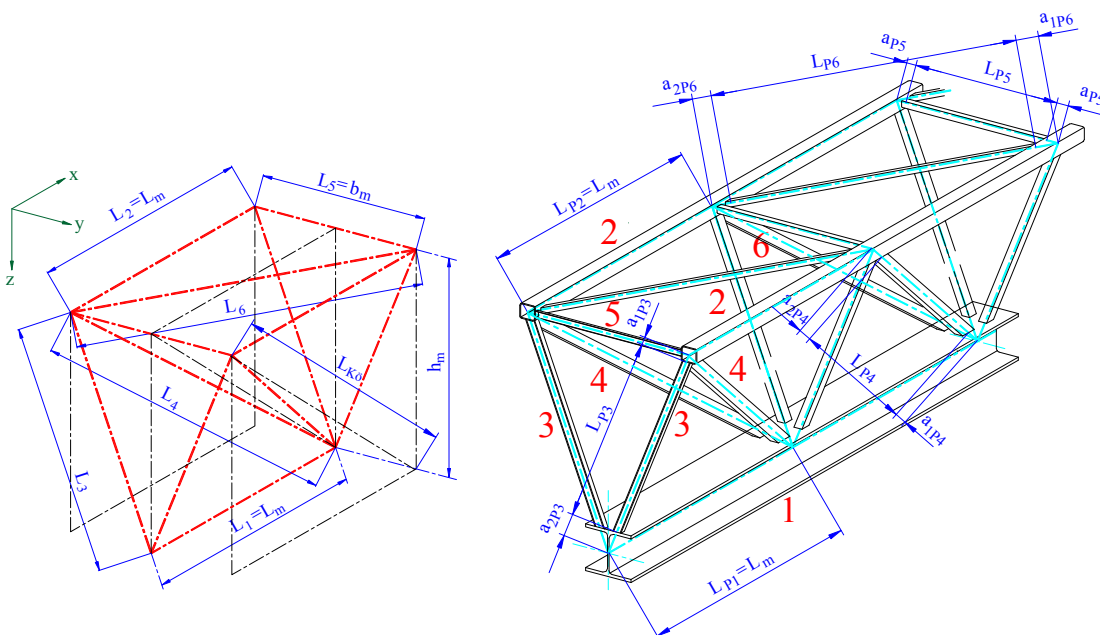
z-eksenine göre eylemsizlik (atalet) momenti:

$$J_{zSis} := J_{zIP} + 2 \cdot J_{zP2} + 2 \cdot (0.5b_m)^2 \cdot A_{P2}$$

$$J_{zSis} = 414216.00 \cdot \text{cm}^4$$

**Şimdilik bu konstrüksiyonu kabul edip hesap ve kontrollerimizi yapalım.**

**Duruma göre geri dönüp değerlerde düzeltme yaparız.**

**Sistemin modül ağırlığı**

**Şekil 7**

**Düğüm noktasından düğüm noktasına uzunlukları:**

Pozisyon 1 in uzunluğu	$L_1 := L_m$	$L_1 = 1.70 \text{ m}$
Pozisyon 2 nin uzunluğu	$L_2 := L_m$	$L_2 = 1.70 \text{ m}$
Pozisyon 3 ün uzunluğu	$L_3 := \sqrt{(0.5 \cdot b_m)^2 + h_m^2}$	$L_3 = 1.88 \text{ m}$
Pozisyon 4 ün uzunluğu	$L_4 := \sqrt{(0.5 \cdot b_m)^2 + h_m^2 + L_m^2}$	$L_4 = 2.53 \text{ m}$
Pozisyon 5 in uzunluğu	$L_5 := b_m$	$L_5 = 1.60 \text{ m}$
Pozisyon 6 nın uzunluğu	$L_6 := \sqrt{b_m^2 + L_m^2}$	$L_6 = 2.33 \text{ m}$
Düzlemde köşegen uzunluğu	$L_{Kö} := \sqrt{L_m^2 + h_m^2}$	$L_{Kö} = 2.40 \text{ m}$

**Pozisyonların profil uzunlukları:**

Pozisyon 1 in profil uzunluğu	$L_{P1} := L_m$	$L_{P1} = 1.70 \text{ m}$
Pozisyon 2 nin profil uzunluğu	$L_{P2} := L_m$	$L_{P2} = 1.70 \text{ m}$

Pozisyon 3 ün profil uzunluğu

$$x_{1P3} := 0.25 \cdot \frac{b_m \cdot h_{P2}}{h_m} \quad a_{1P3} := \sqrt{x_{1P3}^2 + (0.5 \cdot h_{P2})^2} \quad a_{1P3} = 0.07 \text{ m}$$

$$x_{2P3} := 0.25 \cdot \frac{b_m \cdot h_{1P}}{h_m} \quad a_{2P3} := \sqrt{x_{2P3}^2 + (0.5 \cdot h_{1P})^2} \quad a_{2P3} = 0.19 \text{ m}$$

$$L_{P3} := L_3 - a_{1P3} - a_{2P3} \quad L_{P3} = 1.62 \text{ m}$$

Pozisyon 4 ün profil uzunluğu

$$y_{1P4} := 0.5 \cdot \frac{h_{P2} \cdot L_4}{h_m} \quad x_{1P4} := 0.5 \cdot \frac{b_m \cdot y_{1P4}}{L_4} \quad a_{1P4} := \sqrt{x_{1P4}^2 + y_{1P4}^2} \quad a_{1P4} = 0.09 \text{ m}$$

$$y_{2P4} := 0.5 \cdot \frac{h_{1P} \cdot L_4}{h_m} \quad x_{2P4} := 0.5 \cdot \frac{y_{2P4} \cdot b_m}{L_4} \quad a_{2P4} := \sqrt{x_{2P4}^2 + y_{2P4}^2} \quad a_{2P4} = 0.27 \text{ m}$$

$$L_{P4} := L_4 - a_{1P4} - a_{2P4} \quad L_{P4} = 2.17 \text{ m}$$

Pozisyon 5 in profil uzunluğu

$$L_{P5} := b_m - b_{P2} \quad L_{P5} = 1.48 \text{ m}$$

Pozisyon 6 nın profil uzunluğu

$$a_{1P6} := 0.5 \cdot \frac{L_6 \cdot h_{P2}}{b_m} \quad a_{1P6} = 0.09 \text{ m}$$

$$a_{2P6} := 0.5 \cdot \frac{L_6 \cdot h_{P2}}{b_m} \quad a_{2P6} = 0.09 \text{ m}$$

$$L_{P6} := L_6 - a_{1P6} - a_{2P6} \quad L_{P6} = 2.16 \text{ m}$$



**Pozisyonların profil ağırlıkları:**

$$F_1 := F_{P1} \cdot L_{P1}$$

$$F_1 = 2234.0 \text{ N}$$

$$F_2 := F_{P2} \cdot L_{P2}$$

$$F_2 = 411.7 \text{ N}$$

$$F_3 := F_{P3} \cdot L_{P3}$$

$$F_3 = 164.1 \text{ N}$$

$$F_4 := F_{P4} \cdot L_{P4}$$

$$F_4 = 219.6 \text{ N}$$

$$F_5 := F_{P4} \cdot L_{P5}$$

$$F_5 = 149.5 \text{ N}$$

$$F_6 := F_{P6} \cdot L_{P6}$$

$$F_6 = 145.1 \text{ N}$$

$$F_m := F_1 + 2F_2 + 2F_3 + 2F_4 + F_5 + F_6$$

$$F_m = 4119 \cdot \text{N}$$

$$q_K := \frac{F_m}{L_m}$$

$$q_K = 2423 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

**Mukavemet hesapları**

Modülün max Yüksekliği

$$h_{\max} := h_m + 0.5 \cdot (h_{IP} + h_{P2})$$

$$h_{\max} = 193 \cdot \text{cm}$$

$$z_{Sa} = 62.77 \cdot \text{cm}$$

$$z_{Sü} := h_{\max} - z_{Sa}$$

$$z_{Sü} = 130.23 \cdot \text{cm}$$

$$W_{ySis} := \frac{J_{ySis}}{z_{Sü}}$$

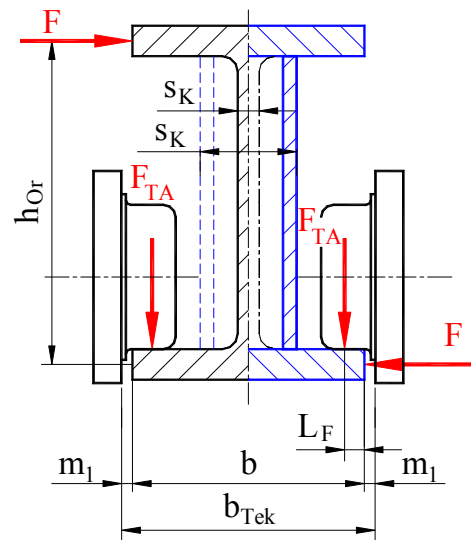
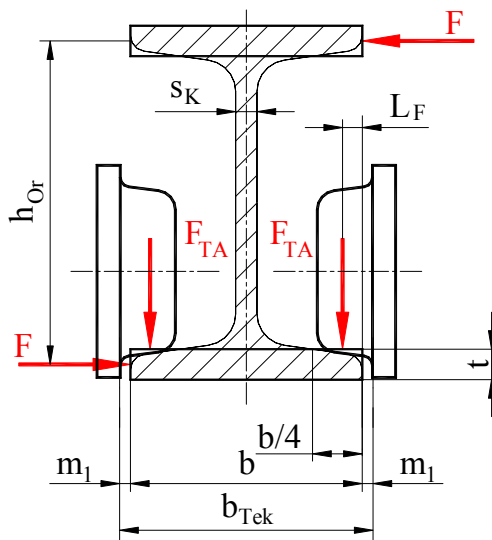
$$W_{ySis} = 10508 \cdot \text{cm}^3$$

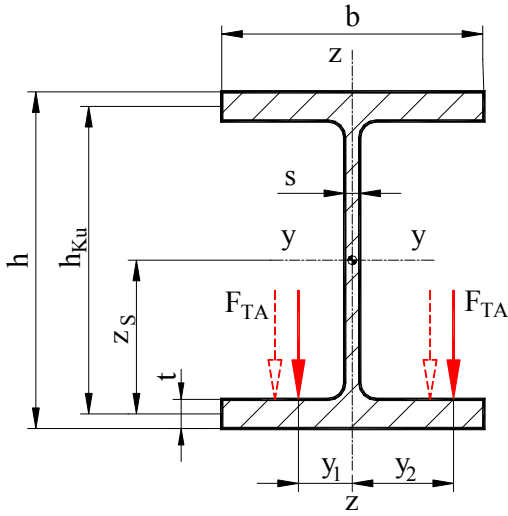
$$e_{\max} := 0.5 \cdot (b_m + 2h_{P2})$$

$$e_{\max} = 0.92 \text{ m}$$

$$W_{zSis} := \frac{J_{zSis}}{e_{\max}}$$

$$W_{zSis} = 4502 \cdot \text{cm}^3$$

**Sistemdeki max. kayma gerilmeleri  $\tau_{\max}$** **Profildeki kayma gerilmeleri****Şekil 8**



Şekil 9

$$\text{Tek Tekerlek kuvveti} \quad F_{TA} = 14.22 \cdot \text{kN}$$

Tekerlek dayanma noktası ile dikme ortası mesafesi

$$y_1 := 0.5 \cdot b_{IP} - L_F - m_1 \quad y_1 = 145.00 \cdot \text{mm}$$

$$y_2 := 0.5 \cdot b_{IP} - L_F + m_1 \quad y_2 = 155.00 \cdot \text{mm}$$

I - Profilinde torsiyon momenti

$$M_{tIP} := 4F_{TA} \cdot (y_2 - y_1) \quad M_{tIP} = 568.79 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

Kesme gerilmesini, dikme alanı karşılar

$$\tau_a := \frac{2F_{TA}}{A_{dikIP}} \quad \tau_a = 7 \cdot \text{MPa}$$

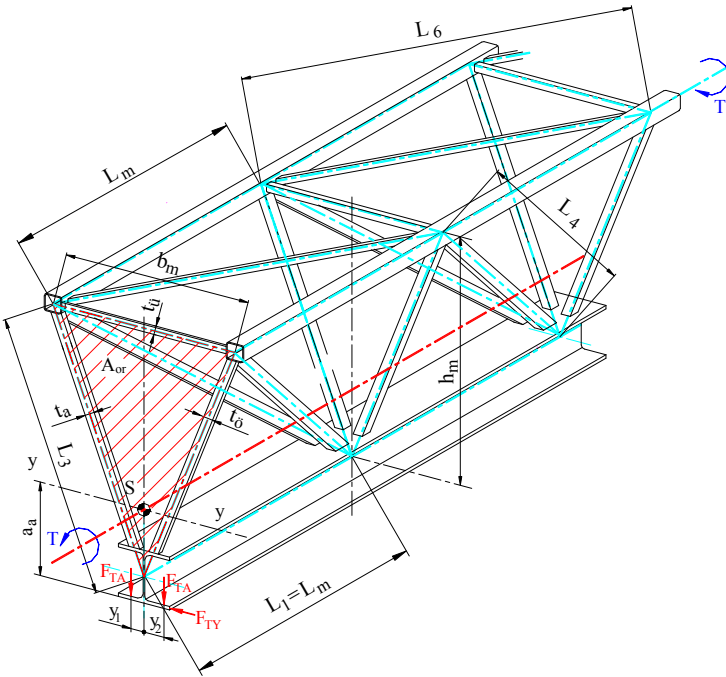
Torsiyon gerilmesini alt ve üst kuşak karşılar

$$h_{Ku} := h_{IP} - t_{IP} \quad h_{Ku} = 31.9 \cdot \text{cm}$$

$$F_M := \frac{M_{tIP}}{h_{Ku}} \quad F_M = 1786 \cdot \text{N}$$

$$\tau_{tkus} := \frac{F_M}{A_{kus}} \quad \tau_{tkus} = 0.24 \cdot \text{MPa}$$

### Sistemdeki kayma gerilmesi



Şekil 10

$$F_{TAY} := 4 \cdot F_{TA} \cdot 0.2$$

$$F_{TAY} = 11.38 \cdot \text{kN}$$

$$a_a := z_{Sa} - 0.5 \cdot t_{IP}$$

$$a_a = 616.94 \cdot \text{mm}$$

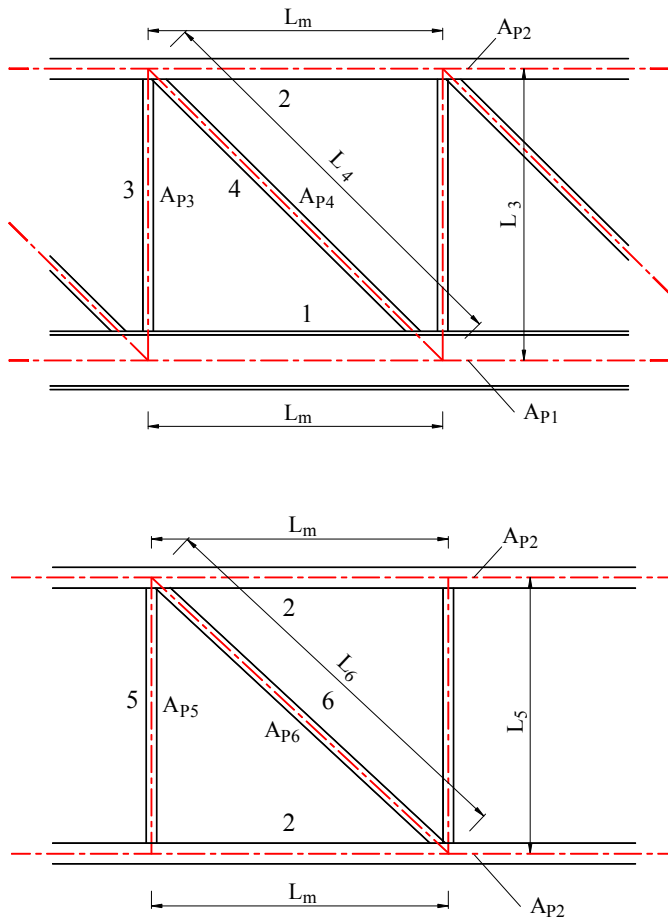
$$M_{\tau top} := F_{TAY} \cdot a_a + M_{tIP}$$

$$M_{\tau top} = 7586.94 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

Sistemi eşdeğer üç ince cidarlı kaval profil olarak düşünelim ve eşdeğer plakaları hesaplayalım.

$$G_t := 81000 \cdot \text{MPa}$$

$$A_{or} := \frac{h_m \cdot b_m}{2} \quad A_{or} = 13600 \cdot \text{cm}^2$$

**Eşdeğer yan plakalar****Şekil 11**

$$t_{\ddot{o}} := \frac{E_{dyn}}{G_t} \cdot \frac{L_m \cdot L_3}{\frac{L_4^3}{A_{P4}} + \frac{L_3^3}{A_{P3}} + \frac{L_m^3}{12} \cdot \left( \frac{1}{A_{P2}} + \frac{1}{A_{IP}} \right)}$$

$$t_{\ddot{o}} = 0.47 \cdot \text{mm}$$

$$t_{\ddot{u}} := \frac{E_{dyn}}{G_t} \cdot \frac{L_m \cdot L_5}{\frac{L_6^3}{A_{P6}} + \frac{L_5^3}{A_{P5}} + \frac{L_m^3}{12} \cdot \left( \frac{1}{A_{P2}} + \frac{1}{A_{P2}} \right)}$$

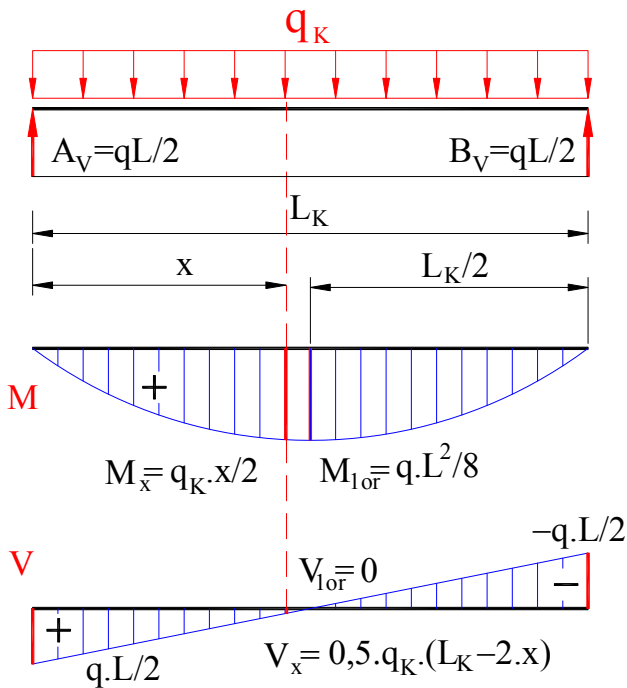
$$t_{\ddot{u}} = 0.36 \cdot \text{mm}$$

**Şekil 12****Bredt' e göre**

$$t_{min} := t_{\ddot{u}}$$

$$\tau_{toSis} := \frac{M_{\tau top}}{2 \cdot A_{or} \cdot t_{min}}$$

$$\tau_{toSis} = 7.72 \cdot \text{MPa}$$

**Kirişin kendi ağırlığından oluşan gerilme "σ<sub>1</sub>"**

Yük ve arabadan oluşan maksimum momentin yeri

$$x_M := \frac{2 \cdot L_K - L_{TA}}{4}$$

$$x_M = 15.10 \cdot \text{m}$$

$$0.5 \cdot L_K = 15.30 \cdot \text{m}$$

**Kiriş ortası ile x kesiti arasında büyük fark olmadığından hesabı kiriş ortasına göre yaparız.**

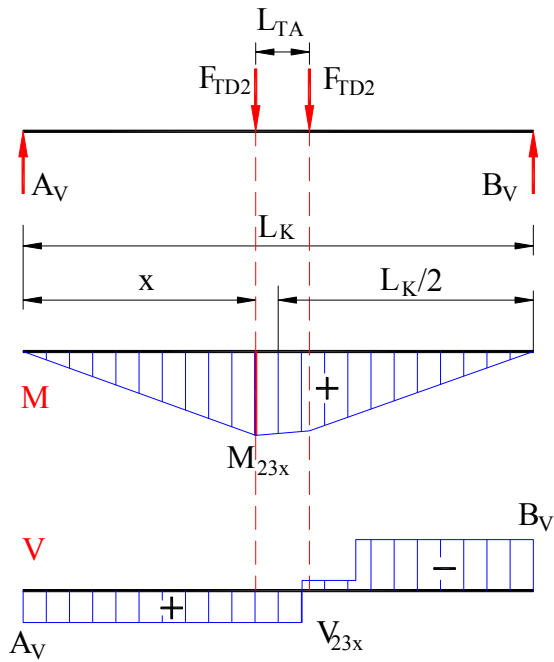
$$M_1 := \frac{\varphi_K \cdot q_K \cdot L_K^2}{8}$$

$$M_1 = 311.98 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_1 := \frac{M_1}{W_{ySis}}$$

$$\sigma_1 = 29.69 \cdot \text{MPa}$$

**Şekil 13**

**Araba ve yük ağırlığından oluşan gerilme " $\sigma_2 + \sigma_3$ "**

$$M_2 := \frac{F_A}{16 \cdot L_K} \cdot (2L_K - L_{TA})^2$$

$$M_2 = 58458 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_2 := \frac{M_2}{W_{ySis}}$$

$$\sigma_2 = 5.56 \cdot \text{MPa}$$

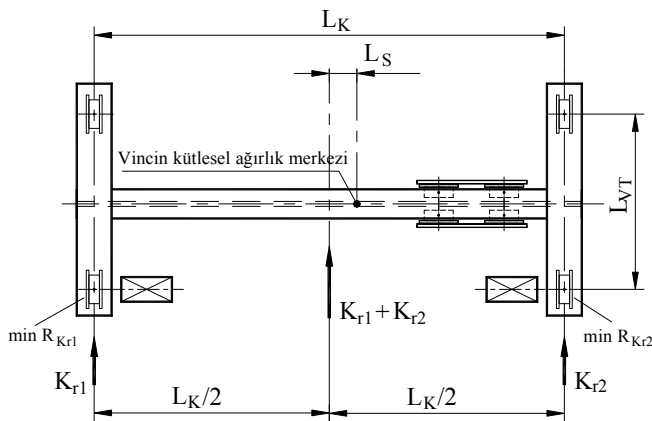
$$M_3 := \frac{F_Y}{16 \cdot L_K} \cdot (2L_K - L_{TA})^2$$

$$M_3 = 365362 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_3 := \frac{M_3}{W_{ySis}}$$

$$\sigma_3 = 35 \cdot \text{MPa}$$

Şekil 14

**Yatay atalet kuvvetlerinden oluşan gerilme " $\sigma_4$ "**

**Halat yükü sönmeyeceğinden, yükün atalet kuvveti dikkate alınmaz.**

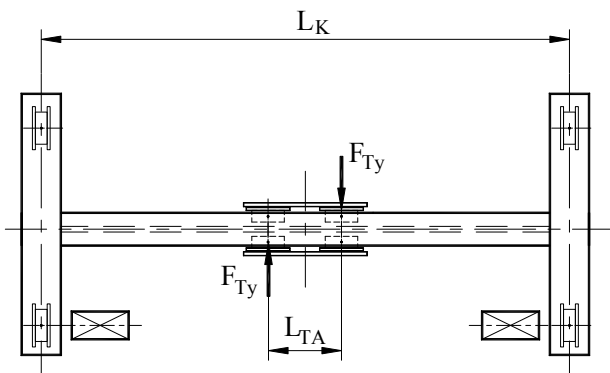
$$M_4 := 0.075 \cdot L_K \cdot (\varphi_K \cdot q_K \cdot L_K + F_A)$$

$$M_4 = 205.19 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_4 := \frac{M_4}{W_{zSis}}$$

$$\sigma_4 = 46 \cdot \text{MPa}$$

Şekil 15

**Araba kasılmasından oluşan gerilme " $\sigma_5$ "**

$$M_5 := \frac{F_{TD} \cdot L_{TA}}{5}$$

$$M_5 = 5.54 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_5 := \frac{M_5}{W_{zSis}}$$

$$\sigma_5 = 1.23 \cdot \text{MPa}$$

Şekil 16

**Sistemin max eğilme gerilmesi "  $\sigma_{max}$  "**

$$\sigma_{max} := k_B \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 + \psi_K \cdot \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5)$$

$$\sigma_{max} = 135 \cdot \text{MPa}$$

**max eğilme gerilmesi sistemin üst kuşağındadır**

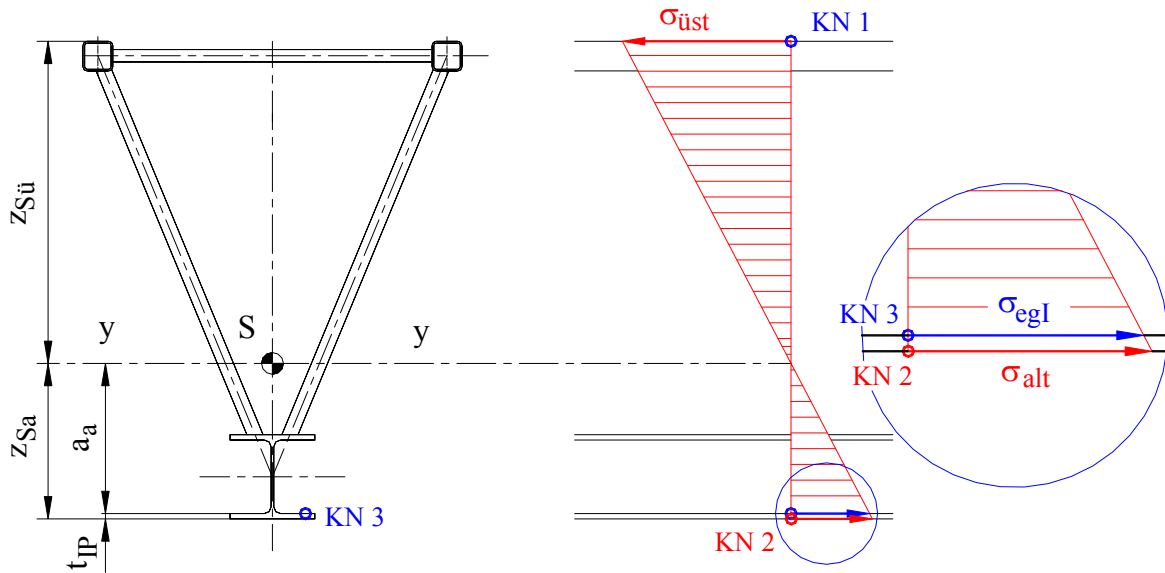
$$\sigma_{üst} := \sigma_{max}$$

$$\sigma_{üst} = 135 \cdot \text{MPa}$$

**Sistemin min gerilmesi "  $\sigma_{min}$  "**

$$\sigma_{min} := \sigma_1 + \sigma_2$$

$$\sigma_{min} = 35 \cdot \text{MPa}$$

**Sistemin kritik yerlerinde gerilme kontrolü:****Şekil 17****KN 1 de KONTROL**

1. Kritik noktada karşılaştırma gerilmesi

$$\sigma_{karKN1} := \sqrt{\sigma_{üst}^2 + 3 \cdot \tau_{toSis}^2}$$

$$\sigma_{karKN1} = 136 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{StbEM} = 140 \cdot \text{MPa}$$

$$S_{KN1} := \frac{\sigma_{StbEM}}{\sigma_{karKN1}}$$

$$S_{KN1} = 1.03 >$$

$$> 1$$

**Hesaplar KN 1 de kontrol değerinin emniyetli olduğunu gösterir.**

### KN 2 de KONTROL

**Sistemin alt kuşağında oluşan gerilme " $\sigma_{alt}$ "**

$$\sigma_{alt} := \sigma_{üst} \cdot \frac{z_{Sa}}{z_{Sü}}$$

$$\sigma_{alt} = 65 \cdot \text{MPa}$$

$$\tau_{maxKN2} := \tau_{toSis} + \tau_{tkus}$$

2. Kritik noktada karşılaştırma gerilmesi

$$\sigma_{karKN2} := \sqrt{\sigma_{alt}^2 + 3 \cdot \tau_{maxKN2}^2}$$

$$\sigma_{karKN2} = 67 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{StçEM} = 160 \cdot \text{MPa}$$

$$S_{KN2} := \frac{\sigma_{StçEM}}{\sigma_{karKN2}}$$

$$S_{KN2} = 2.41 >$$

$$> 1$$

**Hesaplar KN 2 de kontrol değerinin emniyetli olduğunu gösterir.**

### KN 3 de KONTROL

**Burada araba I-Profilinin yanaklarında yürüdüğü için ek gerilme hesapları yapılmalıdır.**

$$\sigma_{egI} := \sigma_{alt} \cdot \frac{z_{Sa} - t_{IP}}{z_{Sa}}$$

$$\sigma_{egI} = 63 \cdot \text{MPa}$$

**x- yönünde ek gerilme**

$$\sigma_{Fx} := \epsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fx1}$$

$$\sigma_{Fx} = 50.69 \cdot \text{MPa}$$

**x- yönünde gerilme**

$$\sigma_x := \sigma_{egI} + \epsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fx1}$$

$$\sigma_x = 113.53 \cdot \text{MPa}$$

**y- yönünde ek gerilme**

$$\sigma_{Fy} := \epsilon_{Dü} \cdot \sigma_{Fy1}$$

$$\sigma_{Fy} = 14.89 \cdot \text{MPa}$$

**y- yönünde gerilme**

$$\sigma_y := \sigma_{Fy}$$

$$\sigma_y = 14.89 \cdot \text{MPa}$$

$$\tau_{maxKN3} := \tau_{toSis} + \tau_{tkus}$$

$$\tau_{maxKN3} = 7.97 \cdot \text{MPa}$$

**Huber - Miseses - Hencky'hin Biçim değiştirme işi hipotezine göre;**

Karşılaştırma gerilmesi

$$\sigma_{karKN3} := \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \tau_{maxKN3}^2}$$

$$\sigma_{karKN3} = 108 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{StçEM} = 160 \cdot \text{MPa}$$

$$S_{KN3} := \frac{\sigma_{StçEM}}{\sigma_{karKN3}}$$

$$S_{KN3} = 1.48 >$$

$$> 1$$

**Hesaplar KN 3 de kontrol değerinin emniyetli olduğunu gösterir.**

**Statik hesaplara göre kontrüksiyon emniyetlidir.**

## Dinamik kontrol

Sınır değerler oranına bağlı emniyetli dinamik mukavemet değeri:

Genel sınır değerler oranı  $\kappa_{hes} := \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$   $\kappa_{hes} = 0.26$

Genel Giriş, Sayfa 7, Tablo 10  $Yü_{Gr} = "B4"$   $Çe_{Gr} = "K3"$  için  $\sigma_W := 90 \cdot \text{MPa}$

Çekme mukavemet değeri  $\sigma_{DÇEM1} := \frac{5 \cdot \sigma_W}{3 - 2 \cdot \kappa_{hes}}$   $\sigma_{DÇEM1} = 182 \cdot \text{MPa}$

$$\sigma_{DÇEM\kappa} := \frac{\sigma_{DÇEM1}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{DÇEM1}}{0.75R_m}\right) \cdot \kappa_{hes}}$$

$\sigma_{DÇEM\kappa} = 196 \cdot \text{MPa}$

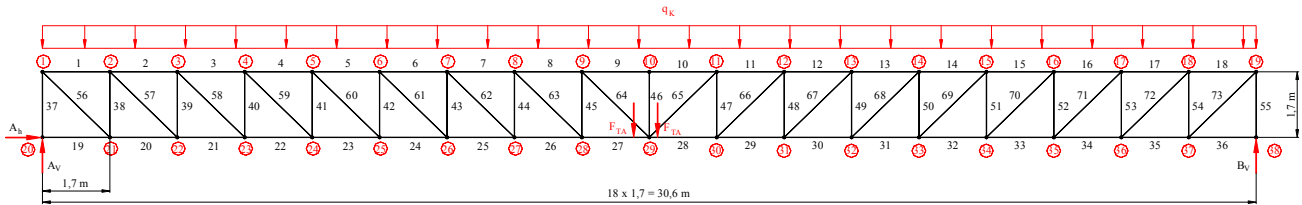
$\frac{\sigma_{DÇEM\kappa}}{\sigma_{karKN3}} = 1.822$  **> 1**

**Dinamik kontrol hesabına göre kontrüksiyon emniyetlidir.**

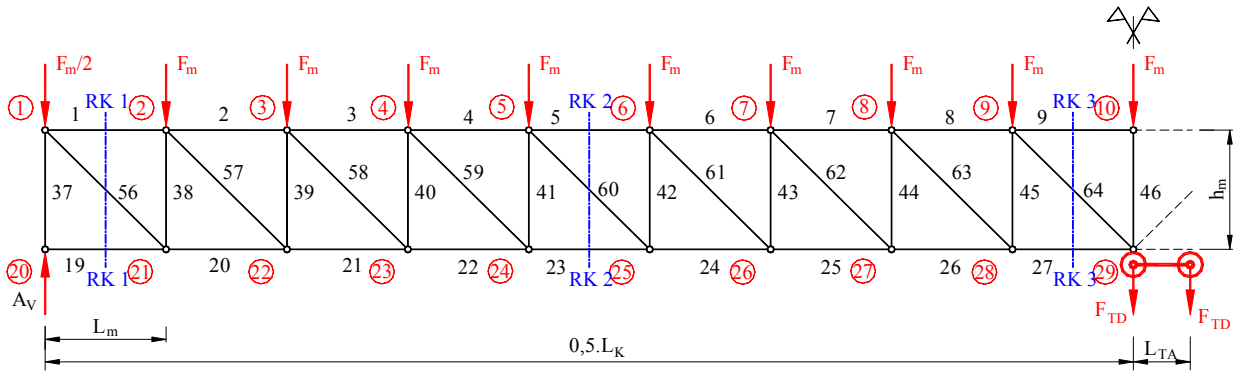
**Kirişin mukavemet hesaplarını yaptık. Şimdi çubuklarının hesabını yapalım.**

### Çubukların hesabı

Alt ve üst kuşaklar eğilme momentini karşılayacaklarından, hesaplar momentin maksimum olduğu kesitte yapılır. Konstrüksiyonumuz simetrik olduğundan kirişin yarısınale almamız yeterlidir.



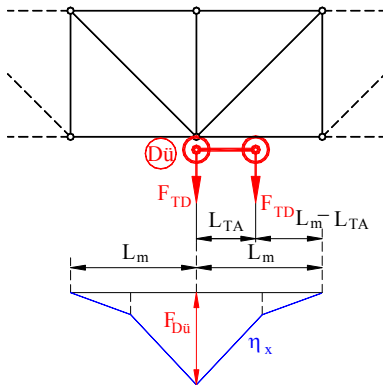
Şekil 18



Şekil 19

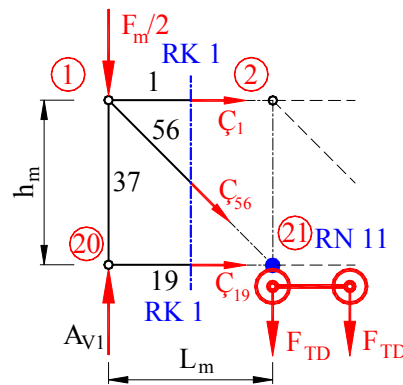
**Düzlem kafes kirişte statik belirlilik kontrolü**Yatak kuvvetlerinin sayısı:  $a_1 := 3$ Çubuk sayısı:  $n_ç := 73$ Düğüm sayısı:  $n_d := 38$ Kontrol:  $K_1 := 2 \cdot n_d - n_ç - a_1$   $K_1 = 0.00$  **Sistem statik belirli ve rijittir.**

**Burada hesapları detaylı görebilmek için Şekil 25 ile gösterilen Ritter kesitlerini sıra ile hesaplayalım. Hesaplara başlamadan arabanın yüklü olarak düğümlerdeki kuvvetini hesaplayalım.**

**Şekil 20** $\eta_{Dü} =$  Dü numaralı düğümde araba tekerlek kuvvetlerinin etki çizgisi. $F_{Dü} =$  Dü numaralı düğümde max araba tekerlek kuvvetleri.

$$F_{Dü} := F_{TD} \cdot \left( 1 + \frac{L_m - L_{TA}}{L_m} \right)$$

$$F_{Dü} = 52.91 \cdot \text{kN}$$

**1. Ritter kesiti**

1. Ritter kesitinin "RK 1" 1. Ritter noktası "RN 11" için düğüm noktası 21 i seçelim ve moment denge denklemi ile hesabımızı yapalım.

$$A_{V1} := F_{TD} \cdot (2L_K - 2L_m - L_{TA}) \cdot L_K^{-1} + 0.5 \cdot q_K \cdot L_K$$

$$A_{V1} = 101.52 \cdot \text{kN}$$

$$\Sigma M_{21} := 0 \quad A_{V1} \cdot L_m - 0.5F_m L_m + \zeta_{1d} \cdot L_m = 0$$

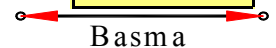
$$\zeta_{1d} := -A_{V1} + 0.5F_m$$

$$\zeta_{1d} = -99.46 \cdot \text{kN}$$

$$\zeta_1 := 0.5 \cdot \zeta_{1d}$$

$$\zeta_1 = -49.73 \cdot \text{kN}$$

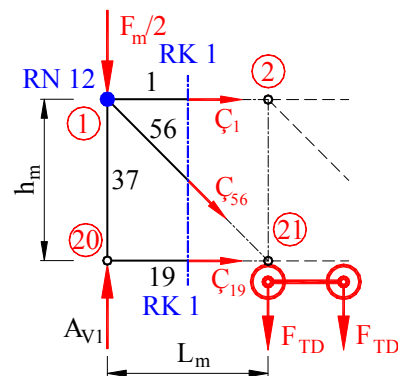
Ön işareti "-", çubuk basma ile zorlanır.

**Şekil 21**

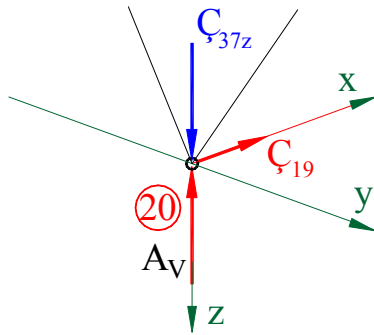
1. Ritter kesitinin "RK 1" 2. Ritter noktası "RN 12" için düğüm noktası 1 i seçelim ve moment denge denklemi ile hesabımızı yapalım.

$$\Sigma M_1 := 0 \quad \zeta_{19} \cdot L_m = 0$$

$$\zeta_{19} := 0 \cdot \text{kN}$$

**Şekil 22**



**20 numaralı düğümde denge:****Şekil 23**

y-z düzleminde

$$\Sigma F_{z20} := 0$$

$$A_{V1} + C_{37z} = 0$$

$$C_{37z} := -0.5A_{V1}$$

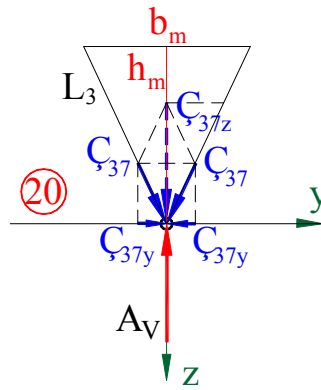
$$C_{37} := C_{37z} \cdot \frac{L_3}{h_m}$$

y-z düzleminde

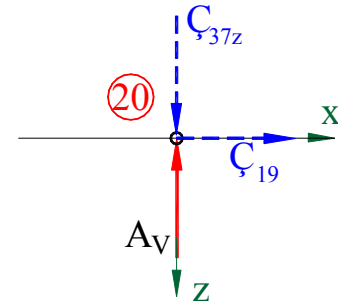
$$\Sigma F_{y20} := 0$$

$$C_{37y} := C_{37} \cdot \frac{b_m}{2L_3}$$

Ön işaretleri "-", çubuklar basma ile zorlanır.

**Şekil 24****Şekil 24**

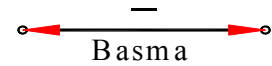
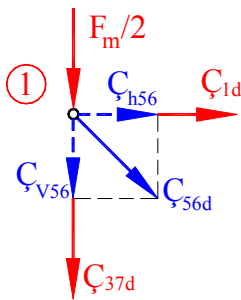
x-z düzleminde

**Şekil 25**

$$C_{37z} = -50.76 \cdot \text{kN}$$

$$C_{37} = -56.10 \cdot \text{kN}$$

$$C_{37y} = -23.89 \cdot \text{kN}$$

**1 numaralı düzlem düğümde denge:****Şekil 26**

$$C_{56x} := 0.5 \cdot C_{h56}$$

$$C_{56x} = 49.73 \cdot \text{kN}$$

$$\Sigma F_{h1} := 0$$

$$C_{h56} + C_{1d} = 0$$

$$C_{h56} := -C_{1d}$$

$$C_{h56} = 99.46 \cdot \text{kN}$$

$$C_{v56} := C_{h56}$$

$$C_{56d} := \sqrt{C_{v56}^2 + C_{h56}^2}$$

$$C_{56d} = 140.66 \cdot \text{kN}$$

$$C_{56} := 0.5 \cdot C_{56d} \cdot \frac{L_4}{L_{Kö}}$$

$$C_{56} = 74.12 \cdot \text{kN}$$

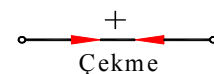
$$C_{56z} := 0.5 \cdot C_{v56}$$

$$C_{56z} = 49.73 \cdot \text{kN}$$

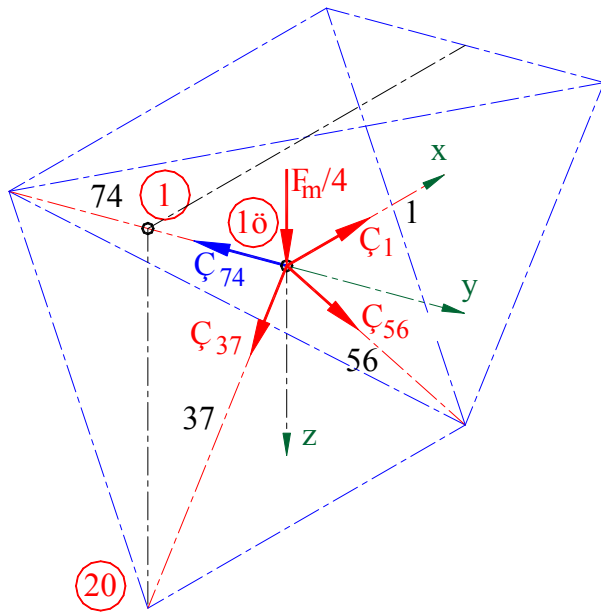
$$C_{56y} := \frac{C_{56} \cdot b_m}{2 \cdot L_4}$$

$$C_{56y} = 23.40 \cdot \text{kN}$$

Ön işaret "+", çubuk çekme ile zorlanır.

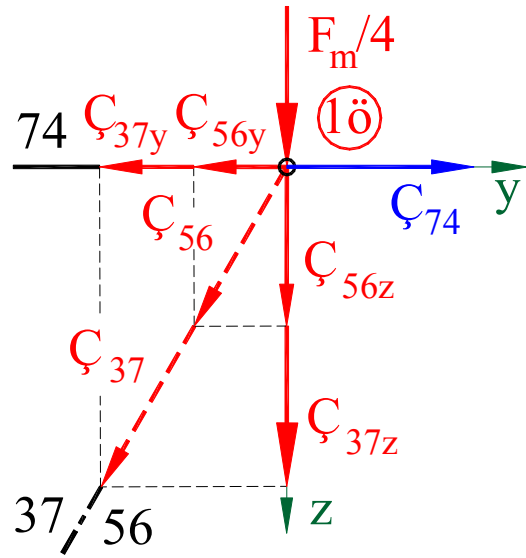


**1 numaralı ön düğümde denge:**



**Şekil 27**

y-z düzleminde



**Şekil 28**

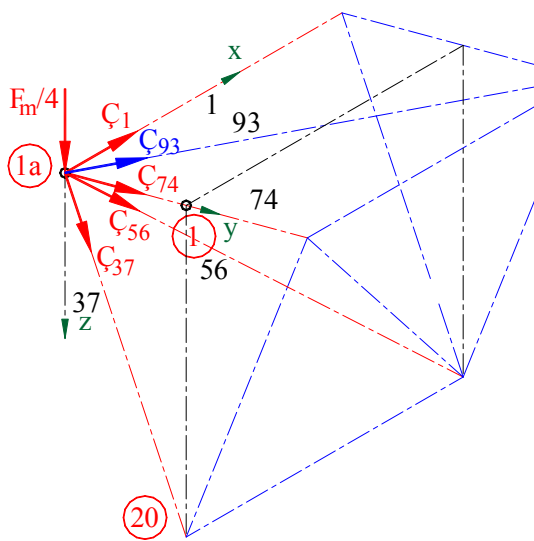
y-z düzleminde

$$\Sigma F_{y1\ddot{o}} := 0 \quad C_{74} + C_{56y} + C_{37y} = 0$$

$$C_{74} := -C_{56y} + C_{37y}$$

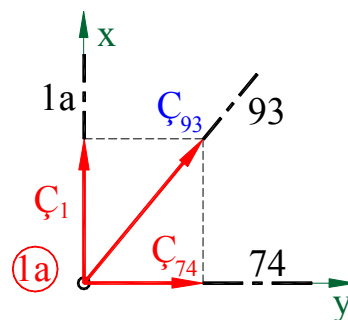
$$C_{74} = -47.29 \cdot \text{kN}$$

**1 numaralı arka düğümde denge:**



**Şekil 29**

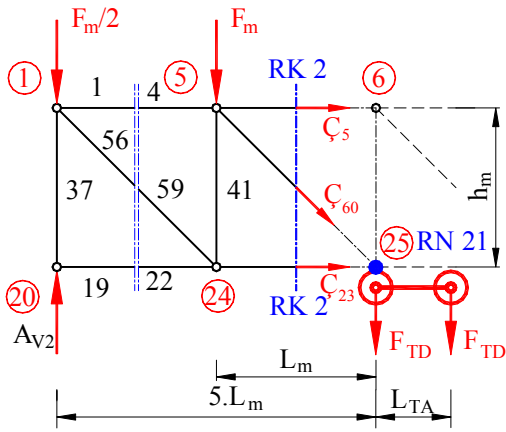
x-y düzleminde



**Şekil 30**

$$C_{93} := \sqrt{C_{74}^2 + C_1^2}$$

$$C_{93} = 68.63 \cdot \text{kN}$$

**2. Ritter kesiti****Şekil 31**

2. Ritter kesitinin "RK 2" 1. Ritter noktası "RN 21" için düğüm noktası 25 i seçelim ve moment denge denklemi ile hesabımızı yapalım.

$$A_{V2} := F_{TD} \cdot (2L_K - 10L_m - L_{TA}) \cdot L_K^{-1} + 0.5 \cdot q_K \cdot L_K$$

$$A_{V2} = 86.14 \cdot \text{kN}$$

$$\Sigma M_{25} := 0 \quad A_{V2} \cdot 5L_m - 0.5F_m \cdot 5L_m - 10 \cdot F_m \cdot L_m + \zeta_{5d} \cdot L_m = 0$$

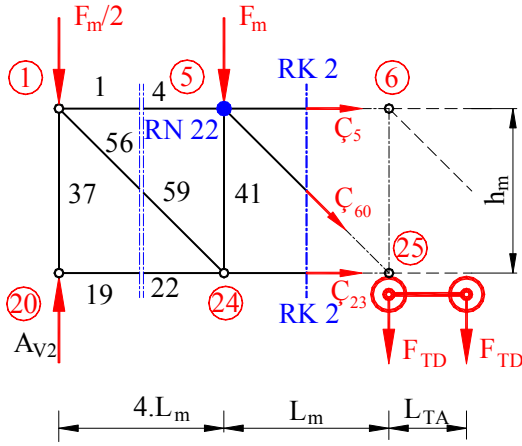
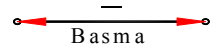
$$\zeta_{5d} := -5A_{V2} + 12.5F_m$$

$$\zeta_{5d} = -379.23 \cdot \text{kN}$$

$$\zeta_5 := 0.5 \cdot \zeta_{5d}$$

$$\zeta_5 = -189.62 \cdot \text{kN}$$

Ön işareti "-", çubuk basma ile zorlanır.

**Şekil 32**

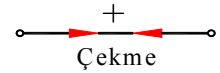
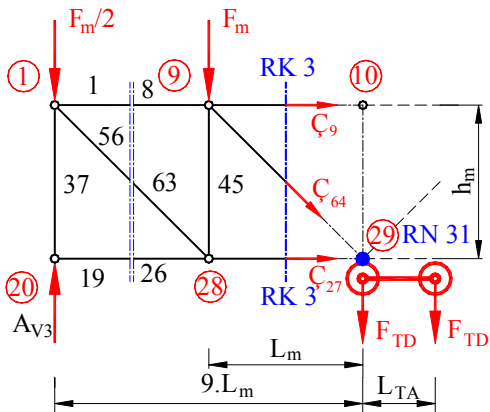
2. Ritter kesitinin "RK 2" 2. Ritter noktası "RN 22" için düğüm noktası 5 i seçelim ve moment denge denklemi ile hesabımızı yapalım.

$$\Sigma M_5 := 0 \quad -A_{V2} \cdot 4L_m + 0.5F_m \cdot 4L_m + F_m \cdot 6 \cdot L_m + \zeta_{23} \cdot L_m = 0$$

$$\zeta_{23} := 4A_{V2} - 8F_m$$

$$\zeta_{23} = 311.62 \cdot \text{kN}$$

Ön işareti "+", çubuk çekme ile zorlanır.

**3. Ritter kesiti****Şekil 33**

Burada hesaplarda kolaylık ve küçük bir emniyet için  $x_M = 0,5 \cdot n_2 \cdot L_m$  kabul edelim

3. Ritter kesitinin "RK 3" 1. Ritter noktası "RN 31" için düğüm noktası 29 i seçelim ve moment denge denklemi ile hesabımızı yapalım.

$$A_{V3} := \frac{F_{TD}}{L_K} \cdot (L_K - L_{TA})$$

$$A_{V3} = 33.69 \cdot \text{kN}$$

$$\Sigma M_{29} := 0 \quad A_{V3} \cdot 9L_m - 0.5F_m \cdot 9L_m - 36 \cdot F_m \cdot L_m + \zeta_{9d} \cdot L_m = 0$$

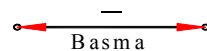
$$\zeta_{9d} := -9A_{V3} + 40.5F_m$$

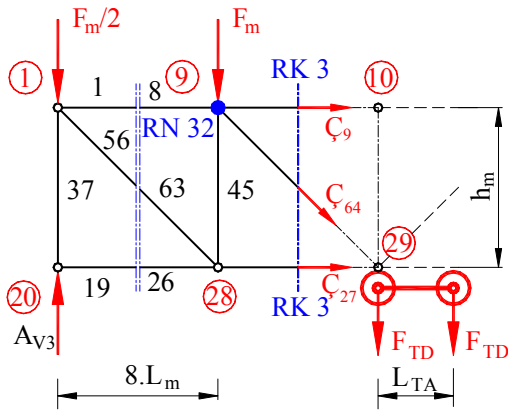
$$\zeta_{9d} = -608.47 \cdot \text{kN}$$

$$\zeta_9 := 0.5 \cdot \zeta_{9d}$$

$$\zeta_9 = -304.23 \cdot \text{kN}$$

Ön işareti "-", çubuk basma ile zorlanır.





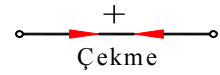
3. Ritter kesitinin "RK 3" 2. Ritter noktası "RN 32" için düğüm noktası 9 U seçelim ve moment denge denklemi ile hesabımızı yapalım.

$$\Sigma M_9 := 0 \quad -A_{V3} \cdot 8L_m - 0.5F_m \cdot 8L_m - 28 \cdot F_m \cdot L_m + C_{27} \cdot L_m = 0$$

$$C_{27} := 8A_{V3} - 32F_m$$

$$C_{27} = 557.34 \cdot \text{kN}$$

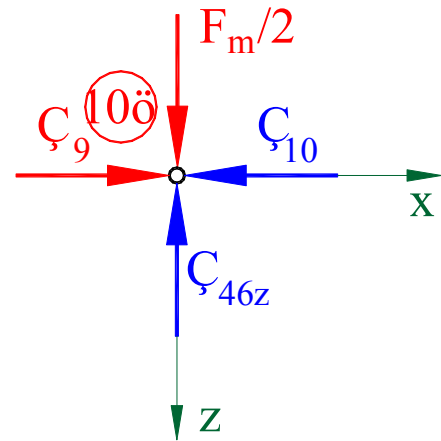
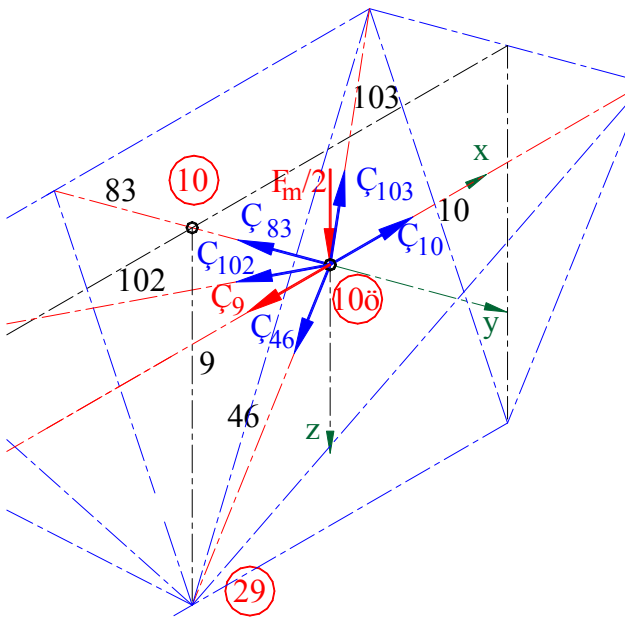
Ön işareti "+", çubuk çekme ile zorlanır.



Şekil 34

10 numaralı ön düğümde denge:

x-z düzleminde



Şekil 35

Şekil 36

x-z düzleminde

$$\Sigma F_{10z} := 0$$

$$0.5F_m + C_{46z} = 0$$

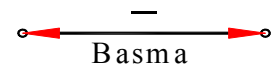
$$C_{46z} := -0.5F_m$$

$$C_{46z} = -2.06 \cdot \text{kN}$$

$$C_{46} := C_{46z} \cdot \frac{L_3}{h_m}$$

$$C_{46} = -2.28 \cdot \text{kN}$$

Ön işareti "-", çubuk basma ile zorlanır.

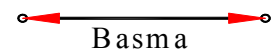


$$\Sigma F_{10x} := 0$$

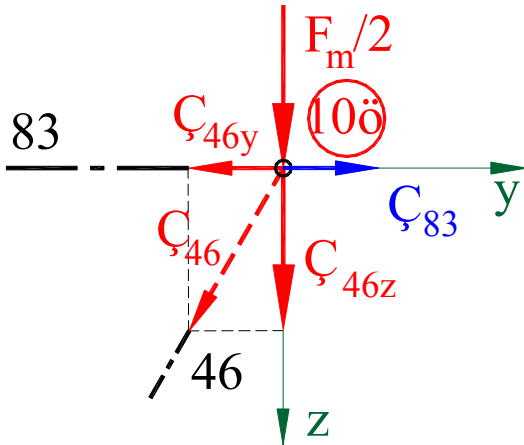
$$C_9 + C_{10} = 0 \quad C_{10} := C_9$$

$$C_{10} = -304.23 \cdot \text{kN}$$

Ön işareti "-", çubuk basma ile zorlanır.

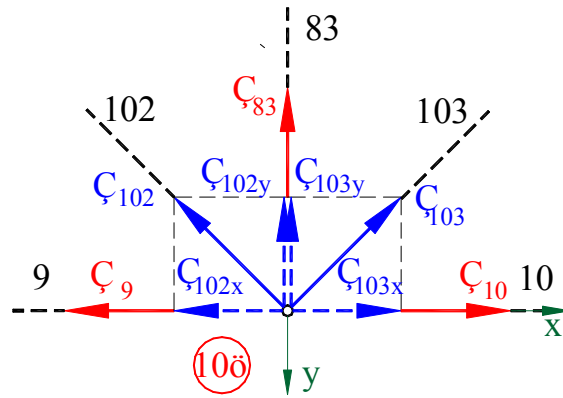


y-z düzleminde



Şekil 37

x-y düzleminde



Şekil 38

$$C_{46y} := C_{46} \cdot \frac{b_m}{2 \cdot L_3}$$

$$C_{46y} = -0.97 \cdot \text{kN}$$

y-z düzleminde

$$\Sigma F_{10\delta y} := 0$$

$$C_{83} + C_{46y} = 0$$

$$C_{83} := C_{46y}$$

$$C_{83} = -0.97 \cdot \text{kN}$$

x-y düzleminde

$$C_{102} = C_{103}$$

$$C_{102y} = C_{103y}$$

$$C_9 = C_{10}$$

$$\Sigma F_{10y} := 0$$

$$C_{102y} + C_{103y} + C_{83} = 0$$

$$C_{102y} := -0.5 \cdot C_{83}$$

$$C_{102y} = 0.48 \cdot \text{kN}$$

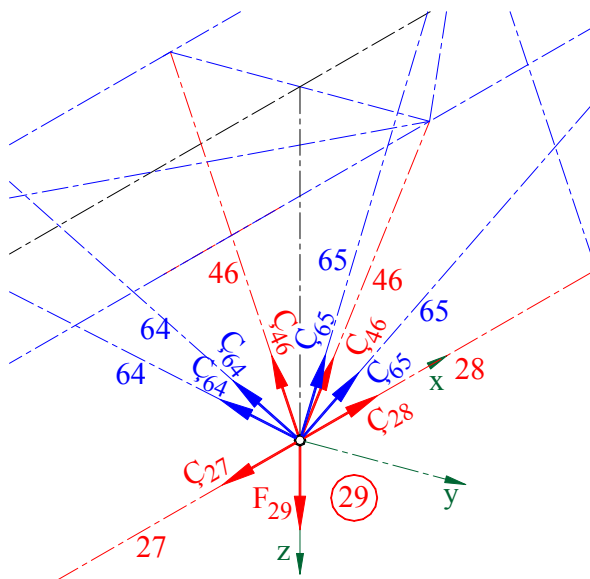
$$C_{102} := C_{102y} \cdot \frac{L_6}{b_m}$$

$$C_{102} = 0.71 \cdot \text{kN}$$

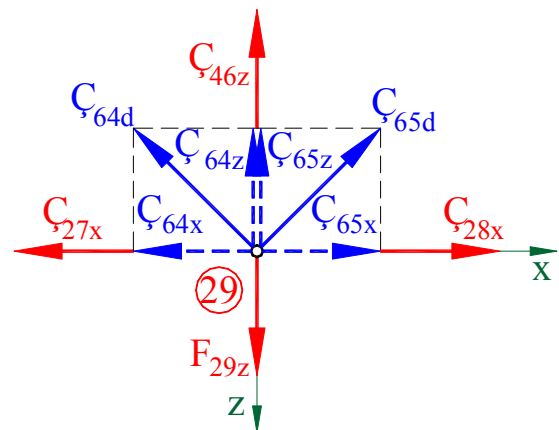
$$C_{102x} := C_{102} \cdot \frac{L_m}{L_6}$$

$$C_{102x} = 0.51 \cdot \text{kN}$$

29 numaralı düğümde denge:



x-z düzleminde



Şekil 40

$$C_{64} = C_{65}$$

$$C_{27x} := 0.5 C_{27}, C_{28x} := -C_{27x}$$

$$F_{29z} := 0.5 F_{Dü}$$

Şekil 39

x-z düzleminde

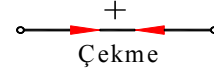
$$\Sigma F_{z29} := 0 \quad -C_{46z} - 2C_{64z} + F_{29z} = 0 \quad C_{64z} := 0.5F_{29z} - C_{46z} \quad \boxed{C_{64z} = 15.29 \cdot \text{kN}}$$

$$\Sigma F_{x29} := 0 \quad C_{64x} + C_{65x} + C_{27x} + C_{28x} = 0 \quad C_{64x} := -0.5(C_{27x} + C_{28x}) \quad \boxed{C_{64x} = 0.00 \cdot \text{kN}}$$

$$C_{64d} := C_{64z} \cdot \frac{L_{K\ddot{o}}}{h_m} \quad \boxed{C_{64d} = 21.62 \cdot \text{kN}}$$

$$C_{64} := C_{64d} \cdot \frac{L_4}{L_{K\ddot{o}}} \quad \boxed{C_{64} = 22.79 \cdot \text{kN}}$$

Ön işaretleri "+", çubuklar çekme ile zorlanır.



## Hesaplar için maksimum çubuk kuvvetleri

**Çubukların maksimum zorlanmasını bulmak için her çubuk cinsinde hesapladığımız değerleri A yatağından ortaya doğru sıralayalım.**

### Üst kuşak çubukları

#### RK 1

$$C_1 = -49.73 \cdot \text{kN}$$

#### RK 2

$$C_5 = -189.62 \cdot \text{kN}$$

#### RK 3

$$C_9 = -304.23 \cdot \text{kN}$$

#### Maksimum

$$\boxed{C_9 = -304.23 \cdot \text{kN}}$$

Çubuklar basma ile zorlanır, basma gerilmesi :

$$\sigma_9 := \frac{-C_9}{A_{P2}}$$

$$\boxed{\sigma_9 = 97 \cdot \text{MPa}}$$

Malzemenin emniyetli statik basma mukavemet değeri

$$\boxed{\sigma_{StbEM} = 140 \cdot \text{MPa}}$$

İşletmede emniyet katsayısı

$$S_{EM9} := \frac{\sigma_{StbEM}}{\sigma_9}$$

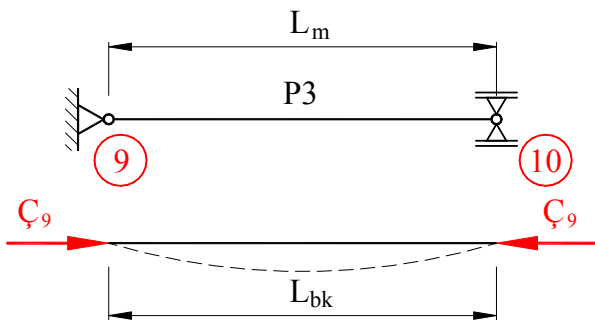
$$\boxed{S_{EM9} = 1.45}$$

$$\boxed{> 1}$$

**Emniyet katsayısı 1 in üstünde. Hesaplara göre çubuk bozulmadan fonksiyonunu yerine getirir. Fakat zorlama basma olduğu için çubukların burkulma kontrolünün yapılması gerekir.**

**Üst kuşak çubuğunun burkulma kontrolü:**

**Çubuk düğüm noktalarında kontrollü oynak yataklanmış kabul edilir. Burkulma boyları olarakta küçük bir emniyet payı veren sistemin teorik boylarını kabul edelim.**



Burkulma boyu

$$L_{bk9} := L_m$$

Burkulma kuvveti

$$C_{9bk} := -C_9$$

***ω*-metodu ile burkulma hesabı:**

### Şekil 41

$$\boxed{\sigma_{bk9} = \omega_{P2} \cdot \frac{C_{9bk}}{A_{P2}} \leq \sigma_{StbEM}}$$

Kesitin atalet yarıçapı

$$i_{\min P2} := \sqrt{\frac{J_{yP2}}{A_{P2}}}$$

$$i_{\min P2} = 4.59 \cdot \text{cm}$$

Konstrüksiyonun narinlik derecesi

$$\lambda_{\text{hes9}} := \frac{L_{bk9}}{i_{\min P2}}$$

$$\lambda_{\text{hes9}} = 37.06$$

Omega ( $\omega$ ) değerleri için tablo, (DIN4114 ve DIN 1052 den)

$\lambda_{\text{he}}$	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
St 37	1,04	1,14	1,30	1,55	1,90	2,43	3,31	4,32	5,47	6,75	8,17
St 52	1,06	1,19	1,41	1,79	2,53	3,65	4,96	6,48	8,21	10,13	12,26

St37 için  $\omega$  değeri:

$$\omega_{P2} := 1.04 + 17.06 \cdot \frac{0.1}{20}$$

$$\omega_{P2} = 1.125$$

Ç9 çubuğunda burkulma gerilmesi

$$\sigma_{9bk} := \omega_{P2} \cdot \frac{Ç_{9bk}}{A_{P2}}$$

$$\sigma_{9bk} = 109 \cdot \text{MPa}$$

Emniyet katsayısı

$$S_{9EM} := \frac{\sigma_{StbEM}}{\sigma_{9bk}}$$

$$S_{9EM} = 1.29 > 1$$

 ***$\omega$ -metodu ile yapılan hesaba göre çubuk burkulmaz.******Alt kuşak çubukları*****RK 1****RK 2****RK 3****Maksimum**

$$Ç_{19} = 0.00 \cdot \text{kN}$$

$$Ç_{23} = 311.62 \cdot \text{kN}$$

$$Ç_{27} = 557.34 \cdot \text{kN}$$

$$Ç_{27} = 557.34 \cdot \text{kN}$$

Mukavemet hesabı için gerçek değeri:

$$Ç_{27} = 557.34 \cdot \text{kN}$$

Çubuklar çekme ile zorlanır, çekme gerilmesi :

$$\sigma_{27} := \frac{Ç_{27}}{A_{IP}}$$

$$\sigma_{27} = 33 \cdot \text{MPa}$$

Malzemenin emniyetli statik çekme mukavemet değeri

$$\sigma_{StçEM} = 160 \cdot \text{MPa}$$

İşletmede emniyet katsayısı

$$S_{EM27} := \frac{\sigma_{StçEM}}{\sigma_{27}}$$

$$S_{EM27} = 4.91 > 1$$

***Emniyet katsayısı 1 den büyük. Hesaplara göre çubuk işletmede bozulmadan çalışır.******Dikme çubukları*****RK 1****RK 2****RK 3****Maksimum**

$$Ç_{37} = -56.10 \cdot \text{kN}$$

$$Ç_{46} = -2.28 \cdot \text{kN}$$

$$Ç_{37} = -56.10 \cdot \text{kN}$$

Mukavemet hesabı için gerçek değeri:

$$Ç_{37} = -56.10 \cdot \text{kN}$$

Çubuklar basma ile zorlanır, basma gerilmesi :

$$\sigma_{37} := \frac{Ç_{37}}{A_{P4}}$$

$$\sigma_{37} = -43 \cdot \text{MPa}$$

Malzemenin emniyetli statik basma mukavemet değeri

$$\sigma_{StbEM} = 140 \cdot \text{MPa}$$

İşletmede emniyet katsayısı

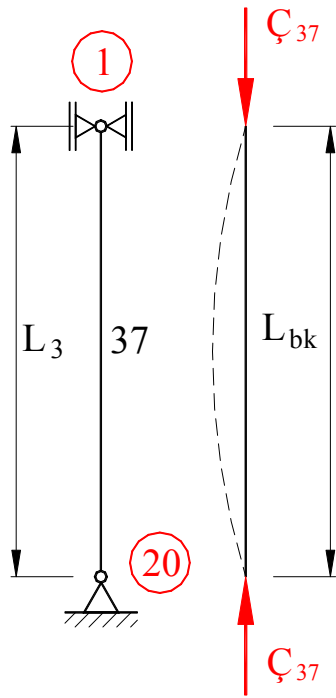
$$S_{EM37} := \frac{\sigma_{StbEM}}{\sigma_{37}}$$

$$S_{EM37} = -3.27$$

**Emniyet katsayısı 1 in üstünde. Hesaplara göre çubuk bozulmadan fonksiyonunu yerine getirir. Fakat zorlama basma olduğu için çubukların burkulma kontrolünün yapılması gerekir.**

**Dikme çubuğunun burkulma kontrolü:**

**Çubuk düğüm noktalarında kontrollü oynak yataklanmış kabul edilir.**



Burkulma boyu

$$L_{bk37} := L_3$$

$$L_{bk37} = 1.88 \text{ m}$$

Burkulma kuvveti

$$C_{37} = -56.10 \cdot \text{kN}$$

**$\omega$ -metodu ile burkulma hesabı:**

$$\sigma_{bk37} = \omega_{P37} \cdot \frac{C_{37}}{A_{P4}} \leq \sigma_{StbEM}$$

Kesitin atalet yarıçapı

$$i_{\min P4} := \sqrt{\frac{J_{yP4}}{A_{P4}}}$$

$$i_{\min P4} = 2.17 \cdot \text{cm}$$

Konstrüksiyonun narinlik derecesi

$$\lambda_{hesP4} := \frac{L_{bk37}}{i_{\min P4}}$$

$$\lambda_{hesP4} = 86.64$$

**Şekil 42**

Omega ( $\omega$ ) değerleri için tablo, (DIN4114 ve DIN 1052 den)

$\lambda_{ge}$	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
St 37	1,04	1,14	1,30	1,55	1,90	2,43	3,31	4,32	5,47	6,75	8,17
St 52	1,06	1,19	1,41	1,79	2,53	3,65	4,96	6,48	8,21	10,13	12,26

St37 için  $\omega$  değeri:

$$\omega_{P4} := 1.55 + 6.64 \cdot \frac{0.35}{20}$$

$$\omega_{P4} = 1.666$$

Ç37 çubuğunda burkulma gerilmesi

$$\sigma_{bk37} := \omega_{P4} \cdot \frac{-C_{37}}{A_{P4}}$$

$$\sigma_{bk37} = 71 \cdot \text{MPa}$$

Emniyet katsayısı

$$S_{37EM} := \frac{\sigma_{StbEM}}{\sigma_{bk37}}$$

$$S_{37EM} = 1.96 > 1$$

**Jüger metodu ile yapılan hesaba göre çubuk burkulmaz.**



**Köşegen çubuklar**

RK 1	RK 2	RK 3	Maksimum
$\zeta_{56} = 74.12 \cdot \text{kN}$		$\zeta_{64} = 22.79 \cdot \text{kN}$	$\zeta_{56} = 74.12 \cdot \text{kN}$
Mukavemet hesabı için gerçek değeri:			$\zeta_{56} = 74.12 \cdot \text{kN}$
Çubuklar çekme ile zorlanır, çekme gerilmesi :		$\sigma_{56} := \frac{\zeta_{56}}{A_{p4}}$	$\sigma_{56} = 57 \cdot \text{MPa}$
Malzemenin emniyetli statik çekme mukavemet değeri			$\sigma_{St\zeta EM} = 160 \cdot \text{MPa}$
İşletmede emniyet katsayısı		$S_{EM64} := \frac{\sigma_{St\zeta EM}}{\sigma_{56}}$	$S_{EM64} = 2.83 > 1$

**Emniyet katsayısı 1 den büyük. Hesaplara göre çubuk işletmede bozulmadan çalışır.**

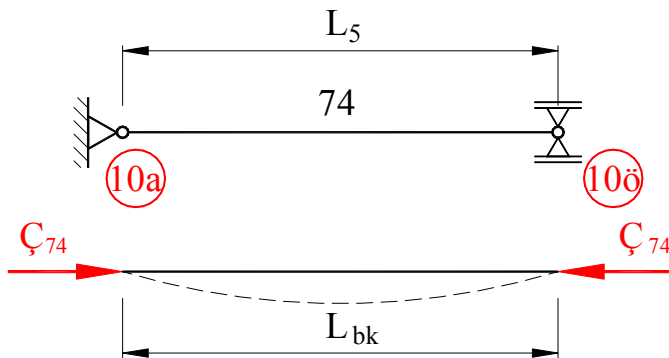
**Dik bağlantı çubukları**

RK 1	RK 2	RK 3	Maksimum
$\zeta_{74} = -47.29 \cdot \text{kN}$		$\zeta_{83} = -0.97 \cdot \text{kN}$	$\zeta_{74} = -47.29 \cdot \text{kN}$
Mukavemet hesabı için gerçek değeri:			$\zeta_{74} = -47.29 \cdot \text{kN}$
Çubuklar basma ile zorlanır, basma gerilmesi :		$\sigma_{74} := \frac{-\zeta_{74}}{A_{p5}}$	$\sigma_{74} = 54 \cdot \text{MPa}$
Malzemenin emniyetli statik basma mukavemet değeri			$\sigma_{Stb EM} = 140 \cdot \text{MPa}$
İşletmede emniyet katsayısı		$S_{EMP3} := \frac{\sigma_{Stb EM}}{\sigma_{74}}$	$S_{EMP3} = 2.58 > 1$

**Emniyet katsayısı 1 in üstünde. Hesaplara göre çubuk bozulmadan fonksiyonunu yerine getirir. Fakat zorlama basma olduğu için çubukların burkulma kontrolünün yapılması gerekir.**

**Bağlantı çubuğunun burkulma kontrolü:**

**Çubuk düğüm noktalarında kontrollü oynak yataklanmış kabul edilir.**



**Şekil 43**

Burkulma boyu  $L_{bk74} := b_m$   
 Burkulma kuvveti  $\zeta_{74} = -47 \cdot \text{kN}$

**$\omega$ -metodu ile burkulma hesabı:**

$$\sigma_{bkP3} = \omega_{74} \cdot \frac{-\zeta_{74}}{A_{p5}} \leq \sigma_{Stb EM}$$

Kesitin atalet yarıçapı  $i_{\min P5} := \sqrt{\frac{J_{yP5}}{A_{p5}}}$   
 $i_{\min P5} = 1.82 \cdot \text{cm}$

Konstrüksiyonun narinlik derecesi  $\lambda_{hesP3} := \frac{L_{bk74}}{i_{minP5}}$   $\lambda_{hesP3} = 87.94$

Omega ( $\omega$ ) değerleri için tablo, (DIN4114 ve DIN 1052 den)

$\lambda_{he}$	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
St 37	1,04	1,14	1,30	1,55	1,90	2,43	3,31	4,32	5,47	6,75	8,17
St 52	1,06	1,19	1,41	1,79	2,53	3,65	4,96	6,48	8,21	10,13	12,26

St37 için  $\omega$  değeri:  $\omega_{P3} := 1.55 + 17.94 \cdot \frac{0.35}{20}$   $\omega_{P3} = 1.864$

74 çubuğunda burkulma gerilmesi  $\sigma_{bk74} := \omega_{P3} \cdot \frac{-\zeta_{74}}{A_{P5}}$   $\sigma_{bk74} = 101 \cdot \text{MPa}$

Emniyet katsayısı  $S_{74EM} := \frac{\sigma_{StbEM}}{\sigma_{bk74}}$   $S_{74EM} = 1.39 > 1$

***$\omega$ -metodu ile yapılan hesaba göre çubuk burkulmaz.***

### ***Köşegen bağlantı çubukları***

RK 1	RK 2	RK 3	Maksimum
$\zeta_{93} = 68.63 \cdot \text{kN}$		$\zeta_{102} = 0.71 \cdot \text{kN}$	$\zeta_{93} = 68.63 \cdot \text{kN}$
Mukavemet hesabı için gerçek değeri:			$\zeta_{93} = 68.63 \cdot \text{kN}$
Çubuklar çekme ile zorlanır, çekme gerilmesi :		$\sigma_{93} := \frac{\zeta_{93}}{A_{P6}}$	$\sigma_{93} = 79 \cdot \text{MPa}$
Malzemenin emniyetli statik çekme mukavemet değeri			$\sigma_{StçEM} = 160 \cdot \text{MPa}$
İşletmede emniyet katsayısı		$S_{93EM} := \frac{\sigma_{StbEM}}{\sigma_{93}}$	$S_{93EM} = 1.78 > 1$

***Emniyet katsayısı 1 in üstünde. Hesaplara göre çubuk bozulmadan fonksiyonunu yerine getirir.***

### ***Kirişte ters sehim***

Yan boşluk değeri  $L_{CA} := 0.5 \cdot (L_K - L_{TA})$   $L_{CA} = 14.90 \text{ m}$

Kirişin kendi ağırlığının sehimi  $f_{Ki} := \frac{5 \cdot L_K^3 \cdot F_m \cdot n_2}{384 \cdot E_{dyn} \cdot J_{ySis}}$   $f_{Ki} = 9.63 \cdot \text{mm}$

Arabanın kendi ağırlığının sehimi  $f_A := \frac{F_A \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{48 \cdot E_{dyn} \cdot J_{ySis}}$   $f_A = 0.002 \text{ m}$

$$f_Y := \frac{F_Y \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{48 \cdot E_{dyn} \cdot J_{ySis}} \quad f_Y = 10.2 \cdot \text{mm}$$

Pratikte gerekli sehims katsayısı

$$k_{fpr} := 1200$$

Gerekli sehims

$$f_{prger} := \frac{1}{k_{fpr}} \cdot L_K$$

$$f_{prger} = 25.5 \cdot \text{mm}$$

Toplam Sehims

$$f_{Top} := f_{Ki} + f_A + f_Y$$

$$f_{Top} = 21.4 \cdot \text{mm}$$

**Ters Sehims**

$$f_{Ters} := f_{Ki} + f_A + 0.5 f_Y$$

$$f_{Ters} = 16.34 \cdot \text{mm}$$

Kiriş ortasına  $f_{Ters}$  kadar ters sehims verilir ve konstrüksiyona göre ters sehims uçlara doğru orantılı alınır.

**Sonuç:** *Hesaplara göre çubukların konstrüksiyonu seçilen ölçü ve şekilde yapmakta bir sakınca yoktur.*

**Konstrüksiyon Üretime vermeden önce kaynak bağlantılarını kontrol etmekte yarar vardır.**

SON