

Örnek 4c 500kN x 25m Çift Kiriş Gezer Köprü Vinci, KK Hafif 1 Takviyeli_a

Vinç := "500kN x 25m_hafif_1-takviyeli_Yüksek raylı"

Bilinen değerler:

Toplam kaldırma yükü

$$F_Y := 500 \cdot \text{kN}$$

Kaldırma hızı

$$v_H := 3 \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Kaldırma yüksekliği

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

Vincin ray açıklığı

$$L_K := 25 \cdot \text{m}$$

Köprü yürüme hızı

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

Araba ve Ceraskalın zati ağırlığı

$$F_A := 10 \cdot \text{kN}$$

Araba yürüme hızı

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

Araba tekerlek aks açıklığı

$$L_{TA} := 250 \cdot \text{cm}$$

Araba Tekerlek sayısı çiftkirişte 4, tek kirişte 2 verilir

$$n_{\text{Tek}} := 4$$

Gerekli sehim oranı

$$k_f := 1000$$

Vincin Yükleme ehali

$$Y_{\text{Ha}} := "H"$$

Vincin Kaldırma sınıfı "DIN 15018"

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

Vincin Yükleme Grubu "DIN 15018"

$$Y_{\text{Gr}} := "B3"$$

Çentik Grubu "DIN 15020"

$$Ç_{\text{Gr}} := "K3"$$

Vincin Tahrik Grubu "DIN 15020"

$$T_{\text{Gr}} := "1mA"$$

Gerekli sehim

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

$$f_{\text{ger}} = 25 \cdot \text{mm}$$

Dinamik katsayısı

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

$$\psi_K = 1.213$$

Öz ağırlık katsayısı

$$\phi := 1.1$$

Malzemenin mukavemet değerleri

Malzeme

$$\text{Malzeme} := "St 37(S235)"$$

Kopma mukavemeti

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

Akma mukavemeti

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

Elastiklik modülü

$$E_{\text{dyn}} := 210000 \cdot \text{MPa}$$

Poisson sayısı

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

Özgül ağırlığı

$$\rho_{\text{St}} := 0.00785 \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$$

Statik değerler :

I. Hal için

çekme

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

basma

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

kayma

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

Hesap için gerekli tekerlek kuvveti

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

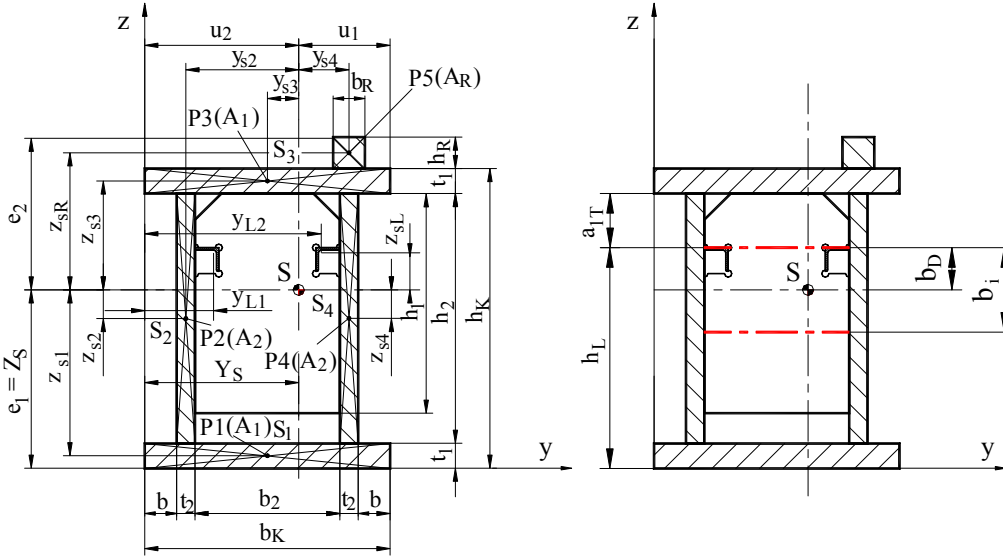
$$F_{\text{Tek}} = 154.4 \cdot \text{kN}$$

Gerekli atalet momenti

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

$$J_{\text{yger}} = 1886920 \cdot \text{cm}^4$$

Örnek 3 de yan plaka buruşmaya yeterli olmadığından aynı doneleri alıp takviye ekliyelim. Takviye ile buruşmayı önledik. Yorulma için etki alanını büyültmek için yüksek ray alalım ve kontrolümüzü yapalım.



$$h_2 := 1790 \cdot \text{mm}$$

$$b_1 := 990 \cdot \text{mm}$$

$$h_4 := h_2$$

$$b_3 := b_1$$

$$h_R := 60 \cdot \text{mm}$$

$$b_B := 40 \cdot \text{mm}$$

$$t_2 := 6 \cdot \text{mm}$$

$$t_1 := 10 \cdot \text{mm}$$

$$t_4 := t_2$$

$$t_3 := t_1$$

$$b_R := 60 \cdot \text{mm}$$

Perde yüksekliği

$$h_{\text{Per}} := h_2 - 50 \cdot \text{mm}$$

$$h_{\text{Per}} = 1740 \cdot \text{mm}$$

Perde eni

$$b_{\text{Per}} := b_1 - 2 \cdot b_B - t_2 - t_4$$

$$b_{\text{Per}} = 898 \cdot \text{mm}$$

Perde aralığı ve kalınlığı

$$L_{\text{Pe}} := 2 \cdot \text{m}$$

$$t_{\text{Per}} := t_2$$

$$t_{\text{Per}} = 6 \cdot \text{mm}$$

Z eksenli üst kuşak alt kenarı

$$h_Z := h_2 + t_1$$

$$h_Z = 180 \cdot \text{cm}$$

Kirişin tam yüksekliği

$$h_K := 2 \cdot t_1 + h_2 + h_R$$

$$h_K = 1870 \cdot \text{mm}$$

Köşebent kalınlığı

$$t_K := t_2$$

$$t_K = 6 \cdot \text{mm}$$

Takviye köşebent i

$$\text{KB} := "60 \times 60 \times 6"$$

Köşebent kenarı

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

Köşebent Alanı

$$A_{\text{KB}} := 691 \cdot \text{mm}^2$$

Köşebent birim ağırlığı

$$G_{\text{KB}} := 53.2 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

Köşebent e ölçüsü

$$y_{\text{Le}} := 1.69 \cdot \text{cm}$$

Köşebent sıra sayısı

$$n_z := 1$$

$$n_y := 2$$

Parçaların ve sistemin alanı:

$$A_1 := b_1 \cdot t_1 \quad A_1 = 99 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_2 := h_2 \cdot t_2$$

$$A_2 = 107 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_3 := b_3 \cdot t_3 \quad A_3 = 99 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_4 := h_4 \cdot t_4$$

$$A_4 = 107 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_R := h_R \cdot b_R \quad A_R = 36 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{\text{topKB}} := n_y \cdot n_z \cdot A_{\text{KB}}$$

$$A_{\text{topKB}} = 13.82 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{\text{top}} := A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_R + A_{\text{topKB}}$$

$$A_{\text{top}} = 462.62 \cdot \text{cm}^2$$

1. Bölge genişliği

$$a_{1T} := 500 \cdot \text{mm}$$

Parçaların ağırlık merkezlerinin koordinatları:

$Y_1 := 0.5 \cdot b_1$	$Y_1 = 49.5 \cdot \text{cm}$	$Z_1 := 0.5 \cdot t_1$	$Z_1 = 0.5 \cdot \text{cm}$
$Y_2 := b_B + 0.5 \cdot t_2$	$Y_2 = 4.3 \cdot \text{cm}$	$Z_2 := t_1 + 0.5 \cdot h_2$	$Z_2 = 90.5 \cdot \text{cm}$
$Y_3 := 0.5 \cdot b_3$	$Y_3 = 49.5 \cdot \text{cm}$	$Z_3 := t_1 + 0.5 \cdot t_3 + h_2$	$Z_3 = 180.5 \cdot \text{cm}$
$Y_4 := b_3 - b_B - 0.5 \cdot t_2$	$Y_4 = 94.7 \cdot \text{cm}$	$Z_4 := t_1 + 0.5 h_2$	$Z_4 = 90.5 \cdot \text{cm}$
$Y_R := b_3 - b_B - 0.5 \cdot t_4$	$Y_R = 94.7 \cdot \text{cm}$	$Z_R := t_1 + t_3 + h_2 + 0.5 \cdot h_R$	$Z_R = 184 \cdot \text{cm}$
$Y_{L1} := b_B + t_2 + b_{KB} - y_{Le}$	$Y_{L1} = 8.91 \cdot \text{cm}$	$Z_{L1} := h_Z - a_{1T} - y_{Le}$	$Z_{L1} = 1283.1 \cdot \text{mm}$
$Y_{L2} := b_1 - b_B - t_2 - b_{KB} + y_{Le}$	$Y_{L2} = 90.09 \cdot \text{cm}$		

Ağırlık merkezi koordinatları Y_S ve Z_S

$$Y_S := \frac{Y_1 \cdot A_1 + Y_2 \cdot A_2 + Y_3 \cdot A_3 + Y_4 \cdot A_4 + Y_R \cdot A_R + \eta_Z \cdot A_{KB} \cdot (Y_{L1} + Y_{L2})}{A_{\text{top}}}$$

$$Y_S = 53.02 \cdot \text{cm}$$

$$Z_S := \frac{Z_1 \cdot A_1 + Z_2 \cdot A_2 + Z_3 \cdot A_3 + Z_4 \cdot A_4 + Z_R \cdot A_R + \eta_Y \cdot A_{KB} \cdot Z_{L1}}{A_{\text{top}}}$$

$$Z_S = 98.91 \cdot \text{cm}$$

2. Bölge veya son bölge hakiki buruşma genişliği

2. Bölge genişliği	$a_{2T} := h_2 - a_{1T}$	$a_{2T} = 1290 \cdot \text{mm}$
$h_L := h_2 - a_{1T} + t_1$	$b_D := h_L - Z_S$	$b_i := 2 \cdot b_D$
$h_L = 130 \cdot \text{cm}$	$b_D = 31.1 \cdot \text{cm}$	$b_i = 62.2 \cdot \text{cm}$

Parçaların ağırlık merkezine uzaklıkları

$Y_{S1} := Y_S - Y_1$	$Y_{S1} = 3.5 \cdot \text{cm}$	$Z_{S1} := Z_S - Z_1$	$Z_{S1} = 98.4 \cdot \text{cm}$
$Y_{S2} := Y_S - Y_2$	$Y_{S2} = 48.7 \cdot \text{cm}$	$Z_{S2} := Z_S - Z_2$	$Z_{S2} = 8.4 \cdot \text{cm}$
$Y_{S3} := Y_S - Y_3$	$Y_{S3} = 3.5 \cdot \text{cm}$	$Z_{S3} := Z_S - Z_3$	$Z_{S3} = 81.6 \cdot \text{cm}$
$Y_{S4} := Y_S - Y_4$	$Y_{S4} = 41.68 \cdot \text{cm}$	$Z_{S4} := Z_S - Z_4$	$Z_{S4} = 8.41 \cdot \text{cm}$
$Y_{SR} := Y_S - Y_R$	$Y_{SR} = 41.68 \cdot \text{cm}$	$Z_{SR} := Z_S - Z_R$	$Z_{SR} = 85.09 \cdot \text{cm}$
$Y_{SL1} := Y_S - Y_{L1}$	$Y_{SL1} = 44.11 \cdot \text{cm}$	$Z_{SL1} := Z_S - Z_{L1}$	$Z_{SL1} = -29.4 \cdot \text{cm}$
$Y_{SL2} := Y_S - Y_{L2}$	$Y_{SL2} = -37.07 \cdot \text{cm}$		

Parçaların kendi atalet momentleri

$$I_{1Y} := \frac{b_1 \cdot t_1^3}{12} \quad I_{1Y} = 8.25 \cdot \text{cm}^4 \quad I_{2Y} := \frac{t_2 \cdot h_2^3}{12} \quad I_{2Y} = 286767 \cdot \text{cm}^4 \quad I_{KBY} := 10.95 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{3Y} := \frac{b_1 \cdot t_3^3}{12} \quad I_{3Y} = 8.25 \cdot \text{cm}^4 \quad I_{4Y} := \frac{t_4 \cdot h_4^3}{12} \quad I_{4Y} = 286767 \cdot \text{cm}^4 \quad I_{KBZ} := 10.95 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{RY} := \frac{b_R \cdot h_R^3}{12} \quad I_{RY} = 108 \cdot \text{cm}^4 \quad I_{RZ} := \frac{h_R \cdot b_R^3}{12} \quad I_{RZ} = 108 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{1Z} := \frac{t_1 \cdot b_1^3}{12} \quad I_{1Z} = 80858 \cdot \text{cm}^4 \quad I_{2Z} := \frac{h_2 \cdot t_2^3}{12} \quad I_{2Z} = 3.22 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{3Z} := \frac{t_3 \cdot b_1^3}{12} \quad I_{3Z} = 80858 \cdot \text{cm}^4 \quad I_{4Z} := \frac{h_4 \cdot t_4^3}{12} \quad I_{4Z} = 3.22 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin atalet momentleri

$$I_{Y1} := I_{1Y} + I_{2Y} + I_{3Y} + I_{4Y} + I_{RY} + n_y \cdot n_z \cdot I_{KB Y}$$

$$I_{Y1} = 573680 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Y2} := Z_{S1}^2 \cdot A_1 + Z_{S2}^2 \cdot A_2 + Z_{S3}^2 \cdot A_3 + Z_{S4}^2 \cdot A_4 + Z_{SR}^2 \cdot A_R + n_y A_{KB} \cdot Z_{SL1}^2$$

$$I_{Y2} = 1905593 \cdot \text{cm}^4$$

$$\text{Kirişin x-x eksenli atalet momenti} \quad I_Y := I_{Y1} + I_{Y2}$$

$$I_Y = 2479273 \cdot \text{cm}^4$$

$$J_{yger} = 1886920 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Z1} := I_{1Z} + I_{2Z} + I_{3Z} + I_{4Z} + I_{RZ} + n_y \cdot n_z \cdot I_{KB Z}$$

$$I_{Z1} = 161853 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Z2} := Y_{S1}^2 \cdot A_1 + Y_{S2}^2 \cdot A_2 + Y_{S3}^2 \cdot A_3 + Y_{S4}^2 \cdot A_4 + Y_{SR}^2 \cdot A_R + n_z \cdot A_{KB} \cdot (Y_{SL1}^2 + Y_{SL2}^2)$$

$$I_{Z2} = 529440 \cdot \text{cm}^4$$

$$\text{Kirişin y-y eksenli atalet momenti} \quad I_Z := I_{Z1} + I_{Z2}$$

$$I_Z = 691293 \cdot \text{cm}^4$$

Atalet dairesi yarı çapı

$$u_1 := Y_S$$

$$u_1 = 530.2 \cdot \text{mm}$$

$$e_1 := Z_S$$

$$e_1 = 98.9 \cdot \text{cm}$$

$$u_2 := b_3 - Y_S$$

$$u_2 = 459.8 \cdot \text{mm}$$

$$e_2 := h_K - e_1$$

$$e_2 = 88.1 \cdot \text{cm}$$

$$e_{\max} := \begin{cases} e_1 & \text{if } e_2 < e_1 \\ e_2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$e_{\max} = 98.9 \cdot \text{cm}$$

$$u_{\max} := \begin{cases} u_1 & \text{if } u_2 < u_1 \\ u_2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$u_{\max} = 53 \cdot \text{cm}$$

$$W_Y := \frac{I_Y}{e_{\max}}$$

$$W_Z := \frac{I_Z}{u_{\max}}$$

$$W_Y = 25067 \cdot \text{cm}^3$$

$$W_Z = 13039 \cdot \text{cm}^3$$

$$f_{ger} = 25 \cdot \text{mm}$$

Sehim kontrolü

$$\text{Hakiki sehim} \quad f_{Hes} := \frac{F_{Tek} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$$

$$f_{Hes} = 19 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Hakiki sehim oranı} \quad S_{fL} := L_K \cdot f_{Hes}^{-1}$$

$$S_{fL} = 1314$$

Kirişin birim ağırlığı "q_K"

Toleranslardan doğan farklılık

$$G_{Per} := h_{Per} \cdot b_{Per} \cdot t_{Per} \cdot \rho_{St} \cdot g$$

$$k_{KrTol} := 1.03$$

$$G_{Per} = 721.7 \cdot \text{N}$$

$$q_{K1} := A_{top} \cdot \rho_{St} \cdot g$$

$$q_{K1} = 3.6 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kirişin birim ağırlığı "q_K":

$$q_K := q_{K1} + G_{Per} \cdot L_{Pe}^{-1}$$

$$q_K = 3.9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

Bir kirişin toplam ağırlığı "F_K"

$$F_K := q_K \cdot L_K \cdot k_{KrTol}$$

$$F_K = 101.0 \cdot \text{kN}$$

Servis platformu birim ağırlığı "q_{SP}"

$$q_{SP} := 500 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kirişdeki normal gerilmeler

Vinç kirişinin öz ağırlığından oluşan gerilme "σ₁"

$$M_1 := \frac{\phi \cdot (q_K + q_{SP}) \cdot L_K^2}{8}$$

$$M_1 = 380 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_1 := \frac{M_1}{W_Y}$$

$$\sigma_1 = 15.2 \cdot \text{MPa}$$

Arabanın öz ağırlığından oluşan gerilme " σ_2 "

$$M_2 := \frac{F_A}{32 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2$$

$$M_2 = 28 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_2 := \frac{M_2}{W_Y}$$

$$\sigma_2 = 1.1 \cdot \text{MPa}$$

Kaldırma yükünden oluşan gerilme " σ_3 "

$$M_3 := \frac{\psi_K \cdot F_Y}{32 \cdot L_K} \cdot (2L_K - L_{TA})^2$$

$$M_3 = 1711 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_3 := \frac{M_3}{W_Y}$$

$$\sigma_3 = 68.2 \cdot \text{MPa}$$

Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilme " σ_4 "

$$\mu_T := 0.2$$

$$F_{TA} := 0.5q_K \cdot L_K + \frac{F_A}{4}$$

$$F_{TA} = 51.5 \cdot \text{kN}$$

$$F_{TY} := 1.5 \cdot \mu_T \cdot 2 \cdot F_{TA}$$

$$F_{TY} = 30.9 \cdot \text{kN}$$

$$M_4 := 0.075 \cdot L_K \cdot \left(q_K \cdot L_K + \frac{F_A}{2} \right)$$

$$M_4 = 193 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_4 := \frac{M_4}{W_Z}$$

$$\sigma_4 = 14.8 \cdot \text{MPa}$$

Araba kasılmasından oluşan gerilme " σ_5 "

$$M_5 := 0.05 \cdot L_{TA} \cdot (F_A + F_Y)$$

$$M_5 = 64 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_5 := \frac{M_5}{W_Z}$$

$$\sigma_5 = 4.9 \cdot \text{MPa}$$

H - Hali için vinç girişindeki normal gerilmeler σ_{\max} ve σ_{\min}

maksimum normal gerilme σ_{\max}

$$k_B := 1.05$$

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

$$\sigma_{\max} = 109 \cdot \text{MPa}$$

minimum normal gerilme σ_{\min}

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

$$\sigma_{\min} = 16 \cdot \text{MPa}$$

Genel sınır değerler oranı

$$k_{2\text{hes}} := \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

$$k_{2\text{hes}} = 0.15$$

Kirişteki kayma gerilmesi τ_{\max}

$$M_t := \frac{\psi_K \cdot F_Y + k_B \cdot F_A}{2} \cdot Y_{S4}$$

$$M_t = 128.6 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{Or} := (Y_{S2} + Y_{S4}) \cdot (Z_{S3} + Z_{S1})$$

$$A_{Or} = 16272 \cdot \text{cm}^2$$

$$\tau_{\max} := \frac{(\psi_K \cdot F_Y + k_B \cdot F_A)}{4 \cdot t_2} \cdot \left[\frac{Y_{S4} + 0.2 \cdot Z_{SR}}{(Y_{S2} + Y_{S4}) \cdot (Z_{S1} + Z_{S3})} + \frac{1}{h_2} \right] \quad \tau_{\max} = 23.6 \cdot \text{MPa}$$

Statik kontrol $\sigma_{\text{kar}} := \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3 \cdot \tau_{\max}^2}$ $\sigma_{\text{kar}} = 117 \cdot \text{MPa} < \sigma_{\text{StçEM}} = 160 \cdot \text{MPa}$

$$\frac{\sigma_{\text{StçEM}}}{\sigma_{\text{kar}}} = 1.369 > 1$$

Dinamik kontrol

FEM e göre dinamik değişken mukavemet değeri:

Kabul edilen gruplara göre: $Y_{\text{Gr}} = \text{"B3"}$ ve $\text{Çe}_{\text{Gr}} = \text{"K3"}$ için

$$\sigma_W := 125 \cdot \text{MPa}$$

$\kappa_0 := 0$ için değişken mukavemet değeri $\sigma_{\text{DçEM0}} := \frac{5}{3} \cdot \sigma_W$

$$\sigma_{\text{DçEM0}} = 208 \cdot \text{MPa}$$

$\kappa_{2\text{hes}} = 0.15$ için $\sigma_{\text{DçEM2}} := \frac{\sigma_{\text{DçEM0}}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{\text{DçEM0}}}{0.75 \cdot R_m}\right) \cdot \kappa_{2\text{hes}}}$

$$\sigma_{\text{DçEM2}} = 214 \cdot \text{MPa}$$

$$\frac{\sigma_{\text{DçEM2}}}{\sigma_{\text{kar}}} = 1.833 > 1$$

$\text{Çe}_{\text{Grx}} := \text{"K4"}$ için

$$\sigma_{Wx} := 75 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{DçEM0x}} := \frac{5}{3} \cdot \sigma_{Wx}$$

$$\sigma_{\text{DçEM0x}} = 125 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{DçEM24}} := \frac{\sigma_{\text{DçEM0x}}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{\text{DçEM0x}}}{0.75 \cdot R_m}\right) \cdot \kappa_{2\text{hes}}}$$

$$\sigma_{\text{DçEM24}} = 135 \cdot \text{MPa}$$

$$\frac{\sigma_{\text{DçEM24}}}{\sigma_{\text{kar}}} = 1.157 > 1$$

Çentik grubunu K4 almamıza rağmen hesaplar yeterli sonuç veriyor.

Emniyet katsayıları 1 den büyük olduğundan giriş fonksiyonunu yapar.

Sehim kontrolü ve ters sehim

Arabanın zati ağırlığından oluşan tekerlek yükü $F_{\text{ATek}} := 0.25 \cdot F_A$ $F_{\text{ATek}} = 2.5 \cdot \text{kN}$

Yükten oluşan tekerlek yükü $F_{\text{YTek}} := 0.25 \cdot F_Y$ $F_{\text{YTek}} = 125 \cdot \text{kN}$

Yan boşluk değeri $L_{\text{CA}} := 0.5 \cdot (L_K - L_{\text{TA}})$ $L_{\text{CA}} = 11.3 \cdot \text{m}$

Kirişin zati ağırlık sehim $f_{\text{Ki}} := \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot q_K}{384 \cdot E_{\text{dyn}} \cdot I_Y}$ $f_{\text{Ki}} = 3.83 \cdot \text{mm}$

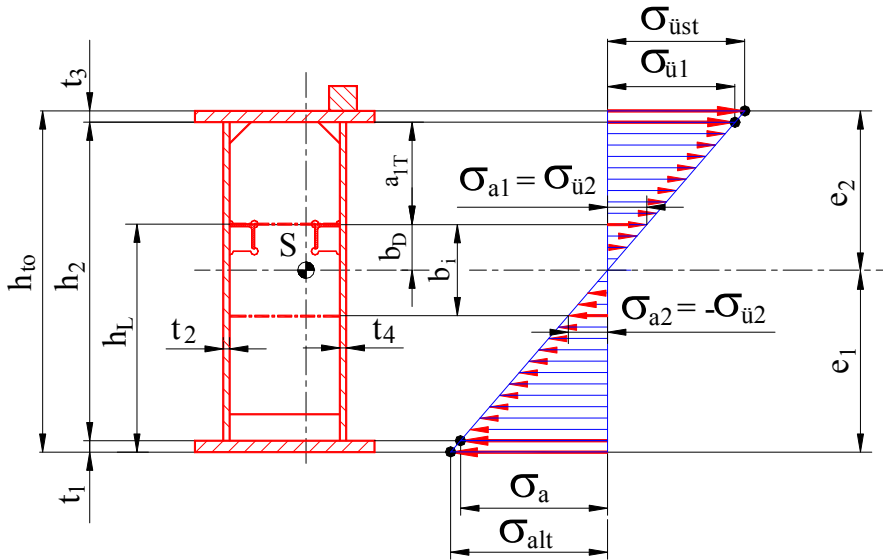
Arabanın zati ağırlık sehim $f_A := \frac{F_{\text{ATek}} \cdot L_{\text{CA}} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{\text{CA}}^2)}{24 \cdot E_{\text{dyn}} \cdot I_Y}$ $f_A = 0.03 \cdot \text{cm}$

Yükün sehim $f_Y := \frac{F_{YTek} \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{24 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$ $f_Y = 15.4 \cdot \text{mm}$

Toplam Sehim $f_{Top} := f_{Ki} + f_A + f_Y$ $f_{Top} = 2 \cdot \text{cm}$

Ters Sehim $f_{Ters} := f_{Ki} + f_A + 0.5f_Y$ $f_{Ters} = 12 \cdot \text{mm}$

Kiriş yan ve üst levhalarının buruşma kontrolü, DIN 18800 e göre



$$a_{1T} = 50 \cdot \text{cm}$$

$$a_{2T} = 129 \cdot \text{cm}$$

$$b_i = 62.2 \cdot \text{cm}$$

Bilinenler $Z_S = 989.1 \cdot \text{mm}$ $Y_S = 530.2 \cdot \text{mm}$ $F_Y = 500 \cdot \text{kN}$

$t_1 = 10 \cdot \text{mm}$ $t_2 = 6 \cdot \text{mm}$ $t_3 = 10 \cdot \text{mm}$ $t_4 = 6 \cdot \text{mm}$

$h_{to} := h_2 + t_1 + t_3$ $h_{to} = 1810 \cdot \text{mm}$ $h_{\bar{u}} := h_{to} - Z_S$ $h_{\bar{u}} = 820.9 \cdot \text{mm}$

Alt kuşakta alt gerilme

$$\sigma_{alt} := -\sigma_{max}$$

$$\sigma_{alt} = -109.5 \cdot \text{MPa}$$

Üst kuşakta üst gerilme

$$\sigma_{ust} := \frac{-\sigma_{alt}}{Z_S} \cdot h_{\bar{u}}$$

$$\sigma_{ust} = 90.9 \cdot \text{MPa}$$

1. Bölge üst gerilme

$$\sigma_{\bar{u}1} := \frac{(h_{\bar{u}} - t_3) \cdot \sigma_{ust}}{h_{\bar{u}}}$$

bası

$$\sigma_{\bar{u}1} = 89.7 \cdot \text{MPa}$$

1. Bölge alt gerilme

$$\sigma_{a1} := \frac{(h_{\bar{u}} - t_3 - a_{1T}) \cdot \sigma_{ust}}{h_{\bar{u}}}$$

bası

$$\sigma_{a1} = 34.4 \cdot \text{MPa}$$

2. Bölge üst gerilme

$$\sigma_{\bar{u}2} := \sigma_{a1}$$

$$\sigma_{\bar{u}2} = 34.4 \cdot \text{MPa}$$

2. Bölge alt gerilme

$$\sigma_{a2} := -\sigma_{\bar{u}2}$$

$$\sigma_{a2} = -34 \cdot \text{MPa}$$

Kayma gerilme

$$\tau_{max} = 23.6 \cdot \text{MPa}$$

DIN 18800'e göre yan levhada 1. bölge buruşma kontrolü:

Kenarlar oranı $\alpha_{V1} := \frac{L_{Pe}}{a_{1T}}$ $\alpha_{V1} = 4.000$

Sınır değerler oranı $\psi_1 := \frac{\sigma_{a1}}{\sigma_{\bar{u}1}}$ $\psi_1 = 0.38$

Normal buruşma katsayısı	$k_{\sigma 1} := \frac{8.4}{\psi_1 + 1.1}$	$k_{\sigma 1} = 5.7$
Kayma buruşma katsayısı	$k_{\tau 1} := 5.34 + \frac{4}{\alpha_{V1}^2}$	$k_{\tau 1} = 5.59$
Euler gerilmesi	$\sigma_{e1} := \frac{\pi^2 \cdot E_{dyn}}{12 \cdot (1 - \nu_{St}^2)} \cdot \left(\frac{t_2}{a_{1T}} \right)^2$	$\sigma_{e1} = 27.3 \cdot \text{MPa}$
İdeal buruşma normal gerilmesi	$\sigma_{Pi1} := k_{\sigma 1} \cdot \sigma_{e1}$	$\sigma_{Pi1} = 154.8 \cdot \text{MPa}$
İdeal buruşma kayma gerilmesi	$\tau_{Pi1} := k_{\tau 1} \cdot \sigma_{e1}$	$\tau_{Pi1} = 152.8 \cdot \text{MPa}$
Düzeltilmiş akma mukavemeti	$R_{eH} := R_e \cdot 1.1^{-1}$	$R_{eH} = 213.6 \cdot \text{MPa}$
Normal gerilme yardımcı faktörü	$\lambda_{18P\sigma 1} := \sqrt{\frac{R_{eH}}{\sigma_{Pi1}}}$	$\lambda_{18P\sigma 1} = 1.175$
Kayma gerilmesi yardımcı faktörü	$\lambda_{18P\tau 1} := \sqrt{\frac{R_{eH}}{\tau_{Pi1} \cdot \sqrt{3}}}$	$\lambda_{18P\tau 1} = 0.899$
Bölge düzeltme katsayısı	$c_{18Yx1} := 1.25 - 0.25 \cdot \psi_1$	
	$c_{18Y1} := \begin{cases} 1.25 & \text{if } c_{18Yx1} \geq 1.25 \\ c_{18Yx1} & \text{otherwise} \end{cases}$	$c_{18Y1} = 1.154$
Normal gerilme düzeltme faktörü	$\kappa_{\sigma 18x1} := c_{18Y1} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_{18P\sigma 1}} - \frac{0.22}{\lambda_{18P\sigma 1}^2} \right)$	
	$\kappa_{\sigma 181} := \begin{cases} 1.0 & \text{if } \kappa_{\sigma 18x1} \geq 1.0 \\ \kappa_{\sigma 18x1} & \text{otherwise} \end{cases}$	$\kappa_{\sigma 181} = 0.798$
Kayma gerilmesi düzeltme faktörü	$\kappa_{\tau 18x1} := \frac{0.84}{\lambda_{18P\tau 1}}$	
	$\kappa_{\tau 181} := \begin{cases} 1.0 & \text{if } \kappa_{\tau 18x1} \geq 1.0 \\ \kappa_{\tau 18x1} & \text{otherwise} \end{cases}$	$\kappa_{\tau 181} = 0.935$
Katsayılar	$e_{\sigma 11} := 1 + \kappa_{\sigma 181}^4$ $e_{\tau 31} := 1 + \kappa_{\sigma 181} \cdot \kappa_{\tau 181}^2$	$e_{\sigma 11} = 1.406$ $e_{\tau 31} = 1.698$
Genel kontrol	$S_{GenY1} := \left(\frac{\sigma_{ü1}}{\kappa_{\sigma 181} \cdot R_{eH}} \right)^{e_{\sigma 11}} + \left(\frac{\sqrt{3} \cdot \tau_{max}}{\kappa_{\tau 181} \cdot R_{eH}} \right)^{e_{\tau 31}}$	$S_{GenY1} = 0.473 < 1$

Sonuç: Yan levhanın 1. Bölgesinde DIN18800'e göre buruşma tehlikesi yoktur.

DIN 18800'e göre yan levhada 2. bölge buruşma kontrolü:

Kenarlar oranı	$\alpha_{2\sigma} := \frac{L_{Pe}}{b_i}$ $\alpha_{2\tau} := \frac{L_{Pe}}{a_{2T}}$	$\alpha_{2\sigma} = 3.216$ $\alpha_{2\tau} = 1.550$
----------------	--	---

2. Bölge üst gerilme

$$\sigma_{\dot{u}2} = 34.4 \cdot \text{MPa}$$

2. Bölge alt gerilme

$$\sigma_{a2} = -34 \cdot \text{MPa}$$

Sınır değerler oranı

$$\psi_2 := \frac{\sigma_{a2}}{\sigma_{\dot{u}2}}$$

$$\psi_2 = -1$$

Normal buruşma katsayısı

$$k_{\sigma 2} := 23.9$$

Kayma buruşma katsayısı

$$k_{\tau 2} := 5.34 + \frac{4}{\alpha_{2\sigma}}$$

$$k_{\tau 2} = 5.73$$

Euler gerilmesi

$$\sigma_{e2\sigma} := \frac{\pi^2 \cdot E_{\text{dyn}}}{12 \cdot (1 - \nu_{\text{St}}^2)} \cdot \left(\frac{t_2}{b_i} \right)^2$$

$$\sigma_{e2\sigma} = 17.7 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{e2\tau} := \frac{\pi^2 \cdot E_{\text{dyn}}}{12 \cdot (1 - \nu_{\text{St}}^2)} \cdot \left(\frac{t_2}{a_{2\tau}} \right)^2$$

$$\sigma_{e2\tau} = 4.1 \cdot \text{MPa}$$

İdeal buruşma normal gerilmesi

$$\sigma_{Pi2} := k_{\sigma 2} \cdot \sigma_{e2\sigma}$$

$$\sigma_{Pi2} = 422.2 \cdot \text{MPa}$$

İdeal buruşma kayma gerilmesi

$$\tau_{Pi2} := k_{\tau 2} \cdot \sigma_{e2\tau}$$

$$\tau_{Pi2} = 23.5 \cdot \text{MPa}$$

Düzeltilmiş akma mukavemeti

$$R_{eH} = 213.6 \cdot \text{MPa}$$

Normal gerilme yardımcı faktörü

$$\lambda_{18P\sigma 2} := \sqrt{\frac{R_{eH}}{\sigma_{Pi2}}}$$

$$\lambda_{18P\sigma 2} = 0.711$$

Kayma gerilmesi yardımcı faktörü

$$\lambda_{18P\tau 2} := \sqrt{\frac{R_{eH}}{\tau_{Pi2} \cdot \sqrt{3}}}$$

$$\lambda_{18P\tau 2} = 2.29$$

Bölge düzeltme katsayısı

$$c_{18Yx2} := 1.25 - 0.25 \cdot \psi_2$$

$$c_{18Y2} := \begin{cases} 1.25 & \text{if } c_{18Yx2} \geq 1.25 \\ c_{18Yx2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$c_{18Y2} = 1.250$$

Normal gerilme düzeltme faktörü

$$\kappa_{\sigma 18x2} := c_{18Y2} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_{18P\sigma 2}} - \frac{0.22}{\lambda_{18P\sigma 2}^2} \right)$$

$$\kappa_{\sigma 182} := \begin{cases} 1.0 & \text{if } \kappa_{\sigma 18x2} \geq 1.0 \\ \kappa_{\sigma 18x2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\kappa_{\sigma 182} = 1.000$$

Kayma gerilmesi düzeltme faktörü

$$\kappa_{\tau 18x2} := \frac{0.84}{\lambda_{18P\tau 2}}$$

$$\kappa_{\tau 182} := \begin{cases} 1.0 & \text{if } \kappa_{\tau 18x2} \geq 1.0 \\ \kappa_{\tau 18x2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\kappa_{\tau 182} = 0.367$$

Katsayılar $e_{\sigma 12} := 1 + \kappa_{\sigma 182}^4$

$$e_{\tau 32} := 1 + \kappa_{\sigma 182} \cdot \kappa_{\tau 182}^2$$

$$e_{\sigma 12} = 2 \quad e_{\tau 32} = 1.135$$

Genel kontrol

$$S_{GenY2} := \left(\frac{\sigma_{\text{ü1}}}{\kappa_{\sigma 182} \cdot R_{eH}} \right)^{e_{\sigma 12}} + \left(\frac{\sqrt{3} \cdot \tau_{\text{max}}}{\kappa_{\tau 182} \cdot R_{eH}} \right)^{e_{\tau 32}}$$

$S_{GenY2} = 0.655 < 1$

Sonuç: Yan levhanın 2. Bölgesinde DIN18800'e göre buruşma tehlikesi yoktur.

DIN 18800'e göre üst kuşak buruşma kontrolü:

Üst kuşak buruşma eni	$b_H := b_1 - 2 \cdot b_B - t_2$	$b_H = 904 \cdot \text{mm}$
Kenarlar oranı	$\alpha_H := \frac{L_{Pe}}{b_H}$	$\alpha_H = 2.212$
Üst kuşakta üst gerilme		$\sigma_{\text{üst}} = 91 \cdot \text{MPa}$
Üst ve alt gerilmeleri eşit olduğundan Sınır değerler oranı		$\psi_H := 1$
Normal gerilme buruşma faktörü	$k_{\sigma H} := \frac{8.4}{1.1 + \psi_H}$	$k_{\sigma H} = 4.000$
Kayma gerilmesi buruşma faktörü	$k_{\tau H} := 5.34 + \frac{4}{\alpha_H^2}$	$k_{\tau H} = 6.157$
Euler gerilmesi	$\sigma_{eH} := \frac{\pi^2 \cdot E_{\text{dyn}}}{12 \cdot (1 - \nu_{St}^2)} \cdot \left(\frac{t_3}{b_H} \right)^2$	$\sigma_{eH} = 23.2 \cdot \text{MPa}$
İdeal buruşma normal gerilmesi	$\sigma_{PiH} := k_{\sigma H} \cdot \sigma_{eH}$	$\sigma_{PiH} = 92.9 \cdot \text{MPa}$
İdeal buruşma kayma gerilmesi	$\tau_{PiH} := k_{\tau H} \cdot \sigma_{eH}$	$\tau_{PiH} = 143.0 \cdot \text{MPa}$
Normal gerilme yardımcı faktörü	$\lambda_{PH\sigma} := \sqrt{\frac{R_{eH}}{\sigma_{PiH}}}$	$\lambda_{PH\sigma} = 1.516$
Kayma gerilmesi yardımcı faktörü	$\lambda_{PH\tau} := \sqrt{\frac{R_{eH}}{\tau_{PiH} \cdot \sqrt{3}}}$	$\lambda_{PH\tau} = 0.929$
	$c_{HX} := 1.25 - 0.25 \cdot \psi_H$	
	$c_H := \begin{cases} 1.25 & \text{if } c_{HX} \geq 1.25 \\ c_{HX} & \text{otherwise} \end{cases}$	$c_H = 1.000$
Normal gerilme düzeltme faktörü	$\kappa_{\sigma HX} := c_H \cdot \left(\frac{1}{\lambda_{PH\sigma}} - \frac{0.22}{\lambda_{PH\sigma}^2} \right)$	$\kappa_{\sigma HX} = 0.564$
	$\kappa_{\sigma H} := \begin{cases} 1.0 & \text{if } \kappa_{\sigma HX} \geq 1.0 \\ \kappa_{\sigma HX} & \text{otherwise} \end{cases}$	$\kappa_{\sigma H} = 0.564$
Kayma gerilmesi düzeltme faktörü	$\kappa_{\tau HX} := \frac{0.84}{\lambda_{PH\tau}}$	$\kappa_{\tau HX} = 0.904$

$$\kappa_{\tau H} := \begin{cases} 1.0 & \text{if } \kappa_{\tau Hx} \geq 1.0 \\ \kappa_{\tau Hx} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \kappa_{\tau H} = 0.904$$

Kontrol

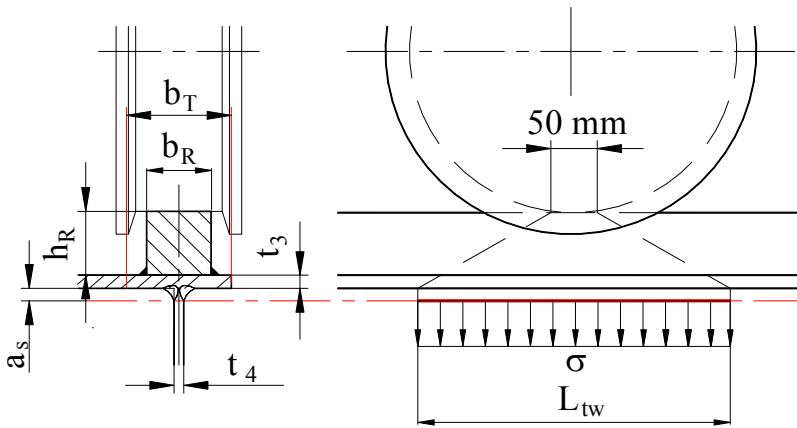
$$e_{H\sigma} := 1 + \kappa_{\sigma H}^4 \quad e_{H\sigma} = 1.101$$

$$e_{H\tau} := 1 + \kappa_{\sigma H} \cdot \kappa_{\tau H}^2 \quad e_{H\tau} = 1.461$$

$$S_H := \left(\frac{\sigma_{\text{üst}}}{\kappa_{\sigma H} \cdot R_{eH}} \right)^{e_{H\sigma}} + \left(\frac{\tau_{\text{max}} \cdot \sqrt{3}}{\kappa_{\tau H} \cdot R_{eH}} \right)^{e_{H\tau}} \quad S_H = 0.837 < 1$$

Sonuç: Kiriş üst kuşak levhasında DIN18800'e göre buruşma tehlikesi yoktur.

Yorulma kontrolleri



Kuvvetin etki boyu

$$L_{tw} := 2 \cdot (h_R + t_3) + 50 \cdot \text{mm}$$

$$L_{tw} = 190 \cdot \text{mm}$$

Yan plakada emniyetli tekerlek kuvveti

$$F_{\text{TekEM}} := \sigma_{D\check{C}EM24} \cdot L_{tw} \cdot t_4$$

$$F_{\text{TekEM}} = 154.2 \cdot \text{kN}$$

$$F_{\text{Tek}} = 154.4 \cdot \text{kN} < F_{\text{TekEM}} = 154.2 \cdot \text{kN} \quad \text{emniyetli kabul edelim}$$

Stabilite kontrolü:

Emniyet katsayısı

$$\gamma_{M1} := 1.05$$

Stabilite için emniyetli tekerlek kuvveti

$$F_{\text{TEMS}} = \frac{1}{\gamma_{M1}} \cdot 0.5 \cdot t_4^2 \cdot f_y \cdot \sqrt{\frac{E_{\text{dyn}} \cdot t_3}{R_e \cdot t_4}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \beta_4$$

$$b_T := 2 \cdot b_B + t_4$$

$$b_T = 86 \cdot \text{mm}$$

Taşıyıcı plakanın narınlığı

$$\beta_{1x} := \sqrt[4]{\frac{b_T}{10 \cdot t_3}}$$

$$\beta_1 := \begin{cases} 1.25 & \text{if } \beta_{1x} \geq 1.25 \\ \beta_{1x} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\beta_1 = 0.963$$

Tek taraflı yükde dikmenin narınlığı

$$\beta_{2x} := \sqrt{\frac{60 \cdot t_4}{h_2 - t_3}}$$

$$\beta_2 := \begin{cases} 1.0 & \text{if } \beta_{2x} \geq 1.0 \\ \beta_{2x} & \text{otherwise} \end{cases}$$

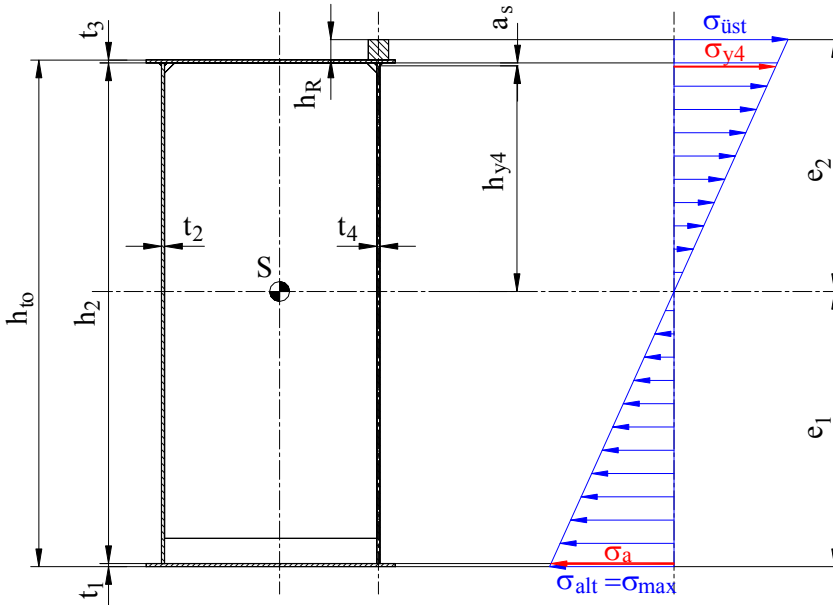
$$\beta_2 = 0.450$$

Kuvvet etkisinin faktörü

$$\beta_{3x} := 1 + \frac{L_{tw}}{h_2 - t_3}$$

$$\beta_3 := \begin{cases} 1.5 & \text{if } \beta_{3x} \geq 1.5 \\ \beta_{3x} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\beta_3 = 1.107$$



Üst plaka altı kaynak yüksekliği

$$a_s := \sqrt{2 \cdot 6^2} \cdot \text{mm}$$

$$a_s = 8.5 \cdot \text{mm}$$

$$h_{y4} := e_2 - h_R - t_3 - a_s$$

$$h_{y4} = 802.5 \cdot \text{mm}$$

Boyuna basma gerilmesi

$$\sigma_{y4} := \sigma_{\max} \cdot \frac{h_{y4}}{e_1}$$

$$\sigma_{y4} = 88.8 \cdot \text{MPa}$$

$$A_{Nd} := A_R + 2 \cdot b_T \cdot t_3 + t_4 \cdot h_4$$

$$\sigma_{Nd} := 0.2 \cdot F_{\text{Tek}} \cdot A_{Nd}^{-1}$$

$$\sigma_{\beta 4} = -91 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{\beta 4} := -(\sigma_{y4} + \sigma_{Nd})$$

Boyuna basma gerilmesi narinliği

$$\beta_{4x} := 1.5 - \frac{\sigma_{\beta 4} \cdot \gamma_{M1}}{R_e}$$

$$\beta_4 := \begin{cases} 1.0 & \text{if } \beta_{4x} \geq 1.0 \\ \beta_{4x} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\beta_4 = 1.000$$

Stabilite için emniyetli tekerlek kuvveti

$$F_{\text{TEMS}} := \frac{R_e}{2 \cdot \gamma_{M1}} \cdot t_4 \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{E_{\text{dyn}} \cdot t_3}{R_e \cdot t_4}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \beta_4$$

$$F_{\text{TEMS}} = 74.5 \cdot \text{kN}$$

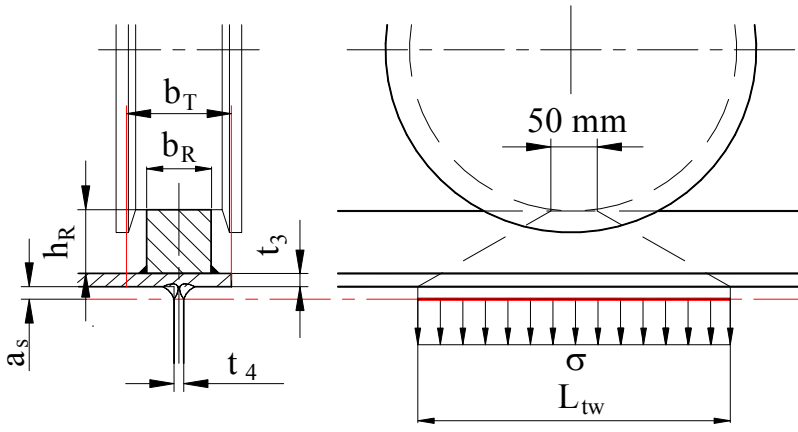
$$F_{\text{Tek}} = 154.4 \cdot \text{kN} >$$

$$F_{\text{TEMS}} = 74.5 \cdot \text{kN}$$

yetersiz

Üst ve yan plaka kaynak bağlantısı kontrolü:

L_{tw} boyunda gerilme



$$\sigma_Z := \frac{F_{\text{Tek}}}{L_{\text{tw}} \cdot t_4}$$

$$\sigma_Z = 135.44 \cdot \text{MPa}$$

Vincin kaldırma kapasitesi

$$F_Y = 500 \cdot \text{kN}$$

Komple başlık ağırlık kuvveti

$$F_{K0} := 10 \cdot \text{kN}$$

Bir kirişin ağırlık kuvveti

$$F_{Kr} = 221.99 \cdot \text{kN}$$

Vincin toplam ağırlık kuvveti

$$F_{Kr} := 2 \cdot (F_K + F_{K0})$$

Vincin kendi ağırlığının kaldırma yüküne oranı

$$k_G := \frac{F_{Kr} + F_A}{F_Y}$$

$$k_G = 0.46$$

Değişken gerilme farkı faktörü: $K_{a_{SI}} = \text{"H2"}$ ve $Y_{ü_{Gr}} = \text{"B3"}$ için

$$\lambda_1 := 0.37$$

Eşdeğer gerilme farkı

$$\Delta\sigma_{E3} := \lambda_1 \cdot \sigma_Z$$

$$\Delta\sigma_{E3} = 50.1 \cdot \text{MPa}$$

Yan ve üst plaka kaynak bağlantısı, elle iki taraflı devamlı, mukavemet değeri

$$\Delta\sigma_{C3} := 105 \cdot \text{MPa}$$

Yorulma mukavemeti karşı koyma faktörü

$$\gamma_{Mf} := 1.15$$

Yan ve üst plaka kaynak bağlantısındaki yerde emniyetli mukavemet değeri

$$\Delta\sigma_{3EM} := \frac{\Delta\sigma_{C3}}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_{3EM} = 91.3 \cdot \text{MPa}$$

$$\Delta\sigma_{E3} = 50.1 \cdot \text{MPa} < \Delta\sigma_{3EM} = 91.3 \cdot \text{MPa}$$

yeterli

Stabilitenin yetersiz olması yeni konstrüksiyona gitmemizi gerektiriyor.

SON