

Örnek 4a 500kN x 25m Çift Kiriş Gezer Köprü Vinci, KK Hafif

Vinç := "500kN x 25m_hafif"

Bilinen değerler:

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

$$F_A := 60 \cdot \text{kN}$$

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

$$Y_{\text{üHa}} := "H"$$

Vincin Kaldırma sınıfı "DIN 15018"

$$K_{aSl} := "H2"$$

Vincin Yükleme Grubu "DIN 15018"

$$Y_{\text{üGr}} := "B3"$$

Çentik Grubu "DIN 15020"

$$Ç_{eGr} := "K3"$$

Vincin Tahrik Grubu "DIN 15020"

$$T_{aGr} := "1mA"$$

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

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

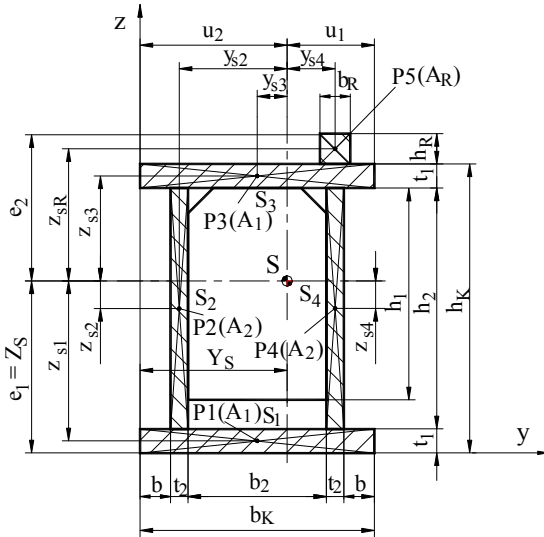
kayma

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

Hesap için gerekli tekerlek kuvveti $F_{Tek} := \frac{\psi_K \cdot F_Y + \phi \cdot F_A}{n_{Tek}}$ $F_{Tek} = 168150 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m} \cdot \text{kg}$

Gerekli atalet momenti $J_{yger} := \frac{F_{Tek} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E_{dyn} \cdot f_{ger}} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2]$ $J_{yger} = 2054958 \cdot \text{cm}^4$

Kutu kiriş değerleri



Yan plaka yükseliği, özel sipariş 1,8 m

$$h_2 := 1790 \cdot \text{mm} \quad h_4 := h_2$$

Yan plaka kalınlığı $t_{2x} := h_2 \cdot 125^{-1}$ $t_{2x} = 14.3 \cdot \text{mm}$

$$t_2 := 6 \cdot \text{mm} \quad t_4 := t_2$$

Alt ve üst kuşak genişliği, 1,0 m den 1 adet almak için

$$b_1 := 990 \cdot \text{mm} \quad b_3 := b_1$$

Üst ve alt kuşak kalınlığı

$$t_{3x} := 1.2 \cdot t_2 \quad t_{3x} = 7.2 \cdot \text{mm}$$

$$t_1 := 10 \cdot \text{mm} \quad t_3 := t_1$$

Ray ölçüleri

$$h_R := 40 \cdot \text{mm} \quad b_R := 60 \cdot \text{mm}$$

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

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

Kiriş konsolu genişliği

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

Perde eni

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

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

Perde aralığı ve kalınlığı

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

$$t_{Per} := t_2$$

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

Z eksenini üst kuşak alt kenarı

$$h_Z := h_2 + t_1$$

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

Kirişin tam yüksekliği

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

$$h_K = 1850 \cdot \text{mm}$$

Parçaların ve sistemin alanı:

$$A_1 := b_1 \cdot t_1$$

$$A_2 := h_2 \cdot t_2$$

$$A_1 = 99 \cdot \text{cm}^2$$

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

$$A_3 := b_3 \cdot t_3$$

$$A_4 := h_4 \cdot t_4$$

$$A_3 = 99 \cdot \text{cm}^2$$

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

$$A_R := h_R \cdot b_R$$

$$A_R = 24 \cdot \text{cm}^2$$

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

$$A_{top} = 436.8 \cdot \text{cm}^2$$

Parçaların ağırlık merkezlerinin koordinatları:

$$Y_1 := 0.5 \cdot b_1$$

$$Y_1 = 49.5 \cdot \text{cm}$$

$$Z_1 := 0.5 \cdot t_1$$

$$Z_1 = 0.5 \cdot \text{cm}$$

$$Y_2 := b_B + 0.5 \cdot t_2$$

$$Y_2 = 4.3 \cdot \text{cm}$$

$$Z_2 := t_1 + 0.5 \cdot h_2$$

$$Z_2 = 90.5 \cdot \text{cm}$$

$$Y_3 := 0.5 \cdot b_3$$

$$Y_3 = 49.5 \cdot \text{cm}$$

$$Z_3 := t_1 + 0.5 \cdot t_3 + h_2$$

$$Z_3 = 180.5 \cdot \text{cm}$$

$$Y_4 := b_3 - b_B - 0.5 \cdot t_2$$

$$Y_4 = 94.7 \cdot \text{cm}$$

$$Z_4 := t_1 + 0.5 \cdot h_2$$

$$Z_4 = 90.5 \cdot \text{cm}$$

$$Y_R := b_3 - b_B - 0.5 \cdot t_4$$

$$Y_R = 94.7 \cdot \text{cm}$$

$$Z_R := t_1 + t_3 + h_2 + 0.5 \cdot h_R$$

$$Z_R = 183 \cdot \text{cm}$$

Ağırlık merkezi koordinatları Y_S ve Z_S

$$Y_S := \frac{Y_1 \cdot A_1 + Y_2 \cdot A_2 + Y_3 \cdot A_3 + Y_4 \cdot A_4 + Y_R \cdot A_R}{A_{\text{top}}}$$

$$Y_S = 51.98 \cdot \text{cm}$$

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

$$Z_S = 95.58 \cdot \text{cm}$$

Parçaların ağırlık merkezine uzaklıkları

$$Y_{S1} := Y_S - Y_1$$

$$Z_{S1} := Z_S - Z_1$$

$$Y_{S1} = 2.5 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S1} = 95.1 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S2} := Y_S - Y_2$$

$$Z_{S2} := Z_S - Z_2$$

$$Y_{S2} = 47.7 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S2} = 5.1 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S3} := Y_S - Y_3$$

$$Z_{S3} := Z_S - Z_3$$

$$Y_{S3} = 2.5 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S3} = 84.9 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{S4} := Y_4 - Y_S$$

$$Z_{S4} := Z_{S2}$$

$$Y_{S4} = 42.72 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{S4} = 5.08 \cdot \text{cm}$$

$$Y_{SR} := Y_{S4}$$

$$Z_{SR} := Z_R - Z_S$$

$$Y_{SR} = 42.72 \cdot \text{cm}$$

$$Z_{SR} = 87.42 \cdot \text{cm}$$

Parçaların kendi atalet momentleri

$$I_{1Y} := \frac{b_1 \cdot t_1^3}{12}$$

$$I_{2Y} := \frac{t_2 \cdot h_2^3}{12}$$

$$I_{1Y} = 8.25 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{2Y} = 286767 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{3Y} := \frac{b_1 \cdot t_3^3}{12}$$

$$I_{4Y} := \frac{t_4 \cdot h_4^3}{12}$$

$$I_{3Y} = 8.25 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{4Y} = 286767 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{RY} := \frac{b_R \cdot h_R^3}{12}$$

$$I_{RZ} := \frac{h_R \cdot b_R^3}{12}$$

$$I_{RY} = 32 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{RZ} = 72 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{1Z} := \frac{t_1 \cdot b_1^3}{12}$$

$$I_{2Z} := \frac{h_2 \cdot t_2^3}{12}$$

$$I_{1Z} = 80858 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{2Z} = 3.22 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{3Z} := \frac{t_3 \cdot b_1^3}{12}$$

$$I_{4Z} := \frac{h_4 \cdot t_4^3}{12}$$

$$I_{3Z} = 80858 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{4Z} = 3.22 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin atalet momentleri

$$I_{Y1} := I_{1Y} + I_{2Y} + I_{3Y} + I_{4Y} + I_{RY}$$

$$I_{Y1} = 573582 \cdot \text{cm}^4$$

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

$$I_{Y2} = 1797867 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin x-x eksenli atalet momenti

$$I_Y := I_{Y1} + I_{Y2}$$

$$I_Y = 2371449 \cdot \text{cm}^4$$

$$J_{yger} = 2054958 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Z1} := I_{1Z} + I_{2Z} + I_{3Z} + I_{4Z} + I_{RZ}$$

$$I_{Z1} = 161795 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{Z2} := Y_{S1}^2 \cdot A_1 + Y_{S2}^2 \cdot A_2 + Y_{S3}^2 \cdot A_3 + Y_{S4}^2 \cdot A_4 + Y_{SR}^2 \cdot A_R$$

$$I_{Z2} = 485184 \cdot \text{cm}^4$$

Kirişin y-y eksenli atalet momenti

$$I_Z := I_{Z1} + I_{Z2}$$

$$I_Z = 646979 \cdot \text{cm}^4$$

Atalet dairesi yarı çapı

$$\begin{aligned}
 u_1 &:= Y_S & e_1 &:= Z_S & u_1 &= 519.8 \cdot \text{mm} & e_1 &= 95.6 \cdot \text{cm} \\
 u_2 &:= b_3 - Y_S & e_2 &:= h_K - e_1 & u_2 &= 470.2 \cdot \text{mm} & e_2 &= 89.4 \cdot \text{cm} \\
 e_{\max} &:= \begin{cases} e_1 & \text{if } e_2 < e_1 \\ e_2 & \text{otherwise} \end{cases} & & & & & e_{\max} &= 95.6 \cdot \text{cm} \\
 u_{\max} &:= \begin{cases} u_1 & \text{if } u_2 < u_1 \\ u_2 & \text{otherwise} \end{cases} & & & & & u_{\max} &= 52 \cdot \text{cm} \\
 W_Y &:= \frac{I_Y}{e_{\max}} & W_Z &:= \frac{I_Z}{u_{\max}} & W_Y &= 24811 \cdot \text{cm}^3 & W_Z &= 12446 \cdot \text{cm}^3
 \end{aligned}$$

Sehim kontrolü

$$\begin{aligned}
 \text{Hakiki sehim} & & f_{\text{Hes}} &:= \frac{F_{\text{Tek}} \cdot (L_K - L_{TA})}{48 \cdot E_{\text{dyn}} \cdot I_Y} \cdot [3 \cdot L_K^2 - (L_K - L_{TA})^2] & f_{\text{Hes}} &= 21.7 \cdot \text{mm} \\
 \text{Hakiki sehim oranı} & & S_{fL} &:= L_K \cdot f_{\text{Hes}}^{-1} & S_{fL} &= 1154
 \end{aligned}$$

Kirişin birim ağırlığı "q_K"

Toleranslardan doğan farklılık

$$\begin{aligned}
 G_{\text{Per}} &:= h_{\text{Per}} \cdot b_{\text{Per}} \cdot t_{\text{Per}} \cdot \rho_{\text{St}} \cdot g & k_{K\text{rTol}} &:= 1.03 & G_{\text{Per}} &= 721.7 \cdot \text{N} \\
 q_{K1} &:= A_{\text{top}} \cdot \rho_{\text{St}} \cdot g & & & q_{K1} &= 3.4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1} \\
 \text{Kirişin birim ağırlığı "q_K":} & & q_K &:= q_{K1} + G_{\text{Per}} \cdot L_{\text{Pe}}^{-1} & q_K &= 3.7 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1}
 \end{aligned}$$

Bir kirişin toplam ağırlığı "F_K"

$$F_K := q_K \cdot L_K \cdot k_{K\text{rTol}} \quad F_K = 95.9 \cdot \text{kN}$$

Servis platformu birim ağırlığı "q_{SP}"

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

Kirisindeki normal gerilmelerVinç kirisinin öz ağırlığından oluşan gerilme "σ₁"

$$\begin{aligned}
 M_1 &:= \frac{\phi \cdot (q_K + q_{\text{SP}}) \cdot L_K^2}{8} & M_1 &= 362952 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{m} \\
 \sigma_1 &:= \frac{M_1}{W_Y} & \sigma_1 &= 1462.9 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}
 \end{aligned}$$

Arabanın öz ağırlığından oluşan gerilme "σ₂"

$$\begin{aligned}
 M_2 &:= \frac{F_A}{32 \cdot L_K} \cdot (2 \cdot L_K - L_{TA})^2 & M_2 &= 169219 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{m} \\
 \sigma_2 &:= \frac{M_2}{W_Y} & \sigma_2 &= 682 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}
 \end{aligned}$$

Kaldırma yükünden oluşan gerilme " σ_3 "

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

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

$$M_3 = 1410 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_3 = 56.8 \cdot \text{MPa}$$

Atalet kuvvetlerinden oluşan gerilme " σ_4 "

$$\mu_T := 0.2$$

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

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

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

$$\sigma_4 := \frac{0.075 \cdot L_K}{W_Z} \cdot \left(\phi \cdot q_K \cdot L_K + \frac{F_A}{2} \right)$$

$$F_{TA} = 61.5 \cdot \text{kN}$$

$$F_{TY} = 36.9 \cdot \text{kN}$$

$$M_4 = 231 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_4 = 19.9 \cdot \text{MPa}$$

Araba kasılmasından oluşan gerilme " σ_5 "

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

$$\sigma_5 := \frac{0.05 \cdot L_{TA}}{W_Z} \cdot (F_A + F_Y)$$

$$M_5 = 70 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_5 = 5.6 \cdot \text{MPa}$$

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

maksimum normal gerilme σ_{\max} $\text{Yü}_{Gr} = "B3"$ için

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

$$k_B := 1.05$$

$$\sigma_{\max} = 122 \cdot \text{MPa}$$

minimum normal gerilme σ_{\min}

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

$$\sigma_{\min} = 21 \cdot \text{MPa}$$

Genel sınır değerler oranı

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

$$k_{2hes} = 0.18$$

Kirişteki kayma gerilmesi τ_{\max}

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

$$M_t = 143 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

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

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

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

$$\tau_{\max} = 25.9 \cdot \text{MPa}$$

Statik kontrol

$$\sigma_{kar} := \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3 \cdot \tau_{\max}^2}$$

$$\sigma_{kar} = 130 \cdot \text{MPa} <$$

$$\sigma_{St\check{c}EM} = 160 \cdot \text{MPa}$$

$$\frac{\sigma_{St\check{c}EM}}{\sigma_{kar}} = 1.233 > 1$$

Dinamik kontrol

FEM e göre dinamik değişken mukavemet değeri:

Yükleme grubu $Y_{Gr} = "B3"$ ve $\zeta_{Gr} = "K3"$ için

$$\kappa_{2hes} = 0.18$$

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

$\kappa_0 := 0$ için değişken mukavemet değeri $\sigma_{D\zeta EM0} := \frac{5}{3} \cdot \sigma_W$

$$\sigma_{D\zeta EM0} = 208 \cdot \text{MPa}$$

$$\kappa_{2hes} = 0.18 \text{ için } \sigma_{D\zeta EM2} := \frac{\sigma_{D\zeta EM0}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{D\zeta EM0}}{0.75 \cdot R_m}\right) \cdot \kappa_{2hes}}$$

$$\sigma_{D\zeta EM2} = 215 \cdot \text{MPa}$$

$$\frac{\sigma_{D\zeta EM2}}{\sigma_{kar}} = 1.659 > 1$$

$\zeta_{Grx} := "K4"$ için

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

$$\sigma_{D\zeta EM0x} := \frac{5}{3} \cdot \sigma_{Wx}$$

$$\sigma_{D\zeta EM0x} = 125 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{D\zeta EM24} := \frac{\sigma_{D\zeta EM0x}}{1 - \left(1 - \frac{\sigma_{D\zeta EM0x}}{0.75 \cdot R_m}\right) \cdot \kappa_{2hes}}$$

$$\sigma_{D\zeta EM24} = 137 \cdot \text{MPa}$$

$$\frac{\sigma_{D\zeta EM24}}{\sigma_{kar}} = 1.058 > 1$$

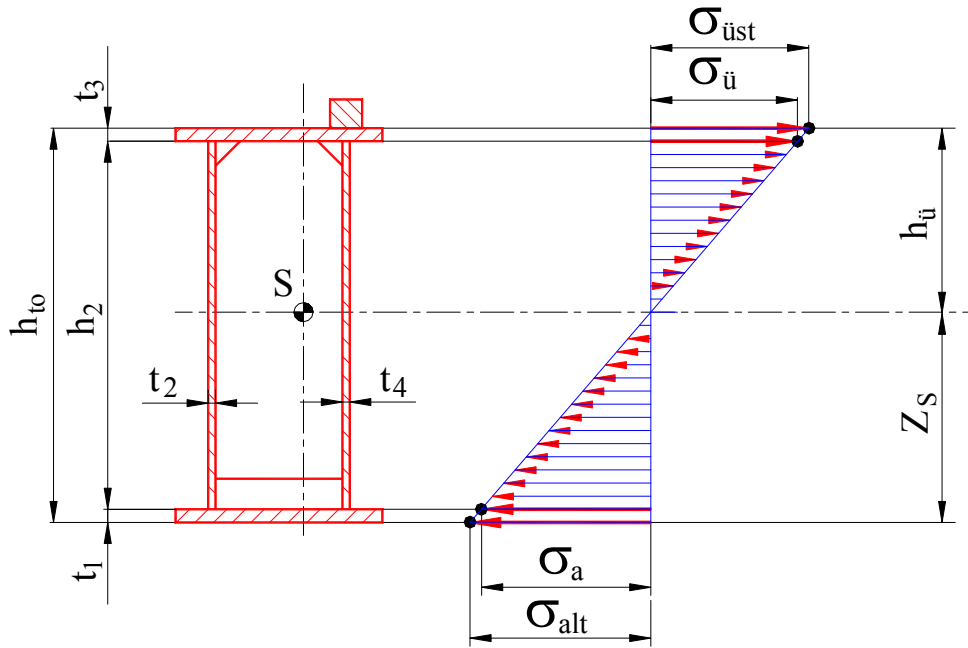
Çentik grubunu K4 almamıza rağmen hesaplar yeterli sonuç veriyor.

Emniyet katsayıları 1 den büyük olduğundan kiriş fonksiyonunu yapar.

Sehim kontrolü ve ters sehim

Arabanın zati ağırlığından oluşan tekerlek yükü	$F_{ATek} := 0.25 \cdot F_A$	$F_{ATek} = 15000 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m} \cdot \text{kg}$
Yükten oluşan tekerlek yükü	$F_{YTEk} := 0.25 \cdot F_Y$	$F_{YTEk} = 125000 \text{ s}^{-2} \cdot \text{m} \cdot \text{kg}$
Yan boşluk değeri	$L_{CA} := 0.5 \cdot (L_K - L_{TA})$	$L_{CA} = 11.3 \text{ m}$
Kirişin zati ağırlık sehim i	$f_{Ki} := \frac{5 \cdot L_K^4 \cdot q_K}{384 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$	$f_{Ki} = 3.8 \cdot \text{mm}$
Arabanın zati ağırlık sehim i	$f_A := \frac{F_{ATek} \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{24 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$	$f_A = 0.19 \cdot \text{cm}$
Yükün sehim i	$f_Y := \frac{F_{YTEk} \cdot L_{CA} \cdot (3 \cdot L_K^2 - 4 \cdot L_{CA}^2)}{24 \cdot E_{dyn} \cdot I_Y}$	$f_Y = 16.1 \cdot \text{mm}$
Toplam Sehim	$f_{Top} := f_{Ki} + f_A + f_Y$	$f_{Top} = 2.2 \cdot \text{cm}$
Ters Sehim	$f_{Ters} := f_{Ki} + f_A + 0.5f_Y$	$f_{Ters} = 14 \cdot \text{mm}$

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



Bilinenler	$Z_S = 955.8 \cdot \text{mm}$	$Y_S = 519.8 \cdot \text{mm}$	$h_2 = 179 \cdot \text{cm}$	$F_Y = 500 \cdot \text{kN}$
	$t_1 = 10 \cdot \text{mm}$	$t_2 = 6 \cdot \text{mm}$	$t_3 = 10 \cdot \text{mm}$	$t_4 = 6 \cdot \text{mm}$
	$h_{t0} := h_2 + t_1 + t_3$	$h_{t0} = 1810 \cdot \text{mm}$	$h_u := h_{t0} - Z_S$	$h_u = 854.2 \cdot \text{mm}$

Alt kuşakta alt gerilme	$\sigma_{\text{alt}} := -\sigma_{\text{max}}$	çekme	$\sigma_{\text{alt}} = -121.8 \cdot \text{MPa}$
Yanplaka alt gerilme	$\sigma_{aY} := \frac{\sigma_{\text{alt}}}{Z_S} \cdot (Z_S - t_1)$	basma	$\sigma_{aY} = -120.5 \cdot \text{MPa}$
Üst kuşakta üst gerilme	$\sigma_{\text{üst}} := \frac{-\sigma_{\text{alt}}}{e_1} \cdot e_2$	basma	$\sigma_{\text{üst}} = 114 \cdot \text{MPa}$
Yanplaka üst gerilme	$\sigma_{uY} := \frac{(h_u - t_3) \cdot \sigma_{\text{üst}}}{h_u}$	çekme	$\sigma_{uY} = 112.6 \cdot \text{MPa}$
Kayma gerilme			$\tau_{\text{max}} = 25.9 \cdot \text{MPa}$

DIN 18800'e göre yan levhada buruşma kontrolü:

Kenarlar oranı	$\alpha_{V1} := \frac{L_{Pe}}{h_2}$	$\alpha_{V1} = 1.117$
Sınır değerler oranı	$\psi_1 := \frac{\sigma_{uY}}{\sigma_{aY}}$	$\psi_1 = -0.93$
Euler gerilmesi	$\sigma_{e1} := \frac{\pi^2 \cdot E_{\text{dyn}}}{12 \cdot (1 - \nu_{St}^2)} \cdot \left(\frac{t_2}{h_2}\right)^2$	$\sigma_{e1} = 2 \cdot \text{MPa}$

Normal buruşma katsayısı	$k_{\sigma 1} := 7.636 - 6.264 \cdot \psi_1 + 10 \cdot \psi_1^2$	$k_{\sigma 1} = 22.22$
Kayma buruşma katsayısı	$k_{\tau 1} := 5.34 + \frac{4}{\alpha_{V1}}$	$k_{\tau 1} = 8.54$
İdeal buruşma normal gerilmesi	$\sigma_{Pi} := k_{\sigma 1} \cdot \sigma_{e1}$	$\sigma_{Pi} = 47.4 \cdot \text{MPa}$
İdeal buruşma kayma gerilmesi	$\tau_{Pi} := k_{\tau 1} \cdot \sigma_{e1}$	$\tau_{Pi} = 18.2 \cdot \text{MPa}$
Düzeltilmiş akma mukavemeti	$R_{eH} := R_e \cdot 1.1^{-1}$	$R_{eH} = 213.6 \cdot \text{MPa}$
Normal gerilme yardımcı faktörü	$\lambda_{18P\sigma} := \sqrt{\frac{R_{eH}}{\sigma_{Pi}}}$	$\lambda_{18P\sigma} = 2.123$
Kayma gerilmesi yardımcı faktörü	$\lambda_{18P\tau} := \sqrt{\frac{R_{eH}}{\tau_{Pi} \cdot \sqrt{3}}}$	$\lambda_{18P\tau} = 2.602$
Bölge düzeltme katsayısı	$c_{18Yx} := 1.25 - 0.25 \cdot \psi_1$	$c_{18Yx} = 1.484$
	$c_{18Y} := \begin{cases} 1.25 & \text{if } c_{18Yx} \geq 1.25 \\ c_{18Yx} & \text{otherwise} \end{cases}$	$c_{18Y} = 1.250$
Normal gerilme düzeltme faktörü	$\kappa_{\sigma 18x} := c_{18Y} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_{18P\sigma}} - \frac{0.22}{\lambda_{18P\sigma}^2} \right)$	
	$\kappa_{\sigma 18} := \begin{cases} 1.0 & \text{if } \kappa_{\sigma 18x} \geq 1.0 \\ \kappa_{\sigma 18x} & \text{otherwise} \end{cases}$	$\kappa_{\sigma 18} = 0.528$
Kayma gerilmesi düzeltme faktörü	$\kappa_{\tau 18x} := \frac{0.84}{\lambda_{18P\tau}}$	
	$\kappa_{\tau 18} := \begin{cases} 1.0 & \text{if } \kappa_{\tau 18x} \geq 1.0 \\ \kappa_{\tau 18x} & \text{otherwise} \end{cases}$	$\kappa_{\tau 18} = 0.323$
Katsayılar	$e_{\sigma 11} := 1 + \kappa_{\sigma 18}^4$ $e_{\tau 31} := 1 + \kappa_{\sigma 18} \cdot \kappa_{\tau 18}^2$	$e_{\sigma 11} = 1.078$ $e_{\tau 31} = 1.055$
Genel kontrol	$S_{GenY1} := \left(\frac{\sigma_{üY}}{\kappa_{\sigma 18} \cdot R_{eH}} \right)^{e_{\sigma 11}} + \left(\frac{\sqrt{3} \cdot \tau_{max}}{\kappa_{\tau 18} \cdot R_{eH}} \right)^{e_{\tau 31}}$	$S_{GenY1} = 1.634 > 1$

Sonuç: Kiriş yan levhasında DIN18800'e göre buruşma tehlikesi vardır. Konstrüksiyon böyle yapılamaz.

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 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	$\sigma_{eH} := \frac{\pi^2 \cdot E_{dyn}}{12 \cdot (1 - \nu_{St}^2)} \cdot \left(\frac{t_3}{b_H}\right)^2$	$\sigma_{eH} = 23.2 \cdot \text{MPa}$
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	$\kappa_{\tau Hx} := \frac{0.84}{\lambda_{PH\tau}}$	$\kappa_{\tau Hx} = 0.904$
	$\kappa_{\tau H} := \begin{cases} 1.0 & \text{if } \kappa_{\tau Hx} \geq 1.0 \\ \kappa_{\tau Hx} & \text{otherwise} \end{cases}$	$\kappa_{\tau H} = 0.904$
Kontrol	$e_{H\sigma} := 1 + \kappa_{\sigma H}^4$ $e_{H\sigma} = 1.101$ $e_{H\tau} := 1 + \kappa_{\sigma H} \cdot \kappa_{\tau H}^2$	$e_{H\tau} = 1.461$
	$S_H := \left(\frac{\sigma_{üst}}{\kappa_{\sigma H} \cdot R_{eH}} \right)^{e_{H\sigma}} + \left(\frac{\tau_{max} \cdot \sqrt{3}}{\kappa_{\tau H} \cdot R_{eH}} \right)^{e_{H\tau}}$	$S_H = 1.059 > 1$

Sonuç: Kiriş üst kuşak levhasında DIN18800'e göre buruşma tehlikesi vardır.
Konstrüksiyon böyle yapılamaz.
Daha fazla hesap yapmayada gerek yoktur.

SON
