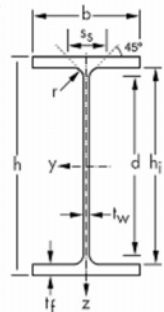


B PRIEDAS

B.1 4 klasės kintančio skerspjūvio skaičiavimo algoritmo pavyzdys



Skerspjūvio aukštis:

$$h := 1000 \text{ mm}$$

$$h_{\min} := 500 \text{ mm}$$

Skerspjūvio plotis:

$$b := 200 \text{ mm}$$

$$b_f := 200 \text{ mm}$$

Juostos storis:

$$t_f := 12 \text{ mm}$$

Sienutės storis:

$$t_w := 5 \text{ mm}$$

Suapvalinimo spindulys:

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

Sienutės aukštis:

$$d := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot a_w = 0.968 \text{ m}$$

Skerspjūvio plotas:

$$A_s := t_w \cdot h + 2 \cdot t_f \cdot b_f = 9.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Plieno charakteristikos:

Plieno klasė:

Tamprusis Puasono koeficientas:

$$f_{yb} := 335 \text{ MPa}$$

$$\nu := 0.3$$

Plieno tamprumo modulis

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$q_{\text{plieno}} := 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Saugos koeficientai:

$$\gamma_0 := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1.1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

Elemento geometrija:

$$L_w := 16.86 \text{ m}$$

2. Skerspjūvio klasės nustatymas

Koeficientas priklausantis nuo plieno stiprio pagal takumo ribą:

$$\epsilon_{yk} := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_{yb}}} = 0.838$$

2.1 Skerspjūvio juostos klasė

Skerspjūvio gniuždomos dalies plotis: Skerspjūvio gniuždomos dalies pločio ir storio santykis:

$$c_f := \frac{(b - t_w)}{2} - a_w = 93.5 \text{ mm} \quad \frac{c_f}{t_f} = 7.792$$

$$\text{Juostos}_{\text{klasė}} := \begin{cases} 1 & \text{if } \frac{c_f}{t_f} \leq 33 \cdot \epsilon \\ 2 & \text{if } 33 \cdot \epsilon < \frac{c_f}{t_f} \leq 38 \cdot \epsilon \\ 3 & \text{if } 38 \cdot \epsilon < \frac{c_f}{t_f} \leq 42 \cdot \epsilon \\ 4 & \text{if } 42 \cdot \epsilon < \frac{c_f}{t_f} \end{cases}$$

$$\text{Juostos}_{\text{klasė}} = 1$$

2.2 Skerspjūvio sienutės klasė

Skerspjūvio gniuždomos dalies plotis: Skerspjūvio gniuždomos dalies pločio ir storio santykis:

$$c_w := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot a_w = 968 \text{ mm} \quad \frac{c_w}{t_w} = 193.6$$

$$\text{Sienelės}_{\text{klasė}} := \begin{cases} 1 & \text{if } \frac{c_w}{t_w} \leq 72 \cdot \epsilon \\ 2 & \text{if } 72 \cdot \epsilon < \frac{c_w}{t_w} \leq 83 \cdot \epsilon \\ 3 & \text{if } 83 \cdot \epsilon < \frac{c_w}{t_w} \leq 124 \cdot \epsilon \\ 4 & \text{if } 124 \cdot \epsilon < \frac{c_w}{t_w} \end{cases}$$

$$\text{Sienelės}_{\text{klasė}} = 4$$

2.3 Bendra skerspjūvio klasė:

$$\text{Skerspjūvio}_{\text{klasė}} := \begin{cases} 1 & \text{if } \max(\text{Sienelės}_{\text{klasė}}, \text{Juostos}_{\text{klasė}}) = 1 \\ 2 & \text{if } \max(\text{Sienelės}_{\text{klasė}}, \text{Juostos}_{\text{klasė}}) = 2 \\ 3 & \text{if } \max(\text{Sienelės}_{\text{klasė}}, \text{Juostos}_{\text{klasė}}) = 3 \\ 4 & \text{if } \max(\text{Sienelės}_{\text{klasė}}, \text{Juostos}_{\text{klasė}}) = 4 \end{cases}$$

$$\text{Skerspjūvio}_{\text{klasė}} = 4$$

Duotos įrašos:

Maksimalus lenkimo momentas ties atrama:

Ašinė jėga:

$$M_{\text{Edy.1}} := 524 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\text{Ed.1}} := 205 \text{ kN}$$

Maksimali skersinė jėga ties atrama:

Lokali skersinė jėga:

$$V_{\text{Ed.1}} := 114 \text{ kN} \quad h_w := h - 2 \cdot t_f = 0.976 \text{ m}$$

$$F_{\text{Ed}} := 114 \text{ kN}$$

Veikianti skersinė jėga:

Lenkimo momentas:

$$V_{\text{Ed.2}} := V_{\text{Ed.1}} = 1.14 \times 10^5 \text{ N}$$

$$M_{\text{Edy.2}} := M_{\text{Edy.1}} = 5.24 \times 10^5 \text{ J}$$

Kintančio 2'tėjo skerspjūvio charakteristikų nustatymas:

$$h_{ww} := h - 2 \cdot t_f = 0.976 \text{ m}$$

Ekvivalentūs sijos rodikliai: sienelės aukštis ir atstumas tarp juostų svorių centrų:

$$h_{w\max} := h - 2 \cdot t_f = 976 \text{ mm} \quad h_{w\min} := h_{\min} - 2 \cdot t_f = 476 \text{ mm}$$

$$h_{f\max} := h - t_f = 988 \text{ mm} \quad h_{f\min} := h_{\min} - t_f = 488 \text{ mm}$$

$$\gamma := \frac{h_{\min}}{h} \quad h_{eq} := h \cdot \sqrt{0.283 + 0.434 \gamma + 0.283 \gamma^2} = 0.755 \text{ m}$$

$$h_{weq} := h_{eq} - 2 \cdot t_f = 0.731 \text{ m}$$

Inercijos momentas apie y-y ašį:

$$I_{y\max} := \frac{t_w \cdot h_{w\max}^3}{12} + 2 \cdot \left[\frac{b \cdot t_f^3}{12} + b \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_{f\max}}{2} \right)^2 \right] = 1.559 \times 10^9 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{y\min} := \frac{t_w \cdot h_{w\min}^3}{12} + 2 \cdot \left[\frac{b \cdot t_f^3}{12} + b \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_{f\min}}{2} \right)^2 \right] = 3.308 \times 10^8 \cdot \text{mm}^4$$

$$r := \sqrt{\frac{I_{y\min}}{I_{y\max}}} = 0.461$$

$$C_w := (0.08 + 0.92 \cdot r) = 0.504$$

$$I_{yeq} := C_w \cdot I_{y\max} = 7.853 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

Inercijos momentas apie z-z ašį:

$$I_{zeq} := I_z$$

Atstumas r_T nuo apatinės juostos svorio centro iki skerspjūvio svorio centro:

$$r_T := \frac{h_{weq} + t_f}{2} = 371.74 \text{ mm}$$

Suminio skerspjūvio atsparumo momentai:

$$W_y := \frac{I_{yeq}}{r_T} = 2.113 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

Ekvivalentinio skerspjūvio tamprioji lenkiamoji galia:

$$M_{ely.Rd} := \frac{W_y \cdot f_{yb}}{\gamma_0} = 707.702 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Efektyvieji skerspjūvio rodikliai:

1. Efektyvusis sienelės aukštis:

Tempių pasiskirstymo koeficientas ψ : Klupumo koeficientas k_{σ} :

$$\psi := -1 \quad \text{kadangi } \sigma_g = \sigma_t = -1 \quad k_{\sigma} := 23.9$$

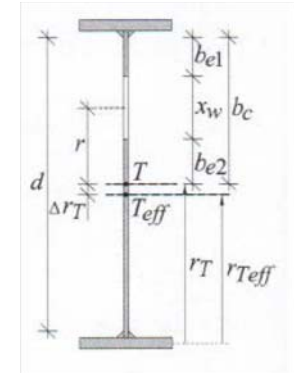
Gniuždomo lakšto liaunis:

$$d_{eq} := h_{eq} - 2 \cdot t_f - 2 \cdot a_w = 0.723 \text{ m}$$

$$\lambda_p := \frac{d_{eq}}{28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_{\sigma}}} = 1.244$$

Pataisos koeficientas ρ :

$$\rho := \begin{cases} 1 & \text{if } \lambda_p \leq 0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} \\ \frac{\lambda_p - 0.055 \cdot (3 + \psi)}{\lambda_p^2} & \text{if } \lambda_p > 0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} \end{cases}$$



$$\rho = 0.733$$

$$b_c := \frac{d_{eq}}{(1 - \psi)} = 361.74 \cdot \text{mm}$$

Efektvyvisis sienelės aukštis iki neutraliosios linijos:

$$b_{eff} := \rho \cdot b_c = 265.016 \cdot \text{mm}$$

$$b_{e1} := 0.4 \cdot b_{eff} + a_w \cdot \sqrt{2} = 111.663 \cdot \text{mm}$$

$$b_{e2} := 0.6 \cdot b_{eff} = 159.01 \cdot \text{mm}$$

Neutralios zonos plotis:

$$x_w := b_c - b_{eff} = 96.724 \cdot \text{mm}$$

Efektvyvio skerspjūvio geometrinės charakteristikos:

$$\Delta A := t_w \cdot x_w = 483.621 \cdot \text{mm}^2$$

$$\tilde{A}_w := t_w \cdot h_{eq} + 2 \cdot t_f \cdot b_f = 8.577 \times 10^{-3} \cdot \text{m}^2$$

$$A_{eff} := A - \Delta A = 8.094 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

Atstumas nuo neutralios ašies iki neutralio zonos centro:

$$\tilde{r}_w := \frac{d_{eq} - x_w}{2} - (b_{e1} - a_w \cdot \sqrt{2}) = 207.372 \cdot \text{mm}$$

Neutralios ašies pasislinkimas:

$$\Delta r_T := \frac{r \cdot \Delta A}{A_{eff}} = 12.391 \cdot \text{mm}$$

Atstumas tarp juostos svorio centro ir efektvyvio skerspjūvio svorio centro:

$$r_{T,eff} := r_T - \Delta r_T = 359.349 \cdot \text{mm}$$

Efektvyvio skerspjūvio inercijos momentas apie y-y ašį:

$$I_{eff,y} := I_{yeq} + A \cdot \Delta r_T^2 - \left[\frac{x_w^3 \cdot t_w}{12} + \Delta A \cdot (r + \Delta r_T)^2 \right] = 7.629 \times 10^8 \cdot \text{mm}^4$$

Efektvyvio skerspjūvio atsparumo momentai:

$$W_{eff,y,1} := \frac{I_{eff,y}}{h_w + t_f - r_{T,eff}} = 1.986 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

$$W_{eff,y,2} := \frac{I_{eff,y}}{r_{T,eff}} = 2.123 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

Efektvyvio skerspjūvio tamprioji lenkiamoji galia:

$$M_{c,y,Rd} := \min(W_{eff,y,1}, W_{eff,y,2}) \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_0} = 665.324 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Sijos sienelės lakšto klupimo tikrinimas < 1.0:

$$\frac{M_{Edy,1}}{M_{c,y,Rd}} = 0.788$$

Plokštelės tipo klupumas

$$\sigma_E := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t_w^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot d_{eq}^2} = 9.065 \cdot \text{MPa}$$

Atstumas tarp sąstandų:

$$a_t := \frac{2}{3} \cdot h_w = 0.488 \text{ m} \quad a := 2.16 \cdot d_{eq} \quad d_{eq} = 0.723 \text{ m}$$

Koeficientas α :

$$\alpha_p := \begin{cases} \frac{a}{d_{eq}} & \text{if } \frac{a}{d_{eq}} \geq 0.5 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\alpha_p = 2.16$$

Suminis lakšto skerspjūvio plotas:

$$A_p := d_{eq} \cdot t_w = 3.617 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{sl} := 0$$

Koeficientas δ :

$$\tilde{\delta}_w := \frac{A_{sl}}{A_p} = 0$$

Nestandintojo lakšto skerspjūvio inercijos momentas:

$$I_{sl} := \frac{d_{eq} \cdot t_w^3}{12} = 7.536 \times 10^{-9} \cdot \text{m}^4$$

Skerspjūvio inercijos momentas atsižvelgiant į lakšto lenkimą:

$$I_p := d \cdot \frac{t_w^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)} = 1.108 \times 10^{-8} \cdot \text{m}^4$$

Koeficientas γ :

$$\tilde{\gamma}_w := \frac{I_{sl}}{I_p} = 0.68$$

Koeficientas ψ :

$$\sigma_1 := \frac{M_{\text{Edy},2}}{W_y} = 248.042 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_2 := \frac{M_{\text{Edy},2}}{W_y} = 248.042 \cdot \text{MPa} \quad \lambda_{\psi} := \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 1$$

$$k_{\sigma,p,\alpha} := \left(\alpha_p + \frac{1}{\alpha_p} \right)^2 = 6.88$$

$$k_{\sigma,p2} := k_{\sigma,p,\alpha} = 6.88$$

Lakšto klumpumo koeficientas $k_{\sigma,p}$:

$$k_{\sigma,p} := \begin{cases} \left[2 \cdot \left[\left(1 + \alpha_p^2 \right)^2 + \gamma - 1 \right] \right] & \text{if } \alpha_p \leq \sqrt[4]{\gamma} \\ \frac{4 \cdot (1 + \sqrt{\gamma})}{(\psi + 1) \cdot (1 + \delta)} & \text{if } \alpha_p > \sqrt[4]{\gamma} \end{cases} \quad k_{\sigma,p1} := \left(\alpha_p + \frac{1}{\alpha_p} \right)^2 = 6.88$$

$$k_{\sigma,p} = 3.649$$

Tamprusis kritinis lygiavertio ortotropinio lakšto klumpamasis įtempis:

$$\sigma_{cr,p} := k_{\sigma,p} \cdot \sigma_E = 33.083 \cdot \text{MPa}$$

$$\beta_{A,c} := \frac{\Delta A}{A_{\text{eff}}} = 0.06$$

$$\lambda_{p,1} := \sqrt{\frac{\beta_{A,c} \cdot f_{yb}}{\sigma_{cr,p}}} = 0.778$$

Pataisos koeficientas

$$\rho_p := \begin{cases} 1 & \text{if } \lambda_{p,1} \leq 0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} \\ \frac{\lambda_{p,1} - 0.055 \cdot (3 + \psi)}{\lambda_{p,1}^2} & \text{if } \lambda_{p,1} > 0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} \end{cases}$$

$$\rho_p = 0.922$$

Kolonos tipo klumpimas

Nestandintojo lakšto tamprieji kritiniai kolonos klumpamieji įtempiai:

$$\sigma_{cr,c} := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t_w^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot a^2} = 1.943 \cdot \text{MPa}$$

$$\lambda_c := \sqrt{\frac{f_{yb}}{\sigma_{cr,c}}} = 13.131$$

Plokštelės tipo ir kolonos tipo klupimo saveika

$$\zeta_{tik} := \frac{\sigma_{cr,p}}{\sigma_{cr,c}} - 1 = 16.027$$

$$\zeta := \begin{cases} \zeta_{tik} & \text{if } 0 < \zeta_{tik} \leq 1 \\ 1 & \text{if } \zeta_{tik} > 1 \\ 0 & \text{if } \zeta_{tik} \leq 0 \end{cases}$$

$$\zeta = 1$$

Nuokrypos koeficientas α : Koeficientas ϕ :

$$\alpha := 0.21 \quad \phi_c := 0.5 \left[1 + \alpha (\lambda_c - 0.2) + \lambda_c^2 \right] = 88.064$$

Klupumo koeficientas χ_c :

$$\chi_c := \frac{1}{\phi_c + \sqrt{\phi_c^2 - \lambda_c^2}} = 5.71 \times 10^{-3}$$

Galutinis pataisos koeficientas ρ_c :

$$\rho_c := \begin{cases} \rho_p & \text{if } \sigma_{cr,p} \geq 2 \cdot \sigma_{cr,c} \\ \left[\left[(\rho_p - \chi_c) \cdot \zeta \cdot (2 - \zeta) + \chi_c \right] \right] & \text{if } \sigma_{cr,p} < 2 \cdot \sigma_{cr,c} \end{cases}$$

$$\rho_c = 0.922$$

$$b_c = 0.362 \text{ m}$$

Efektvūs sienelės aukštis iki neutraliosios linijos:

$$b_{\text{eff},c} := \rho_c \cdot b_c = 333.52 \cdot \text{mm}$$

$$b_{\text{ol},c} := 0.4 \cdot b_{\text{eff}} + a_w \cdot \sqrt{2} = 139.065 \cdot \text{mm}$$

$$b_{\text{ol},c} := 0.6 \cdot b_{\text{eff}} = 200.112 \cdot \text{mm}$$

Neutralios zonos plotis:

$$\lambda_{ww} := b_c - b_{\text{eff}} = 28.22 \cdot \text{mm}$$

Efektviojo skerspjūvio geometrinės charakteristikos:

$$\Delta A_w := t_w \cdot x_w = 141.1 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_w := t_w \cdot h_{\text{eq}} + 2 \cdot t_f \cdot b_f = 8.577 \times 10^{-3} \cdot \text{m}^2$$

$$A_{\text{eff},w} := A - \Delta A = 8.436 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

Atstumas nuo neutralios ašies iki neutralio zonos centro:

$$x_w := \frac{d_{\text{eq}} - x_w}{2} - (b_{e1} - a_w \cdot \sqrt{2}) = 214.222 \cdot \text{mm}$$

Neutralios ašies pasislinkimas:

$$\Delta r_{x,w} := \frac{r \cdot \Delta A}{A_{\text{eff}}} = 3.583 \cdot \text{mm}$$

Atstumas tarp juostos svorio centro ir efektyviojo skerspjūvio svorio centro:

$$r_{T,eff} := r_T - \Delta r_T = 368.157 \cdot \text{mm}$$

Efektvyiojo skerspjūvio inercijos momentas apie y-y ašį:

$$I_{eff,y11} := I_{yeq} + A \cdot \Delta r_T^2 - \left[\frac{x_w^3 \cdot t_w}{12} + \Delta A \cdot (r + \Delta r_T)^2 \right] = 7.787 \times 10^8 \cdot \text{mm}^4$$

Efektvyiojo skerspjūvio atsparumo momentai:

$$W_{eff,y.11} := \frac{I_{eff,y11}}{h_w + t_f - r_{T,eff}} = 2.075 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

$$W_{eff,y.22} := \frac{I_{eff,y11}}{r_{T,eff}} = 2.115 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

Efektvyiojo skerspjūvio tamprioji lenkiamoji galia:

$$M_{a,y,Rd} := \min(W_{eff,y.1}, W_{eff,y.2}, W_{eff,y.11}, W_{eff,y.22}) \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_0} = 665.324 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Skerspjūvio laikomosios galios patikra:

1. tikrinama, kai veikiamas Lenkimas ir Ašinė jėga: $e_N := 0$

$$\eta_{1.1} := \frac{N_{Ed.1}}{f_{yb} \cdot \frac{A_{eff}}{\gamma_{M0}}} + \frac{(M_{Edy.2} + N_{Ed.1} \cdot e_N)}{f_{yb} \cdot \frac{W_{eff,y.11}}{\gamma_{M0}}} = 0.826$$

2. tikrinama, kai vyksta Dviašis Lenkimas ir Ašinė jėga:

$$\eta_{1.2} := \frac{N_{Ed.1}}{f_{yb} \cdot \frac{A_{eff}}{\gamma_{M0}}} + \frac{(M_{Edy.2} + N_{Ed.1} \cdot e_N)}{f_{yb} \cdot \frac{W_{eff,y.1}}{\gamma_{M0}}} + \frac{(M_{Edz.2} + N_{Ed.1} \cdot e_{N,z})}{f_{yb} \cdot \frac{W_{eff,z.1}}{\gamma_{M0}}}$$

Sijos šlyjamoji galia

$$\eta := 1.2$$

Sąlyga ar reikia tikrinti šlyjamąją galia:

$$Sąlyga_2 := \begin{cases} \text{"Tikrinti reikia"} & \text{if } \frac{d_{eq}}{t_w} > \frac{72}{\eta} \cdot \epsilon \\ \text{"Tikrinti nereikia"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Sąlyga_2 = "Tikrinti reikia"

Liaunio parametras λ_w :

Sąlyginis juostos ir dalies sienutės skerspjūvio inercijos momentas:

$$I_{sl} := \frac{t_f \cdot b_f^3}{12} + \frac{15 \cdot \epsilon \cdot t_w \cdot t_w^3}{12} = 8.001 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

Koeficientas:

$$9 \cdot \left(\frac{h_{weq}}{a} \right)^2 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{I_{sl}}{t_w^3 \cdot h_{weq}} \right)^3} = 56.415$$

$$k_{\tau sl} := \begin{cases} 9 \cdot \left(\frac{h_{weq}}{a} \right)^2 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{I_{sl}}{t_w^3 \cdot h_{weq}} \right)^3} & \text{if } 9 \cdot \left(\frac{h_{weq}}{a} \right)^2 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{I_{sl}}{t_w^3 \cdot h_{weq}} \right)^3} \geq \frac{2.1}{t_w} \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{sl}}{h_{weq}}} \\ \frac{2.1}{t_w} \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{sl}}{h_{weq}}} & \text{if } 9 \cdot \left(\frac{h_{weq}}{a} \right)^2 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{I_{sl}}{t_w^3 \cdot h_{weq}} \right)^3} < \frac{2.1}{t_w} \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{sl}}{h_{weq}}} \end{cases} = 56.415$$

Šlyjamojo klumpumo koeficientas:

$$k_{\tau} := \begin{cases} \left[5.34 + 4 \cdot \left(\frac{h_{weq}}{a} \right)^2 \right] & \text{if } \frac{a}{h_{weq}} \geq 1 \\ \left[4 + 5.34 \cdot \left(\frac{h_{weq}}{a} \right)^2 \right] & \text{if } \frac{a}{h_{weq}} < 1 \end{cases} = 6.216$$

Liaunio parametras 5.1 lentelėje ir 5.2 pav. turi būti lygus λ_w :

$$\tau_{cr} := \sigma_E \cdot k_{\tau} = 5.635 \times 10^7 \cdot \text{Pa}$$

$$\lambda_{w.1} := 0.76 \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{\tau_{cr}}} = 1.853$$

Tačiau liaunio parametras λ_w gali būti imamas ir toks:

1. Kai yra skersinės sąstandos esančios ties atramomis:

$$\lambda_{w.2} := \frac{h_{weq}}{86.4 \cdot t_w \cdot \epsilon} = 2.022$$

2. Kai yra skersinės sąstandos esančios ties atramomis ir tarpinės skersinės ar išilginės sąstandos:

$$\lambda_{w.3} := \frac{h_{weq}}{37.4 \cdot t_w \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_{\tau}}} = 1.873$$

Klumpamosios galios koeficientas:

$$\lambda_w := \lambda_{w.3} = 1.873 \quad \text{- renkames iš 3 pagal EC 1993-1-5 5 skyrių}$$

$$\chi_w := \begin{cases} \eta & \text{if } \lambda_w < \frac{0.83}{\eta} \\ \frac{0.83}{\lambda_{w.2}} & \text{if } \frac{0.83}{\eta} \leq \lambda_w < 1.08 \\ \frac{1.37}{0.7 + \lambda_w} & \text{if } \lambda_w \geq 1.08 \end{cases} = 0.532$$

Sienelės indėlis:

$$V_{bw.Rd} := \frac{\chi_w \cdot f_{yb} \cdot h_{weq} \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 342.385 \cdot \text{kN}$$

Juostų indėlis:

$$M_{f.Rd} := h_{weq} \cdot b_f \cdot t_f \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M0}} = 5.881 \times 10^5 \text{ J} \quad \frac{M_{Edy.1}}{M_{f.Rd}} = 0.891$$

$$s_{xx} := a \cdot \left[0.25 + \frac{\left(1.6 \cdot b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yb} \right)}{t_w \cdot h_w^2 \cdot f_{yb}} \right] = 0.418 \text{ m}$$

$$V_{bf.Rd} := \begin{cases} 0 & \text{if } \frac{M_{Edy.1}}{M_{f.Rd}} \geq 1.0 \\ \frac{\left(b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yb} \right)}{c \cdot \gamma_{M1}} \left[1 - \left(\frac{M_{Edy.1}}{M_{f.Rd}} \right)^2 \right] & \text{if } \frac{M_{Edy.1}}{M_{f.Rd}} < 1 \end{cases} = 4.33 \times 10^3 \text{ N}$$

Skaiciuotinė šlyjamoji galia:

$$V_{b.Rd} := V_{bw.Rd} + V_{bf.Rd} = 346.714 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Sąlyga}_3 := \begin{cases} \text{"Sąlyga tenkinama"} & \text{if } V_{b.Rd} \leq \frac{\eta \cdot f_{yb} \cdot d \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} \\ \text{"Sąlyga netenkinama"} & \text{if } V_{b.Rd} > \frac{\eta \cdot f_{yb} \cdot d \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} \end{cases}$$

Sąlyga_3 = "Sąlyga tenkinama"

Šlyjamosios galios patikra:

$$\eta_3 := \frac{V_{Ed.1}}{V_{b.Rd}} = 0.329$$

$$\text{Sąlyga}_4 := \begin{cases} \text{"Laikomoji galia pakanakama"} & \text{if } \eta_3 < 1 \\ \text{"Laikomoji galia nepakanakama"} & \text{if } \eta_3 > 1 \end{cases}$$

Sąlyga_4 = "Laikomoji galia pakanakama"

Skersinių jėgų poveikis:

Apkrovos perdava atitinkantis klupumo koeficientas:

$$k_f := 6 + 2 \cdot \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 6.438$$

Standžiosios atramos ilgis:

$$s_s := 0.5 \cdot d_{eq}$$

Kritinė jėga:

$$F_{cr} := 0.9 \cdot k_f \cdot E \cdot \frac{t_w^3}{h_w} = 207.938 \cdot \text{kN}$$

$$\lambda_{F.1} := \sqrt{\frac{s_s \cdot t_w \cdot f_{yb}}{F_{cr}}} = 1.707$$

Efektyvusis apkrovos ilgis turi būti apskaičiuojamas taip:

$$m_1 := \frac{f_{yb} \cdot b_f}{f_{yb} \cdot t_w} = 40$$

$$m_2 := \begin{cases} 0.02 \cdot \left(\frac{h_w}{t_f} \right)^2 & \text{if } \lambda_{F.1} > 0.5 \\ 0 & \text{if } \lambda_{F.1} \leq 0.5 \end{cases}$$

$$l_y := s_s + 2 \cdot t_f \cdot \left(1 + \sqrt{m_1 + m_2} \right) = 0.642 \text{ m}$$

Sienelės sąlyginis liaunis:

$$\lambda_F := \sqrt{\frac{l_y \cdot t_w \cdot f_{yb}}{F_{cr}}} = 2.275$$

Vietinio klupumo koeficientas: Efektyvusis apkrovos ilgis:

$$\chi_F := \frac{0.5}{\lambda_F} = 0.22 \quad L_{eff} := \chi_F \cdot l_y = 0.141 \text{ m}$$

Skaiciuotinė šios sienelės klumpamoji galia:

Patikra :

$$F_{Rd} := \frac{f_{yb} \cdot L_{eff} \cdot t_w}{\gamma_{M1}} = 214.998 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_2 := \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = 0.53$$

Šlyjamosios jėgos, lenkiamojo momento ir ašinės jėgos sąveika:

Juostos

$A_F := b_F \cdot t_F = 2.4 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$

Atstumas tarp juostų svorio centru:

$h_T := h_{weq} + t_F = 0.743 \text{ m}$

Skerspjuvio sudaryto tik iš efektyviųjų juostų plastinė lenkiamoji galia:

$M_{f,y,Rd} := A_F \cdot h_T \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_0} = 597.758 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \qquad M_{Edy,2} = 5.24 \times 10^5 \text{ J}$

Atsparumo momentas:

$W_{eff,y} := \min(W_{eff,y,1}, W_{eff,y,2}) = 1.986 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$

Atstumas iki skerspjuvio svorio centro:

$c_T := \frac{A_s - 2 \cdot b_F \cdot t_F}{2 \cdot t_w} = 0.5 \text{ m}$

Sijos skerspjuvio plastinis atsparumo momentas:

$W_{pl,y} := 2 \cdot b_F \cdot t_F \cdot c_T + c_T^2 \cdot \frac{t_w}{2} = 3.025 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$

$M_{pl,y,Rd} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yb}}{\gamma_0} = 1.013 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Skerspjuvio laikomosios galios kriterijus:

$\eta_1 := \frac{M_{Edy,2}}{M_{pl,y,Rd}} = 0.517 \qquad M_{Edy,2} = 524 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Saveika: $2 \cdot \eta_3 - 1 = -0.342$

$\frac{M_{f,y,Rd}}{M_{pl,y,Rd}} = 0.59$

$\left[\eta_1 + \left(1 - \frac{M_{f,y,Rd}}{M_{pl,y,Rd}} \right) \cdot (2 \cdot \eta_3 - 1)^2 \right] = 0.565$

$S\grave{a}lyga_5 := \begin{cases} \text{"Laikomoji galia pakankama"} & \text{if } \eta_1 + \left(1 - \frac{M_{f,y,Rd}}{M_{pl,y,Rd}} \right) \cdot (2 \cdot \eta_3 - 1)^2 \leq 1 \\ \text{"Laikomoji galia nepakankama"} & \text{otherwise} \end{cases}$

$S\grave{a}lyga_5 = \text{"Laikomoji galia pakankama"}$

$\eta_{1,2} := \frac{N_{Ed,1}}{f_{yb} \cdot \frac{A_{eff}}{\gamma_{M0}}} + \frac{(M_{Edy,2} + N_{Ed,1} \cdot e_N)}{f_{yb} \cdot \frac{W_{eff,y,11}}{\gamma_{M0}}} = 0.826$

$\frac{M_{Edy,2}}{M_{c,y,Rd}} = 0.788 \qquad \eta_{1,2} := \frac{M_{Edy,2}}{M_{pl,y,Rd}} = 0.517 \qquad \eta_3 = 0.329 \qquad \eta_2 = 0.53$

Lenkiamojo momento, ašinės jėgos ir skersinės jėgos saveika:

$\eta_2 + 0.8 \cdot \eta_{1,1} = 1.191 \qquad \eta \leq 1,4$

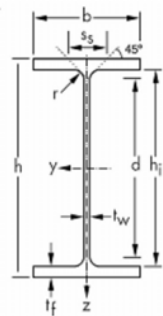
Šlyjamosios ir skersinė jėgos saveika sienelėje:

$\left[\eta_3 \cdot \left(1 - \frac{F_{Ed}}{2 \cdot V_{Ed,1}} \right) \right]^{1.6} + \eta_2 = 0.586$

Saveika tarp ašinės jėgos, lenkiamojo momento ir šlyjamosios jėgos

$\left[\eta_1 + \left(1 - \frac{M_{f,y,Rd}}{M_{pl,y,Rd}} \right) \cdot (2 \cdot \eta_3 - 1)^2 \right] = 0.565$

B.2 4 klasės kintančio skerspjuvio skaičiavimo algoritmo pavyzdys su įvesta išilgine sąstanda



Skerspjuvio aukštis:

$h := 1000\text{mm}$

$h_{\min} := 500\text{mm}$

Skerspjuvio plotis:

$b := 200\text{mm}$

$b_f := 200\text{mm}$

Juostos storis:

$t_f := 12\text{mm}$

Sienutės storis:

$t_w := 7\text{mm}$

Suapvalinimo spindulys:

$a_w := 4\text{mm}$

Sienutės aukštis:

$d := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot a_w = 0.968\text{ m}$

Skerspjuvio plotas:

$A_s := t_w \cdot h + 2 \cdot t_f \cdot b_f = 0.012\text{ m}^2$

Plieno charakteristikos:

Plieno klasė:

$f_{yb} := 335\text{MPa}$

Tamprusis Puasono koeficientas:

$\nu := 0.3$

$q_{\text{plieno}} := 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Plieno tamprumo modulis

$E := 210\text{GPa}$

Saugos koeficientai:

$\gamma_0 := 1$

$\gamma_{M1} := 1.1$

$\gamma_{M0} := 1$

Elemento geometrija:

$L_w := 16.86\text{m}$

2. Skerspjuvio klasės nustatymas

Koeficientas priklausantis nuo plieno stiprio pagal takumo ribą:

$\bar{\sigma}_s := \sqrt{\frac{235\text{MPa}}{f_{yb}}} = 0.838$

2.1 Skerspjuvio juostos klasė

Skerspjuvio gniuždomos dalies plotis:

Skerspjuvio gniuždomos dalies pločio ir storio santykis:

$c_f := \frac{(b - t_w)}{2} - a_w = 92.5\text{ mm}$

$\frac{c_f}{t_f} = 7.708$

$$\text{Juostos}_{\text{klasė}} := \begin{cases} 1 & \text{if } \frac{c_f}{t_f} \leq 33 \cdot \epsilon \\ 2 & \text{if } 33 \cdot \epsilon < \frac{c_f}{t_f} \leq 38 \cdot \epsilon \\ 3 & \text{if } 38 \cdot \epsilon < \frac{c_f}{t_f} \leq 42 \cdot \epsilon \\ 4 & \text{if } 42 \cdot \epsilon < \frac{c_f}{t_f} \end{cases}$$

$\text{Juostos}_{\text{klasė}} = 1$

2.2 Skerspjuvio juostos klasė

Skerspjuvio gniuždomos dalies plotis:

$c_w := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot a_w = 968\text{ mm}$

Skerspjuvio gniuždomos dalies pločio ir storio santykis:

$$\frac{c_w}{t_w} = 138.286 \quad \text{Sienelės}_{\text{klasė}} := \begin{cases} 1 & \text{if } \frac{c_w}{t_w} \leq 72 \cdot \epsilon \\ 2 & \text{if } 72 \cdot \epsilon < \frac{c_w}{t_w} \leq 83 \cdot \epsilon \\ 3 & \text{if } 83 \cdot \epsilon < \frac{c_w}{t_w} \leq 124 \cdot \epsilon \\ 4 & \text{if } 124 \cdot \epsilon < \frac{c_w}{t_w} \end{cases}$$

$\text{Sienelės}_{\text{klasė}} = 4$

2.3 Bendra skerspjūvio klasė:

$$\text{Skerspjūvio}_{\text{klasė}} := \begin{cases} 1 & \text{if } \max(\text{Sienelės}_{\text{klasė}}, \text{Juostos}_{\text{klasė}}) = 1 \\ 2 & \text{if } \max(\text{Sienelės}_{\text{klasė}}, \text{Juostos}_{\text{klasė}}) = 2 \\ 3 & \text{if } \max(\text{Sienelės}_{\text{klasė}}, \text{Juostos}_{\text{klasė}}) = 3 \\ 4 & \text{if } \max(\text{Sienelės}_{\text{klasė}}, \text{Juostos}_{\text{klasė}}) = 4 \end{cases}$$

$$\text{Skerspjūvio}_{\text{klasė}} = 4$$

Duotos įrašos:

Maksimalus lenkimo momentas ties atrama:

Ašinė jėga:

$$M_{\text{Edy.1}} := 524 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\text{Ed.1}} := 205 \text{ kN}$$

Maksimali skersinė jėga ties atrama:

Lokali skersinė jėga:

$$V_{\text{Ed.1}} := 114 \text{ kN}$$

$$F_{\text{Ed}} := 114 \text{ kN}$$

$$h_w := h - 2 \cdot t_f = 0.976 \text{ m}$$

$$V_{\text{Ed.2}} := V_{\text{Ed.1}} = 1.14 \times 10^5 \text{ N}$$

$$M_{\text{Edy.2}} := M_{\text{Edy.1}} = 5.24 \times 10^5 \text{ J}$$

Kintančio 2'tėjos skerspjūvio charakteristikų nustatymas:

Sijos sienelės aukštis ir atstumas tarp juostų svorių centrų:

$$h_{w\max} := h - 2 \cdot t_f = 976 \text{ mm} \quad h_{w\min} := h_{\min} - 2 \cdot t_f = 476 \text{ mm}$$

$$h_{f\max} := h - t_f = 988 \text{ mm} \quad h_{f\min} := h_{\min} - t_f = 488 \text{ mm}$$

$$\gamma := \frac{h_{\min}}{h}$$

$$h_{eq} := h \cdot \sqrt{0.283 + 0.434\gamma + 0.283\gamma^2} = 0.755 \text{ m}$$

$$h_{weq} := h_{eq} - 2 \cdot t_f = 0.731 \text{ m}$$

Inercijos momentas apie y-y ašį:

$$I_{y\max} := \frac{t_w \cdot h_{w\max}^3}{12} + 2 \cdot \left[\frac{b \cdot t_f^3}{12} + b \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_{f\max}}{2} \right)^2 \right] = 1.714 \times 10^9 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{y\min} := \frac{t_w \cdot h_{w\min}^3}{12} + 2 \cdot \left[\frac{b \cdot t_f^3}{12} + b \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_{f\min}}{2} \right)^2 \right] = 3.487 \times 10^8 \cdot \text{mm}^4$$

$$r := \sqrt{\frac{I_{y\min}}{I_{y\max}}} = 0.451$$

$$C_w := (0.08 + 0.92 \cdot r) = 0.495$$

$$I_{yeq} := C_w \cdot I_{y\max} = 8.483 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

Inercijos momentas apie z-z ašį:

$$I_{zeq} := I_z$$

Atstumas r_T nuo apatinės juostos svorio centro iki skerspjūvio svorio centro:

$$r_T := \frac{h_{weq} + t_f}{2} = 371.74 \text{ mm}$$

Suminio skerspjūvio atsparumo momentai:

$$W_y := \frac{I_{yeq}}{r_T} = 2.282 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

Suminio skerspjūvio tamprioji lenkiamoji galia:

$$M_{ely.Rd} := \frac{W_y \cdot f_{yb}}{\gamma_0} = 764.497 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Efektyvieji skerspjūvio rodikliai:

1. Efektyvusis sienelės aukštis:

Tempių pasiskirstymo koeficientas ψ :

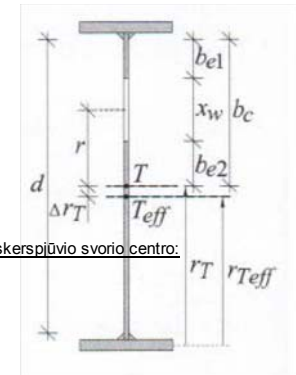
$$\psi := -1 \quad \text{kadangi } \sigma_g = \sigma_t = -1$$

Klupumo koeficientas k_{σ} :

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

Gniuždomo lakšto - sienelės liaunis:

$$d_{eq} := h_{eq} - 2 \cdot t_f - 2 \cdot a_w = 0.723 \text{ m}$$



$$\lambda_p := \frac{\frac{d_{eq}}{t_w}}{28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} = 0.889$$

Pataisos koeficientas ρ :

$$\rho := \begin{cases} 1 & \text{if } \lambda_p \leq 0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} \\ \frac{\lambda_p - 0.055 \cdot (3 + \psi)}{\lambda_p^2} & \text{if } \lambda_p > 0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} \end{cases}$$

$$\rho = 0.986$$

$$b_c := \frac{d_{eq}}{(1 - \psi)} = 361.74 \cdot \text{mm}$$

Efektvyvisis sienelės aukštis iki neutraliosios linijos:

$$b_{eff} := \rho \cdot b_c = 356.63 \cdot \text{mm}$$

$$b_{e1} := 0.4 \cdot b_{eff} + a_w \cdot \sqrt{2} = 148.309 \cdot \text{mm}$$

$$b_{e2} := 0.6 \cdot b_{eff} = 213.978 \cdot \text{mm}$$

Gniuždomo lakšto - išilginės sąstandos liaunis:

$$\text{Sąstandos parametrai: storis - } t_{sast} := 5 \text{ mm}$$

$$\text{plotis - } b_{sast} := \frac{(b - t_w)}{2} = 0.097 \text{ m}$$

$$\text{ilgis - } l_{sast} := 1.3 \text{ m}$$

$$\lambda_{p\lambda} := \frac{\frac{b_{sast}}{t_{sast}}}{28.4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} = 0.166$$

Pataisos koeficientas ρ :

$$\rho_\lambda := \begin{cases} 1 & \text{if } \lambda_{p\lambda} \leq 0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} \\ \frac{\lambda_{p\lambda} - 0.055 \cdot (3 + \psi)}{\lambda_{p\lambda}^2} & \text{if } \lambda_{p\lambda} > 0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} \end{cases}$$

$$\rho = 1$$

$$b_{sast,eff} := \rho \cdot b_{sast} = 96.5 \cdot \text{mm}$$

$$I_{y,sast} := 2 \cdot \left[\frac{b_{sast} \cdot t_{sast}^3}{12} + b_{sast} \cdot t_{sast} \cdot \left(\frac{b_{sast} + t_w}{2} \right)^2 \right] = 2.586 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

Neutralios zonos plotis:

$$x_w := b_c - b_{eff} = 5.11 \cdot \text{mm}$$

Efektvyvio skerspjūvio geometrinės charakteristikos:

$$\Delta A := t_w \cdot x_w = 35.768 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_w := t_w \cdot h_{eq} + 2 \cdot t_f \cdot b_f + 2 \cdot t_{sast} \cdot b_{sast,eff} = 0.0111 \text{ m}^2$$

$$A_{be} := t_w \cdot h_{eq} + 2 \cdot t_f \cdot b_f = 0.0101 \text{ m}^2$$

$$A_{eff} := A - \Delta A = 1.102 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

Atstumas nuo neutralios ašies iki neutralio zonos centro:

$$x_w := \frac{d_{eq} - x_w}{2} - (b_{e1} - a_w \cdot \sqrt{2}) = 216.533 \cdot \text{mm}$$

Neutralios ašies pasislinkimas:

$$\Delta r_T := \frac{r \cdot \Delta A}{A_{eff}} = 0.703 \cdot \text{mm}$$

Atstumas tarp juostos svorio centro ir efektyviojo skerspjūvio svorio centro:

$$r_{T,eff} := r_T - \Delta r_T = 371.037 \cdot \text{mm}$$

Efektvyvio skerspjūvio inercijos momentas apie y-y ašį:

$$I_{eff,y} := I_{yeq} + A \cdot \Delta r_T^2 - \left[\frac{x_w^3 \cdot t_w}{12} + \Delta A \cdot (r + \Delta r_T)^2 \right] + I_{y,sast} = 8.492 \times 10^8 \cdot \text{mm}^4$$

Efektvyvio skerspjūvio atsparumo momentai:

$$h_{ww} := h_{weq}$$

$$W_{eff,y,1} := \frac{I_{eff,y}}{h_w + t_f - r_{T,eff}} = 2.28 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

$$W_{eff,y,2} := \frac{I_{eff,y}}{r_{T,eff}} = 2.289 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

Efektvyvio skerspjūvio tamprioji lenkiamoji galia:

$$M_{c,y,Rd} := \min(W_{eff,y,1}, W_{eff,y,2}) \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_0} = 763.867 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Plokštelės klupimas :

$$\frac{M_{Edy,1}}{M_{c,y,Rd}} = 0.686$$

Plokštelės tipo klupumas

σ_E := (π^2 · E · t_w^2) / (12 · (1 - ν^2) · d_eq^2) = 17.768 · MPa

Atstumas tarp sąstandų:

a := 2.16 · d_eq

Koeficientas α:

α_p := { a / d_eq if a / d_eq ≥ 0.5; 0 otherwise } d_eq = 0.723 m

α_p = 2.16

Suminis lakšto skerspjūvio plotas:

A_p := d_eq · t_w = 5.064 × 10^3 · mm^2

Atskirų išilginių sąstandų suminių skerspjūvių plotų suma:

A_sl := 2 · b_sgst · t_sgst = 9.65 × 10^-4 m^2

Koeficientas δ:

δ := A_sl / A_p = 0.191

Viso standintojo lakšto skerspjūvio inercijos momentas:

I_sl := (d_eq · t_w^3) / 12 = 2.068 × 10^-8 m^4

Skerspjūvio inercijos momentas atsižvelgiant į lakšto lenkima:

I_p := d_eq · (t_w^3 / (12 · (1 - ν^2))) = 2.272 × 10^-8 m^4

Koeficientas γ:

γ := I_sl / I_p = 0.91

Koeficientas ψ:

σ_1 := (M_Edy.2 / W_y) = 229.615 · MPa

σ_2 := (M_Edy.2 / W_y) = 229.615 · MPa ψ := σ_2 / σ_1 = 1 n := 1 + 1 = 2

Lakšto klupumo koeficientas k_σ.p:

k_σ.p := { 2 · [(1 + α_p^2)^2 + γ - 1] / α_p^2 · [(ψ + 1) · (1 + δ)] if α_p ≤ 4√γ; 4 · (1 + √γ) / ((ψ + 1) · (1 + δ)) if α_p > 4√γ } k_σ.p1 := (α_p + 1 / α_p)^2 = 6.88 - nestandintai plo k_σ.p2 := (α_p / n + n / α_p)^2 = 4.024

k_σ.p = 3.282

Tamprusis kritinis lygiavėrcio ortotropinio lakšto klumpamasis įtempis:

σ_cr.p := k_σ.p · σ_E = 58.322 · MPa

β_A.c := (ΔA / A_eff) = 3.246 × 10^-3

λ_p.1 := (β_A.c · f_yb / σ_cr.p) = 0.137

Pataisos koeficientas

ρ_p := { 1 if λ_p.1 ≤ 0.5 + √(0.085 - 0.055 · ψ); (λ_p.1 - 0.055 · (3 + ψ)) / λ_p.1^2 if λ_p.1 > 0.5 + √(0.085 - 0.055 · ψ) }

ρ_p = 1

Kolonos tipo klupimas

Nestandintojo lakšto tamprieji kritiniai kolonos klumpamieji įtempiai:

σ_cr.c := (π^2 · E · t_w^2) / (12 · (1 - ν^2) · a^2) = 3.808 · MPa

λ_c := (f_yb / σ_cr.c) = 9.379

Plokštelės tipo ir kolonos tipo klupimo sąveika

ζ_tikrinam := (σ_cr.p / σ_cr.c) - 1 = 14.314

$$\zeta := \begin{cases} \zeta_{tikrinam} & \text{if } \zeta_{tikrinam} \leq 1 \\ 1 & \text{if } \zeta_{tikrinam} > 1 \end{cases}$$
$$\zeta = 1$$

Nuokrypos koeficientas α :

$$\alpha := 0.21$$

Koeficientas ϕ :

$$\phi_c := 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\lambda_c - 0.2) + \lambda_c^2 \right] = 45.447$$

Klupumo koeficientas χ_c :

$$\chi_c := \frac{1}{\phi_c + \sqrt{\phi_c^2 - \lambda_c^2}} = 0.011$$

Galutinis pataisos koeficientas ρ_c :

$$\rho_c := \begin{cases} \rho_p & \text{if } \sigma_{cr,p} \geq 2 \cdot \sigma_{cr,c} \\ \left[\left[\left[\rho_p - \chi_c \right] \cdot \zeta \cdot (2 - \zeta) + \chi_c \right] \right] & \text{if } \sigma_{cr,p} < 2 \cdot \sigma_{cr,c} \end{cases}$$

$$\rho_c = 1$$

$$b_c = 0.362 \text{ m}$$

Efektvyusis sienelės aukštis iki neutraliosios linijos:

$$b_{eff,c} := \rho_c \cdot b_c = 361.74 \text{ mm}$$

$$b_{o1,c} := 0.4 \cdot b_{eff} + a_w \cdot \sqrt{2} = 150.353 \text{ mm}$$

$$b_{o2,c} := 0.6 \cdot b_{eff} = 217.044 \text{ mm}$$

Neutralios zonos plotis:

$$x_{ww} := b_c - b_{eff} = 0 \text{ mm}$$

Efektviojo skerspjuvio geometrinės charakteristikos:

$$\Delta A_w := t_w \cdot x_w = 0 \text{ mm}^2$$

$$A_w := t_w \cdot h_{eq} + 2 \cdot t_f \cdot b_f = 0.01 \text{ m}^2$$

$$A_{eff,w} := A - \Delta A = 1.009 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

Atstumas nuo neutralios ašies iki neutralio zonos centro:

$$r_{ww} := \frac{d_{eq} - x_w}{2} - (b_{e1} - a_w \cdot \sqrt{2}) = 217.044 \text{ mm}$$

Neutralios ašies pasislinkimas:

$$\Delta r_{r,c} := \frac{r \cdot \Delta A}{A_{eff}} = 0 \text{ mm}$$

Atstumas tarp juostos svorio centro ir efektyviojo skerspjuvio svorio centro:

$$r_{T,o1,w} := r_T - \Delta r_T = 371.74 \text{ mm}$$

Efektviojo skerspjuvio inercijos momentas apie y-y ašį:

$$I_{eff,y11} := I_{yeq} + A \cdot \Delta r_T^2 - \left[\frac{x_w^3 \cdot t_w}{12} + \Delta A \cdot (r + \Delta r_T)^2 \right] = 8.483 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

Efektviojo skerspjuvio atsparumo momentai:

$$W_{eff,y,11} := \frac{I_{eff,y11}}{h_w + t_f - r_{T,eff}} = 2.282 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{eff,y,22} := \frac{I_{eff,y11}}{r_{T,eff}} = 2.282 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

Efektviojo skerspjuvio tamprioji lenkiamoji galia:

$$M_{ed,y,Rd,c} := \min(W_{eff,y,1}, W_{eff,y,2}, W_{eff,y,11}, W_{eff,y,22}) \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_0} = 763.867 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Skerspjuvio laikomosios galios patikra:

1. tikrinama, kai veikiamas Lenkimas ir Ašinė jėga:

$$e_N := 0$$

$$\eta_{1,1} := \frac{N_{Ed,1}}{f_{yb} \cdot \frac{A_{eff}}{\gamma_{M0}}} + \frac{(M_{Edy,2} + N_{Ed,1} \cdot e_N)}{f_{yb} \cdot \frac{W_{eff,y,11}}{\gamma_{M0}}} = 0.746$$

2. tikrinama, kai vyksta Dviašis Lenkimas ir Ašinė jėga:

$$\eta_{1,2} := \frac{N_{Ed,1}}{f_{yb} \cdot \frac{A_{eff}}{\gamma_{M0}}} + \frac{(M_{Edy,2} + N_{Ed,1} \cdot e_N)}{f_{yb} \cdot \frac{W_{eff,y,1}}{\gamma_{M0}}} + \frac{(M_{Edz,2} + N_{Ed,1} \cdot e_{N,z})}{f_{yb} \cdot \frac{W_{eff,z,1}}{\gamma_{M0}}}$$

Sijos šlyjamoji galia

$$\eta := 1.2 \quad k_T := 1294$$

Salvga ar reikia tikrinti šlyjamąją galia:

$$\text{Sąlyga_2} := \begin{cases} \text{"Tikrinti reikia"} & \text{if } \frac{d_{eq}}{t_w} > \frac{31}{\eta} \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_\tau} \\ \text{"Tikrinti nereikia"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\frac{d_{eq}}{t_w} = 103.354$$

Sąlyga_2 = "Tikrinti nereikia"

$$\frac{31}{\eta} \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_\tau} = 778.322$$

Liaunio parametras λ_w :

Išilginis sàstamos (salyginis juostos ir dalies sienutės skerspjūvis) inercijos momentas:

$$I_{olv} := \frac{t_f \cdot b_f^3}{12} + \frac{15 \cdot \epsilon \cdot t_w \cdot t_w^3}{12} + I_{y.sqst} = 1.059 \times 10^7 \cdot \text{mm}^4$$

Koeficientas:

$$k_{\tau sl} := \begin{cases} 9 \cdot \left(\frac{h_{weq}}{a} \right)^2 \cdot \frac{4 \cdot \left(\frac{I_{sl}}{t_w^3 \cdot h_{weq}} \right)^3}{\sqrt{\left(\frac{I_{sl}}{t_w^3 \cdot h_{weq}} \right)^3}} & \text{if } 9 \cdot \left(\frac{h_{weq}}{a} \right)^2 \cdot \frac{4 \cdot \left(\frac{I_{sl}}{t_w^3 \cdot h_{weq}} \right)^3}{\sqrt{\left(\frac{I_{sl}}{t_w^3 \cdot h_{weq}} \right)^3}} \geq \frac{2.1}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{I_{sl}}{h_{weq}}} \\ \frac{2.1}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{I_{sl}}{h_{weq}}} & \text{if } 9 \cdot \left(\frac{h_{weq}}{a} \right)^2 \cdot \frac{4 \cdot \left(\frac{I_{sl}}{t_w^3 \cdot h_{weq}} \right)^3}{\sqrt{\left(\frac{I_{sl}}{t_w^3 \cdot h_{weq}} \right)^3}} < \frac{2.1}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{I_{sl}}{h_{weq}}} \end{cases} = 32.651$$

Šlyjamojo klumpumo koeficientas:

$$k_{w\gamma} := \begin{cases} \left[5.34 + 4 \cdot \left(\frac{h_{weq}}{a} \right)^2 + k_{\tau sl} \right] & \text{if } \frac{a}{h_{weq}} \geq 1 \\ \left[4 + 5.34 \cdot \left(\frac{h_{weq}}{a} \right)^2 + k_{\tau sl} \right] & \text{if } \frac{a}{h_{weq}} < 1 \end{cases}$$

$$k_\tau = 38.868$$

$$\alpha_{sqst} := \frac{a}{h_w} = 2.136$$

$$k_{\tau.sqst} := \begin{cases} k_\tau & \text{if } \frac{a}{h_{weq}} \geq 3 \\ \left[4.1 + \frac{\left(6.3 + 0.18 \cdot \frac{I_{sl}}{t_w^3 \cdot h_{weq}} \right)}{\alpha_{sqst}} + 2.2 \cdot \sqrt{\frac{I_{sl}}{\left(t_w^3 \cdot h_{weq} \right)}} \right] & \text{if } \frac{a}{h_{weq}} < 3 \end{cases} = 24.897$$

Liaunio parametras 5.1 lentelėje ir 5.2 pav. turi būti lygus λ_w :

$$\tau_{cr} := \sigma_E \cdot k_{\tau.sqst} = 4.424 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$\lambda_{w.1} := 0.76 \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{\tau_{cr}}} = 0.661$$

Tačiau liaunio parametras λ_w gali būti imamas ir toks:

1. Kai yra skersinės sàstamos esančios ties atramomis:

$$\lambda_{w.2} := \frac{h_{weq}}{86.4 \cdot t_w \cdot \epsilon} = 1.444$$

2. Kai yra skersinės sàstamos esančios ties atramomis ir tarpinės skersinės ar išilginės sàstamos:

$$\lambda_{w.3} := \frac{h_{weq}}{37.4 \cdot t_w \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_\tau}} = 0.535$$

Klumpamosios galios koeficientas:

$$\lambda_w := \lambda_{w.1} = 0.661$$

- renkames iš 1 arba 3 aukščiau gautų pagal EC 1993-1-5 5 skyrių

$$\chi_w := \begin{cases} \eta & \text{if } \lambda_w < \frac{0.83}{\eta} \\ \frac{0.83}{\lambda_{w.2}} & \text{if } \frac{0.83}{\eta} \leq \lambda_w < 1.08 \\ \frac{1.37}{0.7 + \lambda_w} & \text{if } \lambda_w \geq 1.08 \end{cases}$$

$$\chi_w = 1.2$$

Sienelės indėlis:

$$V_{bw.Rd} := \frac{\chi_w \cdot f_{yb} \cdot h_{weq} \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 1.08 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

Juostu indėlis:

$$V_{bf.Rd} := 0$$

Skaičiuotinė šlyjamoji galia:

$$V_{b.Rd} := V_{bw.Rd} + V_{bf.Rd} = 1.08 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Sąlyga_3} := \begin{cases} \text{"Sąlyga tenkinama"} & \text{if } V_{b.Rd} \leq \frac{\eta \cdot f_{yb} \cdot d \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} \\ \text{"Sąlyga netenkinama"} & \text{if } V_{b.Rd} > \frac{\eta \cdot f_{yb} \cdot d \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} \end{cases}$$

Sąlyga_3 = "Sąlyga tenkinama"

Šlyjamosios galios patikra:

$$\eta_3 := \frac{V_{Ed,1}}{V_{b,Rd}} = 0.106$$

$$S\grave{a}lyga_4 := \begin{cases} \text{"Laikomoji galia pakanakama"} & \text{if } \eta_3 < 1 \\ \text{"Laikomoji galia nepakanakama"} & \text{if } \eta_3 > 1 \end{cases}$$

S\grave{a}lyga_4 = "Laikomoji galia pakanakama"

Skersinių j\^egų poveikis:

Atstumas nuo apkrautos plokšt\^el\^es
iki s\^astandos - apkrovos veikiamos plokšt\^el\^es aukštis

$$b_1 := \frac{h_{eq}}{2} = 0.378 \text{ m}$$

$$I_{sl,1} := I_{y,s\grave{a}st} + 2 \cdot \left(\frac{15 \cdot \varepsilon \cdot t_w \cdot t_w^3}{12} \right) = 2.591 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$\gamma_s := \begin{cases} \frac{10.9 \cdot \frac{I_{sl,1}}{h_{weq} \cdot t_w^3}}{13 \left[\left(\frac{a}{h_{weq}} \right)^3 \right] + 210 \left(0.3 - \frac{b_1}{a} \right)} & \text{if } 10.9 \cdot \frac{I_{sl,1}}{h_{weq} \cdot t_w^3} \leq 13 \left[\left(\frac{a}{h_{weq}} \right)^3 \right] + 210 \left(0.3 - \frac{b_1}{a} \right) \\ \frac{13 \left[\left(\frac{a}{h_{weq}} \right)^3 \right] + 210 \left(0.3 - \frac{b_1}{a} \right)}{10.9 \cdot \frac{I_{sl,1}}{h_{weq} \cdot t_w^3}} & \text{if } 10.9 \cdot \frac{I_{sl,1}}{h_{weq} \cdot t_w^3} > 13 \left[\left(\frac{a}{h_{weq}} \right)^3 \right] + 210 \left(0.3 - \frac{b_1}{a} \right) \end{cases} = 112.2$$

Apkrovos perdav\^a atitinkantis klumpumo koeficientas:

$$k_f := 6 + 2 \cdot \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 + \left(5.44 \cdot \frac{b_1}{a} - 0.21 \right) \cdot \gamma_s = 130.834$$

Aukščiau esančios lygtys galioja kai:

$$S\grave{a}lyga_s\grave{a}st := \begin{cases} \text{"Lygtys galioja"} & \text{if } 0.05 \leq \frac{b_1}{a} \leq 0.3 \\ \text{"Lygtys negalioja"} & \text{if } \left(\frac{b_1}{a} > 0.3 \right) \end{cases}$$

S\grave{a}lyga_s\grave{a}st = "Lygtys galioja"

Standžiosios atramos ilgis:

$$s_s := 0.5 \cdot d_{eq} = 0.362 \text{ m}$$

Kritinė j\^ega:

$$F_{cr} := 0.9 \cdot k_f \cdot E \cdot \frac{t_w^3}{h_{weq}} = 570.582 \cdot \text{kN}$$

$$\lambda_{F,1} := \sqrt{\frac{s_s \cdot t_w \cdot f_{yb}}{F_{cr}}} = 1.219$$

Efektyvusis apkrovos ilgis turi b\^uti apskaičiuojamas taip:

$$m_1 := \frac{f_{yb} \cdot b_f}{f_{yb} \cdot t_w} = 28.571$$

$$m_2 := \begin{cases} 0.02 \cdot \left(\frac{h_w}{t_f} \right)^2 & \text{if } \lambda_{F,1} > 0.5 \\ 0 & \text{if } \lambda_{F,1} \leq 0.5 \end{cases}$$

$$l_y := s_s + 2 \cdot t_f \cdot \left(1 + \sqrt{m_1 + m_2} \right) = 0.629 \text{ m}$$

Sienel\^es salyginis liaunis:

$$\lambda_F := \sqrt{\frac{l_y \cdot t_w \cdot f_{yb}}{F_{cr}}} = 1.608$$

Vietinio klumpumo koeficientas:

$$\chi_F := \frac{0.5}{\lambda_F} = 0.311$$

Efektyvusis apkrovos ilgis:

$$L_{eff} := \chi_F \cdot l_y = 0.196 \text{ m}$$

Skaiciuotinė sijos sienel\^es klumpamoji galia:

$$F_{Rd} := \frac{f_{yb} \cdot L_{eff} \cdot t_w}{\gamma_{M1}} = 417.056 \cdot \text{kN}$$

Patikra :

$$\eta_2 := \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = 0.273$$

Šlyjamosios j\^egos, lenkiamojo momento ir ašinės j\^egos sąveika:

Juostos plotas:

$$A_f := b_f \cdot t_f = 2.4 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

Atstumas tarp juostų svorio centrų:

$$h_T := h_{weq} + t_f = 0.743 \text{ m}$$

Skerspjūvio sudaryto tik iš efektyviųjų juostų plastinė lenkiamoji galia:

$$M_{f,y,Rd} := A_f \cdot h_T \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_0} = 597.758 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{Edy,2} = 5.24 \times 10^5 \text{ J}$$

Atsparumo momentas:

$$W_{\text{eff},y} := \min(W_{\text{eff},y,1}, W_{\text{eff},y,2}, W_{\text{eff},y,11}, W_{\text{eff},y,22}) = 2.28 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

Atstumas iki skerspjuvio svorio centro:

$$c_T := \frac{A_s - 2 \cdot b_f \cdot t_f}{2 \cdot t_w} = 0.5 \text{ m}$$

Sijos skerspjuvio plastinis atsparumo momentas:

$$W_{\text{pl},y} := 2 \cdot b_f \cdot t_f \cdot c_T + c_T^2 \cdot \frac{t_w}{2} = 3.275 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

$$M_{\text{pl},y,\text{Rd}} := \frac{W_{\text{pl},y} \cdot f_{yb}}{\gamma_0} = 1.097 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Skerspjuvio laikomosios galios kriterijus:

$$\eta_1 := \frac{M_{\text{Ed},y,2}}{M_{\text{pl},y,\text{Rd}}} = 0.478$$

Sąveika:

$$\frac{M_{f,y,\text{Rd}}}{M_{\text{pl},y,\text{Rd}}} = 0.545$$

$$\left[\eta_1 + \left(1 - \frac{M_{f,y,\text{Rd}}}{M_{\text{pl},y,\text{Rd}}} \right) (2 \cdot \eta_3 - 1)^2 \right] = 0.761$$

$$\text{Sąlyga}_5 := \begin{cases} \text{"Laikomoji galia pakankama"} & \text{if } \eta_1 + \left(1 - \frac{M_{f,y,\text{Rd}}}{M_{\text{pl},y,\text{Rd}}} \right) (2 \cdot \eta_3 - 1)^2 \leq 1 \\ \text{"Laikomoji galia nepakankama"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Sąlyga_5 = "Laikomoji galia pakankama"

$$\eta_{\text{Ed},1} := \frac{N_{\text{Ed},1}}{f_{yb} \cdot \frac{A_{\text{eff}}}{\gamma_{\text{M0}}}} + \frac{(M_{\text{Ed},y,2} + N_{\text{Ed},1} \cdot e_N)}{f_{yb} \cdot \frac{W_{\text{eff},y,11}}{\gamma_{\text{M0}}}} = 0.746$$

$$\frac{M_{\text{Ed},y,2}}{M_{\text{c},y,\text{Rd}}} = 0.686$$

$$\eta_3 = 0.106$$

$$\eta_2 = 0.273$$

$$\eta_{\text{Ed}} := \frac{M_{\text{Ed},y,2}}{M_{\text{pl},y,\text{Rd}}} = 0.478$$

Lenkiamojo momento, ašinės jėgos ir skersinės jėgos sąveika:

$$\eta_2 + 0.8 \cdot \eta_{1,1} = 0.87 \quad \eta \leq 1.4$$

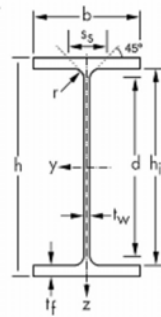
Šlyjamosios ir skersinės jėgos sąveika sienelėje:

$$\left[\eta_3 \cdot \left(1 - \frac{F_{\text{Ed}}}{2 \cdot V_{\text{Ed},1}} \right) \right]^{1.6} + \eta_2 = 0.282$$

Sąveika tarp ašinės jėgos, lenkiamojo momento ir šlyjamosios jėgos

$$\left[\eta_1 + \left(1 - \frac{M_{f,y,\text{Rd}}}{M_{\text{pl},y,\text{Rd}}} \right) (2 \cdot \eta_3 - 1)^2 \right] = 0.761$$

B.3 Priedas 4 klasės kintančio skerspjūvio skaičiavimo algoritmas pagal sumažintųjų įtempių metodą



Skerspjūvio aukštis:

$$h := 1000 \text{ mm}$$

$$h_{\min} := 500 \text{ mm}$$

Skerspjūvio plotis:

$$b := 200 \text{ mm}$$

$$b_f := 200 \text{ mm}$$

Juostos storis:

$$t_f := 12 \text{ mm}$$

Sienutės storis:

$$t_w := 5 \text{ mm}$$

Atstumas tarp sastandų:

$$a := 1.56 \text{ m}$$

Suapvalinimo spindulys:

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$\eta := 1.2$$

kai plieno klase žemesne uz S460

Sienutės aukštis:

$$d := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot a_w = 0.968 \text{ m}$$

Skerspjūvio plotas:

$$A_s := t_w \cdot h + 2 \cdot t_f \cdot b_f = 9.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Plieno charakteristikos:

Plieno klasė:

$$f_{yb} := 335 \text{ MPa}$$

Tamprusis Puasono koeficientas:

$$\nu := 0.3$$

$$\rho_{\text{plieno}} := 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Plieno tamprumo modulis

$$E := 210 \text{ GPa}$$

Saugos koeficientai:

$$\gamma_0 := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1.1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

Elemento geometrija:

$$L_{\text{sw}} := 16.86 \text{ m}$$

2. Skerspjūvio klasės nustatymas

Koeficientas priklausantis nuo plieno stiprio pagal takumo ribą:

$$\varepsilon_s := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_{yb}}} = 0.838$$

2.1 Skerspjūvio juostos klasė

Skerspjūvio gniuždomos dalies plotis:

$$c_f := \frac{(b - t_w)}{2} - a_w = 93.5 \text{ mm}$$

Skerspjūvio gniuždomos dalies pločio ir storio santykis:

$$\frac{c_f}{t_f} = 7.792$$

$$\text{Juostos}_{\text{klasė}} := \begin{cases} 1 & \text{if } \frac{c_f}{t_f} \leq 33 \cdot \varepsilon \\ 2 & \text{if } 33 \cdot \varepsilon < \frac{c_f}{t_f} \leq 38 \cdot \varepsilon \\ 3 & \text{if } 38 \cdot \varepsilon < \frac{c_f}{t_f} \leq 42 \cdot \varepsilon \\ 4 & \text{if } 42 \cdot \varepsilon < \frac{c_f}{t_f} \end{cases}$$

$$\text{Juostos}_{\text{klasė}} = 1$$

2.2 Skerspjūvio juostos klasė

Skerspjūvio gniuždomos dalies plotis:

$$c_w := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot a_w = 968 \text{ mm}$$

Skerspjūvio gniuždomos dalies pločio ir storio santykis:

$$\frac{c_w}{t_w} = 193.6$$

$$\text{Sienelės}_{\text{klasė}} := \begin{cases} 1 & \text{if } \frac{c_w}{t_w} \leq 72 \cdot \varepsilon \\ 2 & \text{if } 72 \cdot \varepsilon < \frac{c_w}{t_w} \leq 83 \cdot \varepsilon \\ 3 & \text{if } 83 \cdot \varepsilon < \frac{c_w}{t_w} \leq 124 \cdot \varepsilon \\ 4 & \text{if } 124 \cdot \varepsilon < \frac{c_w}{t_w} \end{cases}$$

$$\text{Sienelės}_{\text{klasė}} = 4$$

2.3 Bendra skerspjūvio klasė:

$$\text{Skerspjūvio}_{\text{klasė}} := \begin{cases} 1 & \text{if } \max(\text{Sienelės}_{\text{klasė}}, \text{Juostos}_{\text{klasė}}) = 1 \\ 2 & \text{if } \max(\text{Sienelės}_{\text{klasė}}, \text{Juostos}_{\text{klasė}}) = 2 \\ 3 & \text{if } \max(\text{Sienelės}_{\text{klasė}}, \text{Juostos}_{\text{klasė}}) = 3 \\ 4 & \text{if } \max(\text{Sienelės}_{\text{klasė}}, \text{Juostos}_{\text{klasė}}) = 4 \end{cases}$$

$$\text{Skerspjūvio}_{\text{klasė}} = 4$$

Duotos įrašos:

Maksimalus lenkimo momentas ties atrama:

$$M_{Edy} := 524 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Maksimali skersinė jėga ties atrama:

$$V_{Ed} := 114 \text{ kN}$$

Ašinė jėga:

$$N_{Ed} := 195 \text{ kN}$$

Lokali skersinė jėga:

$$F_{Ed} := 50 \text{ kN}$$

Kintančio 2'tejo skerspjūvio charakteristikų nustatymas:

$$h_w := h - 2 \cdot t_f = 0.976 \text{ m}$$

Sijos sienelės aukštis ir atstumas tarp juostų svorių centrų:

$$h_{wmax} := h - 2 \cdot t_f = 976 \text{ mm} \quad h_{wmin} := h_{min} - 2 \cdot t_f = 476 \text{ mm}$$

$$h_{fmax} := h - t_f = 988 \text{ mm} \quad h_{fmin} := h_{min} - t_f = 488 \text{ mm}$$

$$\gamma := \frac{h_{min}}{h}$$

$$h_{eq} := h \cdot \sqrt{0.283 + 0.434 \gamma + 0.283 \gamma^2} = 0.755 \text{ m}$$

$$h_{weq} := h_{eq} - 2 \cdot t_f = 0.731 \text{ m}$$

Inercijos momentas apie y-y ašį:

$$I_{ymax} := \frac{t_w \cdot h_{wmax}^3}{12} + 2 \cdot \left[\frac{b \cdot t_f^3}{12} + b \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_{fmax}}{2} \right)^2 \right] = 1.559 \times 10^9 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{ymin} := \frac{t_w \cdot h_{wmin}^3}{12} + 2 \cdot \left[\frac{b \cdot t_f^3}{12} + b \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_{fmin}}{2} \right)^2 \right] = 3.308 \times 10^8 \cdot \text{mm}^4$$

$$r := \sqrt{\frac{I_{ymin}}{I_{ymax}}} = 0.461$$

$$C_{\omega\omega} := (0.08 + 0.92 \cdot r) = 0.504$$

$$I_{yeq} := C \cdot I_{ymax} = 7.853 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

Atstumas r_T nuo apatinės juostos svorio centro iki skerspjūvio svorio centro:

$$r_T := \frac{h_{weq} + t_f}{2} = 371.74 \text{ mm}$$

Statinis skerspjūvio momentas:

$$S_y := 2b_f \cdot t_f \cdot r_T + t_w \cdot h_{weq} \cdot \left(\frac{h_{eq}}{2} \right) = 3.166 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

Suminio skerspjūvio atsparumo momentai:

$$W_y := \frac{I_{yeq}}{r_T} = 2.113 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

Suminio skerspjūvio tamprioji lenkiamoji galia:

$$M_{ely, Rd} := \frac{W_y \cdot f_{yb}}{\gamma_0} = 707.702 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Normaliniai plokštelėje įtempiai nuo veikiamų įrašų:

$$\sigma_1 := \frac{M_{Edy}}{W_y} = 248.042 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_2 := -\sigma_1 = -2.48 \times 10^8 \text{ Pa}$$

Įtempių pasiskirstymo koeficientas w :

$$\psi := \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = -1$$

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

Tnagentiniai įtempiai skerspjūvyje:

$$\tau := \frac{V_{Ed} \cdot S_y}{I_{yeq} \cdot t_w} = 91.915 \cdot \text{MPa}$$

Kritiniai plokštelės įtempiai:

$$\sigma_E := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t_w^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot h_{weq}^2} = 8.868 \cdot \text{MPa}$$

Liaunio parametras λ_w :

Salginis juostos ir dalies sienutės skerspjūvis inercijos momentas:

$$I_{sl} := \frac{t_f \cdot b_f^3}{12} + \frac{15 \cdot \varepsilon \cdot t_w \cdot t_w^3}{12} = 8.001 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

Koeficientas:

$$k_{\tau sl} := \begin{cases} 9 \cdot \left(\frac{h_{weq}}{a} \right)^2 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{I_{sl}}{t_w^3 \cdot h_{weq}} \right)^3} & \text{if } 9 \cdot \left(\frac{h_{weq}}{a} \right)^2 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{I_{sl}}{t_w^3 \cdot h_{weq}} \right)^3} \geq \frac{2.1}{t_w} \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{sl}}{h_{weq}}} \\ \frac{2.1}{t_w} \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{sl}}{h_{weq}}} & \text{if } 9 \cdot \left(\frac{h_{weq}}{a} \right)^2 \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{I_{sl}}{t_w^3 \cdot h_{weq}} \right)^3} < \frac{2.1}{t_w} \cdot \sqrt[3]{\frac{I_{sl}}{h_{weq}}} \end{cases} = 56.612$$

Šlyjamojo klumpumo koeficientas:

$$k_{\tau} := \begin{cases} \left[5.34 + 4 \cdot \left(\frac{h_{\text{weq}}}{a} \right)^2 + k_{\tau \text{sl}} \right] & \text{if } \frac{a}{h_{\text{weq}}} \geq 1 \\ \left[4 + 5.34 \cdot \left(\frac{h_{\text{weq}}}{a} \right)^2 + k_{\tau \text{sl}} \right] & \text{if } \frac{a}{h_{\text{weq}}} < 1 \end{cases}$$

$$k_{\tau} = 62.831$$

Liaunio parametras 5.1 lentelėje ir 5.2 pav. turi būti lygus λ_w :

$$\tau_{\text{cr}} := \sigma_E \cdot k_{\tau} = 5.572 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$\lambda_{w,1} := 0.76 \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{\tau_{\text{cr}}}} = 0.589$$

Tačiau liaunio parametras λ_w gali būti imamas ir toks:

1. Kai yra skersinės sastandos esančios ties atramomis:

$$\lambda_{w,2} := \frac{h_{\text{weq}}}{86.4 \cdot t_w \cdot \epsilon} = 2.022$$

2. Kai yra skersinės sastandos esančios ties tarpinės skersinės ar išilginės sastandos:

$$\lambda_{w,3} := \frac{h_{\text{weq}}}{37.4 \cdot t_w \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_{\tau}}} = 0.589$$

Klumpamosios galios koeficientas:

$$\lambda_w := \lambda_{w,1} = 0.589 \quad - \text{renkames iš 3 pagal EC 1993-1-5 5 skyrių}$$

$$\chi_w := \begin{cases} \eta & \text{if } \lambda_w < \frac{0.83}{\eta} \\ \frac{0.83}{\lambda_{w,2}} & \text{if } \frac{0.83}{\eta} \leq \lambda_w < 1.08 \\ \frac{1.37}{0.7 + \lambda_w} & \text{if } \lambda_w \geq 1.08 \end{cases}$$

$$\chi_w = 1.2$$

Tamprieji kritiniai lakšto klumpamieji įtempiai:

$$\sigma_{\text{cr},p} := k_{\sigma} \cdot \sigma_E = 211.948 \cdot \text{MPa}$$

$$\tau_{\text{ow}} := k_{\tau} \cdot \sigma_E = 557.196 \cdot \text{MPa}$$

$$\frac{1}{\alpha_{\text{ult},k}^2} = \left(\frac{\sigma_1}{f_{yb}} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau}{f_{yb}} \right)^2 \text{ solve, } \alpha_{\text{ult},k} \rightarrow \left(\frac{0.0000011366049248117111879 \cdot \text{MPa}}{\text{Pa}} + \frac{0.0000011366049248117111879 \cdot \text{MPa}}{\text{Pa}} \right)$$

Įtempių komponentė:

$$\sigma_{v,Ed} := \sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau^2} = 294.737 \cdot \text{MPa}$$

Takumo ribos rodiklis:

$$\alpha_{\text{ult},k} := \frac{f_{yb}}{\sigma_{v,Ed}} = 1.137$$

$$\alpha_{\text{ult},k} := \frac{1}{\left[\left(\frac{\sigma_1}{f_{yb}} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau}{f_{yb}} \right)^2 \right]} = 1.292$$

Įtempių komponentų eigen reikšmės:

$$\alpha_{\text{cr},x} := \frac{\sigma_{\text{cr},p}}{\sigma_1} = 0.854$$

$$\alpha_{\text{cr},\tau} := \frac{\tau_{\text{cr}}}{\tau} = 6.062$$

Kritinis apkrovos koeficientas:

$$\frac{1}{\alpha_{\text{cr}}} = \frac{1 + \psi}{4 \cdot \alpha_{\text{cr},x}} + \sqrt{\left(\frac{1 + \psi}{4 \cdot \alpha_{\text{cr},x}} \right)^2 + \frac{1 - \psi}{2 \cdot \alpha_{\text{cr},x}^2} + \frac{1}{\alpha_{\text{cr},\tau}^2}} \text{ solve, } \alpha_{\text{cr}} \rightarrow 0.84611930044347705503$$

$$\alpha_{\text{cr}} := 0.5221685501077$$

Gniuždomo lakšto liaunis:

$$\lambda_p := \sqrt{\frac{\alpha_{\text{ult},k}}{\alpha_{\text{cr}}}} = 1.475$$

Pataisos koeficientas ρ :

$$\rho := \begin{cases} 1 & \text{if } \lambda_p \leq 0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} \\ \frac{\lambda_p - 0.055 \cdot (3 + \psi)}{\lambda_p^2} & \text{if } \lambda_p > 0.5 + \sqrt{0.085 - 0.055 \cdot \psi} \end{cases}$$

$$\rho = 0.627$$

Laikomosios galios patikra

$$\left(\frac{\sigma_1}{\rho \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau}{\chi_w \cdot \frac{f_{yb}}{\gamma_{M1}}} \right)^2 = 1.876$$