

თავი 4 . შემოწმება ნორმებით

სვეტის შემოწმება ნორმების მიხედვით - Eurocode 3 (1993-1-1)

მასალის მახასიათებლები :

$$f_y := 24 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

მასალის დენადობის ზღვარი

$$f_u := 36.7 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

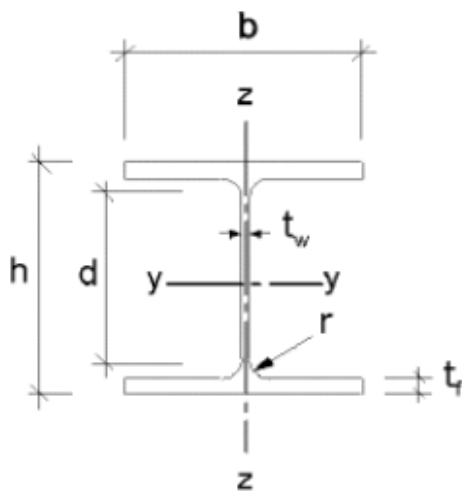
მასალის დროებითი წინაღობა

$$E := 21428 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

მასალის იუნგის მოდული

$$G := 8265 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

მასალის ძვრის მოდული



$$b := 280\text{mm}$$

$$h := 270\text{mm}$$

$$t_f := 13\text{mm}$$

$$t_w := 8\text{mm}$$

$$r := 24\text{mm}$$

$$d := 196\text{mm}$$

$$A := 9726 \text{ mm}^2$$

კვეთის ფართობი

$$I_y := 136733000 \text{ mm}^4$$

კვეთის ინერციის მომენტი Y ღერძის მიმართ

$$I_z := 47626400 \text{ mm}^4$$

კვეთის ინერციის მომენტი Z ღერძის მიმართ

$$I_t := 565000 \text{ mm}^4$$

კვეთის ბრუნვის ინერციის მომენტი

$$W_{pl,y} := 1112320 \text{ mm}^3$$

კვეთის პლასტიკური წინააღობის მომენტი Y ღერძის მიმართ

$$W_{pl,z} := 518140 \text{ mm}^3$$

კვეთის პლასტიკური წინააღობის მომენტი Z ღერძის მიმართ

$$W_{el,y} := 1012840 \text{ mm}^3$$

კვეთის წინააღობის მომენტი Y ღერძის მიმართ

$W_{el.z} := 340190 \text{ mm}^3$ კვეთის წინაღობის მომენტი Y ღერძის მიმართ

$$i_y := \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 0.119\text{m}$$

$$i_z := \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 0.07\text{m}$$

კვეთში მოქმედი ძალები

$N_{ed} := 11140\text{kg}$ კუმშვის ძალა

$V_{ed} := 6286\text{kg}$ გადამჭრელი ძალა

$M_{ed} := 23587\text{kg}\cdot\text{m}$ მღუნავი მომენტი

კვეთის კლასის გაგება

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

ცხრილი 5.2

თაროს კლასის დადგენა (5.6)

$$c_1 := \frac{(b - t_w - 2 \cdot r)}{2} = 0.112\text{m} \quad \text{თაროს კონსოლის სიგრძე}$$

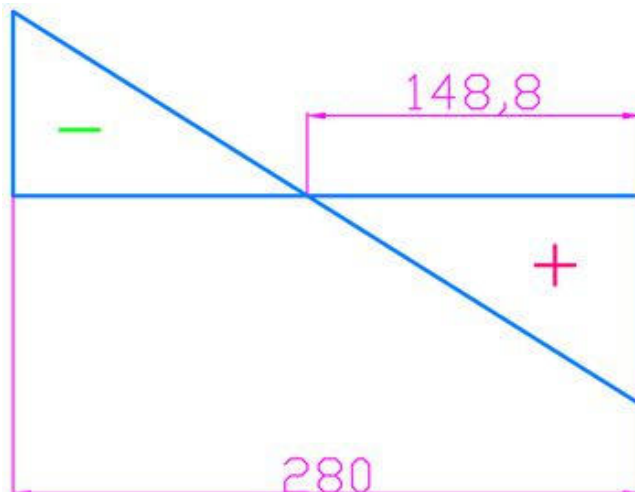
$$\frac{c_1}{t_f \cdot \varepsilon} = 8.615 \quad \text{კვეთის თარო მიეკუთვნება პირველ კლასს}$$

კედლის კლასის დადგენა (5.6)

$$\frac{N_{ed}}{2} - \frac{M_{ed}}{h} = -8.179 \times 10^4 \text{ kg}$$

$$\frac{N_{ed}}{2} + \frac{M_{ed}}{h} = 9.293 \times 10^4 \text{ kg}$$

$-8.179 \times 10^4 \text{ kg}$



$9.293 \times 10^4 \text{ kg}$

$$C := h - 2 \cdot t_f = 0.244\text{m} \quad \text{კედლის სიმაღლე}$$

$$\alpha := \frac{148.8\text{mm} - t_f}{C} = 0.557 \quad \text{ცხრილი 5.2}$$

$$C/t_w < \frac{396 \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 63.51 \quad \text{პირველი კლასის კვეთის კედლის პირობა}$$

$$\frac{C}{t_w} = 30.5 \quad \text{კვეთის კედელი მიეკუთვნება პირველ კლასს}$$

პუნქტი 5.5.2(6) - ის მიხედვით კვეთი მიეკუთვნება პირველი კლასის კვეთს

სიმტკიცის შემოწმება

$$\gamma_{M0} := 1 \quad \text{ზოგადი უსაფრთხოების კოეფიციენტი}$$

$$N_{c.RD} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2.334 \times 10^5 \text{ kg} \quad \text{კვეთის ამტანუნარიანობა კუმშვის დროს (6.10)}$$

$$M_{c.RD} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2.67 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad \text{კვეთის ამტანუნარიანობა ღუნვის დროს (6.10)}$$

$$h_w := h - 2 \cdot t_f = 0.244\text{m} \quad \text{კედლის სიმაღლე}$$

$$A_v := h_w \cdot t_w = 1.952 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad \text{ორტესებრი კვეთის საანგარიშო ფართობი გადამჭრელი ძალის ანგარიშის დროს (გადამჭრელი ძალა მოქმედებს ორტესებრი კოჭის კედლის პარალელურად)}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = 30.5 < 72 \cdot \varepsilon, \quad \text{კედლის მდგრადობის შემოწმება საჭირო არ არის (6.22)}$$

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_v \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 2.705 \times 10^4 \text{ kg} \quad \text{კვეთის ამტანუნარიანობა გადამჭრელი ძალის დროს (6.18)}$$

$$\frac{V_{pl.Rd}}{V_{ed}} = 4.303$$

პუნქტი 6.2.10(2)-ის მიხედვით, რადგან კვეთის ამტანუნარიანობა გადამჭრელი ძალის დროს ორჯერზე დიდია მოქმედ გადამჭრელ ძალაზე , სიმტკიცის შემოწმების დროს გადამჭრელი ძალის ეფექტი შეგვიძლია უგულებელვყოთ

$$N_{pl.RD} := N_{c.RD} = 2.334 \times 10^5 \text{ kg}$$

$$M_{ply.RD} := M_{c.RD} = 2.67 \times 10^4 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$N_{pl.RD} \cdot 0.25 = 5.836 \times 10^4 \text{ kg} > N_{ed} = 1.114 \times 10^4 \text{ kg} \quad (6.33)$$

$$\frac{0.5 \cdot h_w \cdot t_f \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 3.806 \times 10^4 \text{ kg} > N_{ed} = 1.114 \times 10^4 \text{ kg} \quad (6.34)$$

რადგან მოქმედი კუმშვის ძალა უფრო ნაკლებია კვეთის ამტანუნარიანობის 25-% ზე (კუმშვის დროს) და ორტესებრი კოჭის კედლის ნახევრის ფართობის ნამრავლი მასალის დენადობის ზღვარზე უფრო დიდია ვიდრე კვეთში მოქმედი კუმშვის ძალა, კუმშვის ძალით სიმტკიცის ანგარიშის დროს შეგვიძლია უგულებელვყოთ .

$$\frac{M_{ed}}{M_{ply.RD}} = 0.884 < 1 \quad \text{სიმტკიცის პირობა დაცულია} \quad 6.2.9$$

მდგრადობის შემოწმება

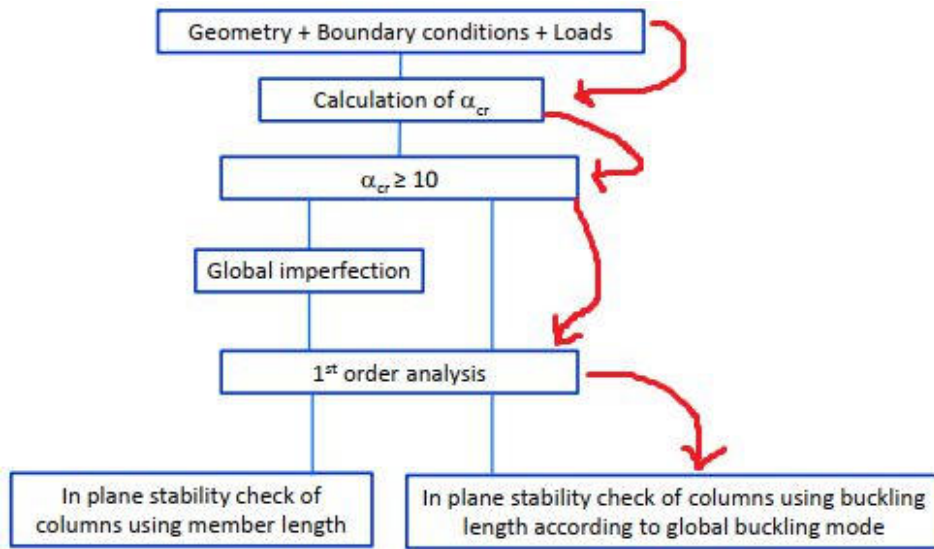
ევროკოდით მდგრადობის გაანგარიშება დამოკიდებულია სისტემის გლობალური მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტზე α_{cr} -ზე (5.2.1) . α_{cr} -ის მიახლოებითი გაანგარიშება მოცემულია ნორმაში , უფრო ზუსტი მნიშვნელობის დადგენა ხდება პროგრამული კომპლექსის მეშვეობით .

α_{cr} -ის მნიშვნელობა

Case/Mode	Critical coef.	Precision
32/ 1	2,38101e+001	8,70995e-004
22/ 1	2,40209e+001	1,30087e-003

მდგრადობის გაანგარიშების გზის არჩევა 5.2.2

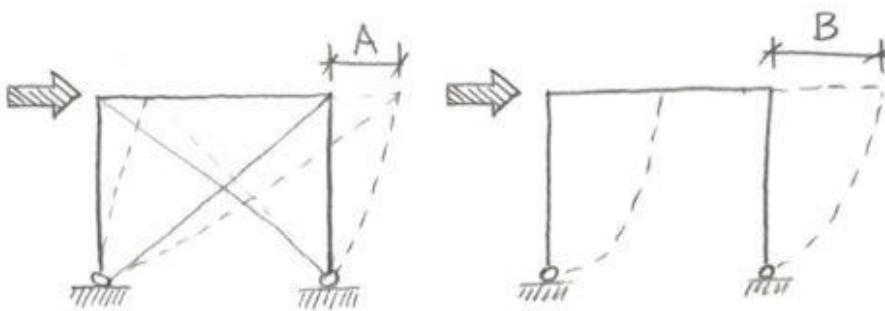
ევროკოდით არსებობს ბევრი გზა მდგრადობის გაანგარიშების. სამაგისტრო ნაშრომის ფარგლებში არჩეულია ყველაზე მარტივი გზა, რომელიც ახლავს ჩვენს ნორმასაც.



სვეტის მდგრადობის გაანგარიშება მოხდება საანგარიშო სიგრძეების მეშვეობით.

სვეტის საანგარიშო სიგრძე (განივი ჩარჩოს სიბრტყეში)

ჩარჩოს ტიპი - თავისუფალი ტიპის ჩარჩო (sway frame)



$$B > 5 \cdot A$$

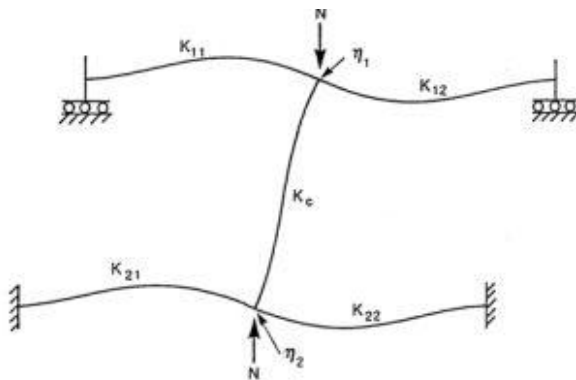
Classical way of checking if you have a "sway" structure

$$\eta_1 = \frac{K_c}{K_c + K_{11} + K_{12}}$$

$$\eta_2 = \frac{K_c}{K_c + K_{21} + K_{22}}$$

where K_c is the column stiffness coefficient I/L

and K_{ij} is the effective beam stiffness coefficient



(b) Sway mode

Conditions of rotational restraint at far end of beam	Effective beam stiffness coefficient K (provided that beam remains elastic)
<u>Fixed at far end</u>	<u>$1,0 \frac{I}{L}$</u>
Pinned at far end	$0,75 \frac{I}{L}$
Rotation as at near end (double curvature)	$1,5 \frac{I}{L}$
Rotation equal and opposite to that at near end (single curvature)	$0,5 \frac{I}{L}$
General case Rotation θ_a at near end and θ_b at far end	$\left(1 + 0,5 \frac{\theta_b}{\theta_a}\right) \frac{I}{L}$

sway mode

$$\frac{L_{cr}}{L} = \sqrt{\frac{1 - 0,2(\eta_1 + \eta_2) - 0,12\eta_1\eta_2}{1 - 0,8(\eta_1 + \eta_2) + 0,6\eta_1\eta_2}}$$

$L_1 := 6000\text{mm}$ სვეტის სიგრძე

$L_2 := 24000\text{mm}$ განივი ჩარჩოს მალი

$I_1 := 136730000\text{mm}^4$ სვეტის ინერციის მომენტი Y ღერძის მიმართ

$I_2 := 481980000\text{mm}^4$ რიგელის ინერციის მომენტი Y ღერძის მიმართ

$$k_{21} := 0 \quad k_{22} := 0 \quad k_{11} := 0 \quad k_{12} := \frac{I_2}{L_2} = 2,008 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$K_c := \frac{I_1}{L_1} = 2,279 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$\eta_1 := \frac{K_c}{K_c + k_{11} + k_{12}} = 0,532 \quad \eta_2 := 0$$

$$L_{cr1} := L_1 \cdot \sqrt{\frac{1 - 0,2(\eta_1 + \eta_2) - 0,12\eta_1\eta_2}{1 - 0,8(\eta_1 + \eta_2) + 0,6\eta_1\eta_2}} = 7,482\text{m} \quad \text{სვეტის საანგარიშო სიგრძე განივი ჩარჩოს სიბრტყეში}$$

$$\frac{L_{cr1}}{L_1} = 1,247 \quad \text{სვეტის საანგარიშო სიგრძის კოეფიციენტი განივი ჩარჩოს სიბრტყეში}$$

სვეტის საანგარიშო სიგრძე განივი ჩარჩოს სიბრტყიდან

განივი ჩარჩოს სიბრტყიდან სვეტის საანგარიშო სიგრძე უდრის სვეტის სიგრძეს , რადგან ლითონის კარკასს ახლავს კავშირები სვეტებს შორის

$$L_{cr2} := L_1 = 6\text{m}$$

არაცენტრალურად შეკუმშული სვეტის მდგრადობის ანგარიში

მდგრადობის პირობა (6.3.3.(4)):

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,$$

რადგან Mz არ გვაქვს, მაშინ დაგვრჩება :

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 2.334 \times 10^5 \text{ kg}$$

$$M_{yRk} := W_{pl,y} \cdot f_y = 2.67 \times 10^4 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$\Delta M_{yRk} := 0 \quad 1, 2 \text{ და } 3\text{-მე კლასის კვეთებისთვის}$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$N_{cr.y} := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr1}^2} = 5.166 \times 10^5 \text{ kg} \quad \begin{array}{l} \text{კრიტიკული კუმშვის ძალა ,} \\ \text{Y ღერძის მიმართულებით} \end{array}$$

$$\lambda''_y := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.y}}} = 0.672 \quad (6.49)$$

$$\alpha_y := 0.34 \quad (\text{ცხრილი 6.1})$$

$$\Phi_y := 0.5 \cdot [1 + \alpha_y \cdot (\lambda''_y - 0.2) + \lambda''_y^2] = 0.806$$

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda''_y^2}} = 0.799 \quad (6.49)$$

$$N_{cr.z} := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr2}^2} = 2.798 \times 10^5 \text{ kg} \quad \begin{array}{l} \text{კრიტიკული კუმშვის ძალა ,} \\ \text{Z ღერძის მიმართულებით} \end{array}$$

$$\lambda''_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.z}}} = 0.913 \quad (6.49)$$

$$\alpha_z := 0.49 \quad (\text{ცხრილი 6.1})$$

$$\Phi_z := 0.5 \cdot [1 + \alpha_z \cdot (\lambda''_z - 0.2) + \lambda''_z^2] = 1.092 \quad (6.49)$$

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda''_z^2}} = 0.592 \quad (6.49)$$

$$I_w := \frac{I_z \cdot (h - t_f)^2}{4} = 7.864 \times 10^{-7} \text{ m}^6 \quad \text{სვეტის სექტორიალური მომენტი}$$

$$M_1 := 14133 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad \text{სვეტში მომენტი საყრდენთან}$$

$$M_2 := -23587 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad \text{სვეტში მომენტი რიგელთან}$$

$$\Psi_y := \frac{14133 \text{ kg} \cdot \text{m}}{-23587 \text{ kg} \cdot \text{m}} = -0.599$$

კვეთის დაბოლოებების მოქმედი მომენტების ფარდობა

The effective length factors k and k_w vary from 0,5 for full fixity to 1,0 for no fixity, with 0,7 for one end fixed and one end free.

For cases with $k = 1,0$ the value of C_1 for any ratio of end moment loading as indicated in Table F.1.1, is given approximately by:

$$C_1 := \begin{cases} \left(1.88 - 1.4\Psi_y + 0.52\Psi_y^2\right) & \text{if } \left(1.88 - 1.4\Psi_y + 0.52\Psi_y^2\right) < 2.7 \\ 2.7 & \text{if } \left(1.88 - 1.4\Psi_y + 0.52\Psi_y^2\right) \geq 2.7 \end{cases} \quad \text{ENV 1993-1-1 (F.1.2)}$$

$$C_1 = 2.7$$

$$L := 6000\text{mm}$$

კვეთის საანგარიშო სიგრძე ღუნვის დროს

$$M_{cr} := C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}} = 1.377 \times 10^5 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad \text{ENV 1993-1-1 (F.6)}$$

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.44 \quad (6.56)$$

$$\alpha_{LT} := 0.21$$

(ცხრილი 6.3)

$$\Phi_{LT} := 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2 \right] = 0.622 \quad (6.56)$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0.942 \quad (6.56)$$

(დანართი A , ცხრილი A1)

$$\mu_y := \frac{1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \cdot \frac{N_{ed}}{N_{cr,y}}} = 0.996$$

$$w_y := \frac{W_{pl,y}}{W_{el,y}} = 1.098$$

$$\lambda''_{max} := \begin{cases} \lambda''_y & \text{if } \lambda''_y > \lambda''_z \\ \lambda''_z & \text{if } \lambda''_z > \lambda''_y \end{cases}$$

b_{LT} := 0 რადგან Mz,Ed=0

$$\lambda''_{max} = 0.913$$

$$n_{pl} := \frac{N_{ed}}{N_{Rk}} = 0.048$$

$$a_{LT} := 1 - \frac{I_t}{I_y} = 0.996$$

$$C_{1\lambda 0} := 1$$

$$M_{cr\lambda 0} := C_{1\lambda 0} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}} = 5.098 \times 10^4 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$\lambda''_0 := \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr\lambda 0}}} = 0.724$$

$$C_{my,0} := 0.79 + 0.21 \cdot \Psi_y + 0.36 \cdot (\Psi_y - 0.33) \cdot \frac{N_{ed}}{N_{cr,y}} = 0.657$$

Руководство для проектировщиков к еврокоду 3 (გვერდი 202)

y₀ := 0 მანძილი ძვრის ცენტრიდან კვეთის სიმძიმის ცენტრამდე

z₀ := 0 მანძილი ძვრის ცენტრიდან კვეთის სიმძიმის ცენტრამდე

$$i_0 := \sqrt{i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2} = 0.138\text{m}$$

L_t := 6000 mm საანგარიშო სიგრძე (მდგრადობის დაკარგვის ბრუნვის მოდალური ფორმისთვის)

$$N_{cr.T} := \frac{1}{i_0^2} \cdot \left(G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_t^2} \right) = 4.901 \times 10^5 \text{ kg}$$

ბრუნვისას მდგრადობის დაკარგვის დრეკადი კრიტიკული ძალა

$$\beta := 1 - \left(\frac{y_0}{i_0} \right)^2 = 1$$

ბრუნვისას და ღუნვისას მდგრადობის დაკარგვის დრეკადი კრიტიკული ძალა

$$N_{cr.TF} := \frac{N_{cr.y}}{2\beta} \cdot \left[1 + \frac{N_{cr.T}}{N_{cr.y}} - \sqrt{\left(1 - \frac{N_{cr.T}}{N_{cr.y}} \right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{y_0}{i_0} \right)^2 \cdot \frac{N_{cr.T}}{N_{cr.y}}} \right] = 4.901 \times 10^5 \text{ kg}$$

(დანართი A)

$$M_{y.Ed} := M_{ed} = 2.359 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\varepsilon_y := \frac{M_{y.Ed}}{N_{ed}} \cdot \frac{A}{W_{el,y}} = 20.332$$

$$0.2 \cdot \sqrt{C_1} \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr.z}} \right) \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr.TF}} \right) \right]} = 0.126$$

$$C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) \cdot \frac{\sqrt{\varepsilon_y} \cdot a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_y} \cdot a_{LT}} = 0.938$$

$$C_{my} := \begin{cases} C_{my,0} & \text{if } \left[0.2 \cdot \sqrt{C_1} \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr.z}} \right) \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr.TF}} \right) \right]} \right] \geq \lambda^* \\ C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) \cdot \frac{\sqrt{\varepsilon_y} \cdot a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_y} \cdot a_{LT}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$C_{my} = 0.938$$

$$C_{yy} := 1 + (w_y - 1) \cdot \left[\left(2 - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \lambda^{* \max} - \frac{1.6}{w_y} \cdot C_{my}^2 \cdot \lambda^{* \max 2} \right) \cdot n_{pl} - b_{LT} \right] = 0.999$$

$$C_{my}^2 \cdot \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr.z}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr.T}}\right)}} = 0.904$$

$$C_{mLT} := \begin{cases} 1 & \text{if } 1 > C_{my}^2 \cdot \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr.z}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr.T}}\right)}} \\ C_{my}^2 \cdot \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr.z}}\right) \cdot \left(1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr.T}}\right)}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$C_{mLT} = 1$$

$$k_{yy} := C_{my} \cdot C_{mLT} \cdot \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr.y}}} \cdot \frac{1}{C_{yy}} = 0.955$$

$$\frac{W_{pl.z}}{W_{el.z}} = 1.523$$

$$\mu_z := \frac{1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr.z}}}{1 - \chi_z \frac{N_{ed}}{N_{cr.z}}} = 0.983$$

$$w_z := \begin{cases} 1.5 & \text{if } 1.5 < \frac{W_{pl.z}}{W_{el.z}} \\ \frac{W_{pl.z}}{W_{el.z}} & \text{otherwise} \end{cases} = 1.5$$

$d_{LT} := 0$ რადგან $M_z, E_d = 0$

$$C_{zy1} := 1 + (w_y - 1) \cdot \left[\left(2 - \frac{14 C_{my} \cdot \lambda_{cr}^2}{w_y^5} \right) \cdot n_{pl} - d_{LT} \right] = 0.977$$

$$0.6 \cdot \frac{\sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \cdot \frac{W_{el.y}}{W_{pl.y}}}{\sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \cdot \frac{W_{el.y}}{W_{pl.y}}} = 0.467$$

$$C_{zy} := \begin{cases} \left(0.6 \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \cdot \frac{W_{el.y}}{W_{pl.y}} \right) & \text{if } \left(0.6 \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \cdot \frac{W_{el.y}}{W_{pl.y}} \right) > C_{zy1} \\ C_{zy1} & \text{otherwise} \end{cases} = 0.977$$

$$k_{zy} := \left(\frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{1}{C_{zy}} \cdot 0.6 \sqrt{\frac{w_y}{w_z}} \right) \cdot (C_{my} \cdot C_{mLT}) = 0.495$$

$$\frac{\frac{N_{ed}}{\left(\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)}}{\gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}} \cdot k_{yy} = 0.956 < 1 \quad \text{მდგრადობის პირობა 1 დაცულია}$$

6.3.3(4)

$$\frac{\frac{N_{ed}}{\left(\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \right)}}{\gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}} \cdot k_{zy} = 0.545 < 1 \quad \text{მდგრადობის პირობა 2 დაცულია}$$

6.3.3(4)

რიგელის შემოწმება ნორმების მიხედვით - Eurocode 3

მასალის მახასიათებლები

$$f_y := 36.2 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

მასალის დენადობის ზღვარი

$$f_u := 48 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

მასალის დროებითი წინაღობა

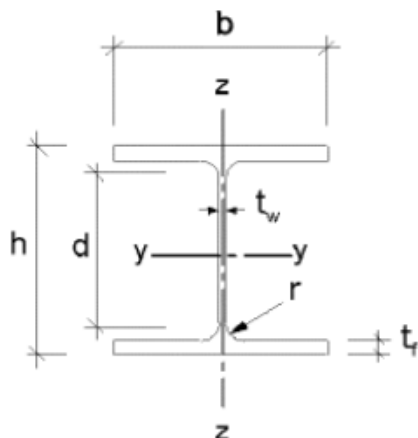
$$E := 21428 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

მასალის იუნგის მოდული

$$G := 8265 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

მასალის ძვრის მოდული

კვეთის მახასიათებლები



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

$$h := 500\text{mm}$$

$$t_f := 16\text{mm}$$

$$t_w := 10\text{mm}$$

$$r := 21\text{mm}$$

$$d := 426\text{mm}$$