

Šiame priede nustatoma Vogel (1985) daugiaaukščio standus rėmo kolonos K1 skerspjūvio laikomoji galia metodui 2b. Kitoms kolonomis ir metodams laikomoji galia nustatoma analogiškai, naudojantis „SCIA Engineer“. Šiame darbe sukimo poveikiai nenagrinėjami.

Kolonos K1 skerspjūvio HEB 260 rodikliai:

$$f_y = 235 \text{ MPa} - \text{takumo stipris};$$

$$E = 205 \text{ MPa} - \text{tamprumo modulis};$$

$$G = 79 \text{ kPa} - \text{šlyties modulis};$$

$$h = 260 \text{ mm} - \text{skerspjūvio aukštis};$$

$$b = 260 \text{ mm} - \text{skerspjūvio plotis};$$

$$L = 3,75 \text{ m} - \text{kolonos aukštis};$$

Inercijos momentai:

$$I_y = 1,492 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4;$$

$$I_z = 5,135 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4;$$

$$I_T = 1,238 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4;$$

$$I_w = 7,537 \cdot 10^{-7} \text{ m}^6.$$

Atsparumo momentai:

$$W_{el.y} = 1,148 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3;$$

$$W_{el.z} = 3,95 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3;$$

$$W_{pl.y} = 1,283 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3;$$

$$W_{pl.z} = 6,022 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3.$$

Veikiančios įrašos:

$$N_{Ed} = 1822,68 \text{ kN};$$

$$V_{Ed.z} = 69,51 \text{ kN};$$

$$V_{Ed.y} = 143,22 \text{ kNm};$$

Skerspjūvio HEB 260 klasė

Lentynos klasė (gniuždoma)

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1 - \text{koeficientas};$$

$$c_f = \frac{b - t_w - 2 \cdot r}{2} = 101 \text{ mm} - \text{skerspjūvio lentynos gniuždomosios dalies plotis};$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{101}{18} = 5,61 < 9 \cdot \varepsilon = 9 - \text{lentyna pirmosios klasės.}$$

Sienelės klasė (gniuždoma)

$c_w = h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 260 - 2 \cdot 18 - 2 \cdot 24 = 176 \text{ mm}$ - skerspjūvio sienelės gniuždomosios dalies plotis;

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{176}{10} = 17,6 < 72 \cdot \varepsilon = 72 - \text{sienelė pirmosios klasės.}$$

Skerspjūvio laikomoji galia

Gniuždymas (LST EN 1993-1-1 6.2.4)

Gniuždomoji galia:

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,01184 \cdot 235000}{1} = 2782,40 \text{ kN};$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{1822,68}{2782,40} = 0,66 < 1.$$

Lenkimas (LST EN 1993-1-1 6.2.5)

Lenkiamoji galia:

$$M_{c.Rd} = \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,00128 \cdot 235000}{1} = 301,51 \text{ kN};$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{143,22}{301,51} = 0,48 < 1.$$

Šlytis (LST EN 1993-1-1 6.2.6)

Šlyjamasis plotas:

$$\begin{aligned} A_v &= A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = \\ &= 0,0118 - 2 \cdot 0,26 \cdot 0,018 + (0,01 + 2 \cdot 0,024) \cdot 0,018 = 0,00352 \text{ m}^2; \end{aligned}$$

Šlyjamoji galia:

$$V_{pl.Rd} = \frac{A_v \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}}\right)}{\gamma_{M0}} = \frac{0,00352 \cdot \left(\frac{235000}{\sqrt{3}}\right)}{1} = 478,13 \text{ kN};$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl.Rd}} = \frac{69,51}{478,13} = 0,14 < 1.$$

Lenkimas ir ašinės jėgos (LST EN 1993-1-1 6.2.9)

Tikriausiai reikia vertinti ašinės jėgos poveikį lenkiamajai galiai:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{1822,68}{2782,40} = 0,66 < 0,25;$$

$$\frac{\gamma_{M0} \cdot N_{Ed}}{h_w \cdot t_w \cdot f_y} = \frac{1 \cdot 1822,68}{0,176 \cdot 0,01 \cdot 235000} = 4,41 < 0,5;$$

Kadangi sąlygos netenkinamos, atsivželti į ašinės jėgos poveikį reikia.

Plastinė lenkiamoji galia:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \cdot \frac{1-n}{1-0,5 \cdot a} = 301,51 \cdot \frac{1-0,66}{1-0,5 \cdot 0,21} = 116,16 \text{ kNm};$$

čia

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,66;$$

$$a = \frac{A - 2 \cdot b \cdot t_f}{A} = \frac{0,0118 - 2 \cdot 0,26 \cdot 0,018}{0,0118} = 0,21.$$

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{143,22}{116,16} = 1,23 < 1. \text{ Sąlyga netenkinama.}$$

Lenkimas, šlytis ir ašinės jėgos (LST EN 1993-1-1 6.2.10)

Kadangi šlyties jėga neviršija 50% plastinės šlyjamosios galios, todėl nustatytos laikomosios galios lenkimui ir ašinei jėgai mažinti nereikia.

Klumpamoji galia

Gniuždymui (LST EN 1993-1-1 6.3.1)

$\mu = 1$ - skaičiuojamasis kolonos ilgis priimamas lygus geometriniam, kadangi atliekama antrosios eilės analizė;

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(\mu \cdot L)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2,05 \cdot 10^8 \cdot 1,492 \cdot 10^{-4}}{(1 \cdot 3,75)^2} = 21470 \text{ kN} - \text{tamprioji kritinė jėga};$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,59 + \sqrt{0,59^2 - 0,36^2}} = 0,94 < 1 - \text{klupumo koeficientas};$$

čia

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{0,0118 \cdot 235000}{21470}} = 0,36 - \text{sąlyginis liaunis};$$

$\alpha = 0,34$ - nuokrypos koeficientas (kreivė b);

$$\phi = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,34 \cdot (0,36 - 0,2) + 0,36^2) = 0,59.$$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 0,942 \cdot \frac{0,0118 \cdot 235000}{1} = 2620,03 \text{ kN} - \text{klumpamoji galia};$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{1822,68}{2620,03} = 0,70 < 1.$$

Lenkimui (LST EN 1993-1-1 6.3.2)

Tamprusis kritinis skersinio sukamojo klupumo momentas:

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(\mu \cdot L)^2} \cdot \sqrt{\frac{\mu}{k_w} \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{(\mu \cdot L)^2 \cdot G \cdot I_T}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) =$$
$$= 2,53 \cdot \frac{3,14^2 \cdot 2,05 \cdot 10^8 \cdot 5,135 \cdot 10^{-5}}{(1 \cdot 3,75)^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{1} \cdot \frac{7,537 \cdot 10^{-7}}{5,135 \cdot 10^{-5}} + \frac{(1 \cdot 3,75)^2 \cdot 7,885 \cdot 10^7 \cdot 1,238 \cdot 10^{-6}}{\pi^2 \cdot 2,05 \cdot 10^8 \cdot 5,135 \cdot 10^{-5}} + 0 - 0} = 3121,61 \text{ kNm}$$

čia

$C_1 = 2,53$, $C_2 = 0,01$, $C_3 = 1,00$ - koeficientai pagal ECCS;

$z_g = 0$ - atstumas nuo apkrovos pridėjimo taško iki šlyties centro;

$z_j = 0$ - simetriškiems skerspjūviams 0;

$k_w = 1$ - koeficientas sukimui;

$\frac{M_{Ed}}{M_{cr}} = \frac{143,22}{3122} = 0,046 < 0,4$, skersinio sukamojo klupumo poveikių galima nepaisyti.

Lenkimas ir ašinis gniuždymas (LST EN 1993-1-1 6.3.3)

Šiuo atveju tikrinama tik 6.61 sąlyga, kadangi konstrukcija nagrinėjama tik rėmo plokštumoje. Sąveikos koeficientas gaunamas pagal antrąjį alternatyvųjį metodą:

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0,9 \cdot \left(1 + (0,36 - 0,2) \cdot \frac{1823 \cdot 1}{0,94 \cdot 2783} \right) = 1;$$

čia

$C_{my} = 0,9$ - lyginamojo tolygiojo momento koeficientas (0,9 esant laisvajai klupumo formai);

Klupumo koeficientas:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,56 + \sqrt{0,56^2 - 0,31^2}} = 0,975 < 1;$$

čia

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ply} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{0,00128 \cdot 235000}{3122}} = 0,31 \text{ - sąlyginis liaunis};$$

$\alpha = 0,21$ - nuokrypos koeficientas (kreivė a);

$$\phi = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,21 \cdot (0,31 - 0,2) + 0,31^2) = 0,56.$$

Atsižvelgiant į momentų pasiskirstymą tarp elementų šoninių įtvirčių, klupumo koeficientas apskaičiuojamas:

$$\chi_{LT.mod} = \frac{\chi_{LT}}{f} = \frac{0,975}{0,935} = 1,042 > 1, \text{ todėl } \chi_{LT.mod} = 1;$$

čia

$$f = 1 - 0,5 \cdot (1 - k_c) \cdot (1 - 2 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,8)^2) = 1 - 0,5 \cdot (1 - 0,752) \cdot (1 - 2 \cdot (0,31 - 0,8)^2) = 0,935;$$

$$k_c = \frac{1}{1,33 - 0,33 \cdot \psi} = \frac{1}{1,33 - 0,33 \cdot 0} = 0,752 - \text{korekcijos koeficientas};$$

$$\psi = 0.$$

Kadangi $M_z = 0$ ir $\Delta M_{y.Ed}$, 6.61 išraiška pertvarkoma į:

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{M_{y.Ed}}{\chi_{LT.mod} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}}}{\frac{0,94 \cdot 2782,40}{1}} + 1 \cdot \frac{\frac{143,22}{1 \cdot \frac{301,51}{1}}}{1} = 1,18 \leq 1 - \text{sąlyga netenkinama,}$$

pastovumas neužtrikintas.

A.1 lentelė. Kolonos K1 laikomoji galia

Laikomoji galia	EC3 skyrius	Tikrinama sąlyga	Išnaudojimo koeficientas priklausomai nuo metodikos	
			Apskaičiuota rankiniu būdu	Apskaičiuota „SCIA Engineer“
Skerspjuvio laikomoji galia	6.2.4	Gniuždymui	0,66	0,66
	6.2.5	Lenkimui	0,48	0,46
	6.2.6	Šlyčiai	0,14	0,13
	6.2.8-10	Lenkimui ir ašinei jėgai	1,23	1,22
Klumpamoji galia	6.3.1	Gniuždymui	0,70	0,70
	6.3.2	Lenkimui	<i>Tikrinti nereikia (6.3.2.2(4))</i>	
	6.3.3	Gniuždymui ir lenkimui	1,18	1,17