

AKSIAALISESTI PURISTETTUJEN TERÄSPILARIEN MITOITUS ERI SUUNNITTELUOHJEIDEN MUKAAN

Kalju Loorits

Rakenteiden Mekaniikka, Vol.27
No 3, 1994, s. 22-34

Tiivistelmä: Artikkelissa verrataan teräspilarien nurjahdusmitoitusta kolmen eri ohjeen: Eurocode 3, Suomeen ohjeet B7 ja Neuvostoliiton normin SNIp II-23-81* - mukaan. Poikkileikkausluokissa 1, 2 ja 3 tulokset ovat aika samankaltaisia, mutta 4. poikkileikkausluokassa erot on suuria. SNIp:n mukaisissa laskelmissa käytetään poikkileikkauksen kantokykyä oleellisesti paremmin hyväksi, koska poikkileikkauksen luokittelu neljänteen luokkaan riippuu SNIp:n mukaan poikkileikkauksen mittasuhteiden ohella myöskin pilarin hoikkuudesta.

JOHDANTO

Neuvostoliiton hajoamisesta johtuen on SNIp-normien tulevaisuus epäselvä. Koko Eurooppa on siirtymässä käyttämään Eurocodeja ja Venäjällä ja muilla aikaisemmillä Neuvostoliiton tasavalloilla on luultavasti sama kehitys edessä.

Teräsrakenteiden suunnittelua koskevat SNIp-normit poikkeavat oleellisesti muiden Euroopan maiden vastaavista normeista, Eurocode 3 mukaanluettuna. Silti SNIp-normeissa käytetään muutamia periaatteita, joita ei kannattaisi unohtaa, pikemminkin päinvastoin, mikä kannattaisi ottaa huomioon myöskin Eurocodeissa.

Yksi hyvä esimerkki on aksiaalisesti puristettujen sauvojen nurjahduskestävyyden laskeminen.

Eri maiden suunnitteluohjeiden vertaamiseksi niitä kannattaa tarkastella käyttäen samanlaisia lähtötietoja. Pilarin stabiilius riippuu Eurocode 3:n, B7:n sekä SNIp II-23-

81*:n tapauksessa pilarin muunnetusta hoikkeudesta $\bar{\lambda}$, mutta $\bar{\lambda}$ lasketaan eri ohjeissa eri tavalla.

EC 3:n mukaan saadaan:

$$\bar{\lambda} = (\lambda/\pi)(\beta_A f_y/E)^{0,5} = \bar{\lambda}_{EC}; \quad (1)$$

missä poikkileikkausluokissa 1, 2 ja 3 $\beta_A = 1$,
poikkileikkausluokassa 4 $\beta_A = A_{eff}/A$;

Muunnettu hoikkuus B7:n mukaisesti on:

$$\bar{\lambda} = (\lambda/\pi)(f_y/E)^{0,5} = \bar{\lambda}_{B7}. \quad (2)$$

SNiP II-23-81*:n mukaan muunnetun hoikkeuden tarkoitus on hieman erilainen, mutta merkintä on sama:

$$\bar{\lambda} = \lambda(R_y/E)^{0,5} (= \bar{\lambda}_{SNiP}); \quad (3)$$

missä lisäksi π :n puuttuminen (verrattuna kaavoihin (1) ja (2)) täytyy ottaa huomioon ja SNiP:n R_y -arvo vastaa EC 3:n termiä $f_{yd} = f_y/\gamma_{M1}$ ja SNiP:n mukainen $E = 2,06 \times 10^5$ N/mm².

Edellä mainitusta seuraa:

$$\bar{\lambda}_{B7} = \bar{\lambda}_{EC}/(\beta_A)^{0,5} \quad (4)$$

ja jos otetaan $\gamma_{M1} = 1,1$

$$\bar{\lambda}_{SNiP} = 3,02 \bar{\lambda}_{EC}/(\beta_A)^{0,5} \quad (5)$$

eli päinvastoin:

$$\bar{\lambda}_{EC} = 0,331(\beta_A)^{0,5} \bar{\lambda}_{SNiP}; \quad (5a)$$

Muunnetun hoikkuuden laskemisen jälkeen pilarin nurjahduskestävyys lasketaan seuraavasti:

a) EC 3:n mukaisesti:

- lasketaan apusuure

$$\Phi = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]; \quad (6)$$

- lasketaan nurjahduserroin

$$\chi = 1/[\Phi + (\Phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{0,5}]; \quad (7)$$

- lasketaan pilarin nurjahduskestävyys:

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} \beta_A A f_y / \gamma_{M1}. \quad (8)$$

b) B7:n mukaisesti:

- lasketaan apusuure β :

$$\beta = [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]/(2\bar{\lambda}^2); \quad (9)$$

- lasketaan pilarin nurjahduslujuutta kuvaava jännitys:

$$f_{ck} = [\beta - (\beta^2 - 1/\bar{\lambda}^2)^{0,5}] f_y; \quad (10)$$

- lasketaan pilarin nurjahduskestävyys:

$$N_{Rc} = A f_{cd} / \gamma_m; \quad (11)$$

On helppo näyttää, että jos $\bar{\lambda}_{B7} = \bar{\lambda}_{EC}$:

$$(f_{ck})_{B7} = (\chi_{min} f_y)_{EC}; \quad (12)$$

c) SNiP II-23-81*:n mukaisesti:

- lasketaan nurjahduskerroin riippuen teräksen myötölujuuden mitoitusarvosta R_y ja muunnetusta hoikkeudesta $\bar{\lambda}_{\text{SNiP}}$ seuraavasti:

jos $0 < \bar{\lambda}_{\text{SNiP}} \leq 2,5$, silloin

$$\varphi = 1 - (0,073 - 5,53R_y/E)\bar{\lambda}_{\text{SNiP}}^{1,5}; \quad (13a)$$

jos $2,5 < \bar{\lambda}_{\text{SNiP}} \leq 4,5$, silloin

$$\varphi = 1,47 - 13,0R_y/E - (0,371 - 27,3R_y/E)\bar{\lambda}_{\text{SNiP}} + (0,0275 - 5,53R_y/E)\bar{\lambda}_{\text{SNiP}}^2; \quad (13b)$$

jos $\bar{\lambda}_{\text{SNiP}} > 4,5$, silloin

$$\varphi = 332/[\bar{\lambda}_{\text{SNiP}}^2(51 - \bar{\lambda}_{\text{SNiP}})]. \quad (13c)$$

(nurjahduskertoimen φ arvot on annettu myöskin SNiP:n taulukossa 72)

- lasketaan pilarin nurjahduskestävyys seuraavasti:

$$N \leq \varphi AR_y \gamma_c; \quad (14)$$

missä γ_c on ns. "käyttöolosuhteiden kerroin", useimmissa tapauksissa $\gamma_c=1$.

POIKKILEIKKAUSLUOKAT 1, 2 ja 3

Poikkileikkausluokissa 1, 2 ja 3 $\beta_A = 1$ ja siinä tapauksessa $\bar{\lambda}_{B7} = \bar{\lambda}_{EC}$.

Jos käsitellään B7:n mukaista suuretta $[\beta - (\beta^2 - 1/\bar{\lambda}^2)^{0,5}]$ nurjahduskertoimena, on ilmeistä, että sen suuruus on periaattessa sama kuin EC 3:n nurjahduskertoimen χ . Vertaillaan näitä kertoimia SNiP:n vastaavien kertoimien kanssa. Paremman verrattavuuden takia käytetään myös SNiP:n tapauksessa eurooppalaisen standardin EN 10025:1990 mukaisia teräksiä. Täytyy vielä ottaa huomioon, että SNiP:ssa ei käytetä nurjahdusluokkia.

Vertailun tulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1		Nurjahduskertoimien arvot					
$\bar{\lambda}_{EC}$	EC 3:n ja B7:n mukaan Nurjahdusluokka				SNiP II-23-81* mukaan Teräksen lujuusluokka		
	a	b	c	d	Fe 360 (S 235)	Fe 430 (S 275)	Fe 510 (S355)
1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9889	0,9891	0,9894
0,2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9686	0,9691	0,9701
0,3	0,9775	0,9641	0,9491	0,9235	0,9424	0,9433	0,9451
0,4	0,9528	0,9261	0,8973	0,8504	0,9113	0,9127	0,9155
0,5	0,9243	0,8842	0,8430	0,7793	0,8760	0,8780	0,8820
0,6	0,8900	0,8371	0,7854	0,7100	0,8370	0,8396	0,8448
0,7	0,8477	0,7837	0,7247	0,6431	0,7946	0,7979	0,8045
0,8	0,7957	0,7245	0,6622	0,5797	0,7490	0,7530	0,7611
0,9	0,7339	0,6612	0,5998	0,5208	0,6871	0,6911	0,6990
1,0	0,6656	0,5970	0,5399	0,4671	0,6212	0,6248	0,6322
1,1	0,5960	0,5352	0,4842	0,4189	0,5591	0,5623	0,5688
1,2	0,5300	0,4781	0,4338	0,3762	0,5009	0,5034	0,5086
1,3	0,4703	0,4269	0,3888	0,3385	0,4466	0,4483	0,4380
1,4	0,4179	0,3817	0,3492	0,3055	0,3961	0,3968	0,3981
1,5	0,3724	0,3422	0,3145	0,2766	0,3472	0,3472	0,3472
1,6	0,3332	0,3079	0,2842	0,2512	0,3072	0,3072	0,3072
1,7	0,2994	0,2781	0,2577	0,2289	0,2739	0,2739	0,2739
1,8	0,2702	0,2521	0,2345	0,2093	0,2459	0,2459	0,2459
1,9	0,2449	0,2294	0,2141	0,1920	0,2222	0,2222	0,2222
2,0	0,2229	0,2095	0,1962	0,1766	0,2019	0,2019	0,2019

Taulukko 1

jatkuu

1	2	3	4	5	6	7	8
2,1	0,2036	0,1920	0,1803	0,1630	0,1843	0,1843	0,1843
2,2	0,1867	0,1765	0,1662	0,1508	0,1691	0,1691	0,1691
2,3	0,1717	0,1628	0,1537	0,1399	0,1558	0,1558	0,1558
2,4	0,1585	0,1506	0,1425	0,1302	0,1441	0,1441	0,1441
2,5	0,1467	0,1397	0,1325	0,1214	0,1337	0,1337	0,1337
2,6	0,1362	0,1299	0,1234	0,1134	0,1245	0,1245	0,1245
2,7	0,1267	0,1211	0,1153	0,1062	0,1162	0,1162	0,1162
2,8	0,1182	0,1132	0,1079	0,0997	0,1088	0,1088	0,1088
2,9	0,1105	0,1060	0,1012	0,0937	0,1022	0,1022	0,1022
3,0	0,1036	0,0994	0,0951	0,0882	0,0962	0,0962	0,0962

Vertailusta käy ilmi, että tulosten yhteensopivuus on aika hyvä riippumatta siitä, että SNiP:n kaavat eroavat huomattavasti Eurocode 3:n ja B7:n vastaavista kaavoista. Lukuunottamatta pieniä hoikkuuksia ($\bar{\lambda}_{BC} < 0,6$) ja erittäin isoja hoikkuuksia ($\bar{\lambda}_{BC} \geq 2,0$) SNiP:n nurjahduskertoimet ovat aika lähellä Eurocode 3:n ja B7:n nurjahduskäyrää "b".

POIKKILEIKKAUSLUOKKA 4

SNiP:ssa ei luokitella sauvojen poikkileikkauksia kuten EC 3:ssa tai B7:ssa. Samankaltaisuutta silti on - myöskin SNiP:ssä on määritetty poikkileikkauksien puristettujen osien mittasuhteiden raja-arvot, joiden ylittymisen jälkeen (esim. uuman) paikallinen stabiilius ei enää ole taattu. Nämä raja-arvot saa SNiP:n mukaan ylittää enintään kaksinkertaisesti ja samalla tavalla kuin EC 3:ssa ja B7:ssa lasketaan lommahtanut osa poikkileikkauksesta pois, ts. käytetään tehollisia leveyksiä.

SNiP käsittelee asian kuitenkin hieman eri tavalla. EC 3:ssa ja B7:ssa aksiaalisesti puristettujen sauvojen tapauksessa poikkileikkausluokan 3 ja 4 välinen raja ei riipu sauvan hoikkuudesta. SNiP:n mukaan lommahtamisen raja-arvo riippuu myös sauvan hoikkuudesta.

On aivan ilmeistä, että jos oletetaan, että poikkileikkaus on vakio, hoikempi sauva nurjahtaa pienemmällä kuormalla verrattuna vähemmän hoikkaan sauvaan ja jännitykset (esimerkiksi poikkileikkauksen uumassa) jäävät alle uuman lommahduslujuuden. Se merkitsee, että jos otetaan kriteeriksi, että *poikkileikkausluokassa 4 uuma (tai joku muu poikkileikkauksen osa) lommahtaa ennen sauvan nurjahdusta kokonaisuutena*, on SNIp:n lähestymistapa kaikinpuolin looginen ja mahdollistaa teräksen oleellisen säästämisen.

Verrataan seuraavassa poikkileikkausluokkien 3 ja 4 rajoja I- tai H- poikkileikkauksisten pilarien uumien kannalta. SNIp:n mukaan laskettavilla pilareilla luetaan rajaksi uuman korkeuden ja paksuuden suhde, mistä alkaen uuman stabiilius ei ole enää taattu.

a) EC 3:

Poikkileikkausluokkien 3 ja 4 raja-arvoksi I- ja H- poikkileikkauksisten profiilien uumille aksiaalisen puristuksen tapauksessa saadaan:

$$d/t_w = 42\varepsilon, \quad (15)$$

$$\text{missä } \varepsilon = (235/f_y)^{0,5}; \quad (16)$$

riippumatta pilarin hoikkeudesta.

b) B7:

Poikkileikkausluokkien 3 ja 4 rajaksi saadaan:

$$b/t = 1,37(E/f_y)^{0,5} = 40,954\varepsilon \approx 41\varepsilon; \quad (17)$$

c) SNIp II-23-81*:

Poikkileikkauksen uumaan stabiilius on taattu, jos:

$$h_{ef}/t_w \leq \bar{\lambda}_{uw}(E/R_y)^{0,5}; \quad (19)$$

missä $\bar{\lambda}_{uw}$ määritellään I- ja H- poikkileikkauksille seuraavasti:

- jos $\bar{\lambda}_{SNIP} = \bar{\lambda}(R_y/E)^{0,5} < 2,0$, silloin:

$$\bar{\lambda}_{uw} = 1,30 + 0,15\bar{\lambda}_{SNIP}^2; \quad (20a)$$

- jos $\bar{\lambda}_{uw} \geq 2,0$, silloin:

$$\bar{\lambda}_{uw} = 1,20 + 0,35\bar{\lambda}_{SNIP}, \text{ mutta } \bar{\lambda}_{uw} \leq 2,3; \quad (20b)$$

($\bar{\lambda}_{SNIP}=2,0$ vastaa EC 3:n ja B7:n mukaista arvoa $\bar{\lambda}_{EC}=0,6613$)

Tästä seuraa, että erittäin lyhyillä pilareilla (ts. jos $\bar{\lambda} \approx 0$):

$$h_{ef}/t_w \leq 40,4\epsilon; \quad (21)$$

mikä vastaa hyvin Eurocode 3:n ja B7:n vastaavaa raja-arvoa.

Sitä vastoin suhteellisen hoikilla pilareilla, ts., jos $\bar{\lambda}_{SNIP} \geq 3,14$ (eli $\bar{\lambda}_{EC} \geq 1,04$):

$$h_{ef}/t_w \leq 71,7\epsilon; \quad (22)$$

Ero on huomattavan suuri.

Myöskin laippojen osalta poikkileikkausluokkien 3 ja 4 raja-arvoissa on oleelliset erot:

a) EC 3:

$$c/t_f = 14\epsilon; \quad (23)$$

b) B7:

$$b/t = 0,44(E/f_y)^{0,5} = 13,2\epsilon; \quad (24)$$

c) SNiP II-23-81*:

$$b_{eff}/t = (0,36 + 0,10\bar{\lambda}_{SNiP})(E/R_y)^{0,5}; \quad (25)$$

missä käytetään arvoa $\bar{\lambda}_{SNiP} = 0,8$, jos $\bar{\lambda}_{SNiP} < 0,8$ ja arvoa $\bar{\lambda}_{SNiP} = 4,0$ jos $\bar{\lambda}_{SNiP} > 4,0$. Tapauksessa $0,8 \leq \bar{\lambda}_{SNiP} \leq 4,0$ käytetään $\bar{\lambda}_{SNiP}$:n todellista arvoa.

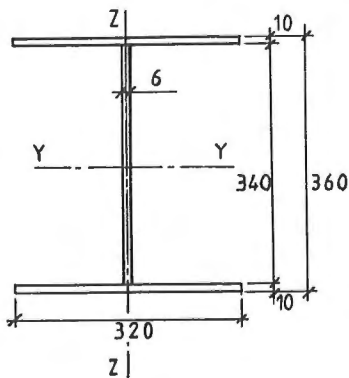
$$\text{Tästä seuraa, että jos } \bar{\lambda}_{SNiP} \leq 0,8 \quad \Rightarrow \quad b_{eff}/t = 0,44(E/R_y)^{0,5} = 13,7\epsilon; \quad (26)$$

$$\text{jos } \bar{\lambda}_{SNiP} \geq 4,0 \quad \Rightarrow \quad b_{eff}/t = 0,76(E/R_y)^{0,5} = 23,6\epsilon; \quad (27)$$

Vastaavat erot SNiP:n mukaisessa laskentatavassa on myöskin epäkeskisesti puristettujen pilarien ja yhdistettyjen puristuksen ja taivutuksen rasittamien pilarien poikkileikkauksien osien mittasuhteiden raja-arvojen määrittelyssä, mutta se on jonkinverran mutkikkaampi.

LASKUESIMERKKI

Tarkastellaan kuvan 1 mukaista hitsattua aksiaalisesti puristettua pilaria, joka on valmistettu teräksestä Fe 510 ($\epsilon=0,81$). Pilarin nurjahduspituudet eri suunnissa ovat seuraavat: $l_{eff,y}=16,0$ m; $l_{eff,z}=8,0$ m;



$$\begin{aligned} A &= 8440 \text{ mm}^2; \\ I_y &= 215,65 \text{ mm}^4; \\ I_z &= 54,61 \text{ mm}^4; \\ i_y &= 159,8 \text{ mm}; \\ i_z &= 80,4 \text{ mm}; \end{aligned}$$

Kuva 1 Pilarin poikkileikkaus

Pilarin hoikkuusluvut: $\lambda_y=100,1$; $\lambda_z=99,5$;

Nurjahduskestävyyden arviointi

a) EC 3:n mukaan [kohdat 5.3.4 ja 5.3.5]:

$$\text{uuma:} \quad d/t_w = 56,67 > 42\varepsilon = 34,0; \quad \Rightarrow \quad \text{PL 4;}$$

$$\text{paartet:} \quad c/t_f = 15,7 > 14\varepsilon = 11,3; \quad \Rightarrow \quad \text{PL 4;}$$

Uumalle: $k_\sigma = 4$;
 $\bar{\lambda}_p = b/[28,4\varepsilon t_w (k_\sigma)^{0,5}] = 1,232 > 0,673$;
 $\rho_w = (\bar{\lambda}_p - 0,22)/\bar{\lambda}_p^2 = 0,666$;

Laipoille: $k_\sigma = 0,43$;
 $\bar{\lambda}_p = 1,041 > 0,673$;
 $\rho_f = 0,758$;

Pilarin tehollinen poikkileikkaus on:

$$A_{\text{eff}} = 2*(0,758*10*320) + 0,666*6*340 = 6210 \text{ mm}^2;$$

Lasketaan pilarin nurjahduskestävyys:

$$\beta_A = A_{\text{eff}}/A = 0,736;$$

Vahvemmassa tasossa:

$$\bar{\lambda}_{y,EC} = \lambda_y/\pi(\beta_A f_y/E)^{0,5} = 1,124; \quad \text{nurjahdusluokka b} \quad \Rightarrow \quad \alpha = 0,34;$$
$$\Phi_y = 1,289;$$
$$\chi_y = 0,521;$$

Heikommassa tasossa:

$$\bar{\lambda}_{z,EC} = 1,117; \quad \text{nurjahdusluokka c} \quad \Rightarrow \quad \alpha = 0,49;$$

$$\Phi_z = 1,348;$$

$$\chi_z = 0,476 = \chi_{\min};$$

Pilarin EC 3:n mukaiseksi nurjahduskestävyydeksi saadaan:

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \beta_A A f_y / \gamma_{M1} = 954 \text{ kN};$$

b) B7:n mukaan:

Sekä uuma että laipat kuuluvat poikkileikkausluokkaan 4.

Uumalle: $k = 4,0;$

$$\sigma_{el} = k\pi^2 E / [12(1 - \nu^2)(b/t)^2] = 236,4 \text{ N/mm}^2;$$

$$\bar{\lambda}_p = (f_y / \sigma_{el})^{0,5} = 1,225 > 0,42;$$

$$b_e/b = (0,8/\bar{\lambda}_p)[1,00 - 1/(5\bar{\lambda}_p)] = 0,546;$$

Laipoille (jos jäykisteet puuttuvat):

$$k = 6(1 - \nu)/\pi^2 = 0,426;$$

$$\sigma_{el} = 328,0 \text{ N/mm}^2;$$

$$\bar{\lambda}_p = 1,04 > 0,71 \text{ (ja } < 1,06, \text{ mikä on B7-n mukaisesti sallittu yläraja);}$$

$$b_e/b = 1,5/\bar{\lambda}_p^{0,5} = 0,765;$$

Pilarin teholliseksi poikkileikkaukseksi saadaan:

$$A_{eff} = 2*(0,765*320*10) + 0,546*6*340 = 6010 \text{ mm}^2 \text{ (= 71,2\% A:sta);}$$

Vahvemmassa tasossa:

$$\bar{\lambda}_{ky} = (100,1/\pi)(355/210000)^{0,5} = 1,310;$$

$$\beta_y = [1 + \alpha(\bar{\lambda}_{ky} - 0,2) + \bar{\lambda}_{ky}^2]/(2\bar{\lambda}_{ky}^2) = 0,901;$$

Heikommassa tasossa:

$$\bar{\lambda}_{kz} = 1,302;$$

$$\beta_z = 0,954 > \beta_y; \quad \Rightarrow \quad \text{heikompi suunta on tässäkin ratkaiseva.}$$

$$f_{ck} = [\beta_z - (\beta_z - 1/\bar{\lambda}_k^2)^{0,5}]f_y = 137,8 \text{ N/mm}^2;$$

Pilarin B7:n mukaiseksi nurjahduskestävyydeksi saadaan:

$$N_{Rc} = f_{ck}A_{eff} = 828 \text{ kN};$$

Riippumatta siitä, että B7:n $\gamma_M = 1,0$, B7:n mukaan nurjahduskestävyys on EC 3:n mukaista kestävyyttä pienempi. Syynä on β_A :n huomioon ottaminen EC 3:n kaavassa (1), B7:n vastaavassa kaavassa (2) β_A :ta ei käytetä.

c) SNiP II-23-81*:ⁿ mukaan:

Uumalle: jos $\gamma_M = 1,1$, silloin

$$\bar{\lambda}_{SNiP} = \lambda_y(R_y/E)^{0,5} = 100,1[355/(1,1*206000)]^{0,5} = 3,962 > 2,0;$$

$$\bar{\lambda}_{uw} = 1,20 + 0,35\bar{\lambda}_{SNiP} = 2,59 > 2,3 \quad \Rightarrow \quad \text{otetaan } \lambda_{uw}=2,3;$$

$$h_{ef}/t_w = 56,67 < \bar{\lambda}_{uw}(E/R_y)^{0,5} = 58,1 \quad \Rightarrow \quad \text{uumaan stabiilius on taattu.}$$

Laipoille: $b_{ef}/t_f = 15,7 < (0,36 + 0,10\bar{\lambda}_{SNiP})(E/R_y)^{0,5} = 19,1;$

- myös laippojen stabiilius on taattu.

Koko poikkileikkauksen pinta-ala voidaan ottaa huomioon.

Nurjahduskerroin saadaan kaavasta (13b) tai taulukosta 1: $\varphi = 0,4505;$

Pilarin SNiP II-23-81*:ⁿ mukaiseksi nurjahduskestävyydeksi saadaan (jos $\gamma_c = 1$):

$$N \leq \varphi AR_y \gamma_c = 1227 \text{ kN};$$

Jos otetaan EC 3:n mukaiseksi nurjahduskestävyydeksi 100, silloin B7:n mukainen kestävyys on 86,8 ja SNiP-II-23-81*:ⁿ mukainen kestävyys on 128,6.

YHTEENVETO

Artikkelissa on tarkasteltu pilarien nurjahduskestävyyttä kolmen eri ohjeen: Eurocode 3:n, B7:n ja SNIIP II-23-81*ⁿ mukaan.

Poikkileikkausluokissa 1, 2 ja 3 tulokset ovat likipitään samoja riippumatta siitä, että SNIIP:n kaavat eroavat oleellisesti Eurocode 3:n ja B7:n vastaavista kaavoista.

Käsiteltäessä poikkileikkausluokkaa 4 otetaan SNIIP II-23-81*ⁿ:ssa huomioon, että hoikilla pilareilla jännitykset voivat jäädä murtorajatilassa pienemmiksi kuin poikkileikkauksen levyosien lommahduslujuus. Sen perusteella useissa tapauksissa laskelmissa voidaan ottaa huomioon poikkileikkauksen koko pinta-ala, mikä mahdollistaa teräksen oleellisen säästämisen.

KIITOKSET

Kiitän Pohjoismaiden Ministerineuvostoa ja Kansainvälisen henkilövaihdon keskusta (CIMO) taloudellisesta tuesta ja VTT:n Rakennustekniikka yksikköä mainioista työolosuhteista. Kiitän Metalli- ja yhdistelmäarakenteet tutkimusalueen päällikköä Jouko Kouhia arvokkaista neuvoista ja kielellisestä avusta.

Kalju Loorits, tekn. kand.

Teräsrakennetekniikan dosentti

Tallinnan Teknillinen Yliopisto (Tallinna Tehnikaülikool)

c/o VTT Rakennustekniikka yksikön vieraileva tutkija