

Esimerkki 10: Puristettu ja taivutettu poikkileikkaus, jossa suuri leikkausvoima

Lasketaan profiilin HEA 550 taivutuskestävyys kun poikkileikkaukseen vaikuttaa leikkausvoima $V_{Ed} = 1200$ kN ja normaalivoima $N_{Ed} = 2000$ kN. Teräslaji S355.

Profiilin poikkileikkaustiedot: $h = 540$ mm, $b = 300$ mm, $t_w = 12,5$ mm, $t_f = 24$ mm, $r = 27$ mm, $A = 21176$ mm², $A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f = 8372$ mm², $W_{pl,y} = 4620 \times 10^3$ mm³

Materiaalitiedot: $f_y = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$, $\gamma_{M0} = 1,0$

Poikkileikkauksen plastinen leikkauskestävyys ja puristuskestävyys: $V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\gamma_{M0} \sqrt{3}}$,

$$V_{pl,Rd} = \frac{8372 \times 355}{1,0 \times \sqrt{3}} = 1715,92 \text{ kN}; N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{21176 \times 355}{1,0} = 7517,48 \text{ kN}.$$

Palkin poikkileikkauksen taivutuskestävyys ilman leikkausvoiman vaikutusta:

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}}; M_{pl,y,Rd} = \frac{4620 \times 10^3 \times 355}{1,0} = 1640,10 \text{ kNm}$$

Leikkausvoiman vaikutuksen vuoksi pienennetty uuman myötöraja f_{yr} :

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{1200}{1715,9} = 0,7 \text{ eli } \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} > 0,5$$

$$A_w = h_w t_w = (h - 2(t_f + r))t_w = (540 - 2 \times (24 + 27)) \times 12,5 = 5475 \text{ mm}^2$$

$$\text{Uuman plastinen taivutusvastus } W_{pl,w} = \frac{t_w h_w^2}{4} = \frac{12,5 \times 438^2}{4} = 599,5 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\text{Uuman lujuuden pienennys } \rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2, \rho = \left(\frac{2 \times 1200}{1715,9} - 1 \right)^2 = 0,16$$

$$f_{yr} = (1 - \rho) f_y = f_y - \Delta f_y, \Delta f_y = \rho f_y = 0,16 \times 355 = 56,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Palkin poikkileikkauksen taivutuskestävyys, kun otetaan huomioon leikkausvoiman V_{Ed} ja normaalivoiman N_{Ed} vaikutus:

$$M_{plr,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} - \frac{W_{pl,w} \Delta f_y}{\gamma_{M0}} = 1640,10 - \frac{599,5 \times 10^3 \times 56,8}{1,0 \times 10^6} = 1606,05 \text{ kNm}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}}; n = \frac{2000}{7517,48} = 0,266, \quad a = \frac{(A - 2bt_f)}{A}; a = \frac{(21176 - 2 \times 300 \times 24)}{21176} = 0,32.$$

$$M_{N,y,Rd} = \frac{1-n}{1-0,5a} M_{pl,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd},$$

$$M_{N,y,Rd} = \frac{1-0,266}{1-0,5 \times 0,32} \times 1606,05 = 0,874 \times 1606,05 = 1403,69 \text{ kNm} < M_{pl,y,Rd} \Rightarrow \text{OK}.$$