

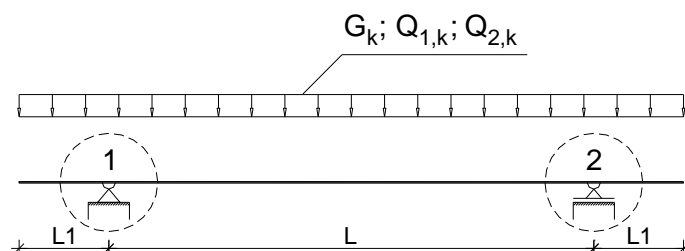
ZADATAK

Glavni gredni nosač krovne konstrukcije zatvorenog grijanog objekta je od homogenog lijepljenog lameliranog drva prosječne nosivosti i oslonjen na armiranobetonsku potkonstrukciju. Obostrano prepuštena greda širine $b = 16$ cm. Visina grede jednaka je za raspon $L = 10,0$ m i prepuste duljine $L_1 = 2,5$ m.

Karakteristične vrijednosti opterećenja na gornjem rubu grede:

- vlastita težina i stalno opterećenje $G_k = 1,0$ kN/m
- kratkotrajno promjenjivo opterećenje snijegom $Q_{k,s} = 4,0$ kN/m
- kratkotajno promjenjivo opterećenje usisom vjetra $Q_{k,w} = 2,0$ kN/m

S obzirom na granično stanje uporabljivosti treba odrediti potrebnu visinu grede i provesti potrebne provjere za karakteristične presjeke u polju i na prepustu grede bez nadvišenja, $w_c = u_0 = 0$.



Slika : Obostrano prepuštena greda od homogenog lijepljenog lameliranog drva prosječne nosivosti

Granična stanja uporabljivosti – EN 1995

$$w_{net,fin} = w_{fin} - w_c = w_{fin,G} + w_{fin,Q_1} + w_{fin,Q_i} - w_c$$

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def})$$

$$w_{fin,Q_1} = w_{inst,Q_1} \cdot (1 + \psi_{2,1} k_{def})$$

$$w_{fin,Q_i} = w_{inst,Q_i} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{def})$$

$$w_c = 0$$

1. Proračunske kombinacije djelovanja

Kombinacijski faktori, ψ_i i faktori deformiranja, k_{def} – Tablica 1 u Prilogu i Tablica 2.5 u poglavlju 2.6.3.1

Razvrstavanje opterećenja prema trajanju – Tablica 3 u Prilogu

$\psi_{2,i} = 0$ promjenjiva djelovanja snijega (kratkog trajanja, $NMV < 1000$ m) i vjetra

$\psi_{0,i} = 0,5$ snijeg, kratko trajanje

$\psi_{0,i} = 0,6$ vjetar

$k_{def} = 0,6$ razred uporabe 1, LLD

| Djelovanja | | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|---|--|----------|----------|----------|
| Pokretno opterećenje stropova (kategorije prema EN 1991-1-1) | | | | |
| Kategorija A i B: | Stambeni prostori; Uredi; Trgovine do 50 m ² ; Prolazi; Balkoni; Prostori u bolnicama | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Kategorija C i D: | Prostorije za skupove; Garaže; Javne garaže; Sportske dvorane; Tribine; Hodnici u školama; Knjižnice; Trgovačke i robne kuće | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Kategorija E: | Izložbeni i prodajni prostori; Skladišta | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| Kategorija F: | Prometne površine: težine vozila ≤ 30 kN | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Kategorija G: | Prometne površine: 30 kN < težina vozila ≤ 160 kN | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Kategorija H: | Krovovi | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Opterećenje snijegom (prema EN 1991-1-3) | | | | |
| | Za objekte na NMV > 1000 m | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| | Za objekte na NMV ≤ 1000 m | 0,5 | 0,2 | 0,0 |
| Opterećenje vjetrom (prema EN 1991-1-4) | | 0,6 | 0,2 | 0,0 |
| Temperaturna djelovanja (nisu požarna) prema EN 1991-1-5 | | 0,6 | 0,5 | 0,0 |
| Vrijednosti faktora kombinacije ψ_i , predmet su nadležnog NDP-a | | | | |
| | | | | |

1.1 Karakteristična kombinacija djelovanja

$$q_d = G_{k,j} + Q_{k,1} + \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kombinacija: "stalno" + "snijeg" + "vjetar"

$$q_{d,inst} = 1,0 + 4,0 + 0,6 \cdot 2,0 = 6,20 \text{ kN/m}$$

Kombinacija: "stalno" + "vjetar" + "snijeg"

$$q_{d,inst} = 1,0 + 2,0 + 0,5 \cdot 4,0 = 5,00 \text{ kN/m}$$

Proračunsko opterećenje – početni progib, w_{inst}

$$q_{d,inst} = 6,20 \text{ kN/m}$$

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q1} + \psi_{0,i} w_{inst,Qi}$$

1.2 Nazovistalna kombinacija djelovanja

$$q_d = G_{k,j} \cdot (1 + k_{def}) + Q_{k,1} \cdot (1 + \psi_{2,1} k_{def}) + Q_{k,i} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{def})$$

$$q_d = G_{k,j} \cdot (1 + k_{def}) + Q_{k,1} + \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kombinacija: "stalno" + "snijeg" + "vjetar"

$$q_{d,fin} = 1,0 \cdot 1,6 + 4,0 + 0,6 \cdot 2,0 = 6,80 \text{ kN/m}$$

Kombinacija: "stalno" + "vjetar" + "snijeg"

$$q_{d,fin} = 1,0 \cdot 1,6 + 2,0 + 0,5 \cdot 4,0 = 5,60 \text{ kN/m}$$

Proračunsko opterećenje – konačni progib, w_{fin}

$$q_{d,fin} = 6,80 \text{ kN/m}$$

$$w_{fin} = w_{net,fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q1} + w_{fin,Qi}$$

2. Svojstva materijala – moduli krutosti

Razredi čvrstoće LLD

Homogeno LLD prosječne nosivosti – GL 24h

$$E_{0,g,mean} = 11600 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{g,mean} = 720 \text{ N/mm}^2$$

Usvojena debljina lamele: $a = 33 \text{ mm}$.

3. Ograničenja progiba

3.1 Polje raspona L

Početni progib – $L/300 = 10000/300 = 33,3 \text{ mm}$

Konačni neto progib – $L/250 = 10000/250 = 40,0 \text{ mm}$

3.2 Prepust raspona L_1

Početni progib – $L_1/150 = 2500/150 = 16,7 \text{ mm}$

Konačni neto progib – $L_1/125 = 2500/125 = 20,0 \text{ mm}$

4. Opći izrazi za proračun progiba grede u polju raspona L i na prepustu raspona L_1

$$w = w_{(\sigma)} + w_{(\tau)}$$

$$M_{\max,L} = 0,125 \cdot q \cdot L^2$$

$$M_1 = |-0,5 \cdot q \cdot L_1^2|$$

$$M_{\max} = M_{\max,L} - M_1$$

4.1 Progib u polju raspona L

$$w_{(\sigma)} = \frac{q \cdot L^2}{384E_{0,g,mean}I} \cdot (5L^2 - 24L_1^2) = \frac{L^2}{48E_{0,g,mean}I} \cdot (5M_{\max,L} - 6M_1)$$

$$w_{(\tau)} = 1,20 \cdot \frac{M_{\max,L} - M_1}{G_{g,mean} A}$$

4.2 Progib na prepustu

$$w_{(\sigma)} = \frac{q \cdot L_1^2}{24E_{0,g,mean}I} \cdot [L^3 - L_1^2 \cdot (6L + 3L_1)] = \frac{M_1}{12E_{0,g,mean}I} \cdot \frac{L^3 - L_1^2 \cdot (6L + 3L_1)}{L_1}$$

$$w_{(\tau)} = 1,20 \cdot \frac{M_1}{G_{g,mean} A}$$

5. Proračunski momenti savijanja

5.1 Početni progib, w_{inst}

$$M_{\max,L} = 0,125 \cdot q_{d,inst} \cdot L^2 = 0,125 \cdot 6,20 \cdot 10^2 = 77,5 \text{ kNm}$$

$$M_1 = |-0,5 \cdot q_{d,inst} \cdot L_1^2| = 0,5 \cdot 6,20 \cdot 2,5^2 = 19,38 \text{ kNm}$$

$$M_{\max} = 77,50 - 19,38 = 58,13 \text{ kNm}$$

5.2 Konačni neto progib, $w_{net,fin}$

$$M_{\max,L} = 0,125 \cdot q_{d,fin} \cdot L^2 = 0,125 \cdot 6,80 \cdot 10^2 = 85,0 \text{ kNm}$$

$$M_1 = |-0,5 \cdot q_{d,fin} \cdot L_1^2| = 0,5 \cdot 6,80 \cdot 2,5^2 = 21,25 \text{ kNm}$$

$$M_{\max} = 85,00 - 21,25 = 63,75 \text{ kNm}$$

6. Potrebna i usvojena visina grede

6.1 Početni progib, w_{inst}

Polje raspona $L = 10,0 \text{ m}$

$$I_{potr.} \geq \frac{(10^2 \cdot 10^6) \cdot (5 \cdot 77,5 - 6 \cdot 19,38) \cdot 10^6}{48 \cdot 11600 \cdot 33,0} =$$
$$= 14614763 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

Prepust raspona $L_1 = 2,5 \text{ m}$

$$I_{\text{potr.}} \geq \frac{19,38 \cdot 10^{12}}{12 \cdot 11600 \cdot 16,7} \cdot \frac{10,0^3 - 2,5^2(6 \cdot 10,0 + 3 \cdot 2,5)}{2,5}$$

$$= 19312365 \cdot 10^3 \text{ mm}^4 =_{\text{max}} I_{\text{potr.}}$$

6.2 Konačni neto progib, $w_{\text{net,fin}}$

Polje raspona $L = 10,0 \text{ m}$

$$I_{\text{potr.}} \geq \frac{(10^2 \cdot 10^6) \cdot (5 \cdot 85,0 - 6 \cdot 21,25) \cdot 10^6}{48 \cdot 11600 \cdot 40,0} =$$

$$= 13357579 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

Prepust raspona $L_1 = 2,5 \text{ m}$

$$I_{\text{potr.}} \geq \frac{21,25 \cdot 10^{12}}{12 \cdot 11600 \cdot 20,0} \cdot \frac{10,0^3 - 2,5^2(6 \cdot 10,0 + 3 \cdot 2,5)}{2,5}$$

$$= 17651087 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

Potrebna visina grede:

$$h_{\text{potr.}} \geq \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 1931236,5 \cdot 10^3}{160}} = 525,2 \text{ mm}$$

Usvojena visina grede u polju i na prepustu:

$$h = 16 \cdot 33 = 528 \text{ mm} > 525,2 \text{ mm}$$

7. Savojna i posmična krutost grede

$$E_{0,g,\text{mean}} I = 11,6 \cdot 1962,6 \cdot 10^9 = 22766,6 \cdot 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$G_{g,\text{mean}} A = 720 \cdot 84480 = 60,8 \cdot 10^6 \text{ Nmm}^2$$

7. Provjere progiba grede u polju i na prepustu

7.1 Početni sveukupni progib, w_{inst}

Polje raspona $L = 10,0 \text{ m}$

$$w_{\text{inst},\sigma} = \frac{10,0^2 \cdot 10^{12} \cdot (5 \cdot 77,5 - 6 \cdot 19,38)}{48 \cdot 22766,6 \cdot 10^9} =$$

$$= 24,8 \text{ mm}$$

$$w_{\text{inst},\tau} = 1,20 \cdot \frac{(77,5 - 19,38) \cdot 10^6}{60,8 \cdot 10^6} = 1,1 \text{ mm}$$

$$w_{\text{inst}} = 24,8 + 1,1 = 25,9 \text{ mm} < 10000/300 = 33,3 \text{ mm}$$

$$25,9 / 33,3 = 0,78 < 1$$

Prepust raspona $L_1 = 2,5 \text{ m}$

$$w_{\text{inst},\sigma} = \frac{19,38 \cdot 10^{12}}{12 \cdot 22766,6 \cdot 10^9} \cdot \frac{10,0^3 - 2,5^2 \cdot 67,5}{2,5} =$$

$$= 16,4 \text{ mm}$$

$$w_{\text{inst},\tau} = 1,20 \cdot \frac{19,38 \cdot 10^6}{60,8 \cdot 10^6} = 0,4 \text{ mm}$$

$$w_{\text{inst}} = 16,4 + 0,4 = 16,8 \text{ mm} < 2500/150 = 16,7 \text{ mm}$$

$$16,8 / 16,7 \approx 1$$

mjerodavni kriterij provjere

7.2 Konačni neto progib, $w_{\text{net,fin}}$

Polje raspona $L = 10,0 \text{ m}$

$$w_{\text{net,fin},\sigma} = \frac{10,0^2 \cdot 10^{12} \cdot (5 \cdot 85,0 - 6 \cdot 21,25)}{48 \cdot 227666 \cdot 10^9} =$$
$$= 27,2 \text{ mm}$$

$$w_{\text{net,fin},\tau} = 1,20 \cdot \frac{(85,0 - 21,25) \cdot 10^6}{60,8 \cdot 10^6} = 1,3 \text{ mm}$$

$$w_{\text{net,fin}} = 27,2 + 1,3 = 28,5 \text{ mm} < 10000/250 = 40,0 \text{ mm}$$

$$28,5 / 40,0 = 0,71 < 1$$

Prepust raspona $L_1 = 2,5 \text{ m}$

$$w_{\text{net,fin},\sigma} = \frac{21,25 \cdot 10^3 \cdot 231,25}{12 \cdot 227666} = 18,0 \text{ mm}$$

$$w_{\text{net,fin},\tau} = 1,20 \cdot \frac{21,25}{60,8} = 0,4 \text{ mm}$$

$$w_{\text{net,fin}} = 18,0 + 0,4 = 18,4 \text{ mm} < 2500/125 = 20,0 \text{ mm}$$

$$18,4,0 / 20,0 = 0,92 < 1$$