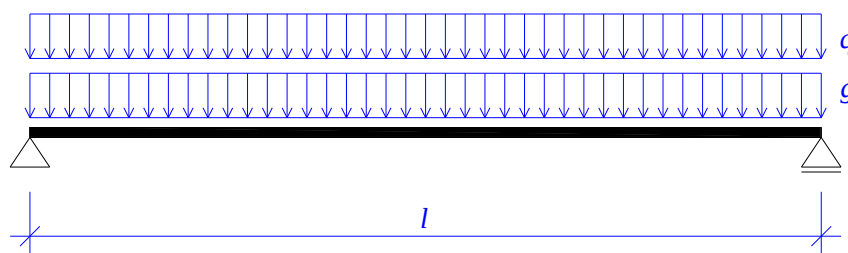


7. vaja: Dimenzioniranje prednapetega nosilca

7.1 Zasnova

Prednapeti betonski nosilec pravokotnega prečnega prereza, ki se po vzdolžni osi ne spreminja, premošča razpetino 16 m. Preko nosilca so položene votle prednapete betonske plošče, debeline 16 cm. Medsebojni osni razmak nosilcev je 5 m. Nosilci so obteženi z lastno težo, težo stropne konstrukcije in koristno obtežbo prostorov nad njimi.

7.1.1 Statični sistem



Slika 1 Statični sistem prednapetega betonskega nosilca.

7.1.2 Obtežba

Stalna obtežba

g_1 ... lastna teža

g_2 ... teža stropne konstrukcije

$$g_2 = 17,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Spremenljiva obtežba

q ... koristna obtežba v stavbah – kategorija B – pisarne

$$q = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\psi_0 = 0,7$$

$$\psi_1 = 0,5$$

$$\psi_2 = 0,3$$

7.1.3 Mehanske lastnosti materialov

Beton

C40/50 ... trdnostni razred betona

$$E_{cm} = 3500 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \dots \text{srednji modul elastičnosti betona}$$

$$f_{ck} = 4,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \dots \text{karakteristična tlačna trdnost betona}$$

$$\alpha_{cc} = 1,0$$

$$\gamma_c = 1,5 \dots \text{materialni faktor varnosti za beton}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 \cdot \frac{4,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{1,5} = 2,67 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \dots \text{računska tlačna trdnost betona}$$

$$f_{ctm} = 0,35 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \dots \text{natezna trdnost betona}$$

okolje: zmerno vlažno okolje – $RH = 80\%$

Klasična armatura

S500 ... trdnostni razred armature

$$E_s = 20000 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \dots \text{modul elastičnosti armature}$$

$$f_{sy} = 50 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \dots \text{karakteristična trdnost armature na meji elastičnosti}$$

$$\gamma_s = 1,15 \dots \text{materialni faktor varnosti za armaturo}$$

$$f_{sd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{50 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{1,15} = 43,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \dots \text{računska trdnost armature na meji elastičnosti}$$

Uporabimo armaturne palice $\phi 28 \text{ mm}$, $A_{s1} = 6,15 \text{ cm}^2$.

Jeklo za prednapenjanje

St 1570/1770, z nizko relaksacijo – razred 2 ... trdnostni razred armature

$$E_p = 19500 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \dots \text{modul elastičnosti armature, za vrvi}$$

$$f_{p0,1k} = 157 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \dots \text{karakteristična trdnost armature pri deformaciji na meji elastičnosti}$$

$$f_{pk} = 177 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \dots \text{karakteristična trdnost armature pri porušni deformaciji}$$

$\gamma_s = 1,15$... materialni faktor varnosti za armaturo

$f_{pd} = \frac{f_{p0,1k}}{\gamma_s} = \frac{157 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{1,15} = 136,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$... računska trdnost armature pri deformaciji na meji elastičnosti

Uporabimo vrvi 7 ϕ 5 mm, $A_{p1} = 1,4 \text{ cm}^2$.

Vrvi bomo združili v zaščitnih ceveh $\phi_n / \phi_z = 55 / 62 \text{ mm}$.

V eno cev lahko namestimo do 7 vrvi 7 ϕ 5 mm!

7.1.4 Krovni sloj betona

Okolje

Betonski element se nahaja v stavbi z zmerno vlažnostjo zraka $RH = 80\%$. Zaradi proizvodnega procesa v spodnjih prostorih je beton izpostavljen kloridom. Betonski element se nahaja v okolju razreda izpostavljenosti XD1 – betonske površine izpostavljene kloridom, ki jih prenaša zrak.

Preglednica 4.1: Razredi izpostavljenosti glede na pogoje okolja v skladu z EN 206-1

Oznaka razreda	Opis okolja	Orientacijski primeri, kjer se lahko pojavi razred izpostavljenosti
1 Ni nevarnosti korozije ali agresivnega delovanja		
X0	Pri betonu brez armature ali vgrajenih kovinskih delov: vse vrste izpostavljenosti z izjemo zmrzovanja / tajanja, obrusa ali kemičnega delovanja Pri betonu z armaturo in vgrajenimi kovinskimi deli: zelo suho	Beton v stavbah z zelo nizko vlažnostjo zraka
2 Korozija zaradi karbonatizacije		
XC1	Suho ali trajno mokro	Beton v stavbah z nizko vlažnostjo zraka Beton, stalno potopljen v vodi
XC2	Mokro, le redko suho	Betonske površine vdolgotrajnem dotiku z vodo Številni temelji
XC3	Zmerno vlažno	Beton v stavbah z zmerno ali visoko vlažnostjo zraka Zunanji beton, zaščiten pred dežjem
XC4	Izmenično mokro in suho	Betonske površine v dotiku z vodo, ki ne sodijo v razred izpostavljenosti XC2
3 Korozija zaradi kloridov		
XD1	Zmerno vlažno	Betonske površine, izpostavljene kloridom, ki jih prenaša zrak
XD2	Mokro, redko suho	Plavalni bazeni Betonski deli, izpostavljeni industrijskim vodam, ki vsebujejo kloride
XD3	Izmenično mokro in suho	Deli mostov, izpostavljeni pršču, ki vsebuje kloride Tlaki Plošče parkirišč
4 Korozija zaradi kloridov iz morske vode		
XS1	Izpostavljeno soli, ki jo prenaša zrak, vendar ne v neposrednem dotiku z morsko vodo	Konstrukcije blizu obale ali ob njej
XS2	Trajno potopljeno	Deli morskih konstrukcij
XS3	Območja plimovanja, škropljenja in pršenja	Deli morskih konstrukcij
5 Zmrzovanje/tajanje		
XF1	Zmerna nasičenost z vodo, brez sredstva za tajanje	Navpične betonske površine, izpostavljene dežju in zmrzovanju
XF2	Zmerna nasičenost z vodo, ki vsebuje sredstvo za tajanje	Navpične betonske površine cestnih konstrukcij, izpostavljenih zmrzovanju in sredstvom za tajanje, ki se prenašajo po zraku
XF3	Velika nasičenost z vodo, ki ne vsebuje sredstev za tajanje	Vodoravne betonske površine, izpostavljene dežju in zmrzovanju
XF4	Velika nasičenost z vodo, ki vsebuje sredstvo za tajanje, ali z morsko vodo	Vozišča cest in mostov, ki so izpostavljena sredstvom za tajanje Betonske površine, izpostavljene neposrednemu pršču, ki vsebuje sredstva za tajanje in zmrzovanje Območja škropljenja morskih konstrukcij, ki so izpostavljena zmrzovanju
6 Kemično delovanje		
XA1	Blago kemično agresivno okolje v skladu z EN 206-1, preglednica 2	Naravne zemljine in talna voda
XA2	Zmerno kemično agresivno okolje v skladu z EN 206-1, preglednica 2	Naravne zemljine in talna voda
XA3	Močno kemično agresivno okolje v skladu z EN 206-1, preglednica 2	Naravne zemljine in talna voda

OPOMBA: Sestava betona vpliva tako na zaščito armature kakor tudi na odpornost betona na delovanje agresivnih vplivov. Dodatek E podaja orientacijske trdnostne razrede betona za posamezne razrede izpostavljenosti. To lahko vodi do izbire trdnostnega razreda betona, ki je višji od trdnostnega razreda, potrebnega pri dimenzioniranju. V teh primerih je treba v računu najmanjše armature in širine razpok (glej 7.3.2-7.3.4) upoštevati vrednost f_{ctm} , ki pripada višjemu trdnostnemu razredu betona.

V razredu izpostavljenosti konstrukcije XD1 je orientacijski trdnostni razred betona za zagotavljanje trajnosti C30/37. Izbrani trdnostni razred betona C40/50 ustreza kriteriju, saj je višji od orientacijskega.

Preglednica E.1N: Orientacijski trdnostni razredi

	Razredi izpostavljenosti v skladu s preglednico 4.1									
Korozija										
	Korozija zaradi karbonacije				Korozija zaradi kloridov			Korozija zaradi kloridov iz morske vode		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Orientacijski trdnostni razred	C20/25	C25/30	C30/37		C30/37		C35/45	C30/37	C35/45	
Poškodbe betona										
	Ni nevarnostii		Zmrzovanje/tajanje				Kemično delovanje			
	X0		XF1	XF2	XF3	XA1	XA2	XA3		
Orientacijski trdnostni razred	C12/15		C30/37	C25/30	C30/37	C30/37			C35/45	

Nazivni krovni sloj betona je določen kot vsota najmanjšega krovnega sloja in dovoljenega odstopanja

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev},$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10),$$

pri čemer so

$c_{min,b}$... najmanjša debelina krovnega sloja glede na zahteve sprijemnosti,

$c_{min,dur}$... najmanjša debelina krovnega sloja glede na pogoje okolja,

$\Delta c_{dur,\gamma}$... dodatni varnostni sloj, priporočena vrednost $\Delta c_{dur,\gamma} = 0$,

$\Delta c_{dur,st}$... zmanjšanje pri uporabi nerjavnega jekla, ker nimamo nerjavnega jekla $\Delta c_{dur,st} = 0$,

$\Delta c_{dur,add}$... zmanjšanje pri uporabi dodatne zaščite, ker nimamo posebne zaščite $\Delta c_{dur,add} = 0$.

Najmanjša debelina $c_{min,b}$ je določena

- pri klasični armaturi

$$c_{min,b} = \phi,$$

- pri prednapeti armaturi

$$c_{min,b} = \min(\phi_z, 80\text{mm}),$$

pri čemer je

ϕ_z ... premer zaščitne cevi.

V obravnavanem primeru je

- pri klasični armaturi

$$c_{min,b} = 28\text{mm},$$

- pri prednapeti

$$c_{min,b} = 62\text{mm}$$

Najmanjšo debelino krovnega sloja glede na pogoje okolja $c_{min,dur}$ določimo v odvisnosti od razreda konstrukcije. Izberem priporočeno vrednost razreda konstrukcije S4, ki ima povratno življenjsko dobo 50 let. Vrednost je priporočena v Evrokodu. Po preglednici 4.3N v Evrokodu 2, pri razredu izpostavljenosti konstrukcije XD1, zaradi uporabe betona vsaj C40/50, ki je v našem primeru ravno enak C40/50, znižamo razred konstrukcije za 1. Tako upoštevamo razred konstrukcije S3.

Preglednica 2.1 Priporočene projektne življenjske dobe

Kategorija priporočene projektne življenjske dobe	Priporočena projektna življenjska doba v letih	Primeri
1	10	Začasne konstrukcije ⁽¹⁾
2	10 do 25	Zamenljivi konstrukcijski deli, npr. žerjavni nosilci, ležišča
3	15 do 30	Kmetijske in podobne konstrukcije
4	50	Stavbe in druge običajne konstrukcije
5	100	Monumentalne stavbe, mostovi in druge gradbene inženirske konstrukcije

(1) Konstrukcije ali konstrukcijski deli, ki se lahko razstavijo in ponovno uporabijo, se ne štejejo začasne.

Preglednica 4.3N: Priporočene prilagoditve razreda konstrukcije

Kriterij	Razred konstrukcije						
	Razred izpostavljenosti po preglednici 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1	XD2 / XS1	XD3 / XS2 / XS3
Projektna življenjska doba 100 let	Razred zvišati za 2	Razred zvišati za 2	Razred zvišati za 2	Razred zvišati za 2	Razred zvišati za 2	Razred zvišati za 2	Razred zvišati za 2
Trdnostni razred ¹⁾²⁾	$\geq$ C30/37 Razred znižati za 1	$\geq$ C30/37 Razred znižati za 1	$\geq$ C35/45 Razred znižati za 1	$\geq$ C40/50 Razred znižati za 1	$\geq$ C40/50 Razred znižati za 1	$\geq$ C40/50 Razred znižati za 1	$\geq$ C45/55 Razred znižati za 1
Elementi z geometrijo plošč (postopek graditve ne vpliva na lego armature)	Razred znižati za 1	Razred znižati za 1	Razred znižati za 1	Razred znižati za 1	Razred znižati za 1	Razred znižati za 1	Razred znižati za 1
Zagotovljena posebna kontrola kakovosti proizvodnje betona	Razred znižati za 1	Razred znižati za 1	Razred znižati za 1	Razred znižati za 1	Razred znižati za 1	Razred znižati za 1	Razred znižati za 1

OPOMBE K PREGLEDNICI 4.3N:

- Upošteva se, da sta trdnostni razred in vodo-cementno razmerje povezani količini. Za zagotovitev majhne prepustnosti se lahko upošteva posebna sestava betona (vrsta cementa, vrednost vodo-vezivnega razmerja, fina polnila).
- Če je vsebnost zraka večja od 4 %, se meja lahko zniža za en trdnostni razred.

V preglednici 4.4N je za klasično armaturo, pri kombinaciji razreda konstrukcije S3 in razreda izpostavljenosti konstrukcije XD1

$$c_{min,dur} = 30\text{mm}$$

Preglednica 4.4N: Zahtevane najmanjše debeline krovnega sloja betona $c_{min,dur}$ glede na trajnost pri jeklih za armiranje v skladu z EN 10080

Zahteve za $c_{min,dur}$ (mm) glede na okolje							
Razred konstrukcije	Razred izpostavljenosti po preglednici 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

V preglednici 4.5N je za prednapeto armaturo, pri kombinaciji razreda konstrukcije S3 in razreda izpostavljenosti konstrukcije XD1

$$c_{min,dur} = 40\text{mm}$$

Preglednica 4.5N: Zahtevane najmanjše debeline krovnega sloja betona $c_{min,dur}$ glede na trajnost pri jeklih za prednapenjanje

Zahteve za $c_{min,dur}$ (mm) glede na okolje							
Razred konstrukcije	Razred izpostavljenosti po preglednici 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	15	20	25	30	35	40
S2	10	15	25	30	35	40	45
S3	10	20	30	35	40	45	50
S4	10	25	35	40	45	50	55
S5	15	30	40	45	50	55	60
S6	20	35	45	50	55	60	65

Najmanjša debelina krovnega sloja c_{min} je za

- klasično armaturo

$$c_{min} = \max(28\text{mm}; 30\text{mm} + 0\text{mm} - 0\text{mm} - 0\text{mm}; 10\text{mm}) = 30\text{mm}$$

- prednapeto armaturo

$$c_{min} = \max(62\text{mm}; 40\text{mm} + 0\text{mm} - 0\text{mm} - 0\text{mm}; 10\text{mm}) = 62\text{mm}$$

Z upoštevanjem dovoljenega odstopanja $\Delta c_{dev} = 10\text{mm}$ je, po priporočilu Evrokoda 2, v poglavju 4.4.1.3, nazivni krovni sloj betona za

- klasično armaturo

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 30\text{mm} + 10\text{mm} = 40\text{mm}$$

- prednapeto armaturo

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 62\text{mm} + 10\text{mm} = 72\text{mm}$$

7.2 Določitev dimenzij betonskega prereza

7.2.1 Upogib – mejno stanje nosilnosti

Dimenzije prečnega prereza niso določene. Ocenimo, da sta širina in višina prečnega prereza $b/h = 0,35/1,15$ m.

Stalna teža je

$$g = g_1 + g_2 =$$

Projektna obtežba je

$$g_{Ed} + q_{Ed} = \gamma_g \cdot g + \gamma_q \cdot q =$$

Projektna obremenitev – projektni upogibni moment je

$$M_{Ed} = \frac{(g_{Ed} + q_{Ed}) \cdot L^2}{8} =$$

Izberem deformacije $\varepsilon_s/\varepsilon_1 = 5/3,5\%$, pri katerih je $k_d = 0,276$.

Potrebna statična višina od kablov do zgornjega roba prečnega prereza je

$$d = \sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd} \cdot k_d}} =$$

Oddaljenost težišča kablov od spodnjega in stranskih robov betonskega prečnega prereza je

$$a_p \geq \frac{\phi_z}{2} + c_{nom} = \frac{6,2\text{cm}}{2} + 7,2\text{cm} = 10,3\text{cm}.$$

Spodaj izberemo $a_p = 15\text{cm}$. Večji prerez betona izberemo, da bo možno spodaj vgraditi tudi klasično armaturo, če bo potrebno.

Potrebna višina prereza je

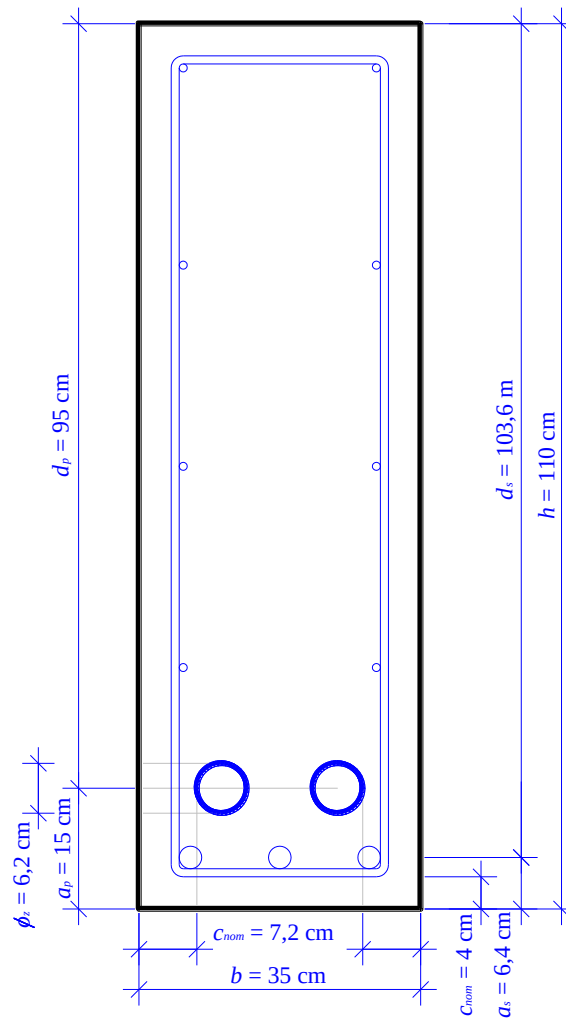
$$h \geq d + a_p =$$

Izberemo $b/h/a_p = 35/110/15$ cm.

Zaščitna plast klasične armature je razdalja od roba prereza do prve armaturne palice, to je streme.

Oddaljenost težišča klasične armature od spodnjega robu betona je

$$a_s \geq \frac{\phi}{2} + \phi_s + c_{nom} = \frac{2,8\text{cm}}{2} + 1\text{cm} + 4\text{cm} = 6,4\text{cm}.$$



Slika 2 Prečni prerez prednapetega betonskega nosilca.

Kontrolne točke za račun napetosti so:

- ① - na spodnjem robu betonskega prereza,
- ② - na zgornjem robu betonskega prereza,
- ③ - v težišču spodnje vzdolžne natezne klasične armature,
- ④ - v težišču prednapete armature.

7.3 Obremenitev prereza v sredini nosilca

Upogibni moment zaradi lastne teže nosilca je

$$M_{g1} = \frac{g_1 \cdot l^2}{8} =$$

Upogibni moment zaradi teže stropne konstrukcije je

$$M_{g2} = \frac{g_2 \cdot l^2}{8} =$$

Upogibni moment zaradi koristne obtežbe je

$$M_q = \frac{q \cdot l^2}{8} =$$

7.3.1 Kombinacije vplivov v mejnih stanjih nosilnosti

Kombinacije vplivov na obravnavani prednapeti nosilec v mejnih stanjih nosilnosti so

- karakteristična $\sum_j G_{k,j} + (P) + Q_{k1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} \cdot Q_{ki}$ (EN 1990 – 6.14b),
- pogosta $\sum_j G_{k,j} + (P) + \psi_{1,1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{ki}$ (EN 1990 – 6.15b),
- navidezno stalna $\sum_j G_{k,j} + (P) + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{ki}$ (EN 1990 – 6.16b).

Ker je v našem primeru koristna obtežba q edina spremenljiva obtežba, se izrazi poenostavijo

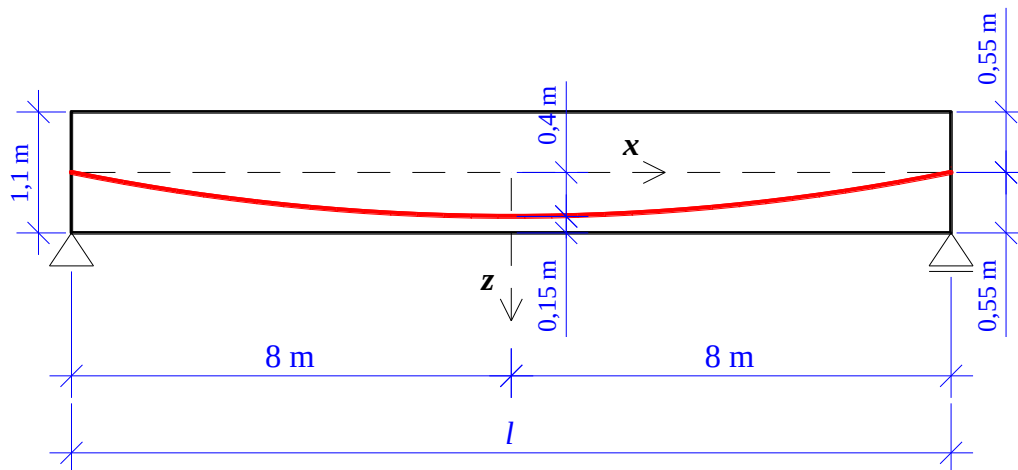
- karakteristična $\sum_j G_{k,j} + (P) + Q_k$,
- pogosta $\sum_j G_{k,j} + (P) + \psi_1 \cdot Q_k$,
- navidezno stalna $\sum_j G_{k,j} + (P) + \psi_2 \cdot Q_k$.

Preglednica A1.1: Priporočene vrednosti faktorjev ψ za stavbe

Vpliv	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Koristna obtežba v stavbah (glej EN 1991-1-1)			
Kategorija A: stanovanja	0,7	0,5	0,3
Kategorija B: pisarne	0,7	0,5	0,3
Kategorija C: stavbe, kjer se zbirajo ljudje	0,7	0,7	0,6
Kategorija D: trgovine	0,7	0,7	0,6
Kategorija E: skladišča	1,0	0,9	0,8
Kategorija F: prometne površine vozilo teže ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorija G: prometne površine 30 kN < teža vozila ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Kategorija H: strehe	0	0	0
Obtežba snega na stavbah (glej EN 1991-1-3)*			
Finska, Islandija, Norveška, Švedska	0,7	0,5	0,2
Druge članice CEN, za kraje z nadmorsko višino nad 1000 m	0,7	0,5	0,2
Druge članice CEN, za kraje z nadmorsko višino pod 1000 m	0,5	0,2	0
Obtežba vetra na stavbah (glej EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Spremembe temperature (ne pri požaru) v stavbah (glej EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
OPOMBA: Vrednosti ψ faktorjev so lahko določene v nacionalnem dodatku.			
*) Za države, ki niso omenjene v nadaljevanju, glej ustrezne krajevne pogoje.			

7.4 Potek kableske linije

Lega kablov je določena v srednjem prerezu nosilca. Težišče prereza kablov je od spodnjega robu betonskega prereza oddaljeno $a_p = 15$ cm. Kableska linija je kvadratna parabola in sledi poteku upogibnih momentov zaradi zunanje obtežbe. Ob podporah ni ekscentričnosti – težišče kablov sovpada s težiščem betonskega prereza.



Slika 3 Potek kableske linije v prednapetem betonskem nosilcu.

Enačba kableske linije je

$$z = a + b \cdot x^* + c \cdot x^{*2},$$

odvod enačbe po x je

$$z' = b + 2 \cdot c \cdot x^*.$$

Robni pogoji so

$$x^* = 0$$

$$z = f = 0,4\text{m}$$

$$a = 0,4\text{m},$$

$$x^* = 0$$

$$z' = 0$$

$$b = 0,$$

$$x^* = \frac{l}{2} = \frac{16\text{m}}{2} = 8\text{m}$$

$$z = 0 = 0,4\text{m} + c \cdot (8\text{m})^2$$

$$c = -0,00625\text{m}^{-1}.$$

Enačba izbrane kableske linije je

$$z = 0,4\text{m} - 0,00625\text{m}^{-1} \cdot x^{*2}$$

in odvod

$$z' = -0,0125\text{m}^{-1} \cdot x^*.$$

7.5 Določitev potrebne kableske sile

Ker ni drugih posebnih zahtev, kot je na primer nepropustnost za vodo, omejimo računsko širino razpok pri navidezno stalni kombinaciji obtežbe na vrednost $w_{\max}$, ki je navedena v preglednici 7.1N in glede videza in trajnosti pri armiranobetonskih elementih in konstrukcijah v splošnem zadošča.

Za prednapete betonske elemente s povezanimi kabli, v razredu izpostavljenosti XD1 je zahtevan pogoj dekompresije pri pogosti kombinaciji obtežbe. Omejitev dekompresije zahteva, da vsi deli povezanih kablov ali zaščitnih cevi ležijo najmanj 25 mm znotraj tlačnega betona.

Preglednica 7.1N: Priporočene vrednosti za $w_{\max}$ (mm)

Razred izpostavljenosti	Armiranobetonski elementi in prednapeti betonski elementi z nepovezanimi kabli	Prednapeti betonski elementi s povezanimi kabli
	Navidezno stalna kombinacija obtežbe	Pogosta kombinacija obtežbe
X0, XC1	0,4 ¹	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2 ²
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Dekompresija
OPOMBA 1: Za razreda izpostavljenosti X0, XC1 širina razpok ne vpliva na trajnost, navedena omejitev širine razpok je določena za zagotavljanje sprejemljivega videza. Če glede videza ni nobenih zahtev, se lahko ta omejitev ublaži.		
OPOMBA 2: Za te razrede izpostavljenosti je treba pri navidezno stalni kombinaciji obtežbe dodatno zagotoviti stanje dekompresije.		

Kontrolna točka za račun napetosti je:

⑤ - 2,5 mm pod spodnjim robom cevi za prednapenjanje.

Da bo izpolnjen pogoj dekompresije, opravimo kontrolo napetosti na oddaljenosti

$$z = 15\text{cm} - \frac{6,2\text{cm}}{2} - 2,5\text{cm} = 9,4\text{cm}$$

od spodnjega roba betonskega prereza.

Ker še ne poznamo prereza kablov in klasične armature, uporabimo za račun napetosti karakteristike homogenega prečnega prereza

$$\sigma_{c,5} = \frac{N}{A_b} + \frac{M}{W_{b,5}} - \frac{P_{m\infty}}{A_b} - \frac{P_{m\infty} \cdot z_{cp}}{W_{b,5}} = \frac{N}{A_b} + \frac{M}{W_{b,5}} - P_{m\infty} \left(\frac{1}{A_b} - \frac{z_{cp}}{W_{b,5}} \right) = 0.$$

V našem primeru je $N = 0$ in

$$\sigma_{c,5} = \frac{M}{W_{b,5}} - P_{m\infty} \left(\frac{1}{A_b} - \frac{z_{cp}}{W_{b,5}} \right) = 0.$$

Potrebna kableska sila je

$$P_{m\infty} = \frac{M}{W_{b,5} \cdot \left(\frac{1}{A_b} - \frac{z_{cp}}{W_{b,5}} \right)} = \frac{M_{g+\psi_1 q}}{\frac{W_{b,5}}{A_b} - z_{cp}}.$$

7.6 Obremenitev prereza v sredini nosilca

7.6.1 Kombinacije vplivov v mejnih stanjih nosilnosti

7.7 Potek kableske linije

7.8 Določitev potrebne kableske sile

7.9 Geometrijske karakteristike prečnega prereza

7.10 Račun napetosti

7.10.1 Lastna teža in prednapetje

7.10.2 Preostala stalna obtežba

7.10.3 Navidezno stalni del koristne obtežbe

7.11 Račun izgub zaradi reologije – krčenje in lezenje betona ter relaksacija jekla za prednapenjanje

7.11.1 Končna deformacija zaradi krčenja betona

7.11.2 Končni koeficient lezenja betona

7.11.3 Trdnost betona v času napenjanja kablov

7.11.4 Poenostavljen račun določitve končnih izgub sile prednapetja zaradi lezenja, krčenja in relaksacije pri delovanju trajne obtežbe

7.11.5 Izgube sile prednapetja zaradi reologije

7.12 Dimenzioniranje

7.12.1 Osno upogibna obremenitev v mejnem stanju nosilnosti

7.12.2 Strižna obremenitev v mejnem stanju nosilnosti

7.12.3 Najmanjša vzdolžna armatura