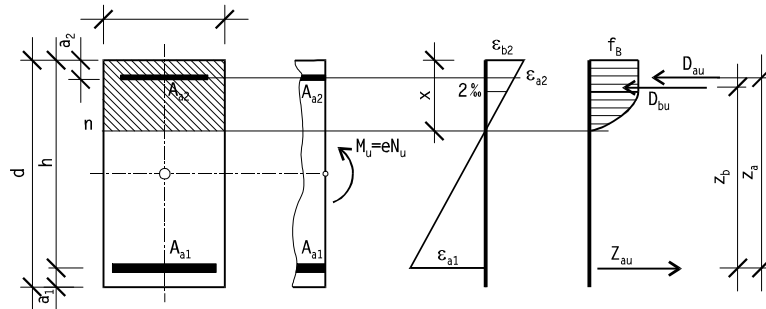


Dimenzionisanje pravougaonih preseka - čisto savijanje



Prilikom rešavanja problema dimenzionisanja pravougaonih preseka opterećenih na čisto savijanje i veliki ekscentricitet razlikuju se jednostuko ili dvostruko armirani preseki. Osnovni izrazi koji se koriste su:

Za jednostuko armirane preseke:

$$h = k \cdot \sqrt{\frac{M_u}{f_B \cdot b}}$$

$$A_{a1} = \mu_{1M} \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_B}{\sigma_v}$$

Za dvostuko armirane preseke:

$$A_{a1} = A_{a1}^m + A_{a1}^{\Delta M}; \quad A_{a2} = \frac{\Delta M_{bu}}{\sigma_{a2} \cdot (h - a_2)}$$

$$A_{a1}^m = \mu_{1M} \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_B}{\sigma_v} = \frac{M_{bu}}{z_b \cdot \sigma_v}; \quad A_{a1}^{\Delta M} = \frac{\Delta M_{bu}}{\sigma_v \cdot (h - a_2)}$$

$$M_{bu} = m \cdot b \cdot h^2 \cdot f_B; \quad \Delta M_{bu} = M_u - M_{bu}$$

Izrazi za koeficijente s , m , k , α_b , ζ_b i μ_{1M} su prikazani u delu ???, dok su njihove vrednosti date u tabeli ???.

Tok proračuna**Slobodno dimenzionisanje - čisto savijanje**

Poznate veličine su:

- vrsta i kvalitet čelika i betona,
- uticaji (M_g , M_p , M_Δ),
- širina preseka b .

Traži se:

- visina preseka h ,
- količina zategnute armature A_{a1} ,

Proračun:

$$M_u = 1.6 \cdot M_g + 1.8 \cdot M_p \quad \text{ili} \quad M_u = 1.3 \cdot M_g + 1.5 \cdot M_p + 1.3 \cdot M_\Delta$$

Korak 1

$$\varepsilon_{b2} / \varepsilon_{a1} \quad \rightarrow \quad k, \mu_{IM}$$

U prvom koraku se usvajaju granične dilatacije preseka, na osnovu kojih se izračunavaju koeficijenti k i μ_{IM} , ili se njihove vrednosti uzimaju iz tablice ???.

Korak 2

$$h_{pot} = k \cdot \sqrt{\frac{M_u}{b \cdot f_B}}$$

Izračunava se potrebna statička visina preseka.

Korak 3

$$A_{a1,pot} = \mu_{IM} \cdot b \cdot h_{pot} \cdot \frac{f_B}{\sigma_v}$$

Izračunava se potrebna površina armature.

Korak 4

$$A_{a1}; \quad a_1$$

Usvaja se zategnuta armatura A_{a1} i izračunava pololožaj njenog težišta a_1 .

Korak 5

$$d_{pot} = h_{pot} + a_1$$

Izračunava se potrebna visina pravougaonog preseka, nakon čega se ista usvaja, najčešće na prvi veći broj deljiv sa 5.

Tok proračuna**Slobodno dimenzionisanje - čisto savijanje**

Poznate veličine su:

- vrsta i kvalitet čelika i betona,
- uticaji (M_g , M_p , M_Δ),
- visina preseka d .

Traži se:

- širina preseka b ,
- količina zategnute armature A_{a1} ,

Proračun:

$$M_u = 1.6 \cdot M_g + 1.8 \cdot M_p \quad \text{ili} \quad M_u = 1.3 \cdot M_g + 1.5 \cdot M_p + 1.3 \cdot M_\Delta$$

Korak 1

$$h = d - a_{1,p}$$

Izračunava se statička visina preseka h . Pošto je količina i raspored zategnute armature u preseku nepoznat, položaj težišta zategnute armature a_1 se predpostavlja:

$$a_{1,p} = (0.05 \div 0.15) \cdot d$$

Korak 2

$$\varepsilon_{b2} / \varepsilon_{a1} \rightarrow k \text{ ili } m, \mu_{IM}$$

Zatim se usvajaju granične dilatacije preseka, na osnovu kojih se izračunavaju koeficijenti k ili m i μ_{IM} , ili se njihove vrednosti uzimaju iz tablice ???.

Korak 3

$$b_{pot} = \frac{k^2 \cdot M_u}{h^2 \cdot f_B} = \frac{M_u}{m \cdot h^2 \cdot f_b}$$

Izračunava se potrebna širina preseka.

Korak 4

$$A_{a1,pot} = \mu_{IM} \cdot b_{pot} \cdot h \cdot \frac{f_B}{\sigma_v}$$

Izračunava se potrebna površina armature.

Korak 5

$$b \Rightarrow A_{a1} \Rightarrow a_1$$

$$a_1 \leftrightarrow a_{1,p}$$

Usvaja se širina b na veći broj (najčešće deljiv sa 5) i zategnuta armatura A_{a1} . Zatim se izračunava položaj njenog težišta a_1 , nakon čega se a_1 poredi sa predpostavljenom vrednošću $a_{1,p}$.

Ukoliko je $a_1 > 1.3 \cdot a_{1,p}$ proračun se treba

ponoviti, tako da se u koraku 1 stavi
 $a_{1,p} = a_1$.

Tok proračuna**Slobodno dimenzionisanje - čisto savijanje**

Poznate veličine su:

- vrsta i kvalitet čelika i betona,
- uticaji (M_g , M_p , M_Δ),
- odnos širine i visine $\beta_h = b/h$.

Traži se:

- visina preseka h ,
- širina preseka b ,
- količina zategnute armature A_{a1} ,

Proračun:

$$M_u = 1.6 \cdot M_g + 1.8 \cdot M_p \quad \text{ili} \quad M_u = 1.3 \cdot M_g + 1.5 \cdot M_p + 1.3 \cdot M_\Delta$$

Korak 1

$$\varepsilon_{b2} / \varepsilon_{a1} \rightarrow k \text{ ili } m, \mu_{IM}$$

Usvajaju se granične dilatacije preseka, na osnovu kojih se izračunavaju koeficijenti k ili m i μ_{IM} , ili se njihove vrednosti uzimaju iz tablice ???.

Korak 2

$$h_{pot} = \sqrt[3]{\frac{k^2 \cdot M_u}{\beta_h \cdot f_B}} = \sqrt[3]{\frac{M_u}{\beta_h \cdot m \cdot f_B}}$$

$$b_{pot} = \beta_h \cdot h_{pot}$$

Izračunava se potrebna statička visina i širina preseka.

Korak 3

$$A_{a1,pot} = \mu_{IM} \cdot b_{pot} \cdot h_{pot} \cdot \frac{f_B}{\sigma_v}$$

Izračunava se potrebna površina armature.

Korak 4

$$b \Rightarrow A_{a1} \Rightarrow a_1$$

Usvaja se širina b na veći broj (najčešće deljiv sa 5) i zategnuta armatura A_{a1} , Zatim se izračunava pololožaj njenog težišta a_1 .

Korak 5

$$d_{pot} = h_{pot} + a_1 \Rightarrow d$$

Izračunava se potrebna visina preseka, nakon čega se ista usvaja na veći broj (najčešće deljiv sa 5).

Tok proračuna**Vezano dimenzionisanje - čisto savijanje**

Poznate veličine su:

- vrsta i kvalitet čelika i betona,
- uticaji (M_g , M_p , M_Δ),
- širina i visina preseka b/d .

Traži se:

- količina zategnute armature A_{a1} ,

Proračun:

$$M_u = 1.6 \cdot M_g + 1.8 \cdot M_p \quad \text{ili} \quad M_u = 1.3 \cdot M_g + 1.5 \cdot M_p + 1.3 \cdot M_\Delta$$

Korak 1

$$a_{l,p} = (0.05 \div 0.15) \cdot d$$

$$h = d - a_{l,p}$$

Predpostavlja se rastojanje od ivice 1 do težišta zategnute armature $a_{l,p}$, nakon čega se izračunava statička visina preseka h .

Korak 2

$$k = h \cdot \sqrt{\frac{b \cdot f_B}{M_u}} \Rightarrow \begin{matrix} \varepsilon_{b2} / \varepsilon_{a1} \\ \mu_{IM} \end{matrix}$$

Na osnovu koeficijenta k , dobijaju se dilatacije poprečnog preseka i mehanički koeficijent armiranja.

Korak 3

$$\varepsilon_{a1} \begin{cases} \geq 3\text{‰} \rightarrow \text{jednostuko armiranje} \\ < 3\text{‰} \rightarrow \text{dvostuko armiranje} \end{cases}$$

Vrši se kontrola dobijene dilatacije u zategnutoj armaturi. Ukoliko je ona manja od 3‰, poprečni presek se dvostruko armira.

Jednostuko armiranje

$$\varepsilon_{a1} \geq 3\text{‰}$$

Korak 4

$$A_{a1,pot} = \mu_{IM} \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_B}{\sigma_v}$$

Izračunava se potrebna površina armature.

Korak 5

$$A_{a1} \Rightarrow a_1$$

Usvaja se zategnuta armatura A_{a1} , raspoređuje u poprečnom preseku i izračunava položaj njenog težišta a_1 . Zatim se a_1 poredi sa predpostavljenom vrednošću $a_{l,p}$.

Ukoliko je $a_1 > 1.3 \cdot a_{1,p}$ proračun se treba ponoviti, tako da se u koraku 1 stavi $a_{1,p} = a_1$.

Dvostruko armiranje

$$\varepsilon_{a1} < 3\text{‰}$$

Korak 4

$$\varepsilon_{b2} / \varepsilon_{a1} = 3.5 / 3\text{‰} \Rightarrow m \text{ ili } k$$

$$s$$

$$\mu_{IM}$$

Korak 5

$$M_{bu} = m \cdot b \cdot h^2 \cdot f_B = \frac{h^2}{k^2} \cdot b \cdot f_B$$

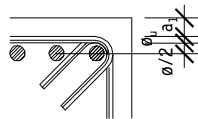
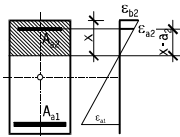
Korak 6

$$\Delta M_u = M_u - M_{bu}$$

Korak 7

$$x = s \cdot h$$

$$\varepsilon_{a2} = \frac{x - a_{2,p}}{x} \cdot \varepsilon_{b2}$$



Korak 8

$$\sigma_{a2} = \begin{cases} \frac{\varepsilon_{a2}}{\varepsilon_v} \cdot \sigma_v & \text{za } \varepsilon_{a2} < \varepsilon_v \\ \sigma_v & \text{za } \varepsilon_{a2} \geq \varepsilon_v \end{cases}$$

Ukoliko je dilatacija u armaturi manja od 3‰, tada se usvajaju dilatacije preseka $\varepsilon_{b2} = 3.5\text{‰}$ i $\varepsilon_{a1} = 3\text{‰}$, te se za te dilatacije izračunavaju, ili vade iz tablice koeficijent m , s i μ_{IM} .

Izračunava se granični momenat savijanja koji jednostruko armirani presek može da primi pri punom iskotišćenju napona i dilatacija u betonu.

Proračun \$viška\$ momenta savijanja koji se poverava pritiskutoj armaturi.

Određivanje dilatacija pritisnute armature. Prilikom određivanja pritisnute armature, potrebno je poznavanje položaja delovanja sile pritiska u armaturi a_2 . Ukoliko se predpostavi da će pritisnuta armatura biti raspoređena u jednom redu, tada se a_2 može izračunati prema:

$$a_{2,p} = a_0 + \phi_u + \phi / 2$$

Izračunavanje napona u pritisnutoj armaturi.

Ukoliko je $\varepsilon_{a2} < \varepsilon_v$, tada je napon u armaturi ne iskorišten. Granica ε_v zavisi od vrste armature i iznosi:

$$\varepsilon_v = \begin{cases} 1.14 & \text{za GA} \\ 1.90 & \text{za RA} \\ 2.38 & \text{za MA} \\ 3.24 & \text{za BiA} \end{cases}$$

Korak 9

$$A_{a2} = \frac{\Delta M_u}{\sigma_{a2} \cdot (h - a_{2,p})}$$

Određivanje potrebne površine pritisnute armature, njeno usvajanje i određivanje stvarnog položaja težišta pritisnute armature a_2 .

Ukoliko je $a_2 > a_{2,p}$, od koraka 7 se ponavlja proračuna, tako da se stavi $a_{2,p} = a_2$.

Korak 10

$$A_{a1} = \mu_{1M} \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_B}{\sigma_v} + \frac{\Delta M_u}{\sigma_v \cdot (h - a_2)}$$

Proračun potrebne količine zategnute armature.

Korak 11

$$A_{a1} \Rightarrow a_1$$

Usvaja se zategnuta armatura A_{a1} , raspoređuje u poprečnom preseku i izračunava položaj njenog težišta a_1 . Zatim se a_1 poredi sa pretpostavljenom vrednošću $a_{1,p}$.

Ukoliko je $a_1 > 1.3 \cdot a_{1,p}$ proračun se treba ponoviti, tako da se u koraku 1 stavi $a_{1,p} = a_1$.

Tok proračuna**Određivanje granične nosivosti i koeficijenta sigurnosti - čisto savijanje**

Poznate veličine su:

- vrsta i kvalitet čelika i betona,
- uticaji (M_g , M_p , M_{Δ}),
- širina i visina preseka b/d
- količina i položaj armature u preseku.

Traži se:

- granični uticaj M_u ,
- koeficijenti sigurnosti $\gamma_g, \gamma_p, \gamma_u$.

Proračun:

Pritisnuta armatura se ne uzima u proračun

Korak 1

$$a_1 \Rightarrow h = d - a_1$$

Određivanje položaja zategnute armature a_1 i statičke visine h .**Korak 2**

$$\mu_1 = \frac{A_{a1}}{b \cdot h}; \quad \mu_{1M} = \mu_1 \cdot \frac{\sigma_v}{f_B}$$

Određivanje koeficijenta armiranja μ_1 i mehaničkog koeficijenta armiranja μ_{1M} .**Korak 3**

$$\mu_{1M} \Rightarrow \varepsilon_{b2} / \varepsilon_{a1}$$

m ili k

Na osnovu mehaničkog koeficijenta armiranja, izračunavaju se ili direktno vade iz tabele ??? dilatacije u betonu i zategnutoj armaturi $\varepsilon_{b2} / \varepsilon_{a1}$ i koeficijent m ili k .**Korak 4**

$$M_u = m \cdot b \cdot h^2 \cdot f_B = \frac{h^2}{k^2} \cdot b \cdot f_B$$

Izračunava se granični moment savijanja.

Korak 5

Parcijalni koeficijenti sigurnosti:

- γ_g + γ_p

$$\gamma_{ug} = \frac{M_u}{M_g + \frac{1.8}{1.6} \cdot M_p} \geq 1.6$$

$$\gamma_{up} = \frac{M_u}{\frac{1.6}{1.8} \cdot M_g + M_p} \geq 1.8$$

Ukoliko su poznate presečne sile u poprečnom preseku, moguće je proračunati koeficijente sigurnosti.

- $M_g + M_p + M_\Delta$

$$\gamma_{ug} = \gamma_{u\Delta} = \frac{M_u}{M_g + \frac{1.5}{1.3} \cdot M_p + M_\Delta} \geq 1.3$$

$$\gamma_{up} = \frac{M_u}{\frac{1.3}{1.5} \cdot (M_g + M_\Delta) + M_p} \geq 1.5$$

Globalni koeficijent sigurnosti γ_u :

- $M_g + M_p$

$$\alpha_p = \frac{M_p}{M_g}; \quad \gamma_{pot} = \frac{1.6 + 1.8 \cdot \alpha_p}{1 + \alpha_p}$$

$$\gamma_u = \frac{M_u}{M_g + M_p} \geq \gamma_{pot}$$

- $M_g + M_p + M_\Delta$

$$\alpha_p = \frac{M_p}{M_g}; \quad \alpha_\Delta = \frac{M_\Delta}{M_g}$$

$$\gamma_{pot} = \frac{1.3 + 1.5 \cdot \alpha_p + 1.3 \cdot \alpha_\Delta}{1 + \alpha_p + \alpha_\Delta}$$

$$\gamma_u = \frac{M_u}{M_g + M_p} \geq \gamma_{pot}$$

Određivanje granične nosivosti i koeficijenta sigurnosti - čisto savijanje

Poznate veličine su:

- vrsta i kvalitet čelika i betona,
- uticaji (M_g, M_p, M_Δ),
- širina i visina preseka b/d
- količina i položaj armature u preseku.

Traži se:

- granični uticaj M_u ,
- koeficijenti sigurnosti $\gamma_g, \gamma_p, \gamma_u$.

Proračun:

Pritisnuta armatura se uzima u proračun

Korak 1

$$a_2, a_1 \Rightarrow h = d - a_1$$

Određivanje položaja zategnute armature a_1 , pritisnute armature a_2 i statičke visine h .

Korak 2

$$\mu_1 = \frac{A_{a1}}{b \cdot h}; \quad \mu_2 = \frac{A_{a2}}{b \cdot h}$$

$$\mu_{IM} = \mu_1 \cdot \frac{\sigma_v}{f_B} - \mu_2 \cdot \frac{\sigma_{a2}}{f_B}$$

Određivanje koeficijenta armiranja μ_1, μ_2 i mehaničkog koeficijenta armiranja μ_{IM} .

Da bi se izračunao mehanički koeficijent armiranja, potrebno je znati napon u pritisnutoj armaturi σ_{a2} , odnosno dilataciju zategnute armature ε_{a2} , što nije poznato, te se pretpostavlja da je: $\sigma_{a2,p} = \sigma_v$, odnosno $\varepsilon_{a2} \geq \varepsilon_v$

Korak 3

$$\mu_{IM} \Rightarrow \varepsilon_{b2} / \varepsilon_{a1}$$

$$x$$

Na osnovu mehaničkog koeficijenta armiranja, izračunavaju se ili direktno vade iz tabele ??? dilatacije u betonu i zategnutoj armaturi $\varepsilon_{b2} / \varepsilon_{a1}$ i koeficijent x .

Korak 4

$$x = s \cdot h$$

$$\varepsilon_{a2} = \frac{x - a_2}{x} \cdot \varepsilon_{b2}$$

$$\sigma_{a2} = \begin{cases} \varepsilon_{a2} \cdot \sigma_v & \text{za } \varepsilon_{a2} < \varepsilon_v \\ \sigma_v & \text{za } \varepsilon_{a2} \geq \varepsilon_v \end{cases}$$

$$\Delta\sigma_{a2} = |\sigma_{a2,p} - \sigma_{a2}|$$

Proračunava se dilatacija i napon u pritisnutoj armaturi.

Nakon toga se napon u pritisnutoj armaturi poredi sa pretpostavljenim $\Delta\sigma_{a2}$. Ukoliko je razlika između ova dva napona velika (tačnost proračuna nije zadovoljena), proračun se ponavlja, tako da se u korak 2 stavi:

$$\sigma_{a2,p} = \sigma_{a2}$$

Korak 5

$$\mu_{IM} \Rightarrow \varepsilon_{b2} / \varepsilon_{a1}$$

m ili k

$$M_{bu} = m \cdot b \cdot h^2 \cdot f_B = \frac{h^2}{k^2} \cdot b \cdot f_B$$

Korak 6

$$\Delta M_u = A_{a2} \cdot \sigma_{a2} \cdot (h - a_2)$$

Korak 7

Parcijalni koeficijenti sigurnosti:

- "g" + "p"

$$\gamma_{ug} = \frac{M_u}{M_g + \frac{1.8}{1.6} \cdot M_p} \geq 1.6$$

$$\gamma_{up} = \frac{M_u}{\frac{1.6}{1.8} \cdot M_g + M_p} \geq 1.8$$

- "g" + "p" + "Δ"

$$\gamma_{ug} = \gamma_{u\Delta} = \frac{M_u}{M_g + \frac{1.5}{1.3} \cdot M_p + M_\Delta} \geq 1.3$$

$$\gamma_{up} = \frac{M_u}{\frac{1.3}{1.5} \cdot (M_g + M_\Delta) + M_p} \geq 1.5$$

Globalni koeficijent sigurnosti γ_u :

- "g" + "p"

$$\alpha_p = \frac{M_p}{M_g}; \quad \gamma_{pot} = \frac{1.6 + 1.8 \cdot \alpha_p}{1 + \alpha_p}$$

$$\gamma_u = \frac{M_u}{M_g + M_p} \geq \gamma_{pot}$$

- "g" + "p" + "Δ"

$$\alpha_p = \frac{M_p}{M_g}; \quad \alpha_\Delta = \frac{M_\Delta}{M_g}$$

$$\gamma_{pot} = \frac{1.3 + 1.5 \cdot \alpha_p + 1.3 \cdot \alpha_\Delta}{1 + \alpha_p + \alpha_\Delta}$$

$$\gamma_u = \frac{M_u}{M_g + M_p} \geq \gamma_{pot}$$

Kada je željena tačnost proračuna zadovoljena, na osnovu dobijenog mehaničkog koeficijenta armiranja određuje se koeficijent m ili k i nosivost za jednostruko armiran presek M_{bu} .

Proračun momenta savijanja koji prihvata pritisnuta armatura ΔM_u .

Ukoliko su poznate presečne sile u poprečnom preseku, moguće je proračunati koeficijente sigurnosti.

