

Zadatak

Betonsku kocku mase 600 kg je potrebno okačiti za armirano-betonsku gredu sa jednom ravnom šipkom (bez kuke) podjednako usidrenom i ugredu i u kocku.

Odrediti koliki je potreban prečnik te šipke, \emptyset , i kolika je dužina sidrenja, $l_{b,rqd}$, za usvojenu armaturu tako da se nosivost i sidrenje osiguraju koeficijentom sigurnosti 10.

Kocka i greda su napravljene od istog betona, kvaliteta klase C30/37.

Izrada:

Ulazni podaci:

$$G = 600 \cdot g / 100 = 6 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{C30/37} \quad f_{ck} &= 30 \text{ MPa} \\ f_{ctm} &= 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.9 \text{ MPa} \\ f_{ctk} &= 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Kako je proračunska nosivost šipke ograničena sa naponom koji odgovara karakterističnoj čvrstoći betona na zatezanje $f_{yd} = f_{yk} / 1.15 = 43.5 \text{ kN/cm}^2$, potrebni prečnik šipke će se dobiti iz jednačine:

$$\emptyset = \sqrt{\frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \cdot \frac{4}{\pi}} = \sqrt{\frac{60}{43.5} \cdot \frac{4}{3.14}} = 1.325 \text{ cm} \quad \text{usvaja se } \emptyset 14$$

Iz izjednačavanja sile u armaturi na početku sidrenja i sile koja treba da se formira djelovanjem napona prijanjanja po površini šipke u betonu dobije se potrebna dužina sidrenja:

$$l_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

Kao što se vidi dužina sidrenja zavisi od napona u armaturi. Kako je potrebna količina armature koju sidrimo dobijena na osnovu sile zatezanja koja se u toj armaturi javlja, maksimalni napon koji će se u proračunskim situacijama javiti je f_{yd} , tako da će se zamjenom $\sigma_{sd} = f_{yd}$, u prethodnoj formuli dobiti najveća dužina sidrenja.

Ukoliko na neki način smanjimo napon u armaturi koju sidrimo, npr. *usvajanjem veće količine armature od računski potrebne*, proporcionalno možemo smanjiti dužinu sidrenja.

Napon u armaturi u primjeru iznosi:

$$\sigma_{sd} = \frac{4 \cdot N_{Ed}}{\emptyset^2 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot 60}{1.4^2 \cdot 3.14} = 39.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < f_{yd} = 43.5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Osim napona u armaturi, za određivanje dužine sidrenja armature potrebno je poznavati **napone prijanjanja** betona i armature. Kako se prilikom građenja koristi armatura uglavnom kvaliteta B500, i rebrasta je, naponi prijanjanja su prema EN1992.-1.1. definisani prema formuli.

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

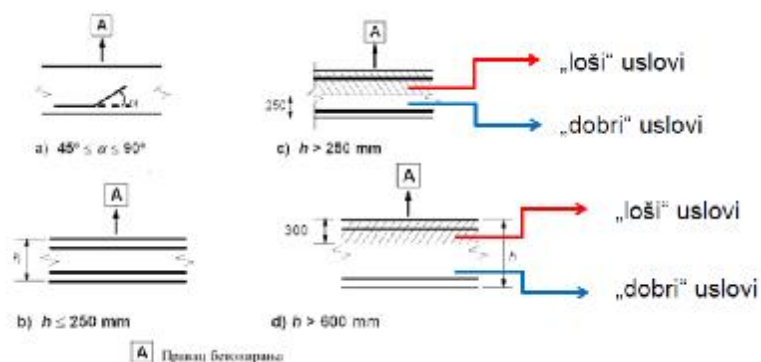
f_{ctd} - proračunska vrijednost čvrstoće betona pri zatezanju

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_{m,c} = 2 / 1.5 = 1.33 \text{ MPa} \quad (\text{iz tablica se očitava } f_{ctk,0.05})$$

$\gamma_{m,c} = 1.5$ za *trajna* opterećenja (stalno, korisno, snijeg, vjetar, seizmika...)

$\gamma_{m,c} = 1.2$ za *incidentna* opterećenja (eksplozije, udari vozila u objekte...)

Koeficijent η_1 zavisi od uslova prijanjanja betona tj. položaja armature prilikom betoniranja, i iznosi 1.0 za dobre uslove i 0.7 za loše. *Dobri* i *loši* uslovi su definisani na skicama ispod.



* Obratiti pažnju da je u zvaničnom izdanju Pravilnika EN1992-1-1:2004 - Evrokod 2: Proračun betonskih konstrukcija Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade, napravljena greška u skici te su nešrafiranom zonom označeni **dobri** uslovi. Za određivanje uslova prijonjivosti koristiti skicu iznad.

Loši uslovi prijanjanja se mogu javiti usljed efekta „vješanja“ betona u toku početka vezivanja u gornjoj zoni poprečnog presjeka, kao što je prikazano na skici ispod.

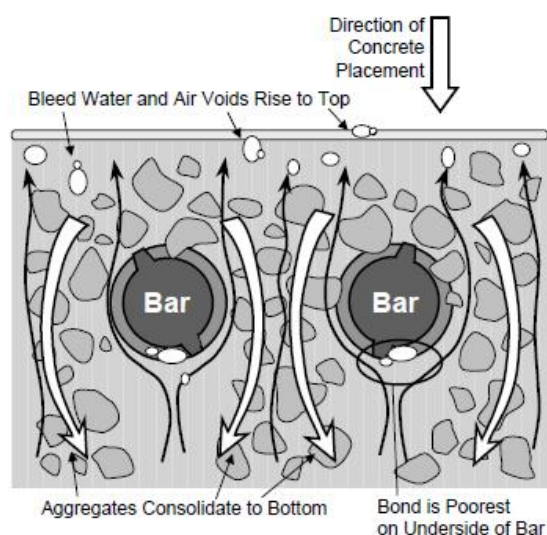


Figure 2-14: Top cast bar effect

U našem primjeru armatura je postavljena u pravcu betoniranja te su uslovi prijanjanja **dobri**.

Koeficijent η_2 zavisi od prečnika armature i iznosi:

$$\eta_2 = 1.0 \text{ za } \emptyset \leq \emptyset 32$$

$$\eta_2 = (132 - \emptyset) / 100 \text{ za } \emptyset > \emptyset 32$$

U našem primjeru $\eta_2 = 1.0$.

Pa se dobije proračunska vrijednost napona prijanjanja:

$$f_{bd} = 2.25 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.33 = 3.00 \text{ MPa} = 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Te, konačno, iz svega gore rečenog dobije se potrebna dužina sidrenja:

$$l_{bd,rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{1.4}{4} \cdot \frac{39.0}{0.3} = 45.5 \text{ cm}$$

*Zbog specifičnosti zadatka prikazani proračun je pojednostavljena verzija proračuna sidrenja armature. Detaljniji proračun podrazumijeva uzimanje u obzir uticaj oblika armature, zaštitnog sloja betona do armature, uticaja poprečne armature, itd.