

U prehodnom odeljku ploča POS 1 je dimenzionisana. Usvojena je debljina 24 cm, armatura u donjoj zoni (merodavni presek) RØ16/10, podeona RØ10/25. Izvršena je kontrola prslina i deformacija i dati odgovarajući računski dokazi. Dakle, ploča je korektno dimenzionisana i u odnosu na granično stanje nosivosti i granična stanja upotrebljivosti.

Potrebno je nacrtati plan oplata i plan armature za nosač. Dati su u prilogu. Ali je, barem kad je plan armature u pitanju, potrebno dati neke komentare. Odnosno odgovoriti na neka (nepostavljena) pitanja.

1. Zašto su korišćene dve pozicije glavne armature?

U vezi sa odredbama članova 168. i 209. Pravilnika BAB 87.

Član 168. je pominjan kod grednih nosača, i traži da se kod ploča preko krajnjeg, slobodnog oslonca (ovde se odnosi na oba oslonca, grede POS 2), prevede NAJMANJE POLOVINA armature iz polja (dakle, donja zona).

Sidrenje ove armature se sprovodi uzimajući u obzir drugi stav ovog člana, za slučaj **INDIREKTOG** oslanjanja (greda je deformabilna). Slučaj "direktnog oslanjanja" u duhu ovog člana bilo bi oslanjanje grede na stub, odnosno ploče na armiranobetonski zid.

Član 209. predviđa da se na krajnjim slobodnim osloncima ploča povije i prevede u gornju zonu najmanje **TREĆINA DO POLOVINA** glavne armature.

Dakle, usvojeno rešenje je u saglasnosti sa odredbama oba člana.

2. Izvinjavam se, to baš nije odgovor na prethodno pitanje...

Moguće... Mogla se koristiti i samo jedna pozicija armature, označena brojem 1. Ta šipka je prevedena preko oslonca i adekvatno usidrena, a takođe može da prihvati "negativne" momente savijanja (član 209, slika 52, "alternativa") - zadovoljava odredbe OBA pomenuta člana pravilnika, pa stoga može predstavljati POLOVINU ukupne armature. Druga polovina armature mora prihvatiti samo momente savijanja u najopterećenijem preseku u polju.

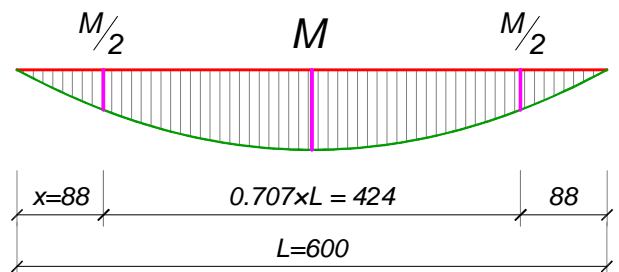
3. S tim u vezi, da li je šipka označena sa 2 mogla biti kraća?

Naravno. Princip vođenja armature duž nosača je potpuno isti kao i u slučaju grednog nosača. Konstruišu se linija zatežućih sila i pomeri za odgovarajuću vrednost v , u odgovarajućoj razmeri konstruiše nosivost usvojene armature i "lako" se dolazi do statički potrebne dužine šipke. Na to je potrebno dodati dužinu sidrenja na oba kraja i problem rešen. Uostalom, izloženo i provežbano u okviru predmeta Teorija betonskih konstrukcija.

4. Šalite se?

Ni slučajno. Ali nije ni sve tako komplikovano kako na prvi pogled izgleda.

Armatura se sastoji od dva tipa profila. Dakle, potrebno je PROCENITI ili tačno odrediti gde moment savijanja ploče padne na polovinu. Ovo drugo je moguće, bez mnogo napora, za jednostavne nosače i opterećenja. Što je i ovde slučaj. **Prosta greda, jednako raspodeljeno opterećenje** - moment se smanji na polovinu na



$$x = \frac{L}{2} \times \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 0.146 \times L = 88 \text{ cm, mereno od oslonca.}$$

Pomeranje linije zatežućih sila se sprovodi radi grafičkog uzimanja u obzir dodatne zategnute armature, potrebne za prihvatanje uticaja transverzalnih sila. S obzirom da kod ploča nije potrebno vršiti osiguranje od glavnih napona zatezanja, nije izvršeno ni odgovarajuće pomeranje za veličinu $v = 0.75 h$ (mada se, zbog male statičke visine, radi o maloj vrednosti)¹.

Konačno, potrebno je dodati i dužinu sidrenja.

U smislu člana 149, koji se bavi sidrenjem armature, sva horizontalna armatura u ploči je u uslovima LOŠE adhezije, jer je od gornje slobodne ivice pri betoniranju udaljena manje od 30 cm (ploča je tanja od 30 cm)². Za usvojeni kvalitet materijala (MB 30 i RA 400/500) i lošu adheziju sledi:

$$L_{s2} = \frac{\varnothing \times 400}{4 \times \left(\frac{2}{3} \times 1.75 \right) \times 1.8} = 47.6 \times \varnothing = 47.6 \times 1.6 = 76 \text{ cm}$$

što konačno definiše fizički potrebnu dužinu šipke kao:

$$L_g = L_{stat} + 2 \times L_s = 424 + 2 \times 76 = 576 \text{ cm}$$

Akrobatika sa EFEKTIVNOM dužinom sidrenja (član 150. BAB) može dati rezultat samo ako je usvojena znatno veća količina armature od računski potrebne (konkretno, radi zadovoljenja graničnog stanja deformacija).

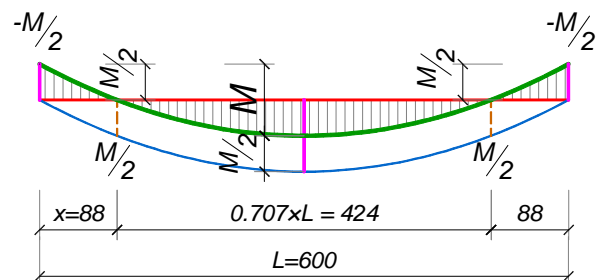
Dakle, šipka označena brojem 2 je mogla biti 50 cm kraća. Za slučaj JEDNAKO RASPODELJENOG opterećenja. U ostalim slučajevima potrebno je izvršiti sličnu proveru³.

5. Kako je određena dužina šipke br.1 u gornjoj zoni? Kao L/4 ili...?

Deo šipke br.1 u gornjoj zoni je JEDINA armatura koja prihvata "negativne" momente savijanja (posledica elastičnog uklještenja ploče u ivičnu gredu ili armiranobetonski zid). Dakle, šipka mora biti toliko dugačka da prihvati negativne momente do nulte tačke dijagrama (pomeranje za veličinu $v=0,75xh$ i dalje ignorišemo) i da se obezbedi dovoljna dužina sidrenja (ovog puta, L_{s1} koje odgovara dobroj adheziji, zbog vertikalnog dela šipke dužine 20 cm na njenom kraju).

6. Koliki su zapravo negativni momenti koji se mogu javiti u zoni slobodnog oslonca?

Polovina (ili trećina) momenta iz polja - koliko smo armature preveli iz donje u gornju zonu. Na prostoj gredi mogući dijagram momenata, vodeći računa o momentima elastičnog uklještenja, prikazan je na skici desno. Dakle, "negativni" momenti savijanja se mogu javiti samo na dužini $x=0.146 \times L=88$ cm mereno od ose nosača. Dodavanjem dužine



¹ Ovo je u suprotnosti sa odredbom prvog stava člana 167. BAB, koji kaže da veličina pomerene linije v iznosi $0,75 h$ i u slučaju kada za glavne napone zatezanja nije potrebno osiguranje armaturom

² Član 149. BAB doduše kaže u nabrojanju drugog stava da su u uslovima dobre adhezije "profili koji se nalaze u DONJOJ POLOVINI preseka elementa" ali se odmah u nastavku eksplicitno navodi pomenutih 30 cm udaljenosti od gornje, slobodne ivice elementa. Očito je da se član prvenstveno odnosi na gredne nosače

³ Iz praktičnih razloga, bez posebnog računskog dokaza, mogla je biti usvojena dužina šipke br.2 od 6.0 m, kao polovina cele šipke, dužine 12 m

sidrenja

$$L_{s1} = \frac{\varnothing \times 400}{4 \times 1.75 \times 1.8} = 31.7 \times \varnothing = 31.7 \times 1.6 = 51 \text{ cm}$$

što konačno definiše fizički potrebnu dužinu šipke.

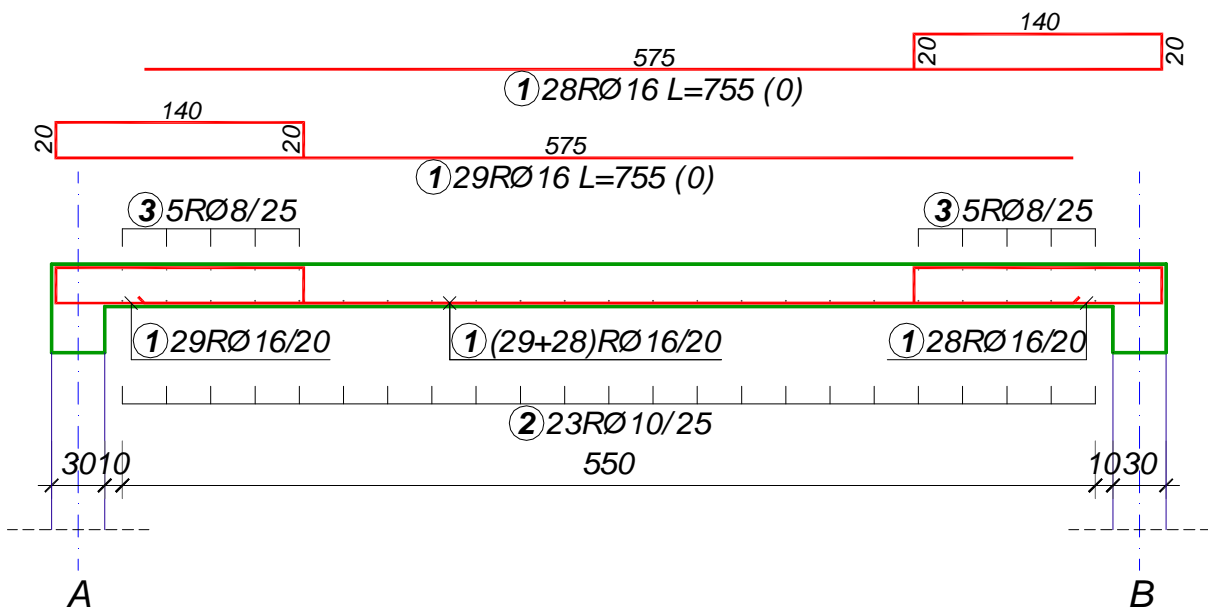
Statički potrebna dužina šipke od $0.146 \times L$ (odnosno približno $0.15 \times L$) je ujedno i maksimalna dužina koja se može javiti u oslonačkoj zoni. Ukoliko ploča nije sistema proste nego kontinualne grede, ova se dužina smanjuje na približno $0.1 \times L$, što neće biti predmet daljih razmatranja.

Dakle, dužina šipke u gornjoj zoni je UVEK jednaka statički potrebnoj dužini (dužini zone u kojoj se javljaju "negativni momenti") uvećanoj za odgovarajuću dužinu sidrenja.

7. Da li primenjeno rešenje ima i neku lošu stranu?

Naravno. Jedna od njih je što je šipka br.1 savijena na oba kraja na način koji ne trpi (znatnija) odstupanja. A ISPRAVNA gabaritna dimenzija ove šipke, koja ne trpi odstupanja, je 625 cm (osno $\text{rastojanje} + 2 \times b/2 - 2 \times a_0 = 600 + 2 \times 30/2 - 2 \times 2.5 = 625 \text{ cm}$).

Greška može da nastane krivicom projektanta (nedovoljna pažnja pri izradi detalja armature), krivicom izvođača - odstupanjem oplata od projektovanog položaja, odsustvom koordinacije - usled izmena u projektu koje nisu ažurirane, nedovoljno detaljnim podlogama (geodetskim snimcima) i odstupanjem stvarnog stanja od projektovanog....Ne tražimo krivce - tražimo rešenja! Ovako oblikovana armatura koja je prekratka ili preduga mora se seći i prepraviti, delimično i baciti. To se odnosi na SVE šipke koje su savijene na oba kraja. Na sledećoj skici je predlog kako da se to izbegne.



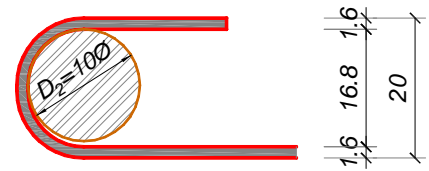
Sve šipke su istog oblika, označene kao pozicija 1. Na jednom kraju su savijene, na drugom slobodne (o dužini ovog, slobodnog kraja ranije je bilo reči, tačka 4). Naizmenično se ređaju, tako da je savijeni kraj jednom sa leve, kod sledeće šipke sa desne strane.

8. Još neka loša strana?

Uvek se nađe ponešto....Da li je svaku šipku moguće **saviti** (barem po propisima) na napred opisani način?

Nije, čim postavljam takvo pitanje. Nužno je podsetiti se poluprečnika povijanja armature, definisanih članovima 140 - 147. Pravilnika BAB 87. Da pođemo redom.

Uobičajeni UNUTRAŠNJI prečnik povijanja armature je $15\emptyset$. Osim za KUKKE i UZENGIJE. Prečnik povijanja kod formiranja kuke je $10\emptyset$, a uzengije $5\emptyset$ (razmatra se samo slučaj rebraste armature, koja je gotovo isključivo u upotrebi).



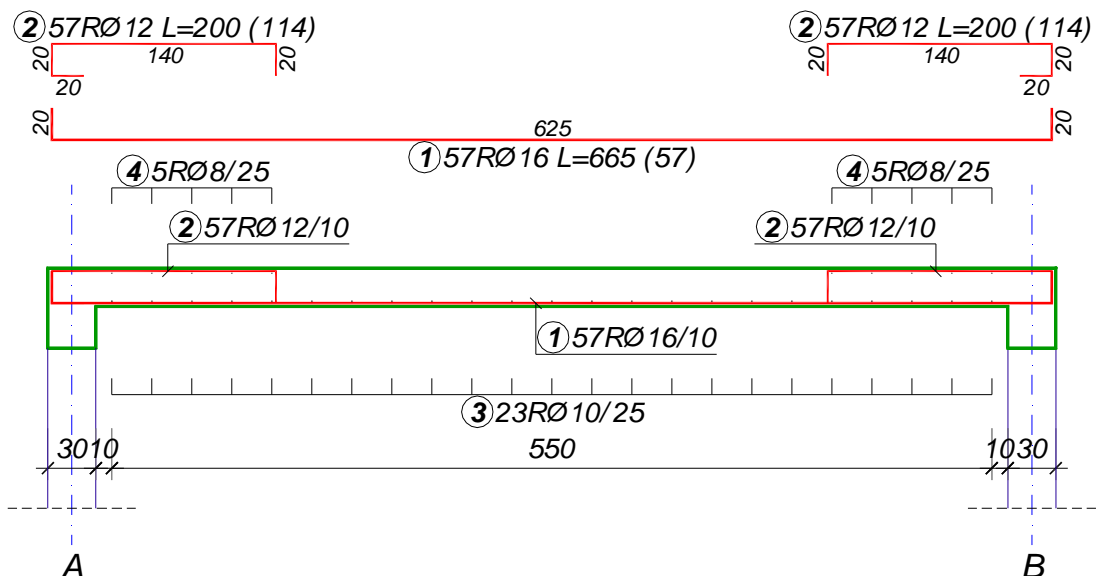
Maksimalni prečnik uzengije je $R\emptyset 12$ (član 140. PBAB). Što se može pročitati i na sledeći način: $\emptyset 12$ je najveći prečnik šipke koji se može saviti oko trna prečnika $5\emptyset$. Sledeći najmanji prečnik povijanja armature je $10\emptyset$. Što se može primeniti na šipke prečnika preko $R\emptyset 12$, odnosno i na predmetnu šipku $R\emptyset 16$.



Dakle, upotrebljena šipka $R\emptyset 16$ se MOŽE oblikovati na predviđeni način, tako da joj je gabaritna⁴ dimenzija 20 cm (skica gore).

9. Šta ako se šipka ne može poviti na ovaj način?

Moguće rešenje je prikazano na sledećoj skici.



Naime, potrebna površina armature u gornjoj zoni, u skladu sa odredbom člana 209, može se dobiti i postavljanjem šipki $\emptyset 12/10$ kao na skici. Nosivost ove armature (u slučaju da se ne koriste čelici istih mehaničkih karakteristika) treba da bude trećina do polovina nosivosti armature iz polja, što je ovde očito zadovoljeno.

$$\frac{100 \times 1.13}{10} = 11.3 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > \frac{1}{2} \times \frac{100 \times 2.01}{10} = 10.05 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

10. Da li je šipka br.2 mogla biti kraća?

Da, ali nije bitno. Naime, dužina sidrenja šipke $\emptyset 12$ iznosi

$$L_{S1}^{\emptyset 12} = 31.7 \times 1.2 = 38 \text{ cm}$$

što treba dodati statički potrebnoj dužini šipke od $0.146 \times L = 88 \text{ cm}$. Ukupna dužina šipke u gornjoj zoni bi se smanjila za, praktično zanemarljivu, razliku dužina sidrenja prvobitno odabrane šipke $\emptyset 16$ i novoprojektovane $\emptyset 12$, što iznosi 13 cm.

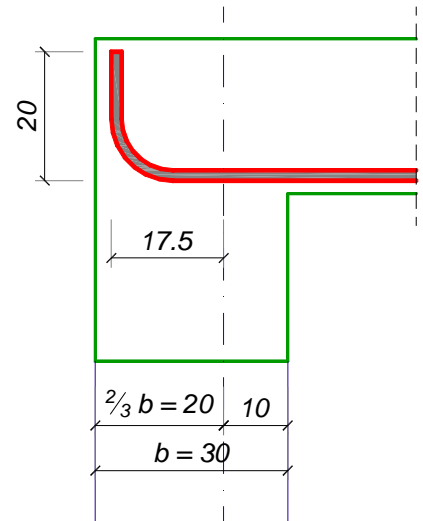
⁴ Gabaritna mera šipke se dobija oduzimanjem dva zaštitna sloja od ukupne debljine ploče

11. Da li je šipka br.1 dovoljno usidrena?

Za slučaj indirektnog oslanjanja ploče na gredu (nepovoljniji slučaj, član 168, stav 2, slika 32b) raspoloživa dužina sidrenja je ukupno 37.5 cm (slika desno). Puna dužina sidrenja za dobru adheziju i šipku $\varnothing 16$ mm je $31.7 \times 1.6 = 51$ cm. Međutim, preko slobodnog oslonca su prevedene i usidrene SVE šipke potrebne za prihvatanje maksimalnog momenta savijanja u polju. Stoga je napon u ovoj armaturi u zoni oslonca drastično manji od maksimalnog, odnosno dužina sidrenja se može u odgovarajućem odnosu smanjiti.

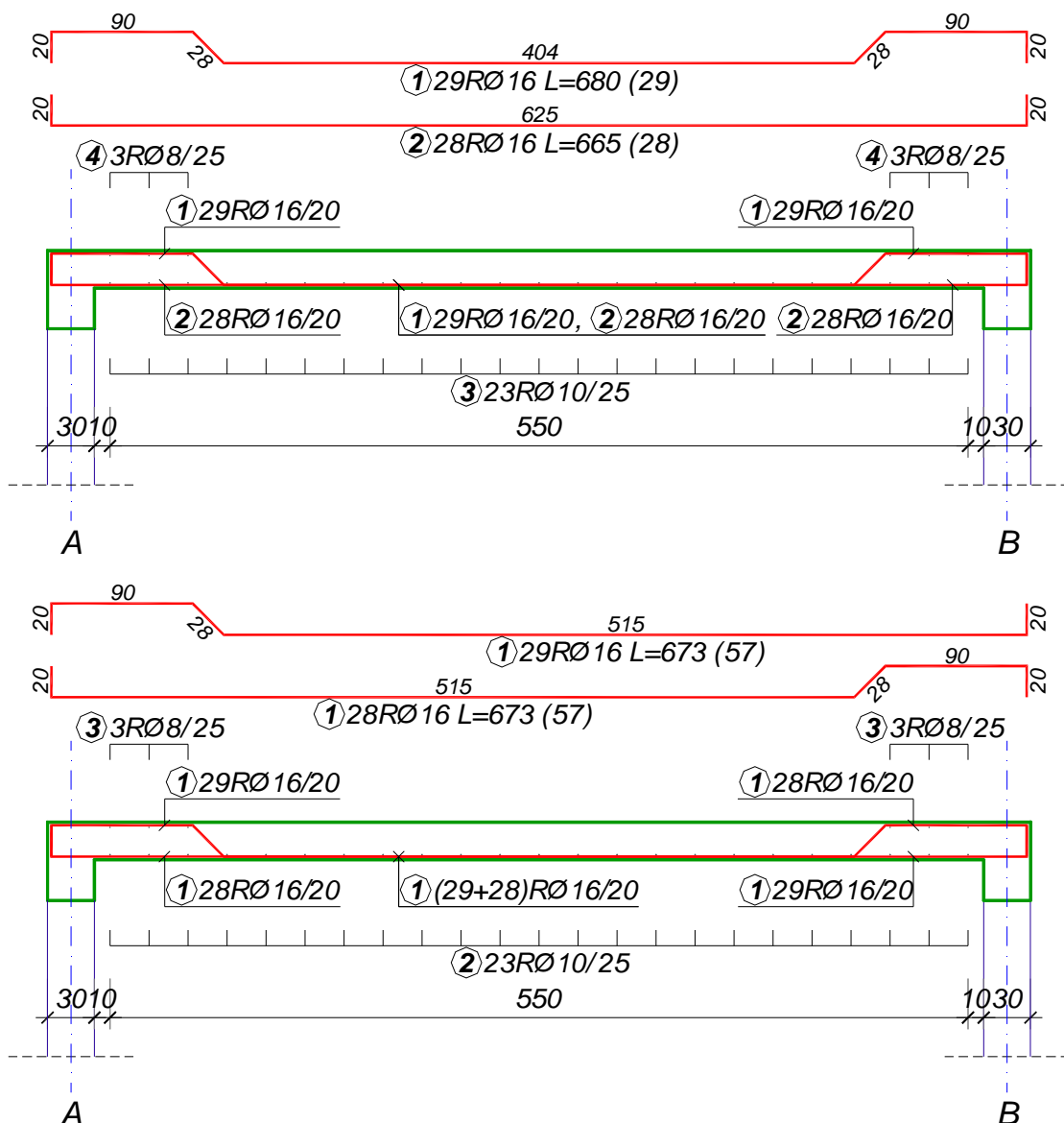
Minimalna efektivna dužina sidrenja, određena članom 150 Pravilnika BAB 87, mora biti veća od polovine pune dužine sidrenja, što je ovde zadovoljeno:

$$37.5 \text{ cm} = L_{s,\min} > L_s / 2 = 51 / 2 = 25.5 \text{ cm}$$



12. Može li se na još neki način oblikovati armatura ploče?

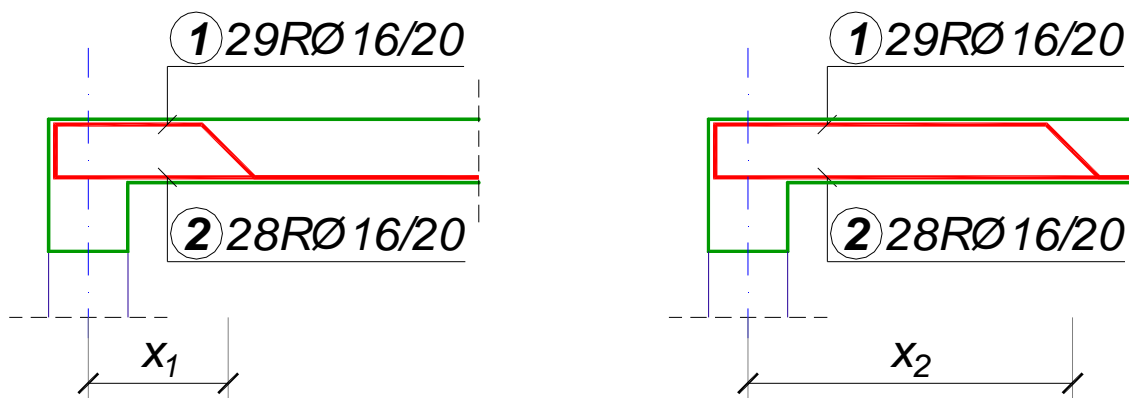
Predložena su sledeća dva rešenja.



Predložena rešenja imaju prednosti i mane.

Dobra strana je što su izvodljiva za praktično sve prečnike armature. Šipke se savijaju oko trna prečnika $15\emptyset$ i nema uzastopnih savijanja na istu stranu, pa nema ograničenja izloženih u tački 8.

Nedostatak je vezan pre svega za određivanje TAČNOG položaja mesta povijanja ("grifovanja") šipke.



Tako je u slučaju levo šipka povijena preblizu osloncu, odnosno veličina x_1 je premala. U donjoj zoni ima dovoljno armature, ali je armatura u gornjoj zoni prekratka, odnosno ne može prihvatiti sve "negativne" momente savijanja. Suprotan slučaj je prikazan na skici desno, gde je šipka povijena predaleko od oslonca (preveliko x_2).

13. Kakve su ono šipke br.5 na planu armature POS 1?

Poslednji put, PAŽLJIVO čitati propise...barem ovih nekoliko članova koji se odnose na ploče, oblikovanje i sidrenje armature.

Član 210, postavljanje armature duž SLOBODNE IVICE ploče.