

PRILOG 1.1

PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA BETON I ARMIRANI BETON

I OPŠTE ODREDBE

1

Ovim pravilnikom propisuju se uslovi i zahtevi koji moraju biti ispunjeni pri projektovanju, izvođenju i održavanju konstrukcija i elemenata od betona i armiranog betona.

Odredbe ovog pravilnika primenjuju se i na specijalne vrste betona i konstrukcija, betona za hidrotehničke konstrukcije, betona za kolovozne konstrukcije i slično, ako nije drukčije propisano.

2

Odredbe ovog pravilnika ne odnose se na konstrukcije i elemente od betona i armiranog betona koji su u eksploataciji izloženi temperaturi višoj od 120°C, na konstrukcije i elemente sa krutim čeličnim profilima, kao i na konstrukcije i elemente od lakog betona.

3

Sigurnost i stabilnost elemenata i konstrukcija od betona u celini može se utvrditi i na osnovu teorijskih ili eksperimentalnih dokaza, zasnovanih na naučnim dostignućima, ako se time obezbeđuje sigurnost utvrđena ovim pravilnikom.

4

Projektna dokumentacija za elemente i konstrukcije od betona i armiranog betona mora da sadrži: tehnički izveštaj, statički proračun, planove za izvođenje, tehničke uslove za izvođenje radova sa postupkom ocene i kontrole kvaliteta i projekat osmatranja i održavanja.

Za složene konstrukcije, projektna dokumentacija iz stava 1. ovog člana mora da sadrži projekat skele, a za montažne konstrukcije - projekat montaže.

Pre spravljanja i ugrađivanja betona u elemente i konstrukcije od betona i armiranog betona mora se izraditi projekat betona.

5

Nize navedene oznake, u smislu ovog pravilnika, imaju sledeće značenje:

1) Velika slova latinicom kao oznake

M moment savijanja

T transversalna sila

N - normalna sila
 S - uticaj
 E - modul elastičnosti
 MB - marka betona
 $\check{C}$ - čelik
 A - površina preseka
 O - obim poprečnog preseka
 D - prečnik
 B - beton
 J - moment inercije

2) Mala slova latinicom kao oznake

a - odstojanje težišta zategnute armature od ivice preseka
 a' - odstojanje težišta pritiskute armature od ivice preseka
 a_o - najmanji zaštitni sloj betona do armature
 b - manja strana pravougaonog preseka
 d - ukupna visina preseka, debljina ploče
 e - ekscentricitet, oznaka za elastičnu deformaciju
 e_u - razmak uzengija
 f - čvrstoća
 f_{ak} - karakteristična čvrstoća čelika pri kidanju
 f_{bk} - karakteristična čvrstoća betona pri pritisku
 f_{bz} - čvrstoća betona pri zatezanju
 f_B - računski čvrstoća betona
 f_k - čvrstoća kocke
 f_{bc} - čvrstoća cilindra
 g - stalno opterećenje
 h - statička visina preseka
 i - poluprečnik inercije
 l - dužina
 l_i - dužina izvijanja
 p - korisno podeljeno opterećenje
 s_n - procenjena standardna devijacija
 v - deformacija-ugib
 z - krak unutrašnjih sila
 x - odstojanje neutralne linije od krajnje pritiskute ivice preseka

3) Grčka slova kao oznake

α - ugao, koeficijent termičke dilatacije
 γ_{ui} - parcijalni koeficijent sigurnosti
 δ - izduženje pri kidanju
 ε - dilatacija
 ε_a - dilatacija čelika
 ε_b - dilatacija betona
 λ_i - vitkost

μ - koeficijent armiranja
 $\bar{\mu}$ - mehanički koeficijent armiranja
 σ - normalni napon; standardna devijacija
 τ - smičući napon
 ν - Poasonov koeficijent
 χ - koeficijent starenja

4) Slova kao indeksi

T - oznaka za uticaj torzije; oznaka za uticaj od temperature
 a - oznaka za armaturu
 b - oznaka za beton
 g - oznaka za stalno opterećenje
 i - izvijanje, idealni (npr. A_{bi} - idealni betonski presek)
 k - oznaka za kocku
 z - oznaka za uzorak ispitan na zatezanje
 s - oznaka za skupljanje
 t - oznaka za vreme, oznaka za tečenje betona
 v - oznaka za granicu tečenja (razvlačenja) čelika pri zatezanju
 q - oznaka za granicu tečenja (gnječenja) čelika pri pritisku
 u - oznaka za granični uticaj (na primer M_u, N_u)

II MATERIJALI

1. AGREGAT (GRANULAT)

6

Za spravljanje betona upotrebljava se agregat koji ispunjava uslove kvaliteta prema propisima o jugoslovenskim standardima JUS B.B3.100 i JUS B.B2.010.

Projektom betona može se predvideti upotreba agregata, koji osim uslova iz stava 1. ovog člana, mora da ispunjava i posebne uslove.

Prirodni, neseparisani agregat može se upotrebiti samo za nearmirani beton, do najviše MB 15, za ispune, slojeve izravnjanja i sl.

7

Granulometrijski sastav mešavine agregata mora biti takav da osigurava dovoljnu obradljivost i zbijenost betona.

8

Granulometrijski sastav mešavine agregata utvrđuje se ispitivanjem i zavisi od propisanih uslova kvaliteta, načina i uslova transporta i ugrađivanja betona, kao i od drugih činilaca koji mogu uticati na kvalitet betona.

Granulometrijski sastav mešavine agregata utvrđen na način iz stava 1. ovog člana ne sme se menjati bez odgovarajućih dopunskih ispitivanja.

9

Izuzetno, granulometrijski sastav mešavine agregata može se odabrati prema propisima o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.057 i upotrebiti za beton kategorije B.I bez prethodnih ispitivanja, s tim da najkrupnija frakcija agregata bude veličine od 16 do 32 mm.

10

Veličina najvećeg zrna agregata ne sme biti veća od jedne četvrtine najmanje dimenzije preseka betonskog elementa (kod ploča - od jedne trećine debljine ploče), niti veća od 1,25 najmanjeg čistog horizontalnog razmaka profila armature.

2. CEMENT

11

Za spravljanje betona upotrebljava se cement koji ispunjava uslove kvaliteta utvrđene propisima o jugoslovenskim standardima JUS B.C1.009, JUS B.C1.011, JUS B.C1.013 i JUS B.C1.014.

U projektu konstrukcije od betona i armiranog betona može se predvideti upotreba specijalnog cementa koji, osim uslova iz stava 1. ovog člana, mora ispunjavati i uslove predviđene projektom konstrukcije.

Portland-cement, sa dodatkom prirodnog pucolana većim od 15%, može se upotrebiti samo za izvođenje konstrukcije, odnosno delova konstrukcija od betona i armiranog betona koje su stalno u vodi ili u tlu. Izuzetno, taj cement se može upotrebiti i za druge konstrukcije od betona i armiranog betona ako se prethodnim ispitivanjem betona dokaže da takav beton ispunjava uslove kvaliteta pripisane ovim pravilnikom.

3. VODA

12

Za spravljanje betona upotrebljava se voda koja ispunjava uslove utvrđene propisom o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.058.

Izuzetno od odredbe stava 1. ovog člana, obična voda za piće može se upotrebiti i bez dokaza o njenoj podobnosti za spravljanje betona.

Morska voda se sme upotrebiti samo za spravljanje betona za nearmirane konstrukcije.

13

Upotrebljivost vode za spravljanje nearmiranog betona može se proveriti uporednim ispitivanjem vremena vezivanja i čvrstoće pri pritisku na uzorcima pripremljenim sa odgovarajućom vodom i destilisanom vodom, pri čemu razlike početka ili završetka vezivanja ne smeju biti veće od 30 min, a razlike čvrstoće pri pritisku ne smeju biti veće od 10%.

4. DODACI BETONU

14

Za spravljanje betona upotrebljavaju se dodaci betonu koji ispunjavaju uslove kvaliteta prema propisima o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.035.

15

Pre spravljanja betona sa upotrebom dodataka betonu mora se proveriti da li dodatak betonu odgovara projektovanoj betonskoj mešavini, prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.037.

5. BETON

a) KLASIFIKACIJA BETONA

16

Kvalitet betona određuje se projektom konstrukcije, na osnovu tehničkih uslova za izvođenje betonskih radova, kao i uslova za tu konstrukciju i elemente u toku eksploatacije.

Projektom konstrukcije od armiranog i nearmiranog betona, zavisno od statičkih, eksploatacionih, tehnoloških i drugih uslova, određuju se potrebna marka betona (MB) i druga svojstva betona koja uslovljavaju trajnost konstrukcije.

U projektnoj dokumentaciji mora se naznačiti klasa betona (za datu konstrukciju ili elemenat) koja obuhvata ili samo marku betona (MB) ili marku betona (MB) i druga svojstva betona propisana u članu 19. ovog pravilnika.

Vrsta betona, prema odredbama ovog pravilnika, jeste beton jedne klase ali drugog sastava.

17

Čvrstoća betona pri pritisku ispituje se, prema propisima o jugoslovenskim standardima JUS U.M1.005 i JUS U.M1.020, na kockama ivice 20 cm koje su čuvane u vodi ili u najmanje 95%-noj relativnoj vlazi, pri temperaturi $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Karakteristična čvrstoća pri pritisku je vrednost ispod koje se može očekivati najviše 10% svih čvrstoća pri pritisku ispitivanog betona (10%-ni fraktil).

Marka betona (MB) jeste normirana čvrstoća pri pritisku u MPa, koja se zasniva na karakterističnoj čvrstoći pri starosti betona od 28 dana.

U projektu konstrukcije može se odrediti karakteristična čvrstoća betona pri pritisku, pri starosti koja je veća ili manja od 28 dana.

18

Za konstrukcije i elemente od betona upotrebljavaju se marke betona (MB) 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60.

Za armirani beton ne sme se upotrebiti marka betona niža od MB 15.

19

Svojstva koja mora imati beton u posebnim uslovima sredine ispituju se i ocenjuju prema sledećim propisima o jugoslovenskim standardima:

- vodonepropustljivost - prema JUS U.M1.015;
- otpornost na habanje - prema JUS B.B8.015;
- otpornost na mraz - prema JUS U.M1.016;
- otpornost na mraz i soli - prema JUS.U.M1.055.

20

Čvrstoća betona pri pritisku može se ispitati i na probnim telima drugih dimenzija i oblika koja se razlikuju od kocke ivica 20 cm, i ona se preračunava prema tabeli 1 na čvrstoću kocke ivice 20 cm.

Tabela 1. Odnosi čvrstoće pri pritisku normne kocke ivice 20 cm i betonskih tela drugih dimenzija i oblika

Oblik ispitivanog tela	Dimenzije ispitivanog tela (u cm)	Odnos čvrstoće pri pritisku kocke ivica 20 cm i ispitivanog tela
Kocka	10 · 10 · 10	0,90
	15 · 15 · 15	0,95
	20 · 20 · 20	1,00
	30 · 30 · 30	1,08
Valjak	10 · 20	1,17
	15 · 30	1,20
	20 · 40	1,26
	10 · 10	1,02
	15 · 15	1,05
	20 · 20	1,10

21

Betoni se svrstavaju u dve kategorije:

- betoni prve kategorije (B.I) mogu se spravljati bez prethodnih ispitivanja, s tim što se mora upotrebiti količina cementa propisana članom 26. ovog pravilnika. Betoni prve kategorije (B.I) smeju biti MB 10, 15, 20 i 25 i mogu se ugrađivati samo na gradilištu na kome se spravljaju;
- betoni druge kategorije (B.II) su MB 30 i više, kao i betoni sa posebnim svojstvima i transportovani betoni svih marki. Betoni iznad MB 60 su specijalni betoni, koji se mogu upotrebiti samo u posebne svrhe. Betoni druge kategorije (B.II) spravljaju se na osnovu prethodnih ispitivanja u skladu sa članom 28. ovog pravilnika.

22

Svojstva svežeg betona izražavaju se njegovom obradljivošću. Konzistencija betona je mera obradljivosti, a razlikuje se kruta, slabo plastična, plastična i tečna (žitka).

Konzistencija betona može se meriti pomoću:

- Vebe-aparata, prema standardu JUS.U.M8.054;
- sleganja, prema standardu JUS U.M8.050;
- rasprostiranja, prema standardu JUS U.M8.052;
- sleganja vibriranjem, prema standardu JUS U.M8.056.

Mere konzistencije sveže betonske mase date su u tabeli 2.

Tabela 2. Mere konzistencije sveže betonske mase

Opis (granice) konzistencije	Mere konzistencije			
	VEBE (u stepenima)	Sleganje (u cm)	Rasprostiranje (u cm)	Mera sleganja vibriranjem
Kruta	više od 11	0	-	više od 1,25
Slabo plastična	5 - 10	2 - 5	do 40	1,11 - 1,24
Plastična	2 - 4	6 - 10	40 - 50	1,04 - 1,10
Tečna (žitka)	manje od 1	11 - 18	50 - 65	do 1,03

b) SASTAV BETONA

23

U projektu betona, količina sastojaka betonske mešavine (agregat, cement, voda i dodaci) izračunava se u masama i apsolutnim zapreminama, a konačni sastav betona - u kilogramima.

24

Konzistencija betona odabira se tako da se raspoloživim sredstvima za ugrađivanje omogućava dobro zbijanje betona, što lakše ugrađivanje bez pojave segregacije i dobra završna obrada površine.

25

Usvojeni sastav betona može se menjati samo na osnovu statistički obrađenih podataka kontrolnih ispitivanja betona.

Beton B.I

26

Najmanja količina cementa klase 35 za betone kategorije B.I svih konzistencija osim žitke, s najkrupnijom frakcijom 16 do 32 mm, ne sme biti manja od količine date u tabeli 3.

Tabela 3. Najmanja količina cementa klase 35 za betone B.I

MB	Najmanja količina cementa klase 35 za betone B.I (u kg/m ³)
10	220
15	260
20	300
25	350

Za cement klase 45 količina cementa data u tabeli 3 može se smanjiti za 10%, a za cement klase 25 data količina cementa mora se povećati za 10%.

Količina cementa, u odnosu na količine cementa navedene u tabeli 3, mora se povećati za:

- 10% - ako je najkrupnija frakcija 8 do 16 mm u mešavini;
- 20% - ako je najkrupnija frakcija 4 do 8 mm u mešavini;
- 10% - ako se ugrađuje beton tečne (žitke) konzistencije.

27

Za sastav betona kategorije B.I može se primeniti i postupak određivanja sastava betona kategorije B.II određen u članu 29. ovog pravilnika.

Beton B.II

28

Sastav betona kategorije B.II određuje se na osnovu prethodnih ispitivanja svežeg i očvrslog betona spravljenog od predviđenih materijala za predviđene uslove građenja i namenu konstrukcije.

Za prethodna ispitivanja mogu se pripremiti mešavine u laboratoriji ili u fabrici betona. Ako su prethodna ispitivanja obavljena u laboratoriji, odabrani sastav mešavine mora se ponovo ispitati u fabrici betona.

29

Kriterijumi za izbor sastava betona utvrđuju se postupcima tehničke statistike, određivanjem gornje i donje granice karakterističnih vrednosti projektovanih svojstava svežeg i očvrslog betona. Pri tom treba uzeti u obzir rasipanje rezultata ispitivanja u proizvodnji.

Ako se ne raspolaze statističkim podacima rasipanja rezultata u proizvodnji, vrednosti rezultata prethodnih ispitivanja zahtevanih svojstava moraju se, u odnosu na projektovana svojstva, nalaziti u granicama navedenim u tabeli 4.

Tabela 4. Vrednosti rezultata prethodnih ispitivanja u odnosu na projektovana svojstva betona

Srednja čvrstoća pri pritisku	$f_{km} \geq MB_{pr} + 8,0$ (u MPa)
Vodonepropustljivost	$V_{min} \geq V_{pr} + 2$
Habanje	$H_{max} \leq H_{pr}$
Otpornost na mraz	$M_{min} \geq M_{pr} + 50$ cikl.
Otpornost na mraz i soli	$MS_{min} \geq MS_{pr} + 5$ cikl.
Otpornost na hemijske agresije	$OK_{min} \geq OK_{pr}$

30

Ukupna količina cementa i zrna agregata manjih od 0,25 mm za beton kategorije B.II ne može biti manja od vrednosti prikazanih u tabeli 5.

Tabela 5. Količina cementa i zrna agregata manjih od 0,25 mm

Najveća frakcija agregata (u mm)	Najmanja ukupna količina cementa i čestica manjih od 0,25 mm u kg/m ³ betona
4 - 8	500
8 - 16	425
16 - 32	350
32 - 63	300

31

Ako je beton izložen delovanju agresivne sredine radi osiguranja trajnosti u takvim sredinama, pri utvrđivanju sastava betona, kao i pri njegovom ugrađivanju i negovanju, moraju se preduzeti odgovarajuće mere.

32

Betoni izloženi delovanju mraza ili mraza i soli moraju se štititi aeriranjem. Količina uvučenog vazduha mora odgovarati vrednostima navedenim u tabeli 6.

Tabela 6. Količina uvučenog vazduha

Najveća frakcija agregata (u mm)	Sadržaj pora (u %)
32 - 63	2 - 3
16 - 32	3 - 5
8 - 16	5 - 7
4 - 8	7 - 10

Količina uvučenog vazduha ispituje se prema jugoslovenskom standardu JUS U.M1.031.

33

Ukupna količina hlora u armiranom betonu, u odnosu na količinu cementa, ne sme biti veća od 0,4%.

Količina hlora u betonu sastoji se od zbira hlora u cementu, dodacima i vodi. Ispitivanje se obavlja prema jugoslovenskim standardima JUS B.C8.020, JUS U.M1.039 i JUS U.M1.058.

34

Kontrola kvaliteta sastoji se od kontrole proizvodnje i kontrole saglasnosti sa uslovima projekta konstrukcije i projekta betona.

35

Za beton kategorije B.I obavezna je kontrola saglasnosti sa uslovima kvaliteta na mestu ugrađivanja i kontrola najmanje količine cementa određene u tabeli 3.

Za beton kategorije B.II obavezna je kontrola proizvodnje betona i kontrola saglasnosti sa uslovima kvaliteta na mestu ugrađivanja.

36

Kontrolu proizvodnje vrše: proizvođač betona - do vremena predaje betona izvođaču betonskih radova i izvođač betonskih radova - od vremena preuzimanja betona do završetka negovanja ugrađenog betona.

Proizvođač mora kontrolisati svaku vrstu betona kategorije B.II proizvedenog u fabrici betona čija proizvodnja zadovoljava uslove utvrđene u propisima o jugoslovenskim standardima JUS U.M1.050, JUS U.M1.051 i JUS U.M1.052.

Kontrolom kvaliteta betona, saglasno uslovima projekta konstrukcije, proverava se da li su za određenu partiju betona postignuta projektom propisana marka betona i druga zahtevana svojstva. Posle toga se odlučuje da li se ta partija betona prima ili odbija po prethodno usvojenom kriterijumu za preuzimanje.

37

Partija betona je količina iste klase i vrste betona koja se priprema i ugrađuje pod jednakim uslovima, a odnosi se na betone ugrađene u iste konstruktivne elemente ili u više različitih konstruktivnih elemenata na objektu ili na količinu betona ugrađenog u elemente objekta u određenom periodu. Veličina partije zavisi od ukupne količine betone iste vrste, od propisane učestalosti uzimanja uzoraka, od uslova pripremanja i ugrađivanja betona i od predviđenog trajanja betonskih radova.

Veličina partije betona i broj slučajnih uzoraka uzetih u toj partiji određuju se projektom konstrukcije, odnosno programom kontrole betona, pri čemu jedna partija ne sme da se odnosi na period proizvodnje betona duži od mesec dana.

Broj uzoraka koji se odnosi na jednu partiju betona ne sme biti veći od 30.

v) KONTROLA PROIZVODNJE BETONA

38

Prilikom prijema svake pošiljke sastojaka za beton, proizvođač betona dužan je da vizuelno pregleda materijal i da evidentira dokumentaciju o prijemu materijala.

39

Sastojke betona ispituje proizvođač.

Granulometrijski sastav agregata betona ispituje se najmanje jedanput nedeljno, prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS B.B8.029.

Sadržaj prašinastih i glinovitih čestica agregata betona ispituje se najmanje jedanput nedeljno, prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS B.B8.036.

Vlažnost agregata betona ispituje se najmanje jedanput nedeljno i prilikom svake uočljive promene, prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS B.B8.035.

Uzorci za ispitivanje frakcija agregata betona uzimaju se po završetku transportnih operacija.

Programom ispitivanja frakcija agregata mogu se predvideti veća učestalost i širi obim ispitivanja agregata betona.

Standardna konzistencija, početak i kraj vezivanja i stalnost zapremine cementa ispituju se prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS B.C8.023.

Uzorci cementa se ispituju prilikom svake dnevne isporuke cementa iste klase ili vrste ili ako je cement odležao više od tri meseca.

Jedno ispitivanje može se obaviti na najviše 250 t dopremljenog, odnosno upotrebljenog cementa.

Pri ispitivanju cementa proizvođač mora da odvoji poseban uzorak cementa i da ga, prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS B.C1.012, čuva šest meseci, s tim da se u projektu konstrukcije može predvideti čuvanje uzorka cementa do primopredaje objekta.

Ako se ispitivanjem utvrdi da cement ne ispunjava zahteve kvaliteta iz ovog člana, upotreba takvog cementa se obustavlja i vrši se potpuno ispitivanje svih fizičko-mehaničkih i hemijskih svojstava cementa na posebnom uzorku.

Dodaci betonu ispituju se prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.037 za svaku šaržu prilikom dopremanja dodatka betonu na gradilište ili ako je vreme odležavanja dodatka betonu na gradilištu duže od šest meseci.

Rezultati ispitivanja sastojaka betona evidentiraju se u dokumentaciji o ispitivanju.

40

Konzistenciju svežeg betona svake vrste betona proizvođač ispituje na početku proizvodnje betona, u smislu člana 22. ovog pravilnika, pri izradi betonskih tela za ispitivanje svojstava očvrslog betona, prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.020 ili najmanje jedanput u toku radne smene.

Ako je to određeno programom ispitivanja, konzistencija svežeg betona može se dodatno ispitivati na mestu ugrađivanja betona.

Ako je projektom konstrukcije ili programom ispitivanja određeno, količina pora u aeriranom svežem betonu svake vrste betona, ispituje se prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.031, a prilikom betoniranja u posebnim uslovima, temperatura svežeg betona ispituje se prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.032.

41

U proizvodnji betona kategorije B.II proizvođač ispituje čvrstoću pri pritisku na uzorku koji se uzima za svaku vrstu betona, i to svaki dan kad se beton proizvodi ili na svakih 50 m³ proizvedenog betona, odnosno na svakih 75 mešavina, s tim da se uzima slučaj koji daje veći broj uzoraka.

Ako je količina proizvedenog betona u vreme ocenjivanja čvrstoće pri pritisku veća od 2000 m³, uzorci za ispitivanje betona uzimaju se na svakih 100 m³, odnosno na svakih 150 mešavina.

U partiji betona koja se u vreme ocenjivanja proizvodi u količini većoj od 1000 m³ može se izvršiti najviše 30 ispitivanja.

Za svaku vrstu betona koja se u vreme ocenjivanja proizvodi u količini manjoj od 1000 m³ vrši se najmanje 10 ispitivanja.

Rezultati ispitivanja čvrstoće pri pritisku betona ocenjuju se prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.051.

42

Ispitivanje vodonepropustljivosti, otpornosti na dejstvo mraza, habanja i otpornosti na štetne uticaje sredine proizvođač obavlja na način određen projektom betona i prema odgovarajućim propisima o jugoslovenskim standardima.

43

Uzorke betona za kontrolu proizvodnje uzima proizvođač u fabrici betona. Uzorak svežeg betona od koga se izrađuju sva probna tela potrebna za ispitivanja čvrstoće i drugih svojstava betona uzima se iz iste mešavine.

44

Na mestu pražnjenja iz transportnih sredstava, odnosno na mestu ugrađivanja betona izvođač betonskih radova mora evidentirati podatke karakterističnih svojstava betona i vreme trajanja transporta.

Konzistenciju dopremljenog betona koja mora odgovarati konzistenciji određenoj projektom treba kontrolisati vizuelno, meriti i evidentirati po istom postupku kao u fabrici betona, najmanje jednim ispitivanjem u jednoj smeni.

g) OCENA POSTIGNUTE MARKE BETONA PO PARTIJAMA

45

Kvalitet svake vrste betona ocenjuje se odvojeno, na osnovu rezultata ispitivanja.

46

Ocena marke betona (MB) vrši se po partijama, u skladu sa programom kontrole, prema jednom od navedenih kriterijuma:

Kriterijum 1

Ovaj kriterijum primenjuje se ako se raspolaže sa $n \leq 15$ rezultata ispitivanja čvrstoće na 3, 6 i sa više uzastopno uzetih uzoraka. Partije čine grupe od tri uzastopna rezultata ispitivanja (x_1, x_2, x_3):

$$m_3 \geq MB + k_1$$

$$x_1 \geq MB - k_2, \text{ gde je:}$$

$$k_1 = k_2 = 3 \text{ MPa - za uhodanu proizvodnju;}$$

$$k_1 = 4 \text{ MPa i } k_2 = 2 \text{ MPa - za vreme uhodavanja proizvodnje;}$$

$$m_3 - \text{aritmetička sredina od tri uzastopna rezultata ispitivanja, u MPa;}$$

$$x_1 - \text{najmanja vrednost od tri uzastopna rezultata ispitivanja, u MPa.}$$

Kriterijum 2

Ovaj kriterijum primenjuje se na veće partije iste vrste betona, sa brojem rezultata $10 \leq n \leq 30$, kada je poznata standardna devijacija σ određena ranijim ispitivanjima iz većeg broja rezultata (najmanje $n_o \geq 30$):

$$m_n \geq MB + 1, 2\sigma;$$

$$x_1 \geq MB - 4 (\text{MPa}).$$

Kriterijum 3

Ovaj kriterijum primenjuje se na partije sa $15 \leq n \leq 30$, kad se računa sa procenjenom standardnom devijacijom s_n od n rezultata:

$$m_n \geq MB + 1, 3 \cdot s_n;$$

$$x_1 \geq MB - 4 (\text{MPa}), \text{ gde je:}$$

MB - marka betona;

n - broj rezultata ispitivanja u jednoj partiji;

m_n - aritmetička sredina od n rezultata ispitivanja (MPa);

σ - standardna devijacija određena na osnovu velikog broja ranijih ispitivanja iste vrste betona ($n_o \geq 30$)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (m_n - x_i)^2}{n_o}}$$

s_n - procenjena standardna devijacija od n rezultata ispitivanja

$$s_n = \sqrt{\frac{\sum (m_n - x_i)^2}{n - 1}}$$

x_1 - najmanja vrednost ispitivane čvrstoće (MPa) od n rezultata;

x_i - vrednosti svake pojedine čvrstoće u partiji od n rezultata.

d) OCENA SAGLASNOSTI SA PROPISANIM USLOVIMA KVALITETA BETONA NA MESTU UGRAĐIVANJA

47

Uzorci za dokaz saglasnosti sa propisanim uslovima kvaliteta betona uzimaju se na mestu ugrađivanja prema programu kontrole, a čuvaju se i pripremaju prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.005.

48

Broj uzoraka za ispitivanje čvrstoće betona pri pritisku određuje se prema uslovima, i to:

- za beton dopremljen iz fabrike betona koji zadovoljava uslove utvrđene propisom o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.051:
 - za svaku vrstu betona najmanje jedan uzorak za svaki dan betoniranja na objektu,
 - jedan uzorak u proseku na 150 mešavina ili 100 m³ betona,
 - najmanje tri uzorka za jednu partiju betona,
 - jedan uzorak od svake isporučene količine betona za konstruktivne elemente koji su značajni za sigurnost konstrukcije i u koje se ugrađuju samo manje količine betona;
- za beton spravljen isključivo za potrebe objekta, odnosno gradilišta, a pogon ima kontrolu kvaliteta proizvodnje prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.051, rezultati ispitivanja betona u pogonu mogu se koristiti i za dokazivanje saglasnosti sa uslovima kvaliteta betona na mestu ugrađivanja ako je projektom betona to predviđeno;
- za beton kategorije B.I koji se proizvodi u pogonu za proizvodnju samo te kategorije betona mora se uzeti broj uzoraka dvostruko veći od broja navedenog u tački a) ovog člana.

49

Posebna svojstva betona ispituju se i ocenjuju ako je to za odgovarajuću konstrukciju određeno projektom konstrukcije ili programom kontrole.

Čvrstoća pri pritisku betona utvrđuje se na osnovu rezultata ispitivanja, a prema odredbi člana 17. ovog pravilnika.

Partija betona se prihvata ako je ispunjen prethodno izabran kriterijum prijema iz člana 46. ovog pravilnika. Ako taj kriterijum nije zadovoljen, mora se tražiti naknadni dokaz o kyalitetu betona.

d) PROMENE ČVRSTOĆE BETONA PRI PRITISKU U TOKU VREMENA

50

Porast čvrstoće betona pri pritisku u toku vremena utvrđuje se uporednim ispitivanjem na uzorcima.

e) ČVRSTOĆE BETONA PRI ZATEZANJU

51

Čvrstoća betona pri zatezanju određuje se prema propisima o jugoslovenskim standardima JUS U.M1.010, JUS U.M1.011 i JUS U.M1.022.

Ukoliko se ne raspolaze rezultatima ispitivanja betona, za srednju vrednost čvrstoće betona pri aksijalnom zatezanju f_{bzm} mogu se uzeti vrednosti date u tabeli 7.

Tabela 7. Srednje vrednosti čvrstoće betona pri aksijalnom zatezanju

f_{bk}	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
f_{bzm} (MPa)	1,5	1,8	2,1	2,4	2,65	2,9	3,15	3,4	3,6	3,8

Vrednosti u tabeli 7 odgovaraju izrazu

$$f_{bzm} = 0,25 \sqrt[3]{f_{bk}^2}, \text{ gde je } f_{bk} \text{ i } f_{bzm} \text{ u MPa.}$$

Varijacije stvarnih vrednosti čvrstoće betona pri zatezanju mogu biti $\pm 30\%$ vrednosti datih u tabeli 7.

Pri određivanju graničnog stanja pojave prslina, za čvrstoću betona pri aksijalnom zatezanju koristi se vrednost $0,7 f_{bzm}$.

Za odnos čvrstoće betona pri zatezanju savijanjem f_{bz} , i čvrstoće betona pri aksijalnom zatezanju f_{bz} koriste se vrednosti date izrazom

$$\frac{f_{bz}}{f_{bz}} = \left(0,6 + \frac{0,4}{\sqrt{d}} \right) \neq 1$$

gde je

d - visina poprečnog preseka elementa, u m;

$\neq$ - oznaka za donju granicu važenja izraza.

ž) DEFORMACIJE BETONA PRI KRATKOTRAJNIM DEJSTVIMA

52

Statički modul elastičnosti betona pri jednoaksijalnom pritisku, kad je to predviđeno projektom konstrukcije, određuje se eksperimentalno, prema propisima o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.025.

Ako se ne raspolaze rezultatima ispitivanja iz stava 1. ovog člana za napone pritiska $\sigma_v \leq 0,4 f_{bk}$, mogu se usvojiti srednje vrednosti modula elastičnosti betona date u tabeli 8.

Tabela 8. Modul elastičnosti betona

f_{bk}	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
E_b (GPa)	27	28,5	30	31,5	33	34	35	36	37	38

Vrednosti modula elastičnosti betona datih u tabeli 8 odgovaraju starosti betona $t = 28$ dana, a određene su izrazom

$$E_b = 9,25 \sqrt[3]{f_{bk} + 10}, \text{ gde je } f_{bk} \text{ u MPa, a } E_b - \text{ u GPa.}$$

Modul elastičnosti betona starosti manje ili veće od 28 dana može se odrediti korišćenjem istog izraza, s pretpostavljenim ili ispitanim vrednostima karakteristične čvrstoće betona pri pritisku $f_{bk}(t)$ za odgovarajuće starosti betona.

Vrednosti modula elastičnosti betona određene ovim članom koriste se pri zatezanju betona.

53

U slučajevima kad se uticaj poprečnih deformacija betona ne može zanemariti, usvaja se vrednost Poasonovog koeficijenta $\nu_b = 0,2$.

54

Modul smicanja betona izračunava se prema izrazu

$$G_b = \frac{E_b}{2(1 + \nu_b)}$$

55

Za koeficijent termičke dilatacije betona usvaja se vrednost

$$\alpha_T = 10^{-5}/^{\circ}K$$

z) DEFORMACIJE BETONA ZAVISNE OD VREMENA - SKUPLJANJE I TEČENJE BETONA

56

Zavisnost skupljanja i tečenja betona od vremena i konačne vrednosti skupljanja i tečenja betona određuju se eksperimentalno, prema propisima o jugoslovenskim standardima JUS U.M1.029 i JUS U.M1.027.

57

Ako konačne vrednosti skupljanja betona $\epsilon_{s,\infty} = \epsilon_s(t_{\infty})$, za vreme t_{∞} nisu određene ispitivanjem, za nearmirani beton koji se održava u vlažnom stanju najmanje prvih sedam dana i pri temperaturi sredine od približno $293^{\circ}K$ ($20^{\circ}C$) mogu se, za betone spravljene sa portland-cementom bez dodataka, koristiti vrednosti date u tabeli 9.

Tabela 9. Konačne vrednosti skupljanja nearmiranog betona

Srednja debljina preseka elementa d_m (u cm)	Konačne vrednosti skupljanja nearmiranog betona $\epsilon_{s,\infty}$ ($^{\circ}/_{\infty}$)			
	Relativna vlažnost sredine (u %)			
	40%	70%	90%	u vodi
≤ 10	0,56	0,40	0,15	0
20	0,48	0,34	0,12	
≥ 40	0,42	0,30	0,10	

Srednja debljina preseka elementa određena je izrazom

$$d_m = \frac{2A_b}{O}$$

gde je:

A_b - površina poprečnog preseka betonskog elementa, u cm^2 ;

O - obim poprečnog preseka elementa u dodiru sa vazduhom, u cm.

Za elemente i konstrukcije u zatvorenim prostorima može se smatrati da se nalaze u sredini sa relativnom vlažnošću 40% (veoma suva sredina). Za nezaštićene elemente i za elemente i konstrukcije u slobodnom prostoru smatra se da su u sredini sa relativnom vlažnosti 70% (srednje vlažna sredina). Za konstrukcije neposredno iznad vodene površine, relativna vlažnost može da dostigne 90% (veoma vlažna sredina), što se za značajne konstrukcije mora potvrditi merenjem, prema uslovima projekta konstrukcije.

Konačne vrednosti skupljanja betona date u tabeli 9 odnose se na betone slabo plastične i plastične konzistencije. Vrednosti skupljanja treba povećati za 15% kad je konzistencija sveže betonske mase, određena prema članu 22. ovog pravilnika, žitka, odnosno smanjiti za 15% kad je konzistencija sveže betonske mase kruta.

58

Za odnose skupljanja betona u vremenu t posle prestanka negovanja betona (najmanje prvih sedam dana) $\epsilon_s(t)$ i konačnih vrednosti skupljanja $\epsilon_s(t_{\infty})$, u zavisnosti od dimenzija poprečnog preseka elementa i relativne vlažnosti sredine, za elemente i konstrukcije koje se nalaze u sredini približno stalne vlažnosti i temperature, mogu se koristiti vrednosti date u tabeli 10.

Tabela 10. Zavisnost skupljanja betona od vremena

Relativna vlažnost sredine (u %)	Srednja debljina preseka elementa d_m (u cm)	Zavisnost skupljanja betona od vremena $\epsilon_s(t)/\epsilon_s(t_{\infty})$					
		Vreme t posle prestanka negovanja betona (dani/godine)					
		7	14	28	90	365	3 god.
40%	≤ 10	0,20	0,28	0,38	0,60	0,85	0,95
	20	0,10	0,15	0,23	0,40	0,68	0,88
	≥ 40	0,05	0,07	0,10	0,20	0,45	0,73
70%	≤ 10	0,16	0,23	0,30	0,50	0,75	0,90
	20	0,08	0,13	0,18	0,30	0,58	0,83
	≥ 40	0,03	0,05	0,08	0,15	0,35	0,63

59

Ako konačne vrednosti koeficijenta tečenja betona $\varphi_{\infty} = \varphi(t_{\infty}, t_o)$ za vreme t_{∞} nisu eksperimentalno određene, za nearmirani beton koji je održavan u vlažnom stanju najmanje prvih sedam dana i pri temperaturi sredine od približno 293°K (20°C) mogu se koristiti vrednosti date u tabeli 11.

Tabela 11. Konačne vrednosti koeficijenta tečenja nearmiranog betona

Starost betona u trenutku opterećenja t_o (dani/godine)	Srednja debljina preseka elementa d_m (u cm)	Konačne vrednosti koeficijenta tečenja nearmiranog betona φ_{∞}				
		Relativna vlažnost sredine (u %)				u vodi
		40%	70%	90%		
7	≤ 10	4,3	3,1	1,7		1,4
	20	4,1	2,9	1,6		
	≥ 40	3,8	2,7	1,6		
14	≤ 10	4,0	2,9	1,6		1,3
	20	3,8	2,7	1,5		
	≥ 40	3,6	2,5	1,5		
28	≤ 10	3,7	2,6	1,6		1,3
	20	3,6	2,6	1,5		
	≥ 40	3,4	2,5	1,4		
90	≤ 10	2,7	2,0	1,3		1,2
	20	2,8	2,1	1,3		
	≥ 40	2,9	2,1	1,3		
365	≤ 10	1,7	1,3	1,0		1,0
	20	1,8	1,4	1,1		
	≥ 40	2,0	1,5	1,1		
3 godine	≤ 10	0,9	0,8	0,7		0,8
	20	1,1	0,9	0,8		
	≥ 40	1,2	1,0	0,8		

Za koeficijente tečenja betona mogu se uzeti iste vrednosti pri pritisku i pri za-
tezanju.

Odredbe člana 57. ovog pravilnika koje se odnose na skupljanje betona primenjuju se i na tečenje betona.

60

Ako zavisnost koeficijenta tečenja betona $\varphi(t, t_o)$ od vremena t , odnosno od starosti betona u trenutku opterećenja $(t - t_o)$, nije eksperimentalno određena, za srednje debljine preseka elemenata i relativne vlažnosti sredine, za elemente i konstrukcije koje se nalaze u sredini približno stalne vlažnosti i temperature koriste se vrednosti date u tabeli 12.

Tabela 12. Zavisnost koeficijenta tečenja betona $\varphi(t, t_o)$ od vremena t i od starosti betona u trenutku opterećenja t_o

Starost betona u trenutku opterećenja t_o (dani)	Odnosi koeficijenta tečenja betona u trenutku vremena t i konačne vrednosti koeficijenta tečenja $\varphi(t, t_o)/\varphi(t_{\infty}, t_o)$					
	Trajanje opterećenja $(t - t_o)$ (dani/godine)					
	7	14	28	90	365	3 god.
7	0,25	0,30	0,38	0,53	0,73	0,85
28 do 90	0,15	0,23	0,30	0,48	0,68	0,83
365	0,10	0,18	0,25	0,43	0,65	0,80

61

Za određivanje dilatacije tečenja betona u elementima i konstrukcijama pri naponima koji odgovaraju eksploatacionim opterećenjima, odnosno za $\sigma_b \leq 0,4f_{bk}$, koriste se osnovne pretpostavke linearne teorije tečenja betona:

- a) dilatacije tečenja betona $\varepsilon_{b\varphi}(t, t_o)$ u trenutku vremena t , pri dejstvu konstantnog napona od trenutka t_o , linearno su zavisne od napona

$$\varepsilon_{b\varphi}(t, t_o) = \frac{\sigma_b(t_o)}{E_b(t_o)} \varphi(t, t_o)$$

- b) dilatacije tečenja betona usled priraštaja napona u različitim trenucima vremena mogu se sabirati.

62

Umesto integralnog oblika veze napona i dilatacija u betonu, za proračunavanje uticaja tečenja i skupljanja betona u elementima i konstrukcijama može se koristiti algebarska veza napona i dilatacija u betonu u obliku:

$$\varepsilon_b(t, t_o) = \frac{\sigma_b(t_o)}{E_b(t_o)} [1 + \varphi(t, t_o)] + \frac{1}{E_b(t_o)} [\sigma_b(t) - \sigma_b(t_o)] [1 + \chi(t, t_o) \varphi(t, t_o)] + \varepsilon_s(t, t_o)$$

gde je:

- $\varepsilon_b(t, t_o)$ - ukupna dilatacija betona u trenutku vremena t usled dejstva napona od trenutka t_o i uticaja deformacija nezavisnih od napona (skupljanje betona) u intervalu vremena $(t - t_o)$;
- $\sigma_b(t_o), \sigma_b(t)$ - naponi u betonu u trenutku opterećenja t_o i u trenutku vremena t ;
- $\varphi(t, t_o)$ - koeficijent tečenja betona;
- $\varepsilon_s(t, t_o)$ - skupljanje betona u intervalu vremena $(t - t_o)$;
- $E_b(t_o)$ - modul elastičnosti betona u trenutku opterećenja t_o ;
- $\chi(t, t_o)$ - koeficijent starenja.

Za uobičajene starosti betona pri opterećenju i istorije eksploatacionih opterećenja armiranobetonskih konstrukcija za konačnu vrednost koeficijenta starenja može se uzeti:

$$\chi_{\infty} = \chi(t_{\infty}, t_o) = 0,75 \text{ do } 0,85$$

III ČELIK ZA ARMIRANJE

63

Za armiranje konstrukcija i elemenata od betona koriste se žice ($\phi \leq 12$ mm) ili šipke ($\phi > 12$ mm), od glatkog čelika (GA), visokovrednih prirodno tvrdih rebrastih čelika (RA), hladno vučene glatke i orebrane žice - mrežasta armatura (MAG i MAR) i Bi armatura (BiA).

Osim čelika iz stava 1. ovog člana, mogu se koristiti i drugi oblici i vrste čelika ako se ispitivanjem prethodno dokaže da oni ispunjavaju uslove predviđene ovim pravilnikom i da se njihovom upotrebom obezbeđuje sigurnost i trajnost konstrukcije i elemenata od betona.

64

Glatka armatura (GA) od mekog betonskog čelika kvaliteta 240/360 izrađuje se u obliku žice i šipki.

Žice i šipke mekog betonskog čelika kružnog su poprečnog preseka, a koriste se u nazivnim prečnicima od 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32 i 36 mm. Površina nazivnog prečnika može biti manja od 5% od nazivne površine poprečnog preseka.

Glatki betonski čelik isporučuje se u pravim šipkama, šipkama savijenim u petlje i u koturovima.

Glatka armatura (GA) od mekog betonskog čelika kvaliteta 220/340 izrađuje se u obliku žice, a koristi se u nazivnim prečnicima od 5, 6, 8, 10 i 12 mm.

65

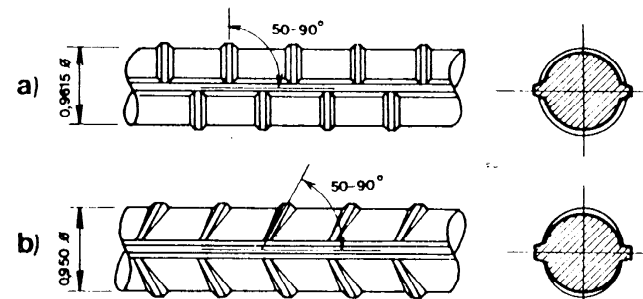
Rebrasta armatura (RA) od visokovrednog prirodno tvrdog čelika kvaliteta 400/500 izrađuje se u obliku žice i šipki.

Žice i šipke rebraste armature imaju podužna i poprečna rebra, koja međusobno zaklapaju različite uglove.

Oblik, veličina i međusobni položaj rebra moraju biti takvi da obezbede potrebnu duktilnost čelika i adheziju šipki i betona u stepenu koji odgovara čvrstoći čelika.

Žice i šipke rebraste armature RA-400/500-1 imaju poprečna rebra nepromenljivog poprečnog preseka, a koriste se u prečnicima 6, 8, 10, 12 i 14 mm (slika 1a).

Žice i šipke rebraste armature RA-400/500-2 imaju poprečna rebra promenljivog poprečnog preseka u obliku srpa, a koriste se u prečnicima od 6, 8, 10, 12, 14, 16, 19, 22, 25, 28, 32, 36 i 40 mm (slika 1b).



Slika 1

Površina preseka žice i šipke rebraste armature može da bude manja od 4% od površine preseka nazivnog prečnika.

66

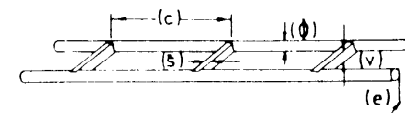
Zavarene armaturene mreže od hladno vučene žice izrađuju se od glatkog čelika (MAG 500/560) i orebrenog čelika (MAR 500/560).

Zavarene armaturene mreže sastoje se od pravih, međusobno upravnih zavarenih žica. Oznaka mreže, prečnici i rastojanja žica, tolerancije i drugo utvrđeni su jugoslovenskim standardom JUS U.M1.091.

67

Bi-armatura BiA-680/800 jeste specijalno oblikovana armatura od hladnovučene žice. Sastoji se od dve podužne žice međusobno spojene prečkama, čije su osovine u istoj ravni, a označava se slovima BiA i brojem koji označava prečnik podužnih žica izražen u desetim delovima milimetra.

Podužne žice su od glatke, okrugle hladno vučene žice kvaliteta čelika 680/800, a prečke - od kvaliteta čelika 240/360.



Slika 2

Tipovi čelika koji se koriste za Bi-armaturu dati su u tabeli 13. Odstupanja mera, kontrole kvaliteta i isporuke utvrđeni su jugoslovenskim standardom JUS U.M1.092.

Tabela 13. Mere Bi čelika za armaturu BiA-680/800

TIP BiA	Podužne žice			Prečke		
	Unutrnji razmak (e)	Prečnik (φ)	Površina (A)	Razmak osovina (c)	Visina (v)	Širina (š)
	mm	mm	cm ²	mm	mm	mm
BiA 31	20	3,1	0,15	95	3,0	2,5
BiA 36	20	3,6	0,20	95	3,5	2,5
BiA 40	20	4,0	0,25	95	4,0	3,0
BiA 56	20	5,6	0,50	95	5,5	3,5
BiA 69	20	6,9	0,75	95	7,0	3,5
BiA 80	20	8,0	1,00	95	8,0	4,0
BiA 89	20	8,9	1,25	95	9,0	4,5
BiA 98	20	9,8	1,50	95	10,0	5,0
BiA 113	23	11,3	2,00	95	12,0	6,0

68

Mehaničke karakteristike čelika za armaturu, definisane kao karakteristične vrednosti sa fraktilom od 5%, date su u tabeli 14.

Čelik koji se koristi za izradu armature mora ispunjavati sve propisane uslove date u tabeli 14.

69

Prianjanje betona i čelika određuje se na gredicama izloženim savijanju na način utvrđen propisom o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.090.

70

Žice ili šipke koje se nastavljaju zavarivanjem ne smeju na mestu vara imati lošija mehanička svojstva od svojstava propisanih za odgovarajuću vrstu čelika. Podесnost zavarivanja utvrđena je jugoslovenskim standardom JUS C.K6.020.

71

Karakteristična čvrstoća pri zatezanju f_{ak} i granica razvlačenja σ_{vk} čelika za armiranje utvrđuju se ispitivanjem najmanje 30 uzoraka, primenom teorije matematičke statistike.

Karakteristična vrednost rezultata ispitivanja čvrstoće čelika pri zatezanju i granice razvlačenja čelika, ako je ispunjen uslov normalne raspodele, mora biti jednaka ili veća od odgovarajućih vrednosti određenih u tabeli 14. Karakteristične vrednosti rezultata ispitivanja utvrđuju se pod pretpostavkom da ima samo 5% rezultata manjih od karakteristične vrednosti.

Karakteristična vrednost rezultata ispitivanja čvrstoće čelika pri zatezanju f_{ak} određuje se iz izraza

$$f_{ak} = f_{am} - 1,64 \cdot S_a$$

Tabela 14. Karakteristike čelika za armirani beton

Oznaka vrste čelika	Oznaka armature i mehaničkih karakteristika	Bibli naziv armature	Naziv i prečnik	Karakteristična granica razvlačenja σ_{vk} odnosno granica do σ_{v2}	Karakteristična čvrstoća pri zatezanju f_{ak}	Izduženje na 100%	Savijanje		Dinamička čvrstoća	Modul elastičnosti
							Prečnik trna	Ugao savijanja		
			mm	(MPa)	(MPa)	%	Ø	°	(N/mm ²)	(GPa)
			5 do 12	220	340	18	2Ø	180°	-	200 210
Č.0200	GA 220/340	Glata armatura od mekog betonskog čelika	5 do 36	240	360	18	2Ø	180°	-	190 200
Č.0300	GA 240/360 2)	Rebrasta armatura od visoko-vrednog prirodnog tvrdog čelika	6 do 14	400	500	10	5Ø	90° 3)	200	
Č.0551	RA 400/500-2	Zavarene armature mreže od hladno vučene glatke ili orebrane žice	6 do 40	500	560	6	4Ø 1)	180°	120 4)	
	MAG 500/560		4 do 12	680	800	5	6Ø 5)	180° 5)	170 4)	
	MAR 500/560		3,1-11,3							
	BiA 680/800	Armatura specijalnog oblika od hladno vučene žice								

1) Ispitivanje na savijanje potrebno je i obavezno samo za mreže koje se upoređuju kao savijene (za uzengije).

2) Ovaj čelik ima garantovanu zavarljivost, (sa $S_f < 0,6\%$).

3) Pored savijanja, ovaj čelik se ispituje na poverljivo savijanje oko trna prečnika 7Ø, sa uglom savijanja od 45° i uglom poverljivog savijanja 22,5°.

4) Dinamička čvrstoća se dokazuje na uzorcima ugrađene armature u betonu, a prema standardu JUS C.K6.020 za RA 400/500-2, a za zavarene armature mreže MAG i MAR i za BiA na samim armaturama, uključujući i zavarene čvorove.

5) Odnosi se na savijanje žice na mestu vara.

Karakteristična vrednost rezultata ispitivanja granice razvlačenja σ_{vk} određuje se iz izraza

$$\sigma_{vk} = \sigma_{vm} - 1,64 \cdot S_v$$

gde je:

f_{ak} - karakteristična vrednost rezultat ispitivanja čvrstoće pri zatezanju (tabela 15);
 f_{am} - aritmetička sredina od n rezultata ispitivanja čvrstoće pri zatezanju na uzorcima;

n - broj rezultata ispitivanja u jednoj partiji (skupini);

$S_a = \sqrt{\frac{(f_{am} - f_{ai})^2}{n-1}}$ - procenjena standardna devijacija čvrstoće pri zatezanju n rezultata ispitivanja;

f_{ai} - pojedinačna vrednost rezultata ispitivanja;

σ_{vm} - aritmetička sredina n rezultata ispitivanja granice razvlačenja na uzorcima;

σ_{vi} - pojedinačna vrednost rezultata ispitivanja granice razvlačenja

$S_v = \sqrt{\frac{(\sigma_{vm} - \sigma_{vi})^2}{n-1}}$ - procenjena standardna devijacija granice razvlačenja n rezultata ispitivanja.

72

Ako ne postoje rezultati ispitivanja prema članu 71. ovog pravilnika pre ugrađivanja vrši se kontrolno ispitivanje glatkog betonskog čelika i rebrastog visokovrednog prirodnog tvrdog čelika.

Kontrolno ispitivanje čelika za armiranje pre ugrađivanja vrši se utvrđivanjem čvrstoće pri zatezanju f_{ak} i granice razvlačenja σ_v na najmanje 10 slučajno odabranih uzoraka iz svake skupine čelika za količinu do 100 t. Za partije čelika sa količinom većom od 100 t, za svaku količinu od 10 t preko 100 t uzima se još po jedan uzorak.

Čelik za armiranje ispunjava uslove u pogledu propisane čvrstoće pri zatezanju i granice razvlačenja ako najmanja vrednost rezultata ispitivanja nije manja od karakterističnih vrednosti f_{ak} i σ_{vk} datih u tabeli 14.

Kad je broj uzoraka koji se ispituju veći od 10 a manji od 30, dopušteno je da na svakih pet uzoraka preko prvih 10 uzoraka po jedan rezultat ispitivanja bude niži od odgovarajuće karakteristične vrednosti.

Kad je broj uzoraka jednak ili veći od 30, čvrstoća pri zatezanju i granica razvlačenja utvrđuju se prema članu 71. ovog pravilnika.

Vrednosti ostalih karakteristika čelika za armiranje određenih u tabeli 14 utvrđuju se na najmanje šest uzoraka. Smatra se da čelik ispunjava uslove u pogledu tih osobina ako ni jedna vrednost rezultata ispitivanja nije nepovoljnija od vrednosti propisanih ovim pravilnikom.

IV OSNOVE PRORAČUNA

73

Uticaji u preseccima armiranobetonskih elemenata i konstrukcija proračunavaju se po teoriji konstrukcija. Za proračunavanje statičkih uticaja u statički neodređenim sistemima po pravilu se u račun uvode krutosti, zavisno od stanja prslina elementa, kao i procenta armiranja preseka. Ti uticaji mogu se određivati i zavisno od krutosti neisprskalog betonskog elementa, bez uzimanja u račun uticaja armature, osim za zategnute elemente. Ako su procenti armiranja osetni, vodi se računa i o uticaju armature pri određivanju krutosti elementa.

Izuzetno, uticaji u preseccima mogu se odrediti i na osnovu rezultata ispitivanja na konstrukcijama i na modelima.

74

U proračun uticaja betonskih i armiranobetonskih elemenata uvode se opterećenja prema propisima za opterećenja konstrukcija.

75

Preseci armiranobetonskih elemenata proračunavaju se prema graničnim stanjima nosivosti i prema graničnim stanjima upotrebljivosti. Proračun prema graničnim stanjima upotrebljivosti obuhvata proračun prema graničnim stanjima prslina i proračun prema graničnim stanjima deformacija.

Preseci armiranobetonskih elemenata mogu se proračunavati i prema dopuštenim naponima. U tom slučaju, neophodan je proračun prema graničnim stanjima prslina - za elemente hidrotehničkih konstrukcija i konstrukcija u vodi ili u vlažnim i agresivnim sredinama, kao i proračun prema graničnim stanjima deformacija - za elemente konstrukcija za koje je propisano ispitivanje probnim opterećenjem, prema članu 278. ovog pravilnika.

1. PRORAČUN PRESEKA PREMA GRANIČNIM STANJIMA NOSIVOSTI

76

Konstrukcije i elementi od armiranog betona proračunavaju se prema graničnim stanjima nosivosti, pod uslovom da se za takve elemente proračunaju deformacije i otvori prslina čije su najveće vrednosti određene čl. 110. do 118. ovog pravilnika.

a) PRORAČUN GRANIČNE NOSIVOSTI PRESEKA ZA UTICAJE MOMENATA SAVIJANJA I NORMALNIH SILA

77

Osnovne pretpostavke za proračun preseka prema graničnom stanju nosivosti - lomu, od uticaja graničnih vrednosti momenata i normalnih sila, jesu sledeće:

- raspodela dilatacija po visini preseka je linearna;
- beton u zategnutoj zoni pri lomu ne prima sile zatezanja;
- raspodela napona u betonu i čeliku usvaja se prema idealizovanim radnim dijagramima napona - dilatacija (σ/ε) betona i čelika definisanim čl. 82. do 86. ovog pravilnika.

78

Sile u presecima linijskih nosača određuju se, po pravilu, prema teoriji elastičnosti. Za statički neodređene konstrukcije ti uticaji za granično stanje loma mogu se odrediti i prema teoriji elastičnosti sa ograničenom preraspodelom, i to tako što se uticaj - momenti savijanja u najopterećenijim presecima po teoriji elastičnosti smanjuju ili povećavaju za veličinu

$$20 \left(1 - \frac{\mu - \mu'}{\mu_{lim}} \right) \%$$

gde koeficijenti μ imaju značenja:

μ - koeficijent armiranja zategnutom armaturom;
 μ' - koeficijent armiranja pritisnutom armaturom;
 μ_{lim} - najveći koeficijent armiranja, dat izrazom

$$\mu_{lim} = 0,405 \frac{f_B}{\sigma_v}$$

Preraspodela oslonačkog momenta može se vršiti samo u slučaju ako je u preseku koeficijent armiranja

$$\mu \leq 0,5\mu_{lim}$$

odnosno

$$\mu - \mu' \leq 0,5\mu_{lim}$$

79

Za proračun preseka prema graničnom stanju nosivosti - lomu uzimaju se sledeći uticaji:

- S_g - uticaji od sopstvene težine i stalnog opterećenja;
- S_p - uticaji od promenljivih opterećenja: korisnog pokretnog opterećenja, statičkog ili dinamičkog, opterećenja snegom i opterećenja vetrom;
- S_{Δ} - uticaji od ostalih opterećenja: promena temperature, skupljanja betona, razmicanja i sleganja oslonaca tokom vremena i dr.

80

Sigurnost pri graničnom stanju loma je zadovoljena ako je granična nosivost preseka, zavisno od geometrije preseka i mehaničkih karakteristika materijala, veća od nosivosti ili jednaka nosivosti tog preseka za granične uticaje, gde je

$$N_u(A, f_B, \sigma_v) \geq N_s$$

Za određivanje granične nosivosti preseka uvode se granični uticaji

$$S_u = \Sigma \gamma_{ui} \cdot S_i$$

gde su za stalno i promenljivo opterećenje granični uticaji određeni izrazima:

$$S_u = 1,6S_g + 1,8S_p \text{ za } \varepsilon_a \geq 3^\circ/\infty$$

$$S_u = 1,9S_g + 2,1S_p \text{ za } \varepsilon_a \leq 0^\circ/\infty$$

Za stalno i promenljivo opterećenje, kao i za ostala opterećenja, granični uticaji u preseku određuju se izrazima:

$$S_u = 1,3S_g + 1,5S_p + 1,3S_{\Delta} \text{ za } \varepsilon_a \geq 3^\circ/\infty$$

$$S_u = 1,5S_g + 1,8S_p + 1,5S_{\Delta} \text{ za } \varepsilon_a \leq 0^\circ/\infty$$

Ako su dilatacije čelika ε_a između nule i tri promila, koeficijent sigurnosti γ_{ui} određuje se linearnom interpolacijom.

Ako sopstvena težina i stalno opterećenje deluju povoljno u smislu povećanja granične nosivosti (smanjenja graničnih uticaja), u proračun se uvode uticaji:

$$S_u = S_g + 1,8S_p \text{ za } \varepsilon_a \geq 3^\circ/\infty$$

$$S_u = 1,2S_g + 2,10S_p \text{ za } \varepsilon_a \leq 0^\circ/\infty$$

Za stalno i promenljivo opterećenje, kao i za ostala opterećenja, ako sopstvena težina i stalno opterećenje deluju povoljno u smislu povećanja nosivosti preseka, pri proračunu graničnih uticaja uzimaju se vrednosti:

$$S_u = S_g + 1,5S_p + 1,3S_{\Delta} \text{ za } \varepsilon_a \geq 3^\circ/\infty$$

$$S_u = 1,2S_g + 1,8S_p + 1,5S_{\Delta} \text{ za } \varepsilon_a \leq 0^\circ/\infty$$

Ako je u pitanju složeno savijanje, ukupni granični uticaji S_u određuju se posebno za momente savijanja, a posebno za normalne sile, pri čemu se vodi računa o mogućem istovremenom delovanju tih uticaja.

81

Uticaji od seizmičkih sila proračunavaju se prema propisima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima, a nosivost preseka dokazuje se samo prema graničnom stanju loma.

Proračunavanje armiranobetoških skloništa na dejstvo udarnog talasa eksplozije i dokaz nosivosti preseka vrši se prema jugoslovenskim propisima za zaštitne objekte.

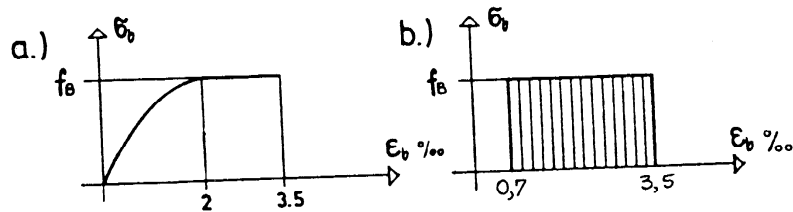
82

Za proračun preseka prema graničnom stanju nosivosti - lomu, koji su napregnuti na savijanje, savijanje normalnom silom, ili samo normalnom silom pritiska uzima se naponsko-deformacijski dijagram (σ_b/ε_b) pritisnutog betona u obliku kvadratne parabole, gde je

$$\sigma_b = \frac{f_B}{4}(4 - \varepsilon_b)\varepsilon_b \text{ u intervalu } 0^\circ/\infty \leq \varepsilon_b \leq 2^\circ/\infty$$

a u obliku prave

$$\sigma_b = f_B \text{ u intervalu } 2^\circ/\infty \leq \varepsilon_b \leq 3,5^\circ/\infty$$



Slika 3

Računska čvrstoća pri pritisku f_B zavisi od marke betona, a brojne vrednosti date su u tabeli 15.

Tabela 15. Računske čvrstoće pri pritisku f_B za radni dijagram parabola i prava

MB	10	15	20	30	40	50	60
f_B (MPa)	7	10,5	14	20,5	25,5	30	33

Računanje čvrstoće za marku betona 10 odnosi se na nearmirani beton.

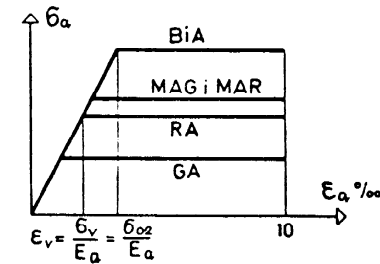
Za elemente konstrukcije visine preseka manje od 12 cm, računaska čvrstoća f_B umanjuje se za 10% u odnosu na vrednosti date u tabeli 15.

Kod poprečnih preseka gde je pritisnuta zona betona kružnog ili trougaonog oblika, kod preseka nepravilnih oblika, kao i kod pravougaonih preseka napregnutih na koso savijanje sa normalnom silom ili bez nje, sa položajem neutralne linije unutar poprečnog preseka, može se pri proračunu preseka po graničnoj nosivosti - lomu umesto računskog dijagrama parabola i prava, prikazanog na slici 3a, koristiti uprošćeni dijagram u obliku pravougaonika (slika 3b), sa graničnom čvrstoćom f_B i neutralnom linijom

$$x = \frac{0,8}{1 + \varepsilon_a/\varepsilon_b} h, \text{ gde je } \varepsilon_b > 3^\circ/\infty$$

83

Za računski dijagram čelika σ_a/ε_a uzima se bilinearni radni dijagram sa graničnom čvrstoćom čelika jednakom granici razvlačenja σ_v , odnosno σ_{02} i najvećim dopuštenim dilatacijama čelika $\varepsilon_a = 10^\circ/\infty$.

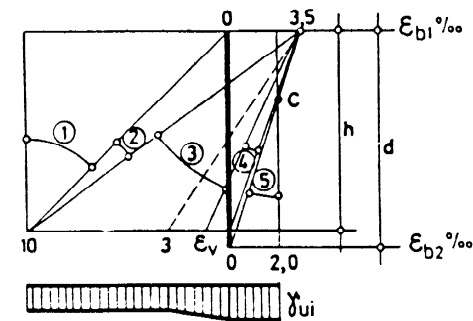


Slika 4

84

Za elemente napregnute na čisto savijanje, savijanje sa normalnom silom i sa centričnom normalnom silom, granične vrednosti dilatacija betona ε_b i čelika ε_a date su za odgovarajuća naponska stanja preseka za područja 1 do 5 (slika 5), gde je:

- područje 1 - centrično zatezanje i ekscentrično zatezanje (mali ekscentricitet);
- područje 2 - čisto savijanje ili savijanje sa normalnom silom sa iskorišćenom i neiskorišćenom nosivošću betonskog preseka ($\varepsilon_b \leq 3,5^\circ/\infty$) i iskorišćenjem dilatacije čelika do 10 promila;
- područje 3 - čisto savijanje ili savijanje sa normalnom silom sa punim iskorišćenjem dilatacija ivičnog vlakna betonskog preseka ($\varepsilon_b = 3,5^\circ/\infty$) i dilatacijama čelika $\varepsilon_v \leq \varepsilon_a \leq 10^\circ/\infty$, gde je $\varepsilon_v = \sigma_v/E_a$
- područje 4 - savijanje s normalnom silom pritiska pri iskorišćenju dilatacija ivičnog vlakna betona ($\varepsilon_b = 3,5^\circ/\infty$) i dilatacije čelika u granicama; $0 \leq \varepsilon_a \leq \varepsilon_v$;
- područje 5 - centrični pritisak ili ekscentrični pritisak (mali ekscentricitet). Za to područje je $\varepsilon_{b1} = 3,5 - 0,75\varepsilon_{b2}$, gde je $0 \leq \varepsilon_{b2} \leq 2,0^\circ/\infty$; Za centrični pritisak je $\varepsilon_{b1} = \varepsilon_{b2} = 2,0^\circ/\infty$.



Slika 5

85

Kod dvostruko armiranih preseka uticaj pritisnute armature može se uzeti pri proračunu nosivosti preseka ako je ta armatura povezana uzengijama čiji razmak ne sme biti veći od 20 cm niti veći od 15ϕ , gde je ϕ najmanji prečnik podužne pritisnute armature.

86

Umesto proračunskog dijagrama σ_b/ϵ_b , definisanog članom 82. ovog pravilnika (slika 3a), pri proračunu preseka prema graničnom stanju nosivosti - lomu, može se koristiti i dijagram σ_b/ϵ_b , dat u obliku kvadratne parabole

$$\sigma_b = \frac{2f_B}{\epsilon_B} \left(\epsilon_b - \frac{\epsilon_b^2}{2\epsilon_B} \right)$$

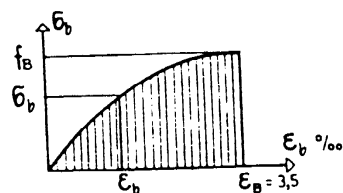
gde je teme parabole određeno graničnom dilatacijom, $\epsilon_B = 3,5\text{‰}$ i računskom čvrstoćom betona pri pritisku f_B (slika 6). Računske čvrstoće betona f_B date su u tabeli 16.

Tabela 16. Računske čvrstoće betona f_B pri pritisku za proračunski dijagram parabola II reda

MB	10*	15	20	30	40	50	60
f_B (MPa)	7	10,5	14	21	28	32,5	35,5

Za elemente konstrukcija čija je visina manja od 12 cm, računska čvrstoća f_B umanjuje se za 10% od vrednosti datih u tabeli 16.

Ako se pri proračunu preseka koristi dijagram σ_b/ϵ_b , dat u ovome članu, dopušta se da, za centrični pritisak, maksimalne dilatacije pritisnutog betona iznose $\epsilon_{b1} = \epsilon_{b2} = 2,5\text{‰}$. Pritom, za ekscentrični pritisak - mali ekscentricitet (područje 5 - slika 5, član 84. ovog pravilnika) važi $\epsilon_{b1} = 3,5 - 0,4\epsilon_{b2}$.



Slika 6

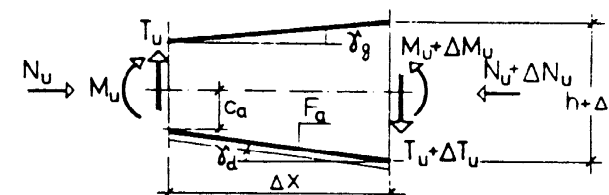
b) PRORAČUN PRESEKA ZA GRANIČNE UTICAJE TRANSVERZALNIH SILA I MOMENATA TORZIJE

87

Za dimenzionisanje preseka izloženih uticaju transverzalnih sila kao merodavna sila koristi se

$$T_{mu} = T_u \pm \frac{M_u}{h} (\text{tg} \gamma_g + \text{tg} \gamma_d) + N_u [\text{tg} \gamma_d - \frac{C_a}{h} (\text{tg} \gamma_d + \text{tg} \gamma_g)] - \frac{\Delta N_u}{\Delta x} (z - C_a)$$

gde su transverzalna sila T_u , moment M_u i normalna sila N_u određeni kao uticaji za granična opterećenja pri istovremenom dejstvu (član 80. ovog pravilnika), h je statička visina preseka, a z - krak unutrašnjih sila. Geometrijske veličine γ_g , γ_d i C_a su geometrijske veličine prikazane na slici 7.



Slika 7

88

Nominalni napon smicanja definisan je izrazom

$$\tau_m = \frac{T_{mu}}{b \cdot z}$$

u kome je b minimalna širina poprečnog preseka na delu od neutralne linije do zategnute armature, a z je krak unutrašnjih sila.

89

Veličine računskih čvrstoća pri smicanju τ_r koje se upoređuju sa nominalnim naponom $\tau_n(T)$ određene su u tabeli 17, zavisno od marke betona.

Tabela 17. Računske čvrstoće pri smicanju τ_r

Marka betona (MB)	15	20	30	40	50	60
τ_r (MPa)	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,6

Ako je ispunjen uslov $\tau_n(T) \leq \tau_r$ nije potrebna nikakva računska armatura za osiguranje preseka za prihvatanje uticaja od dejstva transverzalnih sila.

90

Ako je $\tau_n(T) > \tau_r$ potrebno je proračunati armaturu za prihvatanje uticaja od dejstva transverzalnih sila unutar područja gde je $\tau_n(T) > \tau_r$.

91

Za proračun armature unutar područja u kome je $\tau_n(T) > \tau_r$, primenjuje se model rešetke sa promenljivim nagibom pritisnutih betonskih dijagonala.

U području gde je $\tau_r < \tau_n(T) \leq 3\tau_r$ (slika 8a), potrebna armatura se izračunava na osnovu redukovane računске transverzalne sile $T_{Ru} = T_{mu} - T_{bu}$. Sila T_{bu} određena je izrazom

$$T_{bu} = \frac{1}{2}[3\tau_r - \tau_n(T)]b \cdot z$$

U području u kome je ispunjen uslov $3\tau_r < \tau_n(T) \leq 5\tau_r$ (slika 8b) uzima se računska transverzalna sila

$$T_{Ru} = T_{mu}$$

Nominalni smičući napon ne sme biti veći od vrednosti $5\tau_r$.

92

Potrebna armatura, za prijem graničnih uticaja od transverzalnih sila, u vidu uzengija ili koso povijenih šipki, određuje se na osnovu obrasca

$$A_a = \frac{H_{vu}}{\sigma_v(\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \operatorname{ctg} \theta)}$$

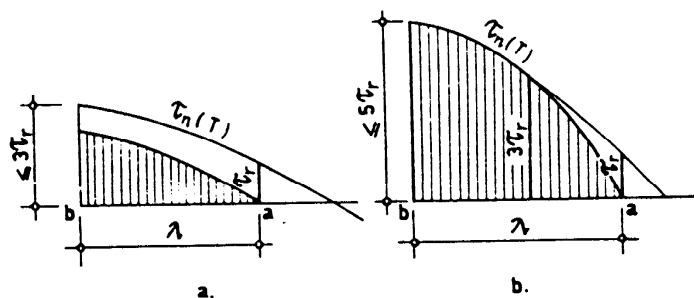
gde se značenje uglova α i θ vidi na slici 10. Pri tom je

$$H_{vu} = \int_{x=a}^{x=b} \frac{T_{Ru}}{z} dx$$

gde je:

H_{vu} - ukupna sila smicanja, tj. horizontalna sila veze na dužini osiguranja nosača $\lambda = b - a$, tj. na delu nosača na kome je $\tau_n(T) > \tau_r$ (slika 8);

σ_v - granica razvlačenja upotrebljenog čelika.



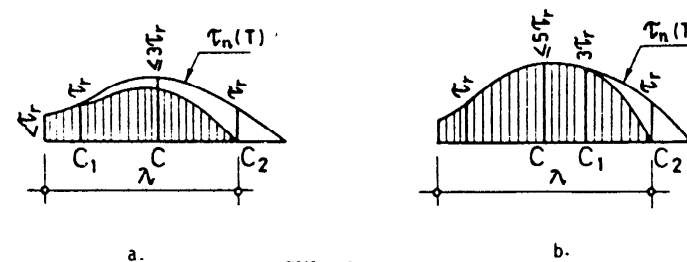
Slika 8

Ako u oblasti oslonca dijagram napona $\tau_n(T)$ po karakteru odgovara slučaju predstavljenom na slici 9a, horizontalnu silu veze H_v treba izračunati za celokupnu dužinu λ .

Na delu $C - C_2$, gde je $\tau_r < \max \tau_n(T) \leq 3\tau_r$, redukciju napona τ treba izvršiti prema izrazu određenom u članu 91. ovog pravilnika, dok na delu $C - C_1$ smanjenje računskog smičućeg napona od maksimalne vrednosti do vrednosti τ_r , treba izvršiti linearno (slika 9a).

U slučaju $3\tau_r(T) < \tau_n(T) \leq 5\tau_r$ redukcija smičućeg napona vrši se prema članu 91. ovog pravilnika samo na delu nosača $C_1 - C_2$ (slika 9b).

Uglovi α i θ , dati u izrazu za površinu armature A_a , predstavljaju ugao nagiba armature α za prijem transverzalnih sila (uzengije i koso povijene šipke), gde se uzima da je $\alpha_{\min} = 45^\circ$. Ugao nagiba pritisnutih betonskih dijagonala θ (slika 10) bira se u granicama $25^\circ \leq \theta \leq 55^\circ$.



Slika 9

93

Površina dodatne podužne zategnute armature ΔA_a , usled delovanja transverzalnih sila, koja se sabira sa postojećom podužnom armaturom sračunatom za momente savijanja, izračunava se pomoću izraza:

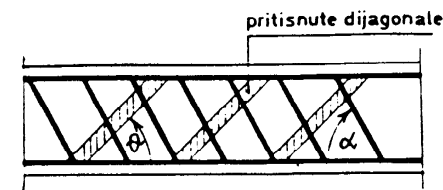
$$\Delta A_a = \frac{T_{Ru}}{2\sigma_v}(\operatorname{ctg} \theta - \operatorname{ctg} \alpha)$$

94

Minimalna površina preseka poprečne armature (A_{au}) u vidu dvosečne uzengije ($m = 2$) ili višesečne uzengije ($m > 2$) koja se mora usvojiti na dužini λ ako je $\tau_n(T) > \tau_r$ određuje se izrazom:

$$\min A_{au} = \min \mu_u \cdot b \cdot e_u$$

u kome e_u predstavlja razmak uzengija, a $\min \mu_u > 0,2\%$.

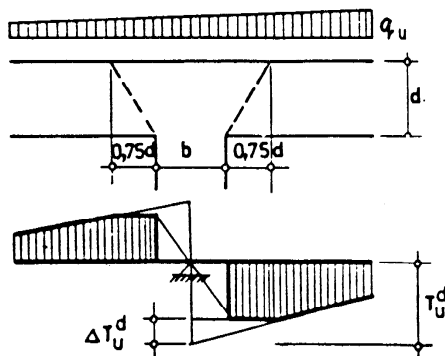


Slika 10

Maksimalni razmak uzengija u ovom slučaju ne sme biti veći od polovine statičke visine preseka, odnosno manje strane preseka, odnosno 25 cm.

95

Ublažavanje uticaja transversalnih sila T_u iz člana 89. ovog pravilnika može se uneti u proračun raspoređivanjem reakcija oslonca na širini $\lambda = b + 1,5d$, prema slici 11.



Slika 11

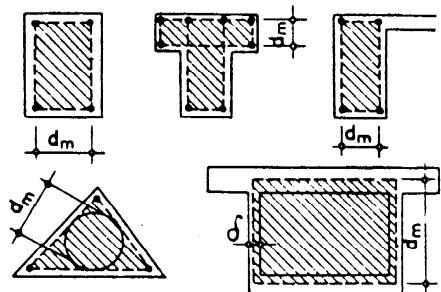
96

Za dimenzionisanje preseka izloženih torziji merodavan je nominalni smičući napon

$$\tau_u(M_T) = \frac{M_{Tu}}{2A_{bo} \cdot \delta_o}$$

koji se izračunava na osnovu teorije tankozidnih štapova zatvorenih profila, gde je M_{Tu} torzioni momenat sračunat za granična opterećenja, A_{bo} je površina oivičena srednjom linijom profila, odnosno površina omeđena podužnom torzionom armaturom, dok je δ_o zamišljena debljina zida ekvivalentnog tankozidnog preseka (slika 12).

Kod punih poprečnih preseka je $\delta_o = d_m/8$, dok je kod šupljih preseka $\delta_o = \delta$ pri $\delta_o \leq d_m/8$, pri čemu je δ debljina zida.



Slika 12

97

Vrednost nominalnog smičućeg napona $\tau_n(M_T)$ iz člana 96. ovog pravilnika ne sme biti veća od $5\tau_r$. Veličine τ_r određene su u tabeli 17.

U slučaju da je $\tau_n \leq \tau_r$, nije potrebna nikakva računaska armatura za prijem momenta M_{Tu} .

U slučaju da je $\tau_n > \tau_r$, proračun se vrši redukovanim računskim torzionim momentom

$$M_{TRu} = M_{Tu} - M_{Tbu}$$

Veličina M_{Tbu} određuje se iz izraza:

$$M_{Tbu} = (3\tau_r - \tau_n) \cdot A_{bo} \cdot \delta_o \text{ pri } \tau_r < \tau_n \leq 3\tau_r$$

$$M_{Tb} = 0 \text{ pri } 3\tau_r < \tau_n \leq 5\tau_r$$

98

Površina preseka vertikalnih uzengija izračunava se izrazom

$$A_a = \frac{M_{TR}}{2A_{bo}\sigma_v} \cdot e_u \operatorname{tg} \theta \geq \frac{\tau_r \delta_o e_u}{2\sigma_v}$$

gde je σ_v granica razvlačenja čelika, dok je θ ugao nagiba pritisnutih betonskih dijagonala koje odgovaraju modelu prostorne rešetke (slika 10).

Ugao θ mora biti u granicama od 25° do 55° .

99

Površina preseka svih podužnih sipki za prihvatanje torzionog momenta M_{TRu} određuje se iz izraza

$$\Sigma A_a = \frac{M_{TRu}}{2A_{bo} \cdot \sigma_v} \cdot O \cdot \operatorname{ctg} \theta$$

gde je σ_v granica razvlačenja upotrebljenog čelika, a "O" predstavlja obim srednje linije zamišljenog tankozidnog

100

U slučaju kombinovanog delovanja transversalne sile T_{mu} i torzionog momenta M_{TRu} , mora biti ispunjen uslov da je

$$\tau_n = \tau_n(T + M_T) = \tau_n(T) + \tau_n(M_T) \leq 5\tau_r \quad (100/1)$$

Kada je $\tau_n \leq \tau_r$ nije potrebna nikakva računaska armatura. Pri naponima $\tau_r < \tau_n \leq 3\tau_r$ računске vrednosti transversalne sile T_{mu} i torzionog momenta M_{TRu} dobijaju se uzimanjem u obzir veličina T_{bu} i M_{Tbu} koje umanjuju veličine T_u i M_{Tu} . Za slučaj $3\tau_r < \tau_n \leq 5\tau_r$ mora se računati sa vrednostima $T_{bu} = M_{Tbu} = 0$.

101

Podužna dodatna zategnuta armatura ΔA_a za prijem uticaja od transversalne sile, izračunata prema članu 93. ovog pravilnika, računa se nezavisno od podužne armature za uticaje od momenata savijanja. Ukupna podužna armatura u slučaju simultanog delovanja tih uticaja dobija se superpozicijom dobijenih vrednosti.

U slučaju simultanog delovanja torzije i savijanja, podužna armatura se određuje posebno za uticaje od momenata torzije i, posebno, za uticaje momenata savijanja vodeći računa i o armaturi ΔA_a određenoj prema članu 93. ovog pravilnika.

102

Pri kombinovanom delovanju torzije i savijanja mora se izvršiti kontrola glavnog napona pritiska u pritisnutoj zoni preseka. U takvim slučajevima glavni naponi pritiska sračunavaju se iz srednjeg normalnog napona u kritičnoj zoni i smičućeg napona

$$\frac{M_{Tu}}{2A_{bo} \cdot \delta_o}$$

određenog za istu zonu. Ovako izračunata vrednost glavnog napona pritiska ne sme biti veća od 0,6 MB.

v) PRORAČUN VITKIH ELEMENATA PREMA GRANIČNOJ NOSIVOSTI

103

Pritisnuti armiranobetonski elementi i konstrukcije moraju biti provereni na izvijanje zavisno od vitkosti, odnosno mora se dokazati stabilan ravnotežni položaj spoljašnjih i unutrašnjih sila kad se uzmu u obzir i deformacije elementa (efekti teorije II reda).

104

Za prizmatične elemente armiranobetonskih konstrukcija vitkost λ_i određuje se prema izrazu

$$\lambda_i = \frac{h_i}{i_b}$$

gde su:

h_i - efektivna dužina izvijanja;

i_b - poluprečnik inercije betonskog dela poprečnog preseka za osu oko koje se presek obrće prilikom izvijanja ili savijanja. On se određuje prema izrazu

$$i_b = \sqrt{\frac{I_b}{A_b}}$$

gde su I_b i A_b odgovarajući moment inercije i površina homogenog betonskog dela poprečnog preseka (ne uzimajući u obzir prsline).

105

Provera stabilnosti od uticaja izvijanja ne vrši se u slučaju ako je

$$\lambda_i \leq 25$$

$$e/d \geq 3,5 \quad \text{za } \lambda_i \leq 75$$

$$e/d \geq 3,5 \quad \lambda_i/75 \quad \text{za } \lambda_i > 75$$

$$\lambda_i \leq 50 - 25 \frac{M_1}{M_2}$$

gde su:

M_1 i M_2 - momenti na krajevima elementa sračunati po teoriji prvog reda, pri čemu je $|M_2| > |M_1|$;

e - ekscentricitet normalne sile sračunat po teoriji I reda za elastičan sistem;

d - odgovarajuća visina poprečnog preseka.

106

U slučajevima koji nisu obuhvaćeni prethodnim članom mora se vršiti provera stabilnosti od uticaja izvijanja (efekti teorije II reda), za najnepovoljnije moguće kombinacije spoljnih opterećenja, uzimajući i uticaje tečenja betona i geometrijske netačnosti, dok se efekti skupljanja mogu zanemariti.

Za vitkost $25 < \lambda_i \leq 75$ provera stabilnosti može se vršiti približnim postupcima (metoda zamenjujućeg štapa ili zamenjujuće ekscentričnosti). Efekti tečenja se mogu zanemariti ako je

$$\lambda_i \leq 50$$

$$e/d > 2,0$$

$$N_g \leq 0,2 N_q$$

gde je N_g normalna sila od stalnog, a N_q normalna sila od ukupnog opterećenja.

Za vitkosti $75 < \lambda_i \leq 140$ provera stabilnosti mora se izvršiti po teoriji graničnog stanja loma (teorija II reda).

Efekti tečenja uzimaju se u proračun u svim slučajevima koji nisu obuhvaćeni stavom 2. ovog člana, uvođenjem dodatne ekscentričnosti, prema izrazu

$$e_p = (e_g + e_o) \left(e^{\frac{\alpha_E}{1-\alpha_E} \varphi} - 1 \right)$$

gde su:

$$\alpha_E = \frac{N_g}{N_E}; \quad N_E = E I_{id} \frac{\pi^2}{h_1^2}; \quad I_{id} = I_b + \frac{E_a}{E_b} I_a$$

I_{id} - idealizovani momenat inercije;

e_g - ekscentričnost normalne sile od stalnog opterećenja (N_g);

e_o - ekscentričnost usled netačnosti pri izvođenju, određena članom 107. ovog pravilnika.

Vitkosti $\lambda_i > 140$ ne dopuštaju se. Izuzetno, može se dopustiti vitkost $\lambda_i \leq 200$, ali samo za proveru stabilnosti elemenata u fazama montaže. U tom slučaju mora se izvršiti dokaz stabilnosti ne uzimajući u obzir efekte tečenja betona.

107

Netačnosti pri izvođenju (odstupanja od vertikale) moraju se uzeti u obzir i pri tačnom i pri približnom proračunu. Uticaj netačnosti izvođenja uvodi se preko početne ekscentričnosti, gde je $e_o = l_i/300$, koja ne može biti manja od 2 cm niti veća od 10 cm, gde je l_i sistemna dužina elementa.

Za okvire sa pomerljivim čvorovima, umesto dodatne ekscentričnosti e_o uzima se dodatni nagib α , za koji je

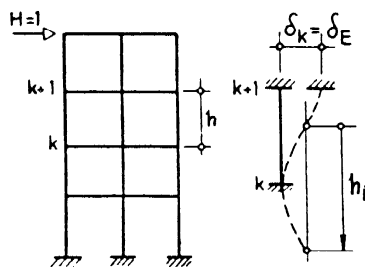
- $\text{tg } \alpha = 1/150$ - za jednospratne okvire opterećene uglavnom vertikalnim opterećenjem;
- $\text{tg } \alpha = 1/200$ - za sve ostale slučajeve.

108

Efektivna dužina izvijanja (kritična dužina) predstavlja rastojanje između prevojnih tačaka deformacione linije pritisnutog armiranobetonskog elementa koje se određuju metodama elastične analize konstrukcijskog sistema.

Za višespratne okvire sa pomerljivim čvorovima (slika 13) vitkost se može odrediti i prema približnom obrascu

$$\lambda_i = \sqrt{\frac{12\delta_k A_b}{h}}$$



Slika 13

gde je:

δ_k - relativno horizontalno pomeranje posmatranog sprata u odnosu na donji sprat usled dejstva horizontalne sile $H = 1$, koja deluje na vrhu konstrukcije, računato sa modulom elastičnosti betona $E_b = 1$;

A_b - zbir svih poprečnih preseka stubova posmatranog sprata, dok je h teorijska spratna visina.

g) LOKALNI NAPONI PRITISKA

109

Lokalni naponi pritiska pri lomu f_o za elemente ležišta, prikazani na slici 17a i 17b, ne smeju preći vrednosti računane prema sledećem izrazu

$$f_o = f_B \sqrt{\frac{A_{b1}}{A_{bo}}} \leq 1,6 f_k$$

gde je:

f_B - računaska čvrstoća betona određena članom 82. ovog pravilnika;

A_{b1} i A_{bo} - površine prema slici 17a i 17b definisane članom 134. ovog pravilnika.

U slučaju linijskog lokalnog oslanjanja (slika 17a) sila zatezanja pri lomu ne može biti manja od vrednosti

$$Z_u = 0,3 P_u \left(1 - \frac{d_o}{d}\right)$$

gde se sila P_u određuje kao granični uticaj prema članu 80. ovog pravilnika.

2. PRORAČUN PREMA GRANIČNIM STANJIMA UPOTREBLJIVOSTI

110

Proračun prema graničnim stanjima upotrebljivosti obuhvata proračun prema graničnim stanjima prslina i proračun prema graničnim stanjima deformacija.

Proračuni prema graničnim stanjima prslina i deformacija zasnivaju se na dokazima da širine prslina i deformacija armiranobetonskih elemenata u toku eksploatacije nisu veće od graničnih vrednosti određenih zavisno od potrebne trajnosti i funkcionalnosti konstrukcije objekta.

a) PRORAČUN PREMA GRANIČNIM STANJIMA PRSLINA

111

Armiranobetonski elementi proračunavaju se prema graničnim stanjima prslina radi obezbeđenja potrebne trajnosti i funkcionalnosti konstrukcije objekta u toku eksploatacije, posebno radi obezbeđenja zaštite armature i betona od korozije, obezbeđenja eventualne nepropustljivosti elemenata za tečnosti i gasove, izbegavanja nepovoljnih psiholoških utisaka i drugo.

Proračun prema graničnim stanjima prslina zasniva se na dokazu da karakteristične širine prslina a_k armiranobetonskih elemenata u toku eksploatacije, uzimajući u obzir uticaje skupljanja i tečenja betona u toku vremena, nisu veće od graničnih širina prslina a_u .

$$a_k \leq a_u$$

112

Za karakterističnu širinu prslina a_k usvaja se vrednost 70% veća od srednje širine prslina a_s . Srednja širina prslina a_s određuje se zavisno od srednjeg rastojanja između prslina l_p i srednje dilatacije zategnute armature ε_{as} .

$$a_s = l_p \cdot \varepsilon_{as}$$

pri čemu se uzima u obzir sadejstvo zategnutog betona između prslina.

113

Granične širine prslina a_u armiranobetonskih elemenata određuju se na osnovu ovog pravilnika i na osnovu posebnih zahteva iz projektnog zadatka ili tehnološkog, hidrotehničkog, arhitektonskog i drugog projekta objekta.

Najveće vrednosti graničnih širina prslina a_u prikazane su u tabeli 18.

Tabela 18. Najveće vrednosti graničnih širina prslina a_u u mm

Agresivnost sredine	Trajanje uticaja	
	stalno i dugotrajno promenljivo	stalno, dugotrajno i kratkotrajno promenljivo
Slaba	0,2	0,4
Srednja	0,1	0,2
Jaka	0,05	0,1

Agresivnost sredine može biti:

- "slaba" - za elemente u unutrašnjosti objekata koji nisu izloženi vlazi, atmosferskim i korozivnim uticajima;
- "srednja" - za elemente koji su izloženi vlazi, atmosferskim i slabijim korozivnim uticajima;

- "jaka" - za elemente koji su izloženi jačim korozivnim uticajima, tečnim ili gasovitim, uključujući neposredni uticaj morske vode i vazduha u blizini mora.

Najveće vrednosti graničnih širina prslina a_u iz tabele 18 odnose se na armiranobetonske elemente sa najmanjim zaštitnim slojevima betona propisanim u članu 135. ovog pravilnika. Za armiranobetonske elemente sa većim zaštitnim slojevima betona, najveće vrednosti graničnih širina prslina a_u srazmerno se mogu povećati najviše do 50% od vrednosti prikazanih u tabeli 18, ali najviše do 0,4 mm.

Najveća vrednost graničnih širina prslina a_u armiranobetonskih elemenata u kojima se skladište tečnosti i gasovi iznosi 0,1 mm.

114

Proračun prema graničnim stanjima prslina nije neophodan za armiranobetonske elemente sa glatkom armaturom GA 240/360 ili sa rebrastom armaturom RA 400/500, koji se nalaze u sredini slabe ili srednje agresivnosti, ako primenjeni prečnik šipki ϕ i koeficijenti armiranja zategnute površine betona μ_z , izraženi u procentima, ispunjavaju uslov

$$\mu_z(\%) \geq \frac{\phi}{k_p a_u}$$

pri čemu je vrednost iz tabele 18 $a_u \leq 0,2$ mm.

Koeficijent armiranja zategnute površine betona μ_z određuje se zavisno od površine zategnute armature A_a i zategnute površine betona A_{bz}

$$\mu_z = \frac{A_a}{A_{bz}}$$

Koeficijent k_p za glatku armaturu GA 240/360 iznosi 35, a za rebrastu armaturu RA 400/500 iznosi 30.

b) PRORAČUN PREMA GRANIČNIM STANJIMA DEFORMACIJA

115

Armiranobetonski elementi proračunavaju se prema graničnim stanjima deformacija radi obezbeđenja funkcionalnosti konstrukcije, posebno radi obezbeđenja kompatibilnosti deformacija sa opremom, uređajima, pregradnim zidovima, ispunama, oblogama, izolacijama i slično, kao i radi obezbeđenja potrebnih nagiba za odvodnjavanje i radi izbegavanja nepovoljnih psiholoških i estetskih utisaka i drugo.

Proračun prema graničnim stanjima deformacija zasniva se na dokazu da najveće deformacije armiranobetonskih elemenata u toku eksploatacije, uzimajući u obzir uticaje skupljanja i tečenja betona, nisu veće od graničnih deformacija.

Treba dokazati da najveći ugibi elemenata v_{max} u toku eksploatacije nisu veći od graničnih ugiba v_u

$$v_{max} \leq v_u$$

116

Ugibi armiranobetonskih elemenata v odreduju se dvostrukom integracijom krivine $\mathcal{K}$ po dužini elementa l

$$v = \int_l \int \mathcal{K}(dl)^2$$

pri čemu treba voditi računa o graničnim uslovima.

Krivina armiranobetonskih elemenata zavisi od stanja prsline.

Za neisprskali deo elementa, krivina $\mathcal{K}^I$ u preseku odreduje se iz ivičnih dilatacija u betonu ε_{b1}^I i ε_{b2}^I za proračunski model preseka bez prsline visine d

$$\mathcal{K}^I = \frac{\varepsilon_{b1}^I - \varepsilon_{b2}^I}{d}$$

Za isprskali deo elementa, krivina $\mathcal{K}^{II}$ u preseku odreduje se iz dilatacije u betonu na pritiskutoj ivici ε_b^{II} i iz dilatacije u zategnutoj armaturi ε_a^{II} za proračunski model preseka sa prslinom statičke visine h , uzimajući u obzir sadejstvo zategnutog betona između prsline; krivina $\mathcal{K}^{II}$ odreduje se u tom slučaju iz srednje dilatacije betona na pritiskutoj ivici ε_{bs} po dužini elementa i iz srednje dilatacije zategnute armature ε_{as} po dužini elementa, pa je

$$\mathcal{K}^{II} = \frac{\varepsilon_{bs} + \varepsilon_{as}}{h}$$

117

Granični ugibi v_u armiranobetonskih elemenata odreduju se tako da bude obezbeđena funkcionalnost konstrukcije objekta, imajući u vidu i zahteve iz projektnog zadatka ili mašinskog, tehnološkog, arhitektonskog i drugog projekta objekta.

U nedostatku zahteva iz stava 1. ovog člana, granični ugibi v_u armiranobetonskih elemenata mogu se odrediti u funkciji raspona

$$v_u = \frac{l}{k_u}$$

pri čemu se za koeficijent k_u orijentaciono može usvojiti vrednost 300 za gredne elemente, vrednost 150 za konzolne elemente, a vrednost 750 za nosače kranskih staza.

118

Proračun prema graničnim stanjima deformacija nije neophodan za armiranobetonske elemente visine poprečnog preseka d , raspona l i odnosa ekstremnih momenta savijanja od dugotrajnih i od ukupnih uticaja M_g/M_q , ako je ispunjen uslov

$$\frac{d}{l} \geq \frac{k_u}{k_l \cdot k_m} \left(1 + \frac{M_g}{M_q} \alpha_\infty \right)$$

Koeficijent k_l , zavisao od statičkog sistema i opterećenja, prikazan je u tabeli 19.

Tabela 19. Vrednosti koeficijenta k_l

	9,6		12
	13,0		16,8
	16		24
	4		3

Koeficijent k_m , zavisao od oblika poprečnog preseka, vrste armature i koeficijenta armiranja μ , prikazan je jednostruko za armirani pravougaoni presek u tabeli 20.

Tabela 20. Koeficijent k_m za jednostruko armirani pravougaoni presek

Koeficijent armiranja μ (%)	Vrsta armature			
	GA 240/360	RA 400/500	BiA 680/800	MAG i MAR 500/560
0,50	1065	640	375	510
0,75	990	595	350	475
1,00	930	560	330	445
1,25	880	530	310	425
1,50	840	505	295	405
1,75	805	485	285	385
2,00	775	465	275	370
2,25	745	445	265	360
2,50	720	430	255	345
2,75	695	420	245	335
3,00	675	405	240	325

Vrednosti koeficijenta k_m za zavarene armaturne mreže date u tabeli 20 koriste se i za ploče koje se proračunavaju kao linijski elementi.

Primena koeficijenta k_m iz tabele 20 za dvostruko armirane pravougaone preseke ili za T preseke na strani je sigurnosti.

Koeficijent uticaja skupljanja i tečenja betona α_∞ , zavisao od odnosa površine pritiskute i zategnute armature A'_a/A_a , za prirodno vlažnu sredinu iznosi

$$\alpha_\infty = 2 - 1,2 \frac{A'_a}{A_a} \neq 0,8$$

3. PRORAČUN PRESEKA PREMA DOPUŠTENIM NAPONIMA

119

Proračun preseka armiranobetonskih elemenata prema dopuštenim naponima zasniiva se na dokazu da najveći naponi u betonu i u armaturi, koji se mogu pojaviti u toku građenja i u toku eksploatacije, ne budu veći od dopuštenih napona datih u tabeli 21.

120

Osnovne pretpostavke za proračun preseka armiranobetonskih elemenata prema dopuštenim naponima su:

- preseći ostaju ravni i posle deformacije;
- beton i armatura ponašaju se idealno elastično;
- dilatacije betona i armature su kompatibilne.

Za odnos modula elastičnosti armature E_a i modula deformacije betona E_b uzima se konstantna vrednost

$$n = \frac{E_a}{E_b} = 10$$

121

Za proračun preseka armiranobetonskih elemenata prema dopuštenim naponima, opterećenih na složeno savijanje sa normalnom silom pritiska, primenjuje se proračunski model preseka bez prsline ili proračunski model preseka sa prslinom.

Proračunski model preseka bez prsline predstavlja idealizaciju naponskog stanja faza I; aktivni presek čini celokupna površina betona i celokupna površina armature.

Proračunski model preseka sa prslinom predstavlja idealizaciju naponskog stanja faza II; aktivni presek čini pritisnuta površina betona i celokupna površina armature. Pretpostavlja se da celokupna zategnuta površina betona, zbog prisustva prsline, ne prihvata normalne napone zatezanja.

Proračunski model preseka bez prsline (naponsko stanje I) primenjuje se sve dok ivični naponi zatezanja σ_{bz} , u odnosu na ivične napone pritiska σ_b , koji se istovremeno pojavljuju u preseku, u slučaju pravog složenog savijanja, ispunjavaju uslov

$$\begin{aligned} \sigma_{bz} &\leq \sigma_b/3 \quad \text{za MB} \leq 30 \\ \sigma_{bz} &\leq \sigma_b/4 \quad \text{za MB} > 30 \end{aligned}$$

a u slučaju kosog složenog savijanja - uslov

$$\sigma_{bz} \leq \sigma_b/3$$

Proračunski model preseka sa prslinom (naponsko stanje II) primenjuje se kad ivični naponi zatezanja σ_{bz} ne zadovoljavaju uslov iz stava 6. ovog člana.

122

Dopušteni naponi u armiranom betonu dati su u tabeli 21.

Tabela 21. Dopušteni naponi u armiranom betonu (MPa)

Vrste napona	Oblasti primene	Marka betona (MB)					
		15	20	30	40	50	60
Središni naponi pritiska	stubovi	$b \geq 20 \text{ cm (1)}$					
	σ_s zidna platna	$d \geq 15 \text{ cm (2)}$					
	sandučasti preseći	$d \geq 12 \text{ cm}$					
	stubovi	$b < 20 \text{ cm}$					
	zidna platna	$d < 15 \text{ cm}$					
Ivični naponi pritiska	sandučasti preseći	$d < 12 \text{ cm}$					
	σ_r pravo savijanje ili	$\text{stubovi } b \geq 12 \text{ cm}$					
		grede					
		$\text{ploče } d \geq 12 \text{ cm}$					
	koso čisto savijanje	$\text{stubovi } b < 20 \text{ cm}$					
τ_a		$\text{ploče } d < 12 \text{ cm}$					
	koso složeno savijanje	4,5	6	9	12	14	16
		7	9	13,5	18	20,5	23
	konstrukcijska	savijanje ili torzija					
	armatura	0,5	0,6	0,8	1	1,1	1,2
Glavni naponi zatezanja		savijanje i torzija					
		jednovremeno					
	τ_b proračunska	0,6	0,8	1	1,1	1,2	1,3
	armatura	1,5	1,8	2,2	2,6	3	3,4
		savijanje i torzija					
τ_c		jednovremeno					
	proračunska gusta	1,9	2,2	2,8	3,4	3,9	4,4
	armatura	1,5	2,5	3,3	4	4,5	5

(1) b - manja strana stuba

(2) d - debljina platna, zida sandučastog preseka ili ploče

Za marke betona 25, 35, 45, 55 dopušteni naponi se određuju linearnom interpolacijom između dve susedne vrednosti.

Za dopuštene središnje i ivične napone pritiska prefabrikovanih armiranobetonskih elemenata, proizvedenih u pogonima betonskih prefabrikata, uzimaju se veće vrednosti iz tabele 21, nezavisno od dimenzija preseka.

Za ukupne uticaje, uključujući i uticaje usled promene temperature, skupljanja betona i slično, dopušteni naponi u armiranom betonu povećavaju se, i to za središnje napone pritiska 10%, a za ivične napone pritiska 15% od vrednosti datih u tabeli 21.

123

Dopušteni naponi pritiska u nearmiranom betonu navedeni su u tabeli 22.

Tabela 22. Dopušteni naponi pritiska u nearmiranom betonu (u MPa)

Vrste napona	Marka betona (MB)					
	10	15	20	30	> 30	
Središnji naponi pritiska	σ_s	1,5	2,5	3,5	6	$0,2f_{bk}$
Ivični naponi pritiska	σ_v	2	3,5	5	8	$0,25f_k$

Dopušteni ivični naponi zatezanja od savijanja u nearmiranobetonskom betonu iznose 10% od vrednosti dopuštenih ivičnih napona pritiska iz tabele 22.

Ivični naponi zatezanja nearmiranih betonskih elemenata, opterećenih na složeno savijanje, ne smeju biti veći od jedne petine ivičnih napona pritiska, koji se istovremeno pojavljuju u preseku.

Dopušteni ivični naponi zatezanja u nearmiranom betonu odnose se samo na preseke van radnih spojnica.

124

Dopušteni naponi u armaturi dati su u tabeli 23.

Tabela 23. Dopušteni naponi u armaturi (u MPa)

Vrsta armature	Oblasti primene		Dopušteni naponi u armaturi σ_a (u MPa)
Glatka armatura GA 220/340	$\phi 5$ do $\phi 12$	za stubove, grede i ploče	125
		stubovi grede	160
Glatka armatura GA 240/360	$\phi 5$ do $\phi 12$	ploče $d \leq 12$ cm	180
		ploče $d > 12$ cm	180
	$\phi 14$ do $\phi 36$	stubovi grede	140
		ploče $d \leq 12$ cm	160
		ploče $d > 12$ cm	160
		stubovi grede	220
Rebrasta armatura RA 400/500	MB 20 do MB 30	ploče $d \leq 12$ cm	240
		ploče $d > 12$ cm	240
	MB > 30	stubovi grede	240
		ploče $d \leq 12$ cm	260
		ploče $d > 12$ cm	260
		grede	260
Zavarene armaturne mreže od glatke žice MAG 500/560	MB 20 do MB 30	ploče $d \leq 12$ cm	240
		ploče $d > 12$ cm	260
	MB > 30	grede	260
		ploče $d \leq 12$ cm	260
		ploče $d > 12$ cm	280
		grede	280

Vrsta armature	Oblasti primene		Dopušteni naponi u armaturi σ_a (u MPa)
Zavarene armaturne mreže od rebraste žice MAR 500/560	MB 20 do MB 30	grede ploče	$d \leq 12$ cm 250
		ploče	$d > 12$ cm 270
	MB > 30	grede ploče	$d \leq 12$ cm 270
		ploče	$d > 12$ cm 290
Bi armatura	MB 20 do	grede ploče	$d \leq 12$ cm 380
		ploče	$d > 12$ cm 400
BiA 680/800	MB 30	ploče	$d > 12$ cm 400
			400

Za ukupne uticaje, uključujući i uticaje usled promene temperature, skupljanja betona i slično dopušteni naponi u armaturi povećavaju se za 20% u odnosu na vrednosti prikazane u tabeli 23, sa ograničenjem do 180 MPa za glatku armaturu GA 240/360, a do 280 MPa za rebrastu armaturu RA 400/500.

Ako se za centrično pritisnute elemente za betone MB > 30 koristi glatka armatura GA 240/360, moraju se proračunati najveće vrednosti napona u armaturi usled skupljanja i tečenja betona. Ako se ti naponi u armaturi ne proračunavaju, obavezno se koristi armatura sa granicom razvlačenja $\sigma_v \geq 400$ MPa.

125

Za dinamički opterećene armiranobetonske elemente dopuštena je samo primena glatke armature GA 240/360 i rebraste armature RA 400/500-2, a primena glatke armature GA 220/340, rebraste armature RA 400/500-1, zavarenih armaturnih mreža od glatke ili rebraste žice MAG 500/560 i MAR 500/560, kao i Bi-armature BiA 680/800 nije dopuštena.

Dopušteni naponi u glatkoj armaturi GA 240/360 dinamički opterećenih elemenata za šipke prečnika $\phi 5$ do $\phi 12$ mm iznose 160 MPa, a za šipke prečnika $\phi 14$ do $\phi 36$ mm iznose 140 MPa.

Dopušteni naponi σ_{ad} u rebrastoj armaturi RA 400/500-2 dinamički opterećenih elemenata ograničeni su na 220 MPa, i određuju se prema izrazu

$$\sigma_{ad} = 140 + 0,7\sigma_{a,\min} \not\geq 220 \text{ MPa}$$

gde je:

σ_{ad} - dopušteni napon u armaturi od stalnog i promenljivog opterećenja;

$\sigma_{a,\min}$ - najmanji napon u armaturi od stalnog i promenljivog opterećenja;

$\not\geq$ - oznaka za gornju granicu važenja izraza.

Za ukupne uticaje, uključujući i uticaje usled promene temperature, skupljanja betona i slično, dopušteni naponi u rebrastoj armaturi σ_{ad} i dopušteni naponi u glatkoj armaturi σ_a dinamički opterećenih elemenata mogu se povećati do 10% od vrednosti datih u tabeli 23.

126

Elementi napregnuti na centrični pritisak proračunavaju se na izvijanje, ako vitkosti (λ_i) prelaze sledeće vrednosti:

- za armirane elemente $\lambda_i > 50$;
- za nearmirane elemente $\lambda_i > 35$.

Dozvoljene su sledeće najveće vitkosti:

- za armirane elemente $\lambda_i = 140$;
- za nearmirane elemente $\lambda_i = 70$.

Vitkosti $140 < \lambda_i \leq 200$ dopuštaju se pri proveru stabilnosti elemenata u fazama montaže. Dozvoljena sila nosivosti centrično pritisnutog elementa u armiranom betonu određuje se prema sledećem izrazu

$$P = \sigma_i A_b (1 + n\mu)$$

gde je:

$$n = 10;$$

μ = koeficijent armiranja ($\mu = A_a/A_b$);

$$\sigma_i = 1,4\sigma_s - 0,4 - (\sigma_s - 1) \frac{\lambda_i}{125};$$

gde je:

$$\lambda_i = \frac{l_i}{i};$$

l_i = dužina izvijanja elementa;

i = poluprečnik inercije betonskog preseka;

σ_s - dopušteni središnji normalni napon u betonu određen u tabeli 21;

σ_i - dopušteni središnji normalni napon u betonu pri izvijanju.

127

Dozvoljena sila nosivosti ekscentrično pritisnutog nearmiranog elementa određuje se prema sledećem izrazu:

$$P = \sigma_i \cdot A_b$$

gde je:

$$\lambda_i = \frac{135 - \lambda_i}{100} \cdot \sigma_s \left(1 - 0,5 \sqrt{\frac{e}{k}} \right) \leq \sigma_s$$

e - ekscentricitet normalne sile u odnosu na težište preseka;

k - odstojanje tačke jezgra od središta preseka.

Za odnose $e/k \geq 1,50$ presek se mora armirati.

128

Pri određivanju uticaja u armiranobetonskom preseku vitkih elemenata opterećenih normalnom silom i momentom savijanja uzima se u obzir promena oblika ose pritisnutog elementa. Promena oblika utvrđuje se po teoriji konstrukcija (teorija II reda), vodeći računa i o svim dugotrajnim uticajima (stalno opterećenje, skupljanje, tečenje betona i dr.).

Naponi u betonu i čeliku, koji se dobijaju iz kombinacija najveće normalne sile (stvarno stanje) i povećanog ekscentriciteta, ne smeju prelaziti dopuštene vrednosti napona određenih u tabelama 21 i 23.

Stabilnost ekscentrično pritisnutih elemenata ne proverava se ako je

$$\lambda_i \leq 25$$

$$\frac{e}{d} \geq 3,5 \text{ za } \lambda_i \leq 75$$

$$\frac{e}{d} \geq \frac{3,5\lambda_i}{75} \text{ za } \lambda_i \geq 75$$

$$\lambda_i \leq 50 - 25 \frac{M_1}{M_2}$$

gde su:

M_1 i M_2 - momenti na krajevima elementa izračunati po teoriji I reda, pri čemu je $|M_2| > |M_1|$;

e - ekscentricitet normalne sile sračunat po teoriji I reda za elastičan sistem;

d - odgovarajuća visina poprečnog preseka.

129

Izuzetno od odredaba člana 128. ovog pravilnika, povećanje ekscentriciteta e_i za jednostavnije konstrukcije izračunava se prema sledećem izrazu:

$$e_i = e \left(1 + \frac{1 + K}{\frac{\sigma^*}{\sigma_o} - 1} \right)$$

gde je:

e_i - ukupni ekscentricitet pri izvijanju;

$e = \frac{M}{N} + e_o$ - početni najveći ekscentricitet uzet u srednjoj trećini dužine izvijanja štapa uvećan za najmanje e_o - ekscentricitet usled netačnosti pri izvođenju;

$$\sigma_o = \frac{N}{A_b},$$

$$\sigma^* = \frac{40000}{\lambda_i^2} \sqrt[3]{\sigma_s + 2,5} \text{ (MPa);}$$

σ_s - dozvoljeni središnji napon određen u tabeli 21 (MPa);

λ_i - dužina izvijanja;

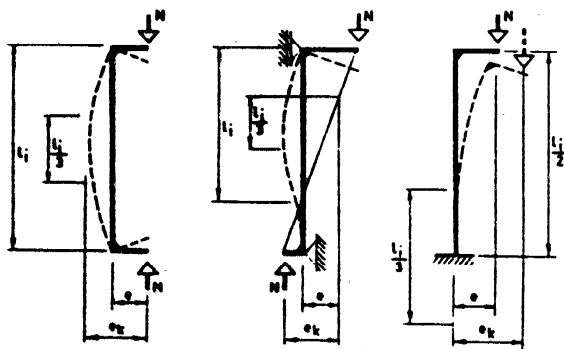
$$k = \frac{\sigma_g}{\sigma};$$

$$\sigma_g = \frac{N_g}{A_b} + \frac{M_g}{W_b} \text{ i } \sigma = \frac{N}{A_b} + \frac{M}{W_b};$$

N_g, M_g - uticaji usled stalnog opterećenja;

M, N - najveći uticaji pri eksploataciji od ukupnih opterećenja (slika 14);

A_b i W_b - površina i otporni moment betonskog preseka.



Slika 14

130

Dozvoljena sila nosivosti spiralno armiranog stuba izračunava se prema izrazu

$$P = \frac{1}{3} A_{bs} f_{bk} (1 + k_o \mu_o + 2k_s \mu_s)$$

gde je:

f_{bk} - (karakteristična čvrstoća);

A_{bs} - površina jezgra betonskog preseka unutar osa spirala;

μ_o - koeficijent armiranja podužnom armaturom;

μ_s - koeficijent armiranja spiralnom armaturom;

$$k_o = \frac{\sigma_o}{0,7 f_{bk}};$$

$$\sigma_s = \frac{\sigma_s}{0,7 f_{bk}};$$

σ_g - granica gnječenja podužne armature. Za proračun se uzima $|\sigma_g| = |\sigma_v|$

Stubovi sa vitkošću $\lambda_i > 50$, kao i stubovi sa ekscentričnom normalnom silom ne mogu se proračunavati kao spiralni stubovi nego kao obični armirani, prema izrazima čl. 126. i 128. ovog pravilnika.

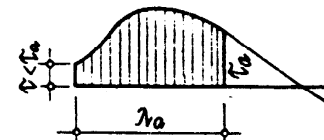
131

Glavni naponi zatezanja armiranobetonskih elemenata opterećenih na savijanje i torziju u blizini neutralne linije na najvećem delu linijskih nosača jednaki su naponima smicanja, pa se kao takvi upoređuju sa dopuštenim naponima τ_a , τ i τ_c datim u tabeli 21.

Glavni naponi zatezanja (σ_2) elemenata opterećenih na savijanje sa uticajem transverzalne sile ne smeju biti veći od dopuštenih vrednosti napona τ_c dok glavni naponi zatezanja od čiste torzije ili jednovremenog uticaja torzije i savijanja ne smeju biti veći od dopuštenih vrednosti τ_b .

Ako su izračunate vrednosti glavnih napona zatezanja manje ili jednake vrednostima napona τ_a , u potpunosti ih prihvata beton, pa nije potrebno obezbeđenje armaturom.

Ako izračunate vrednosti glavnih napona zatezanja prelaze vrednosti napona τ_a , a manje, su ili jednake vrednostima napona τ_b sile usled glavnih napona zatezanja, primaju se kosim šipkama i uzengijama, i to počev od mesta gde je $\tau > \tau_a$ do oslonca, bez obzira na to što u oblasti oslonca naponi mogu biti manji od napona τ_a (slika 15).



Slika 15

Pri proračunu napona smicanja τ uzima se u obzir promena visine nosača. Kada glavni naponi zatezanja prekoračuju vrednosti dopuštenih napona τ_b , onda se osiguranje armaturom vrši na celoj dužini elementa na kojoj vladaju jednoznačni glavni naponi zatezanja. Na toj dužini glavni naponi zatezanja u potpunosti se prihvataju proglašćenom armaturom. Glavni napon zatezanja ne sme da bude veći od dopuštene granice τ_c .

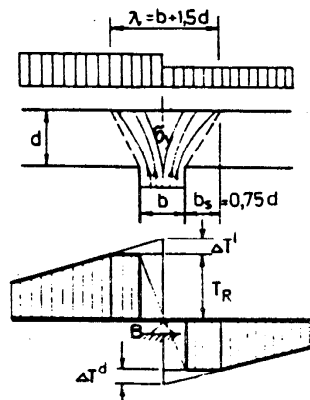
132

Minimalni procent armiranja poprečnom armaturom (uzengijama), pri prekoračenju τ_a napona, mora iznositi najmanje 0,2% odgovarajućeg betonskog preseka.

Znatni poprečni σ_y naponi, koji se javljaju u oblasti oslonca, uzimaju se pri proračunu glavnih napona zatezanja.

Opterećenje na linijskom nosaču koje deluje na delu svetlog otvora nosača (na 0,75 d) ne uzima se pri određivanju transverzalne sile, ako se naponi σ_y pri proračunu glavnih napona zatezanja ne unose u proračun.

Ublažavanje uticaja transverzalnih sila iz stava 3. ovog člana može se uneti u proračun uvođenjem oslonačkih normalnih napona pri proračunu glavnih napona. Rasprostiranje reakcije oslonaca na širini $\lambda = b + 1,5d$ i raspored napona σ_y prikazani su na slici 16.



Slika 16

133

Naponi prijanjanja τ_p na krajnjim slobodnim osloncima armiranobetonskih elemenata opterećenih na savijanje sa uticajima transverzalnih sila određuju se, zavisno od redukovane transverzalne sile T_R , kraka unutrašnjih sila i obima svih šipki u zategnutoj zoni koje prelaze preko slobodnog oslonca U , a prema izrazima: $\tau_p = \frac{T_R}{zU}$ - za elemente bez kose armature oko slobodnog oslonca; $\tau_p = \frac{T_R}{2zU}$ - za elemente sa kosom armaturom oko slobodnog oslonca.

Dopušteni naponi prijanjanja τ_p određeni su u tabeli 25.

134

Dopušteni lokalni naponi pritiska σ_o u armiranom betonu ne smeju preći vrednosti proračunate prema izrazu:

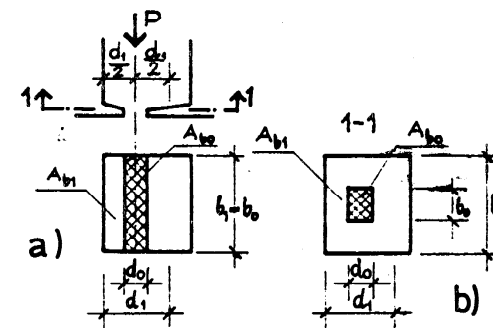
$$\sigma_o = \sigma_s \sqrt{\frac{A_{bi}}{A_{bo}}} \leq 0,75 f_{bk}$$

gde su:

- σ_s - dopušteni središnji napon u betonu, određen u tabeli 21 ovog pravilnika;
- A_{bo} - lokalno opterećena površina ($A_{bo} = b_o d_o$), u slučaju linijskog opterećenja (slika 17a), a u slučaju koncentrisanog opterećenja (slika 17b);
- A_{bi} - površina $A_{bi} = b_i d_i$ geometrijski slična lokalnoj opterećenoj površini sa istim težištem kao i površina A_{bo} (slika 17).

Usled lokalnog dejstva opterećenja javljaju se sile cepanja upravno na ravan sile, koje se moraju prihvatiti armaturom. U slučaju linijskog lokalnog oslanjanja (slika 17a) sila zatezanja ne može biti manja od vrednosti

$$Z = 0,3P \left(1 - \frac{d_o}{d_i} \right)$$



Slika 17

V PRAVILA ZA ARMIRANJE

1. ZAŠTITNI SLOJ DO ARMATURE

Najmanji zaštitni sloj betona do armature, uključujući i uzengije, određuje se zavisno od vrste elementa, odnosno konstrukcije, stepena agresivnosti sredine u kojoj se element nalazi, marke betona, prečnika armature i načina izvođenja, odnosno ugrađivanja betona.

Najmanji zaštitni slojevi betona do armature za elemente i konstrukcije u slabo agresivnim sredinama, izvedene betoniranjem na licu mesta, jesu:

- $a_o = 1,5$ cm - za ploče, ljuške i zidove i za rebraste i olaksane međuspratne konstrukcije;
- $a_o = 2,0$ - za grede, stubove i ostale elemente konstrukcije, koje nisu obuhvaćene prvom alinejom ovog stava.

Najmanji zaštitni slojevi betona do armature iz stava 1. ovog člana povećavaju se za 0,5 cm za elemente i konstrukcije u umereno (srednje) agresivnim sredinama a za najmanje 1,5 cm za elemente i konstrukcije u jako agresivnim sredinama.

Agresivnost sredine određena je u članu 113. ovog pravilnika.

Najmanji zaštitni slojevi betona koriguju se, i to:

- a) + 0,5 cm - ako površine elementa, odnosno konstrukcije posle betoniranja nisu ili su veoma teško dostupne kontroli;
- b) + 0,5 cm - za betone marke manje od MB 25;
- v) + 1,0 cm - ako se površina betona naknadno obrađuje postupcima koji izazivaju oštećenja zaštitnog sloja betona;
- g) + 1,0 cm - za konstrukcije koje se izvođe sa klizajućom oplatom;
- d) - 0,5 cm - za montažne elemente i konstrukcije proizvedene u fabričkim uslovima.

Korekcija najmanjeg zaštitnog sloja vrši se simultano.

Zaštitni sloj betona do armature ne sme biti manji od prečnika tog profila armature. U slučaju grupisanja profila armature u svežanj, zaštitni sloj betona do armature ne sme biti manji od prečnika zamenjujućeg profila svežnja armature, a uzima se od stvarnih površina profila armature grupisanih u svežanj. Zamenjujući profil svežnja armature određen je u članu 138. ovog pravilnika.

Najmanji zaštitni slojevi betona mogu biti uslovljeni i zahtevima otpornosti pri dejstvu požara ili drugim posebnim zahtevima u slučaju specijalnih konstrukcija ili elemenata i konstrukcija u sredinama neuobičajenog stepena ili karakteristika agresivnosti.

136

Ako je potreban zaštitni sloj betona do armature, određen prema odredbama člana 135. ovog pravilnika, veći od 5,0 cm, zaštitni sloj mora se armirati posebno tankom armaturnom mrežom.

Rastojanje te armature u zaštitnom sloju od spoljne površine betona ne može biti manje od 2,0 cm.

Takva armatura zaštitnog sloja ne uzima se pri dokazivanju napona, odnosno graničnih stanja.

2. RASPOREĐIVANJE ARMATURE U PRESECIMA ELEMENATA

137

Razmak armature mora biti dovoljan da bi se obezbedili uslovi za efikasno ugrađivanje betona, postizanje dobrog kvaliteta zaštitnog sloja betona do armature i efikasno prijanjanje betona i armature

Čist horizontalan, kao i čist vertikalni razmak između paralelnih pojedinačnih profila armature ne sme biti manji od 3,0 cm. Taj razmak mora biti najmanje jednak prečniku armature, a ne sme biti manji od 0,8 nominalne veličine najvećeg zrna agregata. Za određivanje minimalnog čistog razmaka susednih pojedinačnih profila armature različitih prečnika, merodavan je profil većeg prečnika.

Odredbe ovog člana odnose se i na mesta nastavljanja armature.

Čisto horizontalno rastojanje pojedinačnih profila armature mora biti takvo da omogućava prolazak pervibratora pri betoniranju u sve delove elemenata gde je to neophodno radi efikasnog ugrađivanja betona.

138

Izuzetno, radi omogućavanja smeštanja podužne armature u poprečni presek jače armiranih elemenata, pojedinačni profili armature mogu se grupisati jedan uz drugi u svežnjeve, bez međusobnog razmaka u horizontalnoj, odnosno u vertikalnoj ravni, uz vođenje računa o obezbeđenju uslova za efikasno ugrađivanje betona.

Tako grupisanih profila armature u svežnju može biti najviše četiri. Pritom se u istoj ravni mogu postaviti jedan uz drugi najviše dva profila bez međusobnog razmaka (slika 18).



Slika 18. Dopusćeni načini grupisanja profila armature u svežnjeve bez međusobnog razmaka

U svežanj se mogu grupisati i profili armature različitih prečnika. U paralelnim ravnima bez međusobnog razmaka mogu se postaviti najviše dva profila BiA čelika jedan uz drugi.

Za određivanje najmanjeg zaštitnog sloja betona do armature u svežnju, kao i za određivanje najmanjeg čistog razmaka između svežnjeva armature, merodavan je zamenjujući profil svežnja, pod kojim se podrazumeva fiktivan profil sa površinom poprečnog preseka jednakom površini preseka armature grupisane u svežanj.

Tako određen minimalni čist razmak između svežnjeva meri se od stvarnih površina profila u susednim svežnjevima.

Najveći dopušteni zamenjujući prečnik svežnja armature je 44 mm. U elementima masivnih betonskih konstrukcija mogu se koristiti i svežnjevi sa većim zamenjujućim prečnicima, uz posebno dokazivanje da su obezbeđeni uslovi efikasnog prijanjanja i usidrenja armature.

Kad je to neophodno, mogu se postaviti najviše dve uzengije jedna uz drugu bez međusobnog razmaka.

3. OBLIKOVANJE ARMATURE

139

Podužna armatura od pojedinačnih profila glatkog, rebrastog ili Bi-čelika može biti prava ili povijena.

Armatura se povija ako je racionalno da se ista armatura pri promeni uticaja duž raspona elementa koristi u različitim zonama preseka, ako se ista armatura duž raspona elementa koristi za prihvatanje različitih uticaja ili ako se na taj način postiže povoljnije usidrenje armature.

Zavarene armaturne mreže se ne povijaju.

Podužna armatura od pojedinačnih profila glatkog ili rebrastog čelika može na krajevima imati kuke ili može biti prava, bez kuka na krajevima.

Armatura od zavarenih mreža i armatura od Bi-čelika ugrađuju se bez kuka na krajevima, osim kad se koriste za izradu uzengija.

140

Uzengije se u linijskim elementima po pravilu oblikuju kao zatvorene, a samo izuzetno kao otvorene, u slučajevima kad je nekom drugom armaturom obezbeđeno poprečno opasivanje preseka armaturom. Uzengije se, po pravilu, zatvaraju na

uglovima poprečnog preseka. Zatvaranje uzengija obezbeđuje se kukama na mestu zatvaranja, bez preklapanja. Kad su uzengije po celom obimu zategnute (dejstvo torzije i dr.), uzengije se zatvaraju s potrebnim preklopom, prema članu 144. do 147.

Najveći prečnici profila armature koji se koriste za izradu uzengija u uobičajenim elementima i konstrukcijama su: $\phi 16$ - za uzengije od glatke armature, $\phi 12$ - za uzengije od rebraste armature, $\phi 10$ - za uzengije od zavarenih armaturnih mreža sa jednostrukim žicama, $\phi 8$ - za uzengije od zavarenih armaturnih mreža sa dvostrukim žicama i $\phi 6,9$ - za uzengije od Bi-čelika.

141

Najmanji prečnici povijanja podužne armature i uzengija mereni na unutrašnjoj konturi povijenih profila, za različite vrste betonskih čelika dati su u tabeli 24.

Tabela 24. Najmanji prečnici povijanja podužne armature i uzengija za različite vrste betonskih čelika

Najmanji prečnici povijanja arma- ture D (u mm)	Vrste betonskih čelika			
	GA 240/360	RA 400/500	MAG i MAR 500/560	BiA 680/800
Povijanje podužne armature (osim kuka)	D_1	15ϕ	15ϕ	ne povija se
Kuke na krajevima podužne armature	D_2	6ϕ za $\phi \leq 20$ 8ϕ za $\phi > 20$	10ϕ	bez kuka
Savijanje i kuke na krajevima uzengija	D_3	$4\phi_u, \phi_u \leq 16$	$5\phi_u, \phi_u < 12$ $4\phi_u, \phi_u \leq 8^2)$	$\phi_u \leq 10^1)$ $6\phi_u, \phi_u \leq 6,9^3)$

1) Zavarene armaturne mreže sa jednostrukim podužnim žicama.

2) Zavarene armaturne mreže sa dvostrukim podužnim žicama.

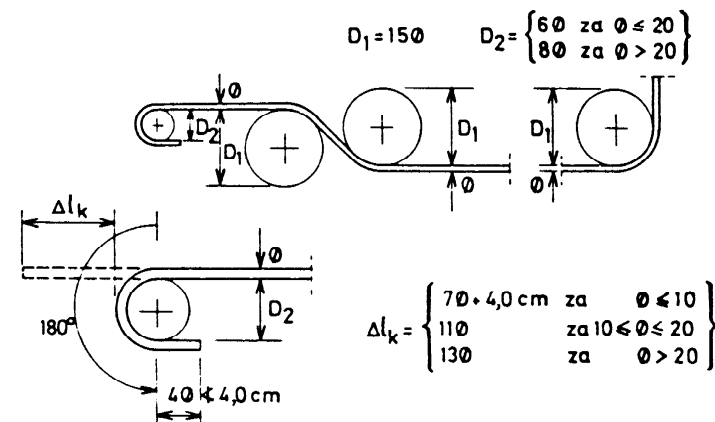
3) Prečnici podužnih žica Bi - čelika izražavaju se u desetim delovima milimetra.

142

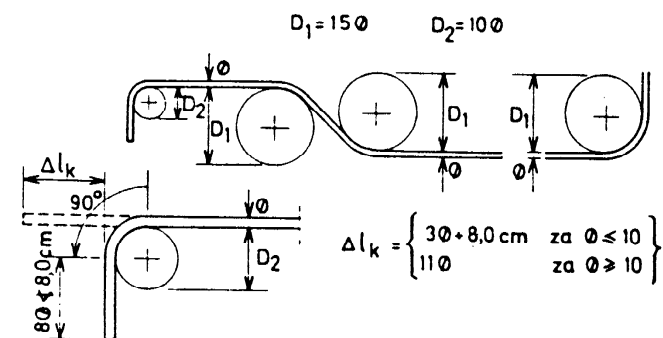
Standardne kuke na krajevima glatke podužne armature su polukružne kuke. Polukružne kuke se oblikuju povijanjem armature za 180° , sa pravim delom dužine 4ϕ , ali ne manje od 4,0 cm na kraju kuke, u produžetku krivine. Na slici 19 prikazano je povijanje glatke podužne armature i oblik standardne polukružne kuke. Na toj slici date su i potrebne dodatne dužine profila Δl_k za ispravno oblikovanje kuke.

143

Standardne kuke na krajevima rebraste podužne armature su provougaone kuke. Pravougaone kuke se oblikuju povijanjem armature za 90° , sa pravim delom dužine 8ϕ ali ne manje od 8,0 cm na kraju kuke, u produžetku krivine. Na slici 20 prikazano je povijanje rebraste podužne armature i oblik standardne pravougaone kuke. Na slici 20 date su i potrebne dodatne dužine profila Δl_k za ispravno oblikovanje kuke.



Slika 19



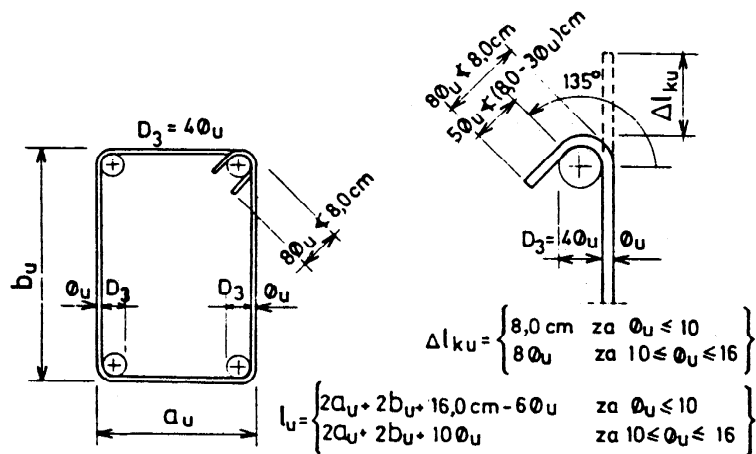
Slika 20

144

Standardne kuke na krajevima uzengija od glatke armature oblikuju se kao kose kuke, povijanjem armature za 135° , sa pravim delom dužine 5ϕ , ali ne manje od $(8,0 - 3\phi_u)$ centimetara na kraju kuke, u produžetku krivine. Na slici 21 prikazana je standardna kosa kuka za krajeve uzengija od glatke armature, potrebne dodatne dužine profila Δl_{ku} za ispravno oblikovanje kuke, zatvorena pravougaona uzengija i potrebne ukupne dužine armature l_u za izradu zatvorenih uzengija pravougaonog oblika, sa dimenzijama spoljašnje konture a_u i b_u .

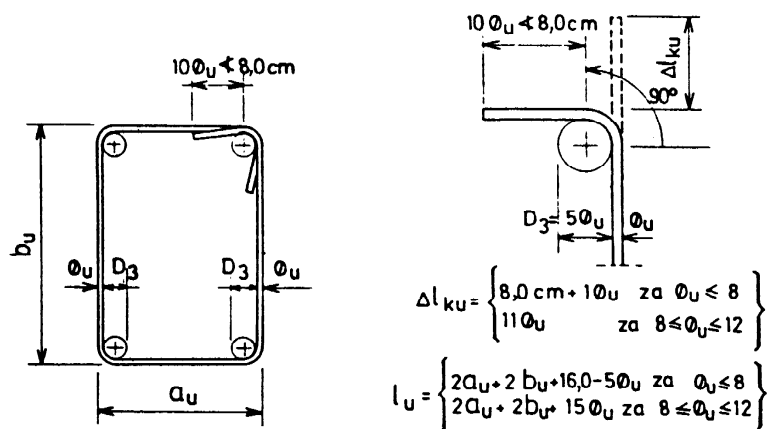
145

Standardne kuke na krajevima uzengija od rebraste armature oblikuju se kao pravougaone kuke, povijanjem armature za 90° , sa pravim delom dužine 10ϕ ali ne manje od 8,0 cm na kraju kuke, u produžetku krivine. Na slici 22 prikazana je standardna pravougaona kuka za krajeve uzengija od rebraste armature, potrebne dodatne dužine Δl_{ku} za ispravno oblikovanje kuke, zatvorena pravougaona uzengija



Slika 21

i potrebne ukupne dužine armature l_u za izradu zatvorenih pravougaonih uzengija sa dimenzijama spoljašnje konture a_u i b_u .

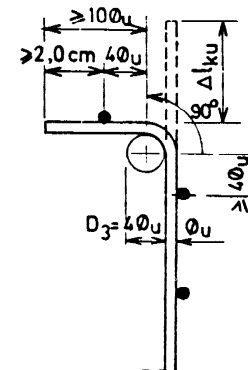


Slika 22

146

Kad se zavarene armature koriste za izradu uzengija, one na krajevima moraju imati pravougaone kuke, oblikovane povijanjem armature za 90° , sa prečnikom povijanja $4\phi_u$. Na pravom delu, dužine ne manje od $10\phi_u$ na kraju kuke, u produžetku krivine, mora biti bar jedna zavarena poprečna žica, udaljena najmanje 2,0 cm od kraja uzengije. Poprečne žice, bilo sa unutrašnje ili sa spoljašnje strane uzengija, ne smeju biti bliže od $4\phi_u$ od početka, odnosno do kraja krivine (slika 23).

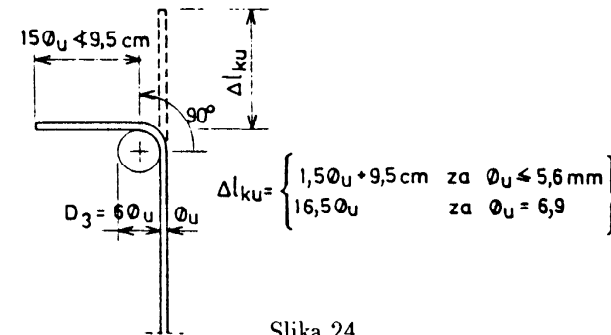
Na slici 23 date su i potrebne minimalne dodatne dužine profila Δl_{ku} za ispravno oblikovanje kuke, u slučaju da je za dužinu pravog dela na kraju kuke merodavna veličina $10\phi_u$.



Slika 23

147

Uzengije od Bi-čelika moraju na krajevima imati pravougaone kuke, oblikovane povijanjem armature za 90° , sa propisanim prečnikom povijanja od $6\phi_u$, sa pravim delom dužine najmanje $15\phi_u$ ali ne manje od razmaka prečki (95 mm) na kraju kuke, u produžetku krivine (slika 24). Na slici su date i potrebne dodatne dužine profila Δl_{ku} za ispravno oblikovanje kuka.



Slika 24

4. SIDRENJE ARMATURE

Sidrenje profila armature može se vršiti pravim delom, sa kukom, sa povijanjem profila u petlju i profilima sa zavarenim poprečnim šipkama. Sidrenje pravim delom može se izvršiti na drugi način, s tim da sigurnost sidrenja šipke armature u armiranobetonskim konstrukcijama mora biti najmanje 1,8, što se mora dokazati ispitivanjem.

Dužina sidrenja zavisi od položaja profila u elementu pri betoniranju, od vrste čelika, od marke betona i prečnika profila armature.

Dopušteni naponi prijanjanja τ_p u uslovima dobre adhezije, zavisni su od položaja armature pri betoniranju, a odnose se:

- na armaturu koja je pri betoniranju nagnuta za 45-90° prema horizontali;
- na armaturu koja je pri betoniranju nagnuta za manje od 45° prema horizontali ili na horizontalnu armaturu, ako se profili te armature pri betoniranju nalaze u donjoj polovini poprečnog preseka elementa ili su udaljene najmanje za 30 cm od gornje slobodne površine elementa.

Dopuštene vrednosti napona prijanjanja τ_p za uslove dobre adhezije date su u tabeli 25.

Tabela 25. Dopuštene vrednosti napona prijanjanja τ_p (u MPa) za uslove dobre adhezije

Vrsta čelika	Marka betona (MB)					
	15	20	30	40	50	60
Glatka armatura (GA)	0,60	0,67	0,76	0,85	0,92	0,98
Rebrasta armatura (RA)	1,2	1,4	1,75	2,10	2,45	2,80

U ostalim slučajevima položaja armature u preseku, koji nisu navedeni u drugom stavu ovog člana, vrednosti napona prijanjanja τ_p iz tabele 25 umanjuju se za jednu trećinu za uslove lošije adhezije.

Dužina sidrenja armature (l_s) pravog dela bez kuka za glatku armaturu (GA) i rebrastu armaturu (RA) određuje se prema izrazu

$$l_s = \frac{\phi \sigma_v}{4 \tau_p \gamma_u}$$

gde je:

- ϕ - prečnik profila koji se sidri;
- σ_v - granica razvlačenja čelika, odnosno granica σ_{02} ;
- γ_u - koeficijent sigurnosti ($\gamma_u = 1,80$) koji se odnosi na dužinu sidrenja;
- τ_p - dopušteni računski napon prijanjanja određen prema tabeli 25 za uslove dobre adhezije ili umanjen za jednu trećinu za lošije uslove adhezije.

Na dužini sidrenja l_s uzima se napon prijanjanja τ_p kao konstantna vrednost za proračun dužine sidrenja.

150

Efektivna dužina sidrenja zavisi od tipa usidrenja i stvarnog (efektivnog) napona u armaturi i izračunava prema izrazu

$$l_{s(ef)} = \alpha \cdot l_s \frac{\sigma_a(ef)}{\sigma_a} \nless l_{s,min}$$

gde je:

- $l_{s(ef)}$ - efektivna dužina sidrenja;
- l_s - dužina sidrenja određena prema članu 149. stav 5. ovog pravilnika;
- $\sigma_a(ef)$ - stvarni naponi koji odgovaraju dejstvima u eksploataciji;
- σ_a - dopušteni napon u armaturi određen u tablici 23;
- $\alpha = 1$ - za sidrenje pravim šipkama bez kuka napregnutim na zatezanje ili na pritisak, kao i za sidrenje pritisnutih šipki sa kukama;
- $\alpha = \frac{2}{3}$ - za sidrenje zategnutih šipki sa kukama;
- najmanje dužina usidrenja $l_{s,min}$ iznosi za zategnute i pritisnute šipke

$$l_{s,min} = 0,5l_s \nless 10\phi \nless 15 \text{ cm}$$

151

U zoni usidrenja zategnute i pritisnute armature, za utezanje preseka mora se obezbediti poprečna armatura, odnosno uzengije. Ako su profili koji se sidre $\phi > 16$ mm za zategnute i za pritisnute šipke na dužini usidrenja $l_{s(ef)}$ obezbeđuje se poprečna armatura (uzengije) koja može da prihvati 20% sile u podužnoj armaturi koja se sidri.

152

Šipke grupisane u svežnjeve (cvasti) sidre se na način propisan za sidrenje pojedinačnih šipki, pa je za svežnjeve od 2, 3 ili 4 profila dužina usidrenja 1,2; 1,3 ili 1,4 puta veća od dužine usidrenja pojedinačne šipke.

Po pravilu, šipke iz svežnja treba pri sidrenju raspertlati, tako da se iz jednog svežnja, u jednom mestu mogu usidriti najviše dve šipke.

153

Sidrenje zategnute glatke armature pravim šipkama bez kuka ne dozvoljava se, izuzev u slučajevima kad se sidrenje sa kukama ne može izvesti.

Sidrenje profila zategnute rebraste armature vrši se pravim delom ili pravim delom sa pravougaonom kukom (90°).

Sidrenje profila pritisnute armature po pravilu se vrši bez kuka.

Kad je u pitanju zategnuta armatura kuke ne treba postavljati u blizini slobodne površine betona.

Na dužini usidrenja $l_{s(ef)}$, da bi se izbegli nepovoljni uticaji sile cepanja, vrši se utezanje betona uzengijama.

Ako u zoni sidrenja postoje uticaji koji uravnotežuju sile cepanja (oslonjačke zone) ili ako je prečnik podužne armature $\phi < 16$ mm, poprečna armatura u zoni sidrenja može se izostaviti.

154

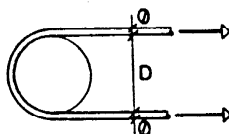
Pri sidrenju petljama, da bi se izbeglo cepanje betona u ravni sidrenja, prečnik unutar krivine petlje mora ispunjavati sledeće uslove:

$$D \geq \left(1,4 + 2,8 \frac{\phi}{e}\right) \frac{\sigma_{a(ef)}}{f_{bk}} \phi$$

gde je:

$\sigma_{a(ef)}$ - stvarni napon u armaturi na početku krivine petlje;

e - manja od vrednosti razmaka ravni susednih petlji ili odstojanja ravni petlje do spoljne površine betona.

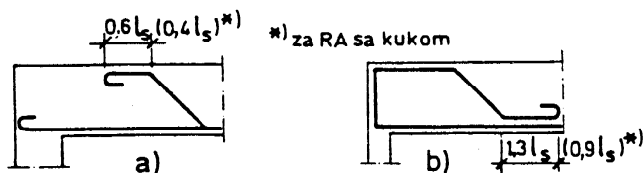


Slika 25

155

Usidrene šipke od glatke armature za prijem glavnih napona zatezanja moraju na krajevima imati kuke i prave delove, a usidrene šipke rebraste armature ne moraju imati te kuke.

Dužina sidrenja povijene šipke koja prima glavne napone zatezanja računa se samo na pravom delu. Dužina sidrenja tog dela iznosi 60% dužine sidrenja određene u članu 149. ovog pravilnika (slika 26a) ako se šipka sidri u pritiskutoj zoni, a $1,3 l_s$, ako se šipka sidri u zategnutoj zoni (slika 26b).



Slika 26

156

Podužna glatka i rebrasta armatura za prijem sila zatezanja mogu se sidriti u betonsku masu, pravim delom, a i povijanjem pod uglom od 45° .

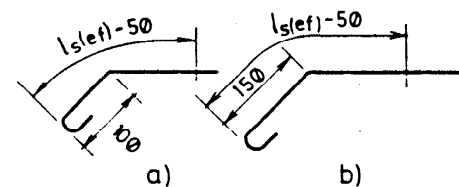
Ako se sidrenje vrši povijanjem pod uglom od 45° , dužine usidrenja se mogu smanjiti za 5ϕ .

Sidrenje iz stava 1. ovog člana izvodi se obavezno sa kukom na kraju šipke za glatku armaturu i sa kukom ili bez nje za rebrastu armaturu;

- na slici 27a prikazano je moguće sidrenje u zategnutoj zoni za dobre uslove adhezije;
- na slici 27b prikazano je moguće sidrenje u zategnutoj zoni za uslove lošije adhezije;

gde je:

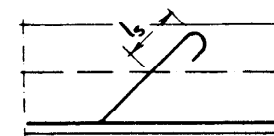
$l_{s(ef)}$ - dužina sidrenja određena prema izrazu iz člana 150. ovog pravilnika.



Slika 27

157

Kad su u pitanju visoki nosači armatura za prijem sila zatezanja od glavnih napona zatezanja može se sidriti u pritisku deo betona samo pravim delom šipke i kukom za glatku armaturu (GA) ili samo pravim delom ili pravim delom i kukom za rebrastu armaturu (RA) ako pravi deo šipke, mereno od sisteme linije, ima dovoljnu dužinu usidrenja (slika 28).



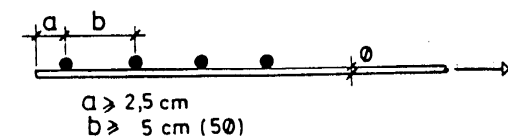
Slika 28

158

Mrežasta armatura sidri se bez kuka, osim kad se koristi za uzengije.

Dužina sidrenja zategnute ili mrežaste pritiskute armature mora da zadovolji uslove dužine sidrenja date u tabeli 26, s tim:

- da odstojanje od kraja podužne žice do prve poprečne žice iznosi $a \geq 2,5 \text{ cm}$ (slika 29);



Slika 29

- da razmak poprečnih žica bude veći ili jednak 5 cm, odnosno 5ϕ , pri čemu se uzima veća vrednost;
- da se zavareni spojevi uzimaju u obzir pri određivanju dužine usidrenja s najmanjim brojem žica (čvorova).

Tabela 26. Dužina i uslovi sidrenja šipki armature MA od glatkih i orebrenih žica

Dvostruke žice	Jednostruke žice	Uslovi adhezije	Najmanja dužina sidrenja (u cm) za MAG i MAR	Najmanji broj poprečnih žica (čvorova) na dužini usidrenja	MAG	MAR
$\phi \leq 8,5$	$\phi \leq 12$	dobri	≥ 25	3		2
		lošiji	≥ 35	3		3
$8,5 < \phi \leq 12$		dobri	35	4		3
		lošiji	45	5		4

Sidrenje mrežaste armature kod površinskih nosača - ploča na krajnjim slobodnim osloncima, koji imaju poprečne nosače ili serklaže, kao i na srednjim osloncima, ako se mrežasta armatura prekida, vrši se tako da bar jedna poprečna šipka leži u širini oslonca, najmanje 5 cm od ivice nosača ili serklaža.

159

Dužina sidrenja zategnute i pritisnute Bi-armature iznosi najmanje četiri osovinska rastojanja prečki za dobre uslove adhezije i pet odstojanja prečki za lošije uslove adhezije.

5. NASTAVLJANJE ARMATURE

160

Zategnuta armatura se, po pravilu, ne nastavlja preklapanjem. Ako se takvo nastavljanje ne može izbeći, ono se izvodi u područjima najmanjih naprezanja.

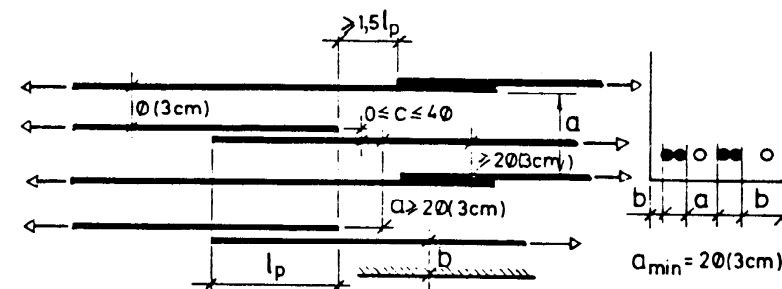
Nastavljanje zategnute armature vrši se preklapanjem profila sa kukama i bez kuka, sa zavarenom poprečnom armaturom na delu preklopa ili na bilo koji drugi način, s tim da primenjeni nastavak ima sigurnost propisanu ovim pravilnikom.

Armatura se može nastavljati i elektrootpornim zavarivanjem, ali nastavak ne podleže odredbama o nastavljanju armature iz ovog pravilnika.

161

Dužina nastavka na preklop zategnute glatke armature (GA) i zategnute rebraste armature (RA) iznosi $l_p = \alpha_1 \cdot l_{s(ef)}$, i ne može biti manja od $l_s/2$, odnosno 15ϕ , odnosno 20 cm (slika 30).

Vrednosti koeficijenata za dužinu nastavka α_1 date su u tabeli 27.



Slika 30

Tabela 27. Vrednosti koeficijenata za dužinu nastavka α_1

Čist razmak između dva susedna preklapanja u jednom preseku	Čist razmak od najbliže površine betona	Procent nastavljanja šipki preklapanjem u jednom preseku				
		20%	25%	33%	50%	> 50%
$a \leq 10\phi$	$b \leq 5\phi$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$a > 10\phi$	$b > 5\phi$	1	1,1	1,2	1,3	1,4

Najveći dozvoljeni procent nastavljanja zategnute armature preklapanjem u jednom preseku može iznositi:

- 100% za rebrastu armaturu ako se armatura nastavlja sa profilima $\phi < 16$, odnosno 50% za profile $\phi \geq 16$;
- 50% za glatku armaturu $\phi < 16$, odnosno 25% za profile $\phi \geq 16$.

162

Procent nastavka pritisnute armature na preklop može iznositi do 100% ukupne armature u preseku. Dužina preklapanja ne može biti manja od dužine sidrenja određene izrazom u članu 149. ovog pravilnika.

163

Dužina preklopa nosivih žica glatke i orebrene mrežaste armature određena je u tabeli 28.

Tabela 28. Dužina preklopa nosivih žica mrežaste armature

Podužne žice u nosivom pravcu	Prečnik ϕ (u mm)	Uslovi adhezije	Dužina preklopa (u cm)		Najmanji broj poprečnih žica (čvorova)	
			MAG	MAR	MAG	MAR
Jednostruke žice	$\phi \leq 12$	dobri	40	35	4	3
		lošiji	40	35	5	3
Dvostruke žice	$\phi \leq 8,5$	dobri	40	35	4	3
		lošiji	40	35	5	4
Dvostruke žice	$8,5 < \phi \leq 12$	dobri	50	45	5	4
		lošiji	50	45	6	5

Dužina preklopa glatke i orebrene nenosive žice mrežaste armature data je u tabeli 29.

Tabela 29 Dužina preklopa nenosivih žica mrežaste armature

Poprečne žice	Prečnik žice	Uslovi adhezije	Dužina preklopa (u cm)	Broj poduž- nih žica (čvorova)
Jednostruke i	$\phi \leq 6,5$	dobri	15	2
dvostruke žice	$\phi > 6,5$	lošiji	20	3

164

Dužina preklopa kod Bi-armature iznosi najmanje pet osovinskih rastojanja prečki - za dobre uslove adhezije i šest rastojanja prečki - za lošije uslove adhezije.

165

Ako se šipke $\phi \geq 16$ mm nastavljaju preklapanjem ili ako se u jednom preseku nastavlja više od polovine ukupne armature, mora se proračunati poprečna armatura (uzengije). Ta armatura proračunava se iz poprečne sile koja je jednaka trećini ukupne sile u nastavljenoj armaturi u jednom preseku, pri čemu se uzengije postavljaju na dužini preklapanja, a njihov razmak ne sme biti veći od 5ϕ , gde je ϕ prečnik nastavljene armature.

166

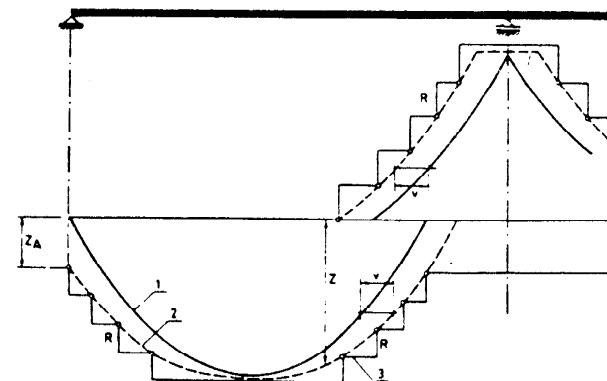
Nastavljanje armature zavarivanjem, osim elektrootpornog zavarivanja, može se primenjivati samo ako je propisan postupak zavarivanja u projektu konstrukcije.

Mogućnost dobrog nastavljanja armature zavarivanjem mora se prethodno dokazati ispitivanjem.

6. VOĐENJE PODUŽNE ARMATURE

167

Potrebna površina podužne armature duž nosača određuje se po pravilu prema liniji zatežućih sila. Linija zatežućih sila dobija se pomeranjem linije M/Z za veličinu $v = \alpha \cdot h$ u pravcu ose nosača, gde je h - statička visina nosača. Veličina pomerene linije v zavisi od efikasnosti armature za prijem glavnih napona zatezanja pa je vrednost $v = 0,5$ za slučaj da se glavni naponi zatezanja prihvataju kosim gvoždima i uzengijama, a $v = 0,75$ ako se glavni naponi zatezanja prihvataju samo uzengijama ili ako za glavne napone zatezanja nije potrebno osiguranje armaturom. Dužina sidrenja $l_{s(ef)}$ odmerava se od računski krajnje tačke R. Ako je pri određivanju veličine pomeranja v presek nosača promenljive visine, u račun se uzima korisna visina odgovarajućeg preseka (slika 31).

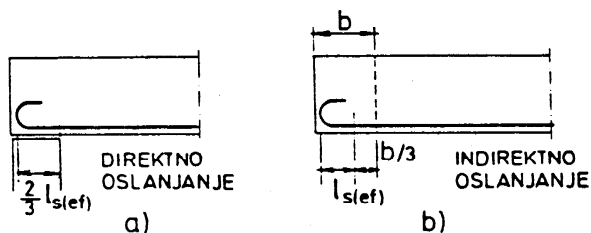


Slika 31

168

Podužna armatura mora se prevesti preko slobodnog krajnjeg oslonca ili krajnjeg oslonca sa delimičnim uklještenjem od najmanje trećine ukupne armature u polju za gredne nosače, a najmanje polovinu armature iz polja za ploče, s tim da ta armatura ne može biti manja od armature koja je određena izrazima iz člana 132. ovog pravilnika.

Profilu armature koji se provode preko ovih oslonaca sidre se sa dve trećine efektivne dužine sidrenja određene članom 150. ovog pravilnika, računajući dužinu usidrenja od kontakta nosača i oslonca u slučaju direktnog oslanjanja, a u slučaju indirektnog oslanjanja (zona zatezanja u području sidrenja) ta dužina iznosi $l_{s(ef)}$, računajući tu dužinu od trećine širine oslonca (slika 32a i 32b).



Slika 32

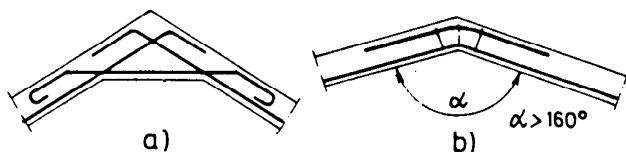
169

Pri nastavljaju vertikalne armature (ankeri stubova) predviđaju se za seizmička područja nastavci bez kuka. Na dužini preklopa postavljaju se uzengije na manjem razmaku nego u samom stubu, prema propisima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima.

Nastavci zategnute armature izvedeni na preklop za ekscentrično pritisnute elemente, koji se računaju po fazi I, mogu se izvoditi bez kuka, s tim što se dužina preklopa za glatku armaturu i za armaturu od rebrastog čelika određuje prema članu 158. ovog pravilnika.

Ako se u jednom preseku nastavlja više od polovine armature, nastavci armature moraju se izvoditi zavarivanjem na sučeljak.

Nastavci zategnute armature na prelomima moraju se izvoditi umetanjem pravih šipki, koje se sidre u pritisnutu zonu betona potrebnom dužinom sidrenja. Svaki ugao preloma mora se utegniti uzengijama (slika 33).



Slika 33

Ako je ugao preloma veći od 160° , zategnute šipke armature mogu da slede krivinu preloma, ako je svaki profil direktno vezan uzengijama sa armaturom u pritisnutoj zoni (slika 33).

VI KONSTRUISANJE ELEMENATA I KONSTRUKCIJA

170

Konstrukcije i elementi od armiranog betona konstruišu se u skladu sa pretpostavkama usvojenim u statičkom proračunu.

171

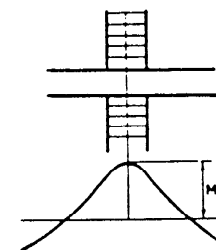
Uticađ neminovnog odstupanja između usvojenog sistema konstrukcija u statičkom proračunu i stvarnog izvođenja mora se uzeti u obzir pri projektovanju konstrukcija. Dilatazione razdelnice (fuge) raspoređuju se tako da se uticaji usled skupljanja betona, temperaturnih promena ili nejednakog saganja oslonaca svedu na meru koja će zadovoljiti postavljene zahteve.

1. TEORIJSKI RASPONI, OSLONCI I UKLJEŠTENJA

172

Kontinualne ploče i grede, po pravilu, proračunavaju se kao da se na osloncima mogu okretati.

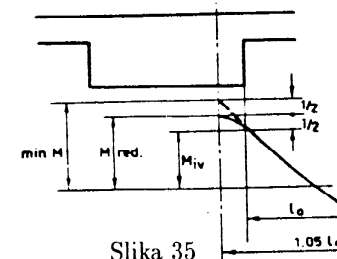
Ako se pri proračunu pretpostavi slobodno okretanje na osloncima, dijagram momenata iznad oslonca sme se parabolčno zaobliti (slika 34).



Slika 34

Ako rasponi slobodno oslonjenih ploča ili greda nisu tačno utvrđeni konstruktivnim merama, kao raspon se uzima svetli otvor uvećan za 5%. Za kontinualne ploče, odnosno grede, uzimaju se kao rasponi osovinjska odstojanja zidova, podvlaka, stubova i sl.

Ako su širine oslonačnih podvlaka, zidova ili stubova veće od 10% svetlog otvora ploča ili greda, za raspone kontinualnih ploča, odnosno greda mogu se uzeti svetli otvori uvećani za 5%, i sa tim rasponima izraditi fiktivne šeme nosača za proračun. U takvim slučajevima oslonački preseći mogu se dimenzionisati prema redukovanim momentima savijanja nad osloncima (slika 35).

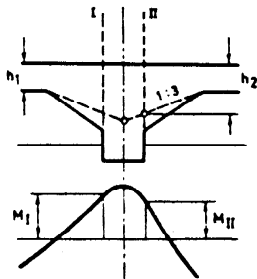


Slika 35

173

Za ploče i grede u visokogradnji koje su kruto vezane sa svojim osloncima, za jednako podeljena opterećenja dovoljno je odrediti najveće momente na ivicama oslonaca (preseći I i II na slici 36) i prema njima izvršiti dimenzionisanje preseka.

Ako se ploče ili grede ojačavaju na osloncima vutama, računska korisna visina preseka na mestu ojačanja ne sme biti veća nego što bi bila da je nagib vute 1:3 (slika 36).



Slika 36

174

Pozitivni momenti u poljima kontinualnih ploča ili greda ne smeju za uzimanje u proračun biti manji nego što bi bili da se pretpostavi obostrano puno uklještenje u srednjim poljima, odnosno jednostrano puno uklještenje u krajnjim poljima odnosnih ploča ili greda.

Pri proračunu momenta u polju u krajnjim rasponima ploča ili greda, uklještenje na krajnjim osloncima može se uzeti u obzir samo ako je konstruktivnim merama obezbeđeno i računski dokazano.

175

U zgradama koje su ukrućene vertikalnim platnima, momenti savijanja u okvirnim konstrukcijama koji nastaju usled vertikalnih opterećenja na unutrašnjim stubovima mogu se zanemariti dok ivične stubove (kruto vezane sa gredama) treba računati kao stubove okvirne konstrukcije.

176

Momenti i transverzalne sile za tavanice od ploča, sitnih rebara, greda i greda T preseka određuju se za puno opterećenje svih polja, pri čemu se mora voditi računa o kontinuitetu i uklještenju. Ako su rasponi različiti, puno opterećenje svih polja može se uzeti u proračun samo ako odnos raspona susednih polja nije manji od dve trećine.

Reakcije koje se prenose sa međuspratne konstrukcije na stubove, odnosno druge elemente zgrade, uzimaju se u proračun, po pravilu, sa dejstvom kontinuiteta.

Dejstvo kontinuiteta mora se obavezno uzeti u obzir ako nosači idu samo preko dva polja ili ako je odnos raspona susednih polja manji od dve trećine.

2. LOKALNA RASPODELA OPTEREĆENJA

177

Koncentrisana opterećenja koja dejstvuju na ploče, rebraste tavanice ili tavanice za šupljim telima mogu se uzeti u proračun kao lokalno ravnomerno podeljena opterećenja na lokalnoj površini $e_1 \cdot e_2$ (slika 37).

Raspodela opterećenja kroz rastresite slojeve (zastor od tucanika i sl.) uzima se sa nagibom 2:1, a kroz čvrste slojeve (beton i sl.) sa nagibom 1:1.

Opterećenje u srednjoj ravni ploče je lokalno raspodeljeno na površini $b_1 \cdot b_2$. Pravo-ugaona površina opterećenja može se zameniti krugom iste površine (slika 37) ako je zadovoljen odnos $2/3 \leq b_1/b_2 \leq 1,5$.

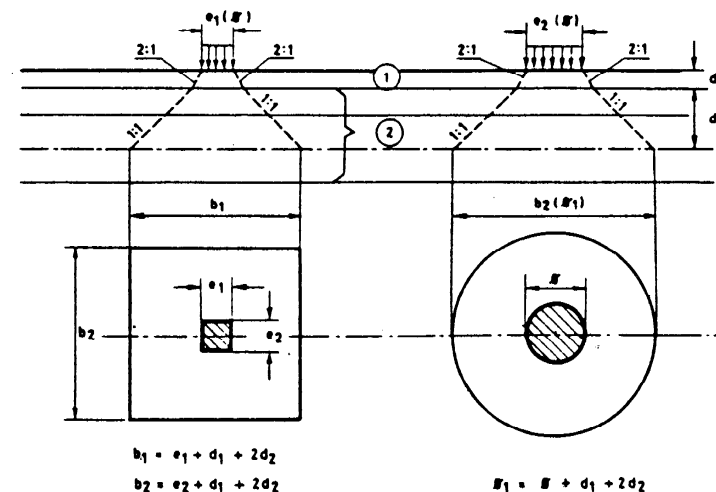
3. GREDE I GREDE T PRESEKA

178

Grede su linijski nosači proizvoljnog preseka koji su pretežno napregnuti na savijanje. Grede T preseka su linijski nosači kod kojih su ploče i grede međusobno kruto povezane i zajednički sadejstvuju u prijemu statičkih uticaja.

Najmanji razmaci između šipki armature određuju se prema članu 137. i 138. ovog pravilnika.

Odredbe za najmanje razmake između šipki armatura važe i na mestima nastavljanja armature preklapanjem. Na mestima najvećih momenata u poljima i na osloncima, odnosno na mestima uklještenja, razmak šipki podužne armature ne sme iznositi više od 15 cm.



Slika 37

179

Šipke glatke armature (GA) koje su zategnute celom dužinom ili delimično, moraju na krajevima imati kuke.

180

Površina preseka glavne podužne armature na mestima najvećih momenata, u poljima i na osloncima, mora iznositi najmanje 0,25% površine pravougaonog preseka greda. Ako se upotrebi visokovredni čelik sa $\sigma_v \geq 400$ MPa, taj procent mora iznositi najmanje 0,20%.

Za proračun minimalnog procenta armiranja u armiranobetonskom preseku, zavisno od marke betona, može se koristiti izraz:

$$\mu_{\min} = 5,1 \frac{\sqrt{f_{bk}}}{\sigma_v} \%$$

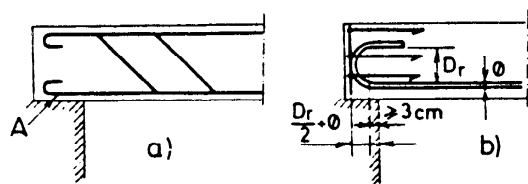
gde su f_k i σ_v marke betona i granica razvlačenja čelika date u MPa.

Na bočnim stranama greda i greda T preseka čija visina iznosi više od 50 cm rastojanje podužnih šipki armature može iznositi najviše 30 cm. Prečnik te armature mora iznositi najmanje 8 mm.

U seizmički aktivnim područjima kod okvirnih sistema podužna armatura u gredama - kontinualnim nosačima, na mestu oslonaca postavlja se obostrano tako da se pritisnuta armatura usvaja najmanje kao polovina potrebne zategnute armature. U blizini čvora, na dužini nosača od $0,2l$, gde je l teorijski raspon nosača, postavljaju se zatvorene uzengije s preklapom na dvostruko manjem razmaku od maksimalno potrebnog.

181

U gredama se moraju najmanje dve šipke glavne armature produžiti pravo preko slobodnih oslonaca. Te šipke moraju imati na krajevima kuke i ležati uz bočne strane preseka grede (šipke A na slici 38). Ako se proračunom dokaže da je napon prijanjanja veći od dopuštenog, broj šipki koje se produžuju preko slobodnog oslonca treba odrediti proračunom. Šipke koje se produžuju preko slobodnog oslonca moraju se tako sidriti da bar početak kuke pada unutar oslonca za najmanje 3 cm. U tom slučaju potrebno je osigurati kraj nosača pomoću uzengija. Za takvo usidrenje otvor kuke (D_r) mora se proračunati (slika 38).



Slika 38

182

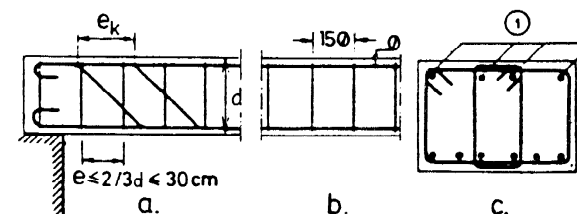
Koso povijena armatura mora biti pravilno raspoređena na delu grede na kome treba da se prime glavni naponi zatezanja. Rastojanje koso povijenih šipki i uzengija određuje se tako da se kosa zatežuća sila što pravilnije raspodeli na povijene šipke i uzengije.

Na mestima na kojima ukupne glavne napone zatezanja preuzima armatura, najveći razmak koso povijene armature iznosi $e_k = 3/4h$ gde je h - ukupna visina nosača (slika 39). Najveći razmak ove armature iznosi najviše 0,5h, odnosno 30 cm kod nosača gde su najveći τ naponi prekoračili granicu τ_b .

Po celoj dužini osiguranja grede moraju imati uzengije na razmaku od dve trećine statičke visine nosača ali ne većem od 30 cm u slučaju da je $\tau_{\max} \leq \tau_b$ odnosno na razmaku jedne trećine visine preseka, odnosno 20 cm u slučaju da je $\tau_{\max} > \tau_b$. Pri dvostrukom armiranju preseka, uzengije moraju biti na razmaku od 15ϕ , gde je ϕ prečnik najtanje šipke podužne pritisnute armature.

Prečnik uzengija mora biti najmanje $\phi 6$ mm.

Ako se u gredi koriste višesećne uzengije, u preseccima u kojima ne postoji gornja armatura postavlja se dovoljan broj montažnih šipki radi boljeg povezivanja uzengija (slika 39c).



Slika 39

183

Korisna sadejstvujuća širina pritisnute ploče kod greda T preseka (slika 40), koja se uzima u proračun pri dimenzionisanju preseka, može da se odredi teorijski ili ispitivanjem. Za podeljena opterećenja određuje se kao manja vrednost dobijena iz izraza:

- 1) $b = b_o + 20d \leq e$
- 2) $b = b_o + 0,25 \cdot l_o \leq e$

gdje je:

b_o - širina grede;

l_o - raspon obostrano slobodno oslonjene grede, odnosno rastojanje nultih tačaka momentne površine na delu nosača gde je ploča pritisnuta;

d - debljina pritisnute ploče;

e - razmak rebara.

Ako se pritisnuta ploča nalazi većim delom samo sa jedne strane grede (nesimetrični T preseki), greda se sme računati kao simetrična greda T preseka, ako je uklonjena svaka mogućnost pomeranja u stranu ili uvrtnja (torzija). Za korisnu širinu pritisnute ploče može se za podeljena opterećenja uzeti u proračun manja vrednost od sledećih

$$1) \quad b' = b_1 + b_o + 8d \leq 0,5e \text{ ili}$$

$$2) \quad b' = b_1 + b_o + 0,25 \frac{l_o}{3} \leq 0,5e$$

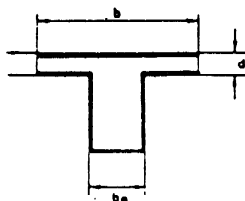
Korisna sadejstvujuća širina pritisnute ploče, određena kao manja vrednost iz izraza datih u stavu 1. i 2. ovog člana, odnosi se na nosače T i G preseka, gde debljina ploče na spoju sa nosačem iznosi najmanje 1/10 njegove ukupne visine, ali ni debljina ploče manja od 8 cm.

Ako je odnos debljine ploče i ukupne visine nosača manji od 1/10, izrazi iz stava 1. i 2. ovog člana zamenjuju se izrazima:

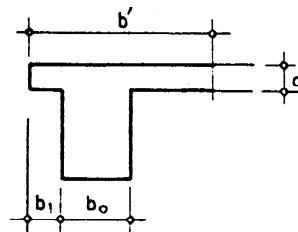
$$b = b_o + 12d \leq e$$

$$b' = b_1 + b_o + 5d \leq 0,5e.$$

Za sitnorebraste tavanice sa šupljim telima važe odredbe člana 185. ovog pravilnika.



Slika 40



Slika 41

Ako pretpostavke iz stava 2. ovog člana o pomeranju i uvrtnju nisu ispunjene, grede sa jednostranom pritisnutom pločom moraju se proračunavati kao grede sa kosim glavnim osovinama preseka (koso savijanje) - (slika 41).

4. SITNOREBRASTE TAVANICE I TAVANICE SA ŠUPLJIM TELIMA

184

Sitnorebraste tavanice i tavanice sa šupljim telima su konstrukcije kod kojih osovinski razmak rebara ne iznosi više od 75 cm.

Debljina pritisnute ploče sitnorebrastih tavanica i tavanica sa šupljim telima mora iznositi najmanje 1/10 osovinskog razmaka rebara, ali ne manje od 4 cm.

U pritisnutoj ploči tavanica iz stava 2. ovog člana, kod kojih je razmak rebara $e \geq 40$ cm, uvek se predviđa armatura upravna na pravac rebara, i to najmanja $\phi 6$ na 25 cm. Ako se koristi mrežasta armatura (MA), onda je $\phi \geq 4$ mm na razmaku od 25 cm. Podeona armatura mora biti od najmanje jedne šipke $\phi 6$ između rebara.

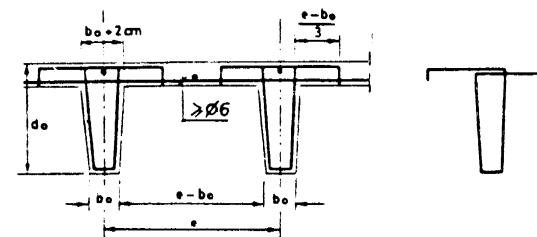
185

Uzengije u rebrima tavanica moraju biti na istom razmaku kao i armatura ploče upravna na rebra i izvode se sa preklopima koji obezbeđuju prijem negativnih momenata u ploči (slika 42).

Tavanice sa šupljim telima, sa pritisnutom pločom ili bez nje, proračunavaju se ne uzimajući u obzir sadejstvo šupljeg tela.

Ako je sadejstvo šupljih tela sitnorebraste tavanice dokazano sistematskim ispitivanjima, jedan deo sile pritiska može se preneti na šuplja tela.

Tavanice sa šupljim telima smeju se izvoditi i bez pritisnute ploče, ako se poprečnim rebrima obezbeđuje zajedničko dejstvo glavnih rebara.



Slika 42

186

Sitnorebraste tavanice moraju imati dovoljan broj poprečnih rebara za ukrućenje, i to:

- jedno rebro za ukrućenje - za raspone tavanica od 3 do 6 m;
- dva rebara za ukrućenje - za raspone tavanice veće od 6 m, ali ne više od 9 m;
- tri rebara za ukrućenje - za raspone tavanica veće od 9 m, ali ne više od 12 m.

Rebra za ukrućenje moraju biti istog preseka kao i glavno rebro i moraju biti armirana sa po jednom šipkom u gornjoj i donjoj zoni. Presek armature obe šipke mora biti jednak preseku armature glavnog rebara.

5. STUBOVI I ZIDOVI

187

Stubovi su elementi konstrukcije izloženi pretežno pritisku sa odnosom strana poprečnog preseka $b \leq 5d$, gde je d manja strana stuba.

Zidovi su elementi konstrukcija izloženi pretežno pritisku, sa odnosom strana poprečnog preseka $b > 5d$.

Stubovi dimenzija < 20 cm, zidovi debljine < 12 cm i spiralno armirani stubovi izrađuju se u betonu $MB \geq 20$. Prečnik spiralno armiranih stubova mora iznositi najmanje 20 cm.

Minimalna debljina armiranobetonskih zidova iznosi 10 cm za zidova livene na licu mesta, odnosno 8 cm za montažne zidove, ako su zidovi povezani kontinualnim međuspratnim konstrukcijama. Ako ne postoji kontinuitet u međuspratnim konstrukcijama, minimalna debljina zidova povećava se na 12, odnosno 10 cm.

Minimalna debljina zida mora se povećati od naznačenih vrednosti ako to proračun zida na izvijanje (izbočavanje) zahteva ili ako to proističe iz pravilnog rasporeda armature u preseku ili kvalitetnog ugrađivanja betona.

188

Prečnik žice ili šipke podužne armature u stubovima iznosi najmanje 12 mm, a u zidnim nosačima najmanje 8 mm. Zidovi se mogu armirati i mrežastom armaturom (MA), sa najmanjim prečnikom podužne armature 5 mm.

Najmanji koeficijent armiranja podužnom armaturom u centrično pritisnutim stubovima, zidovima i platnima, pri iskorišćenim naponima u preseku, iznosi:

$$\min \mu = \frac{A_a}{A_b} 100 = \frac{\lambda_i}{50} - 0,4(\%) \geq 0,6\%$$

gde je:

A_a - površina preseka podužne armature;

A_b - površina preseka betona;

λ_i - merodavna vitkost.

189

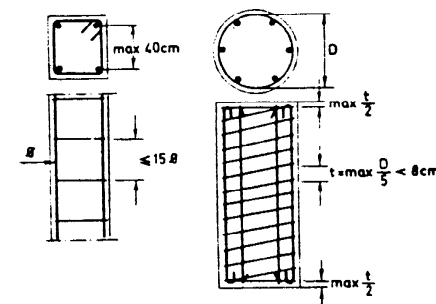
Kod preseka kod kojih je stvarni napon jednak dozvoljenom naponu betona procenat armiranja ne sme biti manji od 0,6 ni veći od 6.

Podužna armatura centričnog pritisnutog stuba ili zida sračunava se kao proizvod minimalnog koeficijenta armiranja i potrebnog betonskog preseka.

Ako najveći računski napon pritiska ne dostigne dopušteni napon betona, minimalni procent podužne armature u stubu ili zidu može se smanjiti, ali ne sme biti manji od 0,3% stvarnog betonskog preseka stuba ili nosećeg zida.

190

U pritisnutim linijskim elementima, da bi se sprečilo lokalno izbočavanje pojedinih šipki armature, predviđaju se uzengije čiji međusobni razmak ne sme prelaziti 15-struki prečnik najtanje šipke podužne armature ni najmanju dimenziju pritisnutog elementa, ali ne više od 30 cm. U spiralno armiranim pritisnutim elementima hod spirale ne sme biti veći od jedne petine prečnika betonskog jezgra ni veći od 8 cm (slika 43).



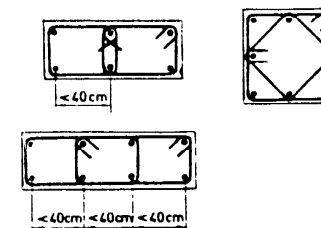
Slika 43

191

U području stuba u koji se uvodi sila, na dužini od jedan i po puta kraća strana stuba, kao i u području nastavka podužne armature, postavljaju se zatvorene uzengije na preklop po kraćoj strani za prijem poprečnih zatežućih sila. Razmak tih uzengija iznosi $7,5 \phi$, ali ne više od 15 cm.

U seizmički aktivnim područjima stubovi se armiraju tako što se podužna armatura prevodi preko čvorova za po 1 m najmanje (bez nastavljanja na preklop), s tim da se zatvorene uzengije sa zatvaranjem na preklop po kraćoj strani na ovoj dužini postavljaju na najvećem razmaku od $7,5 \phi$, odnosno 10 cm. Na ostaloj dužini postavljaju se normalne uzengije, bez preklopa, na najvećem razmaku od 15ϕ , odnosno 20 cm.

U stubovima pravougaonog preseka sa više od četiri šipke armature predviđaju se, pored uzengija, i veze naspramne armature ili dvostruke uzengije, odnosno slično obezbeđenje od lokalnog izvijanja podužnih šipki armature. Razmak podužne armature u stubovima ne sme iznositi više od 40 cm (slika 44).

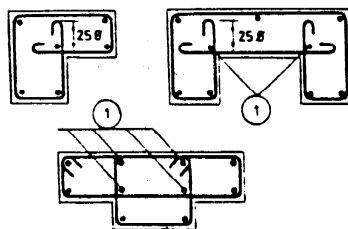


Slika 44

192

Ako su preseki stubova razučeni, uzengija na konkavnoj strani mora se prekinuti i usidriti u stub. Usidrenje se računa od preseka uzengija i iznosi 25 prečnika šipke uzengije. Ako nema mesta za usidrenja, treba izvesti dvojne uzengije u istom preseku stuba.

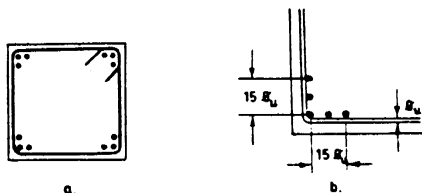
Ako na mestima ukrštanja krajeva uzengija (slika 45) nije potrebna statička armatura, zavisno od debljine profila glavne armature postavljaju se montažne šipke prečnika 6, 8 ili 10 mm.



Slika 45

193

Ako su stubovi jako armirani, armatura se može grupisati u uglovima stubova, i to po dve, tri ili četiri šipke armature (slika 46a). U uglu stuba može se postaviti i po pet šipki, ali u takvom slučaju armatura se raspoređuje kao na slici 46b. Pri takvom grupisanju podužne armature, nastavljanje se mora izvoditi zavarivanjem (slika 46).



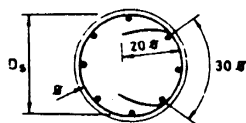
Slika 46

194

Kad se izvodi nastavak spirale, po obimu stubova treba izvršiti preklapanje od najmanje 30 prečnika spirale, a krajeve preklopa treba završiti uvlačenjem duboko u betonsko jezgro šipki glavne armature, i to za 20 prečnika spirale. Kuke, pritom, ne treba izvoditi.

Broj šipki armature u okruglim i poligonalnim stubovima, obično ili spiralno armiranim, ne sme biti manji od 6 (slika 47).

Za obično armiranje stubova prečnik šipki uzengija, po pravilu, iznosi 6 mm ako je prečnik glavne armature do 20 mm, a ϕ 8 mm - ako je prečnik glavne armature veći od 20 mm.

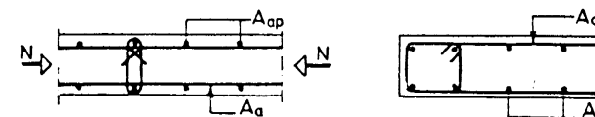


Slika 47

195

U opterećenim zidovima i platnima, radi održavanja glavne vertikalne armature u određenom položaju, upotrebljavaju se horizontalna montažna armatura i međusobne veze obeju ravni armature. Broj veza po kvadratnom metru zida ne sme biti manja od 4. Te veze ne moraju se izvoditi ako prečnik podužne armature iznosi najmanje 12 mm ili ako je zaštitni sloj betona najmanje jednak dvostrukoj debljini šipke podužne armature ili ako glavna armatura leži unutar podeone armature. Ugaone šipke podužne armature na slobodnim ivicama zida ili platna obezbeđuju se uzengijama, prema slici 48.

Potrebna površina podužne armature na kraju zida određuje se statičkim proračunom. Minimalne površine podužne armature u seizmički aktivnim područjima utvrđene su propisima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima.



Slika 48

196

Površina potrebne horizontalne armature (A_{ap}) sme iznositi najmanje 1/5 površine vertikalne armature, ali ne manje od 0,1% betonskog preseka sa svake strane zida. Za zavarene armature mreže ta vrednost se može smanjiti na 0,075% betonskog preseka.

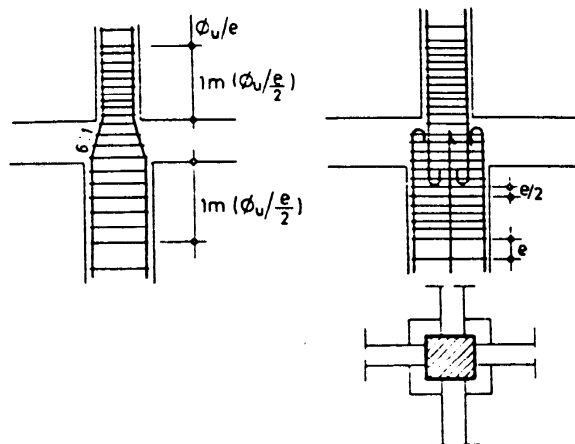
Najveće rastojanje horizontalne armature ne sme iznositi više od 30 cm, a prečnik šipke ne sme biti manji od 1/4 maksimalnog prečnika vertikalne armature.

197

Ako su preseki stubova u dve susedne etaže različitih dimenzija, armatura se može nastavljati povijanjem iz većeg stuba u manji stub u visini tavanice. Nagib povijanja ne sme biti veći od 1:6. Ako su razlike u dimenzijama stubova veće, nastavak se može izvoditi umetanjem naročite armature koja služi za povezivanje šipke gornjeg i donjeg stuba (slika 49).

U seizmički aktivnim područjima nastavci podužne armature preklapaju se u zoni gde su zatezanja manja (van plastičnih zglobova), tj. van područja za koje je propisano progušćenje uzengija (≥ 1 m, prema slici 49). Nastavci preklapanjem po spratu izvode se samo za polovinu armature stuba, dok druga polovina ide bez nastavka ili sa zavarenim nastavcima. Nastavci u stubovima obavezno se izvode bez kuka.

Ako je podužna armatura od šipki $\phi \geq 20$, nastavci se izvode zavarivanjem.



Slika 49

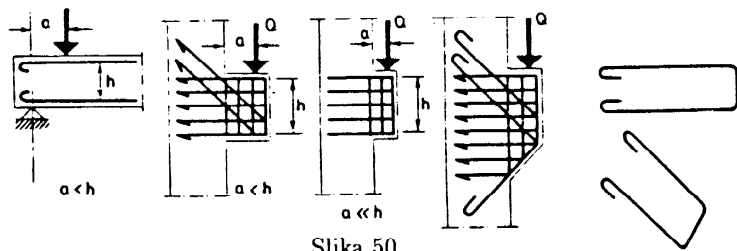
198

Za stubove donjih etaža višespratnih građevina, stubove jednoetažnih konstrukcija koji nose veliko opterećenje od kranova, stubove temelja pod mašinama i stubove drugih jako napregnutih konstrukcija upotrebljava se marka betona $MB \geq 30$.

6. KRATKI ELEMENTI

199

Kratki elementi su elementi konstrukcije čija je visina h veća od kraka dejstva spoljne sile, ili jednaka tom kraku, tj. $a \leq h$ (slika 50).



Slika 50

7. ZIDNI NOSAČI

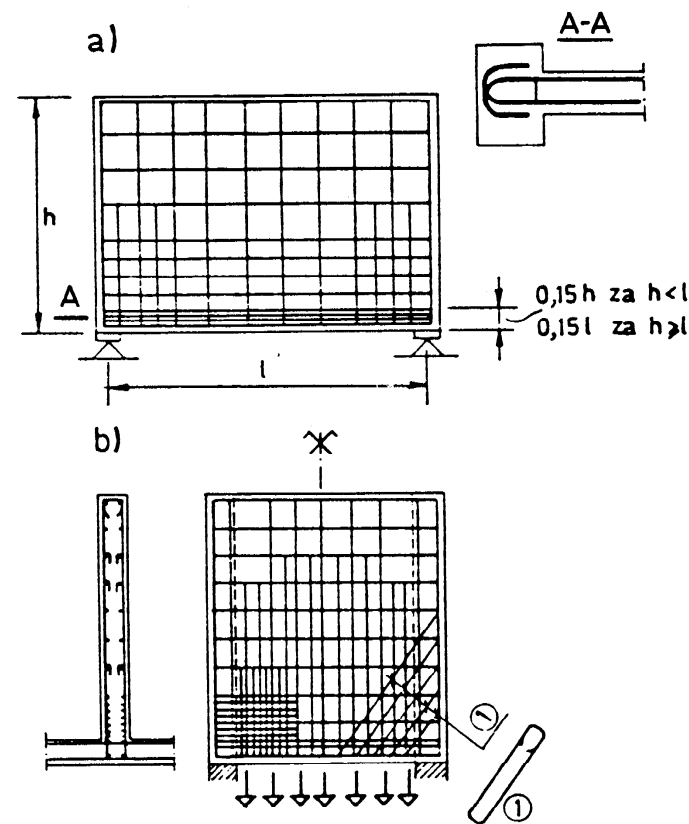
200

Zidni nosači su ravni površinski nosači opterećeni u srednjoj ravni čija je visina jednaka ili veća od polovine raspona za nosače na dva slobodna oslonca, a jednaka ili veća od 0,4 raspona za kontinualne nosače.

Zidni nisači proračunavaju se kao površinski nosači napregnuti u srednjoj ravni.

Pri projektovanju i izvođenju kontinualnih zidnih nosača mora se obezbediti da ne dođe do nejednakog sleganja oslonaca.

Minimalna debljina zidnog nosača ne može biti manja od 10 cm.



Slika 51

Momenti savijanja i transverzalne sile koje nastaju u takvim elementima primaju se sistemom horizontalne, odnosno koso povijene armature na osnovu teorijskih dokaza i ispitivanja.

Ako je krak sile manji u odnosu na visinu h , uticaji momenta i transverzalnih sila mogu se primiti samo horizontalnom armaturom.

Horizontalna, odnosno koso povijena armatura u kratkim elementima ne sme se prekinuti na ivici konzole ili nosača.

Vertikalna armatura izvodi se u obliku zatvorenih uzengija (slika 50).

201

Armatura zidnih nosača sastoji se od glavne podužne armature i sistema horizontalne i vertikalne armature. Sistem horizontalne i vertikalne armature se postavlja na oba lica zida, pri čemu se vertikalna armatura izvodi u vidu zatvorenih uzengija, koje obuhvataju glavnu armaturu (slika 51).

Glavna podužna armatura u polju raspoređuje se po visini zategnute zone preseka na minimalnoj visini do $0,15 h$, mereno od zategnute ivice nosača u polju. Za nosače čija je visina h veća od raspona l , u izrazu, umesto h treba staviti l (slika 51).

Glavna podužna armatura iz polja vodi se po čitavoj dužini odgovarajućeg raspona i u području krajnjih oslonaca mora se usdriti. Ako se sidrenje vrši pomoću kuka, po pravilu, treba primenjivati horizontalne kuke (slika 51a).

Sile koje nastaju usled glavnih napona zatezanja primaju se sistemom horizontalne i vertikalne armature, odnosno tim sistemom i koso položenom armaturom, što zavisi od veličine glavnih napona zatezanja u zidnom nosaču (slika 51a i 51b).

202

Razmak okana mreže horizontalne i vertikalne armature ne sme biti veći od dvostruke debljine zida ni veći od 30 cm. Najmanja površina armature svake mreže i svakog pravca armiranja iznosi 0,125% betonskog preseka za GA 240/360, 0,10% za RA 400/500 i 0,075% betonskog preseka za MA 500/560.

U gornjoj ivici zidnog nosača treba predvideti podužnu armaturu radi povećanja sigurnosti gornje ivice od izbočavanja.

Zidni nosači proveravaju se na preturanje i na izbočavanje pritisnute zone betona, ako ta zona nije posebnim elementima ukrućena u poprečnom pravcu.

203

Zone u oblasti oslonca zidnih nosača, konstruišu se i izvode tako da se nosač obezbedi od gnječenja betona ili otkidanja uglova na oslonačkim ležištima.

U slučaju da se zidni nosač, po visini ili delom svoje visine, oslanja na čvrst oslonac, kao što je poprečni zid, poprečni zidni nosač, stub većih dimenzija i slično, mora se proveriti prijem kosih zatežućih sila i glavnih napona pritisaka u oblastima zidnog nosača preko kojih se prenosi opterećenje sa zidnog nosača na oslonačku konstrukciju.

Ako se opterećenje nalazi na donjoj ivici zidnog nosača, mora se predvideti armatura za potpuno osiguranje prenošenja obešenog opterećenja između mesta delovanja opterećenja i gornjeg dela zidnog nosača. Za prenošenje raspodeljenog opterećenja predviđaju se vertikalne uzengije dovoljne dužine i prečnika. Te uzengije obuhvataju glavnu armaturu polja i dopiru do gornje ivice nosača, odnosno do visine jednake rasponu l za $h > l$. U blizini oslonca dužine uzengija se mogu smanjiti, ali ne smeju biti kraće od $0,8 h$, odnosno $0,8 l$ za $h > l$.

Za prijem obešenog koncentrisanog opterećenja ili opterećenja koje se na zidni nosač prenosi linijski (poprečnim zidom, rebrom ili stubom) na ukupnoj visini ili na delu visine zidnog nosača predviđa se armatura sposobna za prihvatanje i prenošenje tog opterećenja na zidni nosač.

Ako se konstrukcija zidnih nosača ili platna izvodi u klizućoj ili pokretnoj oplati, upotrebljava se beton marke $MB \geq 20$.

8. PLOČE

204

Ploče su ravni površinski nosači male debljine kod kojih opterećenje deluje upravno na srednju ravan ploče.

Ploče mogu biti oslonjene linijski ili u pojedinim tačkama.

Pravougaone (poligonalne) ploče mogu biti oslonjene linijski, u pojedinim tačkama ili potpuno slobodne.

Statički uticaji (momenti savijanja, transversalne sile i reakcije oslonaca) u pločama računaju se po teoriji elastičnosti, po teoriji plastičnosti i po nelinearnoj teoriji.

Proračun uticaja po teoriji elastičnosti može se zasnivati na homogenom betonskom preseku, usvajajući za Poasonov koeficijent vrednosti između 0 i 0,2. Kod kontinualnih ploča može se vršiti ograničena preraspodela uticaja tako što se momenti jedne trake, određeni po linearnoj teoriji, mogu povećati ili smanjiti do 25%, tako da odgovarajuće srednje vrednosti momenata u polju iste trake budu podešeni da zadovoljavaju uslove ravnoteže.

Proračun statičkih uticaja po teoriji plastičnosti po pravilu važi za granična stanja loma usled incidentnih dejstava (eksplozije, udari i dr.), a primenjuje se kod zaštitnih konstrukcija - skloništa i sl. Za proračun se mogu primeniti statičke i kinematičke metode. Odnosi momenata loma, istog znaka a različitih pravaca, kao i različitog znaka i istog pravca moraju se nalaziti u granicama koje obezbeđuju punu trajnost i funkcionalnost ploča i pod najnepovoljnijim kombinacijama dejstava i opterećenja u eksploataciji.

205

Naprezanja ploča oslonjenih na jednu stranu ili na dve suprotne strane, koja nastaju upravno na pravac raspona, obezbeđuju se poprečnom (podeonom) armaturom.

206

Približan proračun ploča koje prenose opterećenje u jednom pravcu ili u dva ortogonalna pravca po metodi traka dopušten je samo kad su ploče opterećene podeljenim opterećenjem.

207

Ukupna debljina ploče iznosi najmanje 7 cm za statička podeljena opterećenja, a debljina krovnih ploča izuzetno može biti 5 cm.

Debljina ploča po kojima se kreću vozila treba da iznosi najmanje 10 cm za putnička vozila, a 12 cm za teretna vozila.

Ako se stanje deformacija ne dokazuje posebno, najmanja debljina ploče koja se računa u jednom ili dva pravca treba da iznosi $1/35$ manjeg raspona, odnosno odstojanja nultih tačaka momenata kod kontinualnih ili uklještenih ploča. Ako odstojanje nultih tačaka nije određeno statičkim proračunom, može se uzeti da to odstojanje iznosi $4/5$ raspona.

Debljina ploča po kojima se samo povremeno hoda (radi češćenja i opravki) iznosi najmanje $1/40$ manjeg raspona, odnosno rastojanje nultih tačaka momenata, ali ne manje od 5 cm.

208

Razmaci između šipki glavne armature u zonama najvećih naprezanja ne smeju biti veći od $2d$ za jednako podeljena opterećenja, odnosno $1,5d$ za koncentrisana opterećenja, gde je d ukupna visina ploče, niti veća od 20 cm. Na mestima na kojima se armatura smanjuje usled smanjenja momenata, razmak šipki armature ne sme iznositi više od 40 cm.

Čist razmak između šipki armature ne sme iznositi manje od 4 cm. U gornjoj zoni ploče armatura se postavlja na najmanji razmak kojim se obezbeđuje pravilno razastiranje i ugrađivanje betona.

209

Na krajnjim slobodnim osloncima ploča treba poviti jednu trećinu do jednu polovinu glavne armature i prevesti je preko oslonca u gornju zonu. Na krajevima šipki treba izraditi kuke. Povijanje potrebne armature nad slobodnim osloncem može se zameniti armaturom koja je prevedena preko oslonca i tako povijena da može prihvatiti eventualne negativne momente (slika 52a alternativa).

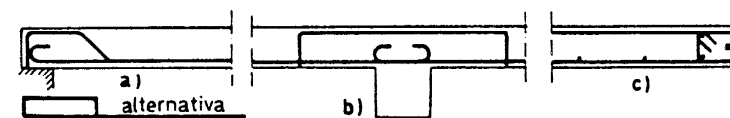
Na srednjim osloncima ploča može se, ako to glavni naponi zatezanja dozvoljavaju, izostaviti povijanje armature iz polja. U tom slučaju momenti nad osloncima pokrivaju se dodavanjem pravih šipki armature (slika 52b).

Šipke donje glavne armature, koje se završavaju na slobodnim osloncima, moraju imati kuke i dužinu usidrenja, prema odredbama člana 149. ovog pravilnika (slika 52).

210

Duž slobodne ivice ploče bez oslonca, pored potrebne armature za momente savijanja, mora se dati podužna armatura iz konstruktivnih razloga, koja se sastoji od najmanje po jednog profila u gornjem i donjem uglu. Podužne šipke uz ivicu debljih polja, raspoređuju se i po visini ploče. Poprečna armatura duž slobodne ivice, koja obuhvata podužnu armaturu, sastoji se od uzengija "ukosnica", zatvorenih uzengija ili armature ploče upravne na slobodnu ivicu ploče (slika 52c).

Stav 1. ovog člana primenjuje se i na obezbeđenja otvora u ploči, s tim što se oko otvora u ravni ploče dodaje i koso položena armatura, radi obezbeđenja uticaja od skretnih sila oko otvora ploče.



Slika 52

Pri proračunu statičkih uticaja u ploči mogu se zanemariti manji otvori.

9. PLOČE KOJE PRENOSE OPTEREĆENJE SAMO U JEDNOM PRAVCU

211

Ploče koje prenose opterećenje samo u jednom pravcu moraju imati u zoni najvećeg naprezanja presek armature najmanje 0,15% od betonskog preseka za GA, 0,1% za RA i 0,075% za MA. Podeona armatura tih ploča ne sme biti manja od $1/5$ preseka glavne armature ni manja od 0,1% od betonskog preseka za GA, 0,085% za RA i 0,075% za MA.

212

Razmak podeone armature ne sme biti veći od $4d$ ako je ploča opterećena podeljenim opterećenjem, odnosno veći od $3d$ ako je ploča opterećena koncentrisanim opterećenjem, gde je d ukupna visina ploče. Taj razmak ne sme iznositi više od 30 cm na mestima najvećih naprezanja, odnosno ne više od 40 cm u područjima uz oslonce.

213

Koncentrisano opterećenje P na ploči koja prenosi opterećenje samo u jednom pravcu sme se raspodeliti upravno na pravac glavne armature na širini b_3 , koja se sračunava prema sledećem izrazu:

$$b_3 = b_2 + \frac{A_{ap}}{A_a} l \leq b_2 + 0,65l$$

gde je:

b_2 - širina rasprostiranja koncentrisanog opterećenja u srednjoj ravni ploče koja je upravna na pravac glavne armature;

$\frac{A_{ap}}{A_a}$ - odnos površina preseka podeone armature i glavne armature.

10. PLOČE KOJE PRENOSE OPTEREĆENJE U DVA ORTOGONALNA PRAVCA

214

Ploča čiji je odnos strana naleganja $0,5 \leq \frac{l_x}{l_y} \leq 2,0$ računaju se kao ploče koje prenose opterećenja u dva ortogonalna pravca.

Armatura ploče koja prenosi opterećenje u dva ortogonalna pravca računa se prema odgovarajućim momentima, ali u zonama najvećih naprezanja ne sme biti manja od 0,10% za RA i 0,075% za MA.

215

Za ploče koje prenose opterećenje u dva ortogonalna pravca mora se predvideti dodatna armatura za prijem momenata uvijanja, odnosno za prijem momenata usled dejstva nepredviđenih uklještenja.

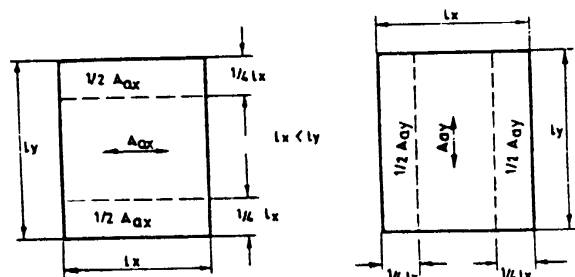
216

Ivični pojasevi ploče koja prenosi opterećenje u dva ortogonalna pravca za jednako podeljena opterećenja mogu se armirati polovinom odgovarajuće armature jednog pravca koja je potrebna u sredini ploče. Širina tih pojaseva jednaka je četvrtini manjeg raspona ploče (slika 53). Za druge vrste podeljenih ili koncentrisanih opterećenja raspored armature treba izvršiti prema proračunskim momentima savijanja.

11. KRUŽNE PLOČE

217

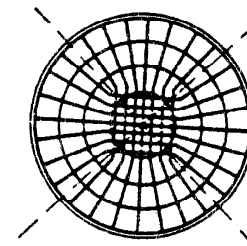
Kružne ploče, prosto oslonjene i uklještene, armiraju se, po pravilu, prstenastom i radijalnom armaturom za prijem tangencijalnih, odnosno radijalnih momenata savijanja.



Slika 53

Armatura kružnih ploča u sredini ploče izvodi se na način prikazan na slici 54.

Kružne ploče manjeg raspona moraju se proračunavati i armirati kao kvadratne ploče koje prenose opterećenja u dva pravca, pri čemu se za proračun i raspored armature u ploči uzima da je stranica kvadratne ploče $a \approx 0,9D$, gde je D prečnik kružne ploče.



Slika 54

12. PEČURKASTE PLOČE

218

Pečurkaste ploče su ploče koje se neposredno oslanjaju na stubove sa ojačanom glavom stuba (kapitelom) ili bez ojačanja glave stuba i koje su sa stubovima kruto ili zgloбно povezane.

U proračunu se može usvojiti da je Poasonov koeficijent $\nu = 0$.

219

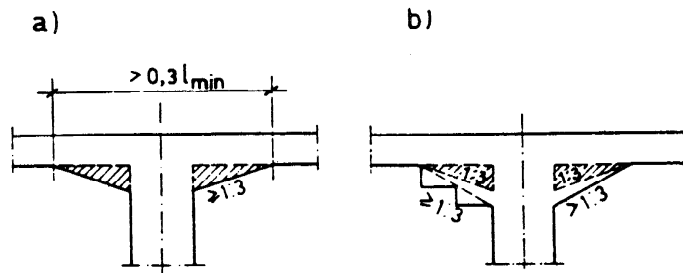
Pečurkaste ploče sa pravougaonim rasporedom stubova i jednako podeljenim opterećenjem mogu se proračunavati približnim postupkom, pomoću metode zamenjujućih kontinualnih okvira (kruta veza između ploče i stubova) ili pomoću metode zamenjujućih kontinualnih grednih nosača (zglobna veza između ploče i stubova), ako odnos l_x/l_y međusobno upravnih osovinskih razmaka stubova zadovoljava uslov $0,75 \leq l_x/l_y \leq 1,33$. Za širinu rigle okvira, odnosno za širinu grednog nosača uzima se osovinski razmak stubova odgovarajućeg pravca, a za visinu se uzima debljina ploče.

Pri određivanju statičkih uticaja u zamenjujućem kontinualnom okviru, odnosno grednom nosaču, uzima se, za svaki pravac, ukupno odgovarajuće opterećenje, vodeći računa i o najnepovoljnijem položaju pokretnog (korisnog) opterećenja.

Raspodela statičkih uticaja sa zamenjujućeg kontinualnog okvira, odnosno grednog nosača na pojedine delove (trake) ploče računa se po teoriji ploča.

Ako je prečnik (strana) kapitela na spoju sa pločom veći od $0,3 l_{min}$, gde je l_{min} kraći osovinski razmak stubova, i ako je nagib konusa ili piramide upisanih u kapitel u odnosu na ravan ploče veći ili jednak 1:3, proračun statičkih uticaja pri primeni približnog postupka mora se sprovesti pomoću metode zamenjujućih okvira, odnosno mora se uzeti u obzir kruta veza između rigle i stubova (slika 55). Kruta veza između rigle i stubova primeniće se i onda kad krutost stubova nije mala u odnosu na krutost rigle, bez obzira na veličinu kapitela.

Ako nisu ispunjeni uslovi iz stava 4. ovog člana, proračun se sprovodi pomoću metode zamenjujućih kontinualnih grednih nosača.



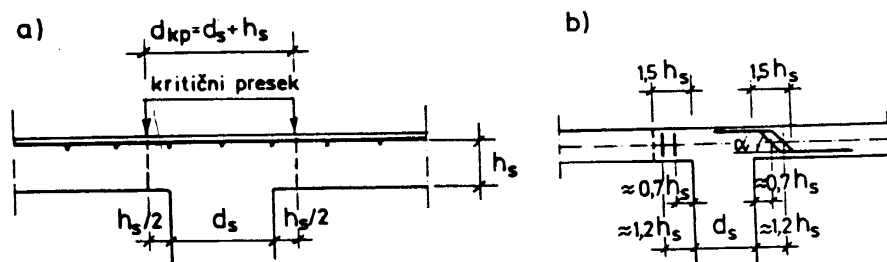
Ako kapitel ima nagib $\geq 1:3$ (slika 55b), pri dimenzionisanju preseka ploče u oblasti kapitela prema momentima savijanja sme se u račun uvesti samo ona statička visina koja odgovara nagibu 1:3.

Najmanje 50% armature iz polja mora se voditi pravo, bez povijanja, duž raspona l_x , odnosno l_y .

Odredbe člana 212. i 214. ovog pravilnika primenjuju se na razmak šipki armature i najmanji procent armiranja pečurkastih ploča.

220

Kod ploča koje se neposredno oslanjaju na stubove bez kapitela i kod ploča opterećenih koncentrisanim opterećenjem mora se ploča u kritičnom preseku obezbediti od probijanja. Uzima se da je kritični presek, u osnovi, kružnog oblika i da se nalazi na udaljenosti $h_s/2$ od ivice kružnog stuba prečnika d_s (slika 56).



Slika 56

Napon smicanje τ u kritičnom preseku izračunava se prema izrazu

$$\tau = \frac{T_{\max}}{O_{kp} \cdot h_s}$$

gde je:

$T_{\max}$ - najveća transverzalna sila u kritičnom preseku pri eksploatacionim opterećenjima;

$O_{kp} = d_{kp} \cdot \pi$ - obim kritičnog kružnog preseka ploča za unutrašnji stub;

h_s - srednja (prosečna) statička (korisna) visina ploče za dva usvojena pravca armature u kritičnom preseku.

Za obim kritičnog preseka stuba na ivici ploče uzima se 60%, a kod stuba u uglu ploče 30% od obima O_{kp} kritičnog preseka ploče za unutrašnji stub. Unutrašnjim stubom, u smislu ovog pravilnika, smatra se i svaki krajnji stub čija je osa udaljena od ivice ploče najmanje za $0,5 l_x$, odnosno $0,5 l_y$. Ako je odstojanje ose stubova od ivice ploče manje od $0,5 l_x$, odnosno $0,5 l_y$, za obim kritičnog preseka može se uzeti međuvrednost kao linearna interpolacija vrednosti kritičnog oblika za unutrašnji i ivični stub.

Pri proračunu napona smicanja τ treba voditi računa o uticaju otvora u ploči koji se nalazi u blizini oslonca.

Ako poprečni presek oslonca (stuba) ima oblik pravougaonika čije su strane b i d , onda se, pri određivanju napona smicanja τ , u račun uvodi zamenjujući kružni stub prečnika $d_s = 1,13\sqrt{bd}$. Ako je duža strana pravougaonika veća za više od 1,5 puta od kraće strane, u račun se sme uvesti da je duža strana najviše 1,5 puta veća od kraće strane.

Uticaj nesimetričnog naprezanja ploče usled savijanja u oblasti oko unutrašnjih stubova (ekscentrično oslanjanje ploče na stubove) može se zanemariti pri opterećenju koje deluje upravno na ploču. Uticaj ekscentričnog oslanjanja ploče na veličinu napona smicanja na mestu ivičnih i ugaonih oslonaca (stubova) usled dejstva opterećenja upravnog na ploču ne mora se posebno određivati ako se napon smicanja τ izračunat prema izrazu u ovom članu, poveća za najmanje 40%.

221

Ako u kritičnom preseku napon smicanja τ , određen prema članu 220. ovog pravilnika, zadovoljava uslov

$$\tau \leq \frac{2}{3} \gamma_1 \tau_a$$

nije potrebna posebna računaska armatura za prijem zatežućih sila usled dejstva transverzalne sile $T_{\max}$.

Ako se napon smicanja τ nalazi u granici

$$\frac{2}{3} \gamma_1 \tau_a < \tau \leq \gamma_2 \cdot \tau_b$$

za prihvatanje zatežućih sila usled dejstva transverzalne sile $T_{\max}$, mora se dati posebna poprečna armatura, raspoređena prema slici 56b.

Nije dopušteno stanje pri kome je $\tau > \gamma_2 \tau_v$.

Granice dopuštenih glavnih napona zatezanja τ_a i τ_b date su u funkciji marke betona u tabeli 21.

Koeficijenti γ_1 i γ_2 određuju se iz izraza

$$\gamma_1 = 1,3\alpha_a\sqrt{\mu}; \quad \gamma_2 = 0,45\alpha_a\sqrt{\mu}$$

gde je μ srednja vrednost procenta armiranja preseka ploče gornjom (negativnom) armaturom iz dva upravna pravca na širini oslonačke trake $0,4 l_x$ i $0,4 l_y$, a koeficijent α_a iznosi:

$$\alpha_a = 1,0 \dots \text{za GA240/360};$$

$$\alpha_a = 1,3 \dots \text{za RA400/500};$$

$$\alpha_a = 1,4 \dots \text{za MA500/560}.$$

Srednja vrednost procenta armiranja μ , koja se unosi u izraze za γ_1 i γ_2 mora zadovoljavati uslove,

$$0,5\% \leq \mu \leq 25 \cdot f_{tk}/\sigma_v \leq 1,5\%,$$

bez obzira na to što njegova stvarna vrednost, sračunata prema momentima savijanja, može biti i ispod i iznad naznačenih granica.

Potrebna površina preseka poprečne armature A_{ak} , koja se postavlja pod uglom $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ u odnosu na srednju ravan ploče (slika 56b), izračunava se iz izraza

$$A_{ak} = \frac{0,75T_{\max}}{\sigma_v/1,80} = 1,35 \frac{T_{\max}}{\sigma_v}$$

222

Dimenzije i oblik kapitela mogu biti proizvoljni. Ako strana (prečnik) c kapitela na spoju sa pločom iznosi bar $0,4 l$, nisu potrebni statička provera i osiguranje od prebijanja armaturom preseka ploče van kapitela. Pri tome je l razmak stubova u posmatranom pravcu.

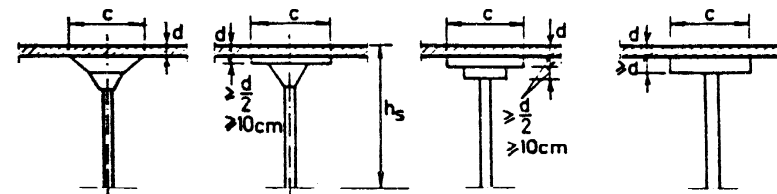
Minimalna debljina pečurkastih ploča ne sme biti manja od 15 cm. Debljina pečurkaste ploče ne sme biti manja od $1/35$ većeg odstojanja susednih stubova ako se ne dokazuje stanje deformacija - ugiba.

Strana (prečnik) preseka stuba ne sme biti manja od $1/20$ odgovarajućeg manjeg razmaka stubova, niti manja od $1/15$ spratne visine, niti manja od 30 cm.

13. LJUSKE I POLIEDARSKI POVRŠINSKI NOSAČI

223

Ljuske su jednostruko ili dvostruko zakrivljeni površinski nosači male debljine sa ivičnim ukrućenjima ili bez ivičnih ukrućenja.



Slika 57

Poliedarski površinski nosači su prostorni površinski nosači sastavljeni od ravnih međusobno kruto povezanih ploča.

224

Za određivanje veličine uticaja u preseccima i deformacijskih veličina, kao osnova proračuna može se uzeti elastično ponašanje konstrukcija - faza I.

Za određivanje veličine uticaja iz stava 1. ovog člana može se primeniti i uprošćeni način proračuna prema teoriji membrana, zavisno od oblika, krutosti, zanemarenja sekundarnih napona i sekundarnih deformacija, vodeći računa o ivičnim smetnjama.

Ljuske se mogu računati i po teoriji loma (teorija plastičnosti) kad se dokazuje samo kapacitet nosivosti, odnosno sigurnost na lom.

Stabilnost ljuski i poliedarskih nosača, usled mogućih uticaja (opterećenja, skupljanja i tečenja betona, promena temperature, spuštanja oslonca), ispituje se na deformisanom sistemu.

Moguća odstupanja pri izvođenju projektovane krivine treba proceniti i uneti u proračun.

Za konstrukcije i elemente iz člana 223. ovog pravilnika mora se proveriti izbočavanje koje nastaje usled elastičnih deformacija i promene oblika, usled skupljanja i tečenja betona, kao i usled mogućih odstupanja projektovane krivine pri izvođenju.

225

Pri dimenzionisanju nosača ljuske proračunavaju se zatežući naponi u betonu koji, pod pretpostavkom punog sadejstva betona u zategnutoj zoni, nastaju od opterećenja u srednjoj površini ljuske ili poliedarskog površinskog nosača usled dejstva normalnih sila, smičućih sila i eventualnih momenata savijanja.

226

U ivičnim elementima ljuski koji su pretežno napregnuti na savijanje, armatura se određuje na način predviđen za grede.

Armatura ljuski i poliedarskih površinskih nosača u jako napregnutim područjima treba što bolje da sledi trajektorije napona zatezanja. U ostalim područjima, armiranje prema trajektorijama napona zatezanja može se zameniti mrežom odgovarajućeg oblika. Armaturu treba postaviti u srednjoj površini ljuske u oblasti

membranskog stanja, a u oblasti ivičnih poremećaja armatura treba da sledi zone zatezanja od momenata i normalnih sila.

Razmak šipki armature u ljuskama i poliedarskim površinskim nosačima ne sme prelaziti dvostruku debljinu ljuske, a ne može iznositi ni više od 20 cm.

Ako se za armiranje upotrebi glatki čelik prečnika šipke 10 mm, kuke se ne moraju izvoditi pod uslovom da se predvidi dovoljna dužina usidrenja ili preklapanja armature.

14. MONTAŽNI ARMIRANOBETONSKI ELEMENTI

227

Montažni armiranobetonski elementi izrađuju se od betona, najmanje marke MB 20.

Svi detalji spojeva, uklapanja, usidrenja i drugi moraju biti prikazani na detaljnim crtežima u projektu.

228

Užad za dizanje, petlje na tim užadima i drugi elementi sistema za dizanje elemenata moraju se proračunavati na mogućnost stoprocentnog povećanja težine betonskog elementa koji se diže.

229

Beton za zalivanje spojeva montažnih armiranobetonskih elemenata treba da ima najmanje onaj kvalitet koji ima beton elemenata koji se međusobno spajaju.

Na svakom montažnom armiranobetonskom elementu moraju biti označeni gornja strana elementa, položaj i orijentacija u konstrukciji, na način određen u detaljnim crtežima.

230

Montažni armiranobetonski elementi moraju biti tako uskladišteni, transportovani i postavljeni da se spreči njihovo prekomerno naprezanje ili oštećenje.

Projektom montaže određuje se način povezivanja i podupiranja montažnih armiranobetonskih elemenata u toku montaže.

VII IZVOĐENJE BETONSKIH RADOVA

231

Izvođač konstrukcija i elemenata od betona i armiranog betona mora voditi dokumentaciju prema ovom pravilniku, kojom dokazuje kvalitet materijala i izvođenja radova, kao i drugu dokumentaciju predviđenu projektom.

232

Betonski radovi se izvode prema projektu konstrukcije i projektu betona.

Pre početka izvođenja konstrukcije i elemenata od betona i armiranog betona mora se izraditi projekt betona, koji sadrži:

- sastav betonskih mešavina, količine i tehničke uslove za projektovane klase betona;
- plan betoniranja, organizaciju i opremu;
- način transporta i ugrađivanja betonske mešavine;
- način negovanja ugrađenog betona;
- program kontrolnih ispitivanja sastojaka betona;
- program kontrole betona, uzimanje uzoraka i ispitivanje betonske mešavine i betona po partijama;
- plan montaže elemenata, projekt skele, za složene konstrukcije i elemente od betona i armiranog betona, ako nije dat u projektu konstrukcije, kao i projekt oplata za specijalne vrste oplata.

Projekt betona ne izrađuje se za individualnu gradnju prizemnih zgrada, baraka, šupa i sličnih objekata.

1. BETONSKI POGONI

233

Za proizvodnju betona kategorije B.II koriste se uređaji koji ispunjavaju uslove utvrđene propisom o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.050.

234

Transport agregata obuhvata sve radne operacije, od uskladištenja agregata na mestu proizvodnje do uređaja za doziranje i mešanje betona.

Frakcije agregata transportuju se odvojeno i skladište tako da se ne zaprljaju, da ostanu nepromenjenog granulometrijskog sastava i da ne dođe do drobljenja zrna. Deponija frakcija agregata smešta se na podlogu sa dovoljnim nagibom za odvodnjavanje.

Nije dopušteno na istom mestu deponovanje agregata istih nazivnih frakcija, a različitog porekla i separacija.

235

Cementi u rasutom stanju moraju se transportovati sredstvima koja se hermetički zatvaraju, tako da je cement zaštićen od vlaženja i drugih štetnih uticaja za vreme transporta.

Cement u vrećama transportuje se u pokrivenim transportnim sredstvima. Vreće treba utovarivati i istovarivati tako da je isključena mogućnost vlaženja.

Svaka pošiljka cementa treba biti snabdevena podacima o:

- vrsti i klasi cementa;
- poreklu, odnosno firmi, odnosno nazivu i sedištu ili registrovanom znaku proizvođača;
- datumu pakovanja;
- datumu isporuke;
- količini.

236

Cement na gradilištu treba čuvati na način i pod slovima koji ne utiču nepovoljno na njegov kvalitet. Cement se čuva, posebno, po vrstama, i upotrebljava se za spravljanje betona prema redosledu prijema na gradilištu. Ne sme se upotrebljavati cement koji je na gradilištu uskladišten duže od tri meseca, ako prethodnim ispitivanjem nije utvrđeno da u pogledu kvaliteta odgovara propisanim uslovima.

U istom silosu smeju se uskladištiti cementi iste vrste i klase iz iste fabrike cementa. Cementi iste vrste i klase različitih proizvođača smeju se uskladištiti u istom silosu samo ako se perthodno dokaže da su međusobno kompatibilni, odnosno da njihovo mešanje nema štetnih uticaja na svojstva i ujednačenost proizvedenog betona, što se dokazuje uporednim ispitivanjima.

237

Dodaci betona moraju biti označeni prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.034 i uskladišteni prema uputstvu proizvođača.

Dodatke betonu sklone sedimentaciji ili segregaciji treba pre upotrebe homogenizovati, a za vreme upotrebe homogenost dodataka mora se stalno održavati.

238

Homogenost betonske mešavine dokazuje se prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.028.

Podaci o projektovanim količinama sastojaka koji se doziraju na mešalici moraju u betonskom pogonu biti istaknuti na vidnom mestu.

Za proizvodnju temperiranih betona betonski pogon mora biti opremljen na tehnološki odgovarajući način, a prema članu 268. ovog pravilnika.

239

Betonski pogon mora posedovati izveštaj o podobnosti proizvodnje betonskog pogona i izveštaj o jednomesečnom ispitivanju uređaja za doziranje, prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.050.

2. ORGANIZACIJA I PROJEKTI ZA IZVOĐENJE BETONSKIH RADOVA

240

Organizacija, oprema i projekti za izvođenje betonskih radova na gradilištu moraju biti usklađeni sa projektom konstrukcije i projektom betona.

241

Betoniranje može početi po pregledu podloge, skela, oplata i armature.

3. SKELE I OPLATE

242

Skele i oplata moraju biti tako konstruisane i izvedene da mogu preuzeti opterećenja i uticaje koji nastaju u toku izvođenja radova, bez štetnih sleganja i deformacija, i osigurati tačnost predviđenu projektom konstrukcije.

243

Nadvišenja skele i oplata određuju se zavisno od objekta i njegove namene i estetskog izgleda.

Za specijalne i, naročito, složene objekte nadvišenje skele određuje se proračunom.

244

Skele i oplata moraju biti tako izvedene da odgovaraju načinu ugrađivanja, vibriranja, negovanja i termičke obrade betona, prema projektu betona.

245

Oplata mora biti takva da za vreme betoniranja ne bude gubitaka sastojaka betona.

246

U slučaju kad oplata i delovi oplata ostaju ugrađeni u konstrukciju, treba proveriti njihovu trajnost ako je oplata sastavni deo konstrukcije ili njenog elementa. Ako je takva oplata ili deo oplata bez uticaja na nosivost konstrukcije, treba proveriti da njen uticaj na konstrukciju nije štetan.

Ako sredstva za učvršćivanje oplata prolaze kroz beton, ne smeju štetno delovati na beton.

Oplatu treba tako izvesti da je moguće lako skidanje, bez oštećenja betona.

247

Unutrašnje stranice oplata moraju biti čiste i, prema potrebi, premazane zaštitnim sredstvom.

Premaz oplata ne sme biti štetan za beton, ne sme delovati na promenu boje površine vidnog betona i na vezu između armature i betona, i ne sme štetno delovati na materijale koji se naknadno nanose na beton.

248

Oplata se skida po fazama, bez potresa i udara, kada beton dovoljno očvrstne.

Ako projektom konstrukcije nije drukčije određeno, za vreme skidanja oplata čvrstoća betona ne sme biti manja od:

- 30% propisane marke betona kod stubova, zidova i vertikalnih delova oplata greda;
- 70% propisane marke betona kod ploča i donjih delova oplata greda.

Ako je betonski element za vreme skidanja oplata opterećen, čvrstoća betona mora da odgovara uslovima za marku betona određenu projektom konstrukcije.

Kad tehnologija građenja zahteva podupiranje konstrukcije i posle skidanja oplata, raspored i način podupiranja moraju se predvideti projektom betona.

Specijalni načini ugrađivanja i specijalni betoni mogu zahtevati posebne uslove za oplatu (podvodni beton, pumpani beton i sl.).

249

Za nosive elemente, kod kojih je slobodna dužina veća od 6 m, oplata se postavlja tako da posle njenog opterećenja ostane nadvišenje veličine $l/1000$, gde je l - raspon elementa.

Pre početka ugrađivanja betona treba proveriti dimenzije skele i oplata i kvalitet njihove izrade.

4. ARMATURA

250

Prilikom transporta i uskladištenja čelika ne sme doći do mehaničkih oštećenja, lomova na mestu zavarivanja i prljavštine koja može smanjiti adheziju, kao i do gubitka oznaka i smanjenja preseka zbog korozije.

Transport i uskladištenje prefabrikovanih armaturnih sklopova i mreža treba obaviti tako da se pored navedenog izbegnu deformacije i nedopuštena razmicanja šipki armature.

251

Armatura se savija u hladnom stanju i nastavlja na način određen projektom konstrukcije.

Pre postavljanja, armatura se mora očistiti od prljavštine, masnoća, ljuski korozije i sličnog.

252

Zavarivanje nosive armature obavlja se u armiračkom pogonu, radionici ili na gradilištu.

Šipke armature mogu se zavarivati ako su zavarljive, prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS C.K6.020. Zavarivanje gorionikom i kovanjem je zabranjeno.

253

Provera zavarljivosti vrši se zatezanjem i savijanjem epruveta zavarenih spojeva.

Nastavljanje armaturnih šipki zavarivanjem dopušteno je samo na pravim delovima. Udaljenost vara od početka krivine mora iznositi najmanje 10ϕ .

Kad su armaturne šipke zavarene na druge čelične elemente, proračun, izvođenje i kontrola takvih varova izvode se u skladu s propisima o zavarivanju, pošto se prethodnim ispitivanjem proveriti zavarljivost armature i čeličnih elemenata.

254

Nosivost zavarenih šipki dokazuje se ispitivanjem prema jugoslovenskom standardu JUS C.K6.020.

255

Dužina i položaj nastavka armaturnih šipki s preklapanjem određuje se projektom konstrukcije. Nosivost i deformabilnost spojnica za mehaničko nastavljanje proveravaju se prethodnim ispitivanjem.

Mesta nastavljanja armature označavaju se u planovima armature.

256

Radi osiguranja projektovanog položaja u toku ugrađivanja betona, armatura se čvrsto vezuje potrebnim brojem graničnika i podmetača odgovarajućeg tipa.

257

Ako se armatura postavlja na tlo, predviđa se izravnavajući sloj betona, debljine najmanje 5 cm.

258

Pri ugrađivanju pocinkovanih čeličnih elemenata ne sme doći do kontakta tih elemenata sa armaturom.

259

Pre početka betoniranja mora se zapisnički utvrditi da li montirana armatura zadovoljava u pogledu:

- prečnika, broja šipki i geometrije ugrađene armature predviđene projektom konstrukcije;
- učvršćenja armature u oplati;
- mehaničkih karakteristika: granice razvlačenja i granice kidanja.

Armaturu koja je uprljana betonom, cementnim malterom i slično, potrebno je pre betoniranja očistiti.

5. UGRAĐIVANJE BETONA

260

Beton se ugrađuje prema projektu betona. Ako se ugrađivanje betona prekida zbog nepredviđenih prilika, moraju se preduzeti mere da takav prekid ugrađivanja betona ne utiče štetno na nosivost i ostala svojstva konstrukcije, odnosno elementa. Ako prekid ugrađivanja nije izveden na način predviđen u projektu, izvođač radova mora da očisti površinu betona a na mestu prekida a po potrebi, i da ukloni beton da bi se dobila površina pogodna za nastavljjanje pri daljem ugrađivanju betona.

261

Početna temperatura svežeg betona u fazi ugrađivanja ne sme biti niža od $+5^{\circ}\text{C}$. Najviša temperatura svežeg betona koji se ne ugrađuje posebnim postupcima predviđenim za temperirane betone ne sme biti viša od $+30^{\circ}\text{C}$.

Ako je srednja dnevna temperatura vazduha niža od $+5^{\circ}\text{C}$ ili viša od $+30^{\circ}\text{C}$, potrebno je preduzeti posebne mere za normalno očvršćavanje betona određene ovim pravilnikom.

262

Beton se mora transportovati i ubacivati u oplatu na način i pod uslovima koji sprečavaju segregaciju betona, promene u sastavu i svojstvima betona.

263

U konstrukciju se mora ugrađivati beton takve konzistencije da se može kvalitetno ugraditi i zbijati predviđenim mehaničkim sredstvima za ugrađivanje. Svežem betonu ne sme se naknadno dodavati voda.

264

Visina slobodnog pada betona ne sme biti veća od 1,5 m, ako nisu preduzete potrebne mere za sprečavanje segregacije betona.

265

Beton se ugrađuje mehanički, osim ako je tečne (žitke) konzistencije. Razastiranje betona vibratorom u oplati nije dopušteno. Najveća udaljenost mesta ugrađivanja od mesta konačnog položaja u zbijenom stanju ne sme biti veća od 1,5 m.

Beton se unosi u slojevima ne višim od 70 cm. Naredni sloj mora se ugraditi za vreme koje osigurava spajanje betona s prethodnim slojem. Ugrađivanje betona u više slojeva izvodi se tako što se gornji sloj vibrira, a donji delom revibrira.

6. NEGOVANJE UGRAĐENOG BETONA

266

Neposredno posle betoniranja, beton mora biti zaštićen od:

- prebrzog isušivanja;
- brze izmene toplote između betona i vazduha;

- padavina i tekuće vode;
- visokih i niskih temperatura;
- vibracija koje mogu promeniti unutrašnju strukturu i prionljivost betona i armature, kao i drugih mehaničkih oštećenja u vreme vezivanja i početnog očvršćavanja.

267

Beton se posle ugrađivanja mora zaštititi da bi se osigurala zadovoljavajuća hidratacija na njegovoj površini i izbegla oštećenja zbog ranog i brzog skupljanja.

Ako projektom betona nije drugačije određeno, negovanje betona mora trajati najmanje sedam dana ili ne manje od vremena koje je potrebno da beton postigne 60% od predviđene marke betona.

7. PROIZVODNJA I UGRAĐIVANJE BETONA U POSEBNIM USLOVIMA

268

Ugrađivanje betona u kalupe ili oplatu pri spoljnim temperaturama nižim od $+5^{\circ}\text{C}$ ili višim od $+30^{\circ}\text{C}$ smatra se betoniranjem u posebnim uslovima. Za betoniranje u posebnim uslovima moraju se osigurati posebne mere zaštite betona.

269

U pogonima u kojima se predviđa proizvodnja i ugrađivanje betona pri spoljnim temperaturama nižim $+5^{\circ}\text{C}$, pre prvih mrazeva treba osposobiti i proveriti opremu koja će se koristiti za proizvodnju i ugrađivanje betona pri niskim temperaturama.

270

Agregat mora biti otporan na mraz, naročito pri višeciklusnom smrzavanju i odmrzavanju. Agregat ne sme sadržati organske primese koje usporavaju hidrataciju cementa. Upotreba smrznutog agregata nije dopuštena.

271

Pri izboru cementa prednost treba dati visokoaktivnim cementima s nižom standardnom konzistencijom i bržim oslobađanjem hidratacione toplote. Cement sa dodatkom pucolana po pravilu se ne koristi.

272

Dodaci ne smeju usporavati proces hidratacije na niskim temperaturama, povećavati vodopropusnost betona i koroziju čelika u betonu. Delovanje dodatka na beton treba proveravati na temperaturi $+5^{\circ}\text{C}$ i $+20^{\circ}\text{C}$, sa predviđenom i dvostrukom količinom doziranja.

273

Pre prvog smrzavanja beton mora imati najmanje 50% zahtevane čvrstoće. Beton koji će u eksploataciji biti izložen smrzavanju mora pre prvog smrzavanja imati zahtevanu čvrstoću, a beton koji će istovremeno biti izložen i delovanju soli za odmrzavanje mora imati i zahtevanu otpornost na mraz i soli za odmrzavanje.

274

Kad se u vrlo hladne dane skida oplata ili uklanja toplotna zaštita, ne sme doći do naglog hlađenja betona, pa se spoljne površine betona moraju zaštititi.

275

Pri betoniranju na visokim temperaturama početnu obradljivost treba odrediti prema prethodno utvrđenom gubitku obradljivosti prilikom transporta i gradnje.

Ako se koriste usporivači vezivanja i dodaci za povećanje obradivosti, njihovo delovanje treba prethodno dokazati na uzorcima sa odabranim cementom i očekivanom temperaturom betona.

276

Cement i ostali sastojci betona koji se ugrađuje u masivne elemente moraju biti takvi da temperatura ugrađenog betona ni u kom slučaju ne bude viša od +65°C. U protivnom, preduzimaju se mere za hlađenje komponenata betona ili hlađenje betona u samom elementu.

VIII ZAVRŠNA OCENA KVALITETA BETONA U KONSTRUKCIJI

277

Za beton kategorije B.II mora se dati završna ocena kvaliteta betona, koja obuhvata:

- dokumentaciju o preuzimanju betona po partijama;
- mišljenje o kvalitetu ugrađenog betona, koje se daje na osnovu vizuelnog pregleda konstrukcije, pregleda dokumentacije o gradnji i verifikacije rezultata iz evidencije tekuće kontrole proizvodnje sa rezultatima kontrole saglasnosti sa uslovima kvaliteta.

Na osnovu završne ocene kvaliteta betona u konstrukciji dokazuje se sigurnost i trajnost konstrukcije ili se traži naknadni dokaz kvaliteta betona.

IX PROBN O PTEREĆENJE

278

Ispitivanje probnim opterećenjem vrši se za armiranobetonske konstrukcije, i to:

- mostove raspona većeg od 15 m;
- kranke staze za kranove nosivosti veće od 5 t;
- rezervoare, silose, bazene;
- tribine na sportskim građevinama i tribine u dvoranama;

- krovne konstrukcije raspona većeg od 30 m;
- sisteme međuspratnih konstrukcija od prefabrikovanih montažnih elemenata koji se prvi put primenjuju;
- konstrukcije koje se prvi put izvode novim tehnološkim postupcima;
- dalekovodne stubove sistema koji se prvi put primenjuju;
- sve ostale konstrukcije za koje je to predviđeno projektom.

Probom opterećenju konstrukcije može se pristupiti pošto se pribave dokazi o kvalitetu ugrađenih komponenata betona, ili armiranog betona ili montažnih armiranobetonskih elemenata prema odgovarajućem propisu o jugoslovenskim standardima.

279

Probno opterećenje mostova sprovodi se prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.046, a probno opterećenje konstrukcija u visokogradnji - prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.047.

280

Položaj i veličina opterećenja pri probnom opterećenju određuju se projektom konstrukcije. Način opterećenja, po pravilu, odgovara načinu opterećenja u eksploataciji (statičko opterećenje, dinamičko opterećenje).

281

Utvrdjivanje nosivosti prefabrikovanih montažnih armiranobetonskih elemenata izloženih savijanju ispitivanjem do loma sprovodi se prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS U.E3.050.

282

Ispitivanje konstruktivnih elemenata do loma, izloženih pretežno savijanju, obavezno je i za konstruktivne elemente, ako se oni izvode novim tehnološkim postupcima ili u serijama većim od 500 komada. Takva ispitivanja sprovode se na prototipovima ili modelima pre početka serijske izrade konstruktivnih elemenata.

283

Ako su rezultati probnog opterećenja negativni, obavezna je sanacija konstrukcije. Posle izvršenja sanacije, obavezno se ponavlja probno opterećenje.

X NAKNADNO DOKAZIVANJE KVALITETA UGRAĐENOG BETONA

284

Naknadno dokazivanje kvaliteta ugrađenog betona sprovodi se prema propisu o jugoslovenskom standardu JUS U.M1.048 ako je kvalitet betona podbacio u odnosu na kvalitet zahtevan u projektu konstrukcije i ako se kvalitet betona ne može dokazati u smislu odredaba ovog pravilnika, zbog malog broja uzoraka.

285

Ako se naknadnim ispitivanjem dokaže da je karakteristična čvrstoća pri pritisku na dan ispitivanja manja od tražene marke betona (MB), sigurnost konstrukcije treba proceniti naknadnim proračunom.

Naknadnim proračunom se proverava da li uz postignutu karakterističnu čvrstoću betona postoji zadovoljavajuća sigurnost konstrukcije u smislu ovog pravilnika.

Ako računski dokaz sigurnosti konstrukcije ne zadovoljava, konstrukciju treba ili sanirati, ili, ako postoji mogućnost, smanjiti dopušteno opterećenje.

XI ODRŽAVANJE OBJEKATA

286

Betonske i armiranobetonske konstrukcije moraju se održavati u stanju projektom predviđene sigurnosti i funkcionalnosti. Ako dođe do oštećenja konstrukcije, moraju se preduzeti potrebne mere zaštite, uključujući i mere sanacije.

287

Projektom konstrukcije određuje se učestalost kontrolnih pregleda.

Rokovi kontrolnih pregleda ne smeju biti duži od:

- 10 godina - za javne i stambene zgrade;
- 5 godina - za industrijske objekte;
- 2 godine - za mostove.

Projektom se predviđaju kontrolni pregledi, koji se sastoje od:

- a) vizuelnog pregleda gde je uključeno snimanje položaja i veličina prslina i pukotina, kao i oštećenja bitnih za sigurnost konstrukcije;
- b) kontrole ugiba glavnih nosivih elemenata konstrukcija pod stalnim opterećenjem.

Ako se na osnovu pregleda pod a) utvrdi da je sigurnost konstrukcije smanjena u odnosu na projektovanu sigurnost, treba obaviti kontrolu prema tački b).

U uslovima srednje i jake agresivnosti sredine obavezno treba kontrolisati stanje zaštitnog sloja armature.

XII PRELAZNE I ZAVRŠNE ODREDBE

288

Odredbe ovog pravilnika ne primenjuju se na objekte čije je projektovanje završeno i čija izgradnja počinje u periodu od šest meseci posle stupanja na snagu ovog pravilnika.

289

Stupanjem na snagu ovog pravilnika prestaju da važe:

Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za beton i armirani beton ("Službeni list SFRJ", br. 51/71), Pravilnik o tehničkim merama za upotrebu Bi-čelika u armiranobetonskim konstrukcijama ("Službeni list SFRJ", br. 18/69 i 14/70), Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za upotrebu mrežaste armature u armiranobetonskim konstrukcijama ("Službeni list SFRJ", br. 32/69) i Pravilnik o tehničkim propisima za upotrebu rebrastog čelika za armirani beton ("Službeni list SFRJ", br. 39/65 i 16/68).

290

Proračunski dijagram σ_b/ϵ_b u obliku kvadratne parabole iz člana 86. ovog pravilnika može se koristiti najduže dve godine od dana stupanja na snagu ovog pravilnika.

Proračun preseka prema dopuštenim naponima iz člana 75. stav 2. i čl. 119, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 128, 129, 131, 132, 133, i 134. ovog pravilnika može se primenjivati najduže dve godine od dana stupanja na snagu ovog pravilnika.

291

Ovaj pravilnik stupa na snagu po isteku tri meseca od dana objavljivanja u "Službenom listu SFRJ".

Br. 07-719/1

13. februara 1986. godine

Beograd

PRILOG 1.2

UOČENE GREŠKE U ORIGINALNOM TEKSTU PRAVILNIKA BAB 87

Tokom izrade Priručnika za primenu Pravilnika BAB 87 primećene su neke očigledne greške u originalnom tekstu Pravilnika BAB 87 koji je objavljen u Službenom listu SFRJ br. 11/87. U ovom prilogu će korisnicima Priručnika biti naznačeno gde se u Pravilniku BAB 87 nalaze pomenute evidentne greške.

TABELA 14

U tabeli 14. "Karakteristike čelika za armirani beton" u napomeni pod 3.) treba da piše: "armaturne mreže"

umesto

"armature mreže"

TABELA 22

U tabeli 22. "Dopušteni naponi pritiska u nearmiranom betonu" u vrsti "ivični naponi pritiska" treba uvesti oznake σ_r i f_{bk} umesto σ_v i f_k , respektivno.

88

U članu 88. formula treba da glasi:

$$\tau_n = \frac{T_{mu}}{b \cdot z}$$

umesto

$$\tau_m = \frac{T_{mu}}{b \cdot z}$$

92

U članu 92 početak drugog stava treba da glasi:

"U slučaju $3 \cdot \tau_r < \tau_n(T) < 5 \cdot \tau_r$...",

a ne

"U slučaju $3 \cdot \tau_r(T) < \tau_n(T) < 5 \cdot \tau_r$..."

93

U članu 93. formula za izračunavanje ΔA_a treba da glasi:

$$\Delta A_a = \frac{T_{mu}}{2\sigma_v}(\operatorname{ctg}\theta - \operatorname{ctg}\alpha)$$

umesto

$$\Delta A_a = \frac{T_{Ru}}{2\sigma_v}(\operatorname{ctg}\theta - \operatorname{ctg}\alpha).$$

95

U članu 95 početak prvog stava treba da glasi:

"Ublažavanje uticaja transverzalnih sila T_u iz člana 87 ovog pravilnika...",

umesto

"Ublažavanje uticaja transverzalnih sila T_u iz člana 89 ovog pravilnika..."

96

Formula koja se javlja u članu 96 treba da glasi:

$$\tau_n(M_T) = \frac{M_{Tu}}{2A_{bo} \cdot \delta_o},$$

umesto

$$\tau_u(M_T) = \frac{M_{Tu}}{2A_{bo} \cdot \delta_o},$$

99

U članu 99. umesto M_{TRu} treba da piše M_{Tu} u tekstu prvog stava i odgovarajućoj formuli.

107

U članu 107 veličina l_i ne predstavlja "sistemnu dužinu elementa" već je to "efektivna dužina izvijanja" koja je označena sa h_i i definisana u članu 103 Pravilnika BAB 87. Dakle, imajući ovo na umu, uticaj netačnosti izvođenja e_o treba računati kao:

$$e_o = \frac{h_i}{300}$$

109

U članu 109 formula koja se odnosi na prvi stav treba ispravno da glasi:

$$f_o = f_B \sqrt{\frac{A_{b1}}{A_{b*}}} \leq 1,6 \cdot f_{bk},$$

a ne

$$f_o = f_B \sqrt{\frac{A_{b1}}{A_{bo}}} \leq 1,6 \cdot f_k.$$

127

U članu 127 druga formula treba da glasi:

$$\sigma_i = \frac{135 - \lambda_i}{100} \cdot \sigma_s \left(1 - 0,5 \cdot \sqrt{\frac{e}{k}} \right) \leq \sigma_s,$$

a ne

$$\lambda_i = \frac{135 - \lambda_i}{100} \cdot \sigma_s \left(1 - 0,5 \cdot \sqrt{\frac{e}{k}} \right) \leq \sigma_s,$$

129

U članu 129. umesto:

" λ_i - dužina izvijanja"

treba da piše:

" l_i - dužina izvijanja"

130

U članu 130 treba da stoji:

f_{bk} - karakteristična čvrstoća betona pri pritisku

umesto

f_{bk} - (karakteristična čvrstoća);

131

Prvi stav člana 131 treba da glasi:

"Glavni naponi zatezanja armiranobetonskih elemenata opterećenih na savijanje i torziju, u blizini neutralne linije na najvećem delu linijskih nosača, jednaki su naponima smicanja, pa se kao takvi upoređuju sa glavnim naponima τ_a, τ_b i τ_c datim u tabeli 21".

135

U članu 135 u drugoj formuli za a_o treba da stoji:

$$a_o = 2,0 \text{ cm}$$

umesto

$$a_o = 2,0.$$

148

Poslednja rečenica u članu 148. treba da glasi:

"Sidrenje pravim delom može se izvršiti na drugi način, s tim da koeficijent sigurnosti sidrenja šipke armature u armiranobetonskim konstrukcijama mora biti najmanje 1,8, što se mora dokazati ispitivanjem."

150

Prva formula u članu 150. treba da glasi

$$l_{s(ef)} = \alpha \cdot l_s \frac{\sigma_{a(ef)}}{\sigma_a} \not\leq l_{s,min}$$

umesto

$$l_{s(ef)} = \alpha \cdot l_s \frac{\sigma_{a(ef)}}{\sigma_a} \not\leq l_{s,min}$$

Takođe, umesto:

"najmanje dužina usidrenja $l_{s,min}$ "

u članu 150. treba da piše:

"najmanja dužina usidrenja $l_{s,min}$ ".

167

U članu 167. umesto:

" M/Z "

treba da piše

" M/z ".

Takođe, u članu 167. umesto:

" $v = 0,5$ " i " $v = 0,75$ "

treba da piše

" $\alpha = 0,5$ " i " $\alpha = 0,75$ ".

168

U članu 168 poslednji deo prvog stava treba da glasi:

"... s tim da ta armatura ne može biti manja od armature koja je određena izrazima iz člana 93 ovog pravilnika."

180

U članu 180. umesto dela rečenice:

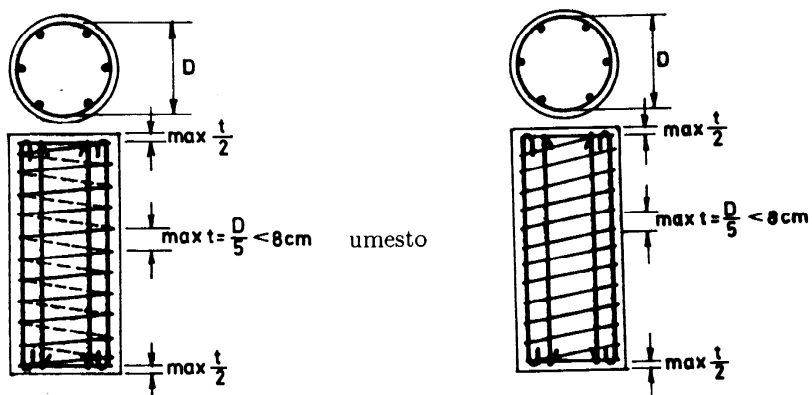
"gde su f_k i σ_v marke betona i granice razvlačenja..."

treba da piše

"gde su f_{bk} i σ_v marke betona i granice razvlačenja..."

190

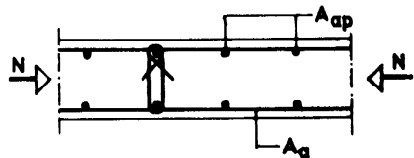
Ispravna slika spiralno armiranog pritisnutog elementa iz člana 190 treba da izgleda



195

Na prvoj slici u članu 195 jasno je da je glavna armatura A_a unutar podeone armature A_{ap} , tako da nije potrebno izvoditi nacrtanu vezu između obe ravni armature u zidu. Ako bi podeona armatura bila postavljena unutar glavne armature onda bi vezu obe ravni armature bilo neophodno izvoditi, pa bi ispravna slika u tom slučaju izgledala ovako:

(slika 3)



221

U trećem stavu člana 221. treba da piše:

" $\tau > \gamma_2 \cdot \tau_b$ "

umesto

" $\tau > \gamma_2 \cdot \tau_v$ "

222

U prvom stavu člana 222. treba da piše:

"...osiguranje od probijanja..."

umesto

"...osiguranje od prebijanja..."

240

U prvom stavu člana 240. umesto:

"uslaideni"

treba da piše

"usklađeni"

269

U prvom stavu člana 269. umesto:

"nižim $+5^\circ\text{C}$ "

treba da piše

"nižim od $+5^\circ\text{C}$ "