

Stropne konstrukcije u standardnoj visokogradnji

Milan Crnogorac, Igor Gukov, Branko Galić, Marijan Župan

Ključne riječi

stropna konstrukcija,
armiranobetonska ploča,
fert-strop,
omnia-strop,
polumontažni stropovi,
progib

M. Crnogorac, I. Gukov, B. Galić, M. Župan

Stručni rad

Stropne konstrukcije u standardnoj visokogradnji

Prikazane su osnovne vrste stropnih konstrukcija koje se najčešće primjenjuju u visokogradnji. Analizirana je primjene uobičajenih tipova stropova za veće raspone, posebno problemi graničnih stanja uporabljivosti. Navedene su tablice i dijagrami za projektiranje fert-stropova prema graničnom stanju nosivosti te prema više kriterija progiba. Upozoreno je na najčešće pogreške pri projektiranju i izvedbi. Analizirane su mogućnosti izvedbe stropnih konstrukcija većih raspona.

Key words

floor structure,
reinforced-concrete slab,
semi-prefabricated floor
system,
omnia-floor system,
semi-prefabricated floors,
deflection

M. Crnogorac, I. Gukov, B. Galić, M. Župan

Professional paper

Floor structures in standard building construction

Basic types of floor structures commonly used in building construction are presented. The use of standard types of floors for greater spans is analyzed, and a particular emphasis is placed on problems relating to limit state of serviceability. Tables and diagrams for the design of semi-prefabricated floor systems based on ultimate limit state and several deflection criteria, are presented. Authors caution that errors are most frequently made at the stages of design and realization. Possibilities for realizing floor structures of greater span are analyzed.

Mots clés

structures des planchers,
dalle en béton armé,
plancher fert,
plancher omnia,
planchers semi-
préfabriqués,
flèche

M. Crnogorac, I. Gukov, B. Galić, M. Župan

Ouvrage professionnel

Les structures des planchers courants dans le bâtiment

L'article présente les espèces principales des structures des planchers utilisées généralement dans le bâtiment. L'on analyse l'utilisation des types courants des planchers pour des portées plus importantes, et notamment les problèmes des états limites de l'utilisation. On fournit des tableaux et des diagrammes pour l'étude des planchers « fert » (poutrelles) selon l'état limite de la capacité portante et selon plusieurs critères de la flèche. On signale les erreurs les plus fréquentes dans l'étude et dans l'exécution. On analyse les possibilités d'exécution des planchers aux portées plus importantes.

Schlüsselworte:

Deckenkonstruktionen,
Stahlbetonplatte,
Fert-Decke,
Omnia-Decke,
Halbmontagedecken,
Durchbiegung

M. Crnogorac, I. Gukov, B. Galić, M. Župan

Fachbericht

Deckenkonstruktion im Standardhochbau

Dargestellt sind die Grundarten der Deckenkonstruktionen die am häufigsten im Hochbau angewendet werden. Analysiert ist die Anwendung von herkömmlichen Deckentypen für grössere Spannweiten, und besonders die Probleme der Benützungsgrenzstände. Angeführt von Fert-Decken nach dem Grenzzustand der Tragfähigkeit und nach mehreren Durchbiegungskriterien. Es wird auf die häufigsten Fehler bei Entwurf und Ausführung hingewiesen. Analysiert sind Ausführungsmöglichkeiten von Deckenkonstruktionen für grössere Spannweiten.

Autori: **Milan Crnogorac**, dipl. ing. građ., Hrvatski institut za mostove i konstrukcije (Himk), Zagreb;
Igor Gukov, dipl. ing. građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu; **Branko Galić**, dipl. ing. građ.;
Marijan Župan, dipl. inž. građ, Himk, Zagreb

1 Uvod

Stropne konstrukcije (SK) preuzimaju sve strukture i sadržaje građevine, izuzev vertikalne konstrukcije, te ih dalje predaju vertikalnoj konstrukciji. U glavnoj aseizmickoj konstrukciji građevine, stropne konstrukcije koje su krute u svojoj ravnini, imaju ključnu ulogu kao horizontalne spojne dijafragme.

Po načinu izvedbe razlikujemo monolitne, polumontažne i montažne stropne konstrukcije.

Prema strukturi osnovnih elemenata i gradiva, stropne konstrukcije mogu biti:

- *Ploče*
Ploče imaju homogenu strukturu; beton kao osnovno gradivo prožet sa šipkama armature.
- *Mješovite strukture*
To su ploče i grede u kombinaciji, kad su obje skupine "razdvojene" u svojoj funkciji i krutosti. I kod ovih konstrukcija, obje se skupine elemenata zajednički rade; grede su elastično popustljivi ležajevi za ploče, a ploče su dio T-presjeka greda.
- *Rebričaste strukture*
Konstrukcija se sastoji od linijskih štapnih elemenata i tankih pločastih elemenata.
- *Štapne strukture sa sekundarnom ispunom*
Ove konstrukcije imaju ispunu kao sekundarnu strukturu. Funkcijska hijerarhija je izrazito definirana i odvojena.

Prema vrsti gradiva i osnovnoj strukturi stropne konstrukcije mogu biti:

1. Drvene gredne stropne konstrukcije (SK-D)
2. Pune armiranobetonske stropne ploče (SK-PL), odnosno (PL)
3. Prednapete pune stropne ploče (SK-PNPL)
4. Gljivasti stropovi (SK-GLJ)
5. Prednapeti gljivasti stropovi (SK-PNGLJ)
6. Ploče s trakastim zadebljanjem u linijama stupova (SK-PL,TR)
7. Polumontažne ab OMNIA ploče (SK-O)
8. Polumontažne armiranobetonske OMNI ploče s laganim štednim ulošcima (SK-O,U)
9. Polumontažne stropne fert-konstrukcije (SK-F), odnosno (F)
10. Polumontažne MONTA stropne konstrukcije (SK-M)
11. Sitnorebričaste stropne konstrukcije (SK-SR)
12. Polumontažni stropovi; prednapete grede+blokovi ispunu+tlačna ploča (SK-PNG,I)
13. Polumontažni stropovi; predgotovljene grede+lagana ispuna+tlačna ploča (SK-G,I)

14. Polumontažni stropovi od plinobetona (sipreks strop) (SK-PL)
15. Polumontažni stropovi; potpuno armirane lakobetonске gredice i ulošci ispunu (SK-PALI)
16. Polumontažni stropovi od elemenata sa štednim otvorima (SK-ŠO)
17. Čelične stropne konstrukcije (SK-Č)

2 Pune armiranobetonske ploče

2.1 Općenito

Pune armiranobetonske ploče su vrlo često u primjeni, izvode se u debljini najčešće od 10-25 cm.

Mogu se izvesti kao monolitne ploče te kao polumontažne ploče, od kojih je najpoznatiji sustav pod nazivom omnia-ploče.

Pojedinačne pune ploče, ovisno o odnosu raspona te ležajnim i rubnim uvjetima, imaju i različit način prijenosa opterećenja. Jednosmjerno armirane ploče ($l_1/l_2 > 2,0$) pretežno prenose opterećenje u jednom smjeru, a križne ploče ($l_1/l_2 < 2,0$) u dva smjera.

Pune ploče treba nastojati projektirati kao ploče koje "rade" u dva ortogonalna pravca, uvijek kad to omogućuje dispozicija prostora koji zatvaraju.

2.2 Projektiranje, proračun i izvedba

2.2.1 Propisi

Za projektiranje i izvedbu ploča treba se oslanjati na mjerodavne propise: osnovne propise za armiranobetonske konstrukcije, propise za opterećenja, norme za osnovna gradiva (komponente) i kompozitna gradiva, te propise za izvedbu i kontrolu izvedbe.

2.2.2 Neki osnovni projektni parametri

Debljina ploča treba iznositi $1/35$ manjega raspona, odnosno $1/35$ razmaka nultih točaka dijagrama momenata savijanja kod kontinuiranih i upetih ploča.

U projektiranju i izvedbi, posebnu pažnju obratiti ležajevima, što se naročito odnosi na ležajevne ploče u naknadnoj izvedbi, pri sanaciji kuća.

Propisan je maksimalni razmak armature kao funkcija debljine ploče (d); $2d$ za jednoliko opterećenje, $1.5d$ za ploče s koncentriranim opterećenjem, odnosno maksimum 20 cm u zoni velikih napona bez obzira na debljinu ploče. Minimalni čisti razmak između šipki ne smije biti manji od $4,0$ cm. Kriteriji ograničenja pukotina bitni su za utvrđivanje razmaka armature.

Minimalna armatura u području velikih napona treba iznositi: $0,15\%$ betonskog presjeka za GA, $0,10\%$ za RA i

0,075% za MA. Razdjelna armatura ne smije biti manja od 20% presjeka glavne armature.

Neki suvremeni strani propisi traže veću minimalnu armaturu; prema ACI-u, min. armatura treba iznositi 0,2%

Zaštitni sloj armature ovisi o vrsti elementa, vrsti konstrukcije, stupnju agresivnosti okoline, kakvoći (marki) betona, promjeru armature, načinu izvedbe, dostupnosti kasnijoj kontroli te o postupanju s armiranobetonskom konstrukcijom tijekom upotrebe.

U slabo agresivnoj okolini; za ploče, ljuske i stijene, minimalni zaštitni sloj iznosi 1,5 cm. U umjereno agresivnoj okolini; minimalni zaštitni sloj povećava se za 0,5 cm, a u jako agresivnoj okolinitaj se sloj povećava za 1,5 cm.

2.2.3 Proračun ploča

- Granično stanje nosivosti (ULS)
- Granično stanje uporabljivosti (SLS)

Proračun ploča provodi se na različite načine, koje možemo svrstati u dvije skupine:

a) Proračun prema tablicama različitih autora

Ovakvi proračuni još uvijek su aktualni i racionalni, posebno ako se radi o pločama sa standardnom strukturom; pravilna tlocrtna dispozicija, rasponi u modulnom rasteru visokogradnje, jednolika opterećenja, regularni rubni uvjeti.

b) Proračun primjenom računalnih programa

Proračun se provodi primjenom različitih programa koji su bazirani na metodi konačnih elemenata (MKE metodi). Ploče se modeliraju mrežom konačnih elemenata, pri čemu se mogu modelirati sve nestandardne strukture ploča; nepravilna dispozicija, promjenjivi rubni uvjeti, točkasti olonci i opterećenja, različiti otvori i oslabljenja, promjenjiva debljina i drugo.

Posebnu pozornost treba posvetiti gustoći mreže, po potrebi izabrati mrežu s promjenjivim korakom u zoni singularnih točaka ploče.

2.2.4 Pogreške pri projektiranju ploča

Najčešće pogreške pri projektiranju ploča su:

- Pogreške u odabiru strukture ploče; rasponi, oslonci, veze na zidove, struktura pripadnih greda,
- Pogreške pri utvrđivanju krutosti odnosno debljine ploče,
- Pogreške statičkih shema i računskih modela te neuzimanje u obzir materijalne nelinearnosti
- Pogreške u utvrđivanju opterećenja; od pregrada, korisna opterećenja, točkasta opterećenja.
- Izostanak proračuna utjecaja temperature te puzanja i skupljanja betona.

- Pogreške u izboru strukture konačnih elemenata pri modeliranju ploča,
- Nepoznavanje softvera i numeričkih problema pri modeliranju složenih ploča,
- Izostanak kontrole (trajnih) progiba i pukotina,
- Izostanak kontrole točkastih opterećenja i točkastih ležajeva,
- Izostanak provjere ploča oko većih otvora,
- Izostanak provjere ploča u liniji slobodnih rubova bez oslonaca,
- Premali zaštitni slojevi armature, što uzrokuje osjetljivost na koroziju i požar.

2.2.5 Pogreške pri izvedbi ploča

Pri izvedbi su najčešće pogreške:

- Slobodni uglovi ploča ne armiraju se u gornjoj zoni (momenti M_{xy}) pa se otvaraju pukotine u obliku nepravilne kružnice (elipse) uz uglove ploče. Te pukotine redovito se javljaju kod ploča izloženih požaru.
- Izostavlja se sidrenje uglova ploče u vertikalnu konstrukciju.
- Izostavlja se potrebna armatura uz slobodne rubove; "U" - vilice, minimalna armatura u gornjoj zoni.
- Na vanjskim zidovima zidanih zgrada pojavljuju se horizontalne pukotine pri stropnoj ploči, na spoju predzadnjeg i zadnjeg reda blokova. Zadnji red je uklješten u serklaž i ploču, pa se pukotina otvara u liniji gdje se realizira kut zaokreta ploče na slobodnom ležaju a to je spojnica zadnjeg i predzadnjeg reda blokova.
- Izostanak konstrukcijske armature oko otvora u ploči.
- Ne ugrađuju se distanceri u donjoj zoni zbog čega su zaštitni slojevi premali.
- Ne ugrađuju se valjani privremeni nosači armature gornje zone.
- Ne vodi se računa o nepravilnom nalijeganju (sidrenju) armature na krajnjim ležajevima.
- Ne pridržava se projektiranog razmaka armature.
- Izostavlja se izvedba dodatne armature oko točkastih oslonaca; kosa armatura, vilice ili patentirani "češljevi".
- Izostavlja vibriranje betona, što se često događa kod obiteljskih kuća.
- Na većem broju obiteljskih kuća izvedene su ploče koje su relativno gipke (tanke).

3 Polumontažne Omnia stropne ploče

3.1 Općenito

Omnia ploče tretiraju se najčešće kao linijske ploče koje rade pretežno u jednom pravcu, te rjeđe kao ortotropne ploče kad se aktivira i sekundarni smjer s manjom statičkom visinom.

Omnia ploče izvode se kao polumontažne:

- Izvedba predgotovljenog donjeg pojasa ploče u debljini 4-5 cm, s armaturom te odgovarajućim rešetkastim nosačima od šipki malog profila.
- Montaža predgotovljenih *Omnia* elemenata uz podupiranje, te ugradnja armature na spoju ploča.
- Betoniranje ploče do pune debljine.

Armatura koja se ugrađuje na samoj građevini može biti dvojaka :

- *konstrukcijska armatura*; tada *Omnia* ploče nose u jednom pravcu
- *nosiva armatura* okomito na spojnice pojedinih elemenata. Ta armatura je udaljena od lica ploče za čitavu debljinu predgotovljenog pojasa. Ove ploče "rade" kao ortotropne, sekundarni smjer ima bitno manju statičku visinu, koju dodatno umajnjuju nakupine betona uz šipke armature rešetke.

Rubni pojasi ploča uz pročelja, koji su nosači ispune pročelja, trebaju se projektirati uz obveznu kontrolu progiba. Rubnu traku, širine 0,3 do 1,0 m, preporučljivo je izvesti kao monolitnu.

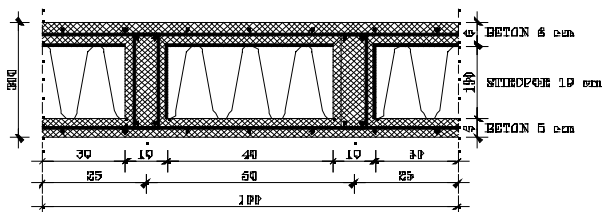
3.2 *Omnia*-ploče za veće raspone

Za veće raspone stropova (škole, javne zgrade različitih namjena) moguće je primijeniti *omnia*-ploče s laganim štednim ulošcima (SK-O,U).

Osnovna struktura ovih stropova je sljedeća:

- predgotovljeni donji pojas ploče debljine 4-5 cm, koji sadrži glavnu vlačnu armaturu u donjoj zoni,
- linijske armiranobetonske gredice-rebra, u jednom (kraćem) smjeru stropa, poprečni presjek bo/h (najčešće je $bo = 10,0$ cm),
- tlačna ploča debljine 5-7 cm,
- dva rebra za ukrućenje; iznimno može jedno ili tri,
- lagani štedni ulošci; stiropor ili slično.

Gredice (rebra) su "skriveno" u debljini stropa, a imaju punu strukturu armature sa vilicama. Ovakvi stropovi mogu se primjenjivati za raspone od 6 do 10 m.



Slika 1. Po prečni presjek *omnia*-stropa s ulošcima

Dobra svojstva ovih stropova:

- Visina stropa se povećava povećanjem debljine sloja uložaka, dakle gotovo bez povećanja težine.
- Može se odabrati potrebna optimalna visina stropa te tako udovolji svim bitnim kriterijima uporabljivosti (progibi).
- Glavni vlačni naponi preuzimaju se vilicama.
- Povoljan je za sanacije kad treba premostiti veće raspone, pri čemu je bitna što manja težina stropa.
- Strop je krut u svojoj ravnini tako da u toj ravnini ima svojstva horizontalne dijafagme.

Omnia-strop sa štednim ulošcima primijenjen je pri sanaciji zgrada javne namjene u Vukovaru. Na slici 2. prikazan je detalj stropa na vukovarskoj gimnaziji.



Slika 2. Izvedba *Omnia*-stropa sa štednim ulošcima, na gimnaziji u Vukovaru

Takvi stropovi primjenjuju se pretežno kao nosivi u jednom smjeru, a moguća je primjena i stropova sa roštiljnim djelovanjem.

4 Fert-stropne konstrukcije

4.1 *Općenito*

Suvremeni uvjeti građenja traže što jednostavnije i brže tehnološke postupke uz optimalno zadovoljenje svih zahtjeva građevina u smislu funkcionalnosti i stabilnosti. Za izvedbu manjih stambenih građevina, obiteljskih kuća i (manjih) višestambenih zgrada, razvili su se različiti polumontažni stropni sustavi. Jednostavni su za izvedbu, zahtijevaju malo dodatne opreme (oplata, skela) i nije potrebna specijalizirana radna snaga. Uvjeti fizike zgrade; toplinska i zvučna izolacija te uvjeti vibracija, zadovoljeni su odabirom odgovarajućih gradiva i prikladnim oblikovanjem struktura. Najpoznatiji i najčešći u primjeni su stropovi sustava FERT.

Po statičkom sustavu najčešće se koriste fert-stropovi koji djeluju kao proste grede.

Za veće raspone treba koristiti (djelomični) statički kontinuitet stropa iznad ležajeva. U tom slučaju, na ležajevima treba; odrediti potrebnu armaturu u gornjoj zoni, provjeriti tlačne napone u donjoj zoni gredica, te po potrebi djelomično izvaditi blokove ispune za poboljšanje strukture tlačne zone betona.

U projektnoj obradi stropnih fert-stropova treba izvršiti propisane proračune:

- Računsku provjeru graničnih stanja nosivosti (provjera na slom). U toj računskoj provjeri, projektanti za veće raspone zaboravljaju ispitati glavne vlačne napone (posmike).
- Računsku provjeru graničnih stanja uporabljivosti, što se svodi na kontrolu progiba.

Pokazuje se da je kod stropova većih raspona teško zadovoljiti kriterije graničnog stanja uporabljivosti.

Probleme progiba stropa moguće je razriješiti na jedan od sljedećih načina:

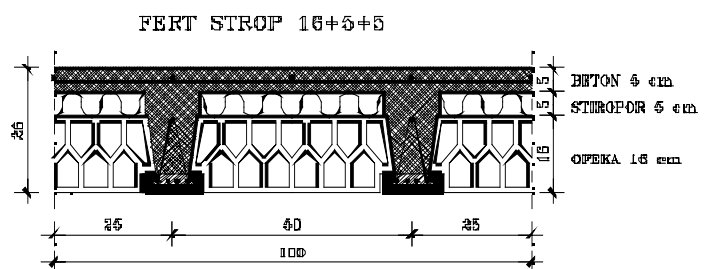
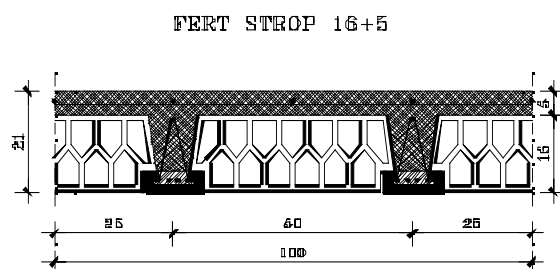
- nadvišenjem stropa u fazi izvedbe,
- povećanjem visine stropa,
- povećanjem armature,
- ostvarivanjem djelomične ili pune upetosti (kontinuiteta) na ležajima,
- smanjenjem koeficijenta puzanja, kasnijim otpuštanjem skele.

Jedno od mogućih rješenja zasigurno je povećanje visine stropa dodatkom stiropora u zoni blokova ispune, pri čemu posebnu pažnju treba posvetiti fiksiranju stiropora. Samo povećanje armature nije ekonomično što se najbolje vidi iz priloženih dijagrama.

Izbor fert-gredica prema dijagramima nosivosti proizvođača je nepouzdan iz razloga što su dijagrami izrađeni samo prema kriteriju nosivosti a zanemaren kriterij progiba. Dijagrami nosivosti vrijede samo za kraće raspone.

Opterećenja fert-stropova treba uzeti prema stvarnoj strukturi stropa u cjelini, sadržajima građevine te prema propisima.

Međukatne i tavanke konstrukcije imaju bitne razlike u stalnom i korisnom opterećenju.



Slika 3 Poprečni presjeci fert-stropova F(16+5) i F(16+5+5)

Ovisno o rasponu, opterećenju, statičkoj visini i dodatnim strukturama definiramo sljedeću tipologiju fert-stropova:

- visine (14+5) cm, - oznaka tipa F(14+5),
- visine (16+5) cm, - oznaka tipa F(16+5),
- visine (16+5+5) cm, - oznaka tipa F(16+5+5),
- visine (16+10+5)cm, - oznaka tipa F(16+10+5),
- sa udvojenim gredicama; - oznaka tipa 2F(h+Δh),
- nestandardni fert-stropovi.

Utopljene grede u fert-stropovima (F-UG), tj. skrivene grede u debljini stropa, primjenjuju se ispod povećanih linijskih i točkastih opterećenja te kao grede kraćih raspona koje su okomite na osnovne gredice ferta.

Pri sanaciji građevina, ležajeve fert-stropa treba izvesti u već postojeće zidove, pa je izvedba takvih ležajeva relativno zahtjevna.

4.2 Granično stanje deformacija (uporabljivosti)

Prema EC 2, kontrolu progiba ne treba provoditi ako vitkost konstrukcijskog elementa ne prelazi graničnu vrijednost propisanu u tablicama. Za fert-stropove karakteristično je sljedeće; rade kao T-presjek (faktor 0,8), spadaju u slučaj kada je beton relativno slabo naprežan, pa granice za l_{eff}/d iznose 25 i 32, ovisno o statičkom sustavu:

- Prosta greda; $l_{eff}/d < 0,8 \times 25 = 20$, kontrola progiba nije nužna za raspone manje od $l_{eff} = 20 \times 20 = 400$ cm.
- Kontinuirana greda; $l_{eff}/d < 0,8 \times 32 = 26$, kontrola progiba nije nužna za raspone manje od $l_{eff} = 26 \times 20 = 520$ cm.

Prema hrvatskim propisima, dana je granica formulom krutosti stropa kada ne treba kontrolirati progibe, ovisno o statičkom sustavu, postotku armiranja, kakvoći čelika, o iznosu i odnosima momenata savijanja stalnog i ukupnog opterećenja te faktorima puzanja i skupljanja betona.

Za jednostavnogredne fert-stropne konstrukcije treba izvesti kontrolu progiba za raspone koji su približno 20 puta veći od visine stropa.

U ovom radu analiza progiba provedena je po ACI propisima. Tablice su napravljene za statički sustav jednostavne grede, opterećene kontinuiranim opterećenjem koje je uzeto kao karakteristično za međukatne konstrukcije u visokogradnji.

Materijali: MB 30 i RA 400/500

Geometrija: $d = 21\text{cm}/b = 50\text{cm}/b_0 = 10\text{cm}/a = 2,5\text{cm}$ zaštitni sloj

Proračun progiba proveden je prema D. E. Bransonu (ACI propisi). Ukupni progib iznosi:

$$f = f_{k(g+p)} + f_{d(g)} + f_s \quad f < f_{dop} = L/Kg \quad \text{prema propisima} \\ f_{dop} = L/300,$$

gdje je:

$f_{k(g+p)}$ - progib od kratkotrajnog opterećenja

$f_{d(g)}$ - progib od dugotrajnog opterećenja

f_s - progib od skupljanja betona

Progib od kratkotrajnog opterećenja:

$$f_k = K \cdot \frac{M_k \cdot L^2}{I_k \cdot E_b}$$

Efektivni moment tromosti po Bransonu:

$$I'_k = \left(\frac{M_{bp}}{M_k} \right)^3 \cdot I_b + \left[1 - \left(\frac{M_{bp}}{M_k} \right)^3 \right] \cdot I'_{id}; \quad M_{bp} = \frac{f'_z \cdot I_b}{y_d}$$

gdje je:

M_{bp} - moment savijanja koji presjek može primiti neposredno prije pojave prve pukotine

I_b - moment tromosti betonskog presjeka

I'_{id} - moment tromosti tlačnog betona i n-struke armature

M_k - moment od vanjskog opterećenja

$f'_z = 1,7 \cdot f_z = 1,7 \cdot (0,395 \sqrt{f_{bk}})$ - vlačna čvrstoća betona

$K = \frac{5}{48}$ - koeficijent ovisan o statičkom sustavu,

opterećenju i mjestu u kojem se traži progib

Progib od dugotrajnog opterećenja:

$f_d = K_r \cdot \phi(t - t_0) \cdot f_k$ Putem koeficijentata K_r uzima se u obzir preraspodjela tlačnih napona zbog puzanja, skupljanja i raspucavanja, a pod dugotrajnim opterećenjem, prema izrazima:

$K_r = 1,0 - 0,6 \frac{A'_a}{A_a} \geq 0,4$ - za puzanje i skupljanje

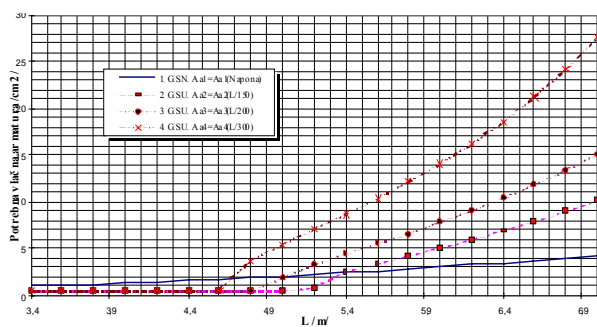
$K_r = 0,85 - 0,45 \frac{A'_a}{A_a} \geq 0,4$ - za puzanje

Rezultati proračuna prikazani su u tablici 1. za jedan od najčešće primjenjivanih tipova stropa; Fert 16 + 5 + 5.

Analize pokazuju da je kriterij progiba mjerodavan za dimenzioniranje stropnih fert-konstrukcija, za raspone iznad 4,0 m. U tablici 1. i dijagramu na slici 4. dani su podaci o potrebnoj vlačnoj armaturi u ovisnosti o statičkoj visini, rasponu stropa i opterećenju.. Krivulja 1. ura-

Tablica 1. Jedna gredica fert-stropa F(16 + 5 + 5) g/p = 6,0/1,5 kN/m²

1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13
L /m/	M oment M _{ut} /kNm/	Neut. os x /cm/	A _{s1} /cm ² /	Pop.sila T _u /kN/	/kN/cm ² /	f _t L/150 /cm/	A _{s2} L/150 /cm ² /	f _t L/200 /cm/	A _{s3} L/200 /cm ² /	f _t L/300 /cm/	A _{s4} L/300 /cm ² /
3.4	8.89	1.38	0.97	10.46	0.05	2.27	0.50	1.70	0.50	1.13	0.50
3.6	9.96	1.45	1.08	11.07	0.05	2.40	0.50	1.80	0.50	1.20	0.50
3.8	11.10	1.51	1.21	11.69	0.05	2.53	0.50	1.90	0.50	1.27	0.50
4.0	12.30	1.64	1.34	12.30	0.05	2.67	0.50	2.00	0.50	1.33	0.50
4.2	13.56	1.70	1.48	12.92	0.06	2.80	0.50	2.10	0.50	1.40	0.50
4.4	14.88	1.77	1.63	13.53	0.06	2.93	0.50	2.20	0.50	1.47	0.50
4.6	16.27	1.89	1.78	14.15	0.06	3.07	0.50	2.30	0.50	1.53	0.61
4.8	17.71	1.95	1.94	14.76	0.07	3.20	0.50	2.40	0.50	1.60	3.75
5.0	19.22	2.08	2.11	15.38	0.07	3.33	0.50	2.50	1.95	1.67	5.50
5.2	20.79	2.14	2.28	15.99	0.07	3.47	0.96	2.60	3.32	1.73	7.10
5.4	22.42	2.26	2.47	16.61	0.07	3.60	2.51	2.70	4.46	1.80	8.70
5.6	24.11	2.32	2.66	17.22	0.08	3.73	3.41	2.80	5.55	1.87	10.35
5.8	25.86	2.44	2.86	17.84	0.08	3.87	4.26	2.90	6.65	1.93	12.13
6.0	27.67	2.49	3.06	18.45	0.08	4.00	5.11	3.00	7.81	2.00	14.06
6.2	29.55	2.61	3.27	19.07	0.08	4.13	5.99	3.10	9.04	2.07	16.19
6.4	31.49	2.67	3.49	19.68	0.09	4.27	6.92	3.20	10.37	2.13	18.56
6.6	33.49	2.78	3.72	20.30	0.09	4.40	7.91	3.30	11.81	2.20	21.21
6.8	35.55	2.90	3.96	20.91	0.09	4.53	8.97	3.40	13.39	2.27	24.18
7.0	37.67	2.95	4.20	21.53	0.10	4.67	10.13	3.50	15.13	2.33	27.54



Slika 4. Grafički prikaz proračuna gredice fert-stropa F(16+5+5) $g/p = 6.0/1.5 \text{ kN/m}^2$

đena je prema граничном stanju napona (G.S.N.), a kri-
vulje 2., 3. i 4. prema različitim kriterijima граничног stanja
uporablјivosti (G.S.U.), za različite vrijednosti koefi-
cijenta $kg = 300, 200$ ili 150 .

Kriteriju progiba 300 je relativno teško udovolјiti, što
ograničava primјenu fert-stropa za raspone veće od 4,0
m. Problem progiba može se djelomično ublažiti dа-
vanјem nadvišenјa, za iznos zbroја kratkotrajnog progiba
za stalno opterećenje i dugotrajnog progiba za prvih ne-
koliko mјeseci.

Predlažemo da se izvede nadvišenje u iznosu do $L/300$
(od 1 do 2 cm), te da se ublaži kriterij progiba, totalni
progib $F_{\text{tot}} \leq L/200$. Za slučajeve kada se ne može udo-
volјiti tom kriteriju, treba promijeniti strukturu stropa.

4.3 Kontrola glavnih vlačnih napona (kontrla posmika)

Za veće raspone fert-stropova treba provesti i kontrolu
glavnih vlačnih napona (posmika). U tablici 1. prikazan
je izračun posmičnih napona iz čega su vidljive granice
primјene posmičnom armaturom i bez nje.

Najčešće pogreške kod izvedbe fert-stropova su:

- primјena fert-stropa na većim rasponima bez
kontrolе progiba.
- nepovolјna struktura veznih rebara,
- propusti u izvedbi tlačne ploče; nedovolјna deblјina,
nepravilno armiranje,
- pogreške ležajeva; nedovolјno nalijeganje, izostanak
dodatne armature, kratko sidrenje glavne armature,
- konstruktorske pogreške u fert-stropu koji preuzima
konzole balkona,

IZVORI

- [1] Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton
(Sl.1. 11/87.).
- [2] Korisna opterećenja stambenih i javnih zgrada (HRN U.C7. 121)
- [3] Ostali hrvatski propisi i norme za konstrukcije, gradiva i
izvedbu
- [4] Inozemni propisi: ACI 318-89, DIN 1045, EC 1., EC 2.
- [5] Standard Handbook of Structural Details for Building
Construction, 2nd edition, Morton Newman.

- izostanak dopunskih struktura na mјjestima linijskih i
točkastih opterećenјa,
- izostanak dopunskih struktura oko otvora; dimnjaci,
vent. kanali, veći otvori,
- izostanak dopunskih struktura na mјjestu preuzimanјa
stubišta.

5 Neke mogućnosti izvedbe stropova većih raspona

Prednapete stropne ploče. U novije vrijeme, u
izvedbi stropnih konstrukcija građevina visokogradnje,
koriste se prednapete ploče.

Takve ploče primjenjuju se iz sljedećih razloga:

- za svladavanje većih raspona,
- za stropove s većim opterećenјima,
- povolјna je nosiva struktura što se tiče problema
glavnih vlačnih napona (probijanje, poprečne sile),
- brža izvedba u odnosu na klasične stropove, moguće
otpuštanje oplate nakon 3 dana,
- povolјnija geometriја i arhitektura stropa,
- povolјnija mogućnost rješenјa problema glede krite-
riја uporabljivosti: pukotine, progibi,
- povolјnija raspodјela pukotina, što povećava trajnost,
- manја težina u odnosu na klasične armiranobetonske
konstrukcije.

Prednapete pune ploče izvode se za raspone od 7 do 12 m.

Prednapete glјivaste ploče primjenjuju se za raspone od
7 do 15 m.

Polumontažni stropovi; prednapete gredice od cigle +
blokovi ispune + tlačna ploča. Primjenjuju se za raspone
od 4 do 8 m.

Polumontažni stropovi; ulošci donje zone s gredicama
(prednapetim) + dodatni štedni ulošci + tlačna ploča.
Primјena za raspone od 5 do 10 m.

Polumontažni stropovi; predgotovljeni Π ili 2Π
(okrenuti) ili U nosači + štedni ulošci + tlačna ploča
imaju područје primјene za raspone od 5 do 12 m.

Polumontažni stropovi; predgotovljeni (prednapeti)
pločasti elementi sa štednim otvorima u jednom smjeru.
Područје primјene za raspone od 5 do 12 m.

- [6] Upute za sanaciju u ratu oštećenih obitelјskih kuća i stanova
(više elaborata).
- [7] Upute o načinu sanacije u potresu oštećene građevine (Ston i
D. Primoje).
- [8] Tomičić, I.: *Betonske konstrukcije*, DHGK Zagreb, 1996.
- [9] Rosman, R.: *Stropne konstrukcije*, Riko, DGKH Zagreb, 1990.
- [10] *Tehnički prospekti proizvođača*
- [11] *Atesti za polumontažne stropne konstrukcije.*