

UPOREDNA ANALIZA PUNE PLOČE I SPREGNUTE PLOČE NA PROFILISANOM LIMU U SPREGNUTIM MEĐUSPRATNIM KONSTRUKCIJAMA**SOLID SLAB VS COMPOSITE SLAB IN COMPOSITE FLOOR STRUCTURES
COMPARATIVE ANALYSIS**

Akoš Kasa, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – U prvom delu rada urađena je uporedna analiza pune ploče i spregnute ploče na profilisanom limu u spregnutim međuspratnim konstrukcijama za različite raspone. U drugom delu je prikazan proračun spregnute ploče, spregnute grede i noseće čelične konstrukcije osmospratne poslovne zgrade.

Ključne reči: Spregnuta ploča, spregnuta greda, spregnute konstrukcije, profilisani lim, Evrokod 4,

Abstract – The first part of thesis presents comparative analysis of solid slab and composite slab in composite floor structures for different spans. The second part presents design of composite floor, composite beam and steel structure of an eight-story office building.

Keywords: Composite floor, composite beam, composite structures, profiled sheet, Eurocode 4

1. UVOD

Za različite raspone ploče, u prvom delu rada prikazana je uporedna tehno-ekonomska analiza pune ploče i spregnute ploče na profilisanom limu u spregnutim konstrukcijama.

Na osnovu dobijenih rezultata parametarske analize u drugom delu zadatka urađen je proračun čelične konstrukcije osmospratne poslovne zgrade sa izabranom tipom spregnute međuspratne konstrukcije.

2. UPOREDNA ANALIZA PUNE PLOČE I SPREGNUTE PLOČE NA PROFILISANOM LIMU**2.1. Uvod u spregnute konstrukcije**

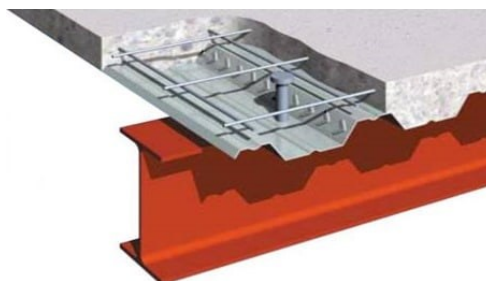
Pod pojmom spregnute konstrukcije danas se uglavnom smatra sprezanje elemenata izrađenih od konstrukcionog čelika i betona, iako se u širem smislu mogu sprežati elementi od istog ili različitog materijala. U spregnutim konstrukcijama koriste se najbolje osobine čelika i betona.

Primenom spregnutih konstrukcije postiže se ušteda u materijalu, konstruišu se ekonomičnije konstrukcije. Da bi se ostvarilo sprezanje dva materijala neophodno je konstruisati smičući spoj, koristeći spojna sredstva.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Milan Spremić, dipl.grad.inž.

Spregnuto ponašanje između profilisanog lima i betona najčešće se postiže mehaničkim sprezanjem (deformacijama udubljenja ili ispupčenja u profilisanom limu) i ankerovanjem na krajevima pomoću zavarenih moždanika sa glavom ili dodatnom armaturom u oslončkim poprečnim preseccima.



Slika 1. – Spregnuta međuspratna konstrukcija

2.2. Spregnute ploče

Spregnute ploče na profilisanom limu praktično su nezamenljiv tip ploče u objektima visokogradnje sa čeličnom nosačom konstrukcijom. Prednosti ovog tipa ploče u u poređenju sa punom AB pločom su sledeće:

- čelični profilisano lim služi kao „izgubljena“ oplata za vreme betoniranja ploče;
- čelični profilisani lim može poslužiti kao element za ukrućenje čeličnog nosača na bočno torziono izvijanje;
- čelični profilisani lim može imati i ulogu horizontalnog sprega u nivou međuspratne tavanice u fazi izvođenja;
- nakon očvršćavanja betona, profilisani lim ima ulogu zategnute armature i u spregnutom dejstvu sa betonom prenosi opterećenje;
- spregnuta ploča ima manju debljinu od pune AB ploče;
- mogu se premostiti veći rasponi;
- brzina izvođenja.

Proračun spregnute ploče podrazumeva kontrolu graničnih stanja nosivosti za dve karakteristične faze:

- I. faza – profilisani lim nosi svežu betonsku masu i opterećenje od radnika i opreme, pri čemu treba eventualno uzeti u obzir povećanje debljine betonske ploče usled ugiba lima (efekat ulegnuća)
- II. faza– spregnuta ploča prenosi dodatno stalno i korisno opterećenje

2.3. Uvod u proračun spregnute ploče

Prilikom proračuna nosivosti spregnute ploče moraju se proveriti i dokazati kriterijumi graničnih stanja nosivosti i graničnih stanja upotrebljivosti.

Faza I – faza izgradnje, kad profilisani lim služi kao oplata za svež beton, čelični lim se računa prema pravilniku za hladno oblikovane tankozidne elemente i limove SRPS EN 1993-1-3.

Za granično stanje nosivosti za profilisani lim potrebno je dokazati:

- otpornost lima na savijanje M_{Rd}
- otpornost na vertikalno smicanje $V_{b,Rd}$

Za granično stanje upotrebljivosti potrebno je dokazati:

- ugib profilisanog lima

Faza II – spregnuta faza, kad beton očvršne i zajedno sa profilisanom limom formira spregnutu ploču.

Za granično stanje nosivosti potrebno je dokazati:

- otpornost poprečnog preseka na savijanje M_{Rd}
- otpornost poprečnog preseka na vertikalno smicanje $V_{v,Rd}$
- otpornost smičućeg spoja na podužno smicanje $V_{1,Rd}$



ComFlor 46



ComFlor 51



ComFlor 60



ComFlor 80

Slika 2. Tipovi profilisanog lima od proizvođača TATA STEEL

2.5. Rezultati analize

Na osnovu dobijenih rezultata može se videti da se za raspon od 2,5m dobija ista količina čelika za čelične podne nosače za oba analizirana tipa spregnute ploče, dok se u slučaju punu ploču dobija 12% čelika manje.

Razlog za ovakav rezultat je činjenica da nosač sa spregnutom pločom u fazi izgradnje nije poduprt, što znači težina svežeg betona i radne opreme preuzima čelični nosač, dok u slučaju pune ploče, ploča i podni nosač su podrpti sa oplatom i skelom. Visine ploče na rasponu od 2,5m je $h=12\text{cm}$. Utrošak betona je funkcija oblika profilacije lima pa je zbog drugačijeg oblika profilisanog utrošak betona različit oko 9%.

Za raspon ploče od 5,0m razlika u količini čelika je zanemarljiva. Visina spregnute ploče ComFlor 60 je $h=13\text{cm}$, ComFlor 80 je $h=14\text{cm}$, dok visina pune ploče iznosi $h=16\text{cm}$.

Za granično stanje upotrebljivosti potrebno je dokazati:

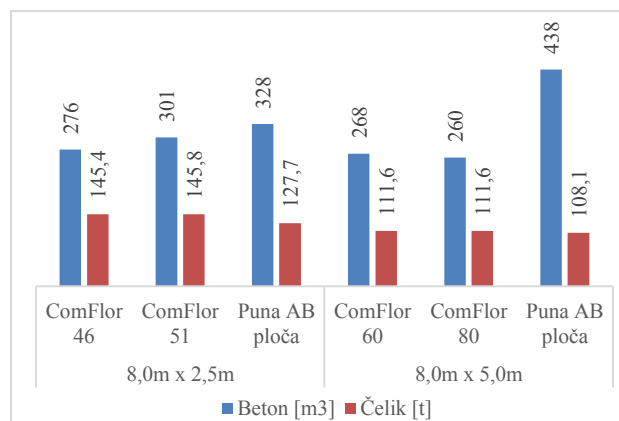
- ugib spregnute ploče
- vibracije konstrukcije izazvane ljudskim hodom

2.4. Parametarska analiza

U okviru uporedne analize pune ploče i spregnute ploče na profilisanom limu rađena je parametarska analiza spregnutih ploča sa rasponima od 2,5m i 5,0m. U oba slučaja rađena je analiza spregnute ploče za dve različite profilacije lima i jedne odgovarajuće pune ploče.

U okviru upoređivanja analizirane su sledeće varijante međuspratnih ploča:

- I. varijanta – spregnuta ploča tipa ComFlor 46 na rasponu 2,5m
- II. varijanta – spregnuta ploča tipa ComFlor 51 na rasponu 2,5m
- III. varijanta – puna AB ploča na rasponu 2,5m
- IV. varijanta – spregnuta ploča tipa ComFlor 60 na rasponu 5,0m
- V. varijanta – spregnuta ploča tipa ComFlor 80 na rasponu 5,0m
- VI. varijanta – puna AB ploča na rasponu 5,0m



Slika 3. Dijagram količina betona i čelika za nosače

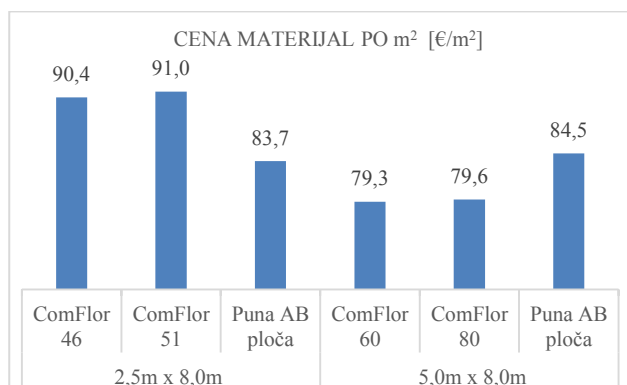
Iako spregnute ploče imaju različitu visinu, potrebna količina betona je ista, zbog odgovarajućeg oblikovanja

lima, dok je za punu ploču potrebno čak 63% više betona što podrazumeva i značajno veću težinu pune ploče.

U pogledu količine betona i čelika za nosače, kod manjih raspona (~2,5m) spregnute ploče u odnosu na punu ploču imaju čelične nosače većeg profila, što iziskuje veću količinu čelika, ali manju količinu betona. U slučaju većih raspona (>4,5m) razlika u količini čelika za čelične nosače je zanemarljiva, dok je količina betona za punu ploču značajno veća.

2.6. Analiza količina beton i čelika za nosače

U analizu cena materijala nije uračunata količina materijala za izradu temelja i stepeništa. Prilikom analize upoređene su količina betona, profilisanog lima, armature, moždanika, oplata, podupirača i čelika za konstrukciju.



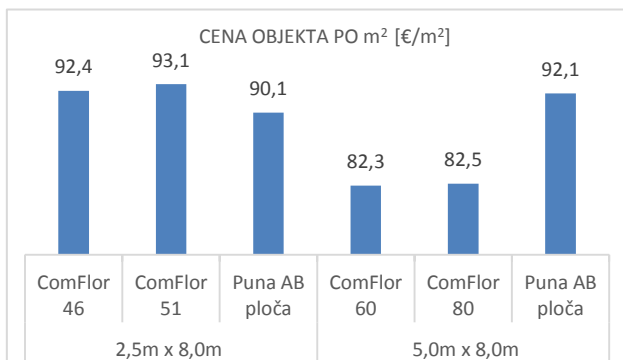
Slika 4. Dijagram cena materijala

Iz rezultata se vidi da za manje raspone spregnute ploče u odnosu na punu ploču konstrukcija je 7% skuplja, dok za veće raspone spregnute ploče su jeftinije za oko 5%. Razlog toga je što pri manjim rasponima debljine ploče su iste, ali cena profilisanog lima je veća od cene uštedenog betona sa oplatom i podupiračem.

Pri većim rasponima sa spregnutom pločom dobija se značajna ušteda u vidu količina betona zbog manje visine ploče i odgovarajućeg oblika lima, što zajedno sa nepotrebom izrade oplata daje značajnu uštedu.

2.8. Analiza cena objekta

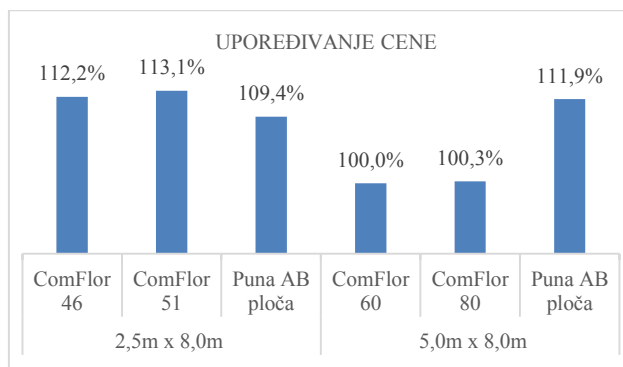
Sabiranjem cene materijala i radne snage, dobija se realno upoređivanje različitog tipa međuspratne konstrukcije.



Slika 5. Dijagram cena objekta

Iz dobijenih rezultata može se zaključiti da je pri manjim rasponima razlika u cenama anemarlivo mala (~3%), ali ipak puna ploča je najjeftinija.

Pri većim rasponima spregnute ploče su značajno jeftinije, čak za 12%.



Slika 6. Upoređivanje cene

Povećanjem raspona i izborom odgovarajućeg oblika i visine profilisanog lima, spregnute ploče postaju sve ekonomičnije u odnosu na punu ploču, dok cena pune ploče povećanjem raspona čak se povećava.

2.9. Analiza brzine gradnje

Prednost spregnute ploče na manjim rasponima u odnosu na veće raspone i pune ploče je brzina izgradnje, jer kod manjih raspona u fazi izgradnje nije potrebno podupiranje lima, što znači nesmetan radni prostor za betoniranje.

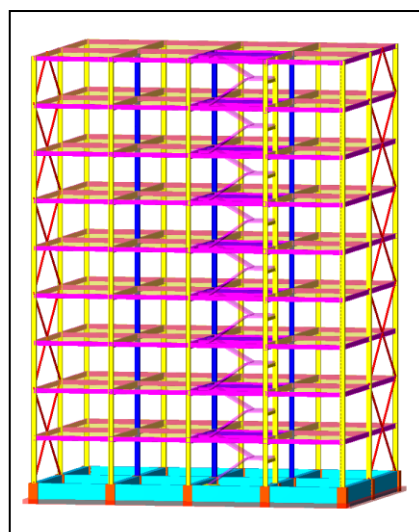
U slučaju pune ploče preporučeno je da na ploču ne nanosi opterećenje pre 14 dana starosti, što znači da je vreme izgradnje jedne etaže ograničeno na najmanje 14 dana.

U slučaju da čelične grede i profilisani lim u vreme izgradnje nisu podupirani, moguće je dva tipa organizacije gradnje, da se izradi cela čelična konstrukcija zajedno sa čeličnim limom i betoniranje izvodi po etažama, ili da se više etaža pripremi i betonira u jednom potezu, što omogućuje bolju organizaciju radne snage.

3. PROJEKAT VIŠESPRATNE ZGRADE

3.1. Tehnički opis

Projektovani objekat se nalazi na lokaciji u Novom Sadu, u urbanoj sredini. Objekat je pravouganog oblika, dimenzije osnove su 16,0m x 20,0m. Spratnost objekta je



Slika 7. Model zgrade u Tower 7 programu

P+8, spratne visine su 3,0m. Apsolutna visina objekta je 27,0m. Arhitektonsko rešenje objekta nije definisano. Nosaći skelet konstrukcije je od čeličnih ramova i

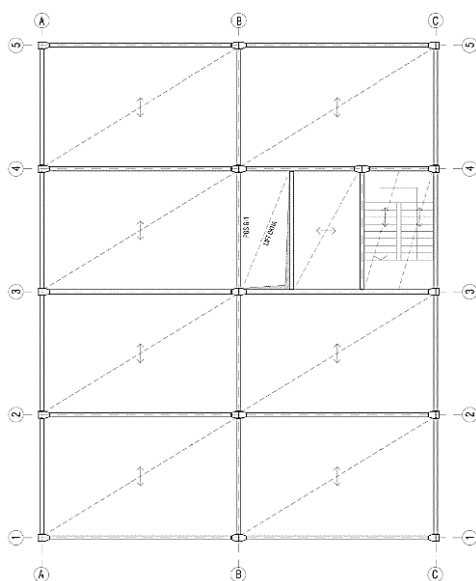
spregnutih greda. U podužnom pravcu objekta čelične grede sa stubovima formiraju ramovsku konstrukciju. U kraćem, poprečnom pravcu za prostornu stabilizaciju objekta usvojeni su vertikalni spregovi koji su projektom predviđeni u krajnjim osama.

Međuspratna konstrukcija je spregnuta ploča na profilisanom limu. Spregnuta ploča zajedno sa gredama formiraju spregnutu konstrukciju. Sprezanje ploča sa gredama vrši se preko elastičnih moždanika sa glavom. Na mestu lift okna i stepeništa ostavljen je otvor.

3.2. Karakteristike konstruktivnih elemenata

Na osnovu uporedne analize u vidu količine materijala izabrano je najoptimalnije rešenje, spregnuta ploča na profilisanom limu tipa ComFlor 60 na rasponu od 5,0m.

U proračunu su primenjeni čelični nosači kvaliteta čelika S355, beton kvaliteta C25/30, profilisani lim kvalitet S355, armatura B500B, elastični moždanici sa glavom.



Slika 8. Osnova tipskog sprata

Temeljne grede su u obliku obrnutog T-preseka sa dimenzijom od $b/h=150/130$ cm sa pločom debljine od 30cm i širinom rebra od 40 cm. Na mestu stubova rebra temeljne grede su proširene na 60 cm.

Za ankerovanje stubova korišćeni su ankeri veličina M24x750mm kvaliteta 10.9.

Stubovi po obodu konstrukcije i stub za konstrukciju stepeništa su od profila HEA 300, dok su unutrašnji stubovi od profila HEB 300.

Za spregnute grede međuspratne konstrukcije usvojeni su vruće valjani profili IPE 400, grede u podužnom pravcu, ivične grede i sekundarne grede između lift okna i stepeništa su od vruće valjanih profila IPE 300.

Veza između spregnute, poprečne grede i stubova ostvarena je primenom čeone ploče i neprednapregnutih zavrtnjeva M20 kvaliteta 8.8 sa dispozicijom zavrtnjeva koji odgovara za zglobnu vezu. Veza između podužne grede i stubova ostvarena je primenom čeone ploče i zavrtnjeva M20 kvaliteta 8.8 sa dispozicijom zavrtnjeva koji odgovara momentnoj vezi.

Spregovi su od cevi kružnog poprečnog preseka $\varnothing 139.7 \times 5$ mm i preko priključnog lima centrično su vezani za grede i stubove.

Profilisani lim za spegnutu međuspratnu konstrukciju je tipa ComFlor 60 sa visinom rebra od 60mm. Betonska ploča iznad rebra se armira sa armaturnom mrežom R335 ($\varnothing 8/150$ mm). Ukupna debljina spregnute ploče je 13cm.

Sprezanje ploča sa gredama se vrši preko elastičnih moždanika sa glavom prečnika $\varnothing 19$ mm i visine 100mm.

Stepeništa su dvokrakna sa međupodestom na polovini spratne visine. Širina stepenišnog kraka je 1.30m, međupodesta je 1.30m. Debljina stepenišnih ploča je $d=12$ cm. Gazišta su dimenzije $b/h=30/16.7$ cm.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata i analiza rada dolazi se do zaključka da se primenom spregnute međuspratne ploče umesto pune armiranobetonske ploče postiže:

- manja potrebna količina betona za međuspratnu ploču što iziskuje čelične nosače manjeg profila i manje temelje;
- brža izgradnja, jer profilisani lim u istovremeno služi kao oplata, radna platforma i donja armatura
- slobodna radna površina u nižim etažama i brža izgradnja objekta u slučajevima kada nije potrebno podupiranje ploče u fazi izgradnje.
- ušteda u radnoj snazi koja je potrebna za montažu i pripremu ploče za betoniranje;
- ekonomičnost, koja je izražena kod većih raspona.

5. LITERATURA

- [1] „EN 1994-1-1 Evrokod 4, Proračun spregnutih konstrukcija od čelika i betona, Deo 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade“, Beograd, 2006.
- [2] „EN 1993-1-3 Evrokod 3, Proračun čeličnih oblikovane tankozidne elemente i limove“, Beograd, 2009.
- [3] Darko Dujmović, Boris Andrić, Ivan Lukačević: „Primjeri proračuna spregnutih konstrukcija prema Eurocode 4“, I.A. Projektiranje, Zagreb 2014.
- [4] Boris Andrić, Darko Dujmović i Ivica Džeba: „Čelične konstrukcije 2: Numerički primjeri prema EC3“, I.A. Projektiranje, Zagreb 2007.

Kratka biografija:



Akoš Kasa rođen je u Novom Sadu 1990.god. Osnovne akademske studije završio je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 2015. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti spregnutih konstrukcija odbranio je 2018. godine.