



**UNIVERZITET CRNE GORE
GRAĐEVINSKI FAKULTET
U PODGORICI**

**ČETVRTI INTERNACIONALNI NAUČNO-STRUČNI SKUP
*GRAĐEVINARSTVO - NAUKA I PRAKSA***



ZBORNİK RADOVA

ŽABLJAK, 20-24. FEBRUARA 2012.

ISBN 978-86-82707-21-9

ZBORNİK RADOVA GNP 2012

Izdavač

**UNIVERZITET CRNE GORE
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Za izdavača

Prof.dr Miloš Knežević

Urednici

**Prof.dr Miloš Knežević
Doc.dr Biljana Šćepanović**

Uređivački odbor

**Prof.dr Miloš Knežević
Doc.dr Biljana Šćepanović
Mr Mladen Gogić
Mr Strahinja Pavlović
Goran Pavlović**

Tehnički urednik

Goran Pavlović

Tiraž

350 primjeraka

CIP – Каталогизacija y publikaciji

Централна народна библиотека Црне Горе, Цетиње

ISBN 978-86-82707-21-9
COBISS.CG-ID 19893008

Sva prava zadržava izdavač i autori



4. INTERNACIONALNI NAUČNO-STRUČNI SKUP GRAĐEVINARSTVO - NAUKA I PRAKSA

ŽABLJAK, 20-24. FEBRUARA 2012.

Dragan Buđevac¹, Milan Spremić², Marko Pavlović³, Miroslav Marjanović⁴

UPOREDNA ANALIZA SPREGNUTIH GREDA U MEĐUSPRATNIM KONSTRUKCIJAMA VELIKIH RASPONA

Rezime

U ovom radu su analizirane osnovne metode projektovanja spregnutih greda od čelika i betona u zgradarstvu, u skladu sa Evrokodom. Analizirana su tri različita tipa čeličnih greda spregnutih sa betonskom pločom na profilisanom limu: greda u vidu klasičnog vruće valjanog I – profila, "STUB" sistemi spregnute grede i spregnuta greda sa "saćastim" čeličnim nosačem. Data je komparativna analiza primene tri sistema spregnutih greda. Poređenje je izvršeno i na numeričkom primeru nosača međuspratne konstrukcije javne garaže, raspona 15.50 m.

Ključne reči

spregnute konstrukcije, profilisani lim, "STUB" nosač, saćasti nosač, Evrokod

COMPARATIVE ANALYSIS OF COMPOSITE BEAMS IN LARGE SPAN FLOOR STRUCTURES

Summary

This paper deals with main design methods for steel and concrete composite beams in buildings design, according to Eurocode. There were analyzed three different types of steel beam in combination with concrete slab on profiled steel sheet: standard hot rolled I - profile, composite STUB girder, and castellated composite beam. Comparative analysis of application of three solutions for composite beam was given. Numerical example is shown for structural elements of public car park floor structure, with 15.50 m span.

Keywords

composite structures, profiled steel sheet, STUB girder, castellated beam, Eurocode

¹ dr, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Srbija, e-mail: budjoni@imk.grf.bg.ac.rs

² mr, asistent, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Srbija, e-mail: spremic@imk.grf.bg.ac.rs

³ asistent pripravnik, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Srbija, e-mail: marko@imk.grf.bg.ac.rs

⁴ asistent - student doktorskih studija, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Bul. kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Srbija, e-mail: mmarjanovic@grf.bg.ac.rs

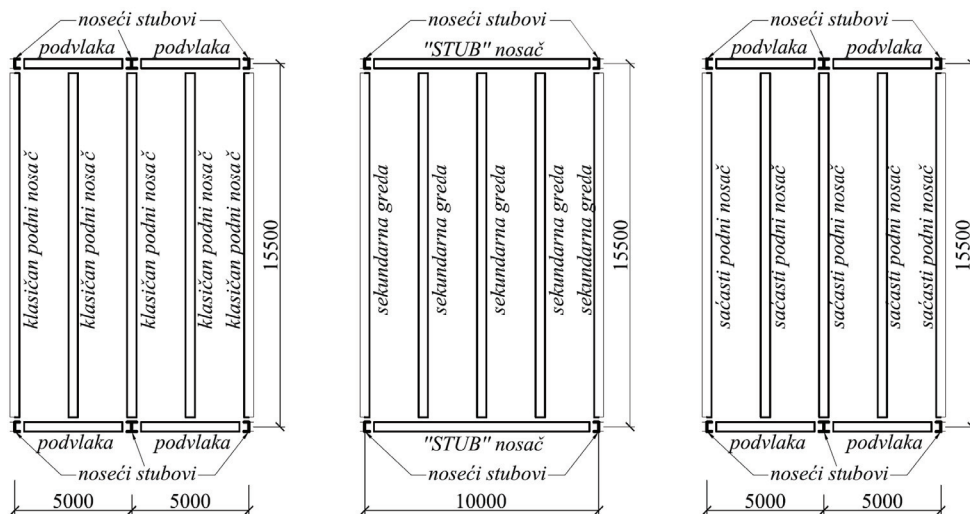
1. UVOD

Savremena konstruktorska praksa podrazumeva sve veću primenu spregnutih konstrukcija koje se nameću kao dominantan tip međuspratne konstrukcije u objektima visokogradnje. One su praktično nezamenljiv tip međuspratne konstrukcije u objektima sa glavnom nosećom konstrukcijom od čelika. Jednostavnost veza i konstruktivnih detalja, brzina gradnje i prefabrikacija, samo su neke od značajnijih prednosti ove vrste konstrukcija [1].

U svetu postoji veliki broj patentiranih sistema spregnutih međuspratnih konstrukcija. U našem regionu projektanti pri projektovanju višespratnih objekata sve više primenjuju spregnute međuspratne konstrukcije i spregnute ploče na profilisanom limu, što zahteva upoznavanje i uvođenje novih sistema u svakodnevnu građevinsku praksu.

Cilj ovog rada je da kroz uporednu analizu tri varijantna rešenja spregnute grede u međuspratnoj konstrukciji jedne višespratne javne garaže ukaže na mogućnosti, ograničenja, prednosti i mane primene ove vrste konstrukcija. U radu je sagledan ekonomski aspekt primene spregnutih konstrukcija i izvršeno je upoređivanje jedne klasične i češće primenjene konstrukcije sa dva nešto savremenija, u našem regionu ređe korišćena rešenja.

Uporedna analiza je izvršena na konkretnom primeru, analizom utroška čeličnog materijala, za reprezentativni segment međuspratne k-e dimenzija 10.0×15.5 m (Slika 1).



Slika 1. Osnovni konstruktivni elementi u razmatranim varijantnim rešenjima

Nakon proračuna spregnute ploče na profilisanom limu i podnog nosača, izvršen je proračun podvlake, statičkog sistema proste grede, raspona 5 m. Zatim je sračunat noseći stub u karakterističnom položaju na fasadi objekta, visine 9.4 m, koji prihvata opterećenje sa tri sprata predmetnog objekta. Dobijeni profili su prikazani u uporednoj analizi. Navedeni proračun sekundarnih nosećih elemenata je ponovljen za sve tri varijante, u skladu sa [2-7], kako bi se uspešno izvršilo poređenje navedenih varijantnih rešenja.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE PRORAČUNA PRIMENJENIH REŠENJA PREMA EVROKODU

2.1. KLASIČNA SPREGNUTA GREDA

2.1.1. Osnovni principi projektovanja

Korišćeni su profili čiji je poprečni presek klase 1 ili 2 [6] (plastični ili kompaktni preseki). Kod njih je za proračun graničnog stanja nosivosti moguće primeniti teoriju plastičnosti. U okviru proračuna spregnutih greda prema graničnim stanjima nosivosti određuje se nosivost poprečnog preseka pri savijanju M_{Rd} , odnosno nosivost pri smicanju V_{Rd} , kao i njihova interakcija. Pri analizi podužnog smičućeg spoja dozvoljena je primena parcijalnog smičućeg spoja. Plastični moment nosivosti poprečnog preseka, $M_{pl,Rd}$ (granični moment nosivosti), predstavlja moment nosivosti potpuno plastifikovanog poprečnog preseka, pri čemu se smatra da je u svakoj tački preseka dostignut odgovarajući proračunski granični napon (f_{yd} u čeliku, f_{sd} u armaturi i $0.85f_{cd}$ u betonu). Vrednost momenta pune plastičnosti zavisi od položaja plastične neutralne ose, koji se određuje iz uslova ravnoteže sila u poprečnom preseku, u skladu sa [6,7].

Primena parcijalnog smičućeg spoja podrazumeva podužni smičući spoj kod koga broj moždanika nije dovoljan za ostvarenje momenta pune plastičnosti u kritičnom poprečnom preseku. On se primenjuje: kada nije moguće postaviti potreban broj moždanika za pun smičući spoj (ploča sa profilisanim limom, zbog nedovoljnog raspoloživog prostora unutar rebra profilisanog lima) i kada se ne koristi puna nosivost poprečnog preseka (poprečni presek je određen iz uslova zadovoljenja deformacija, a ne iz uslova nosivosti).

Pretpostavljeno je da sile smicanja u potpunosti preuzima čelični deo preseka. Nosivost potpuno plastifikovanog poprečnog preseka pri vertikalnom smicanju se uzima kao nosivost čeličnog dela preseka i određuje u potpunosti u skladu sa [6]. Kako rebro čeličnog profila nije obloženo betonom potrebno je izvršiti kontrolu izbočavanja rebra smicanjem. Takođe, u velikom broju preseka je prisutna interakcija savijanja i smicanja pa se moment nosivosti poprečnog preseka M_{Rd} mora redukovati usled prisustva sile smicanja.

Potreban broj moždanika određen je tako da prenese podužnu silu smicanja između karakterističnih preseka. U primeru su primenjeni duktilni valjkasti moždanici sa glavom. Kako je u analizi primenjena spregnuta ploča na profilisanom limu, nosivost moždanika je redukovana, u skladu sa [7].

2.1.2. Rezultati proračuna

Spregnuta greda je statičkog sistema proste grede raspona 15.50 m (Slika 1a). Podni nosači su postavljeni na razmaku od 2.50 m. Usvojen je nosač IPE 450. Za sprežanje su upotrebljeni moždanici sa glavom prečnika 22 mm i visine 125 mm nakon zavarivanja. Izvršen je proračun graničnog stanja nosivosti i graničnog stanja upotrebljivosti. Greda je izrađena od konstrukcionog čelika S355. Poprečni presek je klase 1. Kako se radi o statičkom sistemu proste grede opterećene ravnomerno raspodeljenim opterećenjem, nije bilo potrebe za proverom interakcije savijanja i smicanja. Takođe nije bilo potrebe za kontrolom bočno torzionog izvijanja u fazi eksploatacije, jer je gornja nožica kontinualno pridržana. Pri proračunu nosivosti moždanika zanemaren je doprinos podužne armature u betonskoj ploči. Postavljena su po 2 moždanika u rebro profilisanog lima.

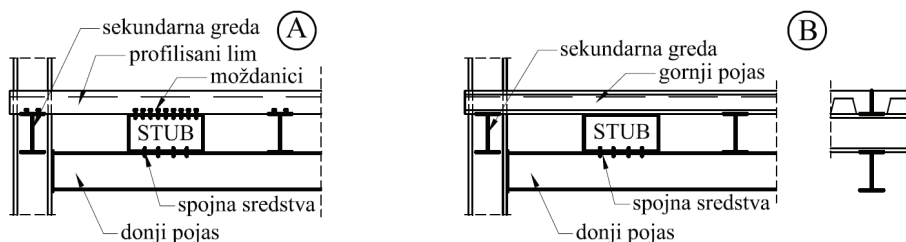
2.2. SPREGNUTI "STUB" NOSAČI

"STUB" nosač je modifikovana varijanta Virendel nosača, često korišćena u USA [8]. Ovaj sistem naročito je povoljan za veće rastere, jer zahteva manji broj stubova u fasadi i unutar objekta. Specifičnost ovog sistema je sprezanje između podvlaka i betonske ploče na profilisanom limu. Podni nosači predstavljaju sekundarne grede u konstruktivnom sistemu. Ozbiljno ograničenje nekada može biti veća građevinska visina ovih nosača.

Osnovno konstruktivno ponašanje "STUB" nosača se zasniva na razvoju momenta nosivosti poprečnog preseka zatezanjem u čeličnom donjem pojasu i pritiskom u spregnutoj ploči. Sile se između ovih elemenata prenose pomoću "STUB"-ova, tj. kratkih elemenata grede koji su za donji pojas spojeni zavrtanjima ili zavarivanjem, a za spregnutu ploču moždanicima. U upravnom pravcu postavljene su sekundarne grede (podni nosači) koje obezbeđuju kontinuitet i krutost međuspratne konstrukcije u ravni [5]. One su za betonsku ploču vezane moždanicima (konstruktivno), obično u četvrtinama raspona. Otvori koji se javljaju između "STUB"-ova se mogu efikasno iskoristiti za provođenje instalacija.

2.2.1. Osnovni principi projektovanja spregnutih "STUB" nosača

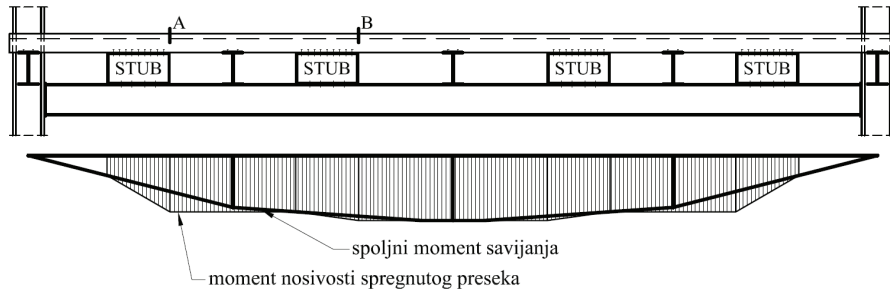
U bazičnom sistemu "STUB" nosača, visina sekundarne grede je ista kao i visina otvora (Slika 2a). "STUB"-ovi su istog poprečnog preseka kao i sekundarne grede, i dimenzionišu se tako da se moždanici raspoređuju na minimalnom rastojanju. Na ovaj način se dobija maksimalna širina otvora na svakoj strani "STUB"-a. Dužina "STUB"-ova se smanjuje kako opada vrednost smičuće sile, pa se veći otvori mogu obezbediti u sredini raspona, a manji otvori su bliže osloncima. Donji pojas se projektuje tako da izdrži kombinovano dejstvo zatezanja, smicanja i moment savijanja usled spregnutog dejstva. On najčešće ne može da izdrži opterećenja koja se javljaju tokom građenja, pa je često neophodno postaviti privremene oslonce u polovinama ili trećinama raspona. Osnovni koncept se može modifikovati (Slika 2b), tako da se izbegne postavljanje privremenih oslonaca. Ovo se postiže uvođenjem gornjeg čeličnog pojasa u vidu T-preseka. On se projektuje tako da izdrži pritisak u trenutku kada je "STUB" nosač opterećen sopstvenom težinom podne ploče (svežeg betona) i opterećenja u toku građenja [5].



Slika 2. Različite varijante "STUB" nosača

U ovom radu data je analiza "STUB" nosača pogodna za svakodnevnu primenu (granična stanja nosivosti i upotrebljivosti). Ovaj pristup zanemaruje nosivost na savijanje betonske ploče, pa daje nešto veće vrednosti sile u pojasevima nego što je to slučaj u realnoj konstrukciji. Pretpostavlja se da aplicirano opterećenje deluje na sekundarnim gredama. Dijagram promene momenta savijanja i momenta nosivosti poprečnog preseka je prikazan na Slici 3. Pored globalnog dejstva, prenos smičućih sila preko otvora u rebro između "STUB"-ova uzrokuje i lokalno (Virendel) savijanje u pojasevima. U analizi koja je ovde sprovedena, pretpostavlja se da sva lokalna savijanja prihvata donji pojas (ne i ploča).

Nosivost na pritisak betonske ploče i nosivost na zatezanje čeličnog donjeg pojasa su sračunati u skladu sa preporukama iz [6,7]. Za efektivnu širinu ploče se uzima četvrtina raspona "STUB" nosača (max 0.8 rastojanja između "STUB" nosača). Preporučuje se da se ista efektivna širina uzme i u proračunu graničnog stanja upotrebljivosti.



Slika 3. Porast momenta nosivosti duž "STUB" nosača

Ako je $R_s > R_c$ (R_s – nosivost donjeg pojasa na zatezanje, R_c – nosivost na pritisak betonske ploče), plastična neutralna osa spregnutog preseka se nalazi u čeličnom delu preseka (obično gornja nožica), pa moment nosivosti spregnutog preseka iznosi (D_c – rastojanje od vrha donjeg pojasa do srednje ravni betonske ploče, D – visina donjeg čeličnog pojasa [7]):

$$M_c = R_c D_c + R_s \frac{D}{2} \quad (1)$$

U zonama velikih smicanja na krajevima raspona potreban je veći broj moždanika, kao i veća dužina "STUB"-ova. BS 5950 dozvoljava upotrebu parcijalnog smičućeg spoja, za grede raspona do 16 m. Kritični preseki su na stranama otvora sa većim momentom savijanja, (A i B na Slici 3). Moment nosivosti je konstantan između "STUB"-ova, jer se prenos podužne sile smicanja duž nosača vrši iznad "STUB"-ova pomoću moždanika.

Lokalnim smičućim efektima u okolini otvora se pri projektovanju ovog sistema mora posvetiti naročita pažnja. Ponašanje je slično kao kod nosača sa velikim otvorom u rebro. Prenos smičućih sila na mestu otvora izaziva lokalno savijanje donjeg pojasa i ploče (Virendel savijanje), čiji veći deo prihvata donji pojas. Udeo betonske ploče se može zanemariti. Smičuće opterećenje na rebro donjeg pojasa smanjuje njegovu otpornost na savijanje i zatezanje, što se uzima u obzir pri proračunu. Šavovi za vezu "STUB"-ova sa donjim pojasom su dimenzionisani tako da prenesu podužno smicanje i izdrže silu čupanja. Obično se umesto šavova koriste visokovredni zavrtnjevi koji su obavezno prednapregnuti, kako bi se izbegao negativan uticaj klizanja u vezi na ukupnu deformaciju nosača.

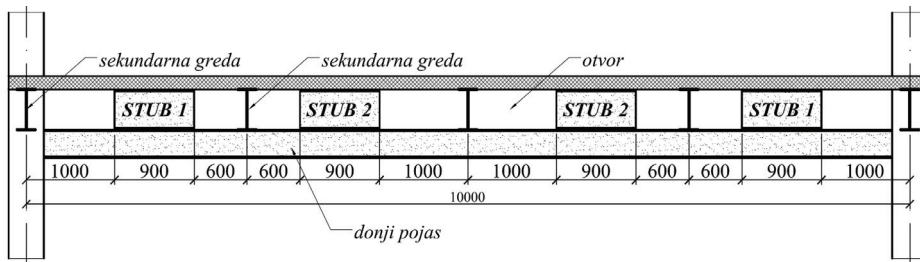
Ukupna deformacija "STUB" nosača se sastoji od dela koji potiče od globalnog savijanja (sa efektivnim momentom inercije preseka) i Virendel dejstva na mestu otvora (deformacija smicanjem). Ugib u sredini raspona "STUB" nosača koji potiče od smicanja može se sračunati analizom ugiba usled lokalnog savijanja u donjem pojasu (V – smičuća sila po jednom otvoru, L_0 – dužina otvora):

$$\delta_v = \Sigma \frac{VL_0^3}{3EI_s} \approx \frac{W_i NL_0^3}{24EI_s} \quad (2)$$

Sumiranje se vrši po svim otvorima u polovini raspona grede. Pokazalo se da je uticaj smicanja znatno manji (ispod 10%) od uticaja globalnog savijanja.

2.2.2. Rezultati proračuna

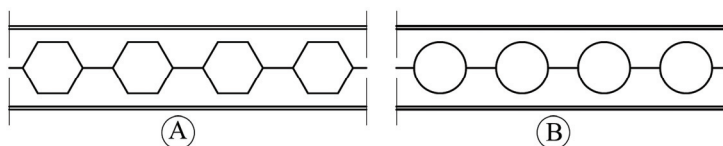
U uporednoj analizi razmatran je "STUB" nosač raspona 10 m, donjeg pojasa IPE 360, sa sekundarnim gredama raspona 15.5 m (IPE 450), na razmaku od 2.5 m (Slika 1b). Betonska ploča je na profilisanom limu ukupne debljine 150 mm. Sekundarne grede su projektovane u vidu prostih greda, bez privremenih oslonaca. Za sprezanje se koristi 72 moždanika prečnika 19 mm i visine 125 mm (po dva moždanika u talasu profilisanog lima). Radi povećanja nosivosti "STUB" nosača u fazi očvršćavanja betona uveden je gornji pojas u vidu T-preseka (1/2 profila HEA 140). Izvršen je proračun optimalne dužine "STUB"-ova (IPE 450). Na rasponu su usvojena 4 "STUB"-a, dužine po 900 mm (Slika 4).



Slika 4. Dispozicija analiziranog "STUB" nosača

2.3. SPREGNUTI SAČASTI NOSAČI

Obim i kompleksnost radova na izradi sačastih nosača su mali u odnosu na prednosti koje ovakvi nosači pružaju. U svakodnevnoj praksi se uglavnom koriste nosači sa šestougaoim (eng. *castellated beam* – Slika 5a) ili kružnim (eng. *cellular beam* – Slika 5b) otvorima u rebru. Nespregnuti sačasti nosači su analizirani od strane mnogih autora [3,4]. Sprezanje sačastih nosača sa betonskom pločom je relativno malo obrađeno. Pokazano je da se šestougaoi oblik otvora pomoću odgovarajućih koeficijenata redukcije može aproksimirati odgovarajućim pravougaonim otvorom jednake visine, a smanjene širine [2].



Slika 5. Izgled karakterističnih sačastih nosača

Ovaj rad tretira sačaste nosače čiji su otvori raspoređeni u sredini visine rebra nosača. Visina nosača i veličina otvora su određene karakterističnim linijama sečenja [9] (na krajevima nosača je puno rebro), a dimenzije i raspored otvora u nosaču su usvojeni u skladu sa preporukama iz [3]. Sačasti nosači se ponašaju kao višecelijski Virendel nosači.

2.3.1. Osnovni principi projektovanja spregnutih sačastih nosača

Pored globalnog momenta savijanja, u elementima sačastog nosača se javljaju i lokalni momenti savijanja usled smičućih sila. Takođe se javljaju sekundarni normalni naponi u T-presecima, koje treba superponirati sa naponima usled globalnog savijanja. Pri analizi je potrebno proveriti nosivost gornjeg i donjeg T-preseka na mestu otvora usled dejstva savijanja i smicanja. Proračunski moment savijanja M_{Ed} se rastavlja na par sila u

težištima gornjeg, odnosno donjeg T-preseka. Moment savijanja Virendel nosača $\Sigma M_{V,Ed1}$ mora biti manji ili jednak od ukupne nosivosti na savijanje za Virendel nosač $\Sigma M_{V,Rd}$ [3]:

$$N_{M,Ed1} = M_{Ed1} / h_c \leq N_{T,Rd} \quad (3)$$

$$\Sigma M_{V,Ed1} = V_{Ed1} \times e \leq \Sigma M_{V,Rd} = 4 \times M_{T,Rd} \quad (4)$$

Analizom Virendel nosača dobija se proračunska vrednost horizontalne sile smicanja $V_{wp,Ed1}$, koja deluje između dva otvora na sredini visine nosača [3]. Potrebno je dokazati da je ona manja od proračunske nosivosti posmatranog dela preseka na smicanje $V_{wp,Rd}$. Takođe je potrebno izvršiti kontrolu nosivosti neukrućenog rebra na izbočavanje.

Sprezanjem gornjeg T-preseka sa betonskom (spregnutom) pločom povećava se moment nosivosti poprečnog preseka. Nosivost na smicanje poprečnog preseka, kao i kontrola na izbočavanje rebra smicanjem, proveravaju se za vrednost sile smicanja u fazi eksploatacije. Zbog neravnomernog toka sila smicanja u nosaču, efektivnu površinu smicanja treba umanjiti. Povoljna činjenica je što se u karakterističnim presecima za kontrolu nosivosti (nad osloncima i u sredini nosača) ne nalaze otvori, pa se bruto poprečni presek "suprotstavlja" spoljnim uticajima. Sa tim u skladu potrebno je izvršiti kontrolu nosivosti svih poprečnih preseka na mestu otvora na jednoj polovini nosača. Kod preseka gde se javljaju značajne vrednosti lokalnih momenata savijanja i sile smicanja (na mestu krajnjih otvora), potrebno je analizirati interaktivno dejstvo savijanja i smicanja. Moguće je primeniti parcijalni smičući spoj.

2.3.2. Rezultati proračuna

U analizi je razmatran sačasti nosač raspona 15.5 m (Slika 1c). Za sprezanje su upotrebljeni moždanici prečnika 22 mm, visine 125 mm. Sačasti nosač dobijen je od profila IPE 360 (ugao nagiba linije sečenja od 60°), sa ukupno 22 otvora. Izvršena je kontrola graničnog stanja nosivosti u fazama građenja i eksploatacije, na mestu preseka sa otvorom, i na delu rebra između otvora. Maksimalan broj moždanika nije bio dovoljan da se obezbedi pun smičući spoj u kritičnom preseku. Usvojen je parcijalni smičući spoj, (2 moždanika u rebru profilisanog lima). Pri dimenzionisanju grede u fazi eksploatacije provereni su svi preseki sa otvorima u rebru sačastog nosača. U obzir je uzeta efektivna širina otvora prema preporukama iz [2]. Izvršena je i kontrola graničnog stanja upotrebljivosti.

3. ZAKLJUČAK

Spregnute konstrukcije predstavljaju racionalno rešenje međuspratnih konstrukcija. Za manje rasponse, racionalne su i kada se konstrukcija izvodi bez privremenih oslonaca, što gradnju čini neuporedivo bržom. Analizom utroška čeličnog materijala (Tabela 1), pokazano je da se uspešno mogu primeniti savremeni konstruktivni sistemi opisani u ovom radu. Prikazana analiza se može primeniti za veće rasponse međuspratne konstrukcije u zgradarstvu (oko 15 m). Uočeno je da je ekonomski opravdana primena "STUB" nosača (kod osnova približno kvadratnog oblika), što može biti značajno ograničenje. Takođe, sistem ima ograničenu upotrebu, kod objekata sa velikim brojem etaža zbog velike konstruktivne visine. Postupak proračuna za ovo rešenje je komplikovaniji u odnosu na ovde prikazana ostala rešenja. Uz svoje prikazane nedostatke, konkurentnost u odnosu na ostala rešenja može imati samo uz visok stepen prefabrikacije.

Tabela 1. Utrošak čelika za karakterističan segment međuspratne ploče (10×15 m)

		Podni nosači	Podvlake	Gornji pojas	Donji pojas	STUB 1	STUB 2	Noseći stubovi
KLASIČNA SPREGNUTI A GREDA	Profil	IPE 450	IPE 330	-	-	-	-	HEA 200
	Broj	4	4	-	-	-	-	4
	m/kom	1202.8	245.5	-	-	-	-	118.4
	Masa	4811.2	982.0	-	-	-	-	473.6
	Ukupno	6267.0 kg						
	Utrošak	40.4 kg/m ²						
SPREGNUTI "STUB" NOSAČI	Profil	IPE 450	-	HEA 140 (polovina)	IPE 330	IPE 450	IPE 450	HEA 260
	Broj	4	-	2	2	4	4	2
	m/kom	1202.8	-	123.5	491.0	69.8	69.8	191.0
	Masa	4811.2	-	247.0	982.0	279.2	279.2	381.9
	Ukupno	6980.9 kg						
	Utrošak	45.0 kg/m ²						
SPREGNUTI SAČASTI NOSAČI	Profil	IPE 360	IPE 330	-	-	-	-	HEA 200
	Broj	4	4	-	-	-	-	4
	m/kom	916.1	245.5					118.4
	Masa	3664.4	982.0					473.6
	Ukupno	5120.0 kg						
	Utrošak	33.0 kg/m ²						

U slučaju sačastih i "STUB" nosača naročita pažnja se mora posvetiti pravilnom rasporedu moždanika pošto njihov položaj značajno utiče na tok sila u nosaču. Sačasti nosači svoju punu racionalnost dostižu za raspone koji su veći od ovde prikazanih, zbog male deformabilnosti. Ovaj sistem je jako pogodan u pogledu vođenja instalacija kroz otvore u rebru nosača, čime se smanjuje ukupna građevinska visina objekta.

LITERATURA

- [1] M. Spremić: "Prilog analizi savremenih spregnutih međuspratnih konstrukcija", Magistarski rad, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2006.
- [2] K. F. Chung, R. M. Lawson: "Simplified design of composite beams with large web openings to Eurocode 4", Journal of Constructional Steel Research, Vol.57, No.02, 2000, p135-164.
- [3] V. Tkalčević, I. Džeba, B. Androić: "Proračun sačastih nosača prema Eurokodu 3", Građevinar, Vol.58, No.09, 2006, p709-716.
- [4] B. Dervinis, A. K. Kvaderas: "Investigation of Rational Depth of Castellated Steel I - Beams", Journal of Civil Engineering and Management, Vol.14, No.03, 2008, p163-168.
- [5] D. L. Mullet: "Composite Floor Systems", Blackwell Science and the Steel Construction Institute, Oxford, 1998.
- [6] Eurocode 3: Design of Steel Structures – Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings, European Comitee for Standardization, 2005.
- [7] Eurocode 4: Design of Composite Steel and Concrete Structures – Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings, European Comitee for Standardization, 2004.
- [8] D. Buđevac: "Metalne konstrukcije u zgradarstvu", Građevinska knjiga, Beograd, 2006.
- [9] D. Buđevac, Z. Marković, D. Čukić, D. Tošić: "Metalne konstrukcije", Građevinska knjiga, Beograd, 2007.