

ISPITIVANJE POLUMONTAŽNE MEĐUSPRATNE TAVANICE OD FERT GREDICA

Nebojša Đuranović*, Vladimir Perišić**

**Građevinski fakultet, Podgorica*

***OD Yuvel, Bijelo Polje*

REZIME

Predmet ovog rada je eksperimentalno ispitivanje ponašanja i određivanje graničnog opterećenja, u cilju provjere stvarnog ponašanja polumontažne međuspratne tavanice od fert gredica za statička opterećenja. Ispitivani uzorci međuspratne tavanice su sistema proste grede, a same fert grede se za fazu montaže ispituju kao kontinualni nosači na dva polja. Dobijeni rezultati su upoređeni sa kriterijumima koje propisuje standard JUS U.N8.030 iz 1997 godine.

KLJUČNE RIJEČI: Međuspratna tavanica, fert, ispitivanje konstrukcija, statičko opterećenje, U.N8.030

EXPERIMENTAL TESTING OF FERT FLOOR SLABS

ABSTRACT

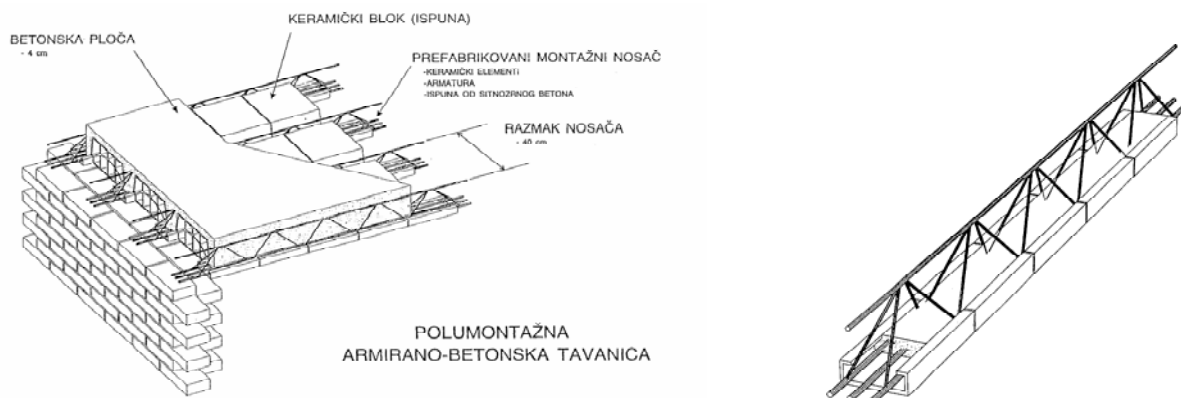
This paper describes experimental ultimate capacity testing of semi-precast FERT floor slab, in order to establish real behaviour of this structural system under static type loading. Tested specimens have been tested as simply supported slabs, whilst the fert-beams itself have been tested as continuous beams on two spans - for the assembly phase. Test results have been compared with the criteria defined in the JUS U.N8.030 from 1997.

KEYWORDS: Floor slabs, fert, experimental testing, static loads, JUS U.N8.030

Uvod

Ispitivana polumontažna međuspratna konstrukcija sastoji se od fert gredica, ispune od glinenih blokova i od betona (slika 1). Ovakve tavanice se skoro redovno upotrebljavaju u zgradama od opeke, a imaju veliku primjenu i kod stambenih objekata od drugih materijala. Kao dodatna armatura rešetkasto-armaturnom košu u fert gredici najčešće se koristi rebrasta armatura.

Prema standardu JUS U.N8.030 iz 1997 godine ispitivanje jedne ovakve međuspratne konstrukcije vrši se u dvije cjeline. Prvu cjelinu predstavlja ispitivanje same tavanice, i to za dva raspona. Jedan raspon je najveći raspon koji je predviđen u proizvodnom programu proizvođača (za ovaj slučaj to je $L=6,25\text{m}$ (uzorci A1 i A2)), dok se drugi eksperiment sprovodi na najčešće primjenjivanom rasponu (u ovom eksperimentu on je iznosio $3,55\text{m}$ (uzorci B1 i B2)). Za oba raspona standardom je propisano ispitivanje po dva uzorka. Drugu cjelinu predstavlja ispitivanje izdvojene fert grede. Fert grede se za fazu montaže ispituje kao kontinualni nosač na dva polja (uzorci F1 i F2). Veličina polja je određena najvećim razmakom podupirača u fazi montaže.



Slika 1. Trodimenzionalni prikaz međuspratne tavanice od fert gredica i izdvojene gredice
Figure 1. 3D representation of FERT floor slab and FERT beam

PRIKAZ IZVRŠENOG ISPITIVANJA

Za ovo ispitivanje visina međuspratne konstrukcije je bila 20 cm, debljina ploče 4 cm, a osovinski razmak između rebara je 40 cm. U svim uzorcima korišćena je MB 30. Sopstvena težina konstrukcije je bila oko 300 kg/m².

U uzorcima raspona 6.25 m dodatnu armaturu su činile tri šipke rebraste armature prečnika 10 mm. U uzorcima od 3.55 m nije bila prisutna dodatna armatura, već samo osnovna armatura od mrežastog armaturnog koša - binora.

Ispitivani uzorci su preko serklaža oslonjeni na oslonačke zidove, koji su izrađeni specijalno za ovu priliku. Uzorci A1, A2 i B2 su oslonjeni na zidove ozidane od betonskih blokova dimenzija 40/80/20cm. Oslonac se sastojao od četiri ovakva bloka tako da mu je visina bila 80cm. Za uzorak B1 je urađen oslonac ozidan od giter-bloka.

Svi uzorci su oslanjali na zidove preko serklaža dimenzija 25/25cm. Serklaži su izliveni čitavom dužinom oslonaca.

Uzorci samih fert gredica F1 i F2 su oslanjani na jedno nepokretno i dva pokretna čelična ležišta. Nepokretno ležište je bilo postavljeno u sredini raspona, a pokretna na krajevima raspona.

Na svim uzorcima opterećenje je nanošeno kao kontinualno. Za to su korišćeni tegovi težine 20kg. Tegovi su bili oblika zarubljene kupe, donji prečnik 16cm, i takvi su da se na ploči mogu redjati u više redova, jedan na drugi.

Izdvojene fert gredice su opterećivane na taj način što su kroz prostor između dvije dijagonale provučene armaturne šipke $\phi 19$ dužine 120cm. Ukupno je bilo 18 ovakvih šipki. Na njima su sa obje strane simetrično kačeni tegovi. Na jednu šipku su u jednom koraku kačena po dva tega. Tegovi su kačeni simetrično u odnosu na srednji oslonac. U jednom koraku su dodavana ukupno četiri tega i to dva na jednoj i dva na drugoj šipki koje su podjednako udaljene od srednjeg oslonca.

Prilikom ispitivanja vršena su mjerenja: ugiba, dilatacija u armaturi i betonu, i rotacije oslonačkog presjeka.

Ugibi su mjereni u sredini, trećini i u četvrtini raspona. Mjerenja su vršena sa mehaničkim i sa induktivnim ugibomjerima. Dilatacija u armaturi je mjerena u sredini, trećini i četvrtini raspona, korišćenjem mjernih traka. Rezultati sa mjernih traka su očitavani direktno (u mikrodilatacijama), pomoću digitalnog mjernog mosta. Dilatacija u betonu je mjerena pomoću deformetra, a mjerenja su vršena u sredini raspona i to na gornjoj površini ploče i na rastojanju od 15mm od gornje ivice ploče. Rotacija oslonačkog presjeka je registrovana pomoću klinometra, a u fazi loma mogla se vidjeti i golim okom - rotacija serklaža na samom osloncu, slika 2.



Slika 2. Rotacija oslonačkog presjeka
Figure 2. Rotation of the support

Veoma je vjerovatno da će usled prostornog dejstva serklaža u stvarnoj konstrukciji rotacija biti znatno manja, to jest dostići će se veći stepen uklještenja fert tavanice. To će, samo po sebi, imati i reperkusiju na nosivost i granično stanje upotrebljivosti konstrukcije.

Za uzorke A1 i A2 opterećenje je nanošeno u koracima od po 50 kg/m^2 . Pri dostizanju eksploatacionog opterećenja vršeno je rasterećivanje uzoraka i posmatrana je povratna deformacija - ugib i dilatacija. Mjerenjem je ustanovljeno da je zaostala deformacija - ugib, nakon uklanjanja skele, veća od propisane kod oba uzorka.

Kriterijumi loma su ustanovljeni na osnovu tumačenja faze loma date u JUS U.M1.047. - Ispitivanje konstrukcija visokogradnje probnim opterećenjem i ispitivanje do loma, iz 1987 godine.

Kod uzorka A1 lom je nastupio pri opterećenju od 1350 kg/m^2 , odnosno pri 1250 kg/m^2 kod uzorka A2. Uzorak A2 je opterećivan do potpunog kolapsa konstrukcije, koji je nastupio pri opterećenju od 1450 kg/m^2 . Maksimalan ugib pri opterećenju od 1400 kg/m^2 iznosio je $127,17 \text{ mm}$ i pri tom je rotacija oslonačkog presjeka iznosila $6,31^\circ$. Svi ovi pokazatelji nam ukazuju na to da je ispitivani raspon ($L=6,25 \text{ m}$) blizak maksimalnom rasponu za koji je preporučljivo koristiti ovakvu međuspratnu konstrukciju.

Ploče manjeg raspona su opterećivane u inkrementima od $58,8 \text{ kg/m}^2$. Granično opterećenje je bilo 2060 kg/m^2 za uzorak B1, odnosno $1764,0 \text{ kg/m}^2$ za uzorak B2. Ova znatna razlika u graničnom opterećenju ova dva uzorka je posledica toga što je uzorak B2 greškom oštećen prilikom izvođenja, i na

taj način mu je redukovana visina poprečnog presjeka u sredini raspona. Najveći izmjereni ugib je iznosio 48,86mm.

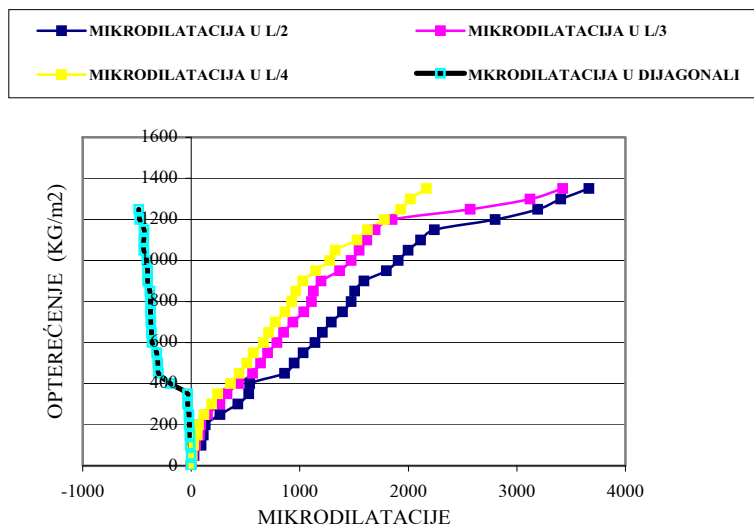
Uzorci izdvojenih fert gredica su takođe ispitivani do loma i pri tom je belježena veličina graničnog opterećenja, da bi se izračunali odgovarajući koeficijente sigurnosti. Granična opterećenja su bila 2,73kN/m za uzorak F1 odnosno 2,52kN/m za uzorak F2.

Kod svih ispitivanih ploče je registrovan lom po zategnutoj armaturi. Tipična ploča i izdvojena fert gredica, u stanju loma, prikazane su na slici 3.

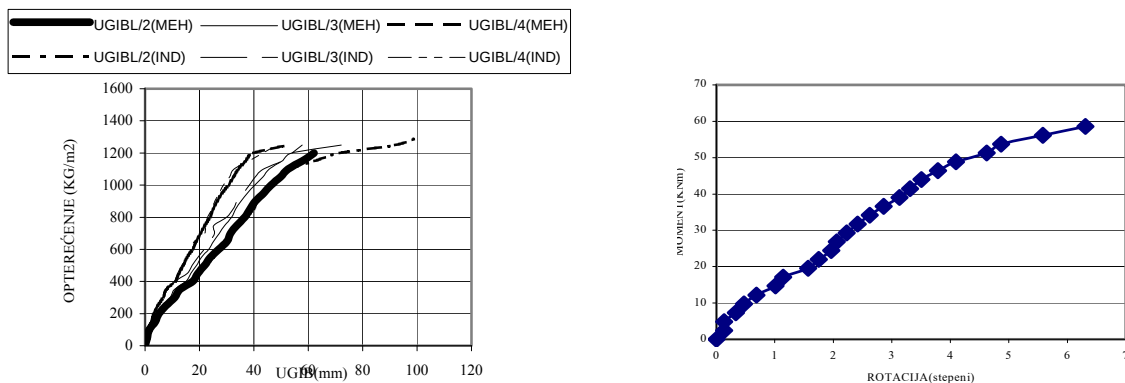


Slika 3. Uzorci ploče - B2 i izdvojene fert gredice -F1, nakon loma
Figure 3. Slab specimen - B2 and FERT beam - F1, after failure

Tipični dijagrami odgovora uzorka prikazani su na sledećim dijagramima.



Slika 4. Dijagram zavisnosti dilatacije u armaturi i nanijetog opterećenja (ploča A1)
Figure 4. Load vs. reinforcement strain diagrams for the slab A1



Slika 5. Zavisnost opterećenje - ugib i moment - rotacija presjeka (ploča A1)
Figure 5. Load vs. displacement and moment - rotation diagrams for the slab A1

PROVJERA KOEFICIJENATA SIGURNOSTI NA LOM PREMA JUS U.N8.030.

Za kritični presjek međuspratne konstrukcije mora biti ispunjen sledeći uslov:

$$\frac{S_{t,g} + S_{t,e}}{1.6 \times S_{t,(g+\Delta g)} + 1.8 \times S_{t,p}} \geq 1$$

gdje je:

- $S_{t,g}$ - računski uticaj u kritičnom presjeku tavanice od sopstvene težine
- $S_{t,e}$ - eksperimentalno utvrđeni uticaj u kritičnom presjeku tavanice pri lomu od opterećenja nanijetog pri ispitivanju
- $S_{t,(g+\Delta g)}$ - računski uticaj u kritičnom presjeku od opterećenja sopstvene težine sa predviđenom podnom i plafonskom oblogom
- $S_{t,p}$ - računski uticaj u kritičnom presjeku tavanice od predviđenog korisnog opterećenja

Svi ispitivani uzorci ploča su zadovoljili kriterijum potrebnog koeficijenta sigurnosti na lom.

PROVJERA KRITERIJUMA DOZVOLJENIH UGIBA PREMA JUS U.N8.030.

Standardom se zahtijeva da je:

$$U_{t,g+p} < U_{doz}$$

gdje je:

- $U_{t,g+p}$ - računski maksimalni ugib u polju pri opterećenju g+p uzimajući u obzir i vremenske deformacije betona
- U_{doz} - dozvoljeni ugib za fazu eksploatacije koji je diktiran estetskim i funkcionalnim zahtjevima.

Za ploče raspona 6.25 m izmjereni ugib je bio $U_{g+p} = 11.34 + 17.73 = 29.87\text{mm}$, što je manje od 31.25 mm, koliko iznosi dozvoljeni ugib za ovaj raspon. Za raspon 3.55 m izmjereni ugib je bio $U_{g+p} = 4.21 + 3.14 = 7.35\text{ mm}$, što je takođe manje od 17.75mm, koliko iznosi dozvoljeni ugib za ovaj raspon.

Međutim, treba uzeti u obzir da ovi rezultati sadrže samo jedan (manji) dio vremenskih deformacija betona (koji odgovara starosti betona od 30-ak dana i uticaja tečenja od oko 7 dana - samo od sopstvene težine), što znači da će vremenom doći do znatnog porasta ugiba.

ZAKLJUČAK

Teorijska analiza se mora bazirati na eksperimentalnim rezultatima. Eksperimenti ovakvog tipa su skupi i ne mogu “pokriti” sve varijacije dimenzija elemenata, količine ugrađene armature i osobina materijala. Zbog navedenog teorijska i eksperimentalna istraživanja se moraju dopunjavati.

Kada se ispitivanje ovakvih ploča sprovodi u skladu sa važećim standardom, postavljaju se oslonci koji ne odslikavaju u potpunosti realno stanje elementa, jer se u stvarnoj konstrukciji, zbog prostornog dejstva serklaža, dostiže veći stepen uklještenja ploče. To znači da se pri eksperimentalnom dokazivanju nosivosti ovakvih konstrukcija nalazimo na strani sigurnosti u odnosu na stvarno stanje.

Analiza eksperimentalnih rezultata ispitivanja međuspratne tavanice od fert gredica potvrdila je da se već pri nanošenju malog korisnog opterećenja tavanica nalazi u fazi isprskalog presjeka. Prilikom ispitivanja registrovani su znatni ugibi, pa možemo reći da ograničenja raspona međuspratne tavanice od fert gredica ne diktira nosivost već veličina ugiba. Ograničenje raspona međuspratne konstrukcije, uslijed velikog ugiba u sredini raspona, može se eliminisati zadavanjem nadvišenja tavanici u fazi izvođenja. U eksperimentu je primijećeno, a i analitički je dokazano da je granično stanje upotrebljivosti po ugibima u svim situacijama koje su provjeravane ili prekoračeno ili veoma blizu da bude prekoračeno. Zbog toga ovakve ploče treba izvoditi sa nadvišenjem reda veličine 10 do 20 mm.

Standardom JUS U.N8.030 iz 1997 godine, koji propisuje način ispitivanja međuspratne tavanice od fert gredica, ne propisuje se obavezno registrovanje dilatacija u armaturi tokom eksperimenta. Međutim, tokom ispitivanja došlo se do zaključka da je ovaj podatak izuzetno značajan za sprovođenje jednog ovakvog testa. Kako se ispitivanje vrši do loma, i kako se radi o elementima koji doživljavaju lom po armaturi, na osnovu veličine dilatacije u armaturi može se najpreciznije predvidjeti trenutak i veličina opterećenja loma, i pored toga, što je takođe značajno, na vrijeme zaštititi mjerna tehnika i instrumenti od oštećenja. Zbog toga, mjerenje dilatacija u armaturi treba propisati kao obavezno za ovu vrstu eksperimenta, posebno kod vođenja eksperimenta metodom kontrole sile.

LITERATURA:

1. Vladimir Perišić, diplomski rad: "Proračun i eksperimentalna verifikacija međuspratne tavanice od Fert gredica", GF Podgorica, 2000.
2. JUS U.N8.030 - Prefabrikovane gredice od glinenih elemenata za izradu međuspratnih odnosno tavaničnih konstrukcija, 1997 godine
3. JUS U.M1.047. - Ispitivanje konstrukcija visokogradnje probnim opterećenjem i ispitivanje do loma, 1987
4. Pravilnik o tehničkim normativima za beton i armirani beton, 1987