



**DRUŠTVO ZA ISPITIVANJE I ISTRAŽIVANJE
MATERIJALA I KONSTRUKCIJA SRBIJE**

**SOCIETY FOR MATERIALS AND
STRUCTURES TESTING OF SERBIA**

MEĐUNARODNI SIMPOZIJUM

**O ISTRAŽIVANJIMA I PRIMENI SAVREMENIH DOSTIGNUĆA
U GRAĐEVINARSTVU U OBLASTI MATERIJALA I
KONSTRUKCIJA**

INTERNATIONAL SYMPOSIUM

**ON RESEARCHING AND APPLICATION OF CONTEMPORARY
ACHIEVEMENTS IN CIVIL ENGINEERING IN THE FIELD OF
MATERIALS AND STRUCTURES**

**ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS**

**XXVI Kongres - Vrnjačka Banja, 29-31. oktobar 2014.
XXVI Congress - Vrnjacka Banja, October 29-31, 2014.**

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

624(082)

69(082)

666.7/.9(082)

МЕЂУНАРОДНИ симпозијум о истраживањима и примени савремених достигнућа у грађевинарству у области материјала и конструкција (2014 ; Врњачка Бања)

Zbornik radova = Proceedings /
Међународни симпозијум о истраживањима и примени савремених достигнућа у грађевинарству у области материјала и конструкција [у оквиру скупа] Друштво за испитивање и истраживање материјала и конструкција Србије, XXVI конгрес, Врњачка Бања, 29-31. октобар 2014. = International Symposium about Research and Application of Modern Achievements in Civil Engineering in the Field of Materials and Structures [within] Society for Materials and Structures Testing of Serbia, XXVI Congress, Vrnjacka Banja, October 29-31, 2014. ; [editor Zoran Grdić]. - Београд : Друштво за испитивање и истраживање материјала и конструкција Србије, 2014 (Ђуринци : Atom štampa). - 613 str. : ilustr. ; 25 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tekst ćir. i lat. - Tiraž 250. - Napomene uz tekst. - Bibliografija uz većinu radova. - Summaries ; Rezimei.

ISBN 978-86-87615-05-2

1. Друштво за испитивање и истраживање материјала и конструкција Србије (Београд). Конгрес (26 ; 2014 ; Врњачка Бања)
а) Грађевински материјали - Зборници б) Грађевинске конструкције - Зборници

COBISS.SR-ID 210812172

Izdavač: **Друштво за испитивање и истраживање материјала и конструкција Србије**
Београд, Кнеза Милоша 9/1

Editor: **Prof. dr Zoran Grdić, dipl.inž.grad.**
Грађевинско-архитектонски факултет, Ниш

Štampa: "Atom štampa" - Ђуринци

Tiraž: 250 primeraka

Врњачка Бања, октобар 2014. године

ORGANIZACIONI ODBOR

1. Prof. dr Zoran Grdić, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš
2. Dr Vencislav Grabulov, Institut IMS, Beograd
3. Prof. dr Dušan Najdanović, Građevinski fakultet, Beograd
4. Prof. dr Mihailo Muravljov, Građevinski fakultet, Beograd
5. Prof. dr Boško Stevanović, Građevinski fakultet, Beograd
6. Prof. dr Dragica Jevtić, Građevinski fakultet, Beograd
7. Prof. dr Dragoslav Šumarac, Građevinski fakultet, Beograd
8. Prof. dr Vlastimir Radonjanin, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
9. Prof. dr Karolj Kasaš, Građevinski fakultet, Subotica
10. Prof. dr Milan Dimkić, Institut "Jaroslav Černi", Beograd
11. Milutin Ignjatović, generalni direktor Saobraćajnog Instituta CIP, Beograd
12. Pal Kermeci, inž.tehn. "Potisje Kanjiža", Kanjiža
13. Vesna Zvekić, dipl.inž.tehn., "Polet", Novi Bečej

PROGRAMSKI ODBOR

1. Prof. dr Radimir Folić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
2. Prof. dr Dragoslav Stojić, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš
3. Prof. dr Ljubomir Vlajić, Saobraćajni Institut CIP, Beograd
4. Prof. dr Mirjana Malešev, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
5. V.prof.. dr Gordana Topličić-Ćurčić, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Niš
6. Dr Zagorka Radojević, Institut IMS, Beograd
7. Dr Nenad Šušić, Institut IMS, Beograd
8. Dr Ksenija Janković, Institut IMS, Beograd
9. Dr Milorad Smiljanić, Institut za puteve, Beograd
10. Profesor Mihailo Trifunac, Civ.Eng. Depratment University of Southern California, Los Angeles, USA
11. Prof. dr Dubravka Bjegović, Institut za građevinarstvo Hrvatske, Zagreb, Hrvatska
12. Predrag Popović, Wiss, Janney, Elstner Associates, Northbrook, Illinois, USA
13. Profesor Asterios Lionis, Democratus University of Trace, Faculty of Civil Egeineering, Greece
14. Profesor Ivan Damnjanović, Texas A&M University, College Station, TX Zachry Department of Civil Engineering, USA
15. Prof. dr Meri Cvetkovska, Građevinski fakultet, Univ. "Sv. Kiril i Metodij", Skoplje, Makedonija
16. Prof. dr Miloš Knežević, Građevinski fakultet, Podgorica, Crna Gora
17. Prof. dr Damir Zenunović, Univerzitet u Tuzli, BIH

"Simpozijum o istraživanjima i primeni savremenih dostignuća u našem građevinarstvu u oblasti materijala i konstrukcija", koji je upriličen u okviru **XXVI Kongresa Društva za ispitivanje i istraživanje materijala i konstrukcija (DIMK) Srbije**, Vrnjačka Banja 29.-31. oktobra 2014. godine, održan je u saradnji sa **Institutom za ispitivanje materijala IMS Beograd** a pod pokroviteljstvom **MINISTARSTVO PROSVETE, NAUKE I TEHNOLOŠKOG RAZVOJA REPUBLIKE SRBIJE**.

◇ Održavanje ovog skupa finansijski je potpomoglo, između ostalih i **MINISTARSTVO PROSVETE, NAUKE I TEHNOLOŠKOG RAZVOJA REPUBLIKE SRBIJE**, kao i Inženjerska komora Srbije.



Mihailo Muravljev¹
Dimitrije Zakić²
Radovan Tošković³

ISPITIVANJE NOSIVOSTI PREDNAPREGNUTIH BETONSKIH STUBOVA ZA PROTIVGRADNU ZAŠTITU

Rezime: U radu su prikazani rezultati sopstvenih laboratorijskih ispitivanja nosivosti dva tipa prethodno napregnutih betonskih stubova koji se koriste u okviru sistema za protivgradnu zaštitu voćnjaka. Ispitivano je ponašanje predmetnih elemenata pri savijanju, uz merenje ugiba na kraju konzole, registrovanje prslina tokom pojedinih faza opterećenja, registrovanje granične sile, kao i graničnog momenta savijanja koji odgovara fazi loma konstrukcije. Na osnovu rezultata eksperimentalnih ispitivanja, izvedeni su zaključci o podobnosti predmetnih stubova za navedenu primenu, a formulisan je i stav po kome za dalja ispitivanja ovog tipa treba usvojiti kriterijum loma preseka pri određivanju graničnog opterećenja.

Cljučne reči: prethodno napregnuti betonski stubovi, nosivost, savijanje, eksperimentalno ispitivanje, protivgradna zaštita.

BEARING ABILITY TESTING OF PRESTRESSED CONCRETE POLES FOR HAIL PROTECTION

Summary: The results of bearing ability laboratory testing of two types of pre-stressed concrete poles used for hail protection of orchards, are presented in this paper. Flexural behavior of these elements was investigated, by measuring deflections at the end of console, registering cracks during different loading phases, registering limit force value, as well as limit bending moment corresponding to the structural break phase. Based on the experimental results, conclusions were drawn concerning tested poles application suitability, and it was also concluded that for further testing of the same type the breaking point criteria should be applied for limit load determination.

Key words: Pre-stressed concrete poles, bearing ability, flexure, experimental testing, hail protection.

¹ Prof. dr, Redovni profesor u penziji, mmuravljev@imk.grf.bg.ac.rs

² Doc.dr, Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, dimmy@imk.grf.bg.ac.rs

³ Inženjer saradnik, Građevinski fakultet, Bul. kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, tole@imk.grf.bg.ac.rs

1. UVOD

U današnje vreme, fizička zaštita voćnjaka i vinograda od različitih štetnih uticaja, bilo meteorološke (grad, sneg, kiša, vetar, prekomerno sunčevo zračenje), ili biološke prirode (insekti, ptice, manje životinje), predstavlja sve izraženiju potrebu. U tu svrhu, koriste se različiti sistemi zaštite, koji se uglavnom sastoje od noseće konstrukcije (stubovi, čelična užad, ankeri) i zaštitne mreže. Pri tome, noseći stubovi su najčešće od betona, čelika ili drveta, a zaštitna mreža od plastičnih masa (obično od polietilena visoke gustine ili od polipropilena). Kada je reč o protivgradnoj zaštiti, predmetni sistemi takođe se koriste i za zaštitu staklenika, kod kojih grad može da pričinu veliku materijalnu štetu, ali i da predstavlja ozbiljnu opasnost za osoblje koje radi u staklenoj bašti. Sistemi fizičke zaštite o kojima je reč, naročito su rasprostranjeni u visokokultivisanim poljoprivrednim regijama Italije, Španije, Francuske i Nemačke, mada ih ima sve više i u mnogim drugim Evropskim zemljama, pa tako i u Srbiji. Van Evrope, ovakav tip zaštite je najrasprostranjeniji u Australiji i SAD.

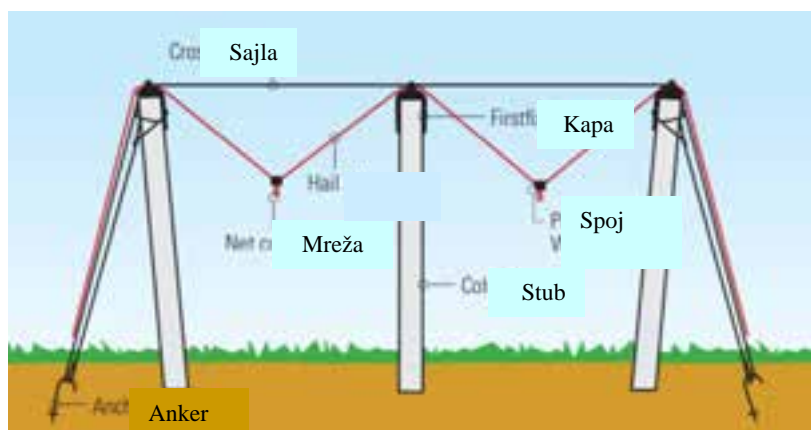
Što se tiče ispitivanja elemenata sistema za fizičku zaštitu poljoprivrednih kultura, ne postoje evropski standardi koji pokrivaju ovu problematiku [1]. Postoji samo set italijanskih (UNI) standarda koji se bavi tehničkim uslovima i metodama ispitivanja zaštitnih mreža od sintetičkih materijala. Što se, pak, tiče nosećih elemenata konstrukcije predmetnih sistema (stubovi, čelična užad, ankeri), na njih se mogu primeniti odredbe važećih pravilnika i standarda koji tretiraju građevinske materijale i konstrukcije.

U domaćoj tehničkoj regulativi nema standarda za ispitivanje betonskih stubova za nošenje protivgradne mreže, niti nekog sličnog građevinskog proizvoda ili konstrukcijskog elementa, osim opšteg standarda za ispitivanje konstrukcija SRPS U.M1.047. Takođe je moguće iz povučenog standarda SRPS U.E3.050, koji se odnosi na uslove projektovanja i izvođenja, kao i uslove kvaliteta betonskih proizvoda, koji se serijski proizvode, zadržati vrednost minimalnog potrebnog koeficijenta sigurnosti od 1.8 i da je frekvencija ispitivanja do loma ovih proizvoda po 3 uzorka na 1500 proizvedenih komada. Prema pomenutom standardu, potrebno je Programom ispitivanja definisati režim probnog opterećenja i način njegovog nanošenja. Takođe se istim standardom definišu uslovi loma ispitivanog nosača.

U ovom radu, biće reči o metodologiji ispitivanja i analizi dobijenih rezultata ispitivanja nekoliko tipova prethodnonapregnutih betonskih stubova različitih proizvođača, kao osnovnog nosećeg elementa sistema protivgradne zaštite. Radi se o stubovima dužine 4,50 m, dimenzija poprečnog preseka 7x8 cm, prethodno napregnutih sa po 4 kabla koji predstavljaju snopove od po dve (ili tri) upletene žice od visokovrednog čelika prečnika $\varnothing 2,25$ mm. Reč je o unutrašnjim stubovima sistema; spoljašnji stubovi imaju veće dimenzije (na primer 9x10 cm) i više armature (na primer 6x3 žice za prednaprezanje). Ovi stubovi proizvode se, po pravilu, od betona projektovane marke MB40, uz primenu dvofrakcijskog agregata (krupnoće 0/4 mm i 4/8 mm).

Sam sistem je koncipiran tako da se stubovi postavljaju u određenom rasteru, i to tako što se ukopavaju u zemlju do dubine od 50-100 cm. Na vrhu ovih stubova postavljaju se specijalne plastične "kape" koje služe kao nosači čeličnih sajli koje se pružaju u dva ortogonalna pravca. Na krajevima parcele ove sajle se ankerišu u tlo pomoću različitih tipova ankera, čiji oblik i dimenzije odgovaraju vrsti, odnosno kvalitetu predmetnog tla. Na ovaj noseći skelet kači se zaštitna mreža, koja može da se nalazi

iznad ili ispod sistema čeličnih sajli. Shematski prikaz jednog tipa ovakvog zaštitnog sistema dat je na slici 1.



Slika 1. Elementi sistema protivgradne zaštite

2. SPROVEDENA ISPITIVANJA

2.1. Program ispitivanja

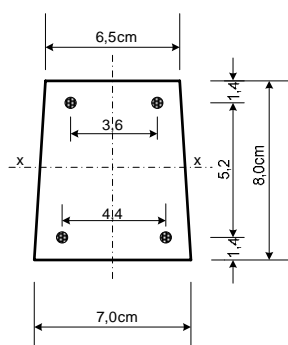
Kao što je već u uvodnom delu rada istaknuto, prema važećem standardu SRPS U.M1.047, potrebno je Programom ispitivanja definisati režim probnog opterećenja i način njegovog nanošenja (faze ispitivanja i to najmanje 4 za radno opterećenje i minimum 10 do loma nosača). Takođe se istim standardom definišu uslovi loma ispitivanog nosača. Pod lomom se smatra nivo opterećenja pri kome je došlo do potpunog otkaza nosivosti, tj. do loma po betonu u preseku kod uklještenja, ili nivo opterećenja pri kome se dostiže kritična deformacija od $2L/50 = 2 \times 355/50 = 14.2 \text{ cm} = 142 \text{ mm}$. Posle svake faze opterećenja treba vršiti osmatranje nosača i čitanje na svim primenjenim instrumentima.

U radu su prikazana dva pristupa ispitivanju prethodno napregnutih stubova za nošenje protivgradnih mreža. Prvo ispitivanje je obavljeno na stubovima koji su nominalno isti po preseku i upotrebljenim materijalima, a proizvedeni su od strane različitih proizvođača - jednog stranog i jednog domaćeg. U daljem tekstu ovo ispitivanje se imenuje kao Ispitivanje 1. Drugo ispitivanje je sprovedeno na drugom tipu prednapregnutih stubova domaće proizvodnje i ovo se ispitivanje imenuje kao Ispitivanje 2. Oba pomenuta ispitivanja su sprovedena u laboratorijama Instituta za materijale i konstrukcije Građevinskog fakulteta u Beogradu.

2.2. Tok i rezultati ispitivanja

Ispitivanje 1 predstavlja komparativno ispitivanje sprovedeno na po 3 (tri) uzorka prednapregnutih stubova za protivgradnu mrežu dva različita proizvođača – jednog stranog

i jednog domaće. U geometrijskom smislu, radi se o potpuno identičnim stubovima dužine 4,50 m i sa poprečnim presekom prikazanim na slici 2.



Slika 2. Poprečni presek stubova

Kao što se vidi na priloženoj slici, stubovi domaće proizvodnje su bili predhodno napregnuti sa po četiri "kabela" koji predstavljaju snopove od po dve upletene žice od visokovrednog čelika prečnika $\varnothing 2,25$ mm. Što se, pak, tiče stubova strane firme, oni su bili prethodno napregnuti sa 4 užeta od po tri upletene žice od visokovrednog čelika prečnika $\varnothing 2,25$ mm.

Programom ispitivanja bilo je predviđeno da se predmetni stubovi, kao konzolni nosači raspona 3,50 m, na slobodnom kraju izlože opterećenju u vidu rastuće koncentrisane sile P koja će proizvoditi savijanje nosača oko ose $x-x$. Pri ovome je predviđeno merenje ugiba na kraju konzole, registrovanje prslina tokom pojedinih faza opterećenja, a u konačnom i registrovanje granične sile P_{gr} , kao i graničnog momenta savijanja koji odgovara fazi loma konstrukcije.

Što se tiče geometrijskih karakteristika preseka, za stubove prikazane na slici 2 važi sledeće:

- površina bruto betonskog preseka $A_b = 6,75 \cdot 8,00 = 54,00 \text{ cm}^2$
- površina čelika za prednaprezanje ($4 \times 2 \times \varnothing 2,25$) $A_s = 4 \cdot 2 \cdot (0,225^2 \cdot 3,14) / 4 = 0,318 \text{ cm}^2$
- odnos modula elastičnosti čelika i betona $n = 2,10 / 0,35 = 6,00$
- površina idealizovanog preseka: $A_{b,i} = 54,0 + (6,0 - 1,0) \cdot 0,318 = 55,59 \text{ cm}^2$
- moment inercije bruto betonskog preseka: $I_b = 6,75 \cdot 8,00^3 / 12 = 288,00 \text{ cm}^4$
- moment inercije idealizovanog preseka: $I_{b,i} =$
 $= 288,0 + 2 \cdot (6,0 - 1,0) \cdot 0,5 \cdot 0,318 \cdot (5,2/2)^2 = 288,00 + 10,75 = 298,75 \text{ cm}^4$
- otporni moment idealizovanog preseka: $W_{b,i} = 298,75 / 4,00 = 74,69 \text{ cm}^3$.

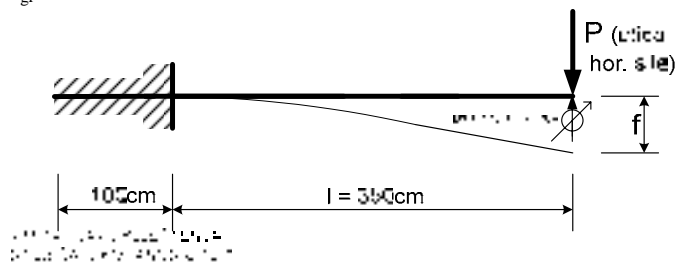
Na slici 3 data je dispozicija predmetnog ispitivanja. Ukoliko se usvoji ova dispozicija, maksimalni moment savijanja u uklještenju konzole, uzimajući u obzir i silu P i uticaj sopstvene težine stuba $g \approx 55,59 \cdot 25 \approx 0,14$ kN/m, biće

$$M_k \text{ (u kNm)} = 3,5 \cdot P \text{ (u kN)} + 0,14 \cdot 3,50^2 / 2 = 0,857 + 3,5 \cdot P \text{ (u kN)},$$

pa će praktično identičan izraz

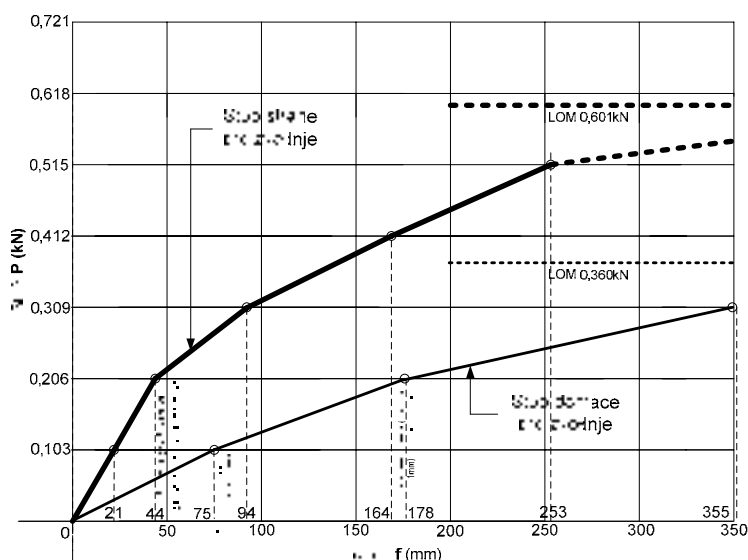
$$M_{ku} \text{ (u kNm)} = 0,857 + 3,5 \cdot P_{gr} \text{ (u kN)},$$

važiti i u slučaju graničnog stanja nosivosti konstrukcije, kada se pri ispitivanju ostvari granična sila P_{gr} .



Slika 3. Dispozicija ispitivanja 1

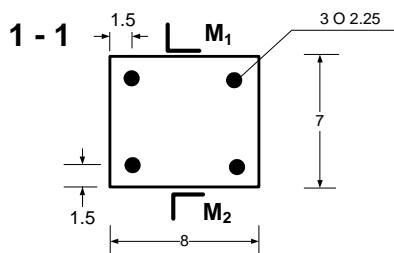
Ispitivanje konzolnog nosača saglasno dispoziciji ispitivanja prikazanoj na slici 3 sprovedeno je tako što je na kraju konzole fazno nanošen gravitacioni teret u "porcijama" po 10,3 daN (dekanjutn). Pri ovome je u svakoj fazi opterećenja meren ugib f sa tačnošću od 0,1 mm, a takođe je tokom pojedinih faza opterećenja vizuelno praćen i razvoj fisuracije preseka u oslonačkoj zoni konzole. Na narednoj slici 4 prikazani su uporedni rezultati ispitivanja konzola-stubova strane proizvodnje i rezultati ispitivanja konzola-stubova domaće proizvodnje.



Slika 4. Zbirni prikaz rezultata sprovedenog ispitivanja 1

Ispitivanje 2 predstavlja ispitivanje do loma stubova jednog domaćeeg proizvođača i određivanje dozvoljenog, tj. eksploatacionog opterećenja. Predmetni stubovi se izrađuju u dužini od 4,5 m, sa širinom od 7cm i visinom od 8cm. Prema navodima proizvođača, radi se o athezionom prethodnom naprezanju na stazi, koje se izvodi sa 4 užeta, formirana od po 3 žice $\varnothing 2.25$ mm, kvaliteta čelika 1670/1860MPa. Sila pritiska koja se unosi u

preseka iznosi 12 kN po užetu. Projektovani kvalitet ugrađenog betona je MB40. Na slici 5 prikazan je poprečni presek predmetnog stuba tipa 2.



Slika 5. Poprečni presek stubova tipa 2

Prema programu ispitivanja i ovaj tip stubova je opterećivan koncentrisanom silom u vrhu stuba, ali sa smerom na gore. Sila je zadavana potezanjem vrha stuba na gore, a merenje sile je vršeno mernom doznom i digitalnim kompenzatorom (sa opsegom merenja od 50 kN, a tačnošću očitavanja od 0.01 kN). Sila izaziva savijanje oko slabije ose tako da su rezultati ispitivanja na strani sigurnosti. Ugibi su mereni ispod sile i na osloncima, ukupno u 3 preseka. Merenje je obavljeno kontaktnim ugibomerima čija je tačnost merenja 0,01 mm za preseke kod oslonaca, a maksimalno pomeranje vrha grede ugibomerom tačnosti 0.1 mm. Lokalne deformacije - dilatacije su merene u preseku koji je minimalno za visinu nosača udaljen od uklještenja (10 cm) mernim trakama. Tačnost merenja dilatacija mernim trakama iznosila je 0.001%.

Što se tiče geometrijskih karakteristika preseka, za stubove tipa 2 prikazane na slici 5 važi sledeće:

Površina bruto betonskog preseka:

$$\text{Površina čelika za prednaprezanje (4 \times 3\varnothing 2.25): } A_s = 4 \cdot 3 \cdot \frac{0.225^2 \cdot \pi}{4} = 0.48 \text{ cm}^2$$

$$\text{Odnos modula elastičnosti betona i čelika: } n = E_s / E_b = 2.1 / 0.34 = 6.18$$

$$\text{Površina idealizovanog preseka: } A_{b,i} = A_b + (n-1) \cdot A_s = 56 + (6.18-1) \cdot 0.48 = 58.5 \text{ cm}^2$$

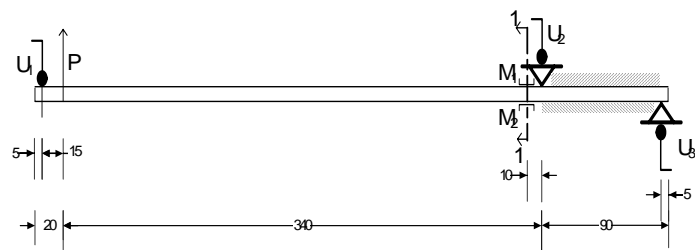
$$\text{Momenat inercije bruto betonskog preseka: } I_b = \frac{8 \cdot 7^3}{12} = 228.7 \text{ cm}^4$$

Momenat inercije idealizovanog preseka:

$$I_{b,i} = I_b + (n-1) \cdot A_s \cdot y_s^2 = 228.7 + 5.18 \cdot 0.48 \cdot 2^2 = 238.65 \text{ cm}^4$$

$$\text{Otporni momenat idealizovanog preseka: } W_{b,i} = \frac{I_{b,i}}{h/2} = \frac{238.65}{3.5} = 68.18 \text{ cm}^3$$

Na slici 6 data je dispozicija predmetnog ispitivanja.



Slika 6. Dispozicija ispitivanja 2

Maksimalni moment savijanja u uklještenju:

$$M_{\max} = P \cdot 3.40 - \frac{3}{8} \cdot g \cdot l \cdot 3.4 = 3.40 \left(P - \frac{3}{8} \cdot 0.14 \cdot 3.6 \right) = 3.40P - 0.6426 (\text{kNm})$$

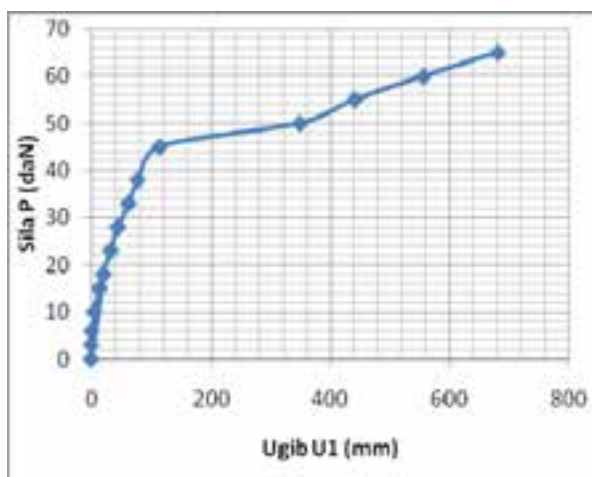
Računsko dozvoljeno naprezanje određeno je na bazi sledeća dva uslova:

Uslov 1: Dozvoljeni napon zatezanja za MB 40 je $\sigma_{z,\text{doz}} = 1.8 \text{ MPa} = 0.18 \text{ kN/cm}^2$ bez sopstvene težine iznosi: $P \leq (0.18 + 0.82) / 4.99 = 0.20 \text{ kN}$

Uslov 2: Dozvoljeni napon pritiska za MB 40 je $\sigma_{p,\text{doz}} = 16 \text{ MPa} = 1.6 \text{ kN/cm}^2$ bez sopstvene težine iznosi: $P \leq (1.6 - 0.82) / 4.99 = 0.16 \text{ kN}$

Za prethodno određivanje dozvoljenog opterećenja merodavan je uslov 2.

Ispitivanje 2 vršeno je u svemu prema odredbama standarda SRPS U.M1.047. Opterećenje je nanošeno u jednakim inkrementima od po 5 daN, sve do loma. Pri tom je vršeno kontinualno merenje na svim instrumentima i beležena pojava fisuracije preseka. Na narednoj slici 7 prikazani su rezultati ispitivanja konzola-stuba tipa 2.



Slika 7. Dijagram ugib-opterećenje pri ispitivanju stubova tipa 2

3. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Na osnovu rezultata sprovedenih ispitivanja na stubovima tipa 1, ilustrovanih slikom 4, proizilazi sledeće:

– u slučaju konzola-stubova strane proizvodnje dobijena je vrednost sile loma $P_{gr} = 0,601$ kN (odgovarajući moment loma $M_{ku} = 2,961$ kNm), pa je dozvoljena vrednost sile P na kraju ispitivane konzole $P_{doz} = (M_{doz} - 0,857)/3,50 = 0,225$ kN.

– u slučaju konzola-stubova domaće proizvodnje dobijena je vrednost sile loma $P_{gr} = 0,360$ kN (odgovarajući moment loma $M_{ku} = 2,117$ kNm), pa je dozvoljena vrednost sile P na kraju ispitivane konzole $P_{doz} = (M_{doz} - 0,857)/3,50 = 0,091$ kN.

Na osnovu rezultata sprovedenih ispitivanja na stubovima tipa 2, ilustrovanih slikom 7, proizilazi sledeće:

– pri ispitivanju do loma zabeležena je vrednost sile loma od $P_{gr} = 0,730$ kN.

– s obzirom na ostvareni nivo sile loma, dobije se veličina (uslovne radne sile) kao $P_{radno,usl} = 0,73/1,8 = 0,406$ kN. i kada se izvrši redukcija zbog uticaja sopstvene težine dobije se $P_{doz} = P_{radno,usl} - 0,375 \cdot g \cdot l = 0,406 - 0,189 = 0,217$ kN. S obzirom da je pri ispitivanju dobijeno da se prsline ne otvaraju pre 0,25 kN ova vrednost zadovoljava.

Na osnovu ispitivanja opterećenjem do loma prethodnonapregnutih stubova za protivgradnu zaštitu, mogu se izvesti zaključci da stubovi tipa 1 strane proizvodnje, kao i stubovi tipa 2, zadovoljavaju zahteve standarda SRPS U.M1.047 i da se mogu koristiti u eksploataciji uz propisana dozvoljena opterećenja od 0,225 kN odnosno 0,217 kN, respektivno, uz zahtevani koeficijent sigurnosti od 1,80. Minimalna razlika u dobijenim rezultatima nastala je zbog toga što je kod stubova tipa 2 ispitivanje obavljeno oko slabije ose. Tip 1 stubova domaće proizvodnje ne zadovoljava propisane uslove, a razlog leži u manjoj sili prednaprezanja, usled manjeg primenjenog broja žica u užadima (umesto 3, upotrebljene su po 2 žice $\varnothing 2,25$ mm). Takođe, s obzirom na namenu i uslove eksploatacije predmetnih stubova, za kriterijum loma pri određivanju graničnog opterećenja treba koristiti uslov dostizanja nosivosti preseka, a ne kriterijum po graničnim deformacijama.

4. LITERATURA

- [1] *Design and use criteria of netting systems for agricultural production in Italy/* Castelano S. et al.// Journal of Agricultural Engineering, No. 3, 2008. pp. 31-42.
- [2] Zapisnici sa ispitivanja Laboratorije za materijale i Laboratorije za konstrukcije Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu.
- [3] *Standard SRPS U.M1.047.1987.* Ispitivanje konstrukcija visokogradnje probnim opterećenjem i ispitivanje do loma.
- [4] *Standard SRPS U.E3.050.1981.* Prefabrikovani betonski elementi. Tehnički uslovi za izradu i ugradnju (povučen).
- [5] Web stranice proizvođača sistema za protivgradnu zaštitu: Wiesel, Krodes i Valente.