

# XII FIP Congress

Borislav T. Tomasevic, B. Civ. Eng.

EXAMPLES FOR BEHAVIOR OF PRESTRESSED CONCRETE STRUCTURES  
EXPOSED IMPACT LOADING IN THE STAGE OF CONSTRUCTION AND WAY  
OF REPAIRING DAMAGED STRUCTURAL ELEMENTS

Washington, D.C., USA / May 29 - June 2, 1994

Borislav T. Tomasevic, dipl.gradj.inz. \*

PRIMERI PONASANJA KONSTRUKCIJA OD PREDNAPREGNUTOG BETONA  
IZLOZENIH UDARNOM OPTERECENJU U FAZI IZGRADNJE SA  
NACINOM SANACIJE OSTECENIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

R E Z I M E

U clanku su navedena dva primera ponasanja montazne skeletne konstrukcije IMS od prednapregnutog betona koja je u fazi izgradnje bila izložena udarnom opterećenju, kao i primenjeni način sanacije oštećenih elemenata konstrukcije. U prvom primeru konstrukcija je u fazi izgradnje bila izložena drastičnom udaru usled pada ruke kрана, a u drugom usled pada montaznog zida za ukrućenje. Pri tome je došlo do oštećenja pojedinih elemenata montazne skeletne konstrukcije IMS od prednapregnutog betona. Uvidom u stanje oštećene konstrukcije konstatovano je da je prefabrikovani prednapregnuti skelet održao koncept konstrukcije IMS iako sistemske rigle nisu bile zalivene, odnosno samim tim konstrukcija nije u potpunosti završena.

Drastično udarno opterećenje koje je izdržala konstrukcija od prednapregnutog betona je još jedan dokaz da kod prednapregnutih konstrukcija postoji visok stepen unutrašnje sigurnosti koja se u praksi ispoljava kada je najpotrebnije.

Izabranim načinom sanacije oštećenih konstruktivnih elemenata omogućena je znatna ušteda finansijskih sredstava i nastavak montaze objekta paralelno sa sanacijom oštećenih ispitivanjem saniranih elemenata.

---

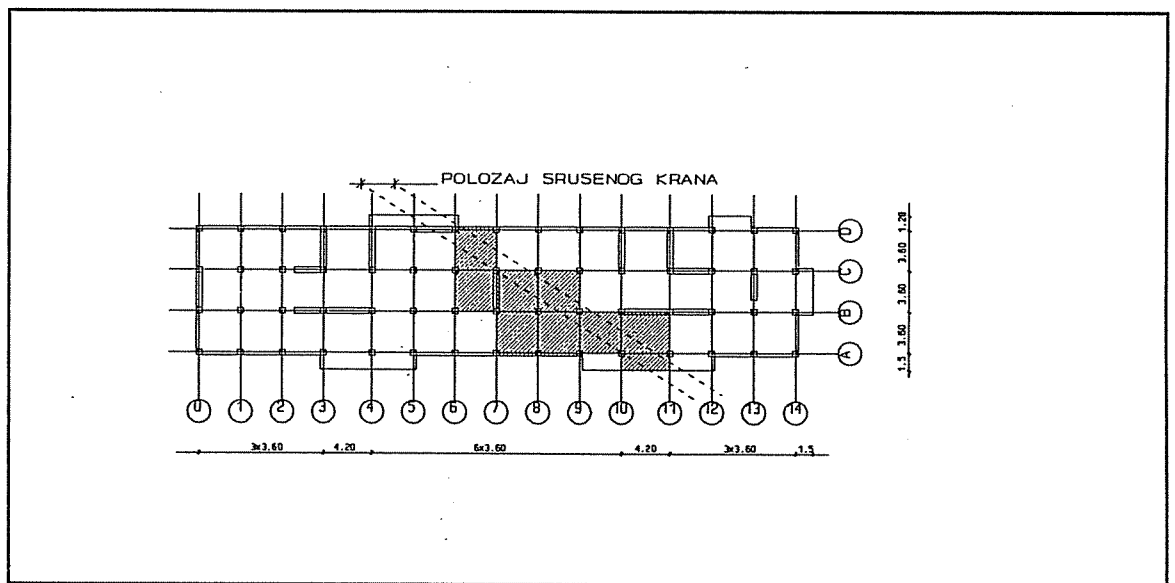
Adresa autora:

\*) Borislav T. Tomasevic, dipl.gradj.inz.,  
Direktor Zavoda za projektovanje GP "Rad", Kosovska 31,  
Beograd, Jugoslavija.



### 1.1. Ostecenja konstrukcije

Usled pada ruke kрана doslo je do ostecenja konstruktivnih elemenata nivoa iznad prizemlja koji su osenceni na sl. br. 1. Saradnici Instituta IMS na poziv izvodjaca radova izvršili su neophodna snimanja ostecenja. Sva pojedinačna ostecenja detaljno su prikazana u posebnom Elaboratu /3/, a ovde se zbog celovitosti daje prikaz samo tipova ostecenja.



Sl.1 Dispozicija ostecenih konstruktivnih elemenata

Kod normalnih tavanica ostecenja se krecu od potpuno srusene tavanice u polju B-C/7-8 do manjih okružna ivicnih rebara, dok je konzolna tavanica u polju A/10-11 potpuno unistena.

Ivicni nosaci (D/5-6 i D/6-7) usled direktnog udarca ruke kрана, pomereni su sa mesta ugradjivanja.

Ostecenja stubova sastoje se od "okrnjenih" glava stubova na kontaktu sa ostecenim prethodno nabrojanim konstruktivnim elementima i prslina na glavi stuba D/11, s tim sto je vertikalnost stubova u oba ortogonalna pravca zadržana i nakon pada ruke kрана.

Montazni zid za ukrućenje u osi 7/B-C pomeren je iz vertikale ali nije srušen, posto su donji ankeri u momentu pada ruke kрана bili zavareni, a gornji prolaze između kablova.

Saradnici Instituta IMS izvršili su merenje napona u svim kablovima nivoa iznad prizemlja, na koji se srušila ruka kрана. Merenje je izvršeno na ukupno 183 mesta i sa dobijenim podacima sračunate su prosečne vrednosti izmerenih napona u kablovima. Merenja su pokazala da je u nekim kablovima (osovine 7, 8, 9/B-C) doslo do smanjenja napona a u osovini 10 (desni kabal) čak i do potpunog pada napona tj. do potpunog gubitka sile prednapreznja. Ostali izmereni naponi nalaze se u očekivanim granicama. Osim toga, na pojedinim mestima doslo je do povracaja kablova iz izvedenog-poligonalnog u pravolinijski položaj.

Narucilac je kao podlogu dostavio podatke o stanju konstrukcije pre ostecenja, kao i izvestaj o naknadnom merenju vertikalnosti svih stubova objekta. Svi navedeni podaci i rezultati snimanja i merenja sadržani su u posebnom Elaboratu /3/ i predstavljaju osnovni pokazatelj stanja konstrukcije nakon ostecenja i podlogu za izradu projekta sanacije.

## 1.2. Konceptija sanacije

Konceptija sanacije proistekla je iz uvida u stanje ostecene konstrukcije uključivši pre svega vrednost izmerenih napona u kablovima i vrstu ostecenja pojedinih konstruktivnih elemenata. Pri tome, uzimajući u obzir cinjenicu da su svi kablovi nivoa iznad prizemlja pre pada ruke kрана već bili utegnuti i spusteni u poligonalni položaj, prednost je data sanaciji betoniranjem na licu mesta nad zamenom ostecenih elemenata novim montaznim elementima. Prakticno, zamena svih ostecenih elemenata novim montaznim elementima zahtevala bi secenje i ponovno utezanje vecine kablova. Ova cinjenica kao i cinjenica da su horizontalne rupe u stubovima već injektirane i da bi kompletan nivo iznad prizemlja trebalo ponovno prihvatiti opremom za montazu pre secenja kablova, dovodi do zakljucka da bi zamena ostecenih elemenata novim montaznim elementima prakticno bila veci posao od montaze citave etaze. Pri usvojenoj konceptiji sanacije betoniranjem na licu mesta bitnu cinjenicu predstavlja to da su kablovi iskorisceni samo kao oslonci elemenata betoniranih na licu mesta tj. ovi elementi su "obeseni" o kablove. Drugim recima, ti elementi nisu opterećeni dovoljnim dejstvom sile prednapreznja i ne "nose se" trenjem kao odgovarajući montazni elementi, sto prakticno znaci da su u pitanju armiranobetonski a ne prednapregnuti elementi, pa su kao takvi i racunski tretirani. Pri tome je zanemareno da ce tokom vremena deo sile prednapreznja "uci" i u ove elemente sto je

na strani sigurnosti. Na ovaj način tretirani oslonacki kablovi kontrolisani su traženjem koeficijenta sigurnosti  $\mu$  kao odnosa granicnog smicuceg napona  $\tilde{\sigma}_L$  koji može da primi zategnuta zica i stvarnog smicuceg napona  $\tilde{\sigma}$  u kablovima usled opterećenja tj.

$$\mu = \frac{\tilde{\sigma}_L}{\tilde{\sigma}}$$

Kontakt starog i novog betona, pri usvojenoj koncepciji sanacije poboljšava se premazima starog betona Epocon vezom SN neposredno pre betoniranja, kao i ugradnjom "bolcnova" RA  $\phi$  14. Pre betoniranja tavanica i ivicnih nosaca koji se saniraju neophodno je izvršiti spustanje pravolinijskih kablova u poligonalni položaj, što nije moguće izvesti na način kako je to predviđeno kataloskim rešenjem IMS, postoje "uske" polomljene. Spustanje je predviđeno prednaprezanjem uzadima koja su ukotvljena na nivou iznad podruma i koja će na taj način držati kablove u poligonalnom obliku. Secenjem uzadi 28 dana nakon betoniranja elemenata koji se saniraju, oslobadja se vertikalna komponenta sile prednaprezanja što veoma povoljno deluje na novo betonirane armirano-betonske elemente. Od usvojenog koncepta sanacije odstupa samo potpuno uništena konzolna tavanica u polju A/10-11 koja se zamenjuje novom montaznom tavanicom na standardan način uz prethodno secenje i zamenu po jednog kabla 6 $\phi$ 7 u osovina 10 i 11.

Naponi u podvlakama skeleta računski su kontrolisani u osovini 7 u kojoj su konstatovane najniže vrednosti napona u kablovima, odnosno sile prednaprezanja. Pri tome su potrebni podaci za proračun uzeti iz postojećeg statickog proračuna.

### 1.3. Ispitivanje saniranih elemenata

U cilju eksperimentalnog dokazivanja stepena sigurnosti sanirane konstrukcije izvršeno je ispitivanje saniranih elemenata. Ovo ispitivanje izvršili su saradnici Instituta IMS. Koncepcija ispitivanja sastojala se u tome da se shodno propisima ispitaju sanirani elementi i odgovarajući nesansirani elementi na istoj etazi. Rezultati ispitivanja sadržani su u posebnom Izveštaju /4/i pokazuju da je sanacijom obezbeđen potpuni stepen sigurnosti konstrukcije koji je imala pre oštećenja.

### 1.4. Učesnici u snimanju oštećenja, projektovanja sanacije, ispitivanju saniranih elemenata i izvođenju sanacije

Snimanje oštećenja konstrukcije, merenje napona u svim kablovima za prednaprezanje nakon udara, projekat sanacije i ispitivanja saniranih elemenata uradili su saradnici Instituta za ispitivanje materijala Republike Srbije - IMS, a izvođenje radova na sanaciji GP "RAD" iz Beograda.

## 2. SANACIJA MONTAZNE SKELETNE KONSTRUKCIJE IMS OSTECENE PADOM MONTAZNOG ZIDA ZA UKRUCENJE KOJI SE OTKACIO PRILIKOM MONTAZE

Prilikom montaze otkacio se armiranobetonski zid za ukrcenje debljine  $d=15$  cm i pao na objekat koji se izvodi u montaznom skeletnom sistemu IMS. Usled silovitog udara zid je probio tri nivoa tavanica i zaustavio se na cetvrtom nivou - nivou iznad podruma. U momentu ostecenja svi nivoi sa konstruktivne tacke gledista bili su potpuno završeni.

Slicno kao sto je prikazano u prvom primeru, saradnici Instituta IMS izvršili su snimanje ostecenja konstrukcije, a narucilac je dostavio neophodne podatke o stanju konstrukcije pre ostecenja, kao i izvestaj o naknadnom merenju vertikalnosti svih stubova.

U ovom slucaju ostecene su samo normalne tavanice konstrukcije IMS, s tim sto im nisu ostecena ivicna rebra, dok su svi drugi elementi konstrukcije zadržali stanje pre otkacinjanja zida za ukrcenje /5/. Kao i u prethodnom primeru i ovde je prednapregnuti skelet održao koncept konstrukcije IMS.

Konceptijom sanacije predvidjeno je saniranje ostecenih tavanica betoniranjem na licu mesta uz prethodno uklanjanje "labavog" betona, ojacanje sekundarnih rebara, prosirenje ivicnih rebara na delu tavanice koji se sanira i uvodjenjem dodatne veze sekundarnih i ivicnih rebara. Sekundarna rebra oslanjaju se na postojeća ivicna rebra na taj nacin sto su u ivicna rebra ubusene rupe  $\phi 18\text{mm}$  u koje se uvlači armatura sekundarnih rebara. Rupe se zapunjuju naknadno epoksi smolom sa dodatkom punioca. Veza starog i novog betona predvidjena je na nacin prikazan u prvom primeru kao i ispitivanje saniranih elemenata.

## 3. ZAKLJUČAK

Iz navedenih primera sanacije montazne skeletne konstrukcije IMS ostecene u fazi izgradnje objekta vidljivo je sledeće:

a) Iako u momentu pada ruke krana systemske rigle nisu bile zalivene, prefabrikovani prednapregnuti skelet održao je koncept konstrukcije IMS i pored cinjenice da je bio izlozen drasticnom udarnom opterecenju. Ovo je konstatovano uvidom u

stanje ostecene konstrukcije a pre svega merenjem napona u kablovima nakon ostecenja.

b) Potpuni gubitak sile prednaprezanja konstatovan je samo u jednom kablu (primer 1) i to zbog loma ivicnog rebra kozolne tavanice usled cega je doslo do opustanja tog kabla. Unistena konzolna tavanica zamenjuje se novom montaznom uz zamenu odgovarajucih kablova. To su ujedno i jedina dva kabla koja se u citavom postupku sanacije zamenjuju.

c) Sanacija svih ostalih ostecenih elemenata predvidjena je betoniranjem na licu mesta. Pri tome su postojeći kablovi iskorisceni samo kao oslonci elemenata betoniranih na licu mesta, tj. ti elementi su "obeseni" o kablove. Prethodno su kablovi spusteni u poligonalni polozej prednaprezanjem pojedinacnim uzadima. Koriscenje postojećih kablova samo za oslonce kao i spustanje kablova u poligonalni polozej rednaprezanjem uzadima, koliko je meni poznato, do sada nije primenjivano u sanacijama.

d) Ispitivanje saniranih elemenata (primer 1) pokazalo je da je sanacijom konstrukciji obezbedjen potpuni stepen sigurnosti koju je imala pre ostecenja.

e) Izabrani nacin sanacije omogucio je vrlo bitan tehnoloski zahtev da se montaza objekta nastavi paralelno sa izvodenjem sanacije i ispitivanjem saniranih elemenata cime je postignuta znatna finansijska usteda.

#### R E F E R E N C E

1) B.Tomasevic, dipl.gradj.ing."Jedan primer sanacije montazne skeletne konstrukcije IMS ostecene u fazi izgradnje objekta III Internacionalna konferencija ISTRAZIVANJE I RAZVOJ TEHNOLOGIJA GRADJENJA, IMS '87, Beograd, 1987.g.

2) B.Tomasevic, dipl.gradj.ing."Primeri sanacije montazne skeletne konstrukcije IMS ostecene u fazi izgradnjednje objekta", Simpozijum SDGKJ, Dubrovnik, 1989.

3) "Elaborat o snimanju ostecenih konstruktivnih elemenata objekta I, lamela 5, nivo iznad prizemlja, na Novom Beogradu" Institut IMS, Centar za tehnologiju gradjenja, Beograd, 1987.g

4) "Izvestaj o ispitivanju konstruktivnih elemenata na objektu I, lamela 5, nivo iznad prizemlja na Novom Beogradu, Institut IMS, Centar za ispitivanje konstrukcija, Beograd.

5) "Elaborat o snimanju ostecenih tavanica na stambenoj zgradi B 13 u naselju Beksuja - Zvornik", Institut IMS, Centar za tehnologiju gradjenja, Beograd.