

## DIJAGRAMI INTERAKCIJE ZA PRORAČUN ARMATURE STUPOVA (3)

**Odgovor autora na reagiranje gospode P. Presečkog i M. Kovača na članak u Građevinaru broj 9/2001.**

:Zahvaljujemo se gospodi Presečkom i Kovaču na reagiranju na naš članak u Građevinaru. Vjerujemo da će njihovo reagiranje i naš odgovor potaknuti stručnu javnost na sagledavanje problema proračuna armiranobetonskih stupova, od kojih spomenuti članak pokriva samo mali dio.

Iako regiraju na članak u Građevinaru gospoda Presečki i Kovač više se bave člankom objavljenim na Saboru hrvatskih graditelja održanom u Cavtatu od 6.-8. travnja 2000., tiskanog u Zborniku radova na str. 405-417, koji je rađen prema oznakama i uvjetima iz PBAB-a, a manje člankom u Građevinaru koji je rađen prema oznakama i preporukama iz Eurokoda 2 i 8.

Gospoda Presečki i Kovač imputiraju nam da preporučujemo novi dijagram interakcije što nama nije bilo ni na kraj pameti. Naprotiv, mi ga ne preporučujemo i ukazujemo na njegove slabosti, a konstruirali smo ga samo zato da stručnoj javnosti slikom pokažemo područja slabije točnosti (ili netočnosti) postupka Ehlersa i/ili Wuczkovskog. Na osnovu pretpostavki već postojeće metode proračuna po Wuczkovskom konstruirali smo njen grafički prikaz u obliku dijagrama koji prikazuju kombinirano djelovanje momenta savijanja i uzdužne sile. Grafičkim prikazom te metode proračuna, a pogotovo preklapanjem s vrijedećim dijagramima interakcije (koji se temelje na metodi graničnih stanja nosivosti, a time na ravnoteži vanjskih i unutarnjih sila) može se zorno prikazati nedostatak metode po Wuczkovskom odnosno područje u kojem je nju neracionalno upotrebljavati.

Dakle, nije bio cilj izmisliti neku novu metodu kombinirajući dvije postojeće ili šireći jednu na područje druge, već ukazati na netočnosti jedne metode, uspoređujući je s drugom.

Gospoda Presečki i Kovač navode primjer u članku koji nije objavljen u Građevinaru nego na Saboru hrvatskih graditelja 2000. Navode da u tom slučaju nije moguće uspostaviti ravnotežu. Naš odgovor je: Naravno da uvjet ravnoteže nije zadovoljen a to je i osnovno zbog čega postupak po Ehlersu i/ili Wuczkovskom nije dobar. Kao što se iz tog primjera vidi kada se stup, opterećen djelovanjem tlačne sile i momenta savijanja, dimenzionira postupkom po Ehlersu (Wuczkovskom) dobije se približno ista potrebna površina armature kao i korištenjem tzv. dijagrama interakcije po Ehlersu (Wuczkovskom). Dijagrami su samo zornije predočenje ove metode. Dakle, kada navode primjer centričnog djelovanja na stup pravokutnog poprečnog

presjeka, izmjera 30/60 cm, opterećenog silom  $N_v=6300$  kN, iz Zbornika radova sa Sabora hrvatskih graditelja 2000, te govore o neuspostavljenoj ravnoteži vanjskih i unutarnjih sila (granično stanje nosivosti), zapravo zaključuju isto što i autori članka: metoda Ehlersa i/ili Wuczkovskog, odnosno dijagrami dobiveni poštivajući tu metodu i njene pretpostavke ne zadovoljavaju ravnotežu (ili nije uspostavljeno granično stanje) i ne daju prave rezultate. Kod manjih uzdužnih sila ta je približna metoda bliža točnoj pa su se dijagrami u tom području gotovo poklapaju s točnim dijagramima interakcije. Gospoda Presečki i Kovač ne navode koliko armaturu bi oni dobili postupkom po Ehlersu i/ili Wuczkovskom.

Oni pišu: "U članku se upozorava da se novom metodom može dobiti velika armatura ..." i pitaju: "Zar višak armature ne povećava graničnu nosivost?". Naš odgovor je: Nikakvu "novu" metodu mi kao autori ne uvodimo niti svojatamo tuđu metodu, i začuđuje nas takva konstatacija, te ne znamo od kuda ta ideja gospodi Presečkom i Kovaču. Mi metodu nazivamo punim imenima njezinih autora, naime Ehlersa i Wuczkovskog, a niti na kraj pameti nam nije svojatati ju niti joj dati konotaciju "nova metoda". Takva insinucija, nema podloge niti u jednom od navedena naša dva članka. Nadalje, svakako da višak armature može povećati nosivost, ali može i smanjiti duktilnost, pa se i količina armature u presjeku mora ograničiti, kao što je u članku navedeno (vidjeti točku 2.3 na str. 460 te slike 7 i 8 str. 461 i 462 u Građevinaru). O tome se navedena gospoda nisu očitovali.

Gospoda Presečki i Kovač ipak citiraju naš tekst na str. 463 u *Građevinaru*: "Treba naglasiti da dijagrami interakcije koji se temelje na postupku Ehlersa nisu konstruirani da bi se rabili u praksi, nego zato da se upozori na netočnost tog postupka pri povećanim uzdužnim silama ...". Odmah nakon toga dodaju: "Nameće se pitanje koji je onda smisao dijagrama i zašto su rađeni ako je postupak netočan?" Nakon ove konstatacije nama nije jasno da li gospoda Presečki i Kovač i dalje smatraju da je postupak po Ehlersu i/ili Wuczkovskom točan i primjenljiv u cijeloj M-N ravnini ili se radi o običnoj zamjeni teza, tj. iskrivljenoj logici. Naime, mi kao autori teksta tvrdimo da postupak po Ehlersu i/ili Wuczkovskom NIJE točan, da je u određenom području M-N ravnine približan a u drugom netočan, i navodimo za to obrazloženje, a gospoda Presečki i Kovač nakon toga postavljaju pitanje o smislu tog obrazloženja ako je postupak netočan. Mi smatramo

da ako nekoga upozoravamo da je nešto netočno onda to moramo i obrazložiti, što smo u navedenom članku i učinili.

Pri proračunu armature u stupovima djeluju uzdužna sila, moment savijanja, te poprečna sila (koja se najčešće zanemaruje u analizi). (Pozivamo gospodu Presečkog i Kovača da se pozabave greškom koja nastaje zanemarivanjem posmičnih sila u presjeku!!!) Pri većoj vitkosti povećava se moment savijanja uslijed mogućeg izvijanja stupa. Stupovi mogu i od stalnog opterećenja biti savijani tako da im je u jednom dijelu visine rub presjeka tlačni, a u drugom dijelu visine stupa rub presjeka na istoj strani naprezan manjim tlačnim naprezanjem ili čak vlačno (npr. moment savijanja s jedne strane na gornjem dijelu, a s druge strane na donjem dijelu stupa). Zbog dinamičkog karaktera horizontalnog opterećenja vjetrom ili potresom dijelovi stupova mogu imati u jednom trenutku tlačna a u nekom drugom trenutku manja tlačna ili čak vlačna naprezanja. Zbog toga je logično da se presjek stupa armira tzv. simetričnom armaturom. Simetrična armatura ima još jedan važan praktični smisao, a taj je da se armature ne mogu pomiješati na gradilištu, tj da se armatura ne postavi na krivu stranu, dok je kod nesimetrično armiranog presjeka takva zabuna moguća.

Autori vjeruju da se većina inženjera u praksi koristi interakcijskim dijagramima ili nekim od kompjutorskih programa koji se temelje na proračunima iz kojih su nastali interakcijski dijagrami. No, postoji i dio inženjera koji koriste postupak po Ehlersu i/ili Wuczkowskom. Njih se našim člankom htjelo upozoriti da taj postupak daje dosta dobre rezultate pri maloj uzdužnoj sili, ali loše rezultate pri velikoj sili. Naime, u praksi se postupkom Ehlersa i/ili Wuczkovskog izračuna armatura jedne strane presjeka i ista takva se, zbog simetričnog armiranja, postavlja i uz suprotni rub presjeka. Neki puta radi se greška, pri velikoj uzdužnoj sili, kada se tim postupkom izračuna tzv. negativna armatura, jer se zanemaruje da je veliki moment savijanja već iscrpio nosivost tlačne zone betona pa je

potrebno ojačati tlačnu zonu tlačnom armaturom. U praksi se tada često, potpuno pogrešno, poseže za minimalnom armaturom što može dovesti do nedovoljne nosivosti ili narušene stabilnosti stupa.

Gospoda Presečki i Kovač trebali bi znati da i kada se presjek armira nesimetrično, pa čak i kada je armatura potrebna samo s jedne strane presjeka, da se po propisima mora i druga strana presjeka armirati sa najmanje 2 $\phi$ 12. Ta armatura se postavlja ne tražeći ravnotežu presjeka, unaprijed znajući da je tako armiran presjek ojačan i da armatura neće biti naprezana do granice popuštanja. Pri tome treba voditi računa da je presjek armiran armaturom većom od minimalne i manjom od maksimalno dopuštene, što smo pokazali na slikama 7 i 8 u članku u Građevinaru.

Gospoda Presečki i Kovač konstatiraju: "Sigurni smo da bi Ehlers i Wuczkowski odgovorili da im je postupak točan u okvirima za koje je rađen (nesimetrično armiranje, mala uzdužna sila)". Autori se u potpunosti slažu s takvom konstatacijom. Dakle, autori reagiranja, Presečki i Kovač nisu u krivu komentirajući članke, ali su očito krivo pojмили poticaj na njihovo stvaranje. Nije bio cilj stvoriti novu metodu proračuna. Za korištenje u praksi preporučaju se ovdje jedino valjani dijagrami interakcije "klasični", ali sada i s ograničenjima vezanim uz potrebnu duktilnost presjeka (tlačna uzdužna sila) te uz propisima određenu minimalnu i maksimalnu armaturu.

I, da stvar bude do kraja jasna. Mi kao autori članka, slikom 9. u *Građevinaru*, upozorili smo one koji i dalje koriste postupak po Ehlersu i/ili Wuczkowskom da taj postupak daje preveliku armaturu u području većih tlačnih uzdužnih sila. To gospoda Presečki i Kovač nisu opovrgli. Također NE preporučujemo uporabu dijagrama koji se temelje na postupku Ehlersa, nego: "preporučuje se uporaba tzv. "klasičnih" dijagrama interakcije koji su dani na slikama 7 i 8" što smo u istom članku naglasili u Zaključku na kraju teksta, na str. 463.

Zorislav Sorić i Ana Mandić