

# ANALIZA GRANIČNE NOSIVOSTI DUGE ARMIRANOBETONSKE POLIEDARSKE LJUSKE

Danica Goleš<sup>1</sup>  
Dragan Milašinović<sup>2</sup>  
Žarko Živanov<sup>3</sup>

UDK: 624.074 : 624.046

DOI: 10.14415/zbornikGFS22.006

**Rezime:** Armiranobetonska poliedarska ljuska raspona 30m dimenzionisana je na osnovu presečnih uticaja određenih primenom metoda konačnih traka uz pretpostavku linearnog ponašanja konstrukcije. Kriva loma karakterističnih preseka prikazana je na dijagramima interakcije, konstruisanim za radne dijagrame betona i čelika prema Evrokodu 2 i reološko-dinamičkoj analogiji. Primenom harmonijski spojenog metoda konačnih traka, sukcesivnim povećanjem opterećenja određeno je opterećenje pri kojem dolazi do loma karakterističnih preseka. Poređenjem globalnih koeficijenata sigurnosti karakterističnih preseka dobijenih na osnovu linearne i geometrijski nelinearne analize pokazalo se da, u većini slučajeva, linearna analiza daje rezultate na strani sigurnosti u odnosu na rezultate analize zasnovane na pretpostavci o geometrijski nelinearnom ponašanju konstrukcije. Međutim, ovaj zaključak se ne sme generalizovati, jer lom pojedinih preseka ovako dimenzionisane konstrukcije, kako pokazuju rezultati nelinearne analize, nastupa već pri opterećenju koje je samo 30% veće od eksploatacionog.

**Ključne reči:** Armirani beton, poliedarska ljuska, metod konačnih traka, globalni koeficijenti sigurnosti.

## 1. UVOD

Armiranobetonske prizmatične poliedarske ljuske su konstrukcije koje, uprkos malo debljini sastavnih, međusobno monolitno vezanih ravnih ploča, mogu premostiti relativno velike raspone. Geometrijske i fizičke karakteristike ovih konstrukcija najčešće su konstantne duž glavnog pravca (raspona), zbog čega su za njihovu analizu autori odabrali metod konačnih traka (MKT).

Ponašanje ovih konstrukcija veoma zavisi od geometrije poprečnog preseka, kao i odnosa širine i raspona konstrukcije. U ranijim radovima [1]-[3], na osnovu dijagrama presečnih sila, pomeranja i obrtanja dobijenih primenom MKT zasnovane na

<sup>1</sup> dr Danica Goleš, dipl. inž. građ., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel: 024/554-300, e-mail: [dgoles@gf.uns.ac.rs](mailto:dgoles@gf.uns.ac.rs)

<sup>2</sup> Prof. dr Dragan D. Milašinović, dipl inž. građ., Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, tel: 024/554-300, e-mail: [ddmil@gf.uns.ac.rs](mailto:ddmil@gf.uns.ac.rs)

<sup>3</sup> Doc. dr Žarko Živanov, dipl. inž. elektr. i računar., Fakultet tehničkih nauka, Trg D. Obradovića 6, tel: 021/485-2000, e-mail: [zzarko@uns.ac.rs](mailto:zzarko@uns.ac.rs)

pretpostavci linearnog ponašanja konstrukcije i materijala, autori su pokušali da odaberu optimalan oblik poprečnog preseka, te da odrede granicu između "kratkih" i "dugih" ljuski, pri čemu se smatralo da se pretpostavka o malim pomeranjima može, sa zadovoljavajućom tačnošću, uvesti u analizu "kratkih" ljuski, dok se analiza "dugih" ljuski mora sprovesti vodeći računa o njihovom geometrijski nelinearnom ponašanju.

Milašinović [4]-[6] razvija poluanalitički harmonijski spojen metod konačnih traka (HSMKT), koji se primenjuje za rešavanje problema velikih pomeranja poliedarskih ljuski. Za razliku od linearne analize primenom MKT, gde se koristi svojstvo ortogonalnosti harmonijskih funkcija u formiranju matrice krutosti, što omogućava zanemarivanje međudelovanja članova reda (harmonika), pri geometrijski nelineanoj analizi primenom HSMKT svojstva ortogonalnosti više ne važe, pa su svi harmonici spojeni [6]. Ovaj metod je do sada često korišćen i potvrđen [4]-[7].

Zbog složenosti postupka određivanja elemenata matrice krutosti traka u HSMKT, koji je ujedno i najzahtevniji deo analize sa aspekta utroška vremena računara, primenjuju se različite strategije za optimizaciju. Autori su se opredelili za kombinovanu primenu MPI i OpenMP paralelizacije [5], [8].

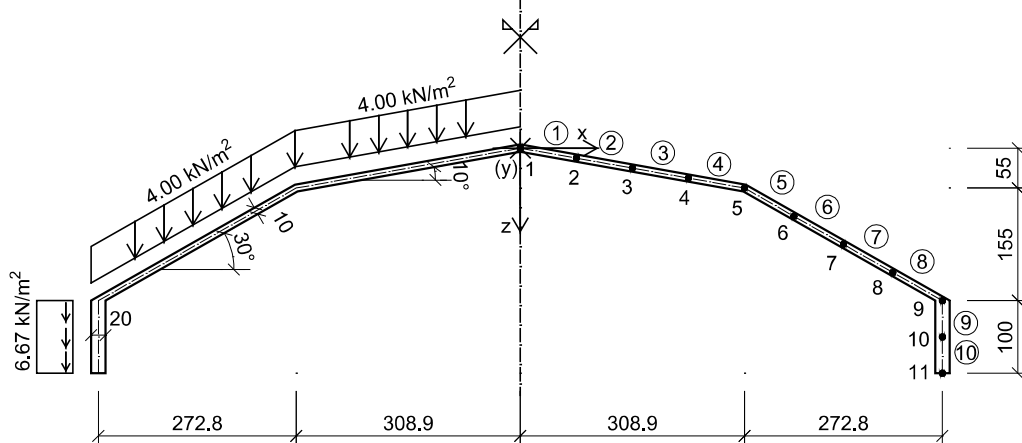
U ovom radu je izvršena analiza armiranobetonske poliedarske ljuske raspona 30m primenom linearnog MKT i nelinearnog HSMKT metoda. Karakteristični preseki ljuske dimenzionisani su na osnovu rezultata linearne analize, a zatim su konstruisani njihovi dijagrami interakcije ( $N_u-M_u$ ). Linije loma su određene primenom radnih dijagrama betona i armature prema Evrokodu 2 (EC 2) i prema reološko-dinamičkoj analogiji (RDA). Na osnovu ovih interakcionih dijagrama određene su i upoređene granične nosivosti, kao i globalni koeficijenti sigurnosti karakterističnih preseka ljuske za pretpostavke malih i velikih pomeranja. Ocenjena je veličina i priroda greške koja se čini kada se granično opterećenje duge ljuske predviđa na osnovu rezultata linearne analize, te ukazano na značaj uvođenja pretpostavke o velikim pomeranjima u analizi dugih ljuski.

## 2. OPIS PREDMETA I METODA ANALIZE

Analizirana je armiranobetonska prizmatična poliedarska ljuska raspona  $L=30m$ , izvedena betonom MB 45 (C35/45), sa armaturom RA 400/500-2 (slika 1), koja se na krajevima ( $y=0$  i  $y=L$ ) oslanja na armiranobetonske dijafragme krute u svojoj ravni. Oblik i dimenzije poprečnog preseka, servisno opterećenje, mreža konačnih traka (ukupno 10), njihove oznake i oznake čvornih linija, kao i orijentacija globalnog koordinatnog sistema, prikazani su na slici 1. Trake su na krajevima slobodno oslonjene, a svaka ima po osam stepeni slobode kretanja. Iskorišćena je simetrija geometrije, opterećenja i uslova oslanjanja, pa je numerička analiza sprovedena samo za polovinu konstrukcije. Usvojene su sledeće karakteristike materijala: modul elastičnosti  $E=34GPa$  i Poisson-ov koeficijent  $\nu=0$ .

HSMKT analiza je sprovedena za maksimalno opterećenje jednako trostrukoj vrednosti eksploatacionog opterećenja, sa ciljem da se dostigne granično stanje konstrukcije. Ovo opterećenje je podeljeno u 37 inkremenata, pri čemu prvi inkrement odgovara intenzitetu stalnog opterećenja, peti intenzitetu servisnog, a šesnaesti graničnom opterećenju sračunatom primenom parcijalnih koeficijenata sigurnosti prema PBAB'87. Komparativna analiza je sprovedena za pretpostavku linearnog (LIN) i geometrijski

nelinearnog ponašanja konstrukcije prema predviđanjima Green-Lagrange-a (LAG) i von Karman-a (VK), korišćenjem 21 člana reda.



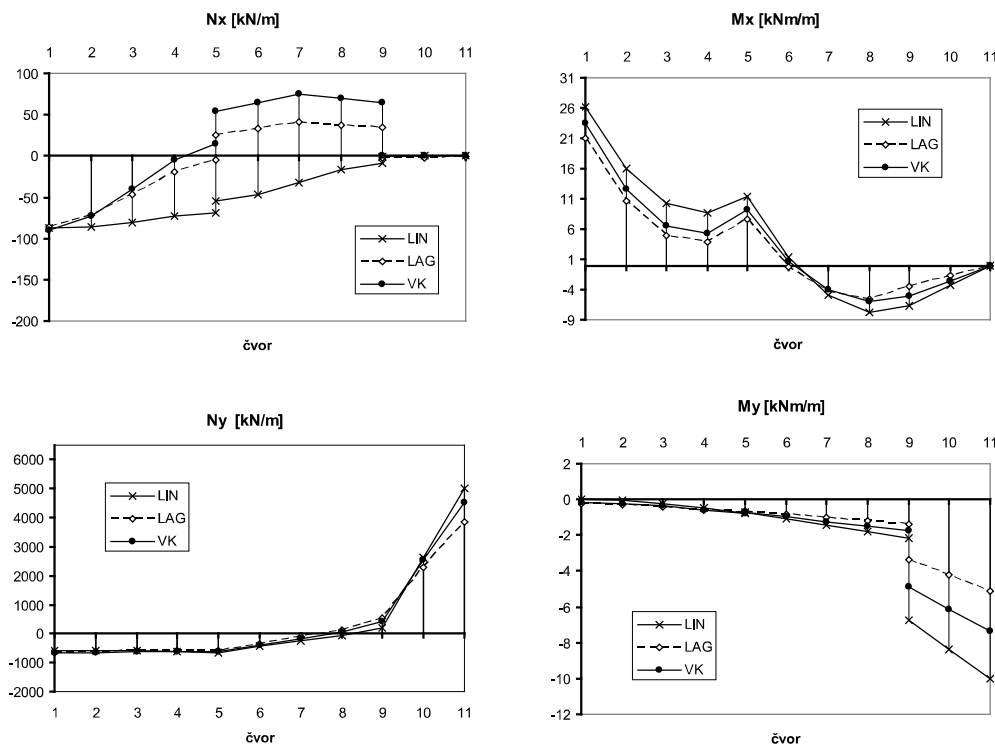
Slika 1. Poprečni presek, servisno opterećenje i mreža konačnih traka prizmatične poliedarske ljuske

Karakteristični poprečni presezi ljuske dimenzionisani su u skladu sa PBAB'87 za presečne uticaje određene linearnom MKT metodom. Za tri karakteristična preseka ljuske, u sredini raspona, konstruisani su dijagrami interakcije ( $N_u-M_u$ ) korišćenjem radnih dijagrama betona i armature prema EC 2 (dijagram napon-dilatacija betona za nelinearnu analizu) i prema RDA sa maksimalnim dilatacijama betona ograničenim na  $\varepsilon_b=3.5\%$  (konstrukcija radnih dijagrama betona i armature primenom RDA detaljno je opisana u [3] i [4]). Upotrebom dijagrama interakcije određeni su i upoređeni granična nosivost i globalni koeficijenti sigurnosti preseka prema LIN, LAG i VK predviđanjima.

### 3. ANALIZA DIJAGRAMA PRESEČNIH UTICAJA

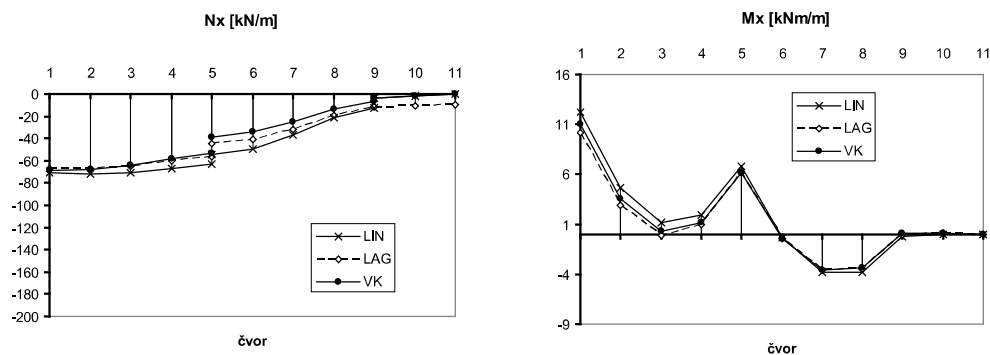
Uporedni prikaz dijagrama presečnih uticaja u preseku na sredini raspona ljuske usled graničnog opterećenja određenog prema PBAB'87 dat je na slici 2. Može se uočiti da se ekstremne vrednosti podužne normalne sile  $N_y$  i momenata savijanja  $M_x$  i  $M_y$  dobijaju primenom linearne analize, dok geometrijski nelinearna analiza zasnovana na Green-Lagrange-ovom predviđanju daje apsolutno najmanje vrednosti ovih uticaja. Na osnovu ovoga se može zaključiti da, za ove presečne uticaje, linearna analiza daje rezultate koji su na strani sigurnosti u odnosu na rezultate geometrijski nelinearne analize.

Najveća odstupanja u rezultatima linearne i nelinearne analize uočavaju se na dijagramu normalne sile  $N_x$ , koja je prema LIN analizi istog predznaka (pritisak) duž celog poprečnog preseka ljuske. Međutim, geometrijski nelinearna analiza daje promenu predznaka ove sile, te ona prelazi u zatezanje u trakama ploče bližim ivičnoj gredi, pri čemu se apsolutno najveće vrednosti dostižu prema predviđanjima von Karman-a. To praktično znači da, ukoliko se prilikom dimenzionisanja preseka zanemari pojava zatežuće normalne sile u poprečnom pravcu, usled nedovoljne količine armature može doći do pojave prekomernih prslina u pločama, čiji se pravac pružanja poklapa sa podužnom osom konstrukcije, a u ekstremnim slučajevima čak i do loma preseka.

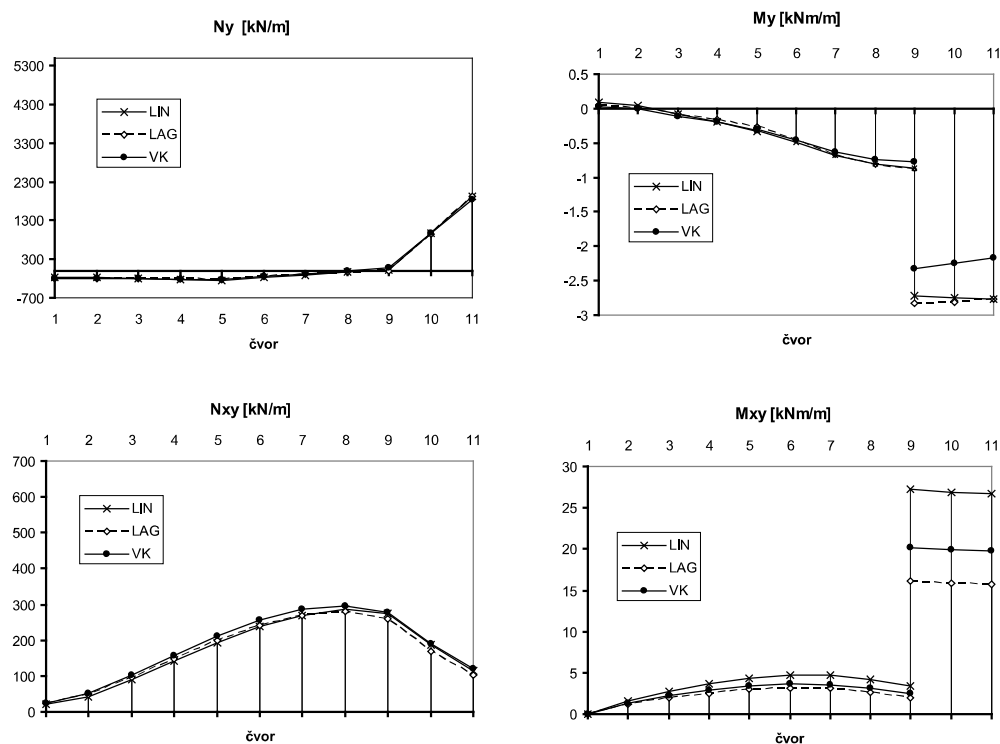


Slika 2. Uporedni prikaz dijagrama presečnih uticaja na sredini raspona usled graničnog opterećenja određenog prema PBAB'87 (šesnaesti inkrement)

Pojava zatežuće sile  $N_x$  dešava se u trakama ploča udaljenim od temena ljuske (trake br. 4 do 8) i to samo u blizini sredine raspona konstrukcije. Dijagrami presečnih uticaja u preseku ljuske koji je od oslonca udaljen za desetinu raspona ( $y=3.0m$ ), za šesnaesti inkrement opterećenja, prikazani su na slikama 3 i 4. Duž celog ovog preseka membranska sila  $N_x$  ima pozitivan predznak (pritisak).



Slika 3. Uporedni prikaz dijagrama  $N_x$  i  $M_x$  u preseku u blizini oslonca usled graničnog opterećenja određenog prema PBAB'87 (šesnaesti inkrement)



Slika 4. Uporedni prikaz dijagrama  $N_y$ ,  $M_y$ ,  $N_{xy}$  i  $M_{xy}$  u preseku u blizini oslonca usled graničnog opterećenja određenog prema PBAB'87 (šesnaesti inkrement)

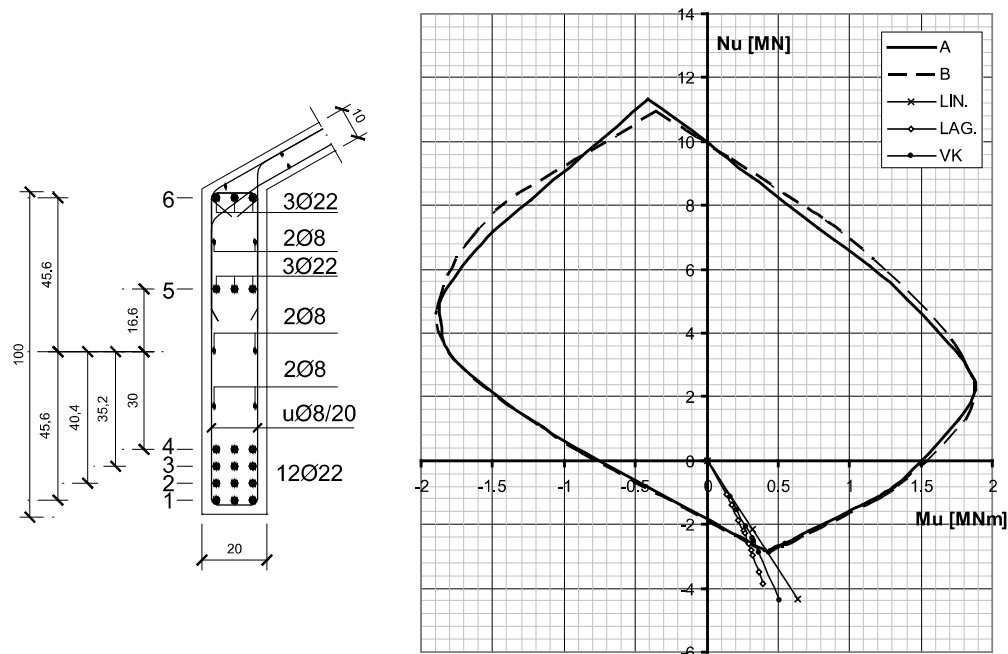
#### 4. GRANIČNA ANALIZA KARAKTERISTIČNIH PRESEKA

Za dalju analizu izabrana su tri karakteristična preseka u sredini raspona ljske: presek u temenu (čvorna linija 1), u kojem se prema svim predviđanjima javlja ekstremna vrednost momenta  $M_x$ , presek u kojem se javljaju ekstremne vrednosti zatežuće membranske sile  $N_x$  (čvorna linija 7), te presek ivične grede, sa absolutno maksimalnim vrednostima podužne normalne sile  $N_y$ . Ovi poprečni presezi i odgovarajući dijagrami interakcije ( $N_u$ - $M_u$ ) prikazani su na slikama 5-7. Na interakcionim dijagramima krivom "A" je prikazana linija loma određena korišćenjem radnih dijagrama betona (za nelinearnu analizu) i čelika prema EC 2, dok su za konstrukciju linije loma "B" upotrebljeni radni dijagrami materijala određeni prema RDA [3], [4]. Parcijalni koeficijenti sigurnosti za materijal nisu primenjeni. Negativan predznak odgovara zatežućoj normalnoj sili. Pozitivan moment savijanja u ivičnoj gredi zateže donju ivicu poprečnog preseka.

Parovi  $N$ - $M$ , sračunati za različite nivoe (inkremente) opterećenja, definišu funkciju promene (FP)  $N$ - $M$  sa porastom opterećenja. U preseku linije FP i odgovarajuće linije loma očitava se granična nosivost preseka. U slučaju LIN analize, zbog pretpostavke o linearnom ponašanju konstrukcije, povećanje opterećenja izaziva samo porast intenziteta normalne sile, ali ne i promenu njenog ekscentriciteta u odnosu na težište preseka. Za

ovu analizu FP je linearna, pa se njen grafik može konstruisati na osnovu poznavanja para  $N$ - $M$  za samo jedan inkrement opterećenja. Granična nosivost preseka može se sada odrediti bez daljeg razmatranja ostalih inkremenata opterećenja.

U geometrijski nelinearnoj analizi, budući da se uslovi ravnoteže ispisuju u odnosu na deformisani nosač, promena opterećenja izaziva ne samo promenu intenziteta normalne sile, nego i njenog ekscentriciteta u odnosu na težište preseka. Presečni uticaji za neki viši nivo opterećenja mogu se odrediti tek sukcesivnim dodavanjem opterećenja i ispisivanjem uslova ravnoteže za svaki prethodni inkrement. Grafik FP postaje kriva linija, a granična nosivost preseka može se odrediti tek ukoliko se prethodno odrede parovi  $N$ - $M$  za dovoljan broj inkremenata opterećenja, čime se definiše FP.



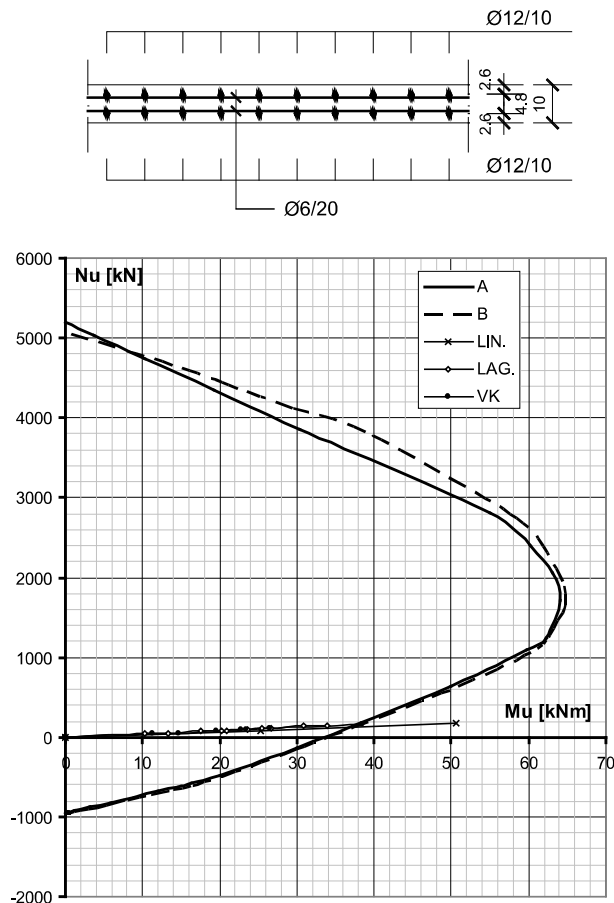
Slika 5. Poprečni presek ivične grede u sredini raspona i odgovarajući  $N_u$ - $M_u$  dijagram

Sa slika 5 i 8a jasno se uočava da je u ivičnoj gredi odstupanje od linearne promene FP najizraženije prema LAG predviđanju. Ista pojava se vidi i u preseku ploče u čvornoj liniji 1 (slike 6 i 8b) iako se u ovom preseku grafici FP prema različitim predviđanjima gotovo u potpunosti poklapaju. Interesantno je da se u čvornoj liniji 1 prema LAG predviđanju linija loma "B" ne dostiže čak ni pri opterećenju trostruko većem od eksploatacionog (slike 6 i 8b).

U poprečnom preseku u čvornoj liniji 7 (slika 7) najveća zakrivljenost grafika FP se dobija prema VK predviđanju (slike 7 i 8c). Ovde posebno treba obratiti pažnju na različit predznak normalne sile prema linearnoj i nelinearnoj analizi, za sve inkremente opterećenja.

Granična nosivost  $N_u$  i globalni koeficijenti sigurnosti  $\gamma(N)=N_u/N$  i  $\gamma(q)=q_u/q$  za tri odabrana poprečna preseka poliedarske ljuske, prema LIN, LAG i VK predviđanjima, prikazani su u tabeli 1.  $N$  predstavlja membransku silu usled servisnog opterećenja  $q$ ,

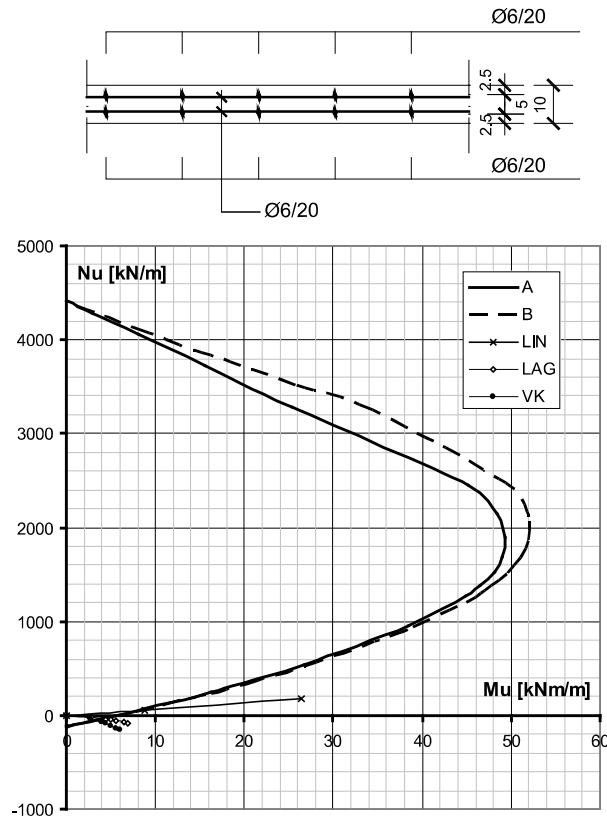
granična nosivost  $N_u$  se očitava sa dijagrama interakcije za presečnu tačku grafika FP i linije loma  $N_u-M_u$ , dok je  $q_u$  granično opterećenje, odnosno opterećenje pri kojem se dostiže granična nosivost  $N_u$  preseka.



Slika 6. Poprečni presek u čvornoj liniji 1 u sredini raspona i odgovarajući  $N_u-M_u$  dijagram

Analizom rezultata prikazanih u tabeli 1 može se zaključiti da se lom ivične grede prema LIN analizi dostiže pri opterećenju koje je manje od graničnog opterećenja sračunatog prema LAG predviđanju, ali je veće od VK predviđanja. Ove razlike, međutim, nisu veće od 7.5%. Lom preseka u čvornoj liniji 1 prema LAG nije dostignut ni pri opterećenju trostruko većem od servisnog, dok je granično opterećenje ovog preseka najmanje prema LIN analizi. Koeficijenti sigurnosti ovog preseka, dobijeni LIN i VK analizom međusobno se razlikuju za oko 21%. Na osnovu dosadašnjeg razmatranja moglo bi se reći da linearna analiza daje rezultate koji su neznatno manji ili na strani sigurnosti u odnosu na rezultate nelinearne analize, naročito u poređenju sa LAG predviđanjima. Ovo, međutim, ne važi za presek u čvornoj liniji 7. Zbog različitog predznaka membranske sile prema linearnoj i geometrijski nelinearnoj analizi, u ovom preseku je razlika između koeficijenata sigurnosti za LIN, LAG i VK analizu mnogo

veća nego u ostalim presecima. Najmanja vrednost graničnog opterećenja dobija se VK analizom i ona je čak 47% manja od LIN predviđanja, odnosno 15% od vrednosti dobijene LAG analizom. Prema VK predviđanju, lom ovog preseka dešava se pri opterećenju koje je samo 30% veće od servisnog, dok je prema LAG ova razlika 52%, a prema LIN čak 144%.

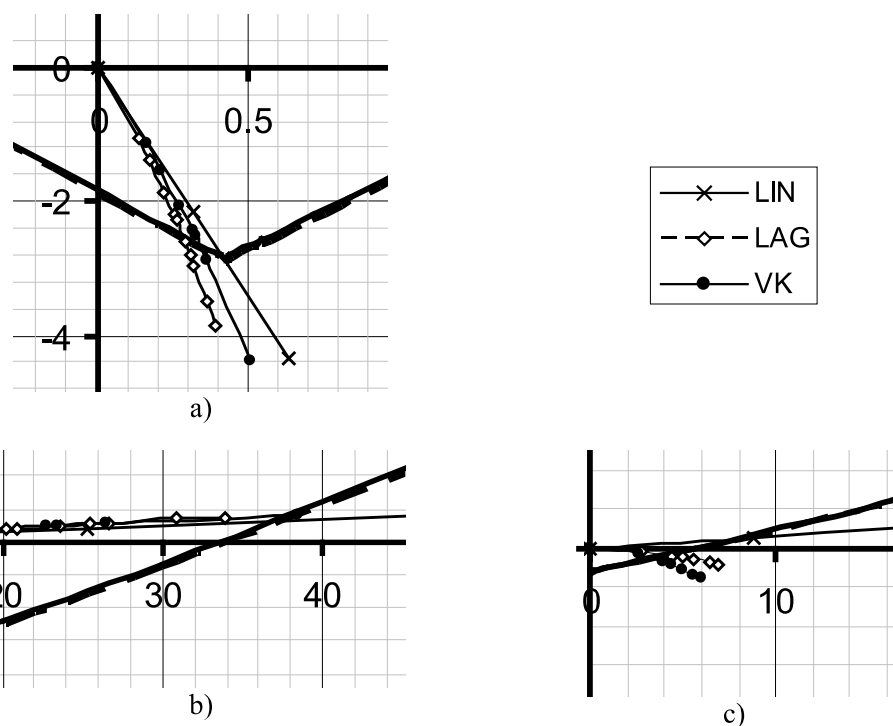


Slika 7. Poprečni presek u čvornoj liniji 7 u sredini raspona i odgovarajući  $N_u$ - $M_u$  dijagram

Sve navedeno nameće zaključak da se duge poliedarske ljuske ne smeju dimenzionisati prema rezultatima linearne analize, već je neophodno primeniti metod proračuna koji će uzeti u obzir geometrijski nelinearno ponašanje konstrukcije. Posledica dimenzionisanja duge poliedarske ljuske prema rezultatima LIN analize je neujednačenost koeficijenata sigurnosti po pojedinim presecima, pri čemu su neki od njih neopravdano predimenzionisani, dok je nosivost drugih nedovoljna.

Ako uporedimo rezultate LAG i VK analize, možemo primetiti da se prema VK predviđanju u svim analiziranim presecima dobijaju manji koeficijenti sigurnosti nego prema LAG, odnosno da se lom svih preseka prema VK dešava pri nižim vrednostima opterećenja nego što to predviđa LAG analiza. Ove razlike ne prelaze 17%.





Slika 8. Ponašanje funkcije promene  $N$ - $M$  sa porastom opterećenja prema linearnoj (LIN) i geometrijski nelinearnoj analizi - predviđanje Green-Lagrange-a (LAG) i von Karman-a (VK): a) u ivičnoj gredi, b) u čvornoj liniji 1 i c) u čvornoj liniji 7, na sredini raspona poliedarske ljuske

Tabela 1. Granična nosivost i globalni koeficijenti sigurnosti karakterističnih preseka u sredini raspona poliedarske ljuske

Presek (element)		Ivična greda		Čvorna linija 1		Čvorna linija 7	
Kombinacija radnih dijagrama betona i čelika		A	B	A	B	A	B
linearna teorija (LIN)	eksploatacioni uticaji	$N=-1556.753\text{kN}$ ; $M=230.19\text{kNm}$		$N=51.647\text{kN/m}$ ; $M=15.339\text{kNm/m}$		$N=19.267\text{kN/m}$ ; $M=2.935\text{kNm/m}$	
	$N_u$	-2830	-2870	120	128	47	50
	$\gamma(N)$	1.818	1.843	2.323	2.478	2.439	2.595
	$\gamma(q)$	1.818	1.843	2.323	2.478	2.439	2.595
Green-Lagrange (LAG)	eksploatacioni uticaji	$N=-1401.483\text{kN}$ ; $M=176.17\text{kNm}$		$N=50.741\text{kN/m}$ ; $M=13.32\text{kNm/m}$		$N=-16.792\text{kN/m}$ ; $M=2.797\text{kNm/m}$	
	$N_u$	-2540	-2560	-	-	-35	-37
	$\gamma(N)$	1.812	1.827	-	-	2.084	2.203
	$\gamma(q)$	1.905	1.922	-	-	1.520	1.577
von Karman (VK)	eksploatacioni uticaji	$N=-1533.584\text{kN}$ ; $M=213.33\text{kNm}$		$N=52.309\text{kN/m}$ ; $M=14.70\text{kNm/m}$		$N=-30.993\text{kN/m}$ ; $M=2.629\text{kNm/m}$	
	$N_u$	-2660	-2700	158	170	-50	-55
	$\gamma(N)$	1.734	1.761	3.02	3.25	1.613	1.775
	$\gamma(q)$	1.7745	1.8025	2.925	3.143	1.295	1.310

## 5. ZAKLJUČAK

Osnovna razlika između "kratkih" i "dugih" poliedarskih ljuski ogleda se u njihovom ponašanju pod opterećenjem, što diktira i izbor adekvatne metode proračuna. Imajući u vidu da su geometrijske i fizičke karakteristike ovih konstrukcija najčešće konstantne duž njihovog raspona, metod konačnih traka predstavlja dobar izbor za njihovu analizu. Pomeranja "kratkih" ljuski mogu se smatrati malim, pa klasičan MKT metod daje rezultate prihvatljive tačnosti. Međutim, geometrijski nelinearno ponašanje "dugih" ljuski nameće primenu složenijih metoda proračuna. Harmonijski spojen metod konačnih traka, zasnovan na Green-Lagrange-ovim ili von Karman-ovim pretpostavkama, pokazao se kao pouzdan metod analize "dugih" poliedarskih ljuski.

Analiza duge prizmatične poliedarske ljuske raspona 30m pokazuje da proračun zasnovan na pretpostavci malih pomeranja ne daje uvek i u svim presecima rezultate koji su na strani sigurnosti u odnosu na rezultate geometrijski nelinearne analize. Naprotiv, pojedini preseki, dimenzionisani prema linearnoj teoriji, dostižu granično stanje pri opterećenju daleko manjem od graničnog opterećenja sračunatog prema važećim tehničkim propisima. Ovo praktično znači da se dimenzionisanjem duge poliedarske ljuske prema uticajima sračunatim linearnom analizom ne može obezbediti propisana (ili željena) pouzdanost konstrukcije. Proračun ovih konstrukcija treba vršiti pod pretpostavkom geometrijski nelinearnog ponašanja.

## LITERATURA

- [1] Goleš, D., Milašinović, D.: Analiza uticaja "dubine" poliedarske ljuske na presečne sile i pomeranja, Zbornik radova GF Subotica, **2012**, str. 41-49.
- [2] Goleš, D., Milašinović, D.: Analiza uticaja dužine poliedarske ljuske na presečne sile i pomeranja, Zbornik radova GF Subotica, **2012**, str. 19-27.
- [3] Goleš, D.: Reološko-dinamička analiza armiranobetonskih poliedarskih ljuski, Doktorska disertacija, Građevinski fakultet Subotica, jun **2012**.
- [4] Milašinović, D. D., Goleš, D., Borković, A., Kukaras, D., Landović, A., Živanov, Z., Rakić, P.: Rheological-Dynamical Limit Analysis of Reinforced Concrete Folded Plate Structures using the Harmonic Coupled Finite-Strip Method, in B.H.V. Topping, (Editor), "Proceedings of the Eleventh International Conference on Computational Structures Technology", Civil-Comp Press, Stirlingshire, UK, Paper 158, **2012**. doi: 10.4203/ccp.99.158.
- [5] Milašinović, D.D., Goleš, D., Hajduković, M., Nikolić, M., Marić, P., Živanov, Ž., Rakić, P. S.: Harmonic Coupled Finite Strip Method Applied on Geometric Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Folded Plate Structures, The Fourteenth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, Cagliari, Sardinia, Italy, 3-6 September **2013**.
- [6] Milašinović, D. D.: Geometric non-linear analysis of thin plate structures using the harmonic coupled finite strip method, Thin-Walled Structures, 49(2), 280-290, **2011**.
- [7] Milašinović, D., Goleš, D.: Analiza stabilnosti armiranobetonskih složenica, Građevinar 65, br. 5, **2013**, str. 411-422.

- [8] Hajduković, M., Milašinović, D.D., Goleš, D., Nikolić, M., Marić, P., Živanov, Z. and Rakić, P.S.: Cloud Computing based MPI/OpenMP Parallelization of the Harmonic Coupled Finite Strip Method applied to Large Displacement Stability Analysis of Prismatic Shell Structures, in B.H.V. Topping, P. Iványi, (Editors) "Proceedings of the Third International Conference on Parallel, Distributed, Grid and Cloud Computing for Engineering", Civil-Comp Press, Stirlingshire, United Kingdom, paper 47, **2013**. doi:10.4203/ccp.101.47.

## ANALYSIS OF ULTIMATE RESISTANCE OF LONG REINFORCED CONCRETE FOLDED PLATE STRUCTURE

**Summary:** *The reinforced concrete 30m long folded plate structure is designed on the basis of internal forces calculated by finite strip method assuming a linear behavior of the structure. The curve of fracture of characteristic cross-sections is shown on diagrams of interaction, which are drawn for working diagrams of concrete and steel according to Eurocode 2 and rheological-dynamical analogy. By successive increase of load, using the harmonic coupled finite strip method, the load at which the fracture of characteristic cross sections occurs is determined. Comparison of global safety factors of characteristic cross-sections obtained by the linear and geometric nonlinear analysis shows that, in most cases, the linear analysis gives results on the safe side compared to the results of the analysis based on the assumption of geometric nonlinear structural behavior. However, this conclusion can not be generalized because failure of some cross-sections of such dimensioned structure, according to nonlinear analysis, occurs under load that is only 30% higher than the service load.*

**Keywords:** *Reinforced concrete, folded plate, finite strip method, the global safety factors.*