

ЕЛАСТО-ПЛАСТИЧНА АНАЛИЗА САВИЈЕНОГ ЧЕЛИЧНОГ АНКЕРА

Анзелм Ринд¹
Драган Милашиновић²
Данијел Кукарас³

УДК: 624.166.4:519.6

DOI: 10.14415/konferencijaGFS2014.047

Резиме: У обом раду је урађена нумеричка анализа савијеног челичног анкера применом метода коначних елемената. Циљ ове анализе је био нумеричка потврда експерименталних резултата. Експерименти су изведени у лабораторији на Грађевинском Факултету у Суботици на различито обликованим затегнутим челичним анкерима. Постепеним наношењем оптерећења праћена је појава пластификације у појединим деловима анкера.

Кључне речи: Експериментално-нумеричка анализа, анкер, пластификација

1. УВОД

2012. године на Грађевинском факултету у Суботици у оквиру мастер рада кандидата Ринд Анзелм урађена је експериментално-теоријска анализа носивости конструктивног склопа анкер-анкерна плоча. Циљ експеримента је био одређивање граничне носивости различито обликованих челичних анкера. У овом раду је кратко приказана поменути експериментална анализа те нумерички моделирано понашање конструктивног склопа методом коначних елемената.

2. ОПИС КОНСТРУКТИВНОГ СКЛОПА АНКЕР-АНКЕРНА ПЛОЧА

У пракси се често сусрећемо са несвакидашњим решењима конструктивних детаља склопа анкер-анкерна плоча. Експериментална анализа је извршена на склопу који је израђен према детаљима једног затегнутог армирано-бетонског елемента који је био примењен *in situ* у нас а претрпео је хаварију.

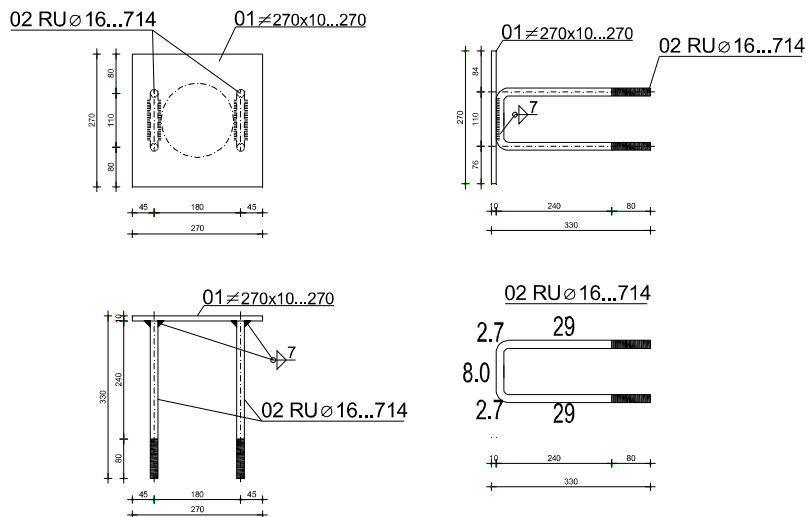
¹ Анзелм Ринд, дипл.инж. грађ., студент докторских студија, Универзитет у Новом Саду, Грађевински факултет Суботица, Козарачка 2а, Суботица, Србија, тел: 024 554 300, е – mail: ranzelm@yahoo.com

² Др Драган Милашиновић, дипл.инж. грађ., Универзитет у Новом Саду, Грађевински факултет Суботица, Козарачка 2а, Суботица, Србија, тел: 024 554 300, е – mail: ddmil@gf.uns.ac.rs

³ Др Данијел Кукарас, дипл.инж. грађ., Универзитет у Новом Саду, Грађевински факултет Суботица, Козарачка 2а, Суботица, Србија, тел: 024 554 300, е – mail: ranzelm@yahoo.com



Слика 1. Хаварија затегнутог склопа анкер-анкерна плоча (деталј анкер плоче)



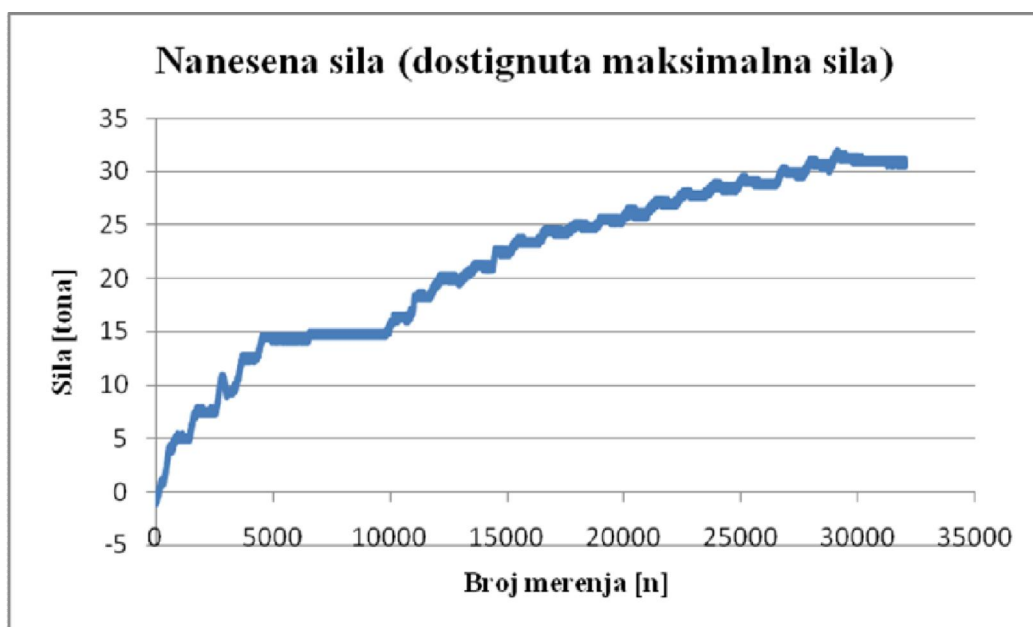
Слика 2. Склоп анкер-анкерна плоча – основе и пресеци

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА АНАЛИЗА

У експерименталној анализи је на склоп постепено нанесена сила преко хидрауличне пресе. За мерење силе кориштен је динамометар-игла (Microminiature Gauging DVRT) а за мерење деформација кориштена је игла (Subminiature DVRT). За пријем и слање измерених вредности је кориштен бежични сензорни систем (DVRT-Link). До лома је дошло када је сила у анкер шипки $R\phi 16$ достигла вредност $P_{s1} = 90.27 kN$, односно када је напон у шипки достигао вредност $\sigma_{лома} = 44.91 kN / cm^2$.



Слика 3. Оштећење и лом склопа



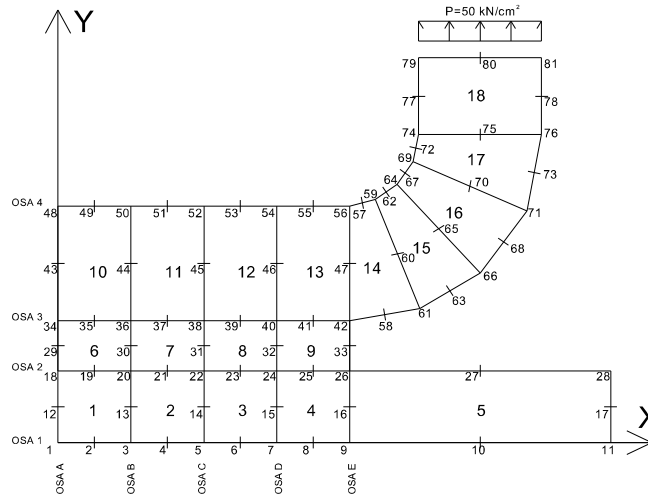
Слика 4. Дијаграм оптерећења

Напомена: Величина силе се односи на 4 анкера

4. НУМЕРИЧКА АНАЛИЗА

Нумеричка анализа је обављена рачунарским програмом Plast писаном у програмском језику Fortran. Програм је објављен у књизи *Finite elements in plasticity* [7]. Анализира се део склопа где се у екперименталној анализи појавио лом у челичном анкеру, односно пукотине у вару. Формирана је мрежа коначних

елемената те изабран тип коначних елементи са одговарајућим чворовима. За анализирани проблем је усвојен von Mises-ов критериј течења.

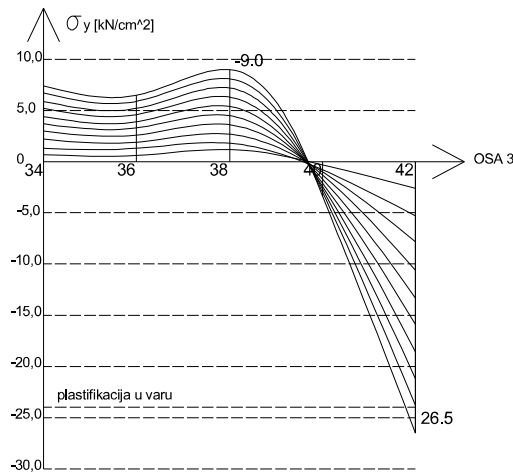


Слика 5. Мрежа коначних елемената

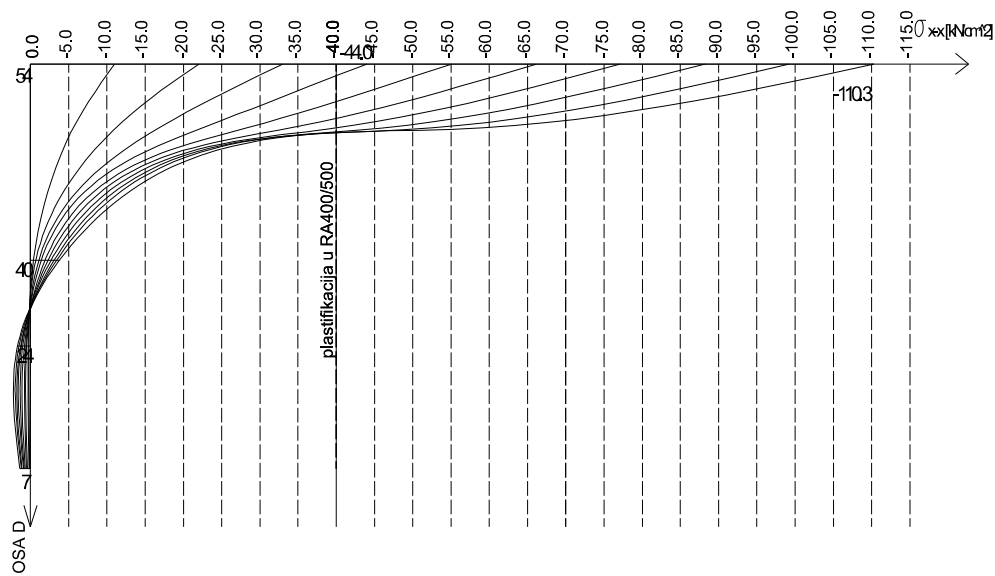
Укупан број чворова:	81
Укупан број елемената:	18
Укупан број спречених чворова:	17
Тип анализе:	Равно стање деформације
Број чворова по елементу:	8 - Serendipiti елемент
Укупан број различитих материјала:	2
Број Гаусових тачака за нумеричку интеграцију:	2
Критериј течења:	Von Mises
Укупан број инкремената оптерећења	10
Модул еластичности:	$E = 21000 \text{ kN} / \text{cm}^2$
Роасонов коефицијент:	0.3
Једноаксијални напон течења:	$\sigma = 24 \text{ kN} / \text{cm}^2$ за Č0361
	$\sigma = 40 \text{ kN} / \text{cm}^2$ за RA 400/500

Табела 1. Улазни подаци

Нумерички модел је оптерећиван до слие лома добијене екперименталном анализом односно до $P_{total} = 50 \text{ kN} / \text{cm}^2$. Оптерећење се преноси преко коначног елемента број 18 (слика 5.). Померање елемента је спречена у чворовима 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 и 11 у у правцу, односно у чворовима 1, 12, 18, 29, 34, 43 и 48 у х правцу. Као излазни параметри се траже померања, реакције и напони. Екстремне вредности излазних параметара (напона) се збирно дају у графичкој форми:



Слика 6. Екстремне вредности у-у напона (оса 3)



Слика 7. Екстремне вредности x-x напона (оса D)

5. ЗАКЉУЧАК

Према резултатима добијеним на нумеричком моделу закључује се да у формираној мрежи коначних елемената и мања оптерећења изазивају напоне услед којих долази до течења у материјалу. У вару се појављује течење када оптерећење на склоп достигне вредност од $p = 45 \text{ kN} / \text{cm}^2$ а у савијеном делу ребрасте арматуре, односно анкери, течење се јавља већ при оптерећењу од $p = 20 \text{ kN} / \text{cm}^2$.

Ови резултати указују на то, да су подаци добијени екперименталном анализом потврђени. Закључује се да анализирани склоп анкер-анкер плоча не треба користити, него треба тежити неком новом правилном обликовању конструктивног склопа анкер-анкерна плоча.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Béda Gy., Kozák I.: *Rugalmas testek mechanikája*, Műszaki könyvkiadó, Budapest, **1987**.
- [2] Дебељковић М.: *Челичне конструкције у индустријским објектима*, Грађевинска књига, Београд, **1995**.
- [3] Флашар А.: *Контрола квалитета у грађевинарству*, Факултет техничких наука, Нови Сад, **1984**.
- [4] Ивковић М., Радочић Т.: *Реологија и општа теорија лома бетона*, Научна књига, Београд, **1987**.
- [5] Кубик М.: *Испитивање конструкција-предавања на Грађевинском факултету у Суботици*, Грађевински факултет Суботица, Београд, **1978**.
- [6] Martin H. C., Carey G. F.: *Bevezetés a végeselem analízisbe*, Műszaki könyvkiadó, Budapest, **1976**.
- [7] Owen D. R. J., Hinton E., Carey G. F.: *Finite elements in plasticity*, Pineridge Press Limited, Swansea, **1980**.
- [8] Palotás L.: *Általános anyagismeret*, Akadémiai kiadó, Budapest, **1979**.
- [9] Ринд А.: *Експреиментално теоријска анализа носивости система анкер-анкерна плоча-Мастер рад*, Грађевински факултет, Суботица, **2012**.
- [10] Ринд А.: *Семестарски рад из предмета Концепти и примене у методама коначних елемената*, Грађевински факултет, Суботица, **2013**.
- [11] Зарић Б., Буђевац Д., Стипанић Б.: *Челичне конструкције у грађевинарству*, Грађевинска књига, Београд, **2004**.

ELASTO-PLASTIC ANALYSIS OF BENT STEEL ANCHOR

Summary: *This work describes how the numerical analysis of bent steel anchor with the finite element method was performed. The aim of this analysis was to model the experimental analysis carried out on different shaped strained elements at Faculty of Civil Engineering in Subotica. By gradually increasing the load the appearance of yield stress in certain points of elements was monitored.*

Keywords: *Experimental and numerical analysis, anchor, yield stress*