

ПРЕГЛЕД САДРЖАЈА АПЛИКАТИВНИХ ПРОГРАМА 'ConstructApp'

Војислав Михаиловић¹

Александар Ландовић²

УДК: 004.42CONSTRUCT

DOI: 10.14415/konferencijaGFS2014.062

Резиме: Преглед садржаја групе апликативних програма под називом 'ConstructApp' (или сажето 'Cn') чине три групе програма: 'ConstructSECTION', 'ConstructELEMENT' и 'StructuralSTATICS –Cn13'. У раду је описан садржај програма и даје се сажет приказ њихових могућности за решавање ћестих задатака у пракси, који се појављују при пројектовању и грађењу конструкција. Прва група програма садржи седам потпрограма, друга пет и трећа четири потпрограма. Структура програма за све три групе је усвојена да буде са сличним решењем форми, што знатно олакшава рад на пословима програма. Примењена решења у трећој групи одговарају класичном концепту Методе сила и Методе деформација уз примену матричног рачуна.

Кључне речи: Програм, армирани бетон (АБ), преднапегнути бетон, спрегнута конструкција, течење бетона, скупљање бетона, прлина, армирање елемената, померања, утицајне линије, статички утицаји, метода сила, метода деформација, матрични рачун.

1. UVOD

Апликативни програм 'ConstructSECTION' постављен је на делу 'Сајта' GFS 2004., а већ 2005.г. 'ConstructELEMENT'. Више независних подпрограма ових програма је коришћено у настави пре 2001.г. У зависности од намене они су груписани у претходно наведена два програма чинећи логичне цeline. Међутим, за комплетно њихово коришћење, ради прорачуна померања услед течења и скупљања бетона у конструкцијама, појавила се потреба за формирањем програма из области статике линијских система у равни (Пример примене приказан је у раду[10]). Како је већ постојала верзија програма у 'Basic'-у из периода пре 1980 (у IMS-у), то је формиран у 2013. нови, комплетнији програм 'StructuralSTATICS –Cn13'. Он је урађен са истом структуром форми и сличним решењем уноса података и приказом резултата као у претходна два програма, што је шире описано у раду [19]. Предмет садржине ових програма је следећи:

(1) Први програм 'ConstructSECTIONS' може се применити за анализу напона и деформација попречних пресека спрегнутих конструкција, затим у АБ и преднапегнутом

¹ Проф. др Војислав Михаиловић, дипл инж грађ., Грађевински факултет Суботица, Козарачка 2а, тел: 024/554-300, е-mail: voja@gf.uns.ac.rs

² Мр Александар Ландовић, диг ГФ Суботица, Козарачка 2а, тел: 024/554-300, е-mail: landovic@gf.uns.ac.rs

betonu. Drugo područje primene je dimenzionisanje AB preseka. Pored toga, može se koristiti za analizu stabilnosti AB, metalnih i spregnutih elemenata, za proračun momenata inercije i pratećih geometrijskih karakteristika. Podprogrami obuhvataju skoro sve vrste analiza preseka u praksi, odnosno to su zadaci PRESEKA konstrukcija. Teorijske podloge ovog programa su date u radovima [7],[8],[12] i [14].

(2) Drugi program '*Construct ELEMENTS*', analizira smičuće veze po dužini AB elementa, zatim pomeranja homogenih (elastično stanje) konstrukcija, pomeranja AB konstrukcija i armiranja AB elemenata. Prema tome, program analizira, najviše, ELEMENTE konstrukcija, ali neki podprogrami primenjuju se i za konstrukcije u celini ('*Delta*') i predstavlja prirodni nastavak prve grupe programa. Teorijske podloge ovog programa su date u radovima [5],[14] i [17].

(3) Treći program '*StructSTATICS-Cn 13*' služi za analizu, projektovanje i građenje konstrukcija u oblasti graditeljstva. U okviru ovog programa razmatraju se samo zadaci i problemi iz oblasti Statike linearno elastičnih konstrukcija. Teorijske podloge ovog programa su date u radovima [16], [17] i [18].

Cilj ovog rada je sledeći:

(1) Omogućiti korisnicima aplikacionog programa *ConstructSECTION* (raniji naziv *ConstructA04*), *ConstructELEMENT'11* (raniji naziv *ConstructB05*) i *StructSTATICS* lakši i uspešniji rad na problemima koje oni obrađuju. U zadacima ovih programa treba poznavati presečne sile za elastično ponašanje konstrukcija. Podaci koji se dobijaju preko drugih programa ne mogu se uvek lako koristiti. Sa druge strane, želja je da se u novom programu koriste slične ulazne forme, slične opcije na njima i izlazne forme sa rezultatima, kao i forme sa dijagramima njihovih prikaza. Na taj način se znatno olakšava primena starih i novih programa.

(2) Obaveštenje da ovaj program postoji, internet link gde se može pronaći (www.gf.uns.ac.rs/~constructapp) i saopšte iskustva njegove primene.

(3) Zainteresovati potencijalne korisnike za njegovu primenu.

(4) Olakša računsku analizu u praksi (lako, brzo i tačno).

(5) Iistakne potrebu jednakosti Edukacija = Praksa.

(6) Prikazu samo osnovni podaci o programima da bi se lakše steklo što bolje sagledavanje celine sva tri programa.

Postoje u praksi komercijalni i univerzitetski programi, koji imaju različite ciljeve, što se vidi iz njihovog naziva.

Ako se pogledaju navedeni ciljevi (1-6) oni nisu uvek ispunjeni.

U našim programima se može pratiti tok obrade proračuna u koracima uz mogućnost da se dobiju, u toku rada, vrednosti parametara i rezultata u fazama kao što se obrađuju zadaci običnim kalkulatorom.

Obimni programi, koji su zasnovani na primeni specijalnih procesora za ulaz, proračun i prikaz rešenja, daju rezultate, često, samo na kraju rada.

Zbog toga nisu uvek u mogućnosti da obrade raznovrsne poprečne preseke ili, ponekad, i zadato opterećenje na konstrukciji. Postupna obrada svake faze proračuna omogućava da se lakše i brže otkriju greške pri unosu podataka i, često, u primenjenom algoritmu proračuna. Pored mnogih programa, koji se danas mogu pronaći na internetu, postoji uvek opravdana težnja da fakultet ima i svoje programe. Programi koji se formiraju u okviru fakulteta treba skoro uvek da imaju prednost. Programi mogu da se inoviraju, pre svega, prema želji korisnika na fakultetu i van njega, da se dopunjuju i menjaju.

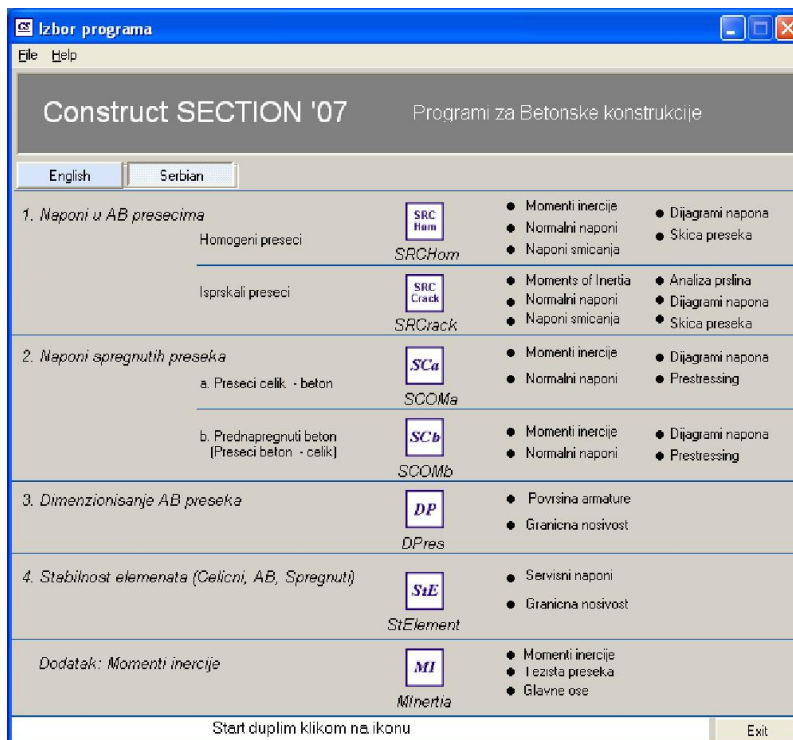
Usklađivanje nastave i korisničkih programa, preko upoređivanja rezultata, lakše se ostvaruje sa svojim programima. Moguće veće računske greške komercijalnih programa teško se mogu opravdati, jer je i teorijski pristup često nedovoljno poznat zbog teskoća oko komuniciranja sa autorima programa ili nedovoljnih podataka iz literature. Često se osnovna izvorna literatura, koja je poslužila za izradu programa, nedovoljno prikazuje. Deo ugleda i afirmacije fakulteta zavisi od uspešnih i kvalitetnih softvera, koji su nastali kao plod istraživačkih i stručnih napora saradnika fakulteta. Bitan uslov, koji softver verovatno treba da ispuni, to su zadaci prakse i primenjenih tehnologija, a samo, ponekad, 'izmišljeni' zadaci radi dobijanja 'poena' za napredovanje na fakultetu i sl. Programi su urađeni u skladu sa našim i evropskim propisima ('Eurocode').

2. OPIS SADRŽAJA PROGRAMA

Osnovni podaci o sadržaju programa biće prikazani prema već usvojenom redosledu tri aplikativna programa u uvodu rada.

A) Construct SECTION - Aplikativni program za analizu porečnih preseka.

Na sl.1 je prikazana glavna forma, koja sadrži 7 nezavisnih podprograma. Prema redosledu na ovoj slici biće prikazan sadržaj poslova, koji su dati, sada, sa nešto detaljnijim podacima.



Slika 1. Glavna forma programa 'Construct SECTIONS'

(1) SRCHom - Podprogram za analizu napona u AB homogenim presecima (preseci bez prslina)

- Naponi i dilatacije. Armatura u preseku se svodi na beton preko odnosa modula elastičnosti $n=E_a/E_b$.
- Momenti inercije, težiste i dr. (samo za AB)
- Dijagrami napona
- Skica porečnog preseka.

U nazivu podprograma pojedina slova imaju sledeća značenja:

- S – stress (napon);
 RC – reinforced concrete (AB)
 HOM – homogeneous (homogeno stanje preseka - bez prslina)

(2) SRC Crack - Podprogram za napone u AB presecima (preseci sa prslinom)

- Naponi i dilatacije. Armatura u preseku se svodi na beton preko odnosa $n=E_a/E_b$.
- Momenti inercije, težiste i dr. (samo za AB)
- Dijagrami napona
- Skica porečnog preseka.

U nazivu podprograma pojedina slova imaju sledeća značenja:

- S – stress (napon);
 RC – reinforced concrete (AB);
 Crack – Crack (stanje preseka sa prslinom):

(3) SCOMa- Podprogram za analizu napona u spregnutim presecima čelik - beton

- Momenti inercije, težiste i dr. (samo za već poznate delove betona i čelika)
- Normalni naponi (elastični, kao i usled tečenja i skupljanja betona)
- Dijagrami napona (raspored po po visini preseka)
- Prednaprezanje.

U nazivu podprograma pojedina slova imaju sledeća značenja:

- S – stress (napon);
 COM – composite (spregnuti);
 a – steel&concrete (čelik - beton)

Osnovni deo preseka je čelik .

(4) SCOMb- Podprogram za analizu napona u spregnutim presecima beton - čelik

- Momenti inercije, težiste i dr.(samo za unapred poznate delove betona i čelika)
- Normalni naponi (elastični, tečenja i skupljanja betona)
- Dijagrami napona (raspored po po visini preseka)
- Prednaprezanje .

U nazivu podprograma pojedina slova imaju sledeća značenja:

- S – stress(napon) ;
 COM – composite (spregnuti);
 b – concrete & steel (beton -čelik)

Osnovni deo preseka je beton.

(5) DPres- Podprogram za dimenzionisanje AB preseka;

- Površina armature za vise zadataka [12];
- Koeficijenti armiranja preseka;
- Granična nosivost preseka greda, stubova i dr.
- Granična nosivost za biaksijano optrećene elemente;

U nazivu podprograma pojedina slova imaju sledeća značenja:

D – design (dimenzionisanje) ;

Pres – section in Serbian (presek);

(6) StELEMENT- Podprogram za analizu vitkih elemenata (za AB elemente, metalne i spregnute)

- Naponi u preseku za servisne sile (centični i eksentrični pritisak);
- Granična nosivost preseka greda, stubova i dr.
- Granična nosivost (centični i eksentrični pritisak);

Uticaji tečenja betona su uzeti pri proračunu napona i ganičnih sila,

U nazivu podprograma pojedina slova imaju sledeća značenja:

St – Stability (stabilnost);

(7) MInetia- Podprogram za proračun momenata inercije, težista i drugih geometrijskih karakteristika preseka. Primena za raznovrsne preseke (za AB elemente, metalne i spregnute) i za raznovrsno zadate poprečne preseke [6] i [11].

- Momenti inercije, površine;
- Težista poprečnog preseka.
- Glavne ose poprečnog peseka.

U nazivu podprograma pojedina slova imaju sledeća značenja:

M – Moment;

Inertia – Inercija.

B) Construct ELEMENT- Program za analizu ELEMENATA konstrukcija.

Na slici 2 prikazana je glavna forma ovog programa koja sadrži 5 pojedinačnih podprograma. Prema redosledu na ovoj slici biće prikazan sadržaj poslova, koji su, sada, dati sa nešto detaljnijim podacima.

(1) Tau (τ)- Podprogram za proračun smičućih veza AB elemenata.

Mogu se obaviti sledeći zadaci :

- Proračun graničnih smičućih sila i njihov grafički prikaz;
- Analiza jednovremenog uticaja savijanja grede i torzije;
- Smicanje pri analizi grede promenjive visine;
- Raspored vertikalnih i kosih uzengija (ili šipki);.

U nazivu podprograma pojedina slova imaju sledeća značenja:

Tau – napon smicanja;

(2) DeltaHom (δ) - Podprogram za pomeranja homogene konstrukcije

Mogu se obaviti sledeći zadaci :

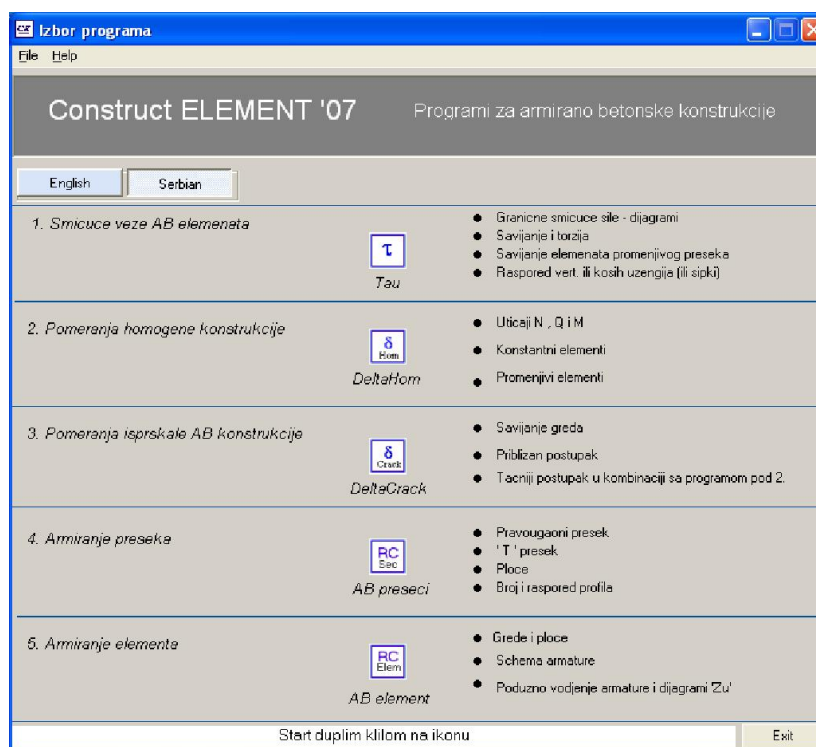
- Proračun uticajnih koeficijenata Metode sila (δ_{ij} i δ_{io}) za generalisana pomeranja usled presečnih sila M, Q i N;
- Konstantni elementi;
- Promenjivi elementi.

U nazivu podprograma pojedina slova imaju sledeća značenja:

Delta – pomeranje; HOM – homogeni;

(3) DeltaCrack (δ_{cr}) - Podprogram za pomeranja isprskale AB konstrukcije

Mogu se obaviti sledeći zadaci :



Slika 2. Glavna forma programa 'Construct ELEMENT'

- Proračun pomeranja pri savijanju greda;
- Primena približnog Bransonovog postupka;
- Primena tačnijeg postupka u kombinaciji sa postupkom pod 2.

U nazivu podprograma pojedina slova imaju sledeća značenja:

Delta – pomeranje; Crack – prslina.

(4) RC Section - Podprogram za armiranje poprečnih AB preseka.

Mogu se obaviti sledeći zadaci :

- Armiranje pravougaonog preseka;
- Armiranje 'T' preseka;

- Armiranje preseka punih ploča.

U nazivu podprograma pojedina slova imaju sledeća značenja:

RC – reinforced (armirani); Section – presek.

(5) **RC Elements** - Podprogram za armiranje elemenata.

Mogu se obaviti sledeći zadaci :

- Armiranje greda i ploča;
- Shema armature;
- Prikaz podužnog vođenja armature grede i dijagrami zatežućih sila Z_u .

U nazivu podprograma pojedina slova imaju sledeća značenja:

RC – reinforced (armirani);

Rezultati se mogu preneti u Izveštaj korisnika, ponekad, se mogu koristiti i u skopolu AutoCAD-a ili nekog drugog programa pomoću opcije 'Copy'.

C) StructSTATICS - Aplikativni program za STATIKU elastičnih konstrukcija.

Na sl.3 je prikazana glavna forma ovog programa koja sadrži 4 pojedinačna podprograma. Prikaz rezultata su broječni i grafički pomoću dijagrama. Prema redosledu na ovoj slici biće prikazan sadržaj poslova, koji su dati, sa nešto detaljnijim podacima.

(1) **BasicBeams (Bazične grede)** - Podprogram za proračun reakcija oslonaca i statičkih uticaja.

Podaci za unos u program:

- Izbor vrste greda (konzolna greda, prosta greda, jednostrano uklještena greda, uklještena greda);
- Opterećenje $q(x)$, q_h , P_v , P_h ;
- Pomeranja u , v , θ i promena temperature T_0 i ΔT_0 ;

Rezultati programa:

- Proračun reakcija oslonaca;
- Unutrašnje sile u presecima M , Q i N ;
- Uticajne linije za M i Q ;

Podprogram je nezavisan u odnosu na sledeća tri podprograma i ima svoje konvencije o pozitivnim znacima pomeranja [16] [19]. Rezultati se mogu koristiti u ostala tri podprograma pod uslovom da se vodi računa o smeru delovanja sila i smeru pomeranja i okretanja čvorova. Lokalni koordinatni sistem zavisi od položaja štapa između globalnih čvorova sistema. Lokalni koordinatni sistem se bira da bude čvor $j-1 < j$.

(2) **ContinBeams (Kontinualne grede)** - Podprogram za proračun reakcija oslonaca i statičkih uticaja. Za rešavanje zadataka primenjuje se:

- Direktna metoda deformacija (Ekvivalentno opterećenje);
- Klasična metoda deformacija (Postupak u dva koraka - princip superpozicije)

Rezultati programa:

- Proračun reakcija oslonaca;
- Unutrašnje sile u presecima M, Q i N;
- Pomeranja u, v i θ .

(3) Trusses (Rešetke u ravni)-Podprogram za proračun reakcija oslonaca i uticaja. Za rešavanje zadataka primenjuje se:

- Direktna metoda deformacija (Ekvivalentno opterećenje);

Rezultati programa:

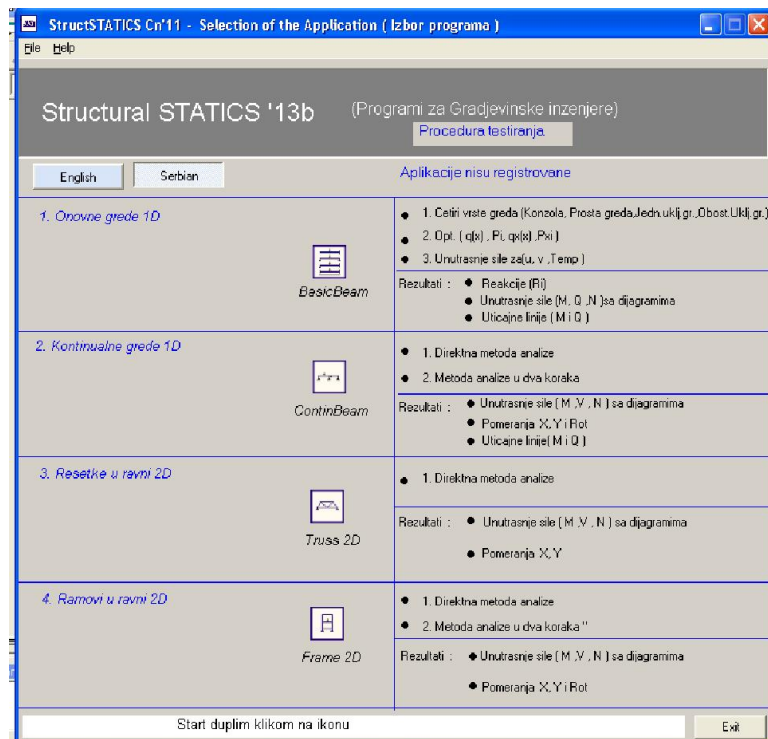
- Proračun reakcija oslonaca;
- Unutrašnje sile u presecima N;
- Pomeranja u, v

(4) Plane Frames (Ravni okviri)-Podprogram za proračun reakcija oslonaca i uticaja. Za rešavanje zadataka primenjuje se:

- Direktna metoda deformacija (Ekvivalentno opterećenje);
- Klasična metoda deformacija (Postupak u dva koraka - princip superpozicije);

Rezultati programa:

- Proračun reakcija oslonaca;
- Unutrašnje sile u presecima M, Q i N;
- Pomeranja u, v i θ .



Sl. 3 Glavna forma aplikativnog programa StructSTATICS'13

3. KONTROLA REZULTATA I KOMBINOVANJE PROGRAMA

A) Kontrola rezultata

U radu sa programima potrebno je steći poverenje u dobijene rezultate.

Vrlo često se koriste približni postupci kao gruba kontrola. Iskustvo na drugim primerima, takođe, je dragoceno. Ovde će biti prikazane samo neke mogućnosti kontrole podprograma zbog ograničenog prostora.

(1) Primena Dpres

Proračun armature u preseku može se obaviti primenom *vezanog dimenzionisanja preseka*, a zatim izvršiti kontrolu globalnog koeficijenta sigurnosti. Rezultati u oba slučaja treba da budu u granicama dopštenih napona i potrebnih koeficijenata sigurnosti.

(2) Primena SRC Crack

Sračunate servisne napona u isprskalom preseku je moguće uporediti sa rezultatima primenom programa pod (1);

(3) Primena St Element

Uporedno prikazani naponi za servisno stanje i granične sile za centrično i ekscentrično opterećene vitke elemente, sa utijajem tečenja betona, mogu da pokažu njihovu ispravnost.

(4) Primena SCOMa ili SCOMb

Proračun napona i dilatacija preseka sadrži kontrolu $\Delta N_b = \Delta N_a$, koja pokazuje da relaksacija sile u betonu treba da bude jednaka promeni sile u čeliku.

B) Kombinovanje rezultata

(1) Primena programa za proračun napona i dilatacija (npr. SRC Hom ili SCOMa ..i dr.) zahteva prethodno poznavanje sila M, Q i N. odnosno primenu programa StructSTATICS, radi kontrole napona ili određivanja granične nosivosti elemenata.

(2) Često je potrebno, pre poslova pod (1), naći momente inercije preseka i dr. karakteristike preseka.

(3) Proračun viskoznih pomeranja δ_{ijv} zahteva poznavanje elastičnih pomeranja δ_{ij} , odnosno primenu programa pod (1).

(4) Kombinovanje programa je potrebno i za analizu AB isprskalih preseka.

U prvoj fazi te analize nalazi se položaj neutralne linije x za isprskali presek primenom SRC Crack podprograma, koji se traži u vremenu $t=0$. U drugoj fazi nalazimo, sa fiksiranim položajem neutralne linije x, pomoću SCOMb, napone usled tečenja i skupljanja betona [1] [12].

4. ZAKLJUČCI

1. Tri navedena programa mogu da obave vrlo različite poslove pri planiranju, projektovanju i građenju konstrukcija od AB, PB i spregnutih konstrukcija.
2. Preporučuje se primena najnovije verzije programa, zato što ona može da se odrazi na lakše, brže i tačnije izvršenje poslova.
3. Iako se programi prvenstveno odnose na betonske konstrukcije oni se mogu uspešno primeniti i na neke zadatke drugih vrsta konstrukcija. Na primer, program *MInetia* je

urađen za većinu oblika poprečnih preseka konstrukcija (od jednog ili više materijala), zatim program SCOMa se može uspešno primeniti i za metalne, drvene i druge konstrukcije, ako se primene ispravne reološke vrednosti materijala. Program *Delta Hom* se može primeniti na bilo koju vrstu pobrojanih konstrukcija.

4. Korisno je uvažiti veliki značaj kontrole napona za rešavanje mnogih problema konstrukcija. Poseban značaj ona ima za: prednaprezanje konstrukcija, za njihovo fazno izvođenje, za analize stabilnosti elemenata i probleme zamora.

Koristimo priliku da još jednom uputimo poziv kolegama, korisnicima programa, inženjerima i studentima za nastavak saradnje sa saopštenim sugestijama, primedbama, uočenim greškama i predlozima, koje će se primiti sa uvažavanjem i zahvalošću. Moguća je saradnja na inovacijama i dopunama u kojima bi se istakao autor.

5. LITERATURA

- [1] A. Landović, Diplomski rad, Građevinski fakultet u Subotici, 2002.
- [2] Beton i armirani beton prema BAB87, Građevinska knjiga, Beograd, 1991.
- [3] EVROKOD 2: Proračun betonskih konstrukcija, Prevod, GF Beograd, 1994.
- [4] I. Tomićić, Betonske konstrukcije, Školska knjiga, Zagreb, 1984.
- [5] M. Đurić: Teorija spregnutih i PB konstrukcija, SANU, Beograd, 1963.
- [6] V. Brčić: Otpornost materijala, Građevinska knjiga, Beograd, 1985.
- [7] V. Mihailović: Predavanja iz AB I na GF u Subotici, 1991–1995.
- [8] V. Mihailović: Spregnute i prednapregnute konstrukcije, Naučna knjiga i GF u Subotici, Beograd, 1989, (Sa širim bibliografskim podacima).
- [9] V. Mihailović.: Numerička integracija složenih funkcija i procena greške, Zb. radova GF 4, 110-124, Subotica, 1988.;
- [10] V. Mihailović, A. Landović: *Priručnik za vežbe (Primeri primene programa Delta i dr.)*, GF Subotica, 2003.
- [11] V. Mihailović, A. Landović: *Aplikativni programi za betonske konstrukcije 'Construct 04'*, Zbornik radova GF, Subotica, 2004.

CONTENTS REVIEW OF THE APPLICABLE SOFTWARE 'ConstructApp'

Summary: Content review of the group applicable software with name 'ConstructApp' (or concize 'Cn') is done by three programs: 'ConstructSECTIONS', 'ConstructELEMENTS' and 'StructSTATICS'. This article have descriptions of possibility of these set applicable programs for solving often tasks of structures in design and production of practice. The first program have 7 subprograms, second have 5 subprograms and third have 4 prorams. Model of all programs are practicably the same, with similarly solutions of the forms, that are doing the works on the forms, to be easy and acceptable. Solving of third program is with concepts of classical Method of forces and Method of deformation with using of the matrix calculations.

Keywords: Program, reinforced concrete structures (RC), prestressed concrete, creep, shrinkage, displacement, crack, reinforcements, Method of forces, Method of deformations, Matrix statics.