

POBOLJŠANJE NASTAVNOG PROCESA NA PREDMETIMA KOJI IZUČAVAJU STATIKU PRIMJENOM CAD SOFTVERA

IMPROVMENT OF EDUCATION PROCESS IN THE STATICS RELATED COURSES BY IMPLEMENTATION OF CAD SOFTWARE

Mr. sc. Josip Kačmarčik
Mašinski fakultet, Univerzitet u Zenici
Zenica

Mr. sc. Denis Spahić
Mašinski fakultet, Univerzitet u Zenici
Zenica

REZIME

U radu je prikazana mogućnost primjene CAD softvera, AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS, za rješavanje problema nosača, i to na primjeru okvirnog nosača (rama). Softversko rješavanje problema nosača je moguće upotrijebiti za rješavanje ispitnih zadataka na predmetima koji izučavaju Statiku, čime se znatno olakšava i ubrzava proces pregleda pismenih ispita, jer analitičko rješavanje iziskuje dosta vremena. Osim kod pregleda pismenih ispita poboljšanja u nastavnom procesu su moguća upotrebom softvera kod pregleda zadaća (programa) i kod izrade većeg broja primjera za vježbu i pripremu ispita studenata.

Ključne riječi: CAD, Statika, nosači

SUMMARY

In the paper implementation of CAD software, AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS, for analysis of trusses and beams, with the example of a 2D frame is presented. The software analysis of trusses and beams problems can be used for solving exam problems in the Statics related courses, and with that simplification and time saving in exam evaluation can be achieved, because the analytical solution is time consuming. Other than in the exam evaluation, improvements in the teaching process are possible with software application in evaluations of students' projects (homework) and in preparations of larger number of example problems for students' learning and exams preparing.

Keywords: CAD, Statics, trusses, beams

1. NOSAČI U NASTAVNOM PROCESU NA PREDMETIMA KOJI IZUČAVAJU STATIKU

U okviru nastavnog procesa na predmetima koji izučavaju Statiku velika pažnja i znatan dio nastavnog fonda sati se posvećuje obrađivanju oblasti nosača [6]. Na temeljnim kursevima Statike obrađuju se rešetkasti nosači i puni linijski nosači (grede i ramovi), i to uglavnom kroz probleme u ravnini.

Međutim, pored problema koji se obrade kroz analitičko rješavanje na predavanjima i vježbama postoji potreba za pripremom još velikog broja problema iz oblasti nosača u okviru nastavnog procesa. Ovo se prvenstveno odnosi na zadatke koji se koriste na pismenim ispitima, gdje se na jednom ispitnom predlošku može naći i više zadataka iz različitih oblasti nosača, kao npr. reškasti nosač, greda i okvirni nosač. Dodatno, na jednom ispitnom terminu može biti potrebno pripremiti više različitih varijanti ispitnih predložaka zbog velikog broja studenata koji izlaze na ispit i ograničene veličine prostora u kojem se održava ispit. Nažalost, spremnost studenata za različite vrste prevara pri polaganju ispita je veliki problem u organizaciji i pripremi ispita, i najbolji i najsigurniji način za borbu s tim je priprema novih zadataka za svaki ispitni termin, i razdvajanje studenata (koliko kapaciteti prostora dopuštaju) koji na ispitu imaju identične ispitne predloške.

Obaveze studenata na predmetima koji izučavaju Statiku mogu uključivati i samostalnu izradu programa ili zadataka. Na predmetima na Univerzitetu u Zenici: „Statika“ na Mašinskom fakultetu, svi odsjeci, i „Mehanika I“ na Politehničkom fakultetu, odsjek građevinarstvo, studenti rade dva programa, gdje je u zadacima prvog programa i problem sa reštekastim nosačem, a u zadacima drugog programa su i problemi sa gredom i okvirnim nosačem. Praksa je kod zadavanja programa pripremiti više različitih varijanti, tako da istu varijantu programa ne dobije više od desetak studenata.

Analitičko rješavanje problema iz oblasti nosača iziskuje dosta vremena, posebno uz detaljan opis postupka što je potrebno uraditi u nastavi, tako da se u fondu sati posvećenom nosačima na predavanjima i vježbama uspije obraditi određeni broj karakterističnih primjera koji za većinu studenata nije dovoljan (i uz izradu programa) za potpuno savlađivanje materije, nego su im potrebni i dodatni primjeri za vježbu, čijim rješavanjem stiču rutinu i vještinu potrebnu za rješavanje ispitnih zadataka.

2. PRIMJENA CAD SOFTVERA ZA RJEŠAVANJE PROBLEMA IZ OBLASTI NOSAČA

U prethodnom poglavlju su navedene potrebe za pripremom velikog broja primjera iz oblasti nosača u nastavnom procesu na predmetima koji izučavaju Statiku. Za njihovu adekvatnu upotrebu potrebno je imati i rješenja tih primjera. Najbolje bi bilo imati za svaki problem i detaljan analitički postupak rješenja, ali dovoljno je i imati samo rezultate sa vrijednostima reakcija oslonaca i sila u štapovima za probleme rešetkastih nosača, ili statičke dijagrame opterećenja poprečnog presjeka nosača za probleme greda i okvirnih nosača, što se može dobiti kao izlaz analize pomoću CAD softvera. Kod pregleda ispita i programa, radovi studenata se upoređuju sa tačnim rezultatima i na osnovu toga se vrši evaluacija. Ova rješenja se mogu i dati studentima nakon ispita, za samoevaluaciju sopstvenih radova ili za pripremu za drugi ispitni termin. Kod zadataka za vježbu, studentima je dovoljno da imaju rezultate rješenja za provjeru sopstvenog rada.

Postoje različiti inženjerski CAD softveri koji nude mogućnost rješavanja problema iz oblasti nosača, neki samo dijela problema iz oblasti, neki svih problema iz oblasti. Njihovim savladavanjem i primjenom moguće je višestruko skratiti vrijeme koje je potrebno za analitičko rješavanje problema iz oblasti nosača, te smanjiti mogućnost greške u rješenjima koju su naravno moguće, čak i kod najiskusnijih. Pojava greške u analitičkom rješenju i ispravljanje nakon njenog otkrivanja može dodatno produžiti vrijeme potrošeno na rješavanje. Kod softverskog rješenja mogućnost greške je svedena na pogrešan unos podataka i takve greške je moguće brzo i lako ispraviti u većini softvera.

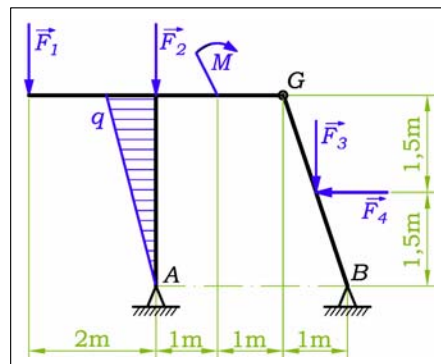
Zbog mogućnosti za brzu i jednostavnu promjenu podataka u zadatku, softver se može iskoristiti i kod osmišljavanja zadataka, s ciljem prilagođavanja rezultata rješenja.

Softver se može upotrijebiti i za provjeru analitičkog rješenja problema koje se obrađuje u nastavnom procesu ili se priprema za udžbenik ili neku drugu publikaciju.

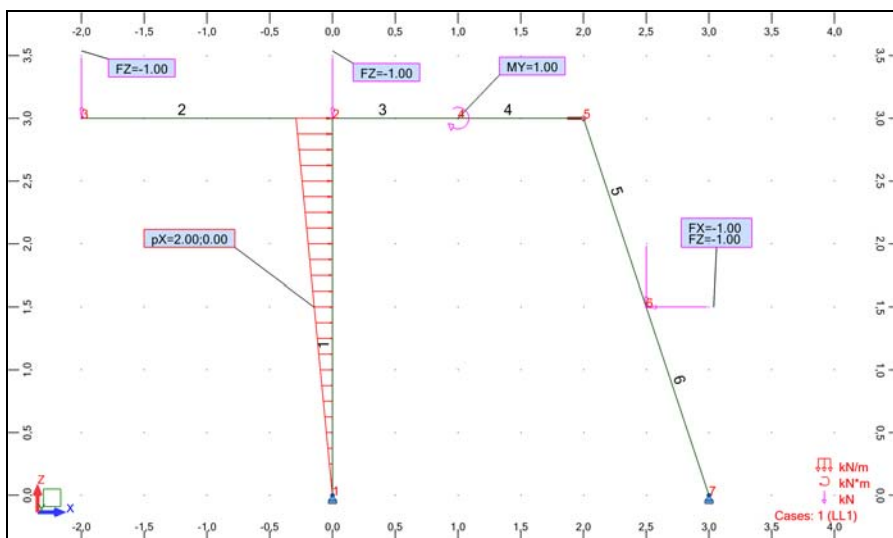
U radu će se prikazati mogućnost primjene CAD softvera, AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS, za rješavanje problema nosača, i to na primjeru okvirnog nosača. Licencu za navedeni softver posjeduje Politehnički fakultet Univerziteta u Zenici.

3. ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL

ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL (RSAP) je software kompanije Autodesk, na tržištu dostupan od 2009. godine. Namijenjen je prvenstveno građevinskim inženjerima koji dizajniraju i vrše proračune različitih tipova nosećih konstrukcija od čelika ili betona [1,2]. RSAP je moguće koristiti birajući jedan od šesnaest dostupnih modula, među kojima su najznačajniji: dizajn građevina, 3D dizajn ramova, dizajn tankostjenih konstrukcija, dizajn prostornih rešetki, dizajn betonskih ploča i elemenata sa ojačanjima, 2D dizajn ramova, dizajn ravanskih rešetki, dizajn aksisimetričnih betonskih struktura. Pored 2D-3D modelera, za potrebe proračuna, korisnicima je dostupan savremen i moćan FEM solver sa automatskim generatorom mreže. U RSAP integrisano je 70 dizajnerskih kodova različitih zemalja, 15 jezičkih postavki, više od 60 poprečnih presjeka konstrukcijskih profila, te informacije o parametrima različitih materijala. Pored linearnih statičkih analiza, modelirane konstrukcije moguće je podvrgnuti nelinearnim i dinamičkim analizama (seizmičke, spektralne, modalne, P-delta, izvijanje, plastičnost). Kroz niz zajedničkih formata, RSAP ostvaruje dobru komunikaciju sa familijom Autodesk proizvoda (AutoCAD, Revit,...), pa je pored dizajna i analiza uticaja različitih opterećenja, moguće generirati 3D dokumentaciju konstrukcija sa odgovarajućim detaljima (veze čeličnih profila, realan prostorni prikaz i sl.). S obzirom na činjenicu da je RSAP relativno kratko u komercijalnoj upotrebi, kao nedostatak se može navesti manjak literature za učenje, a tek nekoliko stručnih radova demonstriraju upotrebnu vrijednost ovog softvera [3,4].



Slika 1. Ram sa Gerberovim zglobovima



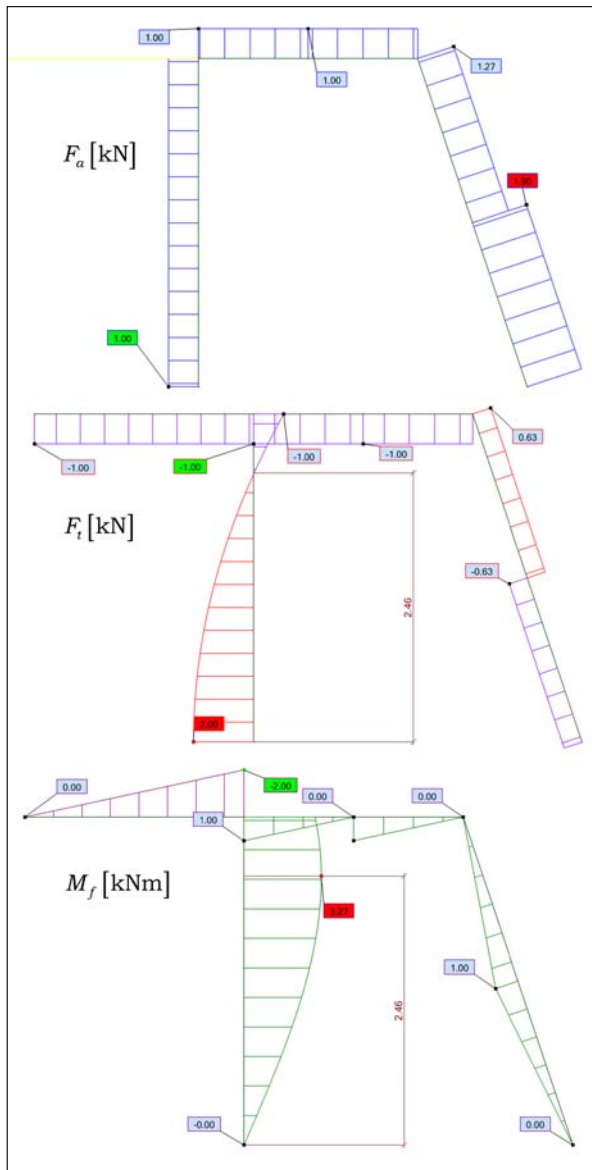
Slika 2. Postavka odabranog problema u softveru – Gerberov ram

4. PRIMJER – OKVIRNI NOSAČ (RAM)

Na slici 1. je dat odabrani primjer okvirnog nosača sa Gerberovim zglobom (Gerberov ram), opterećenog silama $F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = 1\text{ kN}$, spregom sila momenta $M = 1\text{ kNm}$ i trokutnim kontinualnim opterećenjem intenziteta $q = 2\text{ kN/m}$.

4.1. Softversko rješenje

Na slici 2. je dana postavka odabranog problema u softveru. Korišten je modul za nosače u ravni (2D frames), koji automatski prilagodi sve postavke za problem u ravni. Kod definisanja problema potrebno je prvo postaviti čvorove (nodes), u karakterističnim geometrijskim tačkama rama, u napadnim tačkama koncentrisanih opterećenja i graničnim tačkama kontinualnih opterećenja. Čvorovi se potom povezuju elementima nosača – gredama (bars). Softver radi uz analizu opterećenja i analizu napona i deformacija, pa je zbog toga potrebno definisati i materijal i poprečni presjek greda, iako to nema uticaja na rezultate koji su prikazani u radu. Za odabrani problem bilo je potrebno definisati sedam čvorova i šest greda, prema slici 2. Koncentrisana opterećenja se postavljaju na čvorove, a kontinualna na grede. Opterećenja (loads) se definišu intenzitetom projekcija na ose koordinatnog sistema. Gerberov zglob se postavlja kao oslobađanje (releases) krute veze između greda (zamjena sa zglobom), što je automatska postavka. Oslonci (supports) se postavljaju u čvorovima, tip oslonca se podešava pomoću tri stepena slobode za tačku u ravni (dvije translacije u pravcima x i z ose i jedna rotacija oko y ose) u odnosu na ose globalnog koordinatnog sistema. U slučaju potrebe dvije ose u ravni je moguće i rotirati za potrebni ugao.



Slika 3. Dijagram opterećenja poprečnog presjeka rama, aksijalna F_a , transverzalna sila F_t i moment savijanja M_f

Rezultate analize za zadani problem, tj statički dijagrami aksijalne i transverzalne sile i momenta savijanja su prikazani na slici 3. Treba primijeti da je za aksijalnu silu obrnut predznak u odnosu na uobičajenu konvenciju, istezanje nije pozitivno nego negativno, a pritisak nije negativan nego pozitivan. Predznaci preostala dva dijagrama se slažu sa uobičajenim konvencijama kod nas.

Za postavku problema i rješenje u softveru je potrebno oko 15 minuta.

4.2. Analitičko rješenje

Zbog ograničenja prostora ovdje se neće predstavljati analitičko rješenje odabranog problema, a i primjere analitičkog rješavanja ramova je moguće pronaći u svakom udžbeniku za Statiku [6]. Za analitički proračun je potrebno oko 50 minuta uz crtanje dijagrama i pomoćnih slika slobodnom rukom, 35 minuta više nego za softversko rješavanje. Ukoliko bi dijagrame bilo potrebno nacrtati u odgovarajućoj razmjeri, pomoću pribora za crtanje (ili korištenjem nekog softvera za vektorsku grafiku) proračun bi zahtijevao i više vremena. Rezultati dobiveni analitičkim rješenjem se potpuno podudaraju sa rezultatima dobivenim pomoću softvera.

5. ZAKLJUČAK

U radu je na primjeru rješavanja problema okvirnog nosača pokazana mogućnost uštede vremena potrebnog za rješavanje ispitnih zadataka na predmetima koji izučavaju Statiku. Moguća ušteda vremena za odabrani primjer bi iznosila oko 35 minuta. Navedena ušteda vremena je slobodna procjena autora i mogla bi iznositi više ili manje zavisno od vještine, iskustva i znanja onoga ko rješava navedeni problem, bilo analitički ili softverski. U slučaju većeg broja zadataka iz oblasti za koje se može primijeniti softver, što je i najčešće slučaj pri pregledu ispita, ušteda bi bila i veća. Zbog ograničenja prostora u ovom radu nije bilo moguće predstaviti više primjera primjene softvera za rješavanja problema nosača, kao npr. jedan primjer za rešetkasti nosač.

Ušteda vremena u rješavanju ispitnih zadataka (ili programskih zadataka) znači i kraće vrijeme potrebno za sam pregled ispita (programa), te brže objavljivanje rezultata ispita (pregleda programa). Pored ove očigledne prednosti i koristi od primjene CAD softvera, manje potrošenog vremena na pregled ispita (programa) znači i više vremena koje se može posvetiti radu sa studentima, kroz konlutacije, detaljnije analize grešaka studenata u rješavanja ispitnih (programskih) zadataka zajedno sa njima i ukazivanje čemu da posvete dodatnu pažnju kod učenja. Više vremena se može posvetiti i samoj pripremi nastave i prateći nastavnih materijala (zadaci za vježbu, prezentacije nastavnog gradiva, udžbenici i zbirke zadataka, itd.) što sve doprinosi poboljšanju nastavnog procesa.

U zaključku još treba reći da je prikazano samo mali dio mogućnosti i vrlo skromna primjena softvera AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS i da je njegova primjena moguća i za rješavanje problema iz Otpornosti materijala. Softver se može primijeniti i za rješavanje problema nosača u prostoru (3D). Prava namjena softvera je proračun građevinski konstrukcija [3,4] i zbog toga se sam softver može izučavati u stručnim građevinskim predmetima, što je i slučaj na odsjeku Građevinarstvo, Politehničkog fakulteta Univerziteta u Zenici.

6. LITERATURA

- [1] Autodesk Robot Structural Analysis, Metric Getting Started Guide, Autodesk Inc., 2010
- [2] Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2010 Training Manual, Metric Version, Autodesk Inc., 2009
- [3] Bianca R. Parv, Monica P. Nicoreac: Global structural analysis of central cores supported tall buildings compared with FEM, Proceedings of the 2012 ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering
- [4] Camille A. Issa, Rafic El-Helou: CAD/CAE in a Complex Structural Reinforced Concrete Design: Case Study of a Cathedral, Acta Technica Napocensis: Civil Engineering & Architecture Vol. 55, No. 3, 2012
- [5] Golubović D., Kojić M., Savić M.: Metodička zbirka zadataka iz mehanike - Statika, Naučna knjiga, Beograd, 1982.
- [6] Zaimović-Uzunović N., Vukojević D., Hodžić N., Žiga A.: Statika, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet u Zenici, 2007