

O SUVREMENIM TRENDOVIMA U PRORAČUNU KONSTRUKCIJA

PRIPREMIO:
Juraj Pojatina

Vrli novi svijet ili dekonstrukcija inženjerstva?

Krajem prosinca na zagrebačkom je Građevinskom fakultetu organizirano jedno od kvalitetnijih stručnih predavanja održanih u Hrvatskoj. Donosimo osvrt koji je poslao inženjer Juraj Pojatina na to predavanje.

Tema predavanja održanog na Građevinskom fakultetu u Zagrebu bila je aktualna – potresno inženjerstvo, a naslov predavanja "Usporedba proračuna metodom spektra odziva i metodom postupnog guranja" izmamio je dolazak stotinjak zainteresiranih posjetitelja. Bilo je tu od studenata (ali ne onih zaigranih, već ozbiljnih i ambicioznih), preko potentnih mladih inženjera, do uglavnom suzdržanih projektanata iz prakse te svega nekoliko profesora entuzijasta i njihovih asistenata s fakulteta. Svi redom se na ovaj ili onaj način bave temom. Raspravlja se aktivno po biroima, stručnim skupovima, konferencijama, podrumima... tko je sve nabavio računalni program (softver) za nelinearni proračun, kakvi su rezultati u odnosu na "klasične" metode, ima li uopće smisla koristiti stare koncepte i usporedbe, stavljati u korelaciju potresnu silu s težinom građevine ili pojednostavljenim "ručnim" metodama davati ocjene ili prosudbe.

Predavač dr.sc. Ljupko Perić jedinstvena je pojava u našoj stručnoj zajednici. Nakon završenog studija građevinarstva 1985. godine u Mostaru, odlazi u Švicarsku gdje se aktivno razvija u renomiranom projektantskom uredu u Badenu. Završio je i studij ekonomije, zatim magistarski studij na Institutu potresnoga inženjerstva IZIS Sveučilišta Sv. Ćirila i Metoda u Skopju, a ubrzo i doktorski studij na ETH Zürichu, sve na temu potresnog inženjerstva. Paralelno s projektantskom praksom surađuje s fakultetima održavajući vitalnim i teorijski dio struke, što će se kasnije pokazati ključnim u uspjehu ovog projektanta. Samo predavanje koncipirano je strogo inženjerski, s teorijskim i praktičnim dijelom, i na početku iznimno vrijednim teorijskim prikazom kronologije razvoja seizmičkih proračuna u

svjetskim okvirima, od 1930-ih do danas. Perić neprikosnoveno barata teorijom, pogrjavajući se izvodima formula, porijeklom i objašnjenjem složenih izraza s područja dinamike konstrukcija. U nastavku predavanja uvodi realni model zgrade na kojem provodi analizu i dimenzioniranje – metodom spektra odziva te "assessment" metodom postupnog guranja, poentirajući na kraju s, po nekim kriterijima, i višestruko različitim vrijednostima otpornosti, dimenzioniranja, pomaka. Zaključuje se u finalu predavanja kako je trijumf nelinearnih metoda ujedno i poraz starih linearnih teorija, koje predavač u zadnjim rečenicama obračanja naziva ne samo zastarjelima i pretjerano konzervativnima već i netočnima! Po Periću, za nove se armiranobetonske zgrade linearnim proračunom prema Eurokodu značajno podcjenjuje vrijednost poprečne sile u odnosu na nelinearnu analizu, dok se istovremeno u analizi postojeće građevine nelinearnim metodama dokazuje četiri puta (!) veća nosivost. Na kraju predavanja zasluženi pljesak, ne samo za prezentirano znanje i primjenu već i entuzijazam i trud ovog stručnjaka iz Švicarske. Svima je u dvorani jasno da je to budućnost i da će novo pregaziti staro, i da treba svojski priionuti učenju i proučavanju novih materijala kako bi se uhvatio korak s novim spoznajama.

Ipak, potaknut pomalo provokativnim zaključkom, želim dati svoj osvrt na najvažnije točke Perićeve zaključne argumentacije i ponuditi možda drugačije razmišljanje:

1. Smatram da je korištenje nelinearnih proračuna za nove armiranobetonske građevine gotovo u cijelosti bespotrebno, budući da se dimenzioniranje sustava provodi sukladno Eurokodu koji u sebi

već sadržava spektar na koji se dimenzionira te se kroz "capacity design" povećava poprečna sila i u podnožju i po visini zida – zgrade (utjecaj viših oblika titranja). Dodatno 1: Ne postoji analiza koja može "pobijediti" ili ispraviti loš koncept zgrade, a to je uočljivo pri samom pogledu na tlocrt (ili) presjek. Zato je eventualna dodatna kontrola metodom postupnoga guranja suvišna.

Dodatno 2: Sve gore navedeno vrijedi i za pravilne omeđene zidane zgrade.

Dodatno 3: Kod novih zgrada analiza sustava nelinearnim dinamičkim proračunima preporučljiva je tek za *high-rise* objekte, kakvih u Hrvatskoj u pravilu nema.

2. Pri ocjeni postojećih zgrada nelinearna metoda proračuna prikladna je samo ukoliko pouzdano znamo sve ulazne parametre: kvalitetu ugrađenoga materijala, stvarno izvedene detalje armiranja, postojanje uzidanih čeličnih zatega (posebno važno kod povijesnih zidanih konstrukcija) i ostalo. Preuzimanje većeg rizika sigurno ne smije biti prihvatljivo uz manjkave ulazne podatke. Stoga: temeljiti istražni radovi, ispitivanja, arhivska projektna dokumentacija i tek onda nelinearne metode.

Važno: Danas je svima relativno jednostavno izraditi 3D proračunski model, koji je svaki u pravilu dominantno vizualan i ilustrativan, a laicima posebno zanimljiv i egzotičan. Potom ih provlačiti kroz različite seizmičke proračunske postupke, statičke ili dinamičke, linearne ili nelinearne. Međutim, sve je to bez *in-situ* utvrđenih podataka u najmanju ruku neodgovorno, a ponekad i iznimno opasno!

3. U svjetlu Perićevog prikaza teorijske kronologije seizmičkih proračuna, posebno želim podsjetiti na sami začetak, izvorno japansku projektantsku praksu koja je i danas zadržala pravilo od 30 % mase na vrhu zgrade, a koje je prvi put definirano još 1928.(!) I da, naravno da su se tijekom

stotinjak godina pojavile nove i točnije metode proračuna (i računalni programi (softveri) koji nisu tada ni postojali), ali je pravilo od 30 % još i danas u Japanu ocjenjeno kao dostatno sigurno. Neosporno je da se tehnologija i spoznaje razvijaju i da će se u budućnosti numerički 3D modeli u svojim beskonačnim iteracijama približiti (virtualnoj) stvarnosti, ali u velikoj većini slučajeva to prelazi okvire svakodnevnog inženjerstva i ulazi u područje znanosti. A to pak znači da je isto potencijalno opasno u svakodnevnoj inženjerskoj primjeni (zato nas norme i čuvaju od neopreznih izleta u znanost).

Iako se danas među dijelom kolega može čuti stav da je svaki ručni proračun seizmike zastario i stoga nepoželjan, držim da je baš danas u novim okolnostima razvoja tehnologije upravo ručni proračun znak uredne i dobro postavljene konstrukcije!

Međutim, osim začudnog zaključka o djelomičnoj netočnosti i stoga upitnoj primjenjivosti linearnih (još uvijek važećih) postupaka, Perićevo je predavanje potvrdilo trend koji je već neko vrijeme prisutan, a radi se o scijentizaciji konstruktorske prakse. Ovdje želim naglasiti da je hvalevrijedno kolegino predavanje samo povod ovom tekstu kao jednom širem promišljanju cjelokupnog stanja projektantske prakse u pogledu važećih normi, kvalitete istih i općenito trendova u Europi i Hrvatskoj. Naime, uvođenjem Eurokoda kao nove norme za projektiranje od 90-tih naovamo nastupila je epoha rastakanja svih teško stečenih, vrijednih inženjerskih suma znanja, strpljivo ugrađivanih u sustave "starih" normi, praktičnih pravila i provjera, koje su brojne znanstvene histereze i zapise uobličavale u jednostavne i primjenjive izraze, pogodne za široku primjenu s dostatnim stupnjem sigurnosti. Da ne bude zabune, Eurokod svakako sadrži sve ono što jest ispravno, ali je to bitno ostalo "sakriveno" i teško raspoznatljivo u lošem konceptu, strukturi i filozofiji norme. Ono što se danas kao trend događa kod nas, ali i u ostalim zemljama Eurokoda je brutalna i nepovratna dekonstrukcija inženjerstva koja rastvara jednostavnost, svrsishodnost i svakodnevnu praktičnost norme u probabilističke i statističke egzibicije s nečitljivim ishodom. Inženjer u većemu dijelu dokaza

i provjere nema kontrolne niti referentne točke dok tek na samom kraju ne iskrсне relativni broj koji je manji ili veći od 1. Jedan od zgodnih primjera s kojim sam se rano u karijeri susreo jest izračun dinamičkog faktora pri djelovanju vjetra na antenske stupove koji je u odnosu na jednostavnu tablicu iz starog DIN-a, prema Eurokodu pretvoren u mali numerički doktorat od nekoliko stranica i čitavim nizom posrednih varijabli pri čijem se odabiru projektant lako može izgubiti ili ne daj Bože pogriješiti. Inženjer u praksi bi trebao imati bogato iskustvo projektiranja i snalaženja u različitim normama da prepoznata "ispravan put" unutar pojedinog dijela Eurokoda. Dakle, od šume se ne vidi drvo! Razarajući učinak ovog trenda najviše se očituje i u obrazovanju i odgoju studenata i mladih inženjera pripravnika koji danas teško raspoznaju neke zdravorazumske pojmove kao što su: naprezanje, vitkost, stabilnost (kojima bi se svaki inženjer trebao poigravati kao osnovnim mjerama svojih nauma) jer ih vrlo rano zamjenjuju gotovim softverskim rješenjima u kojima se profili ili armatura podebljavaju dok se cijeli model ne "zazeleni".

Preuzimanjem primata nad stvaranjem i uređivanjem projektantskih normi na području europskog kontinenta, europska je znanstvena zajednica (vjerujem vođena dobrim namjerama) popločala put u pakao inženjerskoj struci svakodnevno zamjenjujući jednostavna pravila složenim matematičkim kobasicama s nebrojenim faktorima, a dobre inženjere 3D numeričkim modelarima koji nemaju suštinsko razumijevanje procesa ili postupka. Na nedavnoj stručnoj konferenciji o drvenim konstrukcijama u Portugalu kojoj sam nazočio posljednje predavanje bilo je rezervirano za dvojicu talijanskih znanstvenika koje je završilo slavno dobitnom objavom da je njihovo istraživanje rezultiralo uvođenjem dodatnih dvaju proračunskih parametara u Eurokodu za drvo. Kao da ih i bez toga nema dovoljno i previše. Bilo je to sveopće slavlje i na pozornici i u publici koju su mahom činili isto profesori i mladi istraživači koji svi zajedno pod pritiskom objavljivanja znanstvenih i stručnih radova, kao na traci izdaju goleme količine istraživanja koja onda zbog toliko željenog *impacta* ti isti profesori kroz europske i nacionalne odbore ugrađuju u norme Eurokoda. (Uostalom, nisu li i kriteriji

za imenovanje revidenata u Hrvatskoj koji direktno pogoduju članovima akademske zajednice najočitiji primjer scijentizacije inženjerstva? Naime, u posljednjih desetak godina revidentske licence dobili su isključivo sadašnji ili bivši djelatnici fakulteta). Zanimljivo je da sam potvrdio ovih trendova dobio i sasvim nedavno u kontaktu s dvojicom cijjenjenih konstruktora svjetskog ugleda iz Istanbula i New Yorka koji su obojica rezignirano priznali promašenost koncepta Eurokoda, pogotovo u komparaciji sa SAD-om čija stručna zajednica vrlo pažljivo i ljubomorno čuva svoje norme kao blago, posebno od "dobronamjernih" intervencija znanosti u iste. Jer norme unutar kojih se krećemo i koje nam kao korito rijeke služe za lakše putovanje prema zajedničkom cilju, kvalitetnoj i sigurnoj gradnji, ne bi trebale biti teren za znanstvene eksperimente. Norma ponajprije kao društveni konsenzus služi za svakodnevno projektiranje tvoreći zajednički okvir djelovanja. Jer inženjer nije znanstvenik, nije ni matematičar, niti fizičar. I baš u tome je Eurokod podbacio.

Koji je onda put za očuvanje konstruktorstva kao inženjerske, a ne znanstvene discipline? Za početak u domaćoj praksi kroz Komoru kao vrhovnu strukovnu udrugu koja bi trebala (1) aktivnije sudjelovati pri izradi ili promjenama zakonske i tehničke regulative, zatim (2) aktivnije pratiti kvalitetu rada svojih članova jer s opadanjem kvalitete struke slabi i njezin utjecaj na društvo, a onda i na procese normizacije, ili (3) permanentno objavljivati priručnike s obradom inženjerskih rješenja, a sve u cilju usavršavanja svojih članova. Ili nešto četvrto? Ostavljam svima dalje na promišljanje.

A to da je takvo inženjersko razmišljanje moguće i među eminentnim znanstvenicima dokazuje i knjiga "O načelima i postupcima proračuna građevinskih konstrukcija" (J. Dvornik, D. Lazarević, N. Bičanić), koju ovim putem svima toplo preporučujem.

Na kraju želim još jednom bezrezervno pohvaliti trud i inicijativu kolege dr. Ljupka Perića koji svojim predavanjem (i provokativnim zaključkom) nadam se otvorio stručnu raspravu na temu i time napravio nesvakidašnji iskorak na domaćoj stručnoj sceni. Nadam se da će i ovaj tekst potaknuti druga (ili) drugačija kritička promišljanja.

U Zagrebu, prosinac 2023.