

CESTE I MOSTOVI

Vol. 28

Zagreb, 1982.

Broj 7—8



XI KONGRES SDPJ

OPATIJA

28—30. X 1982.

Društvo za puteve Srbije i Institut za puteve Beograd organizirali su Savjetovanje o aktualnim pitanjima projektiranja i građenja kolničkih konstrukcija.

Savjetovanje je održano 30. i 31. 03. 1982. u Beogradu. Na Savjetovanju su razmatrane tri osnovne teme:

Tema 1 — Racionalno projektiranje (dimenzioniranje kolničkih konstrukcija)

Tema 2 — Mjere za sprečavanje pojave kolioraga i njihove sanacije

Tema 3 — Materijali kolničke konstrukcije u uslovima energetske krize i ekonomske stabilizacije

Kupno je bilo izloženo 28 referata.

Najveći angažman u cjelokupnom toku Savjetovanja dali su predstavnici Instituta za puteve Beograd, kako napisanim referatima tako i aktivnim sudjelovanjem u radu Savjetovanja.

Uredništvo časopisa pridružuje se čestitkama koje su uručene organizatorima, te u vezi s time i ovaj broj posvećen je Savjetovanju. Između više kvalitetnih radova odabrani su samo radovi predstavnika Instituta za puteve. Ostali interesantni, odnosno značajni radovi, a čiji autori nisu iz Instituta za puteve Beograd, bit će objavljeni u narednim brojevima »Cesta i mostova.«

CESEMOSOM



POZIV NA KOLEKTIVNO UČLANJENJE

Časopis »Ceste i mostovici« izdaje Savez društava za ceste Hrvatske, član Saveza društava za puteve Jugoslavije.

Pozivamo sve kolektive čija je djelatnost vezana za područje cestogradnje, mostogradnje i cestovnog prometa općenito da se učlane u Savez društava za ceste Hrvatske.

Osnovna je svrha časopisa »Ceste i mostovici« da upoznaje članstvo s najnovijim dostignućima i iskustvima u projektiranju, građenju, održavanju i svim akcijama na unapređenju cestovne mreže. Kolektivna članarina određuje se razmjerno veličini i značenju poduzeća — kolektivnog člana, a najniža može iznositi 1.600 dinara.

Kolektivni članovi, uplatom članarine, besplatno primaju časopis. Godišnja prepričata: za poduzeća — 600.— dinara; za ostale preplatnike — 120.— dinara; za inozemstvo — 60 US dolara.

Poljedini primjerci: za poduzeće — 50.— dinara; primjerci u prodaji 12.— dinara.

Članovi Saveza društava za ceste Hrvatske, uplatom članarine, stječu pravo na besplatno primanje časopisa. Godišnja članarina je od 120 dinara.

Člarena oglasa: omojna stranica — 6.000.— dinara; unutarnja 1/1 — 5.000.— dinara; 1/2 — 3.600.— dinara; 1/4 — 2.500.— dinara; inozemni oglasi: 1/1 — 660 US dolara, 1/2 — 500 US dolara, 1/4 — 350 US dolara.

Urednički odbor:

mr. Mladen Lamer, dipl. inž., Zagreb, glavni i odgovorni urednik, Darko Miharić, dipl. inž., Zagreb, zamjenik glavnog i odgovornog urednika, mr. Branimir Babić, dipl. inž., Zagreb, mr. Jovo Bešlac, dipl. inž., Zagreb, Dušan Deković, inž., Rijeka, Krešimir Dugi, dipl. inž., Osijek, Endy Jakić, dipl. inž., Split, Stanko Kovač, dipl. inž., Zagreb, mr. Avon Lović, dipl. oec., Zagreb, Tomislav Megla, dipl. inž., Zagreb, Josip Novak, dipl. inž., Zagreb, Branka Perović, dipl. oec., Zagreb, Zvonko Plubo, dipl. inž., Zagreb, Franjo Pregorec, dipl. oec., Zagreb, dr. Zdravko Ramljak, dipl. inž., Zagreb, Josip Sekopet, dipl. inž., Zagreb, Karlo Telen, inž., Zagreb, Vladimir Weber, dipl. inž., Zagreb. Tehnički urednik: Mirjana Zec, prof.

Klasifikacija i indeksiranje po UDK i IRRD: Marko Perućić

Grafitička obrada: Branko Zhamalik

Časopis izlazi mjesečno.

Tisak: NIŠKO »Vjesnik« — OOUR TMG — Pogan VŠ
Časopis izdaje Savez društava za ceste Hrvatske, Zagreb, Vorničina ulica 3, tel. 445-422/63, pošt. pret. 673, žiro-račun 30102-678-271

Postupci izračunavanja kolničkih konstrukcija

I pored toga, što se generalni postupak dimenzioniranja jedne strukture kolničke konstrukcije danas, zahvaljujući učinjenom napretku, ne razlikuje mnogo od dimenzioniranja ostalih inženjerskih struktura (jer se konačno radi o određivanju napona i deformacija u materijalu i poredenju tih vrijednosti s dozvoljenim), dimenzioniranje strukture kolnika sadrži mnogobrojne posebnosti i, recimo to odmah, posebne teškoće. Ovaj rad ima cilj da te posebnosti i teškoće objasni, na nivou aktualnih saznanja mehanike kolnika.

Potrebno je prije svega, načiniti i uočiti razliku između dva tipa struktura kolničkih konstrukcija koje se esencijalno razlikuju:

— tradicionalne strukture, u kojima je nosivi sloj izgrađen od nevezanih zmatih kamenih materijala. Ovi materijali imaju malu krutost i ne mogu podnijeti napon zatezanja. Vertikalni naponi na tlu u posteljici su najznačajniji naponi dimenzioniranja ovakvih struktura i bitno njihovo obilježje.

— kolničke strukture čiji su nosivi slojevi obradeni dodatkom različitih vrsta veziva i koji zbog toga imaju znatno povećanu krutost (više desetina i često stotinu puta) od tla u posteljici, i izraženu sposobnost prijema napona zatezanja. U ovakvim tipovima konstrukcija, to su upravo ti naponi zatezanja od savijanja u donjoj bazi nosivih slojeva koji određuju i trajnost konstrukcije.

Da bi se pojednostavio problem, danas se uspješno mogu izdvojiti dva različita pristupa dimenzioniranju oba tipa struktura konstrukcije:

I. EMPIRIJSKI PRISTUP

Ovaj pristup zasniiva se na rezultatima praćenja ponašanja izgrađenih (eksperimentalnih) cesta. Postupak donošenja zaključaka je uobičajeno sljedeći: prethodno se utvrdjuje kriterij kojim se definira isitek projektnog vijeka konstrukcije pod koji se podvode sva zapažanja izgrađenih eksperimentalnih dionica. U okviru izabrane populacije prvobitnih dionica, koristeći u najvećem stepenu statističke postupke multivarijacijske analize, ustanovljavaju se odnosi između utvrđenog kriterija trajnosti s jedne strane i geometrijskih karakteristika i mehaničkih svojstava korištenih materijala s druge strane. Često se, također, utvrđuju zapažani odnosi između globalnog životnog vijeka konstrukcije i općih mehaničkih svojstava strukture i tla u posteljici, što kasnije predstavlja osnovu svih metoda defleksija, na primjer.

Ovakva shema istraživanja primijenjena je u okviru velikog američkog AASHO testa, a britanska istraživanja cesta u pravoj razmjeri poznata pod imenom ALON-BURY HILL također odgovaraju ovakvom pristupu.

Ovakav empirijski pristup sadrži u sebi i određen broj nepododbnosti:

— Da bi se dobili naučni i stručno valjani rezultati o utjecaju mnogobrojnih parametara, kao što su debljina na pojedinih slojevima i kvaliteta materijala, nužan je vrlo veliki broj probnih dionica, čija je cijena izgradnje ekstremno velika. Najvredniji rezultati, kod toga, obično su samo oni koji se odnose na: procjenu uloge debljine slojeva na eksploatacijske karakteristike konstrukcije;

isti a kih

CASOPIS ZA PROJEKTIRANJE,
GRABENJE, ODRŽAVANJE I
TEHNIČKO-EKONOMSKA
PITANJA CESTA, MOSTOVA
I AERODROMA

SADRŽAJ

Dr. Zoran Radajković, Beograd
Aktualni trenutak saznanja o
pouzdanosti i mogućnostima
empirijskih i teorijskih postupaka
sračunavanja kolničkih
konstrukcija

— pregledni rad 177

Dušan Ilkić, Beograd
Kompijuterski program BISAR
— viseslojni sistem ispod normalnog i tangencijalnog opterećenja od D. L. de Jong, M. G. F. Peutz i A. R. Korswa-
gen

— pregledni rad 181

Miroslav Stefanović, Beograd
Temperatura u asfaltnim slojevima kolničke konstrukcije kao
utjecajni faktor predviđanja
mehaničkog ponašanja i oštećenja kolničke konstrukcije
— stručni rad 185

kvu formu prikazivanja racionalnog proračuna izabrao je, na primjer SHELL u svojoj novoj metodi. Usprkos određenim ograničenjima kod izbora pojedinih parametara dimenzioniranja, osobito onih koji se odnose na materijale, volumen ove metode je impozantan; nova SHELL-ova metoda broji naime 350 stranica.

— Posljednja mogućnost prikazivanja rezultata racionalnog proračuna je ustanovljavanje kataloga strukturalnih kolničkih konstrukcija, i to za široke raspone u klasičnih uvjetima, standardizirane materijale i određene klase prometnog opterećenja.

Ovaj način predstavljanja dobro je adaptiran potrebama jedne zemlje ili regije. Taj način izabrala je francuska cestovna administracija počev od 1971. godine, kada je ustanovljen prvi katalog kolničkih konstrukcija u ovoj zemlji.

Vratimo se na verifikaciju jedne prethodno zadane kolničke strukture, prema teoretskom rješenju. Sam ovaj proračun strukture također sadrži u sebi određeni broj fundamentalnih specifičnosti i poteškoća na koje bismo željeli ukazati.

1. Prva specifičnost sadrži se u definiranju cilja koji je postavljeno kolniku koji se želi sračunati; ovo definiranje je nužno da bi se odredili dozvoljeni naponi u materijalima strukture. Najjednostavnija formulacija cilja bila bi da se kaže kako bi se želio sračunati kolnik za zadani životni vijek, na primjer 15 godina.

Može se odmah zapaziti da ovako formuliran cilj dimenzioniranja nije osobito operativan, jer se nikada ne dozvoljava degradacija konstrukcije do kraja njenih sposobnosti ili isteka životnog vijeka, a da se u međuvremenu ne primijene radovi održavanja koji će taj vijek produžiti. Na taj način pokazana je nužnost jedne operativne metode dimenzioniranja koja bi omogućila predviđanje prirode i datuma različitih radova održavanja konstrukcije, i koja bi, u isto vrijeme, vodila računa i o efektu tih radova na produženje životnog vijeka, (utjecaj progresivnog održavanja — »presvlačenje« na ponašanje strukture). Takve metode za sada nema.

Ukoliko se zadržimo na fiksnom »životnom vijeku« kao cilju dimenzioniranja konstrukcije, potrebno bi bilo definirati i to što se pod tim vijekom precizno podrazumijeva. Svakako ne kompletno propadanje strukture. Može se, na primjer, istek »životnog vijeka«, definirati kao moment razvoja pukotina u površini kolnika ili kolotraga takav da ove degradacije i deformacije budu zastupljene na 10% površine. Može se također ovom problemu dati i karakter vjerojatnoće, takvo da se pojavu oštećenja bude manja od jedne unaprijed fiksirane vrijednosti. Ostajući potpuno u istoj ideji cilja dimenzioniranja, američki program VESYS, formulira ovaj cilj na jedan kompletniji i potpuniji način: stanje konstrukcije u nekom trenutku karakterizira se indeksom PSI (Present Serviceability Index), koji na empirijski način, sadrži u sebi kombinaciju različitih parametara oštećenja konstrukcije kao što su ravnost, proporcije površine kolnika zahvaćene pukotinama od zamora, dubine kolotraga, itd. Ovaj indeks, na taj način, povezuje se s kvalitetom usluge koji kolnička površina osigurava korisnicima.

trebno je odrediti na najbolji mogući način (što može podrazumijevati i najekonomičnija rješenja) materijale koji se mogu koristiti, vodeći računa o njihovoj otpornosti na utjecaje i klime, kao i o tehnološkim specifičnostima gradnje svakog od njih.

U ovoj fazi, pored toga, potrebno je odgovoriti i na sljedeća važna pitanja:

— kojom debljinom asfaltnih slojeva treba zaštititi nosive slojeve stabilizacija s hidrauličnim vezivima;

— mogu li se dozvoliti pukotine na površini kolnika kao posljedica termičkih efekata u hidrauličnim stabilizacijama;

— materije li se dozvoliti nosivi sloj od nevezanog kamenog materijala, ili se ti slojevi moraju stabilizirati različitim vezivima;

— na koji nivo strukture treba postaviti međuslojni kontakt donjeg i gornjeg nosivog sloja, osobito u slučaju korištenja dvaju različitih materijala (slučaj mješovitih — »spregnutih konstrukcija«).

U ovoj fazi koncepcije konstrukcije treba također postaviti razliku o tehnološkim mogućnostima izvođenja;

— da li će nosivi sloj stabiliziran hidrauličnim vezivom moći bez oštećenja da podnese gradilišni promet, potreban u fazi izrade završnih slojeva kolnika.

— treba li smanjiti broj slojeva i međuslojnih kontakata koji predstavljaju slaba mjesta konstrukcije, ili, naprotiv, treba li taj broj povećati da bi se dobila što bolja ravnost površine.

Za odluke u ovoj prethodnoj fazi projektiranja, metode dimenzioniranja ne mogu mnogo pomoći, jer one i nemaju za cilj donošenje odluke između različitih mogućih koncepcija. Stoviše, neki problemi ne mogu se obuhvatiti proračunom, a drugi ekstremno zavise od izbora političke — odnosno ekonomske prirode.

Način na koji se ove metode dimenzioniranja »nude« svojim korisnicima karakterizira se njihovom uspješnošću i mogućnošću lake primjene.

Kod ovoga su moguće različite forme:

— Može se raditi o verifikaciji prethodne strukture kroz formu numeričkog programa ili korištenjem više podprograma kada se problem dimenzioniranja uvijek shvaća kao pojedinačni slučaj sa svojim ulaznim parametrima. Primjer: Program VESYS federalne cestovne administracije Amerike. Nepovoljnost jedne takve metode ogleda se u vrlo velikom broju kvantificiranih podataka potrebnih za proračun. U spomenuti program potrebno je unijeti više od trideset nezavisno promjenjivih veličina koje je nužno prethodno odrediti, specijalno za dimenzioniranje jednog datog kolnika, što je vrlo skupo.

Određivanje svih tih veličina u potrebnom obliku, i to za svaki poseban problem dimenzioniranja, čini se pomalo iluzornim.

— Verifikacija se može također izvesti pomoću prethodno sračunanih dijagrama dimenzioniranja proizvedenih kao posljedice fundamentalnih proračuna, koji omogućavaju direktan izbor strukture u vrlo širokim granicama promjene klime, materijala i prometa. Takvo predstavljanje teoretskih proračuna vrlo je interesantno i značajno ukoliko se predviđaju česte i značajne promjene spomenutih utjecajnih veličina. Ova-

— Vrijeme dobivanja odgovora na postavljene ciljeve istraživanja je vrlo dugo, jer se ne može uvesti uspješno ubrzanje djelovanja prometnog opterećenja, a svaka ekstrapolacija je, u tom smislu, izvan izmjerljivih utjecaja, čini se hazardnom.

— Na kraju, odnosi i zaključci dobijeni na ovaj način (statističkom analizom) mogu se uspješno primijeniti samo na protučavane materijale, zadane klimatske uvjete, i tla u posteljici koja su se odnosila na eksperimenter.

II TEORETSKI PRISTUP

U ovom pristupu potrebno je prethodno ustanoviti model kolničke konstrukcije koji na najbolji mogući način simulira njeno stvarno ponašanje. Uz pomoć tog matematičkog modela sračunavaju se naponi i deformacije u pojedinim slojevima i tlu u posteljici, pod utjecajem prometnog opterećenja. Ove sračunate veličine na kraju se porede s dozvoljenim vrijednostima. Ovdje se, dakle, radi o »mehanističkom« pristupu problemu, pri kome se koriste određena pravila mehanike kolnika.

Jedan dio proračuna obavlja se, znači, uz pomoć matematičkog modela koji je vrlo mnogo napredovao posljednjih 15 godina, zahvaljujući u prvom redu burnom razvoju računске tehnike.

Neki od najsuvremenijih modela nalaze se i u našoj zemlji spremni u svemu za eksploataciju. Institut za puteve, Građevinski fakultet u Beogradu kao i Građevinski institut u Zagrebu za veliki dio svojih problema koriste računski program »BISAR« nizozemskog SHELL-laboratorija. Međutim, ovi programi ne sadrže u sebi i najznačajniji dio svakog dimenzioniranja, tj. mogućnost određivanja mehaničkih svojstava materijala, te samim tim predstavlja tek potreban, ali ne i dovoljan uvjet racionalnog dimenzioniranja.

Mehanička verifikacija strukture kod teoretskih proračuna zasniva se na dvjema komplementarnim provjerama:

— Verifikacija u pogledu određivanja loma od zamora; provjerava se zahijev da se lom od zamora ne smije dogoditi prije kraja željenog »životnog vijeka« konstrukcije; ili, također, da li se pukotina od zamora, ako se već pojavila, može u tom željenom vijeku reperfuzirati na nepravilnost vozne površine;

— Verifikacija u pogledu trajnih deformacija kolničke površine; provjerava se da li trajne deformacije pojedinih slojeva i tla u posteljici ne dovode do ekscitivnih deformacija vozne površine i znatnije pojave kolotraga i neregularne ravnosti prije kraja željenog »životnog vijeka konstrukcije«.

Između ove dva sasvim različita pristupa dimenzioniranja (empirijski i teoretski — racionalni) nalaze se polupempirijske metode, kao metode CBR.

U daljnim razmatranjima zadržat ćemo se na teorijskim-racionalnim metodama proračuna. U pogledu čistog dimenzioniranja, izdvajaju se jasno dvije esencijalne faze:

— prethodna pretpostavka strukture;

— način predstavljanja rezultata da bi oni bili spremni za lakše korištenje.

Kako smo već konstatovali, ove metode zahtijevaju prethodnu pretpostavku strukture, što predstavlja jednu od najznačajnijih faza proračuna. U ovoj fazi, naime, po-

— granitno stanje kolničke konstrukcije (maksimalna dozvoljena vrijednost indeksa PSI)

— vjerojatnoća da to granitno stanje može biti postignuto (što određuje i rizik dimenzioniranja) i

— željeni »životni« ili projektni vijek konstrukcije.

Ovdje odmah treba zapaziti da vjerojatnoća pojavljivanja oštećenja mora imati male vrijednosti, što kao posljedicu ima i nešto povećane cijene konstrukcije u odnosu na uobičajene vrijednosti. Za razliku od ostalih inženjerskih struktura, dimenzioniranje kolničkih konstrukcija nema za cilj da se pojavi degradacija struktura učini najmanje moguće vjerojatnom, nego da ih učini kompatibilnim s normalnim održavanjem.

U dimenzioniranju kolničkih konstrukcija ostaje se, dakle, vrlo blizu loma, što ne čini problem lakšim (istina je, naprotiv, da su posljedice grešaka manje značajne).

2. Prethodna diskusija imala je za cilj da evidentira jednu drugu posebnost dimenzioniranja kolničkih konstrukcija, to je karakter vjerojatnoće problema. Na kraju, uz to svojstva tla u posteljici i ostalih materijala konstrukcije, kako je poznato, vrlo su promjenljiva, lom od zamora je promjenljiv fenomen, opterećenja konstrukcije slučajna, a debljina slojeva konstrukcije daleko je od toga da bude konstantna.

Može se govoriti i o značajnim proporcijama ovih dimenzija, osobito u vrijeme gradnje, kao funkcije tehnoloških mogućnosti izvođenja i pažnje kod ugradivanja. Na taj način i kvaliteta izvođenja i kontrola te kvalitete postaju parametri, nepredvidivi, dimenzioniranja.

Ne može se, naime, uspješno dimenzionirati kolničku konstrukciju ukoliko se ne može predvidjeti i kvaliteta izvođenja, ukoliko ta kvaliteta nije osigurana, dimenzioniranje konstrukcije nije važeće.

3. Slijedeću specifičnost i ekstremno značajnu činjenicu u dimenzioniranju predstavljaju parametri okolice konstrukcija u eksploataciji; sadržina vode u tlu bitno određuje njegova mehanička svojstva, temperatura ima ekstremno značenje na mehanička svojstva asfaltnih materijala i dominantnu ulogu na pukotine u stabilizacijama s hidrauličnim vezivima. Ovi uvjeti su promjenljivi tokom životnog vijeka konstrukcije, i to na jedan način koji je teško predvidjeti.

4. Uvjeti opterećenja konstrukcije, osobito od teških teretnih vozila su također vrlo kompleksna pojava. Oni se ne mogu, kao u konvencionalnim inženjerskim konstrukcijama, usvojiti na isti način. Ovdje treba povećati račun o kompletnoj distribuciji opterećenja na konstrukciju i pri tom utvrditi utjecaj različitih težina. Ovo postavlja novi problem vidljiv u predviđanju

prometnog opterećenja za vrijeme »životnog vijeka« konstrukcije, kao i problem što preciznijeg poznavanja kompozicije tog opterećenja.

5. Kada su svi ovi parametri dimenzioniranja proučeni i kvantificirani po svojim vrijednostima, proračun, u pravom smislu riječi, također je vrlo kompleksan.

Promjene tenzora naprezanja na različitim nivoima višeslojnog sistema su također vrlo kompleksne. Uprućenja i određene aproksimacije su nužne, i to je ono što predstavlja modeliranje problema, u smislu da se predviđaju naponi i deformacije koji se pojavljuju u različitim nivoima konstrukcije pod opterećenjem, a potom, da bi se predviđelo ponašanje materijala pod tim naponima i deformacijama.

Modeliranje ovih graničnih uvjeta predstavlja posebnu teškoću, bilo za dobijanje graničnih vrijednosti u pojedinim slojevima, bilo za pojavu pukotina od skupljanja u slojevima materijala stabiliziranih hidrauličnim vezivima.

Osobito težak problem predstavlja modeliranje mehaničkog ponašanja materijala, pri čemu su neke aproksimacije također nužne. Granične sposobnosti materijala kolničke konstrukcije (na primjer odnosi između zadanog napona i životnog vijeka materijala) određuju se laboratorijskim ispitivanjem na uzorcima, pri čemu se dosta nepouzdanost mogu simulirati uvjeti realnog opterećenja. S druge strane, u mehanici loma je poznato da otpornost materijala na lom i granični naponi pri tom zavise od geometrijskog oblika uzorka, načina opterećenja itd. Ima, dakle, vrlo malo šansi da se granični naponi na uzorak, kako su izučeni u laboratorijskim uvjetima, mogu uspješno koristiti u modelima proračuna. Sto se tiče materijala u kojima je vezivo bitumen, jedan drugi fenomen još više otežava direktno korištenje rezultata laboratorijskog ispitivanja; to je utjecaj vremena rasterećenja koji se ne može uspješno simulirati u laboratoriju, a koji po-

Postupci izračunavanja kolničkih konstrukcija

stoji u realnosti, i koji može, kako je poznato, uvećati za 20 puta broj ciklusa opterećenja zadane amplitude do loma.

6. Spomenute kompleksnosti i teškoće, kao i aproksimacije koje su nužne, čine nužnim da se za primjenu neke teoretske metode, verifikacija mora obaviti na osnovi rezultata praćenja konstrukcija u eksploataciji. Prva faza modela, ona koja se odnosi na predviđanje rasprostiranja naprezanja i deformacija u različitim slojevima konstrukcije, može se provjeriti uz pomoć konkretnih rezultata mjerenja (ugradivanjem mjernih traka, na primjer).

Podaci o ponašanju izgrađenih konstrukcija mogu imati značajan doprinos u proučavanju »slaganja« s matematičkim modelima: za svaki tip strukture i za zadane uvjete prometnog opterećenja i tla u postelji ili, utvrđuje se duljina životnog vijeka konstrukcije, ili, što je još bolje za jednu određenu cestovnu mrežu, čije su konstrukcije dimenzionirane, teoretski mogu se odrediti dozvoljena naprezanja u pojedinim materijalima.

Bilo koji oblik praćenja da se usvoji, to praćenje ponašanja konstrukcija ostaje nezamjenjiv podatak, jer je pravilna rješenja moguće donijeti samo poslije završenog ciklusa: teoretsko dimenzioniranje — rezultati mehaničkog ponašanja na izgrađenim dionicima, i to je osnovni uvjet napretka svih metoda dimenzioniranja.

U našoj zemlji problem dimenzioniranja kolničkih konstrukcija uobičajeno se obuhvaća i tretira empirijskim, sada se slobodno može reći, više nevažnim postupcima, a od teoretskog dimenzioniranja, shodno mogućnostima koje imamo, samo nas dijeli nepotpuna opremljenost cestovnih laboratorija za fundamentalna ispitivanja naših cestogradevinskih materijala, i mnogo više razumijevanja onih koji su u prvom redu zaduženi za probleme cestovne privrede.

Dr Zoran RAĐOKOVIĆ

AKTUALNI TRENUTAK SAZNAVANJA O POUZDANOSTI I MOGUĆNOSTI EMPIRIJSKIH I TEORETSKIH POSTUPAKA IZRACUNAVANJA KOLNIČKIH KONSTRUKCIJA

Dimenzioniranje kolničke konstrukcije ne razlikuje se mnogo od dimenzioniranja ostalih inženjerskih struktura.

Autor razlikuje dva osnovna tipa struktura kolničkih konstrukcija:

— tradicionalne strukture, u kojima je nosivi sloj izgrađen od nevezanih zrnatih kamenih materijala, i

— kolničke strukture čiji su nosivi slojevi obrađeni dodatkom različitih vrsta veziva.

U svrhu pojednostavljenja problema, autor izdvaja dva različita pristupa dimenzioniranju spomenutih tipova struktura konstrukcije: empirijski i teoretski pristup.



Kompiuterski program BISAR razvijen je u SHELL-laboratoriju iz Amsterdama za proračunavanje napona, deformacija i pomjeranja u elastičnim višeslojnim sistemima, ispod djelovanja jednog ili više ujednačenih kružnih opterećenja. Program je logičko proširenje ranije razvijenog programa BISTRO (Bitumen Structures in Roads — Bitumenske konstrukcije u putovima), koji je bio ograničen na moguće samo normalno opterećenje i simulirao je popuno prljanjanje između slojeva. U BISAR (Bitumen Stress Analysis in Roads — Bitumensko-naponska analiza u putovima) programu može biti dozvoljeno slojevima da kižu jedni preko drugih, a opterećenje može biti kombinacija djelovanja normalnih i tangencijalnih napona.

U projektiranju kolničkih konstrukcija, suštinski korak je procjena napona i deformacija koji su pogodni da budu izazvani od predviđenog prometnog opterećenja. U ovakvim analizama napona i deformacija bilo je nemoguće uključiti sve osobine kolničke konstrukcije što je uvjetovalo da se usvoji pojednostavljen model kolničke konstrukcije. Većina metoda koje analiziraju napone i deformacije u kolničkim konstrukcijama uzimaju da je to sistem od homogenih slojeva ujednačenih debljina koji su neograničeni u horizontalnom pravcu i da su položeni preko polubeskonačnog masiva, posteljice. Ako ovo me dodamo još i to, da slojevi i posteljica imaju nejasan odgovor na prometno opterećenje, tada se višeslojnom sistemu posvećuje posebna analiza za napon i deformaciju.

Kompiuterski program BISAR - višeslojni sistem ispod normalnog i tangencijalnog površinskog opterećenja od D. L. de Jong, M. G. F. Peutz i A. R. Korswagen

Dušan ILKIĆ, dipl. inž.

Institut za puteve, Beograd

Pregledni rad

UDK 625.885.3 : 624.011.96 : 681.83.06

IRRD 22

Program BISTRO ne uključuje dva važna praktična aspekta, koji su u načelu u opsegu tumačenja kolničke konstrukcije kao elastičnog višeslojnog sistema:

— Kolnička konstrukcija je podvignuta i tangencijalnom opterećenju, tipičnom za kočenje ili ubrzanje od prometa. Prometno opterećenje s konstantnom brzinom daje povod za neke važne promjene u raspodjeli napona, kad djeluju zajedno normalno i tangencijalno opterećenje.

Analiza osnosimetričnog problema jednog elastičnog višeslojnog sistema izloženog ujednačeno normalnom opterećenju preko kružne vanjske površine dana od BURNMISTER-a* (1943), pokazuje da naponi, deformacije i pomjeranja na bilo kom mjestu mogu biti izraženi u transformaciji integralnih funkcija koje moraju biti određene graničnim i međuslojnim uvjetima. BURNMISTER je svojim radom podstakao pojavljivanje brojnih tabela $3 \times 3 \times 7 \times 8$ s proračunanim naponima, deformacijama i pomjeranjima za različite višeslojne sisteme. Ali, za proračun raspodjele napona u svim tipovima kolničkih konstrukcija, ispod svih tipova uvjeta opterećenja, kompiuterski program je bio opravdaniji nego korištenje tabela.

Opravednost postojanja kompiuterskog programa je bio povod da su PEUTZ, JONES i VAN KEMPEN^{3, 4, 5, 6} prije više godina razvili BISTRO (Bitumen Structures in Roads — Bitumenske konstrukcije u putovima) program. Program računava napon, deformaciju i pomjeranje na svakom mjestu u višeslojnom sistemu, s neograničenim brojem slojeva, izloženog jednom ili više normalnih kružnih opterećenja.

Kasnije je program BISTRO bio opremljen s nekim numeričkim proširenjima, jer su transformirani integrali vrlo loše konvergirali za mjesta blizu površine i za sisteme čiji su gornji slojevi relativno tanki u odnosu na dimenzije opterećenja.