

CESTE I MOSTOV

Vol. 28

Zagreb, 1982.

Broj 3



1. Uvod

Lukovi mosta kopno—otok Krk građeni su originalnim konzolnim postupkom I. Stojadinovića (5), (6) i periodu od 1978. do 1980. Most je pušten u promet u srpnju 1980. Uzdužna dispozicija mosta prikazana je na skici 1. a poprečni presjek lukova na skici 2. Kako za izgradnju lukova nije korištena skela nego dva kabel-krana nosivosti po 10 tona, lukovi su sastavljeni iz mnogo malih elemenata izvedenih na obali, dopremljenih morskim putem te spojenih betoniranjem na licu mjesta u sandučasti lučni most. Zbog veličine građevinskog poduhvata bilo je neizbježno da se u nosivu konstrukciju lukova ugrađuju cementni različište starosti, različitih čvrstoća i deformacijskih osobina, te da pojedini elementi dolaze u puno naponsko stanje kod različite starosti. Sukcesivno korigiranje linije lukova, kao i izvedba lukova u dvije vremenske udaljene faze (prvo srednjeg sanduka, a onda vanjskih rebara), a zatim naknadno montiranje kolničke konstrukcije znatno otežavaju sagledavanje utjecaja puzanja i skupljanja betona.

Pokusnim opterećenjem mosta prije njegovog puštanja u promet (1), (3), potvrđeno je gotovo potpuno elastično ponašanje lukova. Zaostali, trajni pomaci i deformacije bili su neznatni i iznosili su svega nekoliko postotaka od izmjerjenih.

Zbog važnosti i veličine mosta kao i zbog uočnog efekta puzanja na lučnim mostovima u svijetu i kod nas, te mogućnosti da u toku više godina dođe do denivelacije za više desetaka centimetara, projektant je predvidio povremeno konigriranje nivele (dizanje mosta). Zbog toga su u tjemenu lukova ostavljene hidraulične preše. Položaj tih preša u luku raspone 390 m prikazuje skica 3.

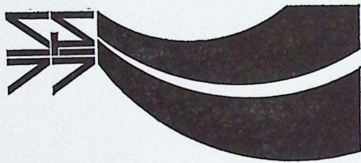
2. Ispitivanja skupljanja i puzanja betona prije i u toku građenja mosta

U toku prethodnog projektiranja sasiava betona za izradu lukova (4) posvetila se velika pažnja ispitivanju skupljanja i puzanja betona. Da bi se dobili što vjerodostojniji rezultati koji opisuju stvarno ponašanje betona u konstrukciji u uvjetima skupljanja i puzanja, prišlo se u laboratoriju izradi armiranih uzoraka kao alternativa nearmiranih koji su se do tada isključivo upotrebljavali za ispitivanje skupljanja i puzanja. Plan armiranja uzorka prizme dimenzija $20 \times 20 \times 60$ cm uz $1,2\%$ armature prikazan je na skici 4.

Kako se u fazi prethodnih radova, kada su se provodila ova ispitivanja, nije još znao vremenski slijed izrade i montaže elemenata u lukove, odabrana je kao vjerodostojna mogućnost da beton u nekom dijelu konstrukcije dođe pod puno naponsko stanje već nakon 7 dana od izrade. Kao druga vremenska granica opterećivanja uzorka za ispitivanje puzanja bila je 28 dana. S obzirom na visoku zahtjevanu kvalitetu betona elemenata luka MB-500 utvrđeno je da se uzorci tlačno optereće s 15 N/mm^2 .

Armirani i nearmirani uzorci izrađeni su, u laboratoriju, od betona čiji je sastav odabran za buduće elemente luka. Tlačna čvrstoća betona u času opterećivanja iznosila je za prvu seriju ispitivanja na 7 dana $47,5 \text{ N/mm}^2$ a za drugu na 28 dana $55,5 \text{ N/mm}^2$. Uvjeti okoline uzorka pri ispitivanju bili su: temperatura zraka $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ i vlažnost $60-70 \%$. Mjerenje skupljanja i puzanja betona trajalo je nešto više od 6 mjeseci.

CESTEMOSIOM
GLASILO SAVEZA DRUŠTAVA
ZA CESTE HRVATSKE I
SAVEZA DRUŠTAVA ZA
PUTOVE JUGOSLAVIJE



CASOPIS ZA PROJEKIRANJE,
GRAĐENJE, ODRŽAVANJE I
TEHNIČKO-EKONOMSKA
PITANJA CESTA, MOSTOVA
I AERODROMA

SADRŽAJ

Prof. dr Dražen Aničić
Mr Irma Halavanja, Zagreb
Most: kopno — otok Krk, dugotrajno opušanje deformacija i pomaka 65 — stručni rad

Prof. dr Franko Rošim, Zagreb
Tehnički i sigurnosni elementi zapreznog vozila pri kretanju u cestovnom prometu 71 — stručni rad

Mr Aleksandar Lepavcovic, Skopje
Neka razmišljanja o utjecaju nafne krize na daljnji razvoj cesta u Jugoslaviji 79 — pregledni rad

Prikazi knjiga 82
Kongresi savjetovanja, izložbe 83

POZIV NA KOLEKTIVNO UČLANJENJE

Časopis »Ceste i mostovik« izdaje Savez društava za ceste Hrvatske, član Saveza društava za putove 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 mostovik« da upoznaje članstvo s najnovijim dostignućima i iskustvima u projektiranju, gradnji, održavanju i svim akcijama na unapređenju cestovne mreže.

Kolektivna članarina određuje se suzajmno veličini i značenju poduzeća kolektivnog člana, a najniža može iznositi 1.600 dinara.

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

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

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

Člana oglasa: omlatna stranica — 6.000.— dinara; unutarnja 1/1 — 5.000.— dinara, 1/2 — 3.600.— dinara, 1/4 — 2.300.— dinara; inozemni oglasi: 1/1 — 660 US dolara, 1/2 — 500 US dolara, 1/4 — 330 US dolara.

Urednički odbor:

Prof. Mladen Lamer, dipl. inž., Zagreb, glavni i odgovorni urednik, Dr. Darko Milinarić, dipl. inž., Zagreb, zamjenik glavnog i odgovornog urednika, mr. Branimir Bobić, dipl. inž., Zagreb, mr. Jovo Bescić, dipl. inž., Zagreb, Dušan Deković, dipl. inž., Rijeka, Kresimir Dugi, dipl. inž., Osijek, Endy Jakić, dipl. inž., Split, Stanko Kovac, dipl. inž., Zagreb, mr. Ivan Lović, dipl. oec., Zagreb, Tomislav Megić, dipl. inž., Zagreb, Josip Novak, dipl. inž., Zagreb, Branka Perović, dipl. inž., Zagreb, Zvonko Pilko, dipl. inž., Zagreb, Erna Prigec, dipl. oec., Zagreb, dr. Zdravko Ramljak, dipl. inž., Zagreb, Josip Sekopeć, dipl. inž., Zagreb, Karlo Telen, inž., Zagreb, Vladimir Weber, dipl. inž., Zagreb, Tehnički urednik: Mirjana Zec, prof.

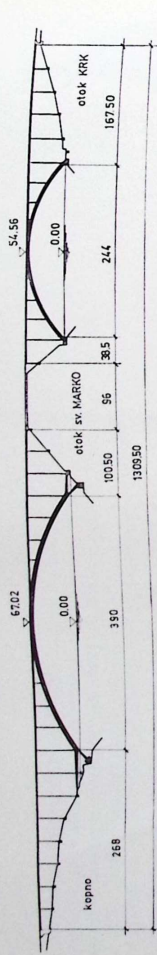
Klasifikacija i indeksiranje po UDK i IRKD: Marko Perućić

Grafička obrada: Branko Zlamalik

Časopis izlazi mjesečno.

Tisak: NISRO »Vjesnik« — OOUR TMG — Pogon VS

Časopis izdaje Savez društava za ceste Hrvatske, Zagreb, Vontčina ulica 3, tel. 415-422/63, poš. pret. 673, žiro-račun 30102-678-271



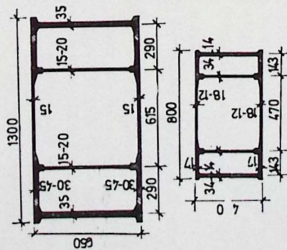
Skica 1 — Uzdužna dispozicija mosta

Grafički prikaz deformacija betona uslijed skupljanja i pužanja za obje serije ispitivanja dan je u dijagramu na skici 5.

Rezultati ispitivanja su pokazali da se u toku izvođenja mogu očekivati ukupne deformacije (skupljanje + pužanje) betona u vrijednosti od 1,2‰ za nearmirani odnosno 0,85‰ za armirani beton unutar navedenog perioda promatranja i uvjeta okolice.

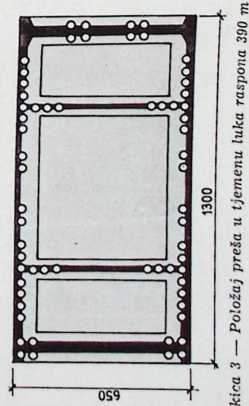
Jasno je da su deformacije samo uslijed pužanja veće kod uzorka opterećenog nakon 7 dana starosti betona u odnosu na 28 dana.

Deformacije nearmiranih uzoraka, opterećenih nakon 7 dana, iznosile su 1‰ u onih opterećenih nakon 28 dana 0,87‰. Odgovarajuće vrijednosti za armirane uzorke bile su 0,69‰ i 0,63‰.



Skica 2 — Poprečni presjeci lukova

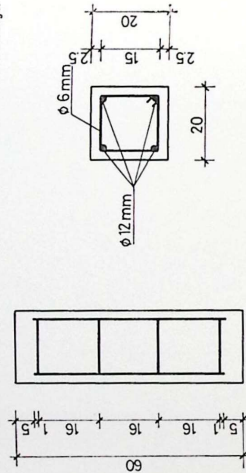
U toku izvođenja se pokazalo, da pojedini elementi dolaze u puno naponsko stanje pri različitoj starosti betona. Da bi se pratio taj proces izvođenja, izrađen je novi program ispitivanja pužanja kod kojega beton unutar nekog vremena postupno dolazi do punog opterećenja. Plan opterećivanja je bio slijedeći: kod starosti od 12 dana opteretiti beton s 1 N/mm², kod 28 dana s 2,5 N/mm², kod 40 dana s 4 N/mm² te nakon svakih daljnjih 15 dana



Skica 3 — Položaj preša u ljemenu luka raspona 390 m

povećavati opterećenje za 1,5 N/mm², tako da se kod starosti od 100 dana dostigne puno opterećenje od 10 N/mm².

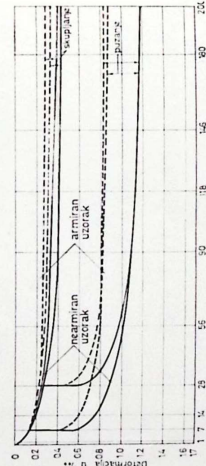
Uzoreci betona istih dimenzija kao na skici 4 bili su nearmirani spravljeni na gradilištu u toku izvođenja



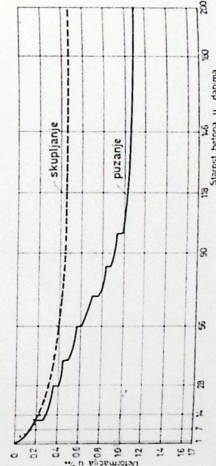
Skica 4 — Plan armiranja uzoraka za pužanje

elemenata lukova. Ispitivanje pužanja i skupljanja provedeno je u istim uvjetima okolice i vremenskom trajanju kao u prethodno opisanom pokusu. 28-dnevna tlačna čvrstoća ispitivanja betona iznosila je 58 N/mm².

Izmjerene ukupne deformacije betona prikazano u slici 6 iznose 1,1‰ što je praktički jednako rezultatu iz prethodnih ispitivanja (1,2‰) postignutom kod 50‰ većeg opterećenja, tj. 15 N/mm². To je navodilo na zaključak da se u gradilišnim uvjetima mogu očekivati veće



Skica 5 — Deformacije betona — prethodna ispitivanja



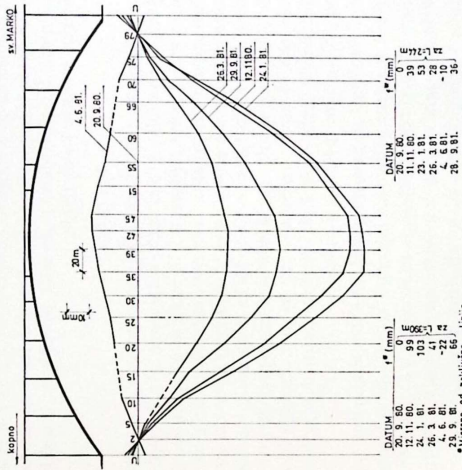
Skica 6 — Deformacije betona — postupno opterećivanih uzoraka

ukupne deformacije uslijed pužanja i skupljanja od prvobitno predviđenih.

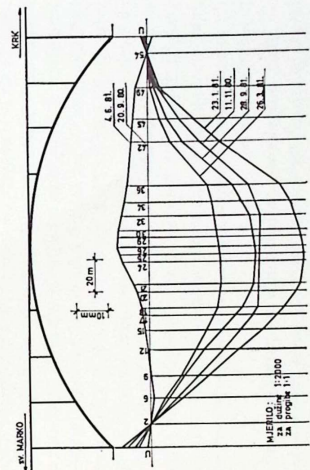
3. Opažanje pomaka nivelele nakon otvorenja mosta

Nakon otvorenja mosta utvrđen je program višegodišnjeg opažanja. Planirano je da se most promatra u toku pet godina od puštanja u promet, a da učestalost promatranja u toku prve godine bude veća (4—6 mjerenja) te da se u idućim godinama smanji na 2—3 mjerenja godišnje.

Ovdje se prikazuju rezultati mjerenja u toku prve godine nakon otvorenja mosta od rujna 1980. do rujna 1981. Za dugotrajno opažanje pomaka instaliran je na mostu sistem stalnih točaka — repere. Na svakom mostu postoje dva nezavisna sistema. Jedan sistem čine reperti u lukovima — čelične zakovice zavarane na poprečnim čeličnim okvirima na međusobnoj udaljenosti od 5 metara. Drugi sistem čine reperti u obliku mjetedenih štapica učvršćenih epoksidnom smolom u rupe izbušene u betonu na kolničkoj konstrukciji. Postoje dvije paralelne linije



Skica 7 — Pomaci betonskih lukova — prva godina nakon otvorenja



Skica 8 — Pomaci malog luka — prva godina nakon otvorenja

TABLICA 1.
Srednje temperature zraka na dan mjerenja

Da tum	t (°C)
20. 9. 80.	19,8
11. 11. 80.	3,2
12. 11. 80.	6,7
23. 1. 81.	4,2
24. 1. 81.	4,9
26. 3. 81.	12,5
4. 6. 81.	21,4
28. 9. 81.	15,1
29. 9. 81.	15,4

približno uz rub lijeve i desne pješake staze, a u uzdužnom smjeru iznad stupova.

Na ovim reperima mjere se vertikalni pomaci. Za mjerenja se koriste instrumenti čije su dobre osobine dokazane u višegodišnjem radu na ispitivanju mostova. To su niveliри tipa Wild NA2 i Wild N3. Tehničke karakteristike instrumenta Wild NA2 jesu: povećanje durbina 30×, automatsko horizontaliranje vizurne osi durbina s posebnim uređajem za kontrolu rada kompenzatora. Vrijednost najmanje podjele bubnja optičkog mikrometra iznosi 1/10 mm. Instrument Wild N3 ima povećanje durbina 42×, a ostale karakteristike slične. Uz instrumente koriste se invarne letve s dvostrukom centimetarskom podjelom.

Horizontalni pomaci mjereni su na mjestima oslanjanja lukova s posebno izgrađenih stanica za mjerenje pomaka pomoću geodetskih instrumenata.

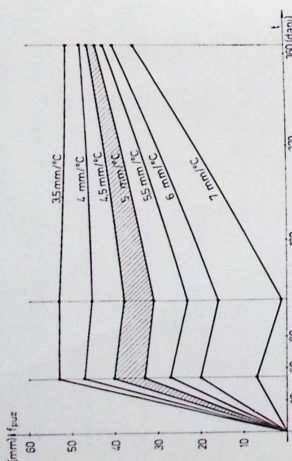
4. Rezultati opažanja

U jednogodišnjem periodu obavljeno je 6 opažanja. Na skici 7 prikazani su vertikalni pomaci »velikog« (L = 390 m) a na skici 8 pomaci »malog« (L = 244 m) luka. Prikazane linije odnose se na repere u unutrašnjosti lukova. Kao početno mjerenje uzeto je mjerenje 20. 9. 1980. Najveći izmjereni pomaci u odnosu na ovo početno mjerenje iznosili su

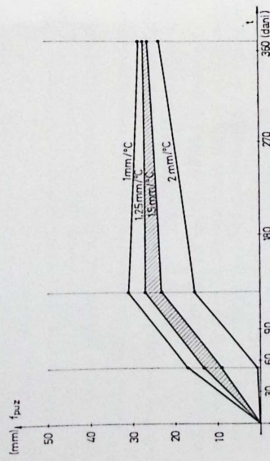
Luk raspona 390 m	+ 105 mm (24. 1. 81)
	— 22 mm (4. 6. 81)
Luk raspona 244 m	+ 53 mm (23. 1. 81)
	— 10 mm (4. 6. 81)

Predznak »+« predstavlja pomak prema dolje, a predznak »—« pomak prema gore (izdizanje). Linije na skicama 7 i 8 prikazuju zajedničke efekte temperaturnih promjena te skupljanja i pužanja na promjenu nivelele mosta.

Da bi se razdvojili efekti temperaturnih promjena od reoloških utjecaja postoje dva nezavisna načina:



Skica 9 — Puzanje luka $L = 390$ m — tjeme



Skica 10 — Puzanje luka $L = 244$ m — tjeme

Zaključak

Na osnovi više nezavisnih rezultata opažanja zaključeno je da je u toku prve godine nakon otvorenja došlo do trajnih vertikalnih progiba u tjemenu lukova uslijed skupljanja i puzanja, i to za

- luk raspona $L = 390$ m 45 mm
- luk raspona $L = 244$ m 26 mm

Zbog toga je projektant odlučio da se provede rektifikacija osi lukova, odnosno podizanje lukova u tjemenu. Ovi radovi obavljani su krajem 1981. i početkom 1982. godine.

Horizontalni pomaci u petama lukova nisu registrirani.

Literatura

1. Aničić D., Zakić B., Morić D., Pokusno opterećenje mosta kopno—otok Krk, Vol. I—III, Rep. 2303/80, Građevinski institut, Zagreb XII 1980.

2. Aničić D., Dugotrajna opažanja pomaka i deformacija mosta kopno—otok Krk, neobjavljeni podaci, arhiva Građevinskog instituta, 2113-1-12421/81, Zagreb, 1981.
3. Aničić D., Zakić B., Morić D., Pokusno opterećenje mosta kopno—otok Krk, Građevinar, Vol. 33, br. 2, str. 113—115, Feb. 1981.
4. Halavanja I., Projektiranje optimalnih sastava betona za most kopno—otok Krk, Građevinar, Vol. 33, br. 2, str. 109—110, Feb. 1981.
5. Stojadinović I., Projekt mosta kopno—otok Krk, Građevinar, Vol. 33, br. 2, str. 57—76, Feb. 1981.
6. Stojadinović I., Šram S., Les ponts en arc de Krk en Yougoslavie, Annales de l'ITBP, N° 393, Avril 1981.
7. Stojadinović I., Proračun plastičnih deformacija lukova mosta, GRO Mostogradnja, OOUR Biro za projektovanje, projekt broj 1153, XI. 1981.
8. Republički hidrometeorološki zavod — meteorološki podaci o temperaturi zraka 1980/81. za stanicu Rijeka—Omišalj—aerodrom.

Prof. dr Dražen ANIČIĆ
Mr Irma HALAVANJA

MOST KOPNO—OTOK KRK — DUGOTRAJNO OPAŽANJE DEFORMACIJA I POMAKA

Prikazuju se podaci mjerenja deformacija uslijed skupljanja i puzanja na uzorcima načinjenim u toku projektiranja sastava betona i izvođenja kao i podaci opažanja pomaka u prvoj godini nakon otvorenja mosta. Svrha rada bila je da se prethodno utvrdi moguće veličine puzanja, a da se nakon puštanja mosta u promet praćenjem promjena nivoleta mosta utvrdi potreba korekcije nivoleta mosta pomoću hidrauličkih preša ostavljenih u tjemenu lukova. Most kopno—otok Krk sastoji se od dva armiranobetonska luka raspona 244 i 390 m, od kojih je drugi najveći armiranobetonski lučni most na svijetu.

a) kašnjenje temperaturnih pomaka mosta,

b) orijentacijska vrijednost proračunskih pomaka uslijed promjene temperature. Uzme li se u obzir utvrđeni odnos između izmjerenih pomaka i teoretskih pomaka u računskom modelu velikog luka kod pokusnog opterećenja 0,68, onda bi se za utvrđivanje »stvarnih« temperaturnih pomaka dobivene teoretske vrijednosti trebale množiti istim faktorom, ukoliko je takva pretpostavka na temperaturne promjene uopće primjenjiva.

Razdvajanje temperaturnih i reoloških utjecaja provedeno je na sljedeći način: prikupljeni su podaci o temperaturi zraka s najbliže meteorološke stanice. Temperatura koja predstavlja srednju temperaturu na dan mjerenja dobivena je na principu »težinskih« doprinosa pojedinačnih mjerenja u 7, 14, i 21 sat te u 7 sati idućeg dana (tablica 1). Zatim su od ukupno izmjerenih progiba čiji su numerički podaci dani u skici 7 — oduzeti pomaci uslijed temperature. Pri tome je pretpostavljena linearna zavisnost temperaturnog pomaka i temperature. Veličina temperaturnog pomaka varirana je za luk raspona 390 m u granicama od 3,5 mm/°C do 7,00 mm/°C, a za luk raspona 244 m u granicama od 1 do 2 mm/°C. Razlike između ukupnog i temperaturnog pomaka jednake su pomaku uslijed puzanja i skupljanja, tj.

$$f_{\text{total}} = f_{\text{ok}} + f_{\text{temp}}$$

Na skicama 9 i 10 prikazane su ovisnosti f_{total} — vrijeme za oba luka, i to za točke u tjemenu luka. Iz porodičice »krivulja« u skicama 9 i 10 može se ocijeniti da za luk raspona 390 m treba uzeti zonu ograničenu temperaturnim pomacima 4,5—5,0 mm/°C, a za luk raspona 244 m zonu od 1,25 do 1,50 mm/°C. Iz tih se skica zaključuje da je puzanje za »veliki« luk u jednogodišnjem periodu iznosilo oko 45 mm, a za »mali« luk 26 mm. Puzanje ima tendenciju smirivanja kod »velikog« luka, dok je kod »malog« gotovo potpuno dovršeno.

Načinjeni su pokusni proračuni s temperaturama jedana i dva dana prije dana mjerenja, ali su dobivene razlike bile beznačajne. Mjerenja na dane 26. 3. 81. i 4. 6. 81. nisu se mogla uklopiti u krivulje na skicama 9 i 10. Za sada se pretpostavlja da su tih dana postojale znatnije mikroklimatske razlike između lokacije mosta i meteorološke stanice. Mjerenja u toku idućih godina treba da razjasne da li je moguće da temperatura cjelokupne mase betona bude znatno viša od »težinski« određene dnevne temperature. Tako bi za uklapanje rezultata mjerenja u liniju »5 mm/°C« na skici 9 bilo potrebno da je temperatura luka 6 °C (za 26. 3. 81) i 11 °C (za 4. 6. 81) viša od »težinski« određene dnevne temperature, odnosno da je apsolutna temperatura betona iznosila 18,6 °C (26. 3. 81) i čak 32 °C (4. 6. 81). Pri razmatranju ovih podataka valja imati na umu da se temperatura zraka mjeri u sjeni, a da je most izložen suncu s nejednolikim zagrijavanjem pojedinih dijelova.

Radi kompletnog sagledavanja temperaturnog rada bilo bi poželjno obaviti višekratna mjerenja položaja tjemena u toku nekoliko uzastopnih dana s paralelnim mjerenjem temperature.

1. da se prikupe meteorološki podaci s najbliže meteorološke stanice za period u kojem su obavljena opažanja i uspostavi korelacija promjene temperature zraka i promjene nivoleta mosta;

2. da se koriste podaci o mjerenoj temperaturi zraka na mostu na dan mjerenja te računskim putem utvrdi koliki bi pomaci »morali biti« uslijed poznate razlike temperature između dva mjerenja.

Razliku između tako utvrđenih temperaturnih efekata treba pripisati puzanju i skupljanju.

Kod prvog načina zaključke će učiniti nesigurnim ovi faktori:

a) udaljenost mosta od najbliže meteorološke stanice (aerodrom Krk, oko 4 km), te moguće mikroklimatske razlike između te dvije lokacije,

b) način obrade meteoroloških podataka, tj. koje temperature uzeti u obzir od pet podataka koji stoje na raspolaganju (7, 14 i 21 sat, max, min),

c) efekti nejednolikog zagrijavanja i osunčanja mosta u toku mjerenja koje traje po više sati,

d) kašnjenje temperaturnih pomaka mosta za stvarnim promjenama temperature zraka zbog usporenog prolaza topline kroz beton i odsustvo strujanja zraka u unutrašnjosti mosta.

Kod drugog načina, nesigurnosti u donošenju zaključaka unosi:



1. Uvodno razmatranje

Zaprežno vozilo je vozilo što ga vuče upregnuta životinja.

Kretanje zaprežnih vozila u cestovnom prometu predstavlja veliku opasnost za sigurnost prometa. Osim toga, ni kinematičko-dinamički elementi nisu baš jednostavni, kako to možda izgleda na prvi pogled. Razvojni put zaprežnih kola je vrlo zanimljiv. Sam početak je vezan za epohalni izum kotača, koji ima nesaglediv utjecaj na razvoj ljudskog društva. Oblik i konstrukcija zaprežnog vozila s neznatnim izmjenama, zadržan je do danas (sl. 1).



Slika 1 — Opći izgled zaprežnog vozila

Pored kotača, potrebno je spomenuti i potkovu. Potkova se počela upotrebljavati nešto prije nove ere. Ona je omogućila konjima da trče bez opasnosti da im se ras-kole ili naprsnu kopita. Oblik potkove malo se mijenjao u posljednje dvije tisuće godina.

Jedan od elemenata zaprežnih kola je i konjski oglav. On je postavljen nisko na donjem dijelu konjskog vrata, tako da opterećenje leži na grudima i lopaticama koje mogu mnogo bolje podnijeti opterećenje nego vrat (sl. 2).

Tehnički i sigurnosni elementi zaprežnog vozila pri kretanju u cestovnom prometu

Prof. dr Franko ROTIM, dipl. inž.

RO Promejni centar
OOUR Studij prom. znanosti, Zagreb

primljeno u redakciju: 27. I 1982.

stručni rad

UDK 629.112:351.123.2:351.122.2:614.8:656.1.002.237
IRRD 10

Recenzenti: Prof. dr Dražen Topolnik, SIZ za ceste Hrvatske, Zagreb



Slika 2 — Konjski oglav

Još je neolitski čovjek došao na ideju da iskoristi životinju za vuču, pa je tako napravio jaram. Osim kola s volovima, u grobnici kralja Aborgija od Ura pronađeni su mozaiči koji prikazuju bojna kola s četiri kotača (2450 godina prije n. e.). Volove je bilo lako upregnuti za vuču, jer drže stalno spuštenu glavu. Jaram je napravljen od drveta tako da volovima pristaje na ramena ispred hrpta. Da jaram ne bi skliznuo, učvrstili su ga tankim oglavnikom. Kasnije, kada su ljudi počeli uprezati konje, pokušali su prilagoditi volovski jaram konju. Stavili su konju oko vrata oglav ili remen i pričvrstili za jaram. Međutim, kako konj drži glavu uspravno, teret je opterećivao vrat, a ne pleća i leđa, pa je to gušilo konje.

Za vrijeme asirskog carstva (900. do 600. godine prije n. e.) vozilo na četiri kotača bilo je usavršeno montiranjem prednje osovine na glavni klin kao stožer, tako da