

VIA
VITA



CESTE I MOSTOVI

broj

5-6

godište 46.

Zagreb, svibanj-lipanj 2000.

UDK 625.7:624.2/.8

CODEN CSMVB2

ISSN 0411-6380

Ceste i mostovi

God. 46

Br. 5-6

Str. 85-132

Zagreb, Hrvatska

svibanj-lipanj 2000.

Štovani članovi Društva, suradnici i čitatelji

Pred Vama je ljetni dvobroj našega časopisa koji je nešto više usmjeren cestovnim građevinama – mostovima, konstruktorskim detaljima te zadirujućim dosezima danskih i japanskih mostograditelja.

Proizlazi da nam se događaju tematski svesci: posikongresne teme sa strateško-programskom problematikom potkraj prošle godine, zanim teme iz područja održavanja i gospodarenja, pa sada prilozii izrazito konstrukorskog sadržaja...

Koristimo prigodu da istaknemo vrijedan prilog dr. M. Meštrića o visećem pješačkom mostu preko Drave pod Pitomače, utoliko zanimljivim što je riječ o već »punoljetnoj« građevini s neobičajenim lokalitetom i namjenom. Isto tako ističemo priloge naših uglednih kolega dr. I. Tomičića i K. Savora o kabelima i prijelaznim napravama na mostovima, dakle o vitalnim elementima stabilnosti i sigurnosti građevina.

Upućujemo i na prilog našega oijenjenoga mostograditelja dr. S. Šrama u povodu dvadesetog rođendana Krčkoga mosta koji je i nekoć i danas izazivao divljenje i stručnjaka i laika.

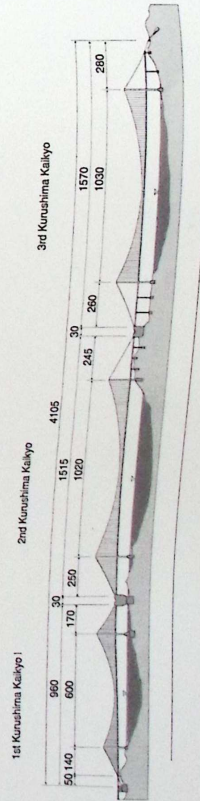
Posebno čitateljima skrećemo pozornost na priloge koje prenosimo iz inozemnih izvora, a kojima je zajednički nazivnik aktualnost i ingenioznost. Najsvježiji graditeljski uspjeh predstavljaju most Øresund između Švedske i Danske, svečano predan korisnicima 1. srpnja ove godine. Ova divovska dvoetažna građevina promjenjiva presjeka, s autocestom i željeznicom, spaja zapravo obale Skandinavije i kontinentalne Europe udaljene blizu 16 kilometara. Most je izgrađen tri mjeseca prije predviđenoga trogodišnjeg roka, uz cijenu od 39 milijardi danskih kruna ili 3,5 milijarde USD.

Ništa manje divljenja ne izazivaju dosezi japanskih stručnjaka u premošćivanju morskih tjesnaca. Za ilustraciju su prikazane tri linije mostova između glavnih otoka Honshu i Shikoku, koji poput čarobnih kopti povezuju razdvojene otoke – jedinke u snažni monolitni teritorij. Gospodarsko-prometni poticaj za istodobnu gradnju trostrukih veza je obrazloživ potrebom za neposrednim povezivanjem čak 37 milijuna stanovnika i njihovih 129 trilijuna jena GBP na godinu! Posebna uprava za gradenje utemeljena je 1970. godine, a pod njenim nadzorom je 1988. godine završen središnji spoj željeznicom i brzom cestom da bi se u razdoblju 1988.–1999. godine finalizirala preostala dva spoja. U sklopu posljednjih pothvata »kao usput« dogodila su se dva rekordna dosega – viseći most Akashi Kaikyo raspona 1991 m i ovješeni most Tataru raspona 890 m.

Dodamo li ovome prilog o rizičnosti većih cestovnih tunela u sklopu osiguranja veće prometne sigurnosti, onda smo čak i zadovoljni širinom i aktualnošću tema. Preostaje nam samo da pozovemo naše stručnjake – specialiste da se oglaše iz svojih područja djelovanja pa da nakon dugoga toplog ljeta imamo plodnosniju jesen.

Uz iskrene pozdrave,
Vaš urednik
prof. dr. Ivan Legac

Slika na naslovnici: Most Kurushima Kaikyo u Japanu, dovršen 1999. godine



CESTE I MOSTOVI

broj

5-6

godšte 46.

Zagreb, svibanj-lipanj 2000.
UDK 625.7:624.2/8 CODEN CSMVB2 ISSN 0411-6380

SADRŽAJ CONTENTS

ZNANSTVENI I STRUČNI ČLANCI

SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL PAPERS

Malej Meštrić, Božidar Šafran, Novi Marof	87	Viseći most preko rijeke Drave kod Pitomače – 32 godine služnja
stručni članak – professional paper		Suspension Bridge across the River Drava at Pitomača – 32 Years of Service
Ivan Tomičić, Zagreb	95	Kabeli od polimera armiranog vlaknima
pregledni članak – review		Fiber Reinforced Polymer Cables
Krešimir Šavor, Zagreb	103	Prijelazne naprave na mostovima
stručni članak – professional paper		Bridge Expansion Joints

RUBRIKE

Republika Hrvatska i svijet	105	Program mjera za gospodarsku reformu i rast (B. Golub)
Objeltnice	108	Dvadeset godina Krčkoga mosta (S. Šram)
Iz svijeta	115	Ruke preko mora
	117	Mostovi Honshu – Shikoku u Japanu
	127	Strahote se produžuju
Društvene vijesti	130	Sa zajedničkog sastanka izdavačkog savjeta i Uredničkog odbora časopisa Ceste i mostovi
Zanimljivosti	131	Jumbo voli ceste (B. Golub)
Obavijesti	132	Izlazi Pravilnik o prometnim znakovima, opremi i signalizaciji na cestama

Dr. sc. Matej MEŠTRIĆ, dipl. ing.
Božidar SAFRAN, dipl. ing.

Novi Marof

VISEĆI MOST PREKO RIJEKE DRAVE KOD PITOMAČE 32 GODINE SLUŽENJA

SAŽETAK

U ovom članku autori podsjčaju na izgradnju visećeg mosta preko Drave kod Pitomače koji i danas služi svrsi kojoj je namijenjen – povezivanje lijeve obale Drave s desnom.

1. Uvod

Godine 1967. zamolili su me predstavnici mjesne zajednice Pitomača (Vlado Petrović, direktor rudnika, Martin Soštar, tajnik mjesne zajednice, te Vlado Galunić dipl. ing. u rudniku) da, kao tadašnji projektant brojnih građevina u području »Hidroprojekta« u Zagrebu izradim projekt visećeg mosta preko rijeke Drave kod Pitomače, kojim bi se osim skele koja se koristila samo danju (čuvani steklar Toth) povežalo selo Križnice na lijevoj obali Drave s desnom obalom, odnosno selom Pitomača. Na taj bi se način omogućilo da se i tijekom noćnih sati može prelaziti s desne na lijevu obalu i obrnuto. Poseban interes imala je tu i granična karaula bivše vojske.

Nije mi niti danas posve jasno zašto su navedeni odabrali upravo mene da im izradujem projekt iako tako nešto nisam imao prilike nikada prije projektirati. Navodno su se nakon konzultacije u tadašnjoj Upravi za vodoprivredu (dipl. ing. D. Volarić) odlučili za mene kao konstruktora, koji se bavio hidrotehničkim građevinama u »Hidroprojektu«, posebno nakon što je za vukovarski vodotoranj usvojeno moje idejno rješenje prema kojem se kasnije razradio glavni i izvedbeni projekt (»Plan«, dipl. ing. grad. S. Kolobov).

Osim uvjeta da most zadovoljava prijelaz pješaka u punom opterećenju – $P_{max} = 250 \text{ kg/m}^2$ odnosno $2,5 \text{ kN/m}^2$ – trebalo je uzvati i uvjete koje je zadala služba Vodoprivrede (izgradnja hidrocentrale), te konačno i najosjetljivije – troškovi izgradnje.

Moram priznati da je zahtjev – projektirati i izgraditi takvu građevinu – pobudio u meni kao mladm inženjeru poseban zanos. Zaboravio sam čak potpisati ugovor za projektiranje mosta, što se kasnije i radi nadzora nad izvođenjem pokazalo u neku ruku dobrotvorno s moje strane.

Mjesna zajednica Pitomača uz pomoć općine Đurđevac financijski je podržala najnužnije troškove: izuzetno skromne troškove projektiranja, nabavke osnovnih dijelova mosta (glavna užad, čelne cijevi za pilone, dijelovi ovisja i cement). Dio materijala (šljunak za betonske blokove, sekundarni čelični elementi ograde, željezničke tračnice za kove u betonskim blokovima, te geodetska mjerenja i dio organizacije tijekom izvođenja) dala je mjesna zajednica. Glavni izvođači bili su »Elektrokovinar« iz Pluja (rukovoditelj Jurica Podgorlec) u suradnji s »Metalnom« iz Maribora, te mještani i vojska iz tamošnje karaula, koji su bez naknade izvršili betoniranje temelja pilona i sidrenih blokova te pomagali kod montaže pojedinih elemenata mosta.

2. Konstruktivne pojedinosti

Nakon odabiranja lokacije, geodetskih mjerenja, te imajući na umu maksimalni vodostaj i geometrijske karakteristike terena, usvojen je raspon mosta, položaj i visine pomosta i nosećih stupova – pilona.

Prema predviđenom i dogovorenom opterećenju uz uvažavanje mogućnosti nabavke elemenata mosta (bez gre-da za ukrucenje) dimenzionirana je glavna nosiva užad – $2 \times \varnothing 40 \text{ mm}$, lomne čvrstoće $N_{max} = 904 \text{ kN}$.

Koeficijent sigurnosti na lom glavne užadi uz puno opterećenje mosta $q = 560 \text{ kg/m}$ iznosio je $\eta = 2,70$ uz raspon $l = 164 \text{ m}$ i strelicom lančаница $f = 15,23 \text{ m}$ što se u tom ambijentu može smatrati vrlo povoljnim.

U poprečnom presjeku most je bio definiran s dva para glavnih nosivih užadi $2 \times 2 \times 40 \text{ mm}$ s kudeljinom jezgrom, izrađenih u tvornici »Novkabel« u Novom Sadu, »Jahačima« odnosno nosačima koji fiksiraju razmak užadi i nose vješa-ljke od betonskog čelika profila 18, koji pak nose poprečne nosače od čeličnih cijevi profila 89/4. Na njih nalježu uzdužni nosači od drvenih greda $18 \times 20 \text{ cm}$ vezanih za poprečne nosače s pomoću čeličnog lima privarenog za njih. Na uzdužne drvene nosače bile su pričvršćene čavlima poprečne



Slika 1. Pogled s nizvodne strane

CESTE I MOSTOVI

ROADS AND BRIDGES

Izdavač

Hrvatsko društvo za ceste

Published by

Zagreb, Vončina 3, tel. 46-17-422/163

Zagreb, VONČINA 3, tel. 46-17-422/163

Predsjednik

Dr. sc. Darko Milinarić, dipl. ing.

Chairman

Ministarstvo pomorstva, prometa i veza Republike Hrvatske, Prisaivje 14, 10000 Zagreb

Ministry of Maritime, Transport and Communications of the Republic of Croatia, Prisaivje 14, 10000 Zagreb

Izdavački savjet

Predsjednik

Željko Vivoda, dipl. oec.

Publisher Board

Publishing Director

Ministarstvo pomorstva, prometa i veza Republike Hrvatske, Prisaivje 14, 10000 Zagreb
Miro Crnjak (Osijek), Aleksandar Čalković (Zagreb), Đuro Dekonović (Zagreb), Ante Dvčić (Zagreb), Petar Đukan (Zagreb), Zlatan Frocic (Zagreb), Željko Hincic (Zagreb), Vladimir Kos (Zagreb), Vlado Kos (Zagreb), Aleksa Ladavac (Zagreb), Ivo Lozić (Split), Željko Lužavac (Zagreb), Jekša Miličić (Split), Luka Miličić (Zagreb), Darko Milinarić (Zagreb), Boris Orđulj (Zagreb), Ivan Prigomet (Zagreb), Jure Pačić (Zagreb), Josip Skornjak (Zagreb), Miko Susteršić (Zagreb), Zdravko Tomljanović (Zagreb), Dražen Topolnik (Zagreb)

Urednički odbor

Glavni i odgovorni urednik

Prof. dr. sc. Iven Legić, dipl. ing.

Editorial Board

Editor

Zamjenik gl. i odg. urednika

Mr. sc. Mate Jurišić, dipl. ing.

Associate Editor

Hrvatska uprava za ceste, Vončina 3, 10000 Zagreb

Associate Editor

Bjornik Bezak (Brijuni), Pavo Boban (Metković), Josip Bošnjak (Osijek), Vladislav Brčić (Zagreb), Boris Golub (Zagreb), Ante Jurjurić (Zagreb), Stjepan Kožić (Zagreb), Miro Lužavac (Pazin), Martin Lipičnik (Metković), Ivo Lozić (Split), Zvonimir Marić (Pčuh), Stjepan Matoš (Zagreb), Stanislav Pavlin (Zagreb), Paj Stakos (Budimpešta), Ralmir Šarar (Rijeka), Stjepan Storga (Zagreb)

Adresa uredništva

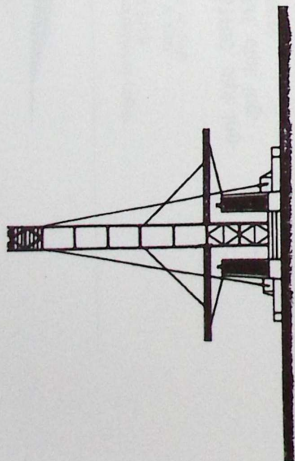
Hrvatsko društvo za ceste, Zagreb, Vončina 3

Editor's Office

Naklada: 1.200

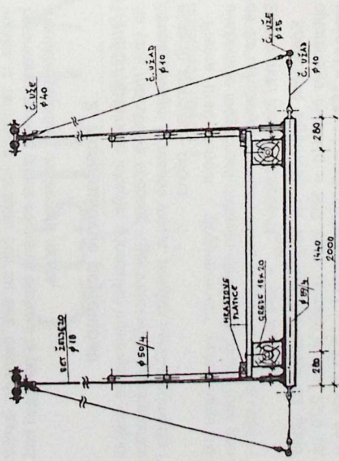
TISAK: VJESNIK d.d. – ZAGREB

Tiskanje dovršeno 3. kolovoza 2000.



Slika 2. Pogled na lijevi obalni pylon

drvene platiće na čijim su krajevima bile zabiljene podužno drvene platiće, a na njih preko limenih podložnih pločica ograda mosta. Horizontalna vjetrova čelična užad bila je profila 25 mm, vezana vertikalnim kosim i horizontalnim za-tezanim užadima profila 10 mm za glavne nosive elemente (»jahača« i poprečne nosače) preko privarenih limova i pocinčanih učvršćivača. Ograda uzduž mosta bila je od čeličnih cijevi profila 50/4, međusobno privarenih i odgovarajuće dilatiranih te zaštićenih premazima, kao uosta-lom i ostali čelični dijelovi.



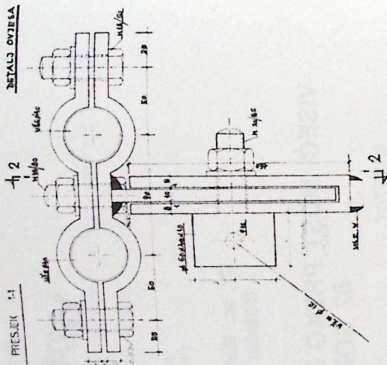
Slika 3. Prvotni poprečni presjek mosta

Prijenos sile preko pilona na armiranobetonske temelje, kako pilona tako i sidrenih blokova užadi, prikazan je na slikama 5. i 6.

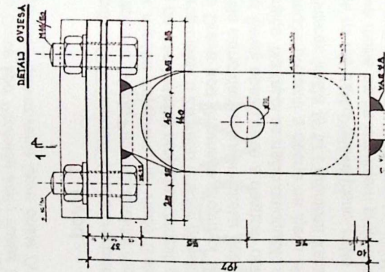
Interesantno je pripomenuti da su u početnoj fazi eksploatacije preko mosta, sporo vozeći, prolazili i manji automobili. To se kasnije nije dopustilo ugradbom zaštitnih cijevi. Mon-taža jahača na užadi, te vješaljki i užadi vjetrovog sprega obavijana je iz pomoćnih kolica, montiranih za tu namjenu.

3. Obujam rekonstrukcije mosta

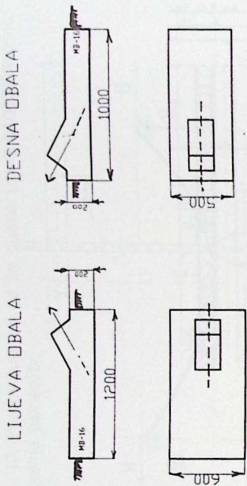
Godine 1994. tj. 26. godina nakon izgradnje bilo je nužno rekonstruirati most. Osim dotrajale ograde, glavnih drvenih uzdužnih greda i pomosta, trebalo je zamijeniti i užad vjetro-vnog sprega, koja je tijekom Domovinskog rata bila oštećena,



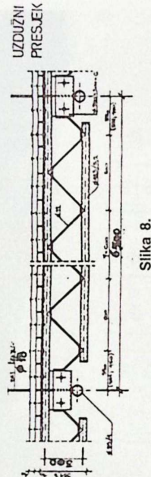
Slika 4. Detalji ovjesa



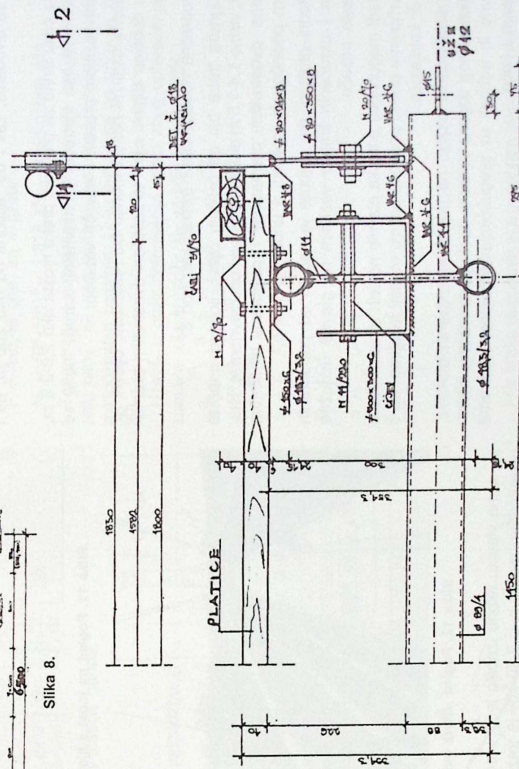
Slika 5. Sidreni blokovi užadi



Slika 6. Detalj sidrenih blokova



Slika 7. Uzdužni presjek



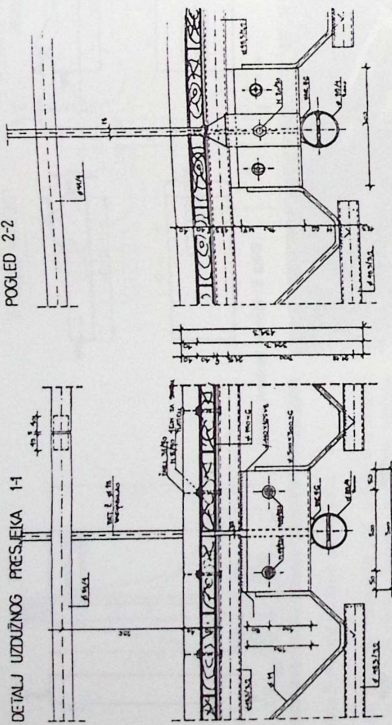
Slika 8. Poprečni presjek

pa je most bio izbačen iz projektirane geometrije, te je kao lakav postao opasan za prijelaz.

Sadašnja Uprava za ceste Hrvatske povjerila je rekonstrukciju poduzeću »Đuro Đaković« iz Slavonskog Broda, koji je povjerio izradbu projekta izmjeni tvrtki »Bauing«, d.o.o. iz Slavonskog Broda. Njeni projektanti Antun Vonić, dipl. ing. grad. i Jadranka Mandić, dipl. ing. grad. su uz konzultacije i kasniji nadzor nad izvedbom rekonstrukcije s autorom načinili projekt rekonstrukcije.

Projektom su drvene grede zamijenjene cijevnim rešetkastim »R« nosačima, izmijenjene su drvene platiće, izvršena je zamjena užadi vjetrovog sprega s profila 10 na profil 12, odnosno s profila 25 na profil 30. Popravljena je ograda mosta ugradbom zaštitne mreže, te izvršena nužna zaštitna oličenja. Na rampama su također obavljene potreb-ne zamjene nosača i ograde, ali na žalost ne i potpuna zaštitna oličenja čitavog objekta što je nužno izvršiti nakon 32 godine korištenja. Isto tako, trebalo je i vjetrovni spreg solidnije fiksirati, što se mora uraditi.

DETALJ UZDUŽNOG PRESJEKA 1-1



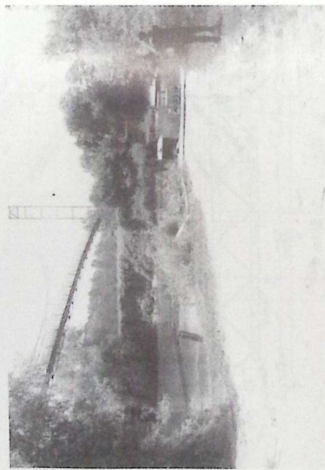
POGLED 2-2

Slika 10.

4. Zaključno i preporuke

Ovakvi mostovi projektiraju se i izgrađuju kod nas vrlo rijetko. U ovom slučaju radi se o visećem mostu u ravničarskom području i solidnog raspona. Na osnovi vlastitog iskustva, kao projektanta koji je aktivno sudjelovao u gradnji i rekonstrukciji mosta, želim bez prelijevanja iznijeti neka svoja opažanja i opažanja, koja će – nadam se – biti korisna eventualnim budućim projektantima i graditeljima takvih mostova, posebno sa stajališta statičkih i geometrijskih analiza.

1. Takvi mostovi su vrlo interesantni, kako za projektiranje tako i za izvođenje, čak i do raspona od oko 200 m, pa i više.
2. Uz čistu širinu za prolazak preko mosta oko 2,0-2,5 m, te solidno fiksiran vjetrovni (horizontalni) spreg, može se laganom vožnjom prelaziti i manjim vozilima.
3. Glavni uzdužni nosači moraju biti rešetkasti, cijevni uz solidnu debljinu stijenki cijevi te zaštićeni dvostrukim premasom.
4. Poprečne nosače-cijevi-tretirati kao pod 3.
5. Ograda treba biti od čeličnih cijevi, solidne debljine stijenki, visine 1,4-1,5 m dilatirana na svakom četvrtom ležištu, zaštićena dvostrukim premazima i osigurana čeličnom žičanom pocinčanom mrežom s unutarnje strane.
6. Podni-prolazni-dio najbolje je načiniti od perforiranih laganih i ukručenih limova vezanim na glavne uzdužne rešetkaste nosače.
7. Radi mogućnosti pomaka glavnih nosivih užadi, trebalo bi na vrhovima pilona posebnu pažnju obratiti ležajima: da li klizna ili kotrljajuća.
8. Treba obratiti pažnju pri proračunu sidrenih blokova, radi eventualnog uzgona vode, te koeficijenta klizanja i konstruktivno ih armirati uz proučavanje armature u zonama naljezanja i kotvi.
9. Potrebno je provesti detaljne proračune, kako geometrijske tako i statičke, uz obilježiva opterećenja. Za most kod Pitomače usvojeno je opterećenje $p = 250 \text{ kg/m}^2$, odnosno 2.5 kN/m^2 , te ukupno 5.6 kN/m mosta. Faktor sigurnosti trajanja mosta o tome treba posebno voditi računa.



Slika 11. Pogled na most s lijeve obale



Slika 12. Pogled uzduž mosta

Za samo vlastitu težinu iznosio je $\eta_s \approx 10$, dok je za totalno opterećenje iznosio $\eta_{tot} \approx 2,70$ koji je tražila bivša vojska, pa se može smatrati da su glavni elementi mosta u zoni solidnoga koeficijenta sigurnosti, posebno nakon rekonstrukcije smanjenjem vlastite težine uzduž mosta. S obzirom na vijek trajanja mosta o tome treba posebno voditi računa.

10. Preporučuje se da se dužina užadi (sl. 13.) računa prema jednadžbi:

$$S = \frac{l}{\cos \beta} + \frac{D}{2 \cdot H^2} \cdot \cos^3 \beta \quad (4)$$

gdje je $H = \frac{M}{F} = \frac{\sqrt{3 \cdot l \cdot D}}{4 \cdot f}$

11. Produženje niti – užadi – potrebno je posebno analizirati radi položaja vješaljki. Za užad na osloncima na različitim razinama je:

$$\Delta l = \frac{H}{E \cdot F} \int_0^l (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi) \cdot dx \quad (5)$$

$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \beta + \frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \beta + \frac{Q}{H}$ pa je

$$\Delta l = \frac{H}{E \cdot F} \int_0^l \left(1 + \operatorname{tg}^2 \beta + 2 \operatorname{tg} \beta \cdot \frac{Q}{H} + \frac{Q^2}{H^2} \right) \cdot dx$$

i konačno:

$$\Delta l = \frac{H \cdot l}{E \cdot F \cdot \cos^2 \beta} + \frac{2 \cdot \operatorname{tg} \beta}{E \cdot F} \int_0^l Q \cdot dx + \frac{\int_0^l Q^2 \cdot dx}{H \cdot E \cdot F} \quad (6)$$

Za slučaj pilona s istim razinama – $\beta = 0$:

$$\Delta l = \frac{H \cdot l}{E \cdot F} + \frac{\int_0^l Q^2 \cdot dx}{H \cdot E \cdot F} \quad (7)$$

Pritom je u ovom slučaju računano s:

$E = 15.000 \text{ kN/cm}^2$ (pletena užad)

$H_1 = 1.236 \text{ kN}$

$F = 4 \times 5,46 \text{ cm}^2$, za 4 užeta

$N_q = (R^2 + H^2)^{1/2} = 1.318 \text{ kN}$ – maksimalna sila

Temperatura naprezanja i produženja kod ovih mostova nisu bitniji, ali i oni nekada zaslužuju posebne analize prema poznatim izrazima. Linija estradosa ne smije se zaboraviti.

Uzevši u obzir deformacije užeta zbog opterećenja, horizontalna sila H može se odrediti iz jednadžbe:

$$H^3 + \frac{8 \cdot \omega}{3 \cdot n^2} \cdot m^3 \cdot H^2 = \frac{D \cdot \omega}{2 \cdot l \cdot m^3} \quad (8)$$

gdje su:

$$\omega = E \cdot F$$

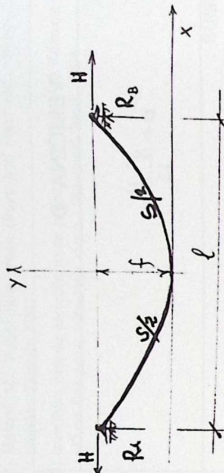
$$D = \int_0^l Q^2 \cdot dx$$

$$n = \frac{l}{f}$$

$$m = \frac{l}{f}$$

Koeficijenti n i m uzimaju se u obzir bez elastičnih deformacija. Probno se iznalazi nepoznanica H. U našem slučaju razlika je zanemariva.

I na kraju, dopuštam si s posebnim pijetom prema mojem pokojnom profesoru dr. Krunoslavu Tonkoviću izreći rečenicu, koju mi je rekao tijekom razrade diplomske radnje: »Kolega, kod projektiranja neobičajenih mostova neobično su važni detalji. To nemojte zaboraviti!«.



Slika 13.

$$S = \frac{l}{2} \sqrt{1 + \frac{16 \cdot f^2}{l^2} + \frac{f^2}{8 \cdot f} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot f}{l} + \sqrt{1 + \frac{16 \cdot f^2}{l^2}} \right)} \quad (1)$$

posebno za odnos:

$$\frac{f}{l} > \frac{1}{10}$$

koja je točno izvedena iz jednadžbe parabole, što je dostojno za slične krivulje. Kontrola se može provesti prema jednadžbi:

$$S = l \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f}{l} \right)^2 \right] \quad (2)$$

Za opterećenu nit s ležištem na istoj razini može se dužina izračunati prema jednadžbi:

$$S = \int_0^l \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2} \cdot dx \text{ odnosno uz neznatnu korekciju:}$$

$$S \approx \int_0^l \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right] \cdot dx = \int_0^l \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{dQ}{dx} \right)^2 \right] \cdot dx$$

što se uz poznati statički odnos:

$$\frac{dQ}{dx} = \frac{Q}{H} \text{ svodi na jednadžbu: } S = l \left[1 + \frac{1}{2} \frac{\int_0^l Q^2 \cdot dx}{H^2} \right] \quad (3)$$

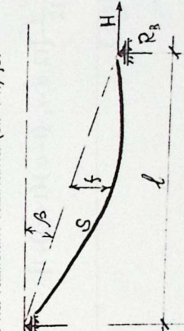
$$\text{odnosno: } S = l \left[1 + \frac{1}{2} \frac{D}{H^2} \right]$$

gdje veličina Q označuje poprečnu silu, a veličina

$$D = \int_0^l Q^2 \cdot dx$$

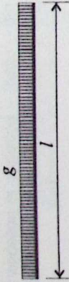
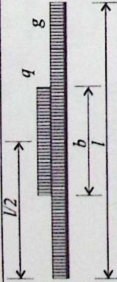
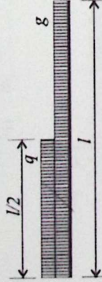
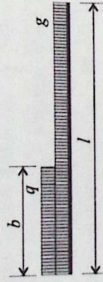
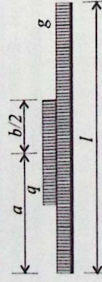
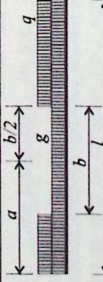
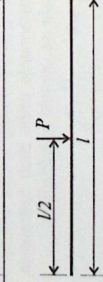
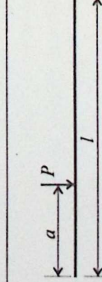
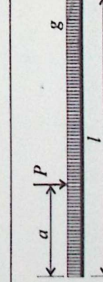
faktor ovisan o vrsti opterećenja i daje se u priloženoj tablici.

Za ležišta na različitim razinama (sl. 14.) je:



Slika 14.

JEDNADŽBE ZA ODREĐIVANJE KARAKTERISTIKE OPTEREĆENJA D

SHEMA OPTEREĆENJA	VELIČINA D
	$D = \frac{g^2 \cdot l^3}{12}$
	$D = \frac{g^2 \cdot l^3}{12} [1 + (3 - 2 \cdot \beta) \cdot \beta^2 \cdot \gamma^2 + (3 - \beta^2) \cdot \beta \cdot \gamma]$
	$D = \frac{g^2 \cdot l^3}{12} \left(1 + \gamma + \frac{5}{16} \gamma^2 \right)$
	$D = \frac{g^2 \cdot l^3}{12} [1 + (4 - 3 \cdot \beta) \cdot \beta^3 \cdot \gamma^2 + (6 - 4 \cdot \beta) \cdot \beta^2 \cdot \gamma]$
	$D = \frac{g^2 \cdot l^3}{12} [1 + (12 \cdot \alpha - 12 \cdot \alpha^2 - 2 \cdot \beta) \cdot \beta^2 \cdot \gamma^2 + (12 \cdot \alpha - 12 \cdot \alpha^2 - \beta^2) \cdot \beta \cdot \gamma]$
	$D = \frac{(q+g)^2 \cdot l^3}{12} [1 + (12 \cdot \alpha - 12 \cdot \alpha^2 - 2 \cdot \beta) \cdot \beta^2 \cdot \gamma^2 - (12 \cdot \alpha - 12 \cdot \alpha^2 - \beta^2) \cdot \beta \cdot \gamma]$
	$D = \int_0^l \left(\frac{P}{2} \right)^2 \cdot dx = \frac{P^2 \cdot l}{4}$
	$D = \frac{P^2 \cdot l}{3} [3 \cdot \alpha \cdot (1 - \alpha)]$
	$D = \frac{g^2 \cdot l^3}{12} [12 \cdot \alpha \cdot \gamma_1 \cdot (1 - \alpha) \cdot (1 + \gamma_1) + 1]$

NAPOMENA:

$\alpha = \frac{a}{l}; \beta = \frac{b}{l}; \gamma = \frac{q}{g}; \gamma_1 = \frac{q}{g \cdot l}; \gamma_2 = \frac{q}{q + g};$

LITERATURA

- (1) Meštrić, M.: *Viseći most preko Drave kod Pitomače*, »Hidro-projekt« Zagreb, 1967.
- (2) Izvedbeni projekt sanacije mota preko rijeke Drave za Križnicu, »Đuro Đaković«, »Bauing« d.o.o., Slavonski Brod, 1994.
- (3) Meštrić, M.: *Pogreške koje nastaju radi netočnog proračuna dužine luka parabole*, »Građevinar« 2/1962.
- (4) Kačurin, V. K., A. V. Bragin, B. G. Erunov: *Projektkontroliranje visjačih i varovnih mostov*, »Transport«, Moskva, 1971.
- (5) Meštrić, M.: *Inženjerske konstrukcije*, AEROBA, Zagreb, 2000. (u pripremi).

SUMMARY

UDC 624.21/8
Professional paper

Suspension Bridge across the River Drava at Pitomača
32 Years of Service

In the article the authors described the construction of suspension bridge across the river Drava near Pitomača which had been built with the purpose to connect the riverbanks of the Drava river.

Preplatite se na časopis

CESTE I MOSTOVI

Oglašavajte u našem časopisu



HIDROELEKTRA NISKOGRADNJA d.d.

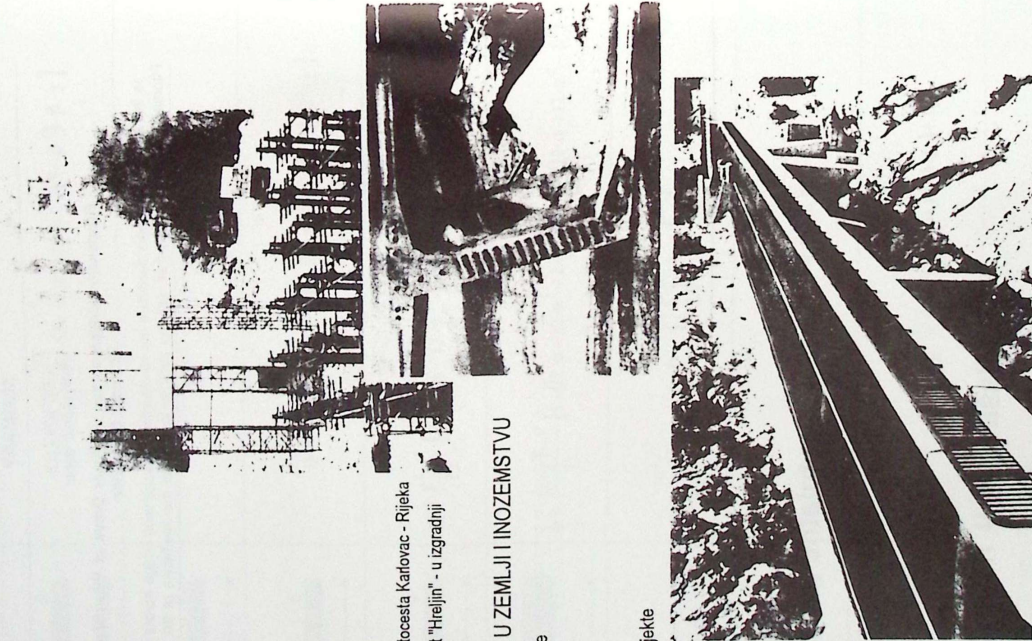
HRVATSKA

ZAGREB

DIONIČKO DRUŠTVO ZA GRADITELJSTVO

ZAGREB, ZELENJI TRG 6A

TEL. (01) 534-222 FAX. 534-414



Polautocesta Katovac - Rijeka
Viadukt "Hreljin" - u izgradnji

GRADI I PROJEKTIRA U ZEMLJI I INOZEMSTVU

- hidrotehničke objekte
- prometne objekte
- energetske objekte
- javne i stambene objekte

Viadukt Duboka Ljuta



Pregledni članak – Review
UDK 624.21/.8.691.87

Primljeno: 15. V. 2000.
Prihvaćeno: 15. VI. 2000.

Prof. dr. sc. Ivan TOMIČIĆ
Zagreb, Vramčeva 21

KABELI OD POLIMERA ARMIRANOG VLAKNIMA

SAŽETAK

Dan je pregled proizvodnje, istraživanja te primjene nemetalnoga gradiva za armiranje i prednapinjanje, nazvanog polimer armiran vlaknima, koji se počinje rabiti, umjesto čelika, u agrivnoj sredini.

Prednosti su novoga gradiva: otpornost na koroziju, visoka čvrstoća, dobro ponašanje pod dinamičkim opterećenjem i niska volumenska težina.

Nedostaci su: elastično ponašanje do sloma, mala ukupna deformacija, nehomogenost, pad čvrstoće kabela na mjestu previjanja te popuštanje pod dugotrajnim naprezanjem bliskom čvrstoći. Osim toga, ovo gradivo je, za sada, još uvijek skupo.

Predviđa se u budućnosti mnogo veća primjena proizvoda od FRP nakon izlaska potrebnih standarda i propisa te pojačivanja, a to – da nikada neće potpuno isisnuti čelik.

uvjetom da se građevina ne nalazi u jako agresivnom okolišu. Jedna od mogućnosti da se grade sigurni i trajni betonski sklopovi jest zamjena čelika nemetalnim gradivom. Istraživanja posljednjih dvadeset godina su pokazala da betonski sklopovi armirani ili prednapeti kompozitnim materijalom, nazvanim polimer armiran vlaknima, engleski *Fiber reinforced polymer* imaju veliku otpornost na koroziju, uz ostala dobra svojstva i ponešto nedostataka.

Osim za izradbu žica, šipki, užadi, mreža, a osobito kabela, polimer armiran vlaknima, skraćeno prema engleskoj verziji FRP, upotrebljava se za izradbu lamela, traka i platihi potrebnih za zaštitu i ojačanje oštećenih ili nedovoljno nosivih armiranobetonskih i prednapetih konstrukcija.

Zbog opširnosti ove građe, u ovom radu bit će uglavnom riječi o kablama od FRP-a, njihovoj proizvodnji, svojstvima, poznatim podacima za proračun i konstruiranje te primjerima primjene.

2. Vrste i proizvodnja kabela

Kabeli za prednapinjanje, izradbu geotehničkih sidara i kosih zatega kod ovješnih mostova te šipke, žice i mreže za armiranje betonskih sklopova proizvode se od kontinuiranih vlakana povezanih polimerom smolom. Primjenjuju se staklena, aramidna i karbonska vlakna, a za povezivanje se rabe epoksidna smola, poliester i vinilester. Tako se danas razlikuju kabeli i proizvodi za armiranje od polimera armiranog staklenim vlaknima (GFRP), polimera armiranog aramidnim vlaknima (AFRP) te polimera armiranog karbonskim vlaknima (CFRP). Za proizvodnju profiliranih elemenata od FRP-a najčešće se primjenjuje tehnologija izvlačenja (pulltrusion process). Snopovi vlakana ili plethva vlakana ili vrpca provlače se kroz posudu sa smolom te kroz kalup za oblikovanje i zbijanje. Kada element izadje iz kalupa, on prolazi kroz prostoriju za njegu gdje se smola stvrdnjava. Na kraju proizvodnog procesa nalazi se uređaj za izvlačenje i natatanje. Ovaj postupak omogućuje veliku slobodu odabira oblika elementa, tako da se proizvode žice i šipke okruglog i pravokutnog presjeka, trake, lamele, plahte, konstrukcijski profili, roštilji itd.

Na slici 1. prikazano je nekoliko oblika šipki te traka [1]. Kabel za prednapinjanje sadrži više paralelnih žica ili užadi.

Kako se proizvodi od FRP-a sastoje od vlakana i matrice (polimera), njihova bitna svojstva ovise prvenstveno o značajkama i udjelu vlakana u kompozitu (V_f), koji se kreće od 65 do 70 posto.

Uloga matrice je, osim povezivanja vlakana, da prenosi vlačna naprezanja pojednako na sva vlakna, da štiti vlakna od štetnog

Od pronalaska armiranog betona 1850. godine te izgradnje prvog uporabnog prednapetog sklopa 1928. godine, do danas su od tih gradiva izgrađene brojne velike i značajne konstrukcije.

Kako se zna, armirani beton je kombinacija dvaju, po mehaničkim značajkama, različitih gradiva, betona i čelika, koji zajednički sudjeluju u nošenju kao jedna cjelina. Djelotvorno sudjelovanje tih gradiva omogućeno je dobrom prionljivošću, približno jednakim temperaturnim koeficijentima isezanja te time što beton štiti čelik od korozije. Prednapeti betonski sklopovi osigurani su od pojave pukotina ili su im one sistematične i uske, a otvaraju se samo pod promjenjivim opterećenjem. Sve to vrijedi samo onda kada je konstrukcija izvedena tako da su zadovoljeni uvjeti za kakvoću gradiva, debljinu zaštitnog sloja, ugradbu i njegu betona te da se građevina ne nalazi u sredini gdje će, uz sve to, propasti.

U skladu s prethodnim, armiranobetonske i prednapete sklopove, uporabom čelika tražene kakvoće, nije preporučljivo graditi u agresivnoj sredini, kao što je blizina mora, primjenjivati za zgrade kemijske industrije te mostove koji su izloženi smrzavanju i odmrzavanju solju, zbog česte korozije betonskog čelika, a osobito vanjskih i unutarnjih kabela.

Obnova betonskih sklopova oštećenih korozijom vrlo je skupa, dugotrajna, a ponekad i nedovoljno djelotvorna. U mnogim državama odvajaju se goleme sredstva za obnovu koju često prate i pojačanja, pa se već postavlja pitanje građenja armiranobetonskih i prednapetih sklopova. Pokušava se čelik zaštititi od korozije, što daje rezultate uz strogo pridržavanje uputa i pod