

VIA
VITA



CESTE I MOSTOVI

broj

1-2

godište 42.

Zagreb, siječanj-veljača 1996.

UDK 625.7:624.2/8 CODEN CSMVB2 ISSN 0411-6380

Ceste i mostovi God. 42 Br. 1-2 Str. 1-54 Zagreb, Hrvatska siječanj-veljača 1996.



CESTE I MOSTOVI

broj

1-2

godšte 42.

Zagreb, siječanj-veljača 1996.

UDK 625.7:624.2/8 CODEN CSMVB2 ISSN 0411-6380

SADRŽAJ

ZNANSTVENI I STRUČNI ČLANCI SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL PAPERS

- | | | |
|--|----|---|
| Juhani Virola, Finska pregledni članak - review | 3 | Svijet velikih mostova Notable Bridges in the World |
| Juhani Virola, Finska pregledni članak - review | 41 | Znameniti betonski mostovi u svijetu Notable Concrete Bridges in the World |

Na naslovnici: **Most Golden Gate na ulazu u zaljev San Francisco**
Veljačanski most Golden Gate je na ulazu u zaljev San Francisco. Pušten je u promet u svibnju 1937. Njegov raspon od 1280 m bio je sve do 1964. godine najveći na svijetu. Ima šest prometnih trakova te još po jedan vozni trakt s obje strane za pješake i bicikliste. Poprečni presjek kolničkoga sklopa od čelične rešetke iznosi 27,4×7,6 m. Piloni su visoki 227 m, do 1997. (dok se ne dovede most preko Velikoga Belta) bit će najviši na svijetu. Dva noseća ovisna užeta promjera su 0,9 m.

Proslav

Nekoliko riječi o tomu kako je došlo do objelodinjavanja ovoga članka u našem časopisu te o autoru. Uza svoju raznovrsnu inženjersku djelatnost autor je strastveni prikupljač podataka o velikim i istaknutim mostovima. Imao sam čast da mi se obratio za nekoliko podataka o Krčkomu mostu, a uz dopis sam dobio i kopiju članka što ga čitatelj ima pred sobom ali na finskom jeziku. Članak mi se je učinio zanimljivim (što sam mogao prosuditi jedino na osnovi slikar; znanje madžarskoga nije mi pomoglo ni da razumijem jednu jedinu riječ) pa sam potražio prevoditelja. Gospoda Sileri Balagović ljubavno se odazvala na zamolbu i prevela članak naravno, uz moju stručnu pomoć. U međuvremenu je članak objavljen i na engleskom jeziku, pa sam nagovorio vodstvo časopisa da se članak tiska dvojezično, što nije prvi put u našem časopisu (izvaneđni dvojezični posvećen XII. kongresu Međunarodnoga saveza za prednapinjanje (FIP) u Washingtonu, 1994. tiskan je dvojezično). Mislim da čitatelj neće požaliti truda što ga uložiti na čitanje ovoga članka koji obiluje i mnoštvom zanimljivih zvan- stručnih pojedinosti.

Autor je pak najjednostavnije predstaviti pretiskom iz Marquissova almanaha **Tko Je tko u svijetu** iz 1995. godine, str. 1452.

Preface

Now a few words about how is has come that this paper is being published in our magazine as well as about the author. Besides his manifold engineer's activity, the author is a passionate collector of data on major and outstanding bridges. I have had an honour to be asked by him to provide some data on the Krk bridge and along with the letter I have obtained a copy of the paper the reader has in hand, but in Finnish. The paper seemed to me interesting (which I could judge from photos only; my knowledge of Hungarian did not help me to understand a single word) and I searched for a translator. Mrs. Sileri Balagović kindly complied with our request and translated the paper (of course, with my professional assistance). In the meantime the paper has been published also in English and I persuaded the leadership of our magazine to publish it bilingually, which is not for the first time to happen in our magazine (the special issue of it, devoted to the XII-th FIP Congress in Washington in 1994 was also printed bilingually). I think reading of this paper will be rewarding for the reader, because the paper is plentiful of interesting, also extraprofessional, details.

As for the author, the simplest way to present him to our audience is to reprint Marquiss **Who's Who in the World** 1995, page 1452.



VIROLA, JUHANI SEPPO ANSSI PEKKA, mostogradbeni inženjer, r. Espoo, Finska, 4. kol. 1941; s. Aarno Paavo and Hilika Mirjami (Pökkinen) V.; m. Leena Anneli Pirttilä, Aug. 13, 1967; 1 child, Mikko. BSCE. Tampere (Finland) Inst. Tech., 1967. Bridge engr. grad. inž. u tein. sveuč. u Tampereu, Finska, 1967. mostogradbeni inž. u Oy Kfessler & Mannerstale Ab, Helsinki, Finland, 1968-74. voditelj odjela Oy Lautek Ab, Helsinki, 1976-79. voditelj provjere kakvoće OMP Arabia Ltd., Jubail, Saudijska Arabija 1980-82.; teh. dir. Finnish Particleboard Assn., Helsinki, 1984-86; mktg. engr. Teemuahoyhtiot, Helsinki, 1988. Contr. to original Guinness **Book of Records**, also articles to prof. journals. Named **European engr. Fedn. Europe Assn. Nat. Engrs.**, Paris, 1988. Mem. Assn. Finnish Constr. Engrs. and Architects, Assn. Finnish Engrs., Concrete Assn. Finland. Lutheran Home; Keinuautantie 5 C 75, FIN-00940 Helsinki, Finland; Office: Teemuahoyhtiot, Puustellinpolku 8, FIN-00410 Helsinki Finland.

Dr. Zvonimir Marčić, dipl. ing.

CESTE I MOSTOVI

ROADS AND BRIDGES

Izdavač **Hrvatsko društvo za ceste**
Zagreb, Voncina 3, tel. 445-422/28

Izdavački savjet Predsjednik Prof. dr. Dražen Topolnik, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, Vukelićeva 4

Prof. dr. Branimir Babić, dipl. ing., Zagreb, Ivan Banjad, dipl. ing., Zagreb, Stjepan Cihović, dipl. ing., Rijeka, Muhammed Čokilaj, dipl. ing., Zagreb, Željko Hinec, dipl. ing., Zagreb, prof. dr. Drago Horvatić, dipl. ing., Zagreb, Zvonimir Hrestak, dipl. ing., Zagreb, Mate Jurčić, dipl. ing., Zagreb, prof. Srećko Karić, dipl. ing., Zagreb, Mica Krševac, dipl. ing., Zagreb, Miroslav Križanović, dipl. ing., Pazin, dr. Ivo Lozić, dipl. ing., Split, dr. Zvonimir Marčić, dipl. ing., Zagreb, Anje Mažić, dipl. ing., Zagreb, Franjo Pregorec, dipl. ek., Zagreb, dr. Jure Radić, dipl. ek., Zagreb, prof. Srećko Pavlin, dipl. ing., Zagreb, prof. dr. Jure Radić, dipl. ing., Split, dr. Juraj Pađen, dipl. ek., Zagreb, dr. Stanko Pavlin, dipl. ing., Zagreb, prof. dr. Jure Radić, dipl. ing., Zagreb, Matija Šalaj, dipl. ing., Zagreb, prof. dr. Dane Štikle, dipl. ing., Zagreb, Ljubomir Trgo, dipl. ing., Zagreb, Dolimir Vuletić, dipl. ing., Zagreb

Urednički odbor Glavni i odgovorni urednik **Danko Mlinarić, dipl. ing.**, Ministarstvo pomorstva, prometa i veza, Zagreb, Prilavje 14

Zamjenik gl. i odg. urednika **Prof. dr. Ivan Legac, dipl. ing.** Asociće Editor mr. Josip Bešlić, dipl. ing., Opatjak, Matko Čović, dipl. ing., Split, dr. Ivan Babić, dipl. ing., Zagreb, Ivan Dumbović, dipl. ing., Zagreb, mr. Mate Jurčić, dipl. ing., Zagreb, prof. dr. Drago Horvatić, dipl. ing., Zagreb, Mica Krševac, dipl. ing., Pazin, dr. Ivo Lozić, dipl. ing., Split, dr. Zvonimir Marčić, dipl. ing., Zagreb, Anje Mažić, dipl. ing., Zagreb, Franjo Pregorec, dipl. ek., Zagreb, dr. Jure Radić, dipl. ing., Split, dr. Zdravko Ramljak, dipl. ing., Zagreb, Anđelko Štadić, dipl. ing., Rijeka, dr. Mate Šišen, dipl. ing., Zagreb, mr. Željko Vojnić, dipl. ing., Zagreb

Adresa uredništva **Hrvatsko društvo za ceste, Zagreb, Voncina 3** Editor's Office

Časopis izlazi mjesečno

Lektor, korektor i tehnički urednik: Mirjana Zec, prof. Grafičko oblikovanje: Goran Čurić, ing. Klasifikacije i indeksiranje po UDK: mr. Davor Ševagović

Sekundarne publikacije i baze podataka koje referiraju članke objavljene u časopisu: TRIS baza podataka (Transportation Research Board, TRB), Washington, DC; SAD

Informacije se pružaju i od: HRIS, TLIB, UMITRIS, ATRIS, HSL, IPRIS

Za iskanje časopisa koriste se sredstva Ministarstva znanosti i poduzeća Hrvatske ceste i kulture (KI, oznaka 612:10/91-01-939. Ur. broj 532-03-1/91-01) časopis CESTE I MOSTOVI smatra se proizvodom iz članka 19. točka 14. Zakona o porezu na promet proizvoda i usluga, na koji se ne plaća osnovni porez na promet, a temeljem članka 20. Zakona o porezu na promet proizvoda i usluga ne plaća se ni poseban porez na promet.

Nabavak: 1.200

TIŠAK: HRVATSKA TIŠKARNA DOO. — ZAGREB

Tiskanje dovršeno 17. lipnja 1995.



Pregledni članak – Review
UDK 624.21/8

Primljeno: travanj 1996.
Prihvaćeno: 14. V. 1996.

Juhani VIROLA, Eur Ing-FEANI
Teemuahoyhtiöt, Helsinki

SVIJET VELIKIH MOSTOVA

NOTABLE BRIDGES IN THE WORLD

SAŽETAK

Kaže se da se povijest civilizacije najbolje odražava u izgradnji mostova i hramova. S druge strane, može se ustvrditi da se nikada ranije nije izgradilo toliko mostova velika raspona kao u desetljeću kojim završava ovo lisučjeće. Ovdje je dan pregled visećih, oviješanih te ostalih čeličnih mostova najvećih raspona.

Razvoji visećih mostova, predloženi je ne samo u svijetlu porasta raspona nego je prikazan i razvoj tehnike izradbe ovišne užadi te postupan razvoj kolničkih sklopova, osobito nakon rušenja mosta Tacoma, od snažnih rešetaka (u SAD) do aerodinamičnih sanduka (u Europi). Također je istaknuta visoka otpornost ovih mostova na djelovanje potresa. Spomenut je i izgled na izgradnju nekoliko gorostasnih visećih mostova u blizju budućnosti. U oviješanim mostovima dan je pregled rasta raspona te osobit osvrt na očekivanu izgradnju donedavna nezamislivo velikih oviješanih mostova. Od ostalih čeličnih mostova najvećega raspona prikazani su prijelupni gredni te lučni mostovi. Na kraju su predložena linska postrojenja u svakom od ovih područja.

SUMMARY

Temples and bridges are the most outstanding exhibits of mankind. On the other hand, never earlier have so many long-span bridges been built as during the 1990's. An overview of suspension, cable-stayed and other longest-span worldwide steel bridges is given.

The development of suspension bridges is given not only with respect to the growth of their span lengths, but also the methods of making main cables and development of the two types of stiffening deck structures, particularly after the Tacoma bridge failure: strong truss structures (USA) and streamlined box girders (Europe) are outlined. Considerable resistance of these bridges against earthquake is also pointed out. Prospect to the construction of some huge suspension bridges is mentioned. As for cable-stayed bridges, the growth of their span lengths is depicted, but particular attention is paid to the expected construction of such bridges of the size that could not be imagined so far. Concerning other longest-span steel bridges, cantilever truss bridges and arch bridges are briefly described. Finally, outstanding Finnish bridges of each of these types are presented.

UVOD

Kaže se da se povijest civilizacije najbolje odražava u izgradnji mostova i hramova. S druge, pak, strane, možemo ustvrditi da se nikad ranije nije gradilo toliko velikih mostova (velika raspona) kao u desetljeću s kojim završava ovo lisučjeće. I u ovom se desetljeću sagradilo osobito mnogo visećih mostova, a pogotovo oviješanih. Tablica II, u drugom poglavlju ovoga članka, pokazuje da je deset najvećih svjetskih oviješanih mostova sagrađeno u posljednjem desetljeću. Dosađ su jedino rasponi visećih mostova bili dulji od jednoga kilometra. Do godine 2000. takvih će visećih mostova biti u svijetu više od petnaestak.

U ovom se desetljeću rasponi oviješanih mostova približavaju duljini do jednoga kilometra. Kad bude 1999. završen most preko tjesnaca Tataru u Japanu, bit će njegov raspon 890 metara, a u Francuskoj je još početkom 1995. završen Normandjski most (Pont de Normandie) raspona 856 metara. Neće potrajati dugo dok i oviješani mostovi budu raspona većeg od jednoga kilometra. Viseći su mostovi to postigli 1931. kad je u New Yorku pušten u promet veličanstveni most George Washington. Kad se, na primjer, u visećih mostova dostignuta granica raspona od gotovo dva kilometra. U budućnosti će oviješani mostovi preteći obične viseće mostove, kako je to nagoviješteno u točki 2.03.

U ovom će se članku usredotočiti na viseće mostove jer je to područje koje najbolje poznajem [1]. Rečeno je da je viseći most kraj svih mostova. Možda zato jer se tom vrsti postiču još uvijek, do daljnjega, najveći rasponi. Osim toga, i su mostovi i oblikovno najuspješniji.

* Izvornik objavljen u časopisu Tietäkennusmestari, 1995, 2-3.

INTRODUCTION

Temples and bridges are the most outstanding exhibits of mankind. On the other hand, never earlier have so many notable (long-span) bridges been built as during the 1990's.

The boom of great bridges of the 1990's concerns suspension bridges and particularly cable-stayed bridges. Table II shows that the 10 longest-span cable-stayed bridges originate in the 1990's. Hitherto, the suspension bridge is the only bridge type reaching span lengths exceeding one kilometre. Worldwide by the end of the century, there will be nearly twenty suspension bridges of this magnitude (Table I).

During the 1990's, the length of cable-stayed bridges is also approaching the one kilometre span limit. The Tataru Bridge, to be completed in Japan in 1999, will have a main span of 890 m, while the Pont de Normandie, completed in France in 1995, has a main span of 856 m. Assumably in the near future a cable-stayed bridge will exceed the span of one kilometre.

The maximum span of suspension bridges did exceed the one kilometre limit in 1931 as the mighty George Washington Bridge (main span 1067 m) was completed in New York City. By the end of this millennium, the span lengths of suspension bridges are approaching the 2-kilometre limit, as the gigantic Akashi-Kaikyo Bridge (main span 1991 m) in Japan will be completed. However, in the future the span length of cable-stayed bridges may exceed that of suspension bridges, as mentioned in the paragraph 2.03 of this article. Meanwhile, the suspension bridge is often referred to as The Queen of the Bridges, perhaps because of its graceful shape and imposing dimensions [1].

1. SUSPENSION BRIDGES

1.01. Early suspension bridges

The suspension bridge as an invention is thousands of years old. Early cable suspension bridges vary in kind according to the material of which the cables are made: rattan, bamboo, leather, iron chain. In China there is evidence of ancient suspension bridges with iron chains. The Fanhe Bridge dated B.C. 206 in Shanxi Province was probably made using iron chains. The bridges across the Xilin Gorge of the Yangtze River dated A.D. 280 are known to have been of iron chain. The Luding Iron-Chain Bridge over the Dadu River, in Sichuan Province, was completed A.D. 1706 and is now included in the first group of major cultural relics under state protection [12]. With its main span of 100 m the Luding Bridge assumably was the longest-span bridge of its time in the world.

1.02. Remarkable chain suspension bridges

A number of outstanding chain suspension bridges were built during the 19th century and in the early years of the 20th century as well. The list below gives some examples of those bridges:

- Menai Straits Bridge, Wales. When completed in 1826 this bridge, which still exists, with its 177 m main span was the world's longest-span bridge, counting all types of bridges (see Table IV), *Picture 1*.
- Széchenyi Bridge over the Danube, the foremost scene of Budapest, main span 203 m. The bridge was first completed in 1849, destroyed at the end of the World War II, and re-opened in 1949, *Picture 2*.
- Clifton Bridge in Bristol, Britain, with a main span of 214 m. The bridge was completed in 1864 and it is known as the symbol of Bristol. The deck of the bridge is 70 m above the Avon River Gorge, *Picture 3*.
- Ponte Hercilio Luz at Florianópolis, Brazil 1926. With a main span of 339 m it is still the longest-span chain suspension bridge in the world, *Picture 4*.

Some long-span suspension bridges of the early 20th century, for instance the George Washington Bridge, were also proposed to be built as chain bridges.

Chain bridges gained bad reputation in the 1960's. The Silver Bridge at Point Pleasant (main span 213 m; 1928) over the Ohio River, West Virginia, collapsed suddenly in 1967 and 46 people were killed in the accident [3], *Picture 5*.



Slika 3. Most Clifton, simbol Bristol
3. Clifton Bridge, the symbol of Bristol.
PHOTO PUBLIC RELATIONS OFFICE OF BRISTOL

Od 1989. do 1993. posjetio sam, zajedno sa suprugom, desetak visećih mostova u Europi i Americi. Kad mi se pruži prilika, posjetit ću još i japonske i kineske velike viseće mostove. Do sada mi je uspjelo doći do vrha pilona osam mostova. Najteže mi je bilo na glasovitom mostu Golden Gate. Naime, na većini visećih mostova gotovo uvijek u pilonu ima dizalo. A na onom drugom velikom mostu u San Franciscu, naime, u pilonu mosta San Francisco-Oakland Bay Bridge takva dizala nema. Što sam saznao tek na mostu, ipak sam se popeo na vrh istočnog pilona visokoga 144 metra. Penjač sam se po istočnom bočnom užetu promjera 0,7 metara. Bilo mi je to nezaboravno iskustvo.

1.00 VISEĆI MOSTOVI

1.01. Prvotni viseći mostovi

Viseći je most nastao prije nekoliko tisućljeća. Prvi mostovi s uzadi za vješanje nisu bili metalni, nego posve drukčiji, primjerice od bambusa, kože, ljanina ili drugih gradiva. U Kini su se još sačuvali tragovi gradnje visećih mostova od željeznih lanaca iz doba od prije dvije tisuće godina. Tako je u pokrajini Šanhsi (Shanxi), daleke 206. godine prije Krista, sagrađen most Fanhe, koji je možda visio na željeznim lancima. Zna se da su na mostovima preko kanjona Xilin rijeke Jangce iz 280. godine poslije Krista bili željezni lanci [2]. Željezni lanci most Luding preko rijeke Dadu u pokrajini Sečuan dovršen je 1706. On je sada uvršten u prvu skupinu najvažnijih zaštićenih kulturnih spomenika. Sa svojim rasponom od 100 m vjerojatno je bio most najvećega raspona u svijetu u svoje doba.

1.02. Znameniti lančani mostovi

U prošlom je stoljeću, a još i u početku ovog stoljeća, sagrađeno nekoliko poznatih lančanih mostova [3]. Navodi se nekoliko primjera takvih mostova.

- *Most preko ljesnaca Menai*, u Walesu (Britanija) sagrađen je 1826. Sa svojih 177 m raspona ovaj je most, koji još uvijek stoji, bio svojedobno most najvećeg raspona u svijetu, računajući svoje vrste mostova (vidi Tablicu IV, slika 1).



Slika 1. Most Menai u Walesu, još stoji, svojedobno najvećega raspona na svijetu

1. Menai Bridge, Wales, still existing and once the longest-span bridge in the world

PHOTO ANGLESEY COUNTY COUNCIL



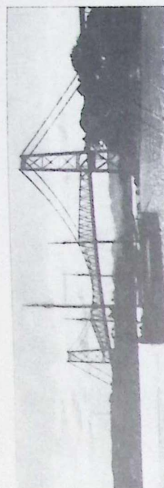
Slika 2. Széchenyijev most, najpoznatija znamenitost Budimpešte
2. Széchenyi Bridge, Budapest's most famous sight
PHOTO UVATERV

- Znameniti *Szechenyijev most* preko Dunava u Budimpešti, najpoznatija znamenitost u tom gradu, ima glavni raspon 203 metra. Dvršen je 1849. pa srušen u II. svjetskom ratu i ponovno izgrađen 1949. (slika 2).

- *Most Clifton* u Bristolu, Britanija, s glavnim rasponom 214 metara, dovršen 1864. poznat je kao simbol Bristolu. Rasponski mu je sklop 70 m iznad rijeke Avon (slika 3).

- *Most Hercilio Luz*, kod Florianópolisa u Brazilu, dovršen je 1926. Ima raspon 339 metara i još je uvijek najveći lančani most na svijetu (slika 4).

Spomenimo još da je za neke velike viseće mostove sagrađene početkom dvadesetog stoljeća, na primjer za Most Georg Washington, bilo predlagano da budu izgrađeni kao lančani. Lančani su mostovi došli na loš glas kad se 1967. izmehnada srušio most kod Point Pleasant preko rijeke Ohio u Zapadnoj Vir-džiniji, dovršen 1928. Bio je raspona 213 metara. Kad mu je puknuo lanac, poginulo je 46 ljudi (slika 5).



Slika 4. Most Hercilio Luz, u Brazilu, najveći lančani most na svijetu
4. Ponte Hercilio Luz, Brazil, the world's longest-span chain suspension bridge
PHOTO STEINMAN, BOYNTON, GRONQUIST & BIRDSALL



Slika 5. Srebrni most u Zapadnoj Virđžiniji, SAD, srušio se 1967.
5. Silver Bridge, West Virginia, collapsed in 1967.
PHOTO WEST VIRGINIA DEPARTMENT OF HIGHWAYS



Slika 6. Most Brooklyn u New Yorku, svojedobno most najvećeg raspona na svijetu

6. Brooklyn Bridge, New York City, once the longest-span bridge in the world

PHOTO NEW YORK CONVENTION AND VISITORS BUREAU