

Gradbeni vestnik • GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN

TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH

INŽENIRJEV INŽENIRSKÉ ZBORNICE SLOVENIJE

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774

Ljubljana, december 2004, letnik 53, str. 281-308

Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Karlovska 3, 1000 Ljubljana, telefon/faks 01 422 4622 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Ministrstva RS za šolstvo, znanost in šport, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani in Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**

izr. prof. dr. **Matjaž Mikoš**

Jakob Presečnik

MSG IZS: **Gorazd Humar**

mag. Črtomir Remec

doc. dr. Branko Zadnik

FGG Ljubljana: **doc. dr. Marijan Žura**

FG Maribor: **Milan Kuhta**

ZAG: **prof. dr. Miha Tomaževič**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristijan Juteršek

Lektorica:

Alenka Raič Blažič

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Anka Holobar

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočevski tisk

Naklada:

3100 izvodov

Podatki o objavah v reviji so navedeni v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA (The Int. Construction Database) ter na <http://www.zveza-daits.si>.

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 5500 SIT; za študente in upokojene 2200 SIT; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 40.687,50 SIT za en izvod revije; za naročnike iz tujine 100 USD. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:

02017-0015398955

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

- Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
- Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
- Besedilo prispevkov mora biti napisano v slovenščini.
- Besedilo mora biti izpisano z znaki velikosti 12 pik z dvojnimi presledkom med vrsticami.
- Prispevki morajo imeti naslov, imena in priimke avtorjev ter besedilo prispevka.
- Besedilo člankov mora obvezno imeti: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); oznako ali je članek strokoven ali znanstven; nazive, imena in priimke avtorjev ter njihove naslove; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY, in povzetek v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ..., naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so dodatki označeni še z A, B, C, itn.
- Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni.
- Slike, preglednice in fotografije morajo biti omenjene v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino. Vse slike in fotografije v elektronski obliki (slike v običajnih vektorskih grafičnih formatih, fotografije v formatih .tif ali .jpg visoke ločljivosti) morajo biti v posebnih datotekah, običajne fotografije pa priložene.
- Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
- Kot decimalno ločilo je treba uporabiti vejico.
- Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki: (priimek prvega avtorja, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c, itn.
- V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela opisana z naslednjimi podatki: priimek, ime prvega avtorja (lahko okrajšano), priimki in imena drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
- Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
- Prispevke je treba poslati glavnemu in odgovornemu uredniku prof. dr. Janezu Duhovniku na naslov: FGG, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA oz. janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V spremnem dopisu mora avtor članka napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren. Prispevke je treba poslati v enem izvodu na papirju in v elektronski obliki v formatu MS WORD in v 8. točki določenih grafičnih formatih.

Uredništvo

Vsebina • Contents

Srečno 2005

stran **282**

Marjan Vengust
Novoletno voščilo predsednika ZDGITS

Jubilej

stran **283**

95 let prof. dr. Janka Bleiweisa

Članki • Papers

stran **284**

mag. Roman Mur, univ. dipl. inž. grad.
MEDNARODNI SIMPOZIJ SOVPREŽNE KONSTRUKCIJE –
STANJE IN RAZVOJ

INTERNATIONAL SYMPOSIUM COMPOSITE STEEL AND CONCRETE STRUCTURES – STATE-OF-THE-ART-AND NEW DEVELOPMENTS



stran **296**

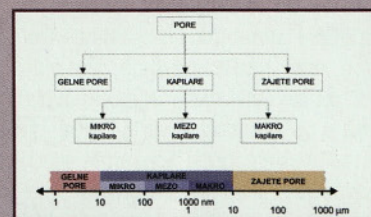
Gregor Gruden, univ. dipl. inž. grad.
NOVI VIADUKTI NA FRANCOŠKI AVTOCESTI A75
CLERMONT FERRAND – BEZIERS, "LA MERIDIENNE"
NEW VIADUCTS ON A75 MOTORWAY "LA MERIDIENNE"
CLERMONT FERRAND – BEZIERS IN FRANCE



stran **300**

Nina Podvornik, univ. dipl. inž. grad.,
mag. Lucija Hanžič, univ. dipl. inž. grad.,
dr. Radomir Ilić, univ. dipl. inž. metal.

VPLIV KEMIČNIH DODATKOV NA POROZNOST BETONA
INFLUENCE OF CHEMICAL ADMIXTURES ON THE POROSITY OF CONCRETE



Vsebina letnika 53/2004

stran **306**

Obvestilo in vabilo diplomantom FGG, Novi diplomanti gradbeništva

stran **308**

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Koledar prireditev

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Slika na naslovnici: Cerkenikov most v Škocjanskih jamah, projekt Inštitut za metalne konstrukcije, foto Gregor Gruden.

NOVOLETNO VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS



Komaj verjamem, da se leto 2004 poslavlja in je pred durmi že leto 2005. Moja razmišljanja potrjuje narava, ki se še ni pripravila na »zimski spanec«, ker tudi zanjo leto 2004 očit-

no prehitro mineva. Nič praznično ni v naši gradbeni operativi, saj hitimo opraviti in dokončati še zadnja planirana dela v letošnjem letu.

Tudi v letu 2004 smo slovenski gradbeniki v sodelovanju z najrazličnejšimi strokovnjaki pomembno prispevali k razvoju Slovenije in tako želni gospodarski rasti.

Rezultati gradbene stroke so vidni v številnih zgrajenih objektih doma in na tujih trgih. So plod sodelovanja različnih strok, tradicije in izkušenj, tako pri načrtovanju kot izvedbi.

Osebno sem ponosen na dosežke stroke, ki je svoje znanje združila pri izgradnji enega najtežjih avtocestnih odsekov od Klanca do Ankarana z najzahtevnejšim viaduktom Črni Kal.

Med letom smo se člani društev srečevali v svojih poslovnih vlogah, kar premalokrat pa smo se posvetili reševanju problematike posameznih društev gradbenih inženirjev in tehnikov in s tem posledično tudi problemom ZDGITS.

Upam in prepričan sem, da bo v letu 2005 bolje.

Ob zaključku leta se želim zahvaliti vsem članom in organizacijam, ki so kakorkoli pomagale, da je ZDGITS realizirala načrtane naloge.

Naj bo leto 2005 prepleteno z mostovi razumevanja, sreče, zdravja in s poslovnimi uspehi! Naj čez te mostove pridejo do Vas vseh dobre želje, naj jih načrtane poti pripeljejo do cilja, in naj se Vam in Vašim najdražjim vse tudi uresničijo!

Marjan Vengust

Srečno novo leto 2005

vsem bralcem, avtorjem, recenzentom
in drugim sodelavcem

Gradbenega vestnika

želi
Uredništvo

95 LET PROF. DR. JANKA BLEIWEISA



Prof. dr. Janko Bleiweis maja 2004 na strokovni ekskurziji na viaduktu Črni kal z nekdanjimi študenti gradbeništva, ki so se na II. stopnjo študija gradbeništva na FAGG vpisali jeseni leta 1962. Foto Andrej Kerin

Prof. dr. Janko Bleiweis je 1. decembra 2004 dopolnil častitljivo starost 95 let. Koliko generacij študentov je šlo skozi njegove roke, je težko prešteti. Vedno je bil med njimi priljubljen, saj je imel poleg strokovnega znanja pošten in človeški odnos do študentov in sodelavcev. Gotovo je tudi zaradi takih odnosov bil skoraj 12 let direktor nekdanjega Vodogradbenega laboratorija. Nekoč mi je neki Francoz, ki je bil v Sloveniji na strokovnem obisku, dejal: »Vem, da je iz plemenite rodbine. Taki ljudje so lahko dveh vrst: ali so visoki in ošabni ali pa so zelo plemeniti in simpatični. Prof. Bleiweis je tipičen predstavnik druge vrste«.

Ko sem bil študent drugega letnika gradbeništva, me je pri njegovih predavanjih zelo pritegnilo delo v laboratoriju, kjer smo lahko neposredno gledali mnoge zanimive pojave iz mehanike tekočin. To me je tudi potegnilo med vodarje. Že v začetnem obdobju uporabe računalnikov pri nas je sicer takoj razumel nujnost uporabe računalništva v hidrotehniko, vendar mi je v kasnejšem raziskovalnem življenju često koristilo njegovo načelo: »Videti je treba, kako voda teče, preden jo lahko pravilno ukleščiš v enačbe!«

Vedno je ljubil naravo in gore. Kako sem bil presenečen in vesel, ko sem bil pri njem še demonstrator in sem mu neko pomlad omenil, da se odpravljam s prijateljem na hribovsko turo na Olimp, kjer je on bil že pred vojno. Natresel mi je polno praktičnih nasvetov in prinesel nekaj svojih člankov iz Planinskega vestnika. Še danes se spominjam, kako mi je potem koristil tale njegov nasvet. Vprašal me je, če vem, kako se v grščini reče voda. Od nekod sem vedel, da je to *hydor* – pa se je smejal: »To boste pa ostali žejni, starogrščine

nihče več ne razume, prava beseda je *nero*«. Najbolj nam je pri njem še danes vzor njegovo pozitivno mišljenje. V soncu, dežju in snegu smo ga videvali, kako na svojem biciklu brez kape in rokavic »šiba« po Viču. Treba je občudovati človeka, ki si pri 94 letih zlomi stegnenico, pa je v nekaj mesecih spet na nogah. V bolnišnici je pripovedoval v svojem značilnem slogu: »Ja, doma sem se neko popoldne zapletel v tepih. Ko sem ležal na tleh, sem videl, da noga nekam čudno stoji. No, do telefona nisem mogel, dosegel pa sem časopis in sem lepo na tleh čital, dokler ni prišla hči na obisk«. In če danes pohvališ njegovo dobro zdravje pri teh letih, se bo smejal: »Oh, kaj, saj sem že ves umeten – kot robot: proteza, očala, srčni spodbujevalnik, slušni aparat...«. No, res pa je, da velika večina ljudi pri teh letih sploh ne potrebuje nobenih aparatov! Toda pri pogovoru z njim mu nikoli ne bi prisodil toliko let: spomin in logika sta še vedno mladostna, še danes je prav prijetno debatirati z njim, kadar od časa do časa skuha odlične žgance in me povabi na kosilo.

Njegov smisel za humor je poznan. Naj spomnim na eno njegovih šal, ki je nekoč bila celo objavljena v študentski Tribuni.

Prof. Bleiweis je bil s študenti na ekskurziji v Srbiji. Z avtobusom so se peljali po tedanji »avtocesti« proti Beogradu. Bila je polna lukenj, da jih je silno premetavalo. Pa se profesor obrne k najbližjemu študentu: »Katero podjetje, ste rekli, da je zgradilo to cesto?«

»To je bilo podjetje Ratko Mitrović«, je odgovoril študent. »O, jaz sem pa mislil, da je bilo podjetje Ritko Matrović«, je ugotovil profesor.

Vsi, ki ga poznamo, mu želimo še mnogo let zdravja in take dobre volje in pozitivne energije, kot jo je vedno imel.

Rudi Rajar

MEDNARODNI SIMPOZIJ SOVPREŽNE KONSTRUKCIJE – STANJE IN RAZVOJ

INTERNATIONAL SYMPOSIUM COMPOSITE STEEL AND CONCRETE STRUCTURES – STATE-OF-THE-ART AND NEW DEVELOPMENTS

mag. Roman Mur, univ. dipl. inž. grad.

roman.mur@imk.si, Inštitut za metalne konstrukcije,
Mencingerjeva 7, 1000 Ljubljana

Strokovni članek

UDK 624.016:693.8:061.3

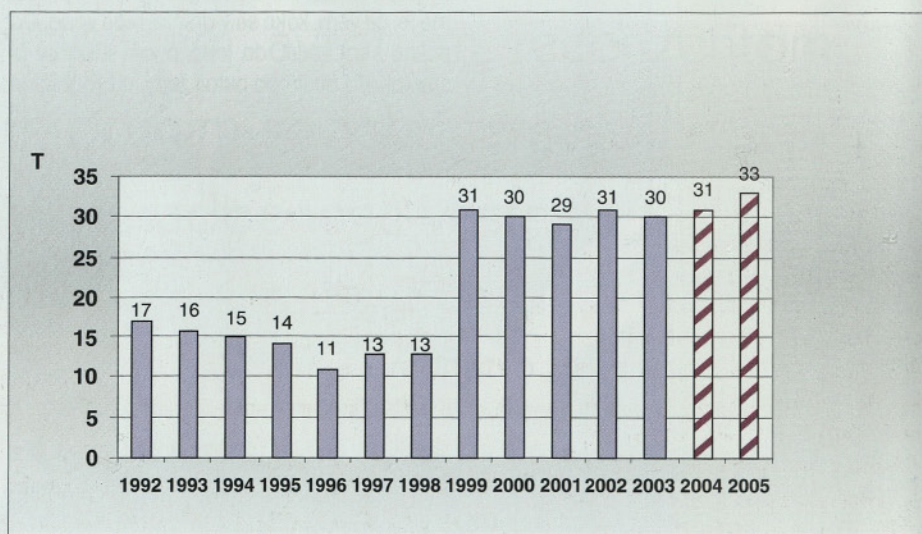
Povzetek | V okviru letne skupščine Evropske konvencije za jeklene konstrukcije – ECCS je bil 8. septembra 2004 v Ljubljani mednarodni simpozij "Sovprežne konstrukcije – stanje in razvoj". Simpozij je v sodelovanju s Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani organizirala Organizacija JEKLENE KONSTRUKCIJE Združenja kovinske industrije Gospodarske zbornice Slovenije. Namen članka je kratka predstavitev simpozija.

Summary | As an accompanying event to the 2004 ECCS Annual Meeting the International Symposium Composite Steel and Concrete Structures – State-of-the-Art and New Developments, was held on 8th September 2004 in Ljubljana. The symposium was organised by STEEL CONSTRUCTION – Committee of the Association of Metal Industry within the Chamber of Commerce and Industry of Slovenia in collaboration with Faculty of Civil and Geodetic Engineering at University of Ljubljana. The presentation of this symposium is the main goal of the paper.

1 • UVOD

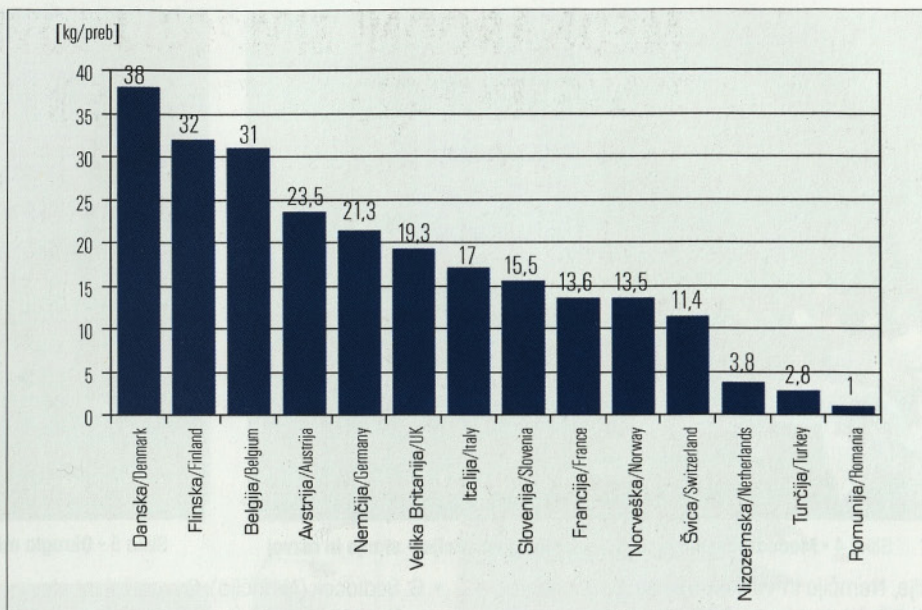
Pridobivanje železa, proizvodnja jekla, kovinskopredelovalna industrija in z njimi povezane industrijske panoge že dolgo močno vplivajo na razvoj in življenje v Sloveniji. V preteklosti so pri nas nastale močne železarne, strojne tovarne in podjetja za izdelavo kovinskih konstrukcij. Gospodarske spremembe so povzročile preoblikovanje in prestrukturiranje velikih podjetij za proizvodnjo jeklenih konstrukcij v manjša, ki skušajo z različnimi ukrepi povrniti delovna mesta, povečati dohodek in ponovno prispevati h gospodarskemu razvoju. Proizvodnja jeklenih konstrukcij je po osamosvojitvi Slovenije šest let upadala, od leta 1997 pa se proizvodnja povečuje (slika 1).

Organizacija JEKLENE KONSTRUKCIJE (JK) deluje kot odbor Združenja kovinske industrije Gospodarske zbornice Slovenije od leta



Slika 1 • Proizvodnja jeklenih konstrukcij v Sloveniji

1997. Do sedaj se je včlanilo že več kot 30 podjetij s področja projektiranja, izdelovanja in montaže jeklenih konstrukcij, nekatere fakultete in inštituti pa so pridruženi člani. Osnovni namen organizacije je skrb za povečevanje konkurenčnosti jeklenih konstrukcij na celotnem področju graditve in povečevanje tržnega deleža jeklenih konstrukcij v Sloveniji, tako da bi se v naslednjih letih lahko prebili v zgornjo polovico po porabi jeklenih konstrukcij na prebivalca. V tem smislu organizacija sodeluje pri pripravi predpisov in standardov za gradnjo in uporabo jeklenih konstrukcij, izvaja številne izobraževalne in promocijske aktivnosti ter vsaki dve leti podeljuje nagrado za najboljšo slovensko jekleno konstrukcijo. V sedmih letih delovanja se je celotna poraba jeklenih konstrukcij podvojila, vendar pa to velja le za industrijske, trgovske in delno poslovne objekte, medtem ko ostajajo tržni deleži pri mostovih in stanovanjski gradnji še vedno minimalni. Temu se seveda ne gre čuditi, če upoštevamo dejansko stanje na področju domače gradbene operative, ki je pretežno usmerjena v betonske konstrukcije. Počasi, a vztrajno se okoli nekaj večjih proizvajalcev jeklenih konstrukcij oblikuje grozd malih in srednjih podjetij, ki iščejo svoje tržne niše. Z neizkoriščenimi priložnostmi se v naslednjih letih želimo pre-



Slika 2 • Poraba jekla na prebivalca v EU

biti v zgornjo polovico po porabi jeklenih konstrukcij na prebivalca v EU (slika 2). Organizacija JK je od ustanovitve dalje tudi članica Evropske konvencije za jeklene konstrukcije – ECCS (European Convention for Constructional Steelwork), ki ji je letos kot organizator letne skupščine v Ljubljani tudi predsedovala. V tem krovnem združenju so

delujejo praktično vse nacionalne organizacije razširjene evropske družine narodov in ECCS bo tako drugo leto praznovala že 50. obletnico uspešnega delovanja. Organizacija JK kot najmanjša članica enakopravno sodeluje pri pripravi strategije odgovora na neugodne vplive globalizacijskih procesov in v zadnjem letu tudi stalne rasti cene jekla.

2 • MEDNARODNI SIMPOZIJ SOVPREŽNE KONSTRUKCIJE – STANJE IN RAZVOJ

Organizacija JK je v Ljubljani od 8. do 10. septembra gostila letno skupščino ECCS. Skupščina je potekala v Grand hotelu Union. Na skupščini je sodelovalo preko 50 uglednih strokovnjakov iz cele Evrope.

V okviru letne skupščine ECCS je organizacija JK v sodelovanju s Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani organizirala mednarodni simpozij Sovprežne konstrukcije – stanje in razvoj. Simpozij je potekal 8. septembra 2004 v Domu gospodarstva v Ljubljani. Osnovni namen simpozija je bil opozoriti vse, ki so deležni pri načrtovanju in gradnji jeklenih oziroma sovprežnih konstrukcij – projektante, izvajalce, upravjalce in investitorje, na možnost sinergije jekla in betona in vzpodbuditi zanimanje in povečanje uporabe vseh vrst sovprežnih konstrukcij v Sloveniji.

Na simpoziju so ob prisotnosti preko 70 domačih in tujih udeležencev svoje prispevke pripravili strokovnjaki iz Slovenije, Finske, Fran-



Slika 3 • Letna skupščina Evropske konvencije za jeklene konstrukcije ECCS



Slika 4 • Mednarodni simpozij Sovprežne konstrukcije – stanje in razvoj



Slika 5 • Okrogla miza Prednosti in konkurenčnost sovprežnih konstrukcij

cije, Nemčije in Velike Britanije. Sodobne trende načrtovanja in gradnje sovprežnih konstrukcij in mostov ter novosti s področja razvoja in uporabe evropskih standardov Eurocode 4 so predstavili:

- D. Beg, Sovprežne konstrukcije v Sloveniji,
- J. Raoul (Francija), Eurocode 4 in sovprežni mostovi v Franciji,

- G. Sedlacek (Nemčija), Sovprežni mostovi – nemške izkušnje,
- M. Leskela (Finska), Eurocode 4 in sovprežni stropovi v Skandinaviji,
- G. Couchman (V. Britanija), Sovprežni stropovi v Veliki Britaniji.

Ob zaključku simpozija je bila organizirana okrogla miza na temo Prednosti in konkurenčnost sovprežnih konstrukcij.

V razpravi so poleg predavateljev sodelovali ugledni slovenskih in tujih strokovnjaki in predstavniki vidnejših slovenskih podjetij in ustanov: Trimo d.d., DARS d.d., SCT d.d., IMK,... Simpozij in okroglo mizo je vodil in moderiral prof. dr. Darko Beg.

3 • SOVPREŽNE KONSTRUKCIJE V SLOVENIJI

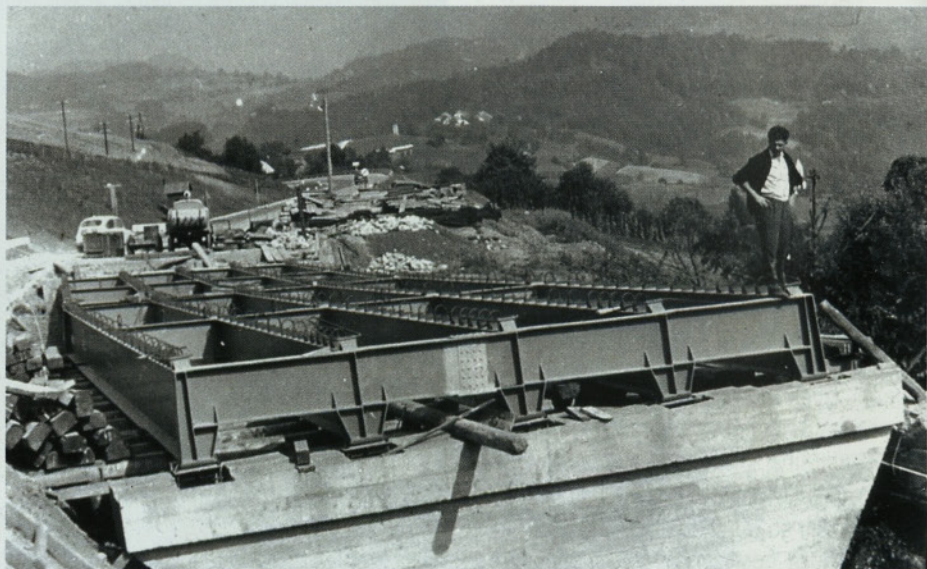
3.1 Sovprežni mostovi

Prva (resnično) sovprežna konstrukcija, zgrajena v Sloveniji, je bil most manjše razpetine na Trojanah, zgrajen leta 1960 (slika 6). V naslednjih dveh desetletjih je bilo zgrajeno relativno veliko število sovprežnih mostov: 1962 železniška nadvoza v Ljubljani, 1966 viadukt Lešnica, 1970 železniški most čez Pako in cestni most čez Dravo pri Ruti – prvi sovprežni most s prefabricirano betonsko ploščo, 1978 in 1979 cestni mostovi v Tacnu, na Bohinjski Beli in Obrnah, 1980 Delavski most v Kranju. V tem času so bili uspešno uporabljeni številni sodobni principi gradnje sovprežnih mostov, npr. čepi z glavo, prednapenjanje betonske voziščne plošče, betonske spodnje pasnice, uporaba montažnih betonskih plošč itd. Po letu 1980 je gradnja sovprežnih mostov dramatično upadla. Glavni razlog je bila najverjetneje uspešna uveljavitev montažnih betonskih mostov tipičnih razpetin 30 m. Cena tovrstnih mostov je bila zelo konkurenčna, toda po dvajsetletni uporabi so se tovrstni mostovi glede na izredno visoke stroške vzdrževanja izkazali za neprimerne. Veliko teh mostov je bilo v celoti renoviranih, danes pa

njihova uporaba na javnih cestah ni več dovoljena.

Drug razlog za upad je, da v Sloveniji ni bilo velikih proizvajalcev jeklenih mostov. Podjetja se glede na to, da so bila uspešna na ostalih področjih jeklenih konstrukcij (npr. dvigala,

hidromehanska oprema), z gradbenimi podjetji niso dovolj trdno bojevala za tržni delež pri gradnji mostov. Danes je v Sloveniji nekaj manjših proizvajalcev jeklenih konstrukcij, ki so sposobni graditi jeklene in sovprežne mostove, toda v tem času so gradbena podjetja na področju mostov postala tako močna, da je danes praktično nemogoče zgraditi jeklen ali sovprežen most. V zadnjih desetih letih sta



Slika 6 • Jekleni del sovprežnega mostu na Trojanah



Slika 7 • Most za pešce čez Dravo na Ptuju



Slika 8 • Sovprežni most v Škocjanskih jamah



Slika 9 • Poslovna zgradba Bavarski dvor med gradnjo

se tako zgradila le večji sovprežni most za pešce čez Dravo na Ptuju (1999), (slika 7) in manjši most v Škocjanskih jamah (2003), (slika 8). Most za pešce čez Dravo na Ptuju je leta 1999 prejel evropsko nagrado za najboljšo jekleno konstrukcijo, ki jo podeljuje ECCS.

3.2 Sovprežni stropovi

V visokogradnji se jeklene in sovprežne konstrukcije tradicionalno uporabljajo za industrijske zgradbe, medtem ko so se relativno pozno začele uporabljati za javne in poslovne zgradbe. Prvič so bili sovprežni stropovi z valovito ploščevino uporabljeni pri gradnji poslovnega objekta Bavarski dvor v Ljubljani (1975), (slika 8) in kasneje trgovskega centra Slovenijales v Ljubljani (1979).

Delež jeklenih zgradb in z njimi povezanih sovprežnih stropov se je povečal šele v zadnjih desetih letih: Poštni center Ljubljana (1997), Trgovski center Merkur Ljubljana (2001), Trgovski center Supernova Koper (2002), Trgovski center Celeia Celje (2003), Proizvodna hala LEK Ljubljana (2003), (slika 9), Kongresni center Portorož (2004). Opogumljata pa predvsem dejstva, da je na področju visokogradnje kar nekaj uspešnih proizvajalcev jeklenih konstrukcij in da se zdi, da so arhitekti končno odkrili prednosti jeklenih konstrukcij.



Slika 10 • Proizvodna hala LEK Ljubljana

4 • SOVPREŽNI CESTNI MOSTOVI V FRANCIJI

V Franciji je delež sovprežnih cestnih mostov (delež skupno zgrajene površine mostov) iz od nekaj odstotkov leta 1980 narasel na 25 %. Podoben trend je tudi pri železniških sovprežnih mostovih. Letno se zgradi 30–40 tisoč ton jeklenih in sovprežnih mostnih konstrukcij. Rast je bila dosežena predvsem pri mostovih srednjih razpetin (razpetine 50–70 m), kjer je delež sovprežnih mostov približno 80 %. Glavni razlog za manjšo konkurenčnost jeklenih mostov manjših razpetin je v tem, da te mostove večinoma gradijo lokalni izvajalci, ki so usposobljeni predvsem za gradnjo betonskih mostov.

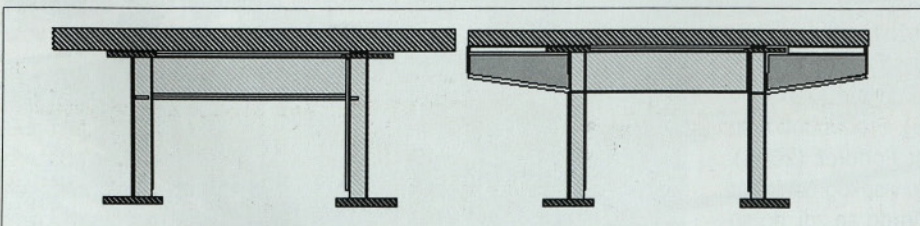
Ti rezultati so bili doseženi s projektiranjem enostavnih konstrukcij z minimalnimi stroški proizvodnje, uporabo visokokvalitetnih jeklenih pločevin večjih debelin, ki zmanjšujejo stroške varjenja, in s privzemanjem sodobnih računskih metod, podobnih metodam, ki so bile razvite v okviru evrokodov.

4.1 Konstruktivne značilnosti sovprežnih mostov

Običajno zasnovano prečnega prereza tvorijo armiranobetonska voziščna plošča, ki je s strižnimi čepi (redkeje s privarjenimi kotniki) povezana z jeklenima nosilcema, ki sta na 6–10 m povezana s prečnimi nosilci I prereza. Prečni nosilci so privarjeni na vertikalne ojačitve T prereza. Konstrukcije so običajno v celoti zvarjene. Razen sočelnih zvarov pasnic so uporabljeni kotni zvari. V vijaki izvedbi so lečasne vetrne vezi za čas montaže.

Osnovne značilnosti prečnih prerezov sovprežnih mostov so (slika 11):

- betonska plošča ima konstantno debelino;
- pri širokih mostovih (2 x 2 vozna pasova) je betonska plošča prečno prednapeta;
- betonska plošča je povezana s prečnimi nosilci. V tem primeru so sovprežni prečni nosilci privarjeni na zgornjo površino glavnih nosilcev. Razmak med nosilci se zmanjša na ~4 m. Zgornje pasnice prečnih nosilcev so s sočelnimi zvari privarjene na pasnici glavnih nosilcev;



Slika 11 • Tipična prečna preza

- pri mostovih manjših razpetin so vertikalne ojačitve iz "ravnih" pločevin;
- prečni nosilci se podaljšajo v previsni del voziščne plošče.

4.2 Material

Uporaba debelih pločevin debeline do 150 mm (omejitev debeline v Franciji) omogoča projektiranje nosilcev s pasnicami iz ene same lamele, kar je znatno ceneje kot uporaba nosilcev s pasnicami, sestavljenimi iz več lamel. Nevarnost pojava krhkega loma zahteva uporabo jekel visoke kakovosti. V Franciji se uporabljajo naslednje kvalitete jekel:

- S355K2G3 (zagotovljena žilavost 40J pri $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) za debeline pločevin < 30 mm;
- S355N (zagotovljena žilavost 40J pri $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) za debeline pločevin < 80 mm;
- S355NL (zagotovljena žilavost 27J pri $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$) za debeline pločevin med 80–150 mm.

Vročje valjani profili, ki so na voljo do maks. višine 1 m, se večinoma uporabljajo za prečne ojačitve. Termomehansko valjani profili kvalitete S460M se uporabljajo za glavne nosilce mostov manjših razpetin. Z napredkom pri kontroliranju valjanja je možno proizvajati drobno zrnata jekla kvalitete S355 M in S460 M. Termomehansko valjana jekla (M) so odlično vari-va. Tako je npr. jeklo kvalitete S460N zelo zahtevno za varjenje in se redko uporablja, medtem ko je jeklo kvalitete S460M glede na

to, da ima enako vrednost ogljikovega ekvivalenta kot jeklo S355N, tudi enako lahko varivo. Na podlagi številnih raziskav je bilo to jeklo prvič v večji količini uporabljeno leta 1993 pri gradnji mostu Remoulin (most z glavnima nosilcema razpona 80 m). Največja uporabljena debelina pločevine je znašala 80 mm.

Pasnice iz pločevin spremenljive debeline so se prvič uporabile leta 1982 pri gradnji prostoležečega sovprežnega mostu. Kljub omejitvam geometrije tovrstnih pločevin (naklon in maksimalna sprememba debeline, preglednica 1), ki so posledica obstoječe tehnologije valjanja pločevine, ki so na voljo, zadostujejo običajno nastopajočim obremenitvam (slika 12).

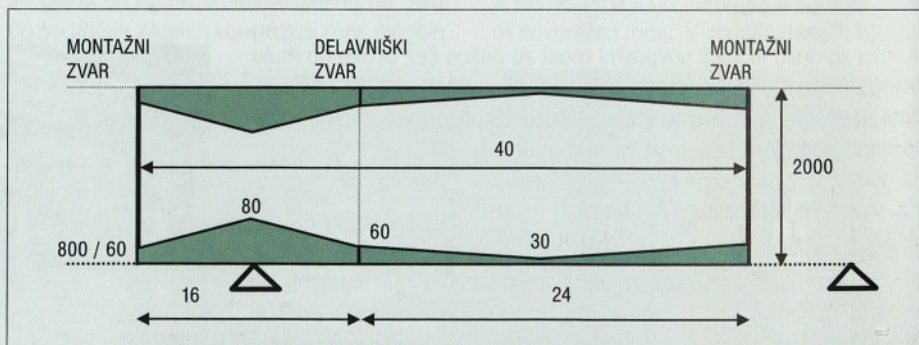
tip	maks. Δd (mm)	maks. naklon (mm/m)
	55	8
	55	8
	40	8

Preglednica 1 • Tipi pločevin spremenljive debeline

V Franciji je uporaba vremensko obstojnega jekla omejena. Zaščitna prevleka ima enak videz kot rja in je vizualno zelo neprivlačna in otežuje ugotavljanje pojava utrujenostnih razpok. Poleg tega se za vse atmosferi izpostavljene površine zahteva 2 mm dodatek debelini pločevine.

4.3 Projektiranje

Oživitve gradnje sovprežnih mostov v zgodnjih osemdesetih letih se je zgodila sočasno z izda-



Slika 12 • Primer uporabe pločevin spremenljive debeline

jo novih modernih predpisov leta 1981, ki so temeljili na uporabi metod mejnih stanj. S predpisi so se vpeljale naslednje poenostavitve:

- izračun napetosti ob predpostavki, da je beton nerazpokan po celotni dolžini mostu;
- upoštevanje plastične nosilnosti prereza v območju, kjer je betonska plošča tlačena;

- omejitev napetosti v mejnem stanju uporabnosti (za jeklene dele $f_y / 1.15$);
 - lezenje betona se upošteva z uporabo poenostavljenega razmerja elastičnih modulov ($n = 18$ za dolgotrajne vplive in $n = 6$ za kratkotrajne vplive);
 - omejitev razpok betonske plošče v območju podpor z upoštevanjem minimalne vzdolžne armature. Prečni prerez armature v natezih conah je min. 1 % prečnega prereza betona;
 - plošča je na nosilce prosto položena.
- Kasneje sta bila predpisom dodana priporočila o kontroli razpok betonske plošče na osnovi evrokoda 4-2 (1995) in priporočila o oceni utrujanja na osnovi evrokoda 3 (1996).

4.4 Gradnja

Sovprežni mostovi z dvema polnostenskim glavnicama nosilcema so običajno, razen za vetrovanj, v celoti zvarjeni. Nosilci so izdelani v delavnici in nato transportirani na gradbišče v segmentih dolžine 20–40 m. Na gradbišču so segmenti zvarjeni s sočelnimi zvari, na prečne ojačitve so privarjeni prečni nosilci. Plani za zagotavljanje kakovosti varjenja so zelo podrobni in predvidevajo: odobritev varilcev in varilnih postopkov, kontrolo vseh sočelnih zvarov, ki jo izvajajo neodvisni nadzorniki, kontrolo doseženih toleranc pred transportom segmentov na gradbišče ipd. Montaža jeklenih nosilcev se običajno izvaja z narivanjem. Pri kontinuirnih mostovih dolžine do 200 m se za prerezporeditev upogibnih

momentov in uvedbo dodatnih tlakov v območjih natezno obremenjene betonske plošče uporablja spuščanje na vmesnih podporah. Jekleni nosilci se izdelajo z nadvišanjem. Vertikalni pomik se izvede po betoniranju plošče. Na ta način je skupni vpliv trajnejši, vpliv lezenja betona pa manjši kot v primeru, da se izvede dvig jeklenega nosilca in spust sovprežnega nosilca.

Betonske plošče so običajno v celoti izvedene monolitno. Betoniranje se izvaja z uporabo premičnega opažnega vozička. Pri mostovih z več razpetinami se plošča betonira po segmentih, tako da se nazadnje betonirajo segmenti nad podporami. Uporabljajo se tudi betonske voziščne plošče iz montažnih plošč z odprtinami za izvedbo strižnih povezav itd.

5 • SOVPREŽNI MOSTOVI – NEMŠKE IZKUŠNJE

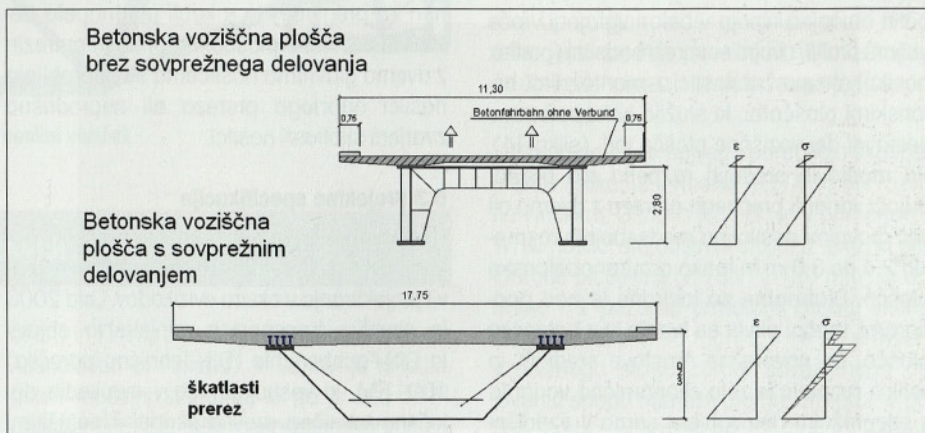
5.1 Značilnosti sovprežnih mostov

Privlačnost sovprežnih mostov je v kombinaciji najboljših lastnosti jeklenih in betonskih komponent:

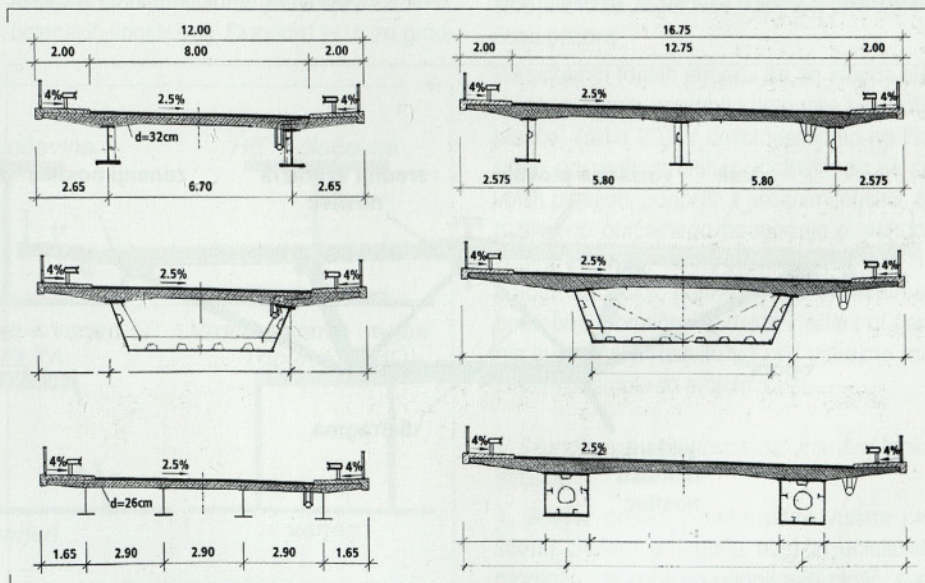
- jeklene komponente med gradnjo nastopajo kot izgubljeni pomožni oder za betoniranje ali polaganje betona med gradnjo in v končni konstrukciji kot glavni nosilni elementi, predvsem za prevzem natezih obremenitev v pasnicah in strigov v stojinah;
- betonske komponente zagotavljajo ekonomično rešitev voziščne plošče in pasnic v tlaku, npr. za zgornje pasnice v poljih in za spodnje pasnice v področju podpor pri dvojno sovprežnih škatlastih nosilcih.

Sovprežni mostovi so se razvili iz jeklenih palčnih mostov z betonsko ploščo, ki je sprva delovala neodvisno od jeklenega nosilca. Z namestitvijo sovprežnih sredstev med jeklenim nosilcem in betonsko ploščo je bil betonski del prisiljen sodelovati pri tlačni odpornosti zgornje pasnice, ki se je na ta način lahko zmanjšala.

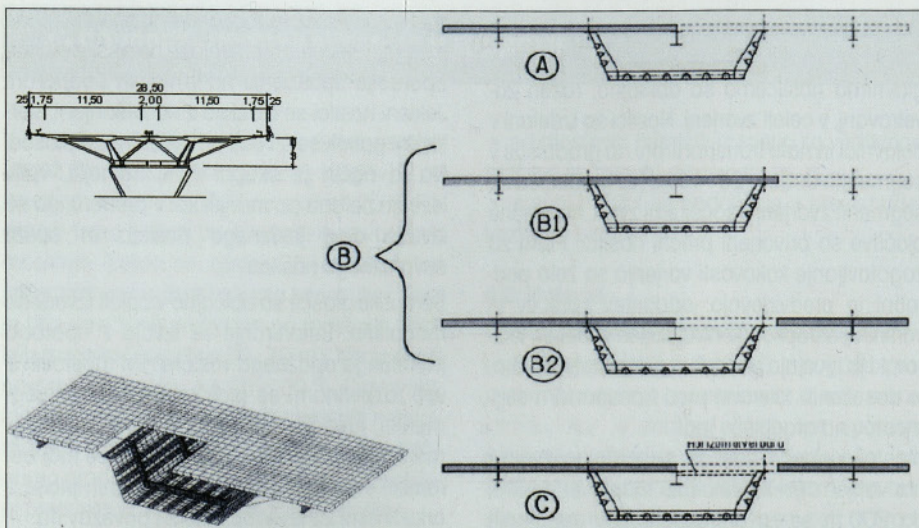
Danes sovprežni mostovi s svojo zasnovo (cenejša betonska plošča namesto zvarjenega jeklenega vozišča) in pričakovano trajnostjo (armiranobetonska plošča brez prednapenjanja) predstavljajo gospodarno varianto za gradnjo in vzdrževanje mostne konstrukcije (slika 13). Življenjska doba betonske voziščne plošče je v primerjavi z jeklenimi komponentami omejena. Zasnovana mora biti tako, da je možna njena zamenjava.



Slika 13 • Razvoj sovprežnih mostov



Slika 14 • Tipični prečni prerezi širine $b=10.5$ in $b=15.5$ m



Slika 15 • Delna zamenjava voziščne plošče

5.2 Tipični prečni prerezi

Sovprežne mostove manjših in srednjih razpetin običajno tvorijo v beton vgrajeni vroče valjani profili, dvojni sovprežni nosilci (preflex nosilci), sovprežni nosilci z montažnimi betonskimi ploščami, ki služijo kot opaž in so sestavni del voziščne plošče ipd. (slika 14). Pri mostovih srednjih razpetin sta prevladujoči varianti prečnega prereza z dvema ali več glavnimi nosilci na medsebojnih razmakih 2,4 do 3,0 m in tanko armiranobetonsko ploščo. Diafragme so locirane le nad podporami, prečni okvirji se tvorijo le z betonsko ploščo. Za sovprežne mostove srednjih in velikih razpetin je zelo ekonomična varianta s sovprežnim delovanjem samo v vzdolžni smeri. Za mostove, ki so širši od 15 m, se uporabljajo prečni prerezi z dvema nosil-

cema odprtega prereza ali škatlastim nosilcem trapeznega prečnega prereza (dostopnim za preglede) in s kabli prednapeto betonsko voziščno ploščo. Pri prečnih prerezih z dvema glavnima nosilcema se uporabljajo nosilci odprtega prereza ali neprodušno zvarjeni škatlasti nosilci.

5.3 Projektne specifikacije

Načrtovanje sovprežnih mostov je bilo poenostavljeno z evropskim poenotenjem pravil projektiranja v okviru evrokodov. Leta 2003 je nemško transportno ministrstvo objavilo DIN-Fachberichte (DIN-Tehnična poročila) 100–104, ki vsebujejo vsa v evrokodih določena tehnična pravila skupaj z nemškimi nacionalnimi parametri (NDPs) in dopolnilnimi »ne-spornimi«
tehničnimi informacijami,

potrebnimi za projektiranje mostov. Tehnična poročila so pripravljena tako, da so lahko sestavni del tenderja ali pogodbe. Ministrstvo vzpodbuja pripravo tipskih rešitev iz vroče valjanih in sestavljenih profilov (možnost večkratne uporabe na razpisih in pri izvedbi). Za avtocestne mostove se za vozna pasova zahtevata ločeni podporni konstrukciji. Na podlagi te zahteve so prometni pasovi lahko speljani na eno podporno konstrukcijo samo v primeru popravil. Ta zahteva ne velja za jeklene mostove z ortotropno voziščno ploščo, za katero je predvidena življenjska doba več kot sto let.

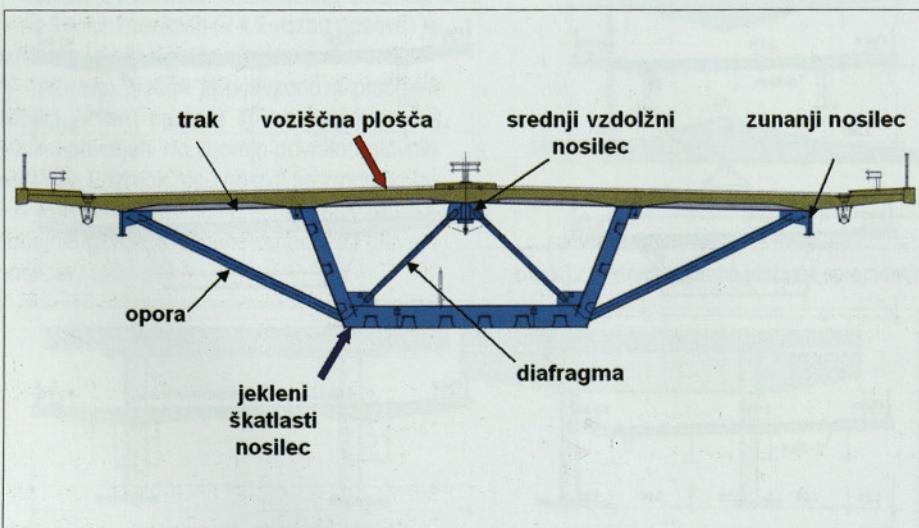
V primerih, ko ločeni podporni konstrukciji povzročita težave, npr. v občutljivih okoljih, kjer dvojni visoki stebri preprečujejo pogled na dolino ali ko je dvojno temeljenje ekonomsko vprašljivo, je za sovprežne mostove ob pogoju, da je sovprežna mostna konstrukcija projektirana tako, da se popravila betonske plošče lahko izvajajo brez zapore prometa, dovoljeno uporabiti enojni prečni prerez. Betonska plošča sovprežnih mostov se obravnava kot del opreme oziroma element z omejeno življenjsko dobo. Pri projektiranju je potrebno upoštevati obtežni primer "delna zamenjava betonske plošče". Obtežni primer vključuje 4–0 prometnih pasov na eni polovici voziščne plošče mostu in na drugi polovici delno rušeneje betonske plošče na katerikoli lokaciji v minimalni dolžini 15 m (slika 15).

5.4 Značilnosti avtocestnih sovprežnih mostov

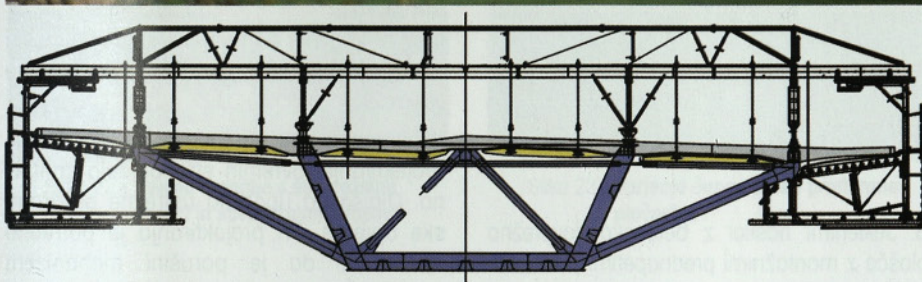
Osnovni elementi enojnega prečnega prereza sovprežnega mostu so (slika 16):

- betonska plošča je armirana brez prednapenjanja v vzdolžni in prečni smeri;
- jekleni škatlasti nosilec je pri skupni širini voziščne plošče 28,50 m širok približno 9 m;
- srednji vzdolžni nosilec;
- dva zunanja vzdolžna nosilca;
- opore in natezni elementi za podpiranje vzdolžnih nosilcev in za oblikovanje diafragme so na razmakih približno 6 m.

Plošča je glede na razpetine lita v segmentih od 15 do 85 m. Za zmanjšanje hidratacijske temperature in temperaturnih vplivov je zelo pomembna izbira cementa. Betoniranje voziščne plošče se izvaja s premičnim vozičkom (slika 17).



Slika 16 • Osnovni elementi enojnega prečnega prereza



Slika 17 • Betoniranje voziščne plošče – premični opažni voziček

6 • SOVPREŽNI STROPOVI V SKANDINAVIJI

V Skandinaviji, še posebno na Finskem, se je zanimanje za sovprežne stropove povečalo z nastankom prvega standarda za projektiranje v letih 1983–1988. Standard ni bil uradni nacionalni standard, temveč le pravila, ki sta jih skupaj objavljavila Finsko združenja za jeklene konstrukcije (Finnish Steel Construction Associ-

ation) in Finsko združenja za beton (Concrete Association of Finland). V osnovi je to prilagojen modelni standard, ki ga je leta 1981 pripravil skupni komite mednarodnih organizacij CEB-ECCS-FIP-IABSE in se je skliceval na nacionalne standarde za projektiranje jeklenih in betonskih konstrukcij. Standard je bil za grad-

beno industrijo zelo dobrodošel in je dal zagon razvoju novih konstrukcijskih sistemov. Pri poslovnih in šolskih zgradbah, parkirnih hišah in ostalih zgradbah z velikimi prostimi površinami so sovprežni stebri in sovprežni stropovi ponudili novo alternativo tradicionalnemu projektiranju, predvsem v betonu. Na podlagi potreb industrije so bila leta 1991 izdana še pravila za uporabo.

6.1 "Shallow floors" – sistemi tankih stropov

Sistemi tankih stropov so zasnovani na uporabnosti jeklenih elementov, ki s spodnjimi pasnicami podpirajo krovne elemente (slika 18). Jekleni prerezi so lahko odprti ali škatlasti. Upogibna nosilnost je praktično enaka, medtem ko je glede na ekscentrične montažne obtežbe ugodnejša uporaba škatlastih prevezov z večjo torzijsko togostjo. Prvi nosilci odprtega prereza so bili I prereza z dodatno privarjeno pasnico.

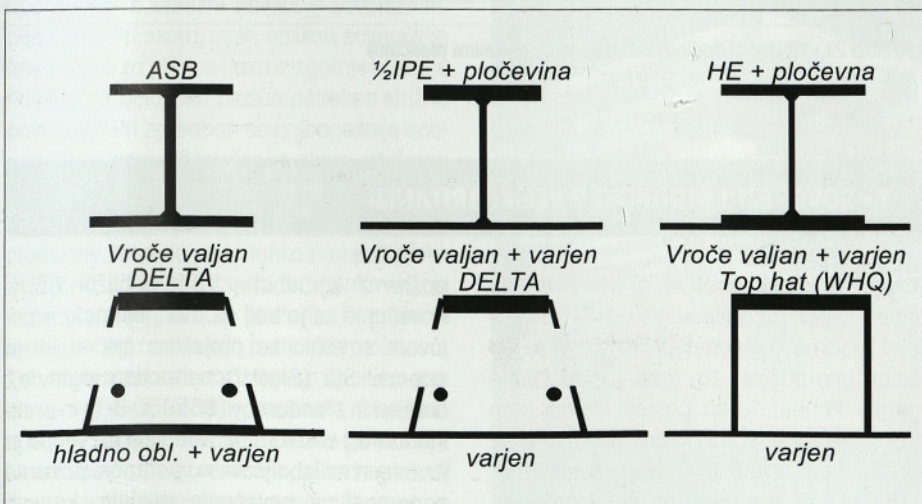
ASB prerezi so vroče valjani nesimetrični I prerezi. Uporabljajo se še polovični profili IPE s privarjeno spodnjo pasnico in najenostavnejša oblika – I prevez z dodatno privarjeno spodnjo pasnico.

V Skandinaviji se največ uporabljajo škatlasti prerezi (slika 19). Nosilci DELTA so bili razviti na Finskem. Osnova izboljšava v primerjavi z WHQ nosilci sta poševni stojini iz zvezno perforirane pločevine ($\varnothing 75$ in $\varnothing 150$ mm) in dodatna t. i. požarna armatura znotraj škatlastega prereza. Med montažo se za prevzem vzdolžnega striga zaradi sovprežnega delovanja stropa namesti prečne armaturne palice. Prevez je zapolnjen z betonom. Odmik vzdolžnih armaturnih palic od spodnje površine je tak, da zagotavlja nosilnost armature v času požara.

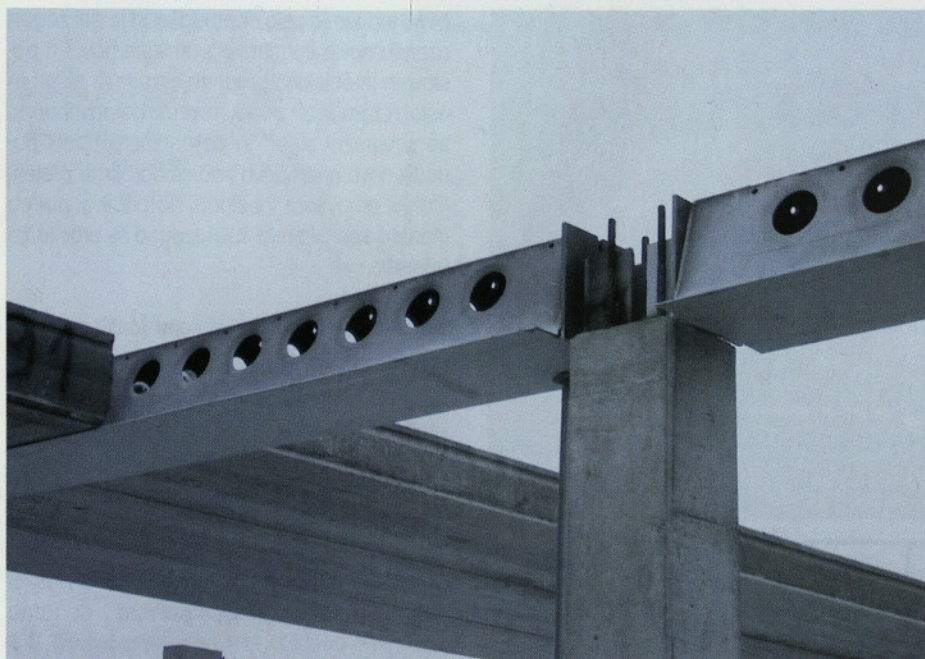
Pri sistemih tankih stropov se za krovne elemente pogosto uporablja betonske t. i. "votle plošče" (slika 20). V devetdesetih so na Finskem na podlagi testov ugotovili, da se pri votlih ploščah, podprtih z jeklenimi nosilci, za razliko od običajnega podpiranja s stenami znatno zniža vertikalna strižna odpornost. Na polagi rezultatov preizkusov je bil fenomen podrobno teoretično obdelan ("effect of flexible supports"). Razvite so bile ustrezne metode in postopki za projektiranje.

V Skandinaviji se uporabljajo trije tipi tankih stropov:

1. Jekleni nosilci z betonskimi votlimi ploščami. Sistem omogoča hitro in učinkovito montažo, ne zahteva podpiranja plošč, svež beton se uporablja le za zapolnitev stikov.



Slika 18 • Tipični jekleni prerezi pri "shallow floors" sistemih



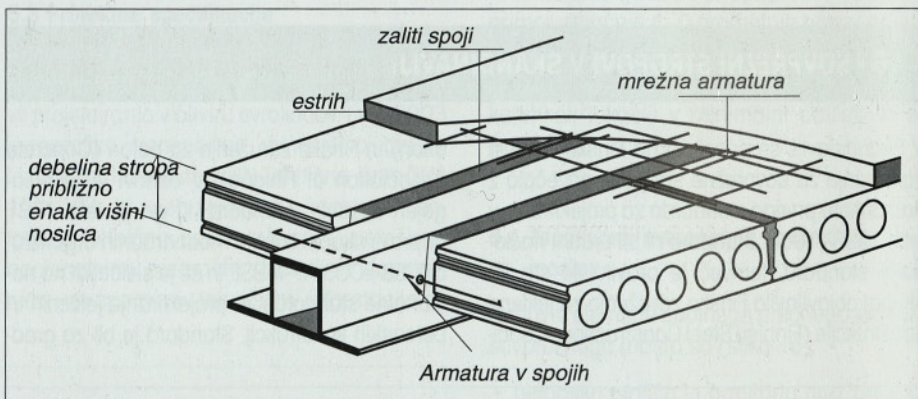
Slika 19 • Primer uporabe DELTA nosilcev

2. Jekleni nosilci s sovprežnim stropom z visokoprofilirano pločevino. Pločevina služi kot opaž. Uporabljajo se pločevine do višine 200 mm.

3. Jeklenimi nosilci z betonsko sovprežno ploščo z montažnimi prednapetimi ploščami. Sistem se uporablja za "težke izvedbe" stropov, za katere se zahteva visoka lastna frekvenca.



Slika 20 • Tipi stropov sistema "shallow floors"



Slika 21 • Tipični skandinavski tanki strop z votlimi ploščami

Sisteme tankih stropov lahko glede na vrsto krova razvrstimo v dva razreda: stropove z votlimi ploščami in stropove z neceličnimi ali polnimi ploščami. Splošne značilnosti njenega obnašanja pri mejnih stanjih uporabnosti so enake, medtem ko so pri obravnavanju mejnih stanj nosilnosti različne.

Uporaba votlih plošč omogoča hitro montažo, takoj po montaži plošč dobimo uporabno delovno površino, dela z vlažnim betonom je malo. Estrih se izdelava le v primerih, ko je potrebno povečati nosilnost in togost stropa. Stiki plošč so zaliti. Za preprečitev prostega premika plošč se v spojih med ploščami skozi nosilec vstavi armatura. Glavna strižna povezava je dosežena z zalitimi stiki. Vpliv armature je glede na razmak, ki je enak širini plošč (1200 mm), sekundarnega pomena (slika 21).

Kljub enostavni zasnovi in montaži je projektiranje tovrstnih stropov zelo zahtevno. Olajša ga uporaba ustrezne programske opreme. Pri projektiranju je potrebno upoštevati, da je porušilni mehanizem votlih plošč, podprtih z jeklenimi nosilci, krhki lom.

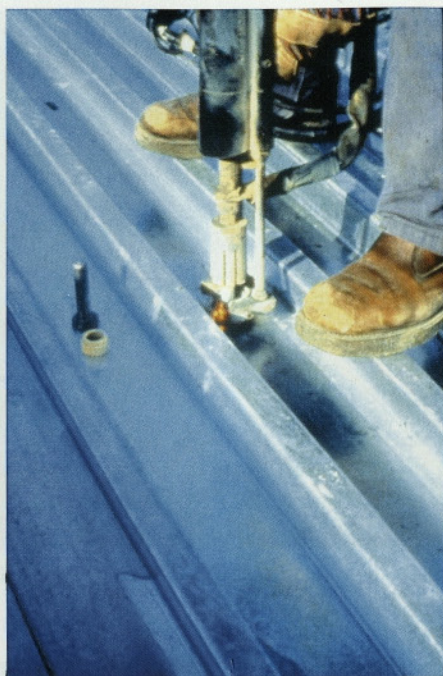
7 • SOVPREŽNI STROPOVI V VELIKI BRITANIJI

Sovprežne konstrukcije so si prvič izborile znaten delež na tržišču Velike Britanije v času "booma" v osemdesetih, ko so se na široko uporabljale za gradnjo poslovnih zgradb. Popularne so postale zaradi konstrukcijskih in tehnoloških prednosti, ki so se odražale predvsem v krajšem času gradnje in primernosti za prostorsko omejena gradbišča. Tržni delež jekla pri večetažnih

poslovnih zgradbah v VB je približno 65 %. Povečanje se je bolj ali manj ujemale s pojavom smernic za projektiranje, ki jih je pripravil SCI (Steel Construction Institute), britanskih standardov (BS5950-3-1) in predstandarda evrokoda 4. Nadaljnji razvoj pa je usmerjen na izboljšave na področju požarne odpornosti, v povečanje razpetin krovnih plošč in področje stanovanjske gradnje.



Slika 22 • Tipična zgradba s sovprežnimi nosilci in sovprežnimi stropovi



Slika 23 • Varjenje čepov preko profilirane pločevine

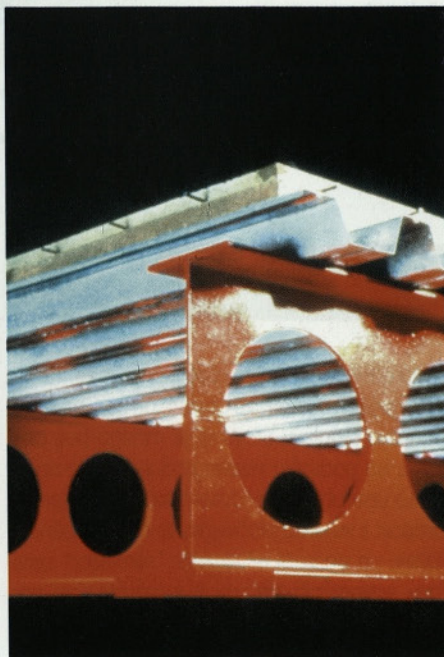


Slika 25 • Primer uporabe »parallel beam approach«-a

7.1 Sovprežni nosilci

V Veliki Britaniji je v uporabi široka paleta različnih oblik sovprežnih nosilcev in stropov: jekleni nosilci z montažnimi ploščami, sovprežni nosilci z lito sovprežno ploščo, satasti sovprežni nosilci, sovprežni celični nosilci, palični sovprežni nosilci ipd. (slika 22). Uporaba sovprežnih nosilcev je ekonomična za razpetine med 6 in 20 m. Vsak izmed naštetih sistemov ima prednosti in slabosti, npr.: enostavna montaža, vitkost, možnost vodenja instalacij, požarna odpornost itd. Projektantova naloga pa je, da za konkreten projekt izbere najprimernejši sistem. Pri tipičnih večetažnih poslovnih zgradbah se uporabljajo sovprežni nosilci s sovprežnimi ploščami. Pri skoraj vseh oblikah sovprežnih nosilcev so za prenos tlaka iz zgornje pasnice nosilca na betonsko ploščo potrebne strižne povezave. Pri zgradbah se najpogosteje uporabljajo varjeni strižni čepi z glavo. Običajno se čepi z ustrežno opremo varijo skozi pločevino (slika 23). Možnosti sta še luknjanje pločevine, tako da se ta lahko namesti preko čepov, ki so bili privarjeni že v delavnici, in uporaba prostoležečih pločevin. Pogosta je tudi uporaba montažnih betonskih plošč. Pri večjih razponih je razširjena uporaba moderne variante satastih nosilcev t. i. celičnih nosilcev (nosilci s krožnimi izrezi (slika 24)). Nosilci omogočajo nemoten prehod instalacij in so tudi arhitektonsko zelo zanimivi. Izdelujejo jih specializirani proizvajalci, ki s program-

ske opremo za izračun celičnih nosilcev nudijo tehnično podporo projektantom. Za večje razpone se uporablja še t. i. "parallel beam approach", pri katerem kontinuirni nosilci ležijo v dveh ravninah, eni na drugih (slika 25). Sistem odlikuje uporaba sorazmerno vitkih kontinuirnih nosilcev in možnost enostavnega vodenja instalacij med nosilci.



Slika 24 • Sovprežni strop s celičnimi nosilci

Pomanjkljivost je uporaba nestandardnih priključkov nosilcev na stebre.

7.2 "Slim floor" – sistem tankih stropov

V VB se uporablja več t. i. "slim floor" sistemov (slika 26). Značilnost sistema je, da so jekleni nosilci integrirani znotraj debeline betonske plošče. Prednosti teh sistemov so minimalna debelina stropa, ravna spodnja površina in glede na to, da so nosilci skoraj v celoti obdani z betonom, dobra požarna zaščita nosilcev. Pomanjkljivosti pa sta predvsem omejenost v razponih in relativno velika teža nosilcev.

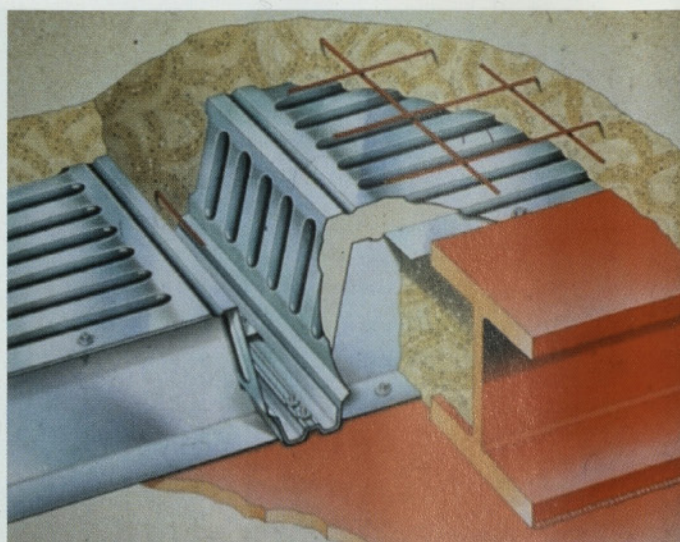
Uporabljata se izvedbi z montažnimi betonskimi ploščami in z visokoprofilirano pločevino višine približno 200 mm (slika 27). Jekleni nosilci imajo na spodnje pasnice privarjene pločevine, na katere se polagajo betonske plošče oziroma pločevina. Po montaži se plošče zalije z betonom. Pri montaži betonskih plošč je potrebno paziti, da ne pride do prekomerne torzijske obremenitve nosilcev.

7.3 Sovprežni stropovi

Na splošno se v VB za sovprežne stropove uporabljajo nizko in visoko profilirane pločevine. Običajne nizko profilirane pločevine so visoke 50–80 mm, medtem ko so visoko profilirane pločevine visoke preko 200 mm. Oblike pločevin niso standardizirane, vsak proizvajalec proizvaja specifično obliko. Pločevina se



Slika 26 • »Slim floor« sistem z montažnimi ploščami



Slika 27 • »Slim floor« sistem z visokoprofilirano pločevino

uporablja za prenos stalne obtežbe, ki vključuje težo mokrega betona, montažno obtežbo ljudi in lahkega orodja, pri končnem sovprežnem delovanju pa deluje kot zunanja armatura. V velikem številu primerov so za dimenzioniranje odločilne montažne obtežbe, predvsem v primerih brez vmesnega podpiraja pločevine. Nizko profilirane pločevine brez podpiranja se uporabljajo na razponih 3–4 m, visokoprofilirane pločevine pa na razponih do 6 m. Skupna debelina stropov z nizko profilirano pločevino je med 130 in 150 mm in je pogojena s konstrukcijskimi in požarnimi zahtevami.

7.4 Projektiranje

Projektanti pri delu uporabljajo pripomočke, tabele "obtežba – razpetina", programsko opremo posameznih proizvajalcev konstrukcijskih elementov stropov. Pripomočki so na voljo brezplačno in obsegajo tri projektna stanja: pločevino v času montaže, sovprežni strop v končnem stanju in sovprežni strop pri požaru. Tabele z obtežbami in programska oprema so izdelani na podlagi rezultatov testov proizvajalcev (slika 28). Glede na številne obtežne primere, je uporaba pripomočkov pogoj za učinkovito in ekonomično projektiranje.



Slika 28 • Testiranje sovprežnega stropa

8 • SKLEP

Priložnost za večjo uporabo jeklenih in sovprežnih konstrukcij v Sloveniji so vsekakor nove generacije arhitektov in gradbenikov s potrebnim znanjem in poznavanjem sodobnih arhitekturnih in konstrukcijskih trendov ter brez bojazni in predsodkov pri uporabi jekla. Spremembe v načinu življenja, ki zahtevajo hitro in fleksibilno gradnjo, vedno večje število prenov, dograditev in razširitev obstoječih objektov in tehnologij, so lahko še dodatni vzrok za optimistični pogled glede trenda uporabe jeklenih in

sovprežnih konstrukcij predvsem za zahtevnejše stavbe in inženirske objekte pri nas in v tujini. Trenutno stanje v Sloveniji je mnogo bolj obetavno na področju visokogradnje. Glede na to, da se uporabljajo predvsem klasični sovprežni stropovi z valovito pločevino, se nove priložnosti kažejo pri uporabi učinkovitih "slim-floor" sistemov, sovprežnih stebrov in v inovativnem projektiranju vseh vrst sovprežnih zgradb. Kot kažejo tuje izkušnje, se povečanje zanimanja in uporabe sovprežnih konstrukcij skoraj vedno ujema

z uvedbo novih pravil in standardov. To bi z novimi evrokodi 4, ki bodo uvedeni v uporabo že v letu in pol, veljalo izkoristiti tudi v Sloveniji.

Žal pa slednje ne velja za jeklene in sovprežne mostove. V Sloveniji jeklenih in sovprežnih mostov skoraj ne gradimo. Izjeme, kot so železniški most čez Savo pri Litiji (1998), most za Pešce čez Dravo na Ptujju, ki je leta 1999 prejel evropsko nagrado za jekleno konstrukcijo, in svetovno znani most v Škocjanskih jamah (2003) žal potrjujejo pravilo, hkrati pa dokazujejo, da imamo znanje in sposobnosti za načrtovanje in izdelavo sodobnih jeklenih in sovprežnih mostnih konstrukcij, ki imajo v razviti državah vedno večji tržni delež.

Nacionalni program izgradnje avtocest se počasi zaključuje in na stotine mostov in nadvozov je bilo zgrajeno zgolj v betonu. Kot pravi slovenski pregovor "Priložnost zamujena, ne

vrne se nobena". Mogoče pa bi vendarle veljalo ponovno poizkusiti. Ena zadnjih priložnosti je, da na gorenjskem avtocestnem kraku ob obstoječih jeklenih in sovprežnih mostovih Leš-

nica, Ljubno in Peračica v okviru "projekta stoletja", kot ga radi imenujemo, zgradimo vsaj en sovprežni most in tudi v praksi gradnje mostov pokažemo in potrdimo naše svetovljanstvo.

9 • LITERATURA

Združenje kovinske industrije, Jeklene konstrukcije, Gospodarska zbornica Slovenija, (uredniki Č. Remec, M. Ebner, R. Mur), Ljubljana, 2004

Statistical Report 2004, ECCS, Ljubljana, str. 107–111, 2004.

Beg, D., International Symposium Composite Steel and Concrete Structures – State of the Art and New Developments, Jeklene konstrukcije, Združenje kovinske industrije, Gospodarska zbornica Slovenija, Zbornik predavanj, (urednik D. Beg), Ljubljana, 2004.

Ebner, M., Jeklo kot sodoben gradbeni material, Gradbenik, 11, str. 27–28, 2004.

NOVI VIADUKTI NA FRANCOSKI AVTOCESTI A75 CLERMONT FERRAND – BEZIERS, "LA MERIDIENNE"

NEW VIADUCTS ON A75 MOTORWAY "LA MERIDIENNE" CLERMONT FERRAND – BEZIERS IN FRANCE

Gregor Gruden, univ. dipl. inž. grad.

IMK Ljubljana, Mencingerjeva 7
1000 Ljubljana
gregor.gruden@imk.si

Strokovni članek

UDK 624.21: 625:745.1(44)

Povzetek | Na novi francoski avtocesti A75 je izvedeno nekaj izrednih objektov, med katerimi izstopa svetovno znani viadukt Millau, o katerem je bilo pri nas že veliko napisanega. V prispevku sta prikazana druga dva viadukta na tej avtocesti, ki sta v neposredni bližini viadukta Millau. Viadukta sta prav tako izredna inženirska objekta, vendar sta neupravičeno ostala v senci viadukta Millau.

Summary | On the new A75 motorway in France, there are some remarkable structures including the world known Millau Viaduct. While many papers are available about this extraordinary structure, not much is known about two other viaducts in the area. Those two viaducts are also brilliant structures, but they unfortunately remained in deep shadow of the Millau viaduct.

1 • UVOD

Francoska avtocesta A75 med Clermont-Ferrandom in Beziersom je del nove avtocestne povezave v smeri sever – jug, ki bo povezovala Pariz z Barcelono. V znatnem delu trase poteka avtocesta po Centralnem masivu

(planoti) na nadmorski višini med 700 m in 1000 m. Na jugu departmaja Aveyron v bližini mesta Millau prečka avtocesta tri širše doline, zaradi česar je bilo potrebno zgraditi tri večje viadukte. Poleg gigantskega in svetovno

znanega viadukta Millau (L = 2460 m) čez dolino reke Tarn, sta v neposredni bližini zgrajena tudi viadukta nam bližjih dimenzij: Verrieres (L = 720 m) ter Garrigue (L = 340 m). O viaduktu Millau je bilo tudi pri nas že veliko napisanega, zato bosta v prispevku podrobneje predstavljena le viadukta Verrieres ter Garrigue.

2 • VIADUKT VERIERRES

2.1 Izhodišča

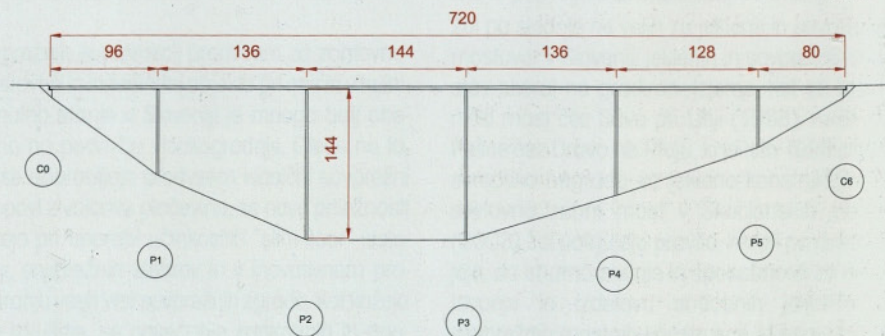
Viadukt leži na novi avtocesti A75 Clermont-Ferrand Beziers kakšnih 20 km severno od mesta Millau. Tam prečka trasa avtoceste dolino reke Lumensonesque pri vasi Verrieres. Trasa ceste poteka na mestu prečkanja doline v horizontalnem radiju 1800 m in vzdolžnem sklonu 1 %. Dolina je ca. 150 m pod niveleto avtoceste (slika 1).

Pri zasnovi viadukta je bilo potrebno upoštevati naslednje bistvene robne pogoje:

- bregovi doline so dokaj strmi in zaradi tega občutljivi za postavljanje podpor,

Clermont - Ferrand

Millau



Slika 1 • Vzdolžni prerez viadukta Verrieres



Slika 2 • Pogled na viadukt Verrieres

- na dnu doline je na skalni podlagi 10 m debel aluvialni nanos,
- zahteven hidrološki režim z nezanemarljivim arteškim učinkom na dnu doline,
- zaradi močnih vetrov vzdolž doline je pomemben dinamični učinek vetra,
- skrbno oblikovanje objekta zaradi občutljivosti pokrajine.

Ob upoštevanju robnih pogojev je bila v sodelovanju inženirjev izbrana rešitev z dvema visokima stebroma ($H = 140$ m) v sredini doline v razmaku 144 m s prekladno konstrukcijo škatlastega prereza v sovprežni ali AB prednapeti izvedbi. Določena je bila konstantna višina prekladne konstrukcije, saj je študija računalniškega modela pokazala, da se prekladna konstrukcija s spremenljivim prerezom bistveno slabše vključi v pokrajino. Omejeno je bilo tudi število stranskih stebrov, tako da je bila predlagana prekladna konstrukcija preko 6 polj z razponi: 96 + 136 + 144 + 136 + 128 + 80 m (slika 2).

2.2 Variante prekladne konstrukcije

2.2.1 Sovprežna konstrukcija

Predlagana je bila sovprežna prekladna konstrukcija, sestavljena iz centralnega jeklenega nosilca škatlastega prereza ter sovprežne AB plošče (slika 3). Zaradi transportnih gabaritov je bila višina škatlastega nosilca omejena na 4,50 m, širina škatlastega nosilca pa na 7,0 m (3,50 m pri transportu). Velika širina voziščne AB plošče je pogojevala dodatno podpiranje konzolnih robov AB plošče z rob-

nim jeklenim nosilcem in diagonalnimi posebnimi oporami (slika 4).

2.2.2 Prednapeta AB konstrukcija

Predlagani prečni prerez AB prednapete konstrukcije je bil sestavljen iz voziščne plošče, spodnje plošče in dveh močno nagnjenih stojin. Višina prekladne konstrukcije je znašala 6,50 m.

2.3 Razpils del

Izvajalci so pri natečaju za izbiro lahko ponujali le eno od predhodno opisanih variant prekladne konstrukcije (sovprežno ali AB prednapeto s konstantno višino). V primeru sovprežne prekladne konstrukcije je bil tender razdeljen na dva ločena lota: en del je obsegal

jekleno konstrukcijo, drugi del pa AB konstrukcijo. Sovprežno konstrukcijo je ponujalo 16 ponudnikov, prednapeto AB konstrukcijo pa 8 ponudnikov. Na podlagi skrbne tehnične in finančne analize ponudb je bila izbrana sovprežna prekladna konstrukcija, ki sta jo ponujala francosko gradbeno podjetje in belgijski izdelovalec jeklenih konstrukcij.

2.4 Opis konstrukcije

2.4.1 Stebri

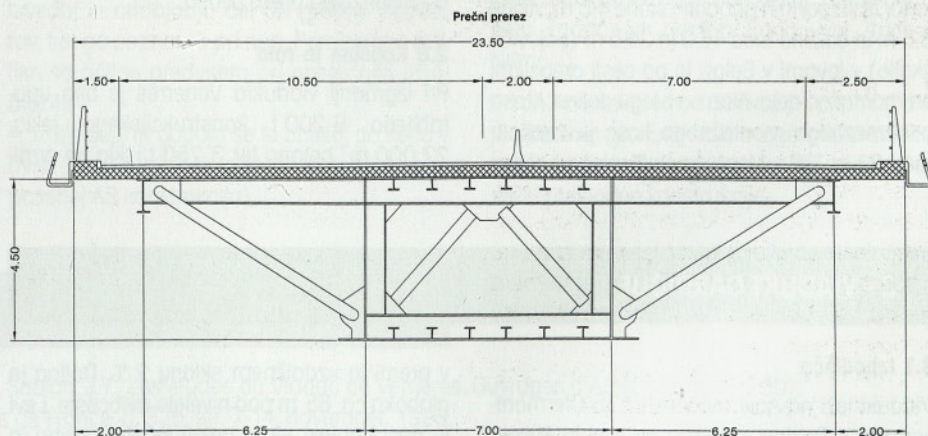
Stebri imajo eliptično obliko dimenzij 7 krat 9 m na vrhu, nad temeljem pa 22 krat 14 m (slika 5). Debelina stene stebrov znaša med 0,40 m in 0,50 m. Glave stebrov so polne do globine 4,0 m. Stebri so temeljeni z vodnjaki premera 5,5 m do 7,0 m in globine od 8,0 m do 18,0 m.

2.4.2 Jekleni škatlasti nosilec

Jekleni škatlasti nosilec ima pravokotno obliko širine 7,00 m in višine 4,50 m. Debelina zgornje pasnice znaša med 20 mm in 35 mm v jeklu S355 ter 30 mm in 67 mm v jeklu S460. Spodnja pasnica je izvedena iz pločevine debeline med 20 mm in 40 mm iz materiala S355 ter debeline med 40 mm in 67 mm iz materiala S460. Debelina stojin znaša med 18 mm in 25 mm iz materiala S355 ter 25 mm iz materiala S460. Vzdolžne ojačitve so izvedene iz T-profilov v medsebojnem razmaku 1,00 m. V vzdolžnih razmakih po 4,0 m so izvedeni prečni ojačilni okvirji. Prečni A-portali so izvedeni v vzdolžnih razmakih po 20 m.

2.4.3 AB voziščna plošča

Voziščna plošča je izvedena iz armiranega betona z debelino maks. 25 cm. Stranski deli plošče (izven območja jeklene škatle) so izvedeni iz montažnih AB plošč, srednji del plošče je zabetoniran na mestu.



slika 3 • Prečni prerez viadukta Verrieres



Slika 4 • Pogled na prekladno konstrukcijo viadukta Verrieres



Slika 5 • Vzdolžni pogled na viadukt Verrieres od spodaj

2.5 Montaža konstrukcija

Jekleni deli prekladne konstrukcije so bili izdelani v transportnih gabaritih širine 4,5 m, višine 3,5 m in dolžine med 16,0 in 24,0 m (polovice škatle) v tovarni v Belgiji in po cesti prepeljani na montažno delavnico na bregu doline. Masa posameznega montažnega kosa je znašala med 60 in 100 t. Montaža škatlastega nosilca

je potekala z narivanjem jeklene konstrukcije s pomočjo montažnega paličnega kljuna dolžine 60 m ter zateg preko pilona.

2.6 Količine in roki

Pri izgradnji viadukta Verrieres je bilo uporabljeno 6 200 t konstrukcijskega jekla, 22 000 m³ betona ter 3 250 t jekla za armi-

ranje. Gradnja se je pričela avgusta 1998 ter bila končana decembra 2001 v roku 40 mesecev.

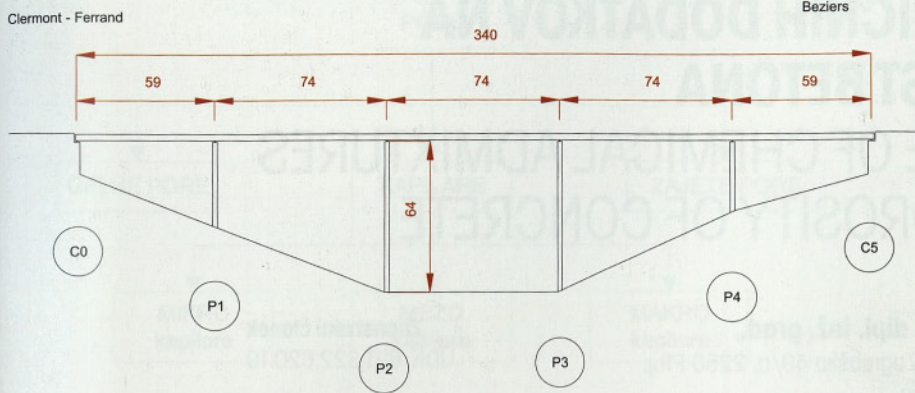
3 • VIADUKT GARRIGUE

3.1 Izhodišča

Viadukt leži na novi avtocesti A75 Clermont-Ferrand – Beziers severno od mesta Millau. Trasa ceste poteka na mestu prečkanja doline

v premi in vzdolžnem sklonu 2 %. Dolina je globoka ca. 65 m pod nivoletu avtoceste. Levi in desni objekt sta v celoti ločena (stebri in prekladna konstrukcija).

Prekladna konstrukcija ima odprti sovprežni prereza s konstantno višino. Prekladna konstrukcija je kontinuirna preko 5 polj z razponi: 59 + 3 krat 74 + 59 = 340 m. Viši-



Slika 6 • Vzdolžni prerez viadukta Garrigue

ne stebrov znašajo 30, 56/58, 51 in 22 m (slika 6).

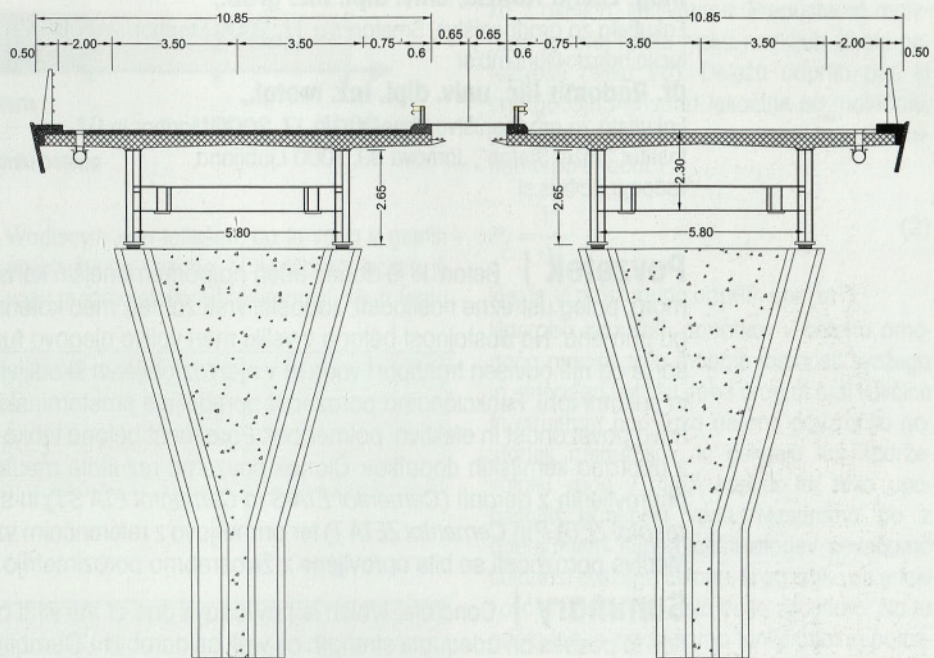
3.2 Opis konstrukcije

3.2.1 Stebri

Stebri imajo kvadratno obliko s stranico 3,4 m. Na vrhu se razširijo v Y-obliki do širine ca. 7,5 m. Debelina stene stebrov znaša med 0,40 in 1,1 m. Stebri so plitvo temeljeni.

3.2.2 JEKLENI NOSILCI

Jekleni nosilci so varjeni I-nosilci višine 2,65 m v medsebojnem razmaku 5,80 m, ki so prečno povezani pod polovico višine preseza z jeklenimi prečkami, ki tako skupaj z glavnimi nosilci tvorijo portalne polokvirje (slika 7).



Slika 7 • Prečni prerez viadukta Garrigue

izvedbi in oddajanju del pri gradnji viaduktov, kot ga poznamo pri nas. Pomembne razlike so očitne predvsem pri naslednjih izhodiščih:

- Razpisuje in oddaja se le objekt, pa še ta v dveh lotih (posebej jeklena konstrukcija in posebej AB konstrukcija),

3.2.3 AB VOZIŠČNA PLOŠČA

Voziščna plošča širine 10,85 m je izvedena iz armiranega betona z vutami nad jeklenimi nosilci in debelino ca. 25 cm.

3.3 KOLIČINE IN ROKI

Pri izgradnji viadukta Garrigue je bilo uporabljeno 1700 t konstrukcijskega jekla, 6900 m³ betona ter 1 220 t jekla za armiranje. Gradnja se je pričela aprila 1999 ter končala aprila 2001 v roku 24 mesecev.

4 • SKLEP

Če zanemarimo izvenserijski viadukt Millau, ki je zgrajen s koncesijo, sta prikazana objekta na francoski avtocesti tako po velikosti kakor tudi po financiranju primerljiva z objekti, ki so že izvedeni ali pa še načrtovani na avtocestah v Sloveniji. Opazimo pa lahko nekoliko drugačen pristop k projektiranju,

- Ne vztraja se pri ločevanju prekladnih konstrukcij za vsako ceno, potrebno je le dokazati možnost segmentne zamenjave AB plošče ob prevoznosti objekta po preostalem delu (podoben pristop imajo npr. tudi v Nemčiji),

Pri oblikovalskih izhodiščih so pri premoščanju relativno globoke doline ugotovili bistveno boljše vključevanje v okolje pri konstantni višini prekladne konstrukcije.

5 • LITERATURA

Bouchon, E., Gillet, G., Bouvy, B., Le Faucheur, D., Sablon, J.Y., Les études du Viaduc de Verrieres, Ouvrages d'Art N° 38, junij, 2001.
Montagnon, M., Le Viaduc de Verrieres, Chantiers de France, n°325, str. 7-14, november, 1999.

VPLIV KEMIČNIH DODATKOV NA POROZNOST BETONA

INFLUENCE OF CHEMICAL ADMIXTURES ON THE POROSITY OF CONCRETE

Nina Podvornik, univ. dipl. inž. grad.,

Cestno podjetje Ptuj d.d., Zagrebška 49/a, 2250 Ptuj,
nina.podvornik@yahoo.com

mag. Lucija Hanžič, univ. dipl. inž. grad.,

Fakulteta za gradbeništvo, Smetanova 17, 2000 Maribor,
lucija.hanzic@uni-mb.si

dr. Radomir Ilić, univ. dipl. inž. metal.,

Fakulteta za gradbeništvo, Smetanova 17, 2000 Maribor in
Instit ut "Jožef Stefan", Jamova 39, 1000 Ljubljana,
radomir.ilic@ijs.si

Znanstveni članek

UDK 691.322:620.19

Povzetek | Beton, ki je danes eden najpomembnejših konstrukcijskih materialov, mora, poleg ustrezne nosilnosti, zadostiti vrsti zahtev, med katerimi je obstojnost velikega pomena. Na obstojnost betona v veliki meri vpliva njegova funkcionalna poroznost, saj je od nje odvisen transport vode in v njej raztopljenih škodljivih snovi, kot so kloridni in sulfatni ioni. Funkcionalno poroznost opredeljuje prostorninski delež odprtih por, njihova povezanost in efektivni polmer por. Poroznost betona lahko načrtno spreminjamo z uporabo kemijskih dodatkov. Članek povzema rezultate meritev poroznosti betonov pripravljenih z aeranti (*Cementol ETA S* in *Cementol ETA S1*) in superplastifikatorji (*Cementol ZETA P* in *Cementol ZETA T*) ter primerjavo z referenčnim vzorcem brez dodatkov. Meritve poroznosti so bile opravljene z živosrebrno porozimetrijo.

Summary | Concrete, which is nowadays one of the vital construction materials, has to possess an adequate strength as well as durability. Durability of concrete is mainly determined by its apparent porosity, since it has significant influence on the transport of water and deleterious substances, like chloride and sulphate ions, which are dissolved in it. Apparent porosity is defined by the volume ratio of the open pores, their interconnection and effective pore radius. The porosity of the concrete can be systematically modified by the use of chemical admixtures. This paper summarises the results of the experimental study of apparent porosity conducted on concrete involving air-entraining agent or superplasticizer using Mercury Intrusion Porosimetry (MIP).

1 • UVOD

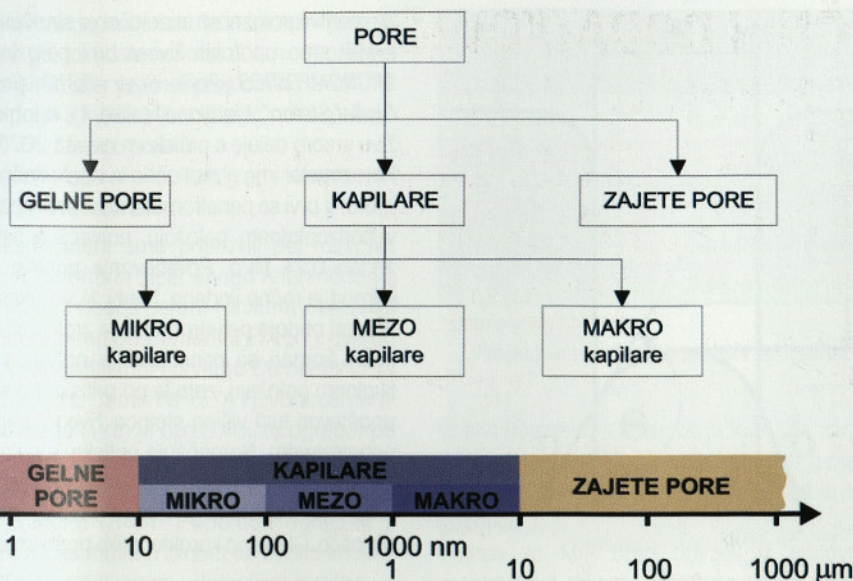
Beton v strjenem stanju je, gledano makroskopsko, dvokomponentni sistem, ki ga tvorita mineralni agregat ter cementna matrika. Slednja obsega cementni kamen skupaj z drobnimi zrni agregata ter pore različnih velikosti in orientacij. Razmerje med prostornino vseh por in celotno prostornino materiala imenujemo poroznost (P) in je definirana kot:

$$P = \frac{V_p}{V} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{\rho_v}{\rho_s}\right) \cdot 100\% \quad (1)$$

kjer je V_p prostornina vseh por v materialu (m^3), V prostornina poroznega materiala (m^3), ρ_v gostota materiala s porami (kg/m^3) in ρ_s gostota trdne substance (kg/m^3). Poroznost je eden najpomembnejših faktorjev, ki vpliva na fizikalne in mehanske lastnosti beto-

na, kot npr. na toplotno prevodnost, gostoto, repustnost za tekočine, obstojnost, odpornost na zmrzovanje in tajanje, kakor tudi na kemijsko in erozijsko odpornost. Ker je poroznost klasičnih mineralnih agregatov v primerjavi s poroznostjo matrike majhna, je celotna poroznost betona običajno odvisna od poroznosti matrike. Klasifikacija por v matriki betona je prikazana na sliki 1.

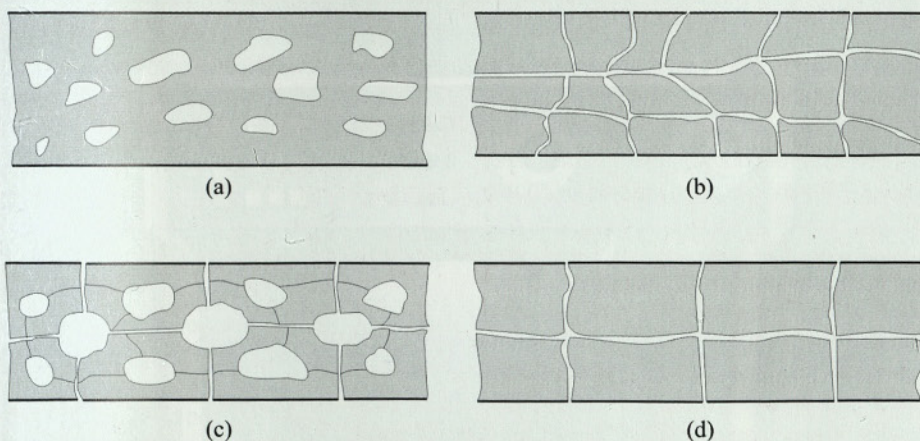
Gelne in kapilarne pore nastanejo v procesu hidratacije, saj je prostornina hidratacijskih produktov manjša od prostornine mešanice



Slika 1 • Klasifikacija in velikostni razredi por v matriki betona

cementa in vode. Povprečni polmer gelnih por je le za razred večji od velikosti molekul vode, zato je vpliv medmolekularnih – Van der

Waalsovih vezi tolikšen, da je voda v gelnih porah čvrsto vezana. V kapilarnih porah je vpliv medmolekularnih sil manjši, kljub temu



Slika 2 • Vpliv strukture por na prepustnost materiala: (a) zaprte pore – porozen, neprepusten material; (b) porozen, prepusten material; (c) visoko porozen, nizko prepusten material; (d) nizko porozen, visoko prepusten material (Illston, 2001)

2 • EKSPERIMENT

2.1 Živosrebrna porozimetrija

Živo srebro je tekočina, ki večine trdnih snovi ne omoči, torej je kontaktni kot θ med živim srebrom in trdno snovjo večji od 90° (slika 3a). V cevkah iz takšne snovi se živo srebro zaradi kapilarnosti ne dvigne do nivoja gladine v okolici cevke (slika 3b), razen če nanj delujemo z dodatnim pritiskom. Pritisk mora biti tem večji, čim manjši je premer cevke. Na tem fizikalnem principu temelji določanje

poroznosti z MIP: živo srebro s povečevanjem pritiska vtiskamo v porozni material in merimo prostornino vtisnjenega živega srebra. Polmer najmanjših še zapolnjenih por je obratno sorazmeren pritisku, prostornina vtisnjenega živega srebra pa je enaka prostornini zapolnjenih por. Ob postopnem večanju pritiska in vsakokratnem merjenju prostornine lahko določimo količine por v izbranih velikostnih razredih.

pa so iz njih izhajajoče površinske napetosti med trdno in tekočo fazo v enakem velikostnem razredu kot teža vode v kapilarah. Voda v kapilarah je torej gibljiva, ključni transportni mehanizem pa je kapilarnost. Zajete pore so posledica nezadostnega zgoščevanja med vgrajevanjem. Transportni mehanizmi tekočin v njih so v večji meri posledica zakonitosti makroskopske fizike – hidromehanike (Ukrainczyk, 1994).

Za transport vode v materialu sta, poleg količine por in njihove velikosti, pomembni tudi oblika in medsebojna povezanost le-teh (slika 2). Iz tega vidika so zaprte pore, ki nimajo stika z okolico, irelevantne. Prepustnost materiala je torej lahko nizka navkljub visoki poroznosti (slika 2a). Deležu odprtih por, ki omogočajo transport tekočine po materialu, pravimo funkcionalna poroznost in jo izračunamo po enačbi:

$$P_f = \frac{V_f}{V} \quad (2)$$

kjer je V_f prostornina odprtih por (m^3).

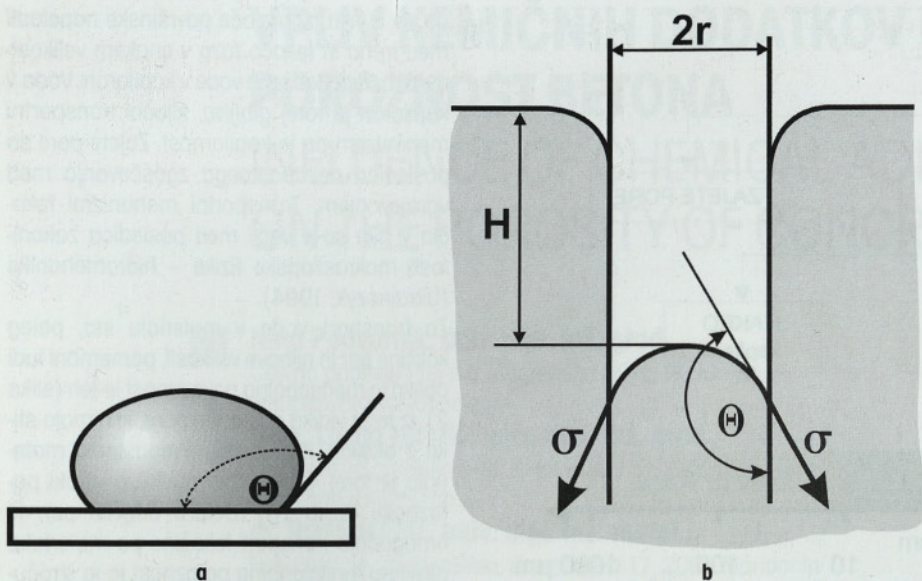
Uporaba kemičnih dodatkov v betonu omogoča modifikacijo mnogih lastnosti svežega in strjenega betona, med drugim tudi količine in strukture por. Tako aeranti povzročijo nastanek mehurčkov, ki delujejo kot zadrževalniki vode v mreži kapilar ter tako upočasnijo transport vode. Nasprotno pa z dodajanjem superplastifikatorjev povečamo fluidnost svežega betona, ki ga lahko ob enaki količini vložene dela bolje zgostimo. Na ta način lahko zmanjšamo funkcionalno poroznost in tudi prepustnost betona.

V nadaljevanju je opisana metoda živosrebrne porozimetrije (Mercury Intrusion Porosimetry – MIP), s katero smo izmerili funkcionalne poroznosti betonskih vzorcev ter rezultati opravljenih meritev.

Enačbo

$$r = \frac{-2 \cdot \sigma \cdot \cos \theta}{p} \quad (3)$$

ki opisuje relacijo med pritiskom p (Pa) in polmerom zapolnjenih por r (m), je že leta 1921 zapisal Washburn (Washburn, 1921). Jenkins in Rao (Jenkins, 1984) sta Washburnovo enačbo dopolnila s faktorjem oblike por, tako da je enačba uporabna tudi za pore, ki nimajo krožnega prereza. Kasnejše raziskave (Cook, 1993) so pokazale, da predpostavljena oblika por ne vpliva bistveno na rezultate preiskave, po drugi strani pa je



Slika 3 • (a) Oblika kapljice tekočine na površini materiala, ki ga tekočina ne omoči ($\theta > 90^\circ$); (b) Nivo tekočine, ki ne omoči materiala, v drobni cevki - kapilari

Maage (Maage, 1984) z analizami por z elektronskim mikroskopom ugotovil, da se krožnica vendarle najboljše prilega dejanski obliki por.

V enačbi (3) sta površinska napetost σ (N/m) in kontaktni kot θ (st) med tekočo in trdno fazo konstanti sistema. Kontaktni kot med živim srebrom in večino materialov je navadno okoli 130° , površinske napetosti pa so približno 0.485 N/m. Kumar in Bhattacharjee (Kumar, 2003) sta zbrala in analizirala vrednosti θ in σ med živim srebrom in cementnimi materiali, ki so jih izmerili različni raziskovalci. Ugotovila sta, da znaša θ po sušenju v sušilniku 117° , po kemičnem sušenju z magnezijevim perkloratom 130° in po drugih tehnikah sušenja 140° . Vrednosti površinskih napetosti se nahajajo v razponu od 0.473 do 0.485 N/m, najpogosteje pa raziskovalci poročajo o vrednosti 0.484 N/m za cementne vzorce, sušene v sušilniku. Pri meritvah por z MIP smo tako privzeli vrednosti 117° za kontaktni kot (θ) in 0,484 N/m za površinske napetosti (σ), saj so bili vzorci pred preiskavo posušeni v sušilniku in shranjeni v eksikatorju. Zaradi visokih pritiskov med preiskavo lahko na rezultate meritev vplivata tudi stisljivost živega srebra in preiskovanega materiala. Pri cementnih vzorcih se vpliv stisljivosti materiala na izmerjeno porazdelitev por opazi v območju por, manjših od 50 nm, pri tem pa napaka nikoli ne preseže 3 % (Kumar, 2004). Ker ocenjujemo, da je to znotraj dopustne eksperimentalne napake, vpliv stisljivosti živega srebra in preiskovanega vzorca zanemarimo.

Za meritve poroznosti in določanje strukture por z MIP smo uporabili živosrebrni porozimeter MICROMERITICS Pore Sizer 9310 (Institut "Jožef Stefan", Ljubljana) (slika 4), ki lahko na živo srebro deluje s pritiskom največ 207 MPa. Porozimeter ima nizkotlačno in visokotlačno komoro. V prvi se penetrometer z vzorcem nahaja v horizontalnem položaju, največji pritisk pa znaša 0,21 MPa. Povečevanje pritiska v tej komori je ročno vodeno. Medij, ki v nizkotlačni komori obdaja penetrometer, je zrak. V visokotlačni komori se penetrometer nahaja v vertikalnem položaju, zato je pri pritisku potrebno upoštevati tudi višino stolpca živega srebra v penetromtru. Naraščanje pritiska je avtomatsko vodeno, in sicer tako, da med meritvijo prostornine vtisnjene živega srebra pritisk ne narašča. Glede na karakteristike porozimetra in



Slika 4 • Živosrebrni porozimeter MICROMERITICS Pore Sizer 9310

preiskovanega materiala, je minimalni polmer por, ki ga lahko izmerimo, 2 nm. Uporabljeni penetrometer je imel prostornino 3 cm^3 , v njem pa je za vtiskanje v vzorec na razpolago $0,387 \text{ cm}^3$ živega srebra.

2.2 Priprava vzorcev

Za eksperiment smo pripravili pet različnih vzorcev betona in sicer enega referenčnega, dvema smo dodali aerant (prvemu *Cementol ETA S*, drugemu pa *Cementol ETA S1*), dvema superplastifikator (prvemu *Cementol ZETA P* in drugemu *Cementol ZETA T*). Vodocementno razmerje (v/c) je bilo 0,45, za agregat pa smo uporabili standardni kremenčev pesek z maksimalnim zrnem 2 mm. Glede na velikost penetrometra (3 cm^3) uporaba agregata z večjim maksimalnim zrnem ne bi bila smiselna. Sicer so bili vzorci pripravljani v skladu s standardom EN 196-1 (EN 196-1, 1994).

Oznaka vzorca	Vrsta dodatka	Masni delež dodatka* (%)	Masa dodatka (g)
R	Referenčni vzorec – brez dodatkov		
A _S	Aerant <i>Cementol ETA S</i>	0,3	1,35
A _{S1}	Aerant <i>Cementol ETA S1</i>	0,3	1,35
S _P	Superplastifikator <i>Cementol ZETA P</i>	2,0	9,0
S _T	Superplastifikator <i>Cementol ZETA T</i>	2,0	9,0

* glede na maso cementa

Preglednica 1 • Oznake vzorcev ter količine uporabljenih dodatkov

Vsaka betonska mešanica je torej vsebovala 202,5 g vode, 450 g cementa, 1350 g agregata ter dodatek. Količine le-teh prikazuje preglednica 1.

Vzorci za MIP smo odvzeli iz osnovnih vzorcev tako, da smo udarili po vzorcu s kladivom, zaradi česar so se od njega odlomili

manjši delci. Ker je pri tem sila, ki povzroči porušitev vzorca, kratkotrajna, v vzorcu predvidoma ne povzroči nastanka razpok, ki bi lahko imele večji vpliv na rezultate meritev poroznosti. Uporabili smo enega ali dva odlomljena delca, tako da skupna masa ni preseгла 2 g.

3 • REZULTATI

Iz meritev celotne prostornine vtisnjene živega srebra $\sum V_i (\text{cm}^3)$ pri pritisku $p_i (\text{Pa})$ po enačbi (3) izračunamo polmer najmanjših še zapolnjenih por $r_i (\mu\text{m})$ ter prostornino por v i -tem razredu:

$$V_i = \sum_{i=1}^n V_i - \sum_{i=1}^{n-1} V_i \quad (4)$$

Na podlagi rezultatov meritev smo izrisali histograme, pri čemer smo pore glede na njihov polmer razdelili v 14 razredov (slike 5–9).

Iz rezultatov MIP izračunamo po enačbi (2) še funkcionalno poroznost P_f ter gostoto betona s porami ρ_v . Povprečni polmer por r_m izračunamo po enačbi:

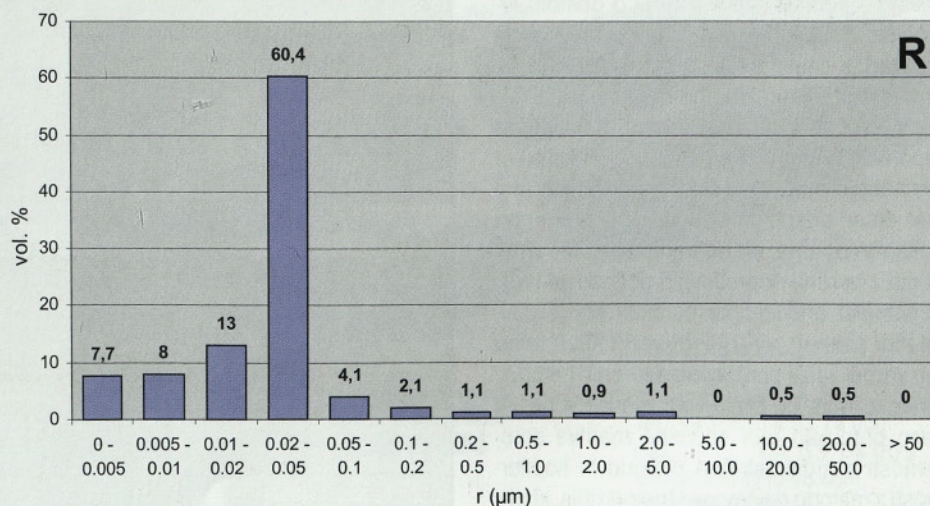
$$\ln r_m = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \ln r_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (5)$$

Vsi rezultati so zbrani v preglednici 2, podane pa so tudi gostote sveže betonske mešanice, ki smo jih izmerili po vgrajevanju v kalupe. Preglednici 3 in 4 prikazujeta razporeditev por glede na klasifikacijo podano v uvodu.

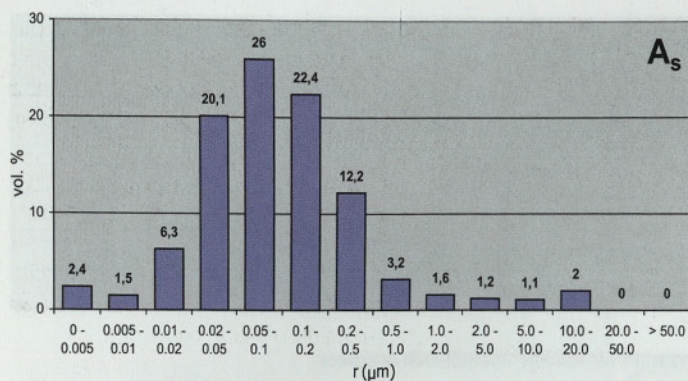
Na podlagi tako urejenih rezultatov lahko ugotovimo, da se gostota betona zaradi uporabe aerantov zmanjša za $\sim 10\%$, medtem ko plastifikatorji na gostoto strjenega betona niso pokazali nobenega vpliva. Podobno velja za funkcionalno poroznost, ki je v vzorcih z

dodatkom aerantov za faktor 1,5 večja kot v referenčnem vzorcu, vzorci z dodanim superplastifikatorjem pa so primerljivi z referenčnim vzorcem. Vendarle pa so tako aeranti kot superplastifikatorji vplivali na strukturo por. Tako se je kot posledica dodajanja aerantov za faktor 1,75 povečal delež zajetih por, medtem ko se je delež gelnih por bistveno zmanjšal (za faktor 0,25). Če analiziramo še podatke iz preglednice 4 ugotovimo, da zaradi dodajanja aerantov naraste delež mezokapilar, zmanjša pa se delež mikropilar. Ugotovimo torej lahko, da aeran-

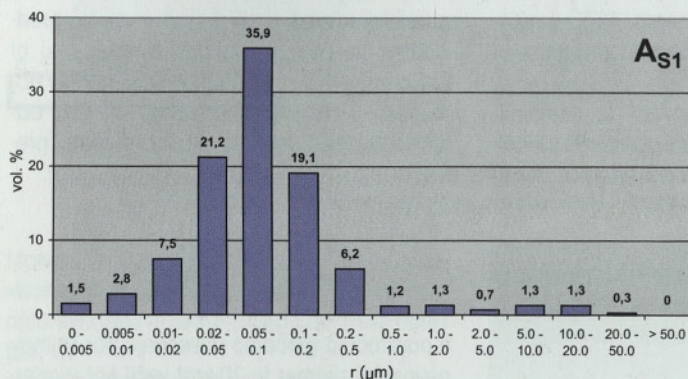
ti povzročajo globalno povečanje por (njihov povprečni polmer je 10-krat večji kot v referenčnem vzorcu), pore pa so bolj enakomerno porazdeljene preko celotnega spektra. Po drugi strani sta uporabljena superplastifikatorja povzročila zmanjšanje deleža tako gelnih por (za faktor 0,6) kot tudi zajetih por (za faktor 0,4), medtem ko se povprečni polmer ni bistveno spremenil. Zmanjšanje deleža zajetih por, ki nastanejo predvsem zaradi nezadostnega zgoščevanja pri vgrajevanju, potrjuje hipotezo, da superplastifikatorji izboljšajo vgradljivost betona. Superplastifikatorji torej povzročajo ožjenje spektra por in koncentracijo le-teh v razredu mikropilar.



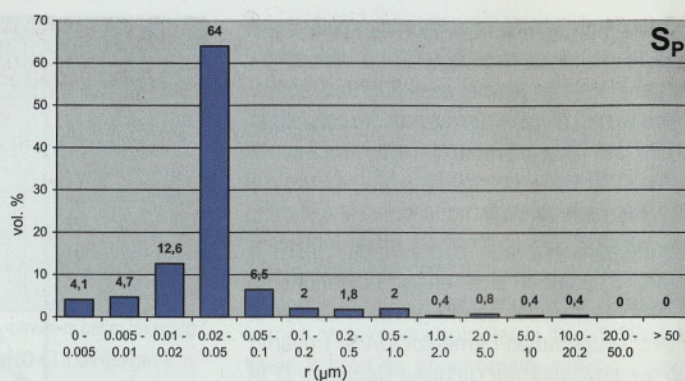
Slika 5 • Porazdelitev por glede na polmer za referenčni betonski vzorec (R)



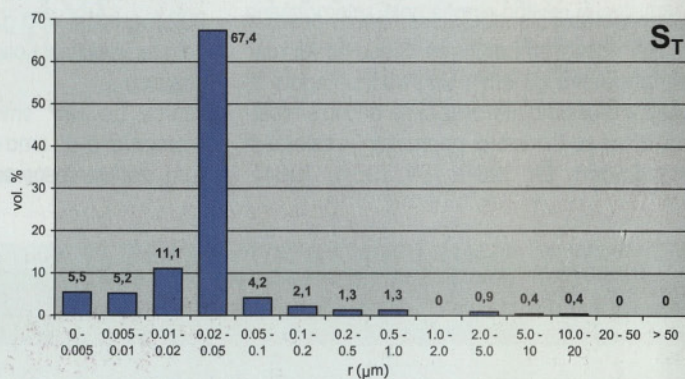
Slika 6 • Porazdelitev por glede na polmer za betonski vzorec z dodatkom aeranta Cementol ETA S (A_S)



Slika 7 • Porazdelitev por glede na polmer za betonski vzorec z dodatkom superplastifikatorja Cementol ZETA P (A_{S1})



Slika 8 • Porazdelitev por glede na polmer za betonski vzorec z dodatkom superplastifikatorja Cementol ZETA P (S_P)



Slika 9 • Porazdelitev por glede na polmer za betonski vzorec z dodatkom superplastifikatorja Cementol ZETA T (S_T)

Kot sledi iz preglednice 3 se glavnina por v vseh vzorcih nahaja v območju kapilar. Kot smo zapisali že v uvodu, je kapilarnost v tem velikostnem razredu ključni transportni mehanizem. Višino dviga tekočine zaradi kapilarnosti v vertikalni cevki zapišemo kot:

$$H = \frac{2 \sigma \cos \theta}{r \rho g} \quad (5)$$

kjer je r polmer kapilare (m), ρ gostota tekočine v kapilari (kg/m³) in g gravitacijski pospešek (m/s²). Višina dviga tekočine je torej obratno sorazmerna s polmerom kapilare. Enačbe sicer ne moremo neposredno uporabiti pri poroznem materialu, v katerem se nahaja mreža med seboj povezanih in v vse smeri orientiranih kapilar, kljub temu pa lahko sklepamo, da bo fronta tekočine v betonih z aeranti napredovala počasneje kot v preostalih analiziranih betonih, saj je povprečni polmer por 10-krat večji. Kljub temu pa zaradi večje poroznosti aeriranih betonov pričakujemo, da bodo vpili več tekočine. To tezo potrjujejo tudi sočasne meritve sorptivnosti z gravimetrično metodo in kapilarnosti z metodo nevtronske radiografije, ki sva jih opravila Hanžič in Ilić (Hanžič, 2003).

	VZOREC				
	R	A _S	A _{S1}	S _P	S _T
ρ' (g/cm ³)	2,249	2,033	1,982	2,203	2,195
ρ_v (g/cm ³)	2,168	1,957	1,923	2,136	2,093
P _f (vol.%)	14,4	20,4	22,6	15,1	16,6
r _m (nm)	38,1	134,4	106,5	43,4	40,5

Preglednica 2 • Gostota svežega betona (ρ'), gostota otrdelega betona s porami (ρ_v), funkcionalna poroznost vzorcev (P_f) in povprečni polmer por (r_m)

Oznaka vzorca	GELNE PORE (vol.%)	KAPILARE (vol.%)	ZAJETE PORE (vol.%)
R	15,7	83,8	1,0
A _S	3,9	94,1	2,0
A _{S1}	4,3	94,4	1,6
S _P	8,8	90,5	0,4
S _T	10,7	88,7	0,4

Preglednica 3 • Prostorninski deleži por

Oznaka vzorca	Kapilare		
	MIKRO (%)	MEZO (%)	MAKRO (%)
R	93	5	2
A _S	56	40	4
A _{S1}	68	28	4
S _P	92	6	2
S _T	93	6	2

Preglednica 4 • Razporeditev kapilarnih por

4 • SKLEP

Z uporabo kemičnih dodatkov lahko načrtno spreminjamo lastnosti svežega in otrdelega betona, med drugim tudi količino in strukturo por. Meritve funkcionalne poroznosti na referenčnem vzorcu in na vzorcih z dodatkom aerantov in superplastifikatorjev z MIP so pokazale:

1. Funkcionalne poroznosti betonov z aeranti so ~20 vol.%, kar je za ~5 vol.% več kot pri ostalih vzorcih.

2. Povprečni polmer por v betonih z aerantom je ~ 120 nm in je 10× večji od povprečnega polmera por v ostalih betonih.

3. Zaradi uporabe aerantov se glavnina por (90 vol.%) enakomerneje porazdeli v intervalu mikro- in mezokapilar (10 nm–1 μm). Poveča se tudi delež makrokapilar in zajetih por, zmanjša pa delež gelnih por.

4. Zaradi uporabe superplastifikatorjev se glavnina por (80 vol.%) koncentrira v velikostnem razredu mikrokapilar (10–100 nm). Z uporabo superplastifikatorjev se zmanjša delež zajetih por, ki nastanejo kot posledica nezadostnega zgoščanja betona med vgrajevanjem.

5 • ZAHVALA

Avtorji se zahvaljujemo dr. Danilu Suvorovu, ki nam je omogočil meritve poroznosti

na Institutu "Jožef Stefan", Ljubljana – Odsek za Raziskave sodobnih materialov ter

g. Silvu Zupančiču za skrbno izvedbo vseh meritev.

6 • LITERATURA

Cook, R. A., Hover, K. C., Mercury porosimetry of cement-based materials and associated correction factors, *ACI Mater. J.* 90 (2), str. 152–161, 1993.

EN 196-1:1994, Methods of testing cement – Part 1: Determination of Strength, 1994.

Hanžič, L., Ilić, R., Relationship between liquid sorptivity and capillarity in concrete, *Cem. Concr. Res.* 33, str. 1385–1388, 1984.

Illston, J. M., Domone P. L. J., Construction Materials: Their nature and behaviour, 3rd ed., *Spon Press*, London, 2001.

Jenkins, R. G., Rao, M. B., Effect of elliptical pores on mercury porosimetry results, *Powder Technol.* 38, 177–180, 1984.

Kumar, R., Bhattacharjee, B., Study on some factors affecting the results in the use of MIP method in concrete research, *Cem. Concr. Res.* 33, 417–424, 2003.

Kumar, R., Bhattacharjee B., Assessment of permeation quality of concrete through mercury intrusion porosimetry, *Cem. Concr. Res.* 34, 321–328, 2004.

Maage, M., Frost resistance and pore size distribution in bricks, *Mater. Struct.* 17, 101, str. 345–350, 1984.

Ukrainczyk, V., Beton: struktura, svojstva, tehnologija, *Alcor*, Zagreb, 1994.

Washburn, E. W., Note on a method of determining the distribution of pore sizes in porous material, *Proc. Nat. Acad. Sci.* 115, 1921.

VO&VO
Napredne tehnologije

Tudi v Sloveniji!

- Zanesljivost

Ima enako nosilno sposobnost kot, če stika ne bi bilo. Zaradi koničnega navoja ne more priti do poškodbe navojev.

- Visoka trdnost

- Montažne prednosti

S samo štirimi obrati je palica že fiksirana. Vrezovanje navojev se vrši v podjetju ali na samem gradbišču. Pri montaži niso potrebna posebna orodja.

- Odlične karakteristike pri dinamičnih obtežbah.

- Reference

Mnogo največjih zgradb na vseh celinah sveta.

- Konkurenčna cena



Spoj armaturne palice z LENTON mehničnimi spojkami omogoča trden spoj ne glede na stanje betona,

www.vo-vo.si

Spajanje armaturnih palic

V svetovnem merilu je sistem LENTON uvrščen med najboljše metode mehanskega stikovanja armaturnih palic.



ERICO
LENTON

VO&VO d.o.o.

Ljubljanska c. 9

SI - 4240 RADOVLJICA

Tel.: ++386(0) 4 53 74 000

Fax: 04 53 74 009

e-mail: info@vo-vo.com

www.vo-vo.si

VSEBINA LETNIKA 53/2004

Članki-Papers

Ačanski, J., PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA VIADUKTA ŠENTOŽBOLT, DESIGN AND CONSTRUCTION OF VIADUCT ŠENTOŽBOLT, januar, stran 3

Bratina, S., NELINEARNA ANALIZA ARMIRANOBETONSKEGA MOSILCA MED POŽAROM, NON-LINEAR ANALYSIS OF RC BEAM IN FIRE, avgust, stran 194

Bratina, S., Planinc, I., ANALIZA PRIMERNOSTI POSTOPKA ZA DOLOČITEV POŽARNE ODPORNOSTI AB STEBROV PO EUROCODE 2, ACCURACY OF CALCULATION METHOD FOR ASSESSING FIRE RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS, marec, stran 52

Duhovnik, J., STANJE EVROPSKIH STANDARDOV OSNOVE PROJEKTIRANJA KONSTRUKCIJ (EN 1990) IN VPLIVI NA KONSTRUKCIJE (EN 1991), STATE-OF-THE-ART OF THE EUROPEAN STANDARDS BASIS OF STRUCTURAL DESIGN (EN 1990) AND ACTIONS ON STRUCTURES (EN 1991), januar, stran 14

Gričar, J., Tomažič, M., Gorišek, Ž., VISKOELASTO-PLASTIČNO IN MEHANOSORPTIVNO LEZENJE LESA, VISCOELASTIC-PLASTIC AND MECHANOSORPTIVE CREEP BEHAVIOUR OF WOOD, marec, stran 58

Gruden, G., NOVI VIADUKTI NA FRANCOSKI AVTOCESTI A75 CLERMONT FERRAND-BEZIERS, "LA MERIDIENNE", NEW VIADUCT ON A75 MOTORWAY "LA MERIDIENNE" CLERMONT FERRAND-BEZIERS IN FRANCE, december, stran 296

Gumilar, V., SLOVENSKI GRADBENI GROZD – POVEZOVANJE ZA RAZVOJ, KONKURENČNOST IN RAST, CONSTRUCTION CLUSTER OF SLOVENIA – PARTNERING FOR DEVELOPMENT, COMPETITIVENESS AND GROWTH, junij, stran 134

Jovičič, V., Likar, J., Šušteršič, J., POSPEŠENA GRADNJA PREDORA DEKANI, RAPID CONSTRUCTION OF DEKANI TUNNEL, avgust, stran 188

Klanšek, U., Kravanja, S., PRIMERJAVA SOVPREŽNIH NOSILCEV, COMPARISON OF COMPOSITE BEAMS, april, stran 86

Klanšek, U., Potrč, S., Snoj, B., Kravanja, S., ANALIZA SVETOVNEGA IN RAZISKAVA SLO-

VENSKEGA TRGA KONSTRUKCIJSKEGA JEKLA, ANALYSIS OF THE WORLD STEEL MARKET AND THE RESEARCH OF THE SLOVENIAN STRUCTURAL STEEL MARKET, november, stran 258

Klobučar, A., Ačanski, V., Čabriljo, D., Miralem, E., Završki, M., PRVONAGRAJENA NATEČAJNA REŠITEV MOSTA PREKO DONAVE PRI BEŠKI NA LEVEM PASU AVTOCESTE NOVI SAD – BEOGRAD, FIRST PRIZE WINNING SOLUTION FOR BRIDGE OVER THE DANUBE RIVER NEAR BEŠKA ON THE LEFT TRACK OF HIGHWAY NOVI SAD – BEOGRAD, april, stran 70

Klopčič, J., Štimulak, A., Ajdič, I., Logar, J., RAČUNALNIŠKO PODPRTA ANALIZA MERITEV V PREDORU, COMPUTER SUPPORTED ANALYSIS OF DISPLACEMENTS MONITORING DATA IN TUNNELING, oktober, stran 246

Korpar, L., PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA SIDRANIH IN PILOTNIH STEN, DESIGN AND CONSTRUCTION OF ANCHORED RETAINING AND PILE WALLS, september, stran 206

Kovačec, M., Štrukelj, A., Lubej, S., Gotlin, M., OCENITEV KRITIČNE DOLŽINE SIDRANJA PRI OJAČITVI ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJ S TRAKOVI Z OGLJIKOVIMI VLAKNI, THE ESTIMATION OF THE CRITICAL ANCHORING LENGTH OF THE CFRP STRIPS BONDED TO THE REINFORCED CONCRETE, maj, stran 107

Krupič, I., Štrukelj, A., DEMONTAŽA ARMIRANOBETONSKIH MONTAŽNIH HAL, DISMANTLING OF REINFORCED CONCRETE PREFABRICATED HALLS, junij, stran 138

Lenart, S., POSTOPKI DOLOČANJA LASTNOSTI DINAMIČNO OBREMENJENIH ZEMLJIN, PROCEDURES FOR THE DETERMINATION OF THE PROPERTIES OF DYNAMICALLY LOADED SOILS, januar, stran 8

Likar, J., PREDOR TROJANE, TROJANE TUNNEL, julij, stran 146

Mahne, T., GRADNJA CILINDRIČNH OBJEKTOV CENTRALNE ČISTILNE NAPRAVE LJUBLJANA, CONSTRUCTION OF CYLINDRICAL STRUCTURES AT THE LJUBLJANA CENTRAL TREATMENT FACILITY, februar, stran 18

Malus, M., IZGRADNJA NOVE ODLAGALNE POVRŠINE NA ODLAGALIŠČU NENEVARNIH ODPADKOV BARJE, LJUBLJANA, CONSTRUCTION OF THE NEW LANDFILL AREA AT THE

NON-HAZARDOUS LANDFILL SITE BARJE, LJUBLJANA, avgust, stran 174

Mur, R., MEDNARODNI SIMPOZIJ SOVPREŽNE KONSTRUKCIJE – STANJE IN RAZVOJ, INTERNATIONAL SYMPOSIUM COMPOSITE STEEL AND CONCRETE STRUCTURES – STATE-OF-THE-ART AND NEW DEVELOPMENTS, december, stran 284

Pazlar, T., Dolenc, M., Duhovnik, J., REZULTATI RAZISKAVE prodAEC O RABI INFORMACIJSKIH IN KOMUNIKACIJSKIH TEHNOLOGIJ V ARHITEKTURI, INŽENIRSTVU IN GRADBENIŠTVU V SLOVENIJI, THE prodAEC BENCHMARKING SERVICE RESULTS ON THE IMPLEMENTATION OF THE INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE ARCHITECTURE, ENGINEERING, AND CONSTRUCTION IN SLOVENIA, september, stran 223

Pazlar, T., PROJEKTNO ZASNOVANO UČENJE NA DALJAVO, PROJECT BASED LONG DISTANCE LEARNING, november, stran 267

Perhavec, A., GRADNJA VIADUKTA VRANKE NA AVTOCESTI MARIBOR – KOPER, CONSTRUCTION OF VRANKE BRIDGE ON MARIBOR – KOPER HIGHWAY, februar, stran 29

Pipenbajer, M., univ. dipl. inž. grad, PROJEKTIRANJE IN GRADNJA VIADUKTA ČRNI KAL, DESIGN AND CONSTRUCTION OF VIADUCT ČRNI KAL, maj, stran 98

Podvornik, N., Hanžič, L., Ilič, R., VPLIVI KEMIJSKIH DODATKOV NA POROZNOST BETONA, INFLUENCE OF CHEMICAL ADMIXTURES ON THE POROSITY OF CONCRETE, december, stran 300

Rismal, M., SEKVENČNE (SBR) ALI KONTINUIRNE ČISTILNE NAPRAVE ZA ČIŠČENJE KOMUNALNIH ODPADNIH VODA?, SEQUENCING BATCH REACTOR OR CONTINUOUS WASTE WATER TREATMENT PLANTS?, julij, stran 155

Saje, D., ČASOVNI RAZVOJ TLAČNE TRDNOSTI BETONOV Z VISOKO TRDNOSTJO V ODVISNOSTI OD VRSTE IN KOLIČINE VEZIVA, TIME DEVELOPMENT OF COMPRESSIVE STRENGTH OF HIGH STRENGTH CONCRETE IN DEPENDENCE OF BINDER TYPE AND QUANTITY, februar, stran 37

Šavnik, P., AKTIVNOSTI V EU ZA POVEČANJE VARNOSTI V CESTNIH PREDORIH, ACTIVITIES

IN THE EU FOR THE INCREASING OF THE SAFETY OF THE ROAD TUNNELS, oktober, stran 242

Šuligoj, G., Duhovnik, J., Cerovšek, T., ELEKTRONSKA OBJAVA STANDARDOV, ELECTRONIC PUBLICATION OF STANDARDS, maj, stran 113

Šušteršič, J., Zajc, A., Leskovar, I., OSNOVNI PRINCIPI OJAČANJA BETONA Z VLAKNI, BASIC PRINCIPLES OF CONCRETE REINFORCEMENT WITH FIBRES, april, stran 78

Tomažević, M., Bosiljkov, V., Lutman, M., VPLIV ROBUSTNOSTI OPEČNIH VOTLAKOV NA OBNAŠANJE ZIDOV PRI POTRESNI OBTEŽBI, INFLUENCE OF THE ROBUSTNESS OF MASONRY UNITS ON THE BEHAVIOUR OF THE MASONRY WALLS SUBJECTED TO SEISMIC LOADS, september, stran 213

Završki, M., PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA VIADUKTA PETELINJEK, DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE VIADUCT PETELINJEK, marec, stran 46

Završki, M., PROJEKTIRANJE VODNJAKOV PRI TEMELJENJU MOSTOV, STRUCTURAL DESIGN OF THE WELLS-FOUNDATION OF THE BRIDGES, oktober, stran 235

Žigon, A., Žibert, M., PROJEKTIRANJE PREDORSKEGA SISTEMA ŠENTVID – POKRITI VKOP ŠENTVID, ŠENTVID TUNNEL SYSTEM DESIGN – CUT & COVER ŠENTVID, junij, stran 126

Živanović, M., Dolinšek, B., GEORADARSKE MERITVE ZA UGOTAVLJANJE USPEŠNOSTI INJEKTIRANJA V OKVIRU POPOTRESNE OBNOVE OBJEKTOV V POSOČJU, GPR MEASURING FOR DETERMINATION OF THE SUCCESSFULNESS OF GROUTING WITHIN THE POST-EARTHQUAKE RECONSTRUCTION OF THE BUILDINGS IN THE POSOČJE REGION, julij, stran 164

Srečno 2005

Vengust, M., Novoletno voščilo, stran 282

Uvodnik

Duhovnik, J., Gradbeni vestnik še izhaja, januar, stran 2

Jubilej

Rajar, R., 95 let prof. dr. Janka Bleiweisa, december, stran 283

Nagrajeni gradbeniki

oktober, stran 234

Raziskovalni projekti

Dolenc, M., Pazlar, T., PREDSTAVITEV REZULTATOV EVROPSKEGA PROJEKTA prod-AEC, april, stran 94

EP

Košir, A., GEOTEHNIČNA SIDRA FREYSINET, julij, stran 170

Ožbot, S., ČRNOKALSKA ZGODBA USPEŠNA TUDI Z VIDIKA VARSTVA PRI DELU, november, stran 276

Navodila avtorjem za pripravo prispevkov

V vsaki številki

Razpored seminarjev za strokovne izpite

Holobar, A., marec, stran 65; april, stran 95; julij, stran 168; avgust, stran 203; september, stran 231

Novi diplomanti gradbeništva

Juteršek, J., januar, stran 3 ovitka; februar, stran 44; marec, stran 67; april, stran 96; maj, stran 3 ovitka; junij, stran 3 ovitka; julij, stran 172; september, stran 232; oktober, stran 256; november, stran 280; december, stran 308

Obvestilo in vabilo diplomantom FGG

december, stran 308

Vabila na strokovne prireditve

26. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije, julij, stran 167; september, stran 230.

Sovprežne konstrukcije – stanje in razvoj, avgust, stran 204

Koledar prireditev

Juteršek, J. januar, stran 4 ovitka; februar, stran 3 ovitka; marec, stran 67; april, stran 96; maj, stran 4 ovitka; junij, stran 4 ovitka; julij, stran 3 ovitka; avgust, stran 3 ovitka; september, stran 3 ovitka; oktober, stran 3 ovitka; november, stran 4 ovitka; december, stran 305.

Vabilo za objavo oglasov

Holobar, A., februar, stran 44;

Vsebina letnika 53/2004

december, stran 306

Naslovnice

Ačanski, J., Viadukt Šentožbolt, januar

Dolenc, O., Gradnja objektov CČN Ljubljana – poseg v širši prostor Zaloga, februar

Elea IC, Pokriti vkop Šentvid, junij

GRADIS BP Maribor, Most čez Donavo pri Beški, računalniška predstavitev, april

Gradis, GP Ljubljana, Staro se umika novemu – Rušenje mostu čez Krko pri Čatežu, oktober

Gruden, G., Cerkvenikov most v Škocjanskih jamah, december

Korpar, L., Oporni zid OZ-08 na AC odseku Trojane – Blagovica, september

Likar, J., Predor Trojane, julij

Malus, M., Najnovejši del odlagališča nenevarnih odpadkov Barje med poskusnim obratovanjem, avgust

Pipenbaher, M., Viadukt Črni Kal, maj

Primorje d. d., Ajdovščina, gradnja stebrov viadukta Črni Kal, november

Završki, M., Viadukt Petelinjek, marec

OBVESTILO IN VABILO DIPLOMANTOM FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO UNIVERZE V LJUBLJANI

Vse diplomante Fakultete za gradbeništvo Univerze v Ljubljani, ki v skladu z dogovorom med ZDGITS in FGG po opravljeni diplomi, magistraturi ali doktoratu eno leto brezplačno prejemajo Gradbeni vestnik (12 zvezkov), vabimo, da po tem obdobju postanejo njegovi redni naročniki s plačilom vsakokratne letne naročnine, ki sedaj znaša 5500 SIT.

Vse diplomante FGG, ki po enem letu ne želijo več prejemati Gradbenega vestnika kot redni naročniki, prosimo da takoj po prejemu

12. zvezka o tem obvestilo Uredništvo Gradbenega vestnika na naslov: Gradbeni vestnik, Karlovska 3, 1000 Ljubljana, telefon/fax: (01) 422-46-22; e-mail: gradb.zveza@siol.net. Če uredništvo tega obvestila ne bo prejelo, bo štelo, da se je prejemnik odločil za redno naročilo.

Prva skupina diplomantov bo prenehala brezplačno prejemati revijo po decembrski številki 2004.

Uredništvo Gradbenega vestnika

NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Jože Strmec, Možnost uporabe digitaliziranih baz podatkov pri oceni površine nezazidanih stavbnih zemljišč – primer Občine Domžale, mentor doc. dr. Maruška Šubic-Kovač

Marko Kramar, Projektiranje stebrov montažnih armiranobetonskih hal na potresnih območjih – primerjava standardov, mentor prof. dr. Matej Fischinger, somentor viš. pred. mag. Vid Marolt

Marko Stopar, Razpoložljivost nezazidanih stavbnih zemljišč za gradnjo v ureditvenem območju Črnomelj z okolico, mentor doc. dr. Maruška Šubic - Kovač

Metod Gaber, Potek požara: Meritve in simulacija, mentor izr. prof. dr. Aleš Krainer

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Goran Četković, Simulacija požara, mentor izr. prof. dr. Aleš Krainer

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Almir Čajlaković, Razstreliva in miniranje v kamnolomu, mentor doc. dr. Andrej Štrukelj

Nives Čavka, Primernost mineralnega agregata iz nadomestnega ponikalnika Hoče za tampone, mentor pred. Samo Lubej, somentor mag. Andrej Ivanič

Damjan Gašparič, Kontrola nosilnosti in deformacij obstoječega jeklenega opaža za "T" nosilce ter primerjava s klasično izvedbo, mentor doc. dr. Andrej Štrukelj

Stanka Šporin, Zagotavljanje vodotesnosti komunalnih objektov, mentor pred. Samo Lubej, somentor doc. dr. Andrej Štrukelj

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

David Sladovič, Organizacija prometnih tokov v križiščih, mentor izr. prof. dr. Tomaž Tollazzi, somentor Boris Stergar

Urška Štabuc, Projektiranje in izvedba vpete podporne konstrukcije po monitoring metodi, mentor izr. prof. dr. Stanislav Škrabl, somentorja red. prof. dr. Ludvik Trauner in Samo Peter Medved

Rubriko ureja • **Jan Kristijan Juteršek**, univ. dipl. inž. grad.

KOLENDAR PRIREDITEV

19.2 - 22.2.2005

IABSE Conference

Role of Structural Engineers Towards Reduction of Poverty
New Delhi, Indija
www.iabse.org

15.3 - 17.3.2005

Hydrotop 2005 Symposium

Marseille, Francija
www.hydrotop.com
hydrotop@hydrotop.com

16.3 - 18.3.2005

The Water Africa 2005 Sub-Sahara Exhibition and Seminars

Dar es Salaam, Tanzanija
www.ace-events.com
info@ace-events.com

30.3 - 2.4.2005

The Third International Conference on Irrigation and Drainage

San Diego, Kalifornija, ZDA
www.ucid.org
stephens@uscid.org

19.4 - 21.4.2005

Traffex, NEC

Birmingham, Anglija
www.traffex.com
traffex@hgluk.com

20.4 - 22.4.2005

Prago Traffic

Praga, Češka
www.pragottraffic.cz
wontrobova@abf.cz

2.5 - 5.5.2005

ITS America 15th Annual Meeting & Exposition

Phoenix, Arizona, ZDA
www.itsa.org/annualmeeting.html
editor@itsa.org

21.5 - 24.5.2005

International Parking Conference & Exposition 2005

Fort Lauderdale, Florida, ZDA
www.parking.org
ipi@parking.org

22.5 - 27.5.2005

WREC - World Renewable Energy Congress

Aberdeen, Škotska
www.aecc.co.uk

1.6 - 3.6.2005

5th European Congress and Exposition on ITS

Hannover, Nemčija
www.hgluk.com
b.butler@hgluk.com

6.6 - 10.6.2005

Technologies to Enhance Dam Safety and the Environment

Salt Lake City, Utah, ZDA
www.ussdams.org
stephens@ussdams.org

8.6 - 13.6.2005

Conference EUROSTEEL 2005

Research, Eurocodes, Design and Construction of Steel Structures
Maastricht, Nizozemska

13.6 - 16.6.2005

11th Joint CIB International

Advantages for Real Estate and Construction Sector
Helsinki, Finska
www.ril.fi/cib205
kaisa.venalainen@ril.fi

27.6 - 29.6.2005

2005 RETC

16th Rapid Excavation & Tunneling Conference & Exhibit
Seattle, Washington, ZDA
www.retc.org/retc_CallForPapers.cfm
davis@smentet.org

27.6 - 30.6.2005

ESREL 2005

European Safety and Reliability Conference
Gdynia-Sopot-Gdansk, Poljska
www.esrel2005.am.gdynia.pl
esrel2005@am.gdynia.pl

5.7 - 7.7.2005

6th International Congress Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities

Dundee, Škotska, VB
www.ctucongress.co.uk

19.7 - 21.7.2005

Conference AESE 2005

Advances in Experimental Structural Engineering
Nagoya, Japonska

7.8 - 10.8.2005

2005 ITE Annual Meeting and Exhibit

Melbourne, Victoria, Avstralija
www.ite.org/meetcon/index.html
ite_staff@ite.org

22.8 - 24.8.2005

Construction Materials (ConMat'05):

Performance, Innovations and Structural Implications
Vancouver, Kanada
www.civil.ubc.ca/conmat05

14.9 - 16.9.2005

IABSE Annual Meetings and

IABSE Symposium Structures and Extreme Events
Lisboa, Portugalska
www.iabse.ethz.ch/index.php
iabs.lisbon2005@lnec.pt

19.9 - 26.9.2005

The International Symposium of High CFRDs

Yichang, Kitajska
yssdchen@tom.com
yssdchen@msn.com

27.10 - 28.10.2005

The 2004 Forum on Hydropower; Supply, Security and Sustainability

Gatineau, Kanada
collug@videotron.ca

Rubriko ureja • Jan Kristjan Juteršek, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: msg@izs.si



INŠTITUT ZA METALNE KONSTRUKCIJE



NAČRTOVANJE IN RAZVOJ TEHNOLOGIJ
PREIZKUŠANJE MATERIALOV IN KONSTRUKCIJ
ZAGOTAVLJANJE IN KONTROLA KAKOVOSTI
TEHNIČNO IN TEHNOLOŠKO SVETOVANJE



Laboratorij kovinskih konstrukcij:

- mehanska preizkušanja*
- varilska preizkušanja
- neporušitvena preizkušanja
- metalografske preiskave*
- korozijske preiskave

* akreditirano

NOVO

IMK inženiring d.o.o.
projekti, revizije,
sanacije in nadzor

