

RIBJA BRV ČEZ LJUBLJANICO MED RIBJIM TRGOM IN GERBERJEVIM STOPNIŠČEM V LJUBLJANI

“RIBJA BRV” FOOTBRIDGE OVER LJUBLJANICA BETWEEN RIBJI TRG SQUARE AND GERBER STAIRCASE IN LJUBLJANA

Gregor Cipot, univ. dipl. inž. grad.

gregor.cipot@ponting.si

Viktor Markelj, univ. dipl. inž. grad.

viktor.markelj@ponting.si

Inženirski biro Ponting, d. o. o.
Strossmayerjeva 28, 2000 Maribor
Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo
Smetanova 17, 2000 Maribor

Strokovni članek

UDK 624.014.2:625.745.11(497.4Ljubljana)

Povzetek | V članku je predstavljena nova Ribja brv čez Ljubljanico med Ribjim trgom in Gerberjevim stopniščem. Brv je zmagovalna rešitev javnega projektne anonimnega enostopenjskega arhitekturnega natečaja za izbiro strokovno najprimernejše rešitve za zamenjavo obstoječe dotrajane Ribje brvi. Staro mostno konstrukcijo iz dveh lesenih prečno povezanih nosilcev z leseno pohodno površino je zamenjala nova jeklena, vitka in transparentna konstrukcija, z ogrevano protidrsko aluminijasto pohodno površino, brezbarvno stekleno ograjo in linijsko LED-razsvetljavo. Projekt za izvedbo nove brvi smo izdelali v inženirskem biroju Ponting, d. o. o., iz Maribora. Izvedbo objekta je prevzelo gradbeno podjetje Makro 5 gradnje, d. o. o., iz Kopa, jekleno konstrukcijo pa so izdelali v podjetju Metalia, d. o. o., iz Trbovelj.

Ključne besede: Ribja brv, most za pešce, natečaj, jeklena konstrukcija

Summary | The paper presents the design and construction of the new “Ribja brv” footbridge over Ljubljanica between Ribji trg square and Gerber staircase. The footbridge is a winning solution of the public, anonymous, single-stage architectural competition for the selection of the most appropriate technical solutions to replace existing and obsolete “Ribja brv” footbridge. Old bridge construction, which was made of two wooden, cross-linked beams with a wooden walking surface was replaced with a new, steel, thin and transparent design, with a heated aluminum anti-slip walking surface, colorless glass fence and LED line lighting. The final and detailed design projects for the new footbridge were made by Ponting Ltd. Consulting Engineering Bureau from Maribor. The construction was carried out by Makro 5 Construction Company Ltd from Koper, the steel construction was made in the company Metalia Ltd. from Trbovlje.

Keywords: Ribja brv, footbridge, competition, steel structure

1 • UVOD

Ribja brv je manjši most za pešce in kolesarje gorvodno od Tromostovja ter povezuje Hribarjevo in Cankarjevo nabrežje. Prvič so brv postavili kot začasno leta 1991 iz ostankov nosilcev iz lepljenega lesa, ki so jih uporabili pri obnovi Tromostovja (slika 1). Ker je brv kljub večim sanacijam z leti dotrajala, se je Mestna občina Ljubljana odločila za zamenjavo le-te z novo in trajnejšo konstrukcijo. S tem namenom je septembra 2012 razpisala javni projektni anonimni enostopenjski arhitekturni natečaj

za izbiro strokovno najprimernejše rešitve za zamenjavo obstoječe brvi. Prvonagrajeno natečajno rešitev, katere predlog je bil, da se nad reko položi čim transparentnejša, minimalistično oblikovana in elegantna brv, ki bo razpirala neokrnjene poglede vzdolž reke, a hkrati povezala oba bregova kot široko razgledišče nad reko, smo zasnovali v podjetju Ponting, d. o. o., v sodelovanju z birojem Arhitektura, d. o. o., iz Ljubljane. Tako je staro mostno konstrukcijo iz dveh lesenih prečno povezanih nosilcev z leseno pohodno

površino zamenjala jeklena, vitka in transparentna konstrukcija z ogrevano protidrsko aluminijasto pohodno površino, brezbarvno stekleno ograjo in linijsko LED-razsvetljavo (slika 2). Projektna faza PGD je bila izdelana in v celoti predana investitorju decembra 2013, projekt PZI pa februarja 2014 (Ponting, 2014). Gradbeno dovoljenje je upravna enota izdala 12. marca 2014. Na javnem razpisu je izvedbo pridobilo podjetje Makro 5 gradnje, d. o. o., jekleno konstrukcijo pa so izdelali v podjetju Metalia, d. o. o., iz Trbovelj. Izdelava jeklene konstrukcije se je v delavnici začela junija 2014, dela na gradbišču pa so se začela v začetku julija z odstranitvijo obstoječe brvi.



Slika 1 • Stara Ribja brv – avgust 2012



Brv je bila narejena v dobrih štirih mesecih in odprta septembra 2014.



Slika 2 • Nova Ribja brv – september 2014 (Foto: M. Kambič)



2 • KONSTRUKCIJA NOVE RIBJE BRVI

2.1 Splošno

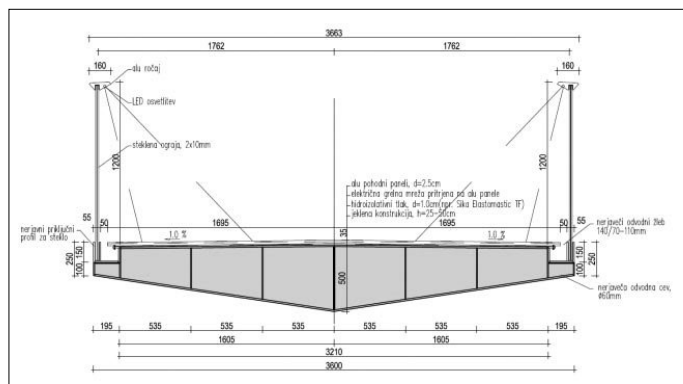
Brv je po statičnem sistemu asimetrična semiintegralna konstrukcija, kjer je prekladna konstrukcija tanka trapezna jeklena škatlja, ki se na desnem bregu Ljubljanice vpenja v betonski element, ki se členkasto naslanja na obstoječi oporni zid Ljubljanice, nato pa se nadaljuje v pilotno gredo, ki je temeljena preko dveh pilotov. S trapeznim prerezom prekladne konstrukcije je vzpostavljena vi-

zualna dinamika pri pogledih z reke (slika 3). Sprva iz daljave vidimo most le kot tanek robni »venec« z eno od spodnjih ploskev nosilne konstrukcije, ta pa se, ko se mostu bližamo, vizualno širi in se pod mostom razvije v celoten pogled na površino prekladne konstrukcije. Ta se v najnižji točki skoraj dotakne osrednje arkadne odprtine Plečnikove fasade pri Makalonci in je z distanco od nje umaknjena. Na tem mestu se konstrukcija

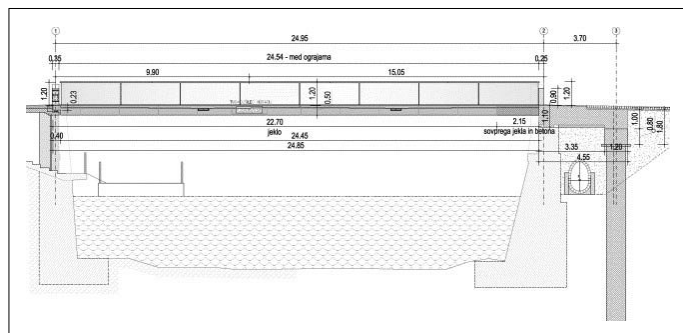
samo prosto naslanja preko elastomernih ležišč na obstoječa masivna betonska stebra (slika 4).

2.2 Podporna konstrukcija

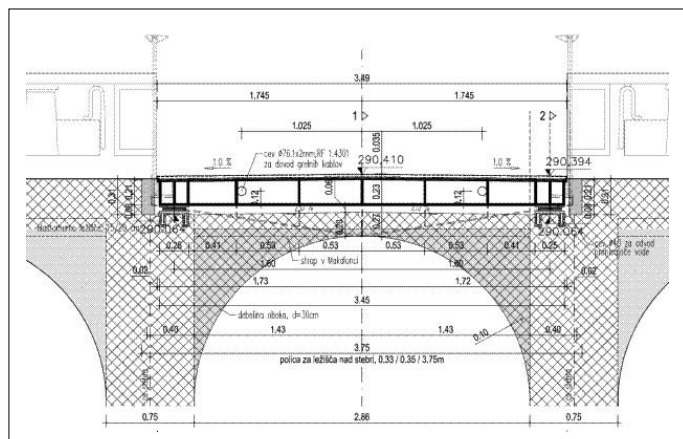
Ob stikih brvi z obalo in namestitvi ležišč novega mostu je bil izbran »arheološki« pristop. Tako se v največji možni meri ohranja obstoječe obrežne fasade v prvotni podobi. V ta namen so temelji in ležišča brvi umaknjena za fasadne ploskve (slika 5). Zaradi zgoraj navedenega je prečnik v osi 1 pri Makalonci zaradi spomeniško zaščitene fasade in kamnite ograje ožji in tanjši (slika 6). Širok je



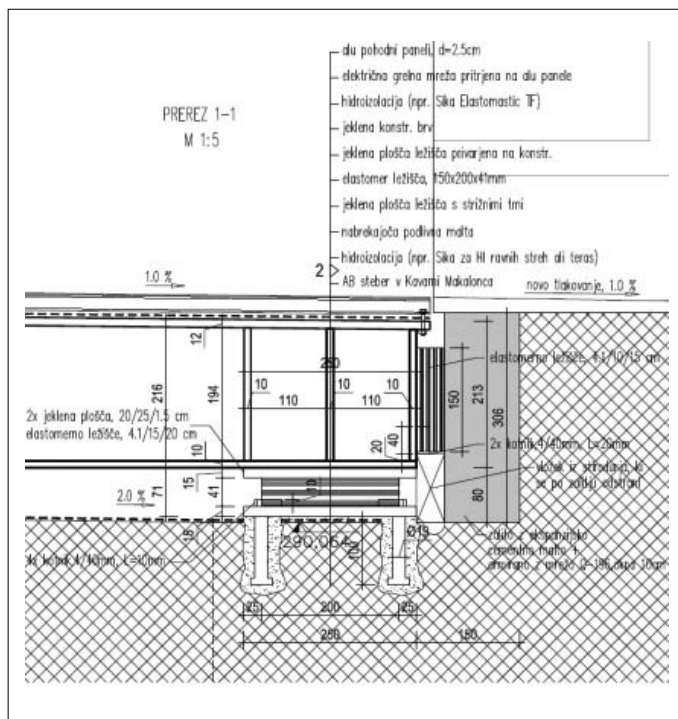
Slika 3 • Karakteristični prečni prerez mostu



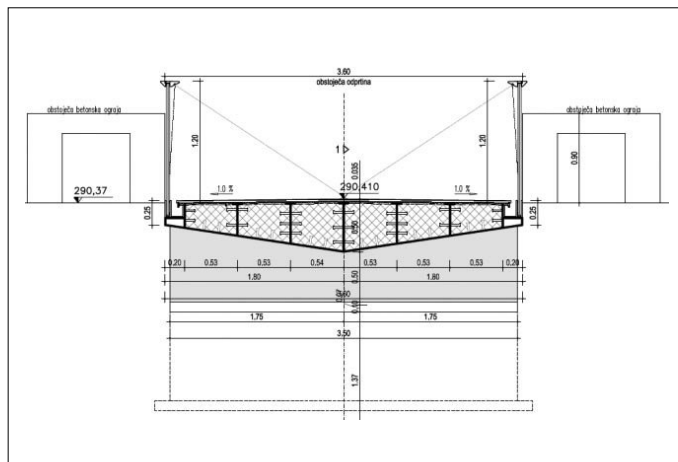
Slika 4 • Vzdolžni prerez mostu



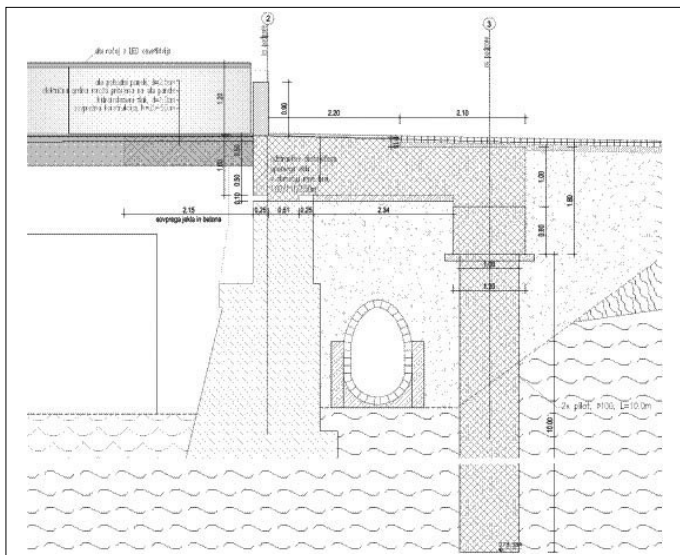
Slika 5 • Prečnik in ležišča na levem bregu pri Makalonci



Slika 6: Detajli ležišča na levem bregu pri Makalonci



Slika 7: Sovpreganje na desnem bregu



Slika 8 • Podporna konstrukcija na desnem bregu

3,49 m na zgornjem robu oz. 3,45 m na spodnjem, njegova debelina pa znaša 21–23 cm. Vertikalna elastomerna ležišča, preko katerih se konstrukcija naslanja na obstoječa masivna stebra, so dimenzij 150/200/41 mm in nosilnosti 300 kN. Dodatni dve bočni ležišči, ki preprečujeta pomike v prečni smeri, pa sta dimenzij 100/150/41 mm in nosilnosti 120 kN.

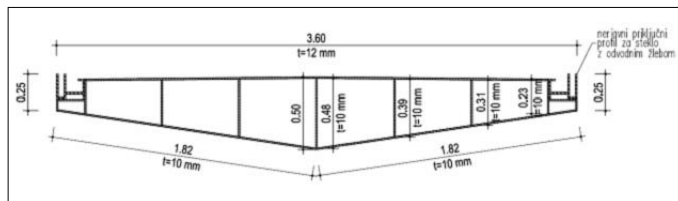
Na desnem bregu Ljubljance (sliki 7 in 8) se prekladna konstrukcija s sovpreganjem, ki je zagotovljena s 600 strižnimi trni $\varnothing 19$, $h = 100$ mm, vpenja v betonski element, ki se najprej členkasto naslanja na obstoječi oporni zid Ljubljance, nato pa nadaljuje v pilotno gredo višine 1,80 m, širine 3,50 m in debeline 1,20 m. Pilota sta premera 100 cm in dolžine 10 m, tako da je objekt na desnem bregu temeljen 12 m pod koto terena.

2.3 Prekladna konstrukcija

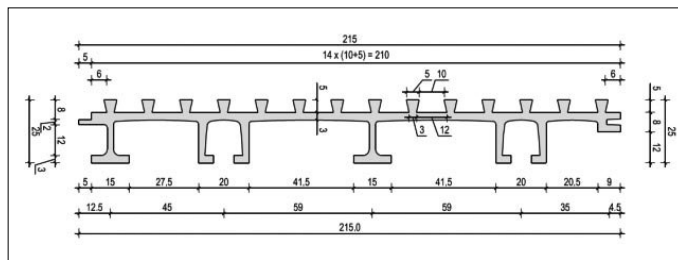
Prekladna konstrukcija (slika 9) je vitka (samo L/50) trapezna jeklena škatla dolžine

24,85 m in širine 3,60 m. Konstrukcijska višina prečnega prereza, ki ima trapezno obliko, je v sredini samo 50 cm, ob vencu pa se stanjša na 25 cm, kar daje konstrukciji izjemno eleganten videz. Venec, ki je iz nerjavnega jekla debeline 12 mm, služi za odvodnjo in vpetje steklene ograje. Debelina zgornje pasnice prečnega prereza je 12 mm, spodnje pasnice 10 mm. Prav tako so debeline 10 mm vzdolžna rebra in prečna rebra, ki so na rastru 2 m. Na večjem rastru sta samo prečni rebri v območju, kjer je prostor za vgradnjo dušilca, prav tako v tem delu ni sredinskega vzdolžnega rebra.

Dostopna jeklena konstrukcija je pred korozijo materiala zaščitena po navodilih in postopkih dobavitelja barve, tj. MCU Coatings International s. l., ki ga je zastopalo podjetje Chemcolor Sevnica, d. o. o. Premazni sistemi zagotavljajo pričakovano visoko trajnost več od 15 let za izpostavljenost konstrukcije C5-M po standardu ISO 12994. Debelina suhega filma znaša 220 μm oz. 270 μm ,



Slika 9 • Prekladna konstrukcija in debeline pločevin



Slika 10 • Načrt aluminijastega pohodnega panela

za po izgradnji nedostopni del prečnika v osi 1, za katerega je bila zahtevana visoka trajnost več od 40 let v skladu z ZTV-ING Korrosionsschutz von Stahlbauten. Nedostopna notranjost je zaščitena pred korozijo po načelu zrakotesne konstrukcije.

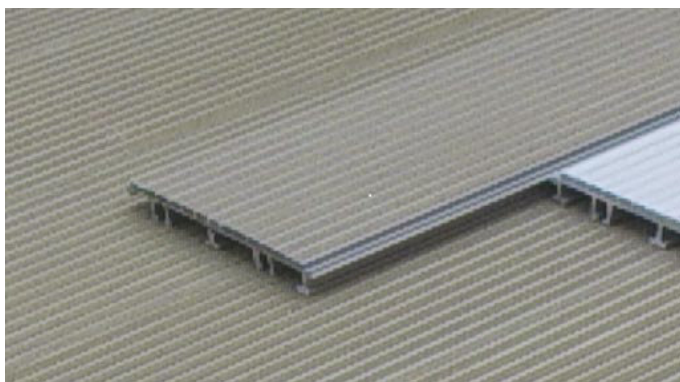
2.4 Oprema in detajli

Pohodna površina

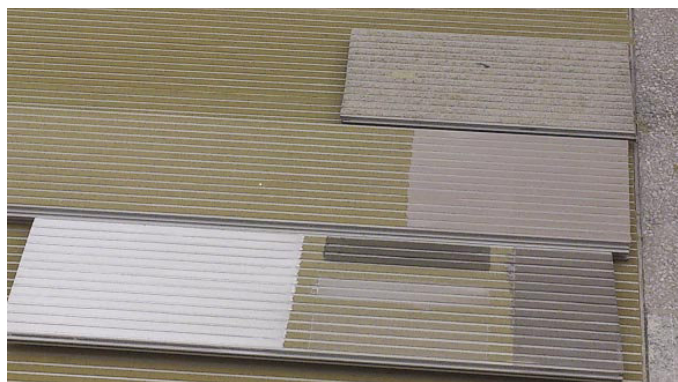
Pohodna površina preko jeklene konstrukcije je večslojna: hidroizolativni tlak (Sikalastomastic TF), električni grelni kabli Deviflex 30, pritrjeni na aluminijaste pohodne panele, ki so eloksirani v svetlo sivi barvi ter dodatno protidrsko obdelani s kremenčevim peskom na poliuretanski masi (sliki 10 in 11). Aluminijasti pohodni paneli so bili razviti v sodelovanju s tehnologi iz podjetja Impol PCP, d. o. o., iz Slovenske Bistrice, kjer so profile tudi izdelali.

Ograja, ročaj in razsvetljava

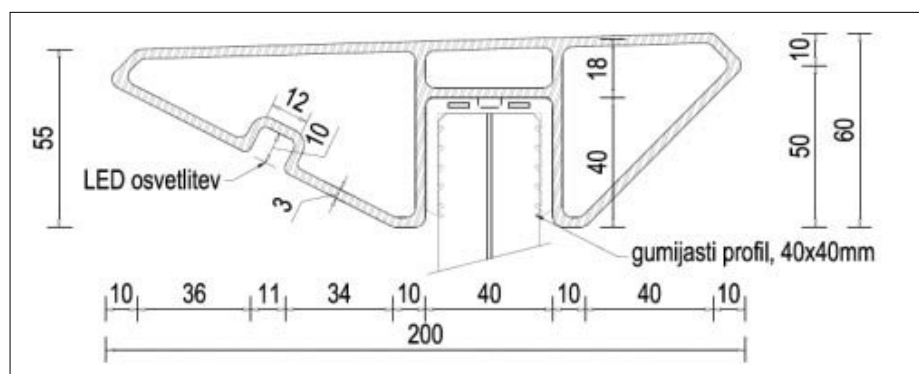
Steklena ograja iz brezbarvnega varnostnega stekla je visoka 1,20 m, kar zagotavlja



Slika 11 • Aluminijasti pohodni paneli s protidrsko obdelavo v različnih barvah



varnost pešcev in kolesarjev. Steklo je sestavljeno iz ESG 10 + PVB 1,52 + ESG 10 + PVB 1,52 + ESG 10 in je pritrjeno z vijaki M12 v element iz nerjavnega jekla. Ročaj (slika 12) je iz aluminija in je bil prav tako razvit v sodelovanju s tehnologijo iz podjetja Impol PCP, d. o. o., iz Slovenske Bistrice, kjer so ga tudi kasneje izdelali. Razsvetljava tipa LED STRIP XELIX – 14,4 W, 60 LED s/m, 50/50 IP65, 12V – je vgrajena v predpripravljeno rego na aluminijastem ročaju (slika 13).



Slika 12 • Načrt ročaja iz aluminija



Slika 13 • Pogled na montirani ročaj z razsvetljavo



Odvodnja

Odvodnja poteka vzdolžno preko elementa iz nerjavnega jekla (slika 14), ki služi za odvodnjo in vpefje steklene ograje. Odtok je izveden preko odvodnih cevi direktno v Ljubljano. Velikost odvodnih cevi je 53 cm x 3 cm.

Dilatacija

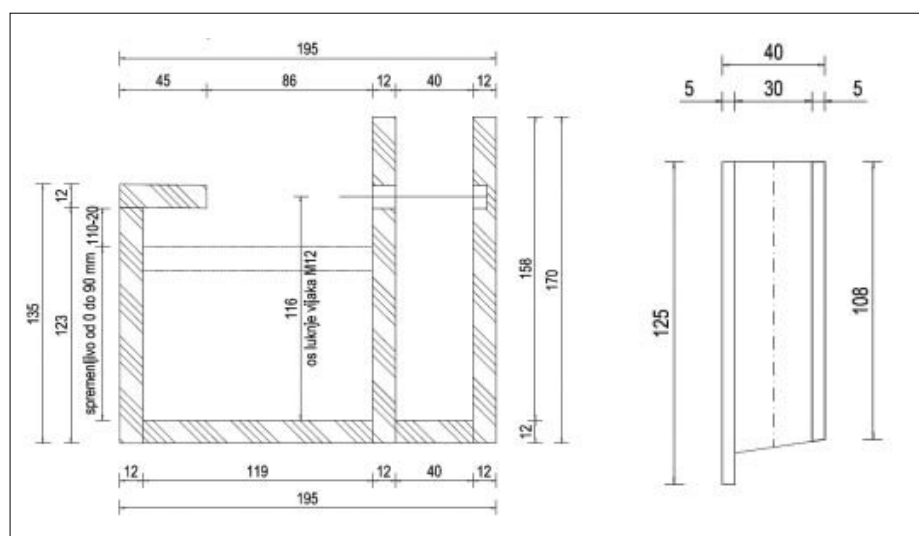
V osi 1 pri Makalonci je vgrajena dilatacija D30 proizvajalca Maurer Söhne, in sicer Maurer K-30, N-B.

Dušilec vibracij (Tuned mass damper – MTMD-V)

Ker je konstrukcija izjemno vitka ($L/50$), je že dinamična analiza pokazala nesprejemljivo obnašanje v primeru sinhronnega teka več pešcev, s tem pa potrebo po vgradnji dušilca vibracij. To je naprava, sestavljena iz koncentrirane mase, ki je povezana s konstrukcijo preko vzmeti in dušilcev, ki imajo zahtevano

togost in dušenje (slika 15). Naprave so projektirane tako, da razdelijo kritično frekvenco v dve novi frekvenci (ena nad začetno frekvenco

in ena pod njo). V Ribjo brv je bil vgrajen dušilec vibracij (MTMD-V) z naslednjimi karakteristikami:



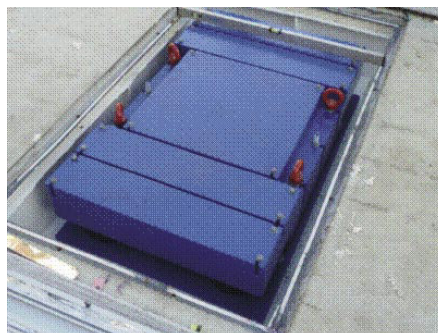
Slika 14 • Element iz nerjavnega jekla (levo) in prerez pravokotne odvodne cevi (desno)

dolžina/širina/višina
1,33 m/0,85 m/0,325 m
nihajna masa/skupna masa:
1500 kg/ 1790 kg
togostna konstanta:
397 kN/m
konstanta dušenja:
6,917 kNs/m
frekvenca dušilca:
2,593 Hz ($\pm 3\%$)

Po zagotovilih proizvajalca vgrajenega MTMD-V (Maurer Söhne) vzdrževanje tega ni potrebno, ob rednih pregledih mosta se le vizualno preveri tudi naprava, za kar je predvidena dostopna komora, v katero je vgrajen MTMD-V. Pokrov komore je privijačen. Doba delovanja naprave je po zagotovilih proizvajalca najmanj 50 let.

2.5 Materiali

Podložni (nekonstrukcijski beton):	C 12/15, nearmirani beton
Piloti:	C 25/30
Pilotna greda:	C 30/37
Prekladna konstrukcija z sovprego:	C 30/37
Armatura:	B 500 B, visokoduktilno jeklo
Štrižni trni:	S 235 J2G3 + C450
Jeklena konstrukcija:	S 355 J2G3 po EN 10025
Venec:	nerjavno jeklo kvalitete 1.4404
Ročaj na ograji iz aluminija:	EN – AW 6060 T66 obdelava površine: natur eloksan E6
Pohodni profil iz aluminija:	EN – AW 6005 T6 obdelava površine: natur eloksan E6



Slika 15 • Vgrajeni MTMD-V

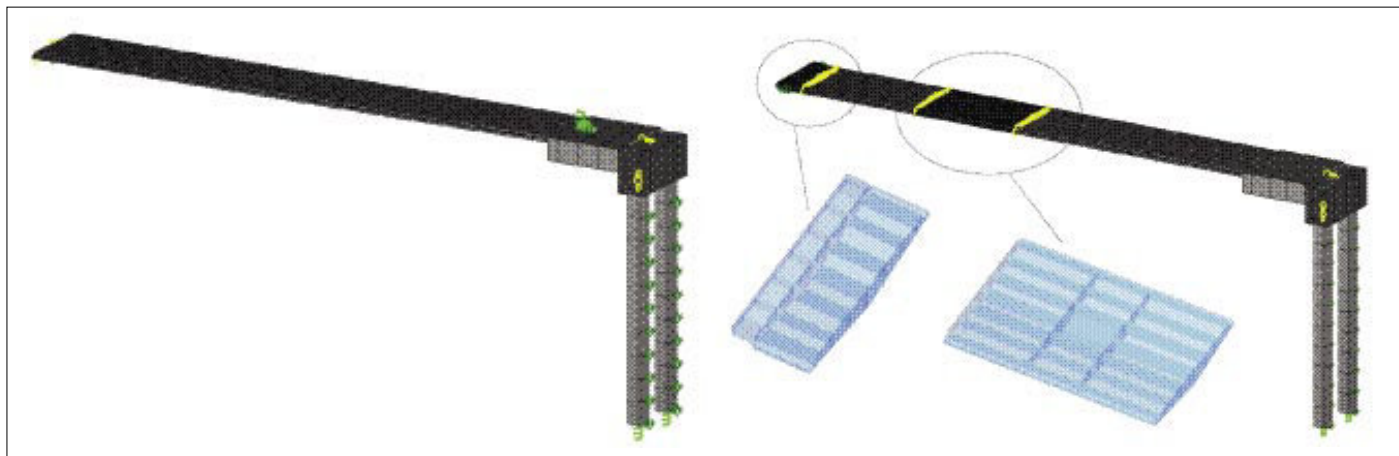
3 • STATIČNA IN DINAMIČNA ANALIZA TER OBTEŽILNI PREIZKUSI

3.1 Statična analiza in obtežilni preizkus

Statična analiza je bila opravljena s programskim paketom SOFISTI^K na linijskem MKE-modelu (globalna analiza) in na kombiniranem modelu iz linijskih in ploskovnih elementov, ki je služil za lokalne dokaze (slika 16). Model konstrukcije je bil opisan z upoštevanjem dejanske geometrije in z upoštevanjem de-

janskih karakteristik uporabljenih materialov. Dodatno sta bila uporabljena še programa LARIX (za kontrolo opornega zidu Ljubljani) in CUBUS (za dimenzioniranje in kontrolo prečnih prereзов). Obtežbe so bile določene v skladu s predpisi SIST EN 1991 – Obtežbe mostov (prometna obtežba). Statična analiza in dimenzioniranje pa sta bila opravljena v

skladu s predpisi SIST EN 1992 – Betonske konstrukcije, SIST EN 1993 – Jeklene konstrukcije, SIST EN 1994 – Sovprežne konstrukcije. Dinamično-potresna analiza pa je bila opravljena v skladu z EUROCODE 8 – del 2. Za porebe določitve kvalitete izvedbe objekta ter ugotovitev točnosti računskih analiz in projektantskih predpostavk se je izvedla poskusna obtežitev nove Ribje brvi. Po veljavnih predpisih (Eurocode) in zakonih (ZGO-1) poskusna obtežitev ni obvezna, zato tudi ni točnih navodil za izvedbo le-te, ker pa gre pri



Slika 16 • Linijski MKE-model (levo) in kombinirani MKE-model (desno)

novi Ribji brvi za inovativno jekleno konstrukcijo z izredno vitkostjo, smo se vseeno odločili, da poskusno obtežitev opravimo. Statični obtežilni preizkus se je izvedel s 4 obtežilnimi žerjavnimi bloki dimenzij 2,50 m x 0,60 m x 0,50 m. Teža 1 bloka je bila 20 kN, skupaj torej 80 kN, kar je približno 22 % skupne koristne projektne obtežbe oz. je obremenitev znašala 53 % največjega projektne upogibnega momenta. Bloki so bili položeni v skladu z navodili za izvedbo obtežilne preizkušnje in so bili nameščeni po konstrukciji na mestu največjih pomikov, in sicer simetrično in asimetrično glede na vzdolžno os konstrukcije. Preverjale so se deformacije konstrukcije pod vplivom predvidenih obtežb. Na mestu neoprenskih ležišč v osi 1 sta bili nameščeni merilni urici z natančnostjo 1/100 mm (slika 17). Pri primerjavi rezultatov poskusne obremenitve in računskih analiz je bilo ugotovljeno, da se konstrukcija obnaša v skladu z opravljenimi računskimi analizami.

3.2 Dinamična analiza in dinamični preizkusi

Mostovi za pešce in kolesarje so zaradi svoje zasnove (vitkost in relativno majhna masa) podvrženi vibracijam, ki jih povzročajo dinamični vplivi koristne obtežbe (pešci) ((Bachmann, 1987), (Heinemeyer, 2009)). Zaradi izjemne vitkosti Ribje brvi (L/50) je bila opravljena dinamična analiza, rezultat le-te pa je bilo nesprejemljivo oz. neudobno obnašanje konstrukcije v primeru sinhronega teka več pešcev. Razredi udobja glede na pospeške so prikazani v preglednici 1.

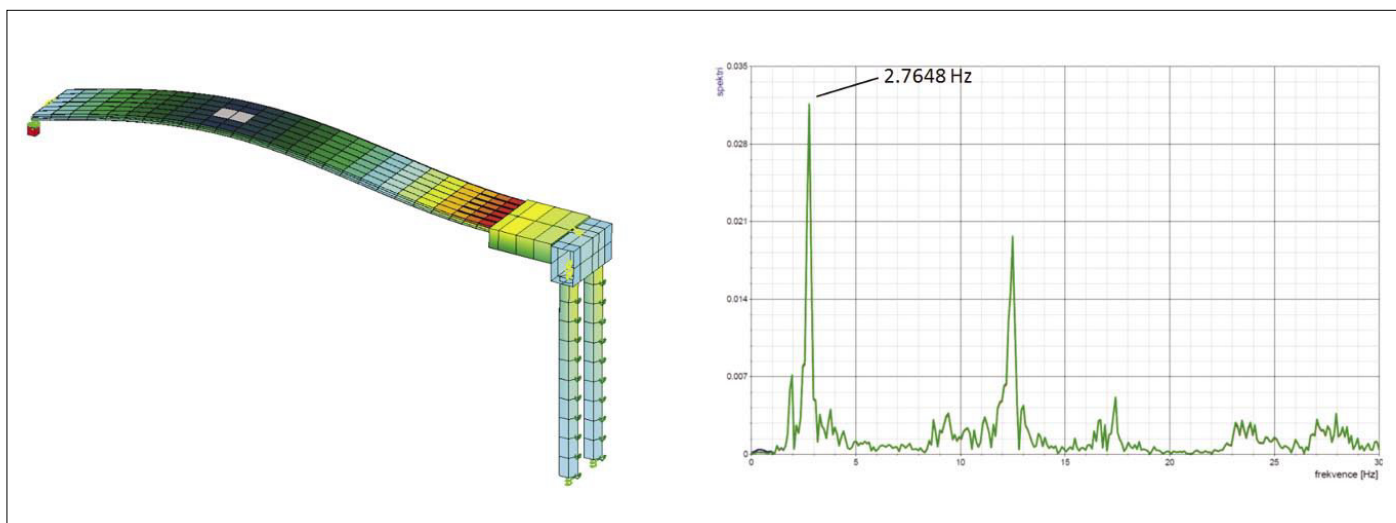
Na splošno je območje kritičnih lastnih frekvenc za vertikalne in vzdolžne vibracije, ki jih povzročajo pešci, naslednje:



Slika 17 • Merilna urica med poskusno obremenitvijo

RAZRED UDOBJA	STOPNJA UDOBJA	VERTIKALNI POSPEŠEK	PREČNI POSPEŠEK
CL 1	Maksimalna udobnost	$< 0,50 \text{ m/s}^2$	$< 0,10 \text{ m/s}^2$
CL 2	Srednja udobnost	$0,50 \text{ m/s}^2 - 1,00 \text{ m/s}^2$	$0,10 \text{ m/s}^2 - 0,30 \text{ m/s}^2$
CL 3	Sprejemljiva udobnost	$1,00 \text{ m/s}^2 - 2,50 \text{ m/s}^2$	$0,30 \text{ m/s}^2 - 0,80 \text{ m/s}^2$
CL 4	Neudobno	$> 2,50 \text{ m/s}^2$	$> 0,80 \text{ m/s}^2$

Preglednica 1 • Razredi udobja in mejni dovoljeni pospeški



Slika 18 • Računalniški 3D-model: izračunana frekvenca 2,76 Hz (levo) in rezultati dinamičnih testov po izgradnji brvi (desno) (5)

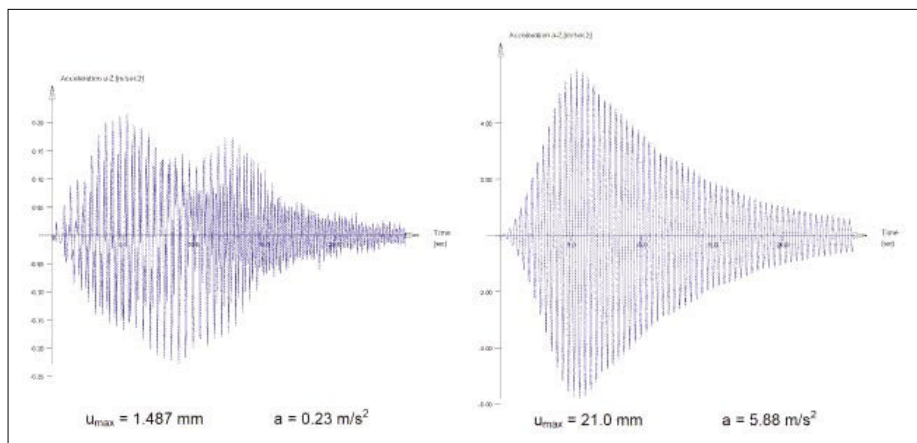
- 1,25 Hz–2,3 Hz – visoka in srednja nevarnost resonance pri hoji
- 1,90 Hz–3,5 Hz – visoka in srednja nevarnost resonance pri teku

Pri dinamični analizi Ribje brvi je bila izračunana prva lastna frekvenca 2,76 Hz, kar je znotraj območja frekvenc, ki so značilne za vzbujanja, ki jih povzročajo pešci (slika 18). Ta frekvenca je bila po izgradnji mostu potrjena tudi z meritvami, ki jih je opravila Fakulteta za gradbeništvo Univerze v Mariboru ((Holtermann, 2014), (Štrukelj, 2014)).

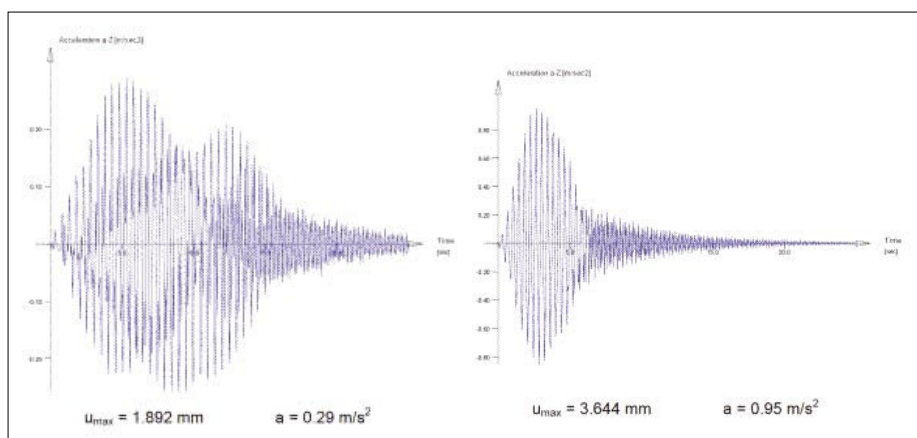
Za analizo vibracij brvi v mejnem stanju uporabnosti sta bili uporabljeni dve metodologiji:

- **metoda s spektrom odziva** (tj. metoda, predstavljena v Tehničnem poročilu JRC, ki je bilo izdano v okviru raziskovalnega programa JRC-ECCS za razvoj Evrokoda 3). Narejena je bila kontrola vseh razredov obremenitev za ugotovitvijo pripadajoče stopnje ugodja.
- **metoda s časovnim odzivom (Time history analysis)**, pri kateri so bile uporabljene smernice iz dokumenta Vibrations in Structures Induced by Man and Machines, ki ga je izdal IABSE v okviru Structural Engineering Documents. Narejena je bila analiza za hojo in tek od enega do štirih pešcev, ki sinhrono hodijo oz. tečejo preko mostu (slika 19).

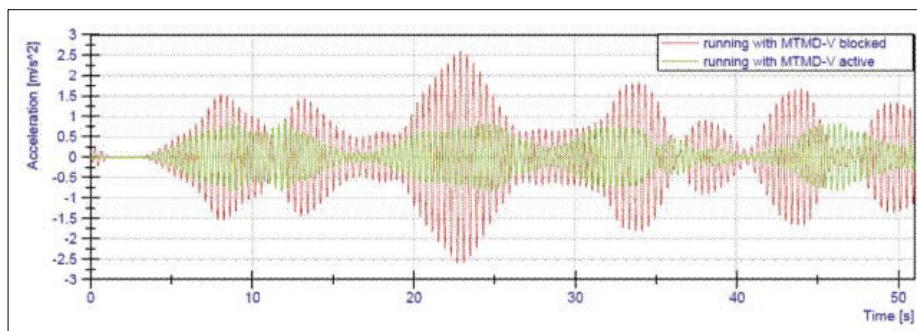
Opravljenе dinamične analize so pokazale nesprejemljivo obnašanje konstrukcije v primeru sinhronega teka več pešcev, saj so bili izračunani pospeški večji od $2,50 \text{ m/s}^2$, kar uvršča konstrukcijo v razred udobja 4 (CL4 – neudobno). Za primer hoje je dinamična analiza pokazala, da je konstrukcija v prvem razredu udobja (CL1 – maksimalna udobnost) za vse razrede prometnih obremenitev. Na podlagi opravljenih dinamičnih analiz (slika 20) so bile nato v skladu s Tehničnim poročilom JRC določene karakteristike MTMD-V, ki so natančneje opisane v poglavju 2.4. Hkrati s kasnejšo vgradnjo MTMD-V so bile opravljene ponovne meritve frekvenc in pospeškov od strokovnjakinje proizvajalca TMD (Maurer Söhne), s čimer se je preverila učinkovitost vgrajenega dušilca vibracij (slika 21). Meritve so se opravile z blokirano in z aktivirano napravo, in sicer s tekom šestih ljudi in s skakanjem štirih ljudi. Tokrat je bila izmerjena frekvenca 2,74 Hz. Malenkostna razlika med predhodno izmerjeno in izračunano frekvenco je najverjetneje bila posledica vgrajenega MTMD-V in s tem dodatne mase konstrukcije. Kot je razvidno s slike 21, je bil izmerjeni pospešek pri teku šestih ljudi $2,61 \text{ m/s}^2$ (CL4) pri blokiranem



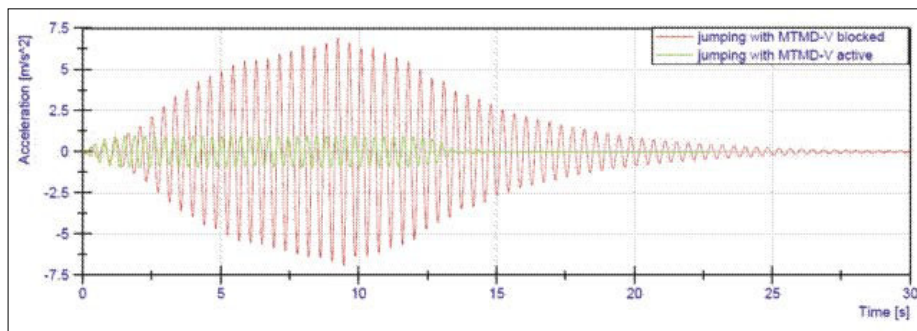
Slika 19 • Rezultati analize za hojo (levo) in tek (desno) štirih pešcev brez MTMD-Vpo izgradnji brvi (desno) (5)



Slika 20 • Rezultati analize za hojo (levo) in tek (desno) štirih pešcev z MTMD-V



Slika 21 • Pospeški pri teku šestih pešcev pri blokiranem in aktiviranem MTMD-V (3)



Slika 22 • Pospeški pri skakanju štirih pešcev pri blokiranem in aktiviranem MTMD-V (3)

MTMD-V in 0.83 m/s^2 (CL2) pri aktiviranem. Pospeški so se zmanjšali za faktor 3.14. Še večja učinkovitost MTMD-V se je pokazala

pri skakanju štirih ljudi. Pospešek 6.88 m/s^2 (CL4) pri blokiranim se je zmanjšal za faktor 7.17 na 0.96 m/s^2 (CL2) pri aktiviranem

MTMD-V, prav tako je bilo dušenje konstrukcije po končanem skakanju precej večje pri aktivirani napravi (slika 22).

4 • GRADNJA

V prvi fazi je bilo treba odstraniti obstoječo leseno in dotrajano Ribjo brv, ki so jo dvignili z avtodvigalom in jo nato po razreзу odpeljali na deponijo. V naslednji fazi so se na lokaciji brvi izvedli betonski uvrtni piloti in del podporne konstrukcije, tako da je bilo nato mogoče izvesti sovpreganje z jekleno konstrukcijo (slika 23). Prav tako se je v osi 1 pri Makalanci pripravil prostor za ležišča. Hkrati z deli na gradbišču se je v delavnici

izdelovala jeklena konstrukcija. Najprej so se izdelali trije posamezni segmenti konstrukcije, ki so jih nato zavarili v zaključeno konstrukcijo dolžine 24,85 m in teže 26 ton. V delavnici sta se že izvedli HI Sikalastomastic TF in končna antikorozijska zaščita brvi, tako da je bila osnova brvi na lokacijo pripeljana praktično končana (slika 24).

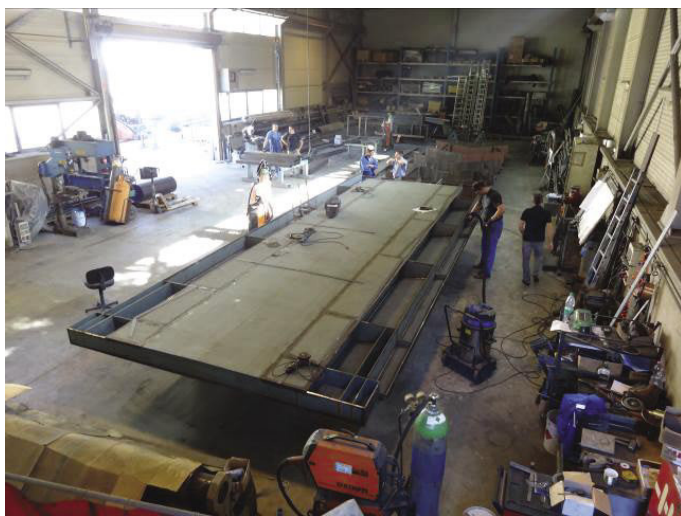
Po dokončanju brvi v delavnici je sledil transport konstrukcije na gradbišče. Transport

je od delavnice do kraja montaže potekal po cesti. Konstrukcija se je z avtodvigalom dvignila in zmontirala na končna ležišča v osi podpore 1 (tj. pri Makalanci), v osi podpore 2 (tj. na desnobrežnem betonskem zidu Ljubljane) pa se je postavila na začasne podpore (slika 25).

Po montaži se je izvedlo sovpreganje jeklenega nosilca s podporno konstrukcijo na Ribjem trgu. Na koncu so se opravile še montaža pohodne površine s talnim gretjem, montaža steklene ograje in aluminijastega ročaja z razsvetljavo ter vgradnja dušilca vibracij (slika 26).



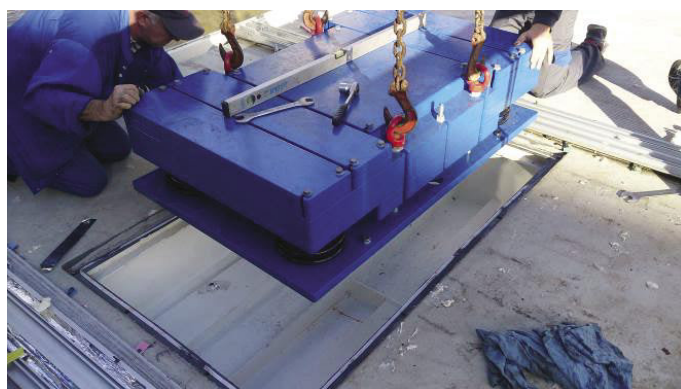
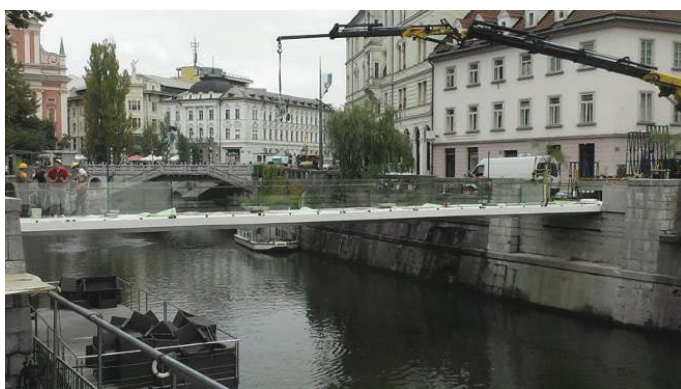
Slika 23 • Odstranitev dotrajane brvi (levo) in izvedba podporne konstrukcije za novo brv (desno)



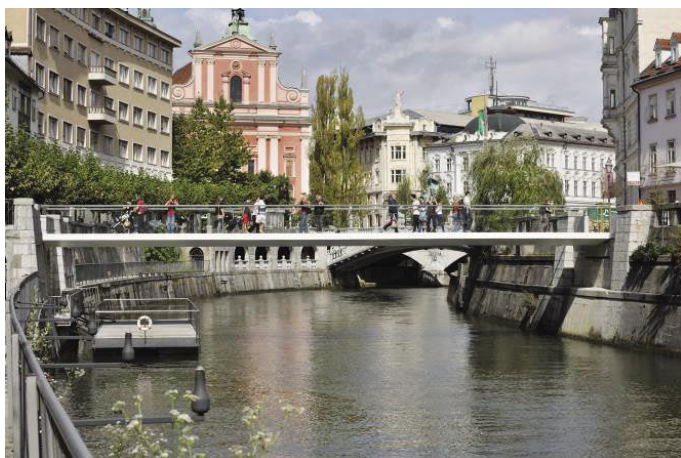
Slika 24 • Izdelava prvega segmenta (levo) in poskusna montaža pohodnih panelov (desno)



Slika 25 • Priprava konstrukcije za transport (levo) in montaža (desno)



Slika 26 • Montaža steklene ograje (levo) in vgradnja dušilca vibracij (desno)



Slika 27 • Končana Ribja brv (Foto: M. Kambič)

5 • SKLEP

Gradnja brvi je trajala dobre štiri mesece. Uradno so jo otvorili konec septembra lani in je glede na dostopne informacije med meščani dobro sprejeta. Za projektante in

izvajalce je nova Ribja brv bila svojevrsten izziv. Zasnova in oblika mostu sta morali odgovoriti na izredno zahtevne robne pogoje premostitve, hkrati pa se je moral most trans-

parentno vključiti v občutljivo okolje starega mestnega jedra (slika 27). Pri novi Ribji brvi so se izrazile iznajdljivost, potrpežljivost in marljivost vseh vpletenih projektantov, izvajalcev, investitorja in nadzornih inženirjev. Prinesla je nove izkušnje, zadovoljstvo in dodatno motivacijo za nadaljnje delo.

6 • LITERATURA

- Bachmann, H., Ammann, W., *Vibrations in Structures Induced by Man and Machines*, IABSE Structural Engineering Documents, No. 3e, 1987.
- Heinemeyer, C., Butz, C., Keil, A., Schlaich, M., Goldack, A., Trometer, S., Lukić, M., Chabrolin, B., Lemaire, A., Martin, P. O., Cunha, A., Caetano, E., *Design of Lightweight Footbridges for Human Induced Vibrations*, JRC-Scientific and Technical Report, Background document in support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocode 3, 2009.
- Holtermann, L., *Vibration measurements at the pedestrian bridge Ribja brv in Ljubljana for the determination of the natural frequencies of the bridge and the efficiency of the installed Tuned Mass Damper (MTMD-V)*, Technical report Maurer Söhne, oktober 2014.
- Ponting, d. o. o., *Ribja brv med Ribjim trgom in Gerberjevimi stopniščem*, PGD, PZI in PID, št. projekta 484/12, 2012–2014.
- Štrukelj, A., *Poročilo o meritvi vibracij in določitvi lastnih frekvenc Ribje brvi v Ljubljani*, poročilo Fakultete za gradbeništvo Univerze v Mariboru, september 2014.