

januar 2022

letnik 71

Gradbeni vestnik

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE IN
MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKA ZBORNICE SLOVENIJE



2 POTRESNI ODZIV IN
NOSILNOST MOZNIČNIH
STIKOV ARMIRANOBETONSKIH
GRED IN STEBROV

15 PROJEKTIRANJE IN
GRADNJA PODZEMNE
PARKIRNE HIŠE
V KOPRU

Izdajatelj:
**Zveza društev gradbenih inženirjev in
tehnikov Slovenije (ZDGITS),**
Karlovska cesta 3, 1000 Ljubljana,
telefon 01 52 40 200
v sodelovanju z **Matično sekcijo
gradbenih inženirjev Inženirske
zbornice Slovenije (IZS MSG),**
ob podpori **Javne agencije za
raziskovalno dejavnost RS, Fakultete
za gradbeništvo in geodezijo Univerze
v Ljubljani, Fakultete za gradbeništvo,
prometno inženirstvo in arhitekturo
Univerze v Mariboru in Zavoda za
gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:
ZDGITS: **prof. dr. Matjaž Mikoš, predsednik**
izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski
Dušan Jukič
IZS MSG: **Jernej Mazij**
mag. Jernej Nučič
mag. Mojca Ravnikar Turk
UL FGG: **doc. dr. Matija Gams**
UM FGPA: **prof. dr. Miroslav Premrov**
ZAG: **doc. dr. Aleš Žnidarič**

Uredniški odbor: **izr. prof. dr. Sebastjan
Bratina, glavni in odgovorni urednik**
doc. dr. Milan Kuhta

Lektor: **Jan Grabnar**

Lektorica angleških povzetkov:
Romana Hudin

Tajnica: **Eva Okorn**

Oblikovalska zasnova: **Agencija GIG**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:
Kočeviski tisk

Naklada: 450 tiskanih izvodov
3000 naročnikov elektronske verzije

Podatki o objavah v reviji so navedeni
v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA
(The Int. Construction Database) ter na
www.zveza-dgits.si

Letno izide 12 številčk. Letna naročnina
za individualne naročnike znaša 23,16 EUR;
za študente in upokoјence 9,27 EUR;
za družbe, ustanove in samostojne podjetnike
171,36 EUR za en izvod revije; za
naročnike iz tujine 80,00 EUR.
V ceni je všteti DDV.
Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
SI56 0201 7001 5398 955

Slika na naslovnici:
gradnja soseske Kvartet Šiška v Ljubljani,
foto: Nemanja Čavdarevič,
iz arhiva podjetja PERI, d. o. o.

**Glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije in
Matične sekcije gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije.**
UDK-UDC 05 : 625; tiskana izdaja ISSN 0017-2774;
spletna izdaja ISSN 2536-4332.
Ljubljana, januar 2022, letnik 71, str. 1-32

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledkom med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, strokovni naziv, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; ključne besede v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; ključne besede (key words) 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 ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. Slike (risbe in fotografije s primerno ločljivostjo) in preglednice morajo biti razporejene in omenjene po vrstnem redu v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: [priimek prvega avtorja ali kratica ustanove, leto objave]. V istem letu objavljena dela istega avtorja ali ustanove morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev ali kraticah ustanov in opisana z naslednjimi podatki: priimek ali kratica ustanove, začetnica imena prvega avtorja ali naziv ustanove, priimki in začetnice imen drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. 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.
14. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: sebastjan.bratina@fgg.uni-lj.si. V sporočilu mora avtor napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren.

Uredništvo

VSEBINA CONTENTS

ČLANKI PAPERS

prof. dr. Tatjana Isaković, univ. dipl. inž. grad.
dr. Blaž Zoubek, univ. dipl. inž. grad.
prof. dr. Matej Fischinger, univ. dipl. inž. grad.

POTRESNI ODZIV IN NOSILNOST MOZNIČNIH STIKOV ARMIRANOBETONSKIH GRED IN STEBROV *SEISMIC RESPONSE AND CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE BEAM-TO-COLUMN DOWEL CONNECTIONS*



Danilo Malnar, univ. dipl. inž. grad.

PROJEKTIRANJE IN GRADNJA PODZEMNE PARKIRNE HIŠE V KOPRU *DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN UNDERGROUND CAR PARK IN KOPER*



JUBILEJ

35 LET DRUŠTVA ZA CESTE SEVEROVZHODNE SLOVENIJE

Boris Stergar, univ. dipl. inž. grad.

25



FOTOREPORTAŽA Z GRADBIŠČA

PREDOR KARAVANKE – GRADNJA VZHODNE PREDORSKE CEVI IN SPREMLJAJOČIH OBJEKTOV

DARS, d. d.

28



POPRAVEK

Uredništvo Gradbenega vestnika

32

NOVI DIPLOMANTI

Eva Okorn

KOLEDAR PRIREDITEV

Eva Okorn

prof. dr. Tatjana Isaković, univ. dipl. inž. grad.
tatjana.isakovic@fgg.uni-lj.si
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in
geodezijo
Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in
računalništvo (IKPIR),
Jamova 2, Ljubljana



dr. Blaž Zoubek, univ. dipl. inž. grad.
blaz.zoubek@spektral.si
SPEKTRAL Engineering, d.o.o.
Vojkova cesta 63, Ljubljana



prof. dr. Matej Fischinger, univ. dipl. inž. grad.
matej.fischinger@fgg.uni-lj.si
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in
geodezijo
Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in
računalništvo (IKPIR),
Jamova 2, Ljubljana



Znanstveni članek
UDK 006:624.042.7



50 LET
INŠTITUT ZA KONSTRUKCIJE,
POTRESNO INŽENIRSTVO
IN RAČUNALNIŠTVO

POTRESNI ODZIV IN NOSILNOST MOZNIČNIH STIKOV ARMIRANOBETONSKIH GRED IN STEBROV

SEISMIC RESPONSE AND CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE BEAM-TO-COLUMN DOWEL CONNECTIONS

Povzetek

V članku so opisani mehanizmi potresnega odziva mozničnih stikov gred in stebrov v armiranobetonskih montažnih halah. Prikazan je postopek za oceno nosilnosti takšnih stikov, ki upošteva dve značilni vrsti njihovega odziva, ki lahko privedeta bodisi do njihove lokalne bodisi do globalne porušitve. Ta postopek, ki smo ga razvili in verificirali na UL FGG, bo predvidoma vključen v naslednjo verzijo standarda Evrokod 2, in sicer v del, ki se nanaša na projektiranje stikov betonskih elementov.

Ključne besede: moznični stik, stik gred in stebrov, montažne hale, potresni odziv, nosilnost mozničnih stikov, novi standard Evrokod 2

Summary

The paper presents the seismic response mechanisms of beam-to-column dowel connections in reinforced precast concrete buildings. A procedure for assessing their load-bearing capacity is proposed considering two typical types of response that lead to local or global failure of the connection. This procedure, developed and evaluated at UL FGG, is expected to be included in the next version of the Eurocode 2 standard, in the part dealing with the design of fastenings for the use in concrete.

Key words: dowel, beam-to-column connection, precast buildings, seismic response, capacity of dowel connections, new standard Eurocode 2

1 UVOD

Večina armiranobetonskih hal v Sloveniji so enoetažne konstrukcije, sestavljene iz konzolnih stebrov, povezanih z gredami in streho. Na njihov potresni odziv, ki je odvisen predvsem od stebrov, ključno vplivajo tudi stiki med stebri in gredami. Kako pomembni so slednji za odziv celotne konstrukcije, so pokazali pretekli potresi v severni Italiji ([Bournas, 2013], [Magliulo, 2014]), pri katerih se je veliko predvsem starejših hal porušilo ravno zaradi neustreznih stikov (slika 1). V njih so bile grede le položene na stebre brez kakršnihkoli mehanskih povezav. Padec gred s stebrov je preprečevalo le trenje na razmeroma majhnih površinah naleganja, ki je bilo dokaj hitro preseženo. Zato se je stik porušil, grede so padle s stebrov in glavna nosilna konstrukcija je posledično razpadla.



Slika 1. Glavni konstrukcijski sistem hale je razpadel, ker ni bilo mehanskih povezav med stebri in gredami.

Da bi preprečili takšno obnašanje, so v večini sodobnih hal stebri in grede povezani z mozniki oziroma z eno ali več navpičnimi jeklenimi palicami. Da bi z mozniki zagotovili integriteto in stabilnost konstrukcije tudi pri močnih horizontalnih vplivih, kot sta potres in veter, jim moramo zagotoviti dovolj veliko nosilnost. Obsežne študije, ki smo jih opravili na UL FGG [Kramar, 2010], so pokazale, da lahko s primerno močnimi stiki in ustrezno načrtovanimi stebri zagotovimo ustrezen potresni odziv enoetažnih montažnih hal.

Ne glede na to, da so moznični stiki že dolgo standardni elementi montažnih hal, še pred kratkim nismo poznali dovolj celovitih postopkov za njihovo projektiranje in določanje nosilnosti. Pogosto smo njihovo število in lego določali izkustveno na osnovi različnih konstrukcijskih pogojev brez eksplicitnega dokaza nosilnosti. Tudi v primerih, ko je bila nosilnost računsko preverjena, je bila večinoma določena ob neustreznih predpostavkah, saj je bilo pogosto upoštevano, da je za moznik kritično njegovo strižno obnašanje (strižna nosilnost). V drugem poglavju članka bomo pokazali, da je takšna predpostavka neprimerna in da je odziv moznikov pri potresni obtežbi povsem drugačen od strižnega. V literaturi (tudi nekoliko starejši) sicer najdemo določene postopke (npr. [Vintzeleou, 1986]), s katerimi lahko upoštevamo bolj realne mehanizme odziva

moznikov pri potresni obtežbi, a so ti postopki nepopolni in se nanašajo le na en aspekt njihovega potresnega odziva.

Glede na to, da so mozniki med ključnimi elementi, ki zagotavljajo integriteto in varnost montažnih hal pri močni potresni obtežbi, njihovo dimenzioniranje ne more temeljiti na nepopolnih postopkih, še manj pa na nedokazanem ustnem izročilu dobre prakse in napačnih predpostavkah. Zato smo na UL FGG v okviru evropskega projekta SAFECAST [Toniolo, 2012] raziskovali odziv moznikov pri potresni obtežbi in razvili postopek za njihovo projektiranje, ki bo predvidoma vključen v novo verzijo standarda Evrokod 2, in sicer v del, ki se nanaša na projektiranje stikov betonskih elementov. Postopek je prikazan v 3. poglavju, ilustriran pa s številčnim primerom v dodatku tega članka.

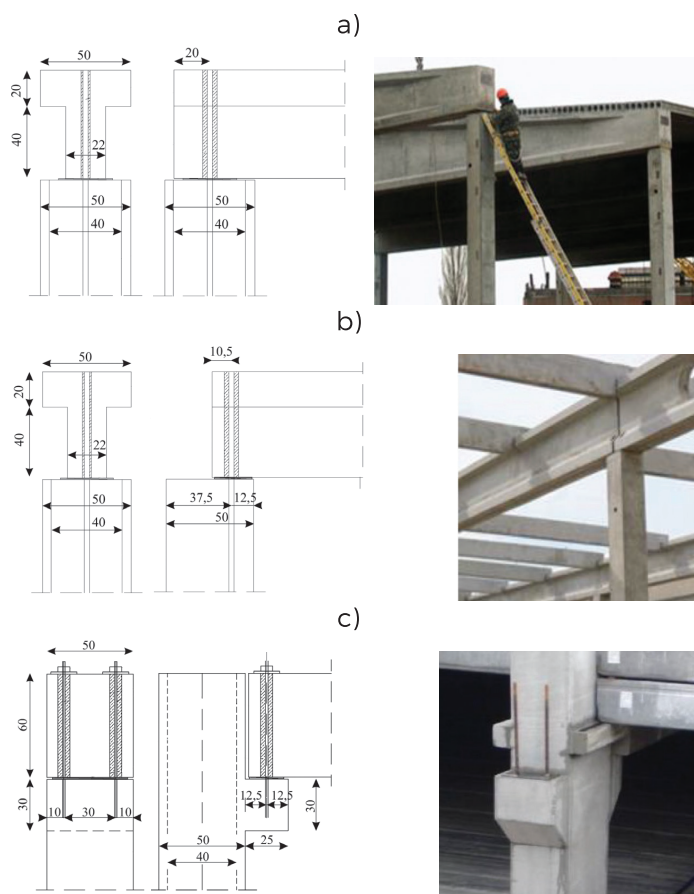


Predlagani postopek smo testirali in verificirali z rezultati eksperimentov, ki so prikazani v 4. poglavju. V tem poglavju smo prikazali tudi primerjavo med računsko ocenjenimi in izmerjenimi nosilnostmi.

2 OSNOVNE ZNAČILNOSTI POTRESNEGA ODZIVA MOZNIČNIH STIKOV

V večini sodobnih hal so stebri in grede povezani z eno ali dvema jeklenima navpičnima palicama, zalitima s cementno malto, katerih lega je odvisna od geometrije gred in stebrov. Na sliki 2 so prikazani primeri najbolj pogostih vrst mozničnih stikov: a) centrični stik, b) ekscentrični stik, c) ekscentrični stik s kratko konzolo. V novejših halah so na mestu mozničnega stika običajno zagotovljena razmeroma gosta stremena. Na stiku med stebrom in gredo se običajno postavijo tanke neoprenske ploščice, ki omogočajo medsebojne pomike, predvsem pa medsebojne zasuke gred in stebrov. Na UL FGG smo eksperimentalno in analitično raziskovali potresni odziv takšnih stikov in definirali postopek za oceno njihove nosilnosti.

Potresni odziv mozničnih stikov je odvisen predvsem od oddaljenosti moznika od robov stebrov in gred. Za stike, v katerih



Slika 2. Različne vrste stikov stebrov in gred v armiranobetonskih montažnih halah: a) centrični stik, b) ekscentrični stik, c) ekscentrični stik s kratkim elementom.

je razdalja moznika od roba stebrov in gred razmeroma velika oziroma večja od približno šestkratnika premera moznika, so značilne lokalne poškodbe (slika 3). Lokalne poškodbe in lokalno porušitev mozničnega stika lahko na primer pričakujemo v centričnih stikih, prikazanih na sliki 2a.

Pri takšni vrsti odziva se zaradi velikih tlačnih napetosti beton okoli moznika postopoma zdrobi in se posledično med betonom in moznikom ustvari zev. Zato se moznik upogiba, kar postopoma privede do njegove upogibne porušitve.

Značilen odziv pri ciklični obtežbi, v primeru lokalnih poškodb in lokalne porušitve, je prikazan na sliki 4. Prikazana je zveza med vodoravno silo, ki se prenese med grede in stebrom, in medsebojnimi vodoravnimi pomiki stebrov in gred. Okoli moznika je v obeh smereh obremenjevanja betona dovolj, da se lahko v eni in v drugi smeri postopoma in hkrati povečujejo poškodbe betona in moznika. Zato je histerezna zanka približno simetrična. V obeh smereh se pred porušitvijo moznika dosežeta približno enaka nosilnost in maksimalni medsebojni pomik grede in stebra.

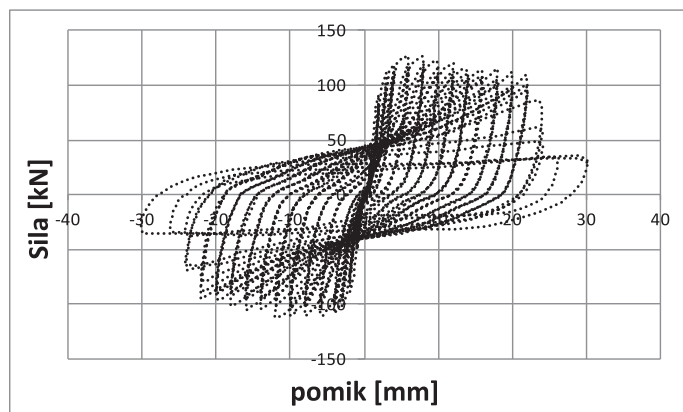
Ko so mozniki bližje robu stebra ali grede (npr. primera na sliki 2b in 2c), so poškodbe in porušitev stika bistveno drugačni. V takšnih primerih so poškodbe betona bistveno močnejše, območje, na katerem se poškoduje beton, pa bistveno večje (slika 5) in zajema celotno področje med moznikom in robom



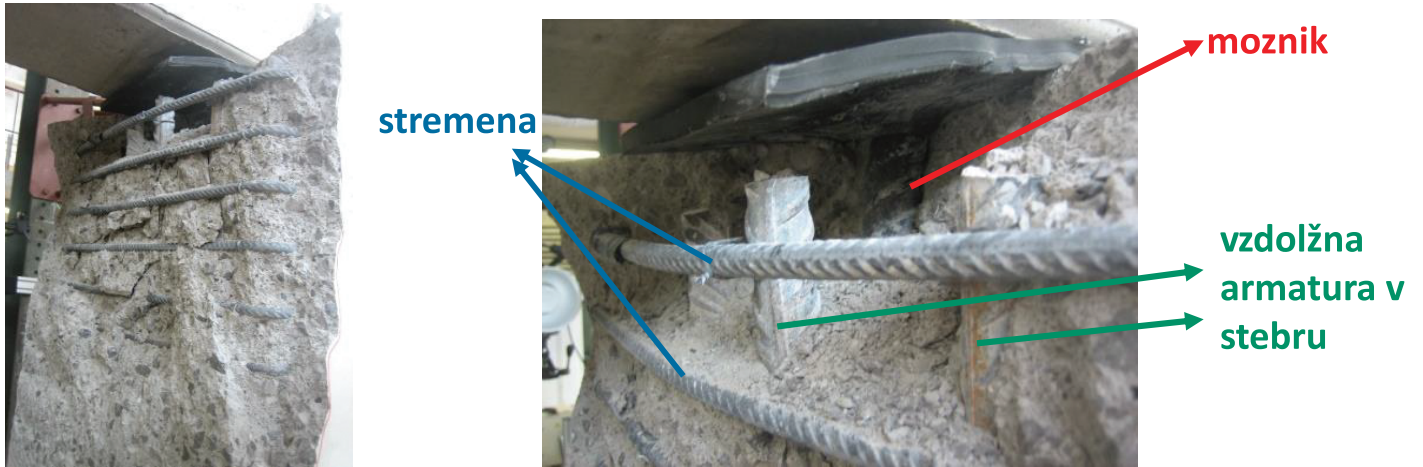
Slika 3. Lokalne poškodbe in lokalna porušitev mozničnega stika.

stebra ali grede. Beton se poškoduje v nategu (zaradi glavnih nateznih napetosti). Porušitev je krhka.

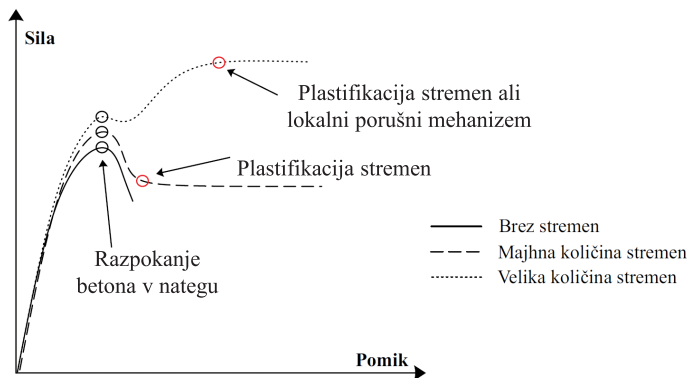
Ko se beton močno poškoduje, je nosilnost stika odvisna pretežno od stremen v območju stika (slika 6). Glede na količino



Slika 4. Približno simetričen histerezni odziv stika v primeru lokalno omejenih poškodb in lokalne porušitve.

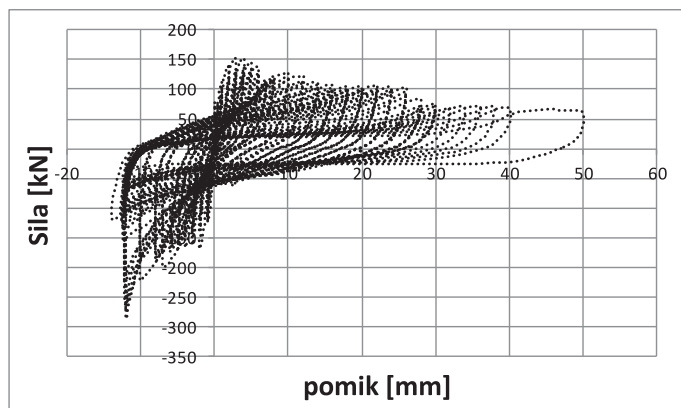


Slika 5. Globalne poškodbe in globalna porušitev mozničnega stika.



Slika 6. Vpliv stremen v območju stika na njegovo nosilnost in duktilnost.

stremen je lahko slednja večja ali manjša od nosilnosti betona, preden se ta poruši. Pri tem je treba poudariti, da je pri količini stremen, ki se običajno zagotovijo v območju stika, nosilnost stremen običajno večja od nosilnosti betona. Stremena okoli moznika ne vplivajo le na nosilnost, pač pa tudi na duktilnost stika. Če stremen ni, bo porušitev krhka in bo nastopila pri razmeroma majhnih medsebojnih pomikih gred in stebrov. Zara-



Slika 7. Primer nesimetričnega histereznega odziva stika v primeru globalnih poškodb in globalne porušitve.

di prisotnosti stremen je porušitev duktilna in običajno nastopi pri večjih pomikih.

Obsežne in močne globalne poškodbe betona v nategu se pojavijo le na strani, kjer je moznik blizu roba grede ali stebra (na razdalji, manjši od približno šestkratnika premera moznika). V nasprotni smeri obremenjevanja so poškodbe stika še vedno lokalne, beton se drobi zaradi presežene tlačne trdnosti. Zato je histerezni odziv v takšnih primerih lahko tudi opazno nesimetričen (slika 7) in je lahko nosilnost v smeri, v kateri je moznik bližje robu stebra ali grede, manjša. Razmerje nosilnosti stika v dveh različnih smereh je odvisno od količine stremen v območju stika in oddaljenosti moznika od robov stebrov in gred.

Postopki, s katerimi lahko določimo nosilnost mozničnih stikov, ki ustreza njihovi lokalni in globalni porušitvi, so prikazani v naslednjem poglavju.

3 POSTOPEK ZA OCENO NOSILNOSTI MOZNIKOV

V drugem poglavju smo ugotovili, da je oddaljenosti moznikov od roba stebrov in gred eden izmed ključnih parametrov, ki vplivajo na potresni odziv mozničnih stikov. Pri manjših razdaljah so poškodbe stika obsežnejše in nastopi globalna porušitev, pri večjih razdaljah pa so poškodbe betona lokalizirane na območje okoli moznika, pri tem pa se plastificira tudi moznik sam.

V literaturi [Vintzeleou, 1986] so na voljo postopki, s katerimi lahko določimo nosilnost mozničnega stika predvsem pri lokalni porušitvi. Nosilnost je odvisna od premera stremena, kvalitete jekla moznika, kvalitete betona okoli moznika ter od tega, ali je moznik obremenjen ciklično ali monotono. Na podoben način smo tudi na UL FGG definirali nosilnost v takšnih primerih, vendar smo izraz za oceno nosilnosti stika določili ob upoštevanju nekoliko drugačnih predpostavk. Te so prikazane v poglavju 3.1.

Tudi za primer globalne porušitve so v literaturi (npr. [Fuchs, 1995]) opisani postopki, s katerimi lahko določimo ustrezno nosilnost mozničnega stika, vendar je njihova osnovna po-

manjkljivost v tem, da vpliva stremen na odziv ne upoštevajo eksplicitno, pač pa s približnim korekcijskim faktorjem. V poglavju 3.2 bomo pokazali, da je nosilnost, ki ustreza globalni porušitvi stika, močno odvisna tako od količine kot tudi od konfiguracije stremen, zato tega vpliva ni možno zajeti le z enim samim faktorjem. Več podatkov o postopkih za določitev nosilnosti stika v primeru globalne porušitve, ki so dostopni v literaturi, najdemo v ([Zoubek, 2015a] in [Zoubek, 2015b]).

V literaturi je razmejitvev med lokalno in globalno porušitvijo določena z razdaljo mozniaka od roba prereza, ki znaša šestkratnik premera mozniaka. Opazili smo, da je ta meja le približna. Zato je treba v primerih, ko ni povsem jasno, ali je bolj verjetna globalna ali lokalna porušitev, oceniti nosilnost, upoštevajoč obe predpostavki, in upoštevati manjšo vrednost.

V nadaljevanju bomo predstavili postopka, s katerima lahko ocenimo nosilnost mozničnih stikov, najprej za primer lokalne (poglavje 3.1) in nato še za primer globalne porušitve (poglavje 3.2). Pokazali bomo tudi predpostavke, na katerih te ocene temeljijo, in na poenostavljen način prikazali izpeljavo enačb, ki jih predlagamo za oceno nosilnosti. Več podatkov in obsežne razlage so na voljo v [Zoubek, 2015b].

3.1 Nosilnost v primeru lokalnega mehanizma odziva

Kot smo opisali v drugem poglavju, se v primeru lokalnih poškodb med betonom in moznikom ustvari zev. Zato se moznik deformira upogibno. Porušitev nastopi, ko se moznik pretrga nekaj centimetrov globoko v stebri in/ali nosilcu (slika 8a). Pri tem razlog za porušitev niso strižne, pač pa upogibne obremenitve.

V primeru lokalnih poškodb in porušitve lahko nosilnost stika pri potresni obtežbi ocenimo z naslednjo enačbo:

$$R_{max} = d^2 \sqrt{f_c f_{sy}} \quad (1)$$

Pri tem je f_c – tlačna trdnost betona, f_{sy} – meja elastičnosti jekla, d – premer mozniaka.

Poglejmo kratko razlago izraza (1). Izpeljali ga bomo na poenostavljen način, upoštevajoč, da je tlačna trdnost betona oziroma cementne malte v gredi in stebri običajno približno enaka ($f_{c, greda} \approx f_{c, stebra} = f_c$) in da je debelina neoprenske ploščice med stebrom in gredo majhna in jo bomo zato zanemarili. Bolj splošna izpeljava je na voljo v [Zoubek, 2015b].

Pri močni potresni obtežbi se mozniček močno plastificira tako v stebri kot v gredi (glejte sliko 8).

Tik preden se poruši, je njegov odziv na odseku med dvema plastičnima členkoma takšen kot odziv dveh konzol, ki sta ukrivljeni v nasprotni smeri. Ob predpostavkah, navedenih v prejšnjem odstavku, lahko prečni sili v konzolah določimo iz napetostnega stanja v območju stika tik pred porušitvijo, ki je prikazano na sliki 8 kot:

$$F = \sigma_c a d = 3 f_c a d \quad (2)$$

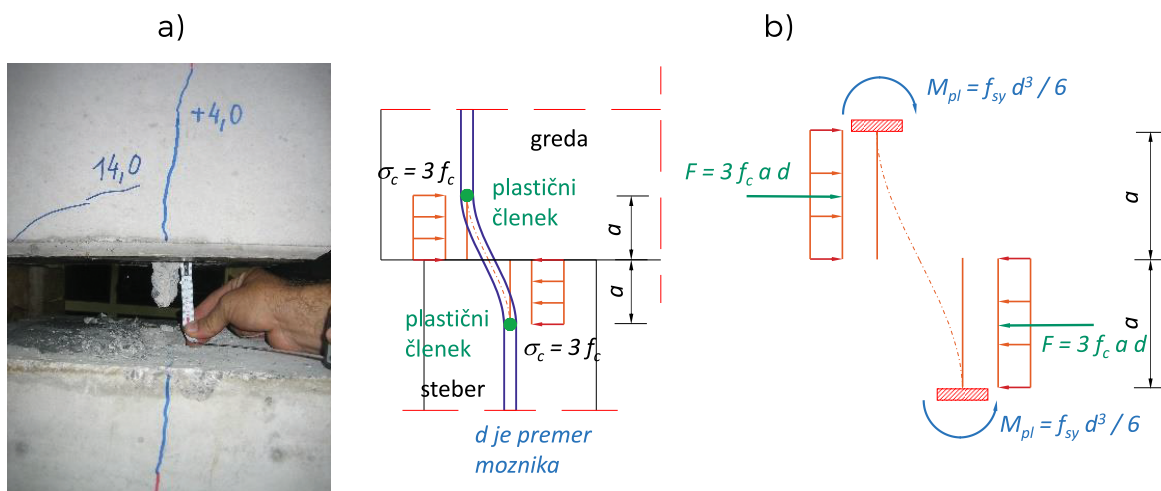
Pri tem je σ_c napetost v betonu pred moznikom, a globina plastičnega členka v mozniku in d premer mozniaka. V enačbi (2) smo predpostavili, da se v betonu zaradi triosnega napetostnega stanja v trenutku porušitve mozniaka razvijejo tlačne napetosti σ_c , ki so enake trikratniku tlačne trdnosti betona, dosežene pri enoosnem napetostnem stanju, torej $\sigma_c = 3 f_c$. Vintzeleou in Tassios [Vintzeleou, 1986] sta v svoji študiji predlagala celo večje vrednosti, in sicer $\sigma_c = 5 f_c$. Vendar je primerjava z eksperimenti (glejte [Zoubek, 2015b]) pokazala, da je ta vrednost pretirana. Maksimalne vrednosti tlačnih napetosti v betonu, ki smo jih upoštevali v prikazani študiji, potrjuje tudi postopek za določitev maksimalnih tlačnih napetosti pri večosnem napetostnem stanju, ki ga je predlagal Leonhardt [Leonhardt, 1975]. Več podrobnosti je prikazanih v [Zoubek, 2015b].

Prečno silo v konzolah omejuje plastična upogibna nosilnost mozniaka $M_{pl} = f_{sy} d^3 / 6$. Tako prečna sila ne more biti večja od:

$$F_{max} = \frac{M_{pl}}{\frac{a}{2}} = \frac{2 f_{sy} d^3}{6 a} = \frac{f_{sy} d^3}{3 a} \quad (3)$$

Iz enačb (2) in (3) lahko določimo globino plastičnega členka a v mozniku kot:

$$a = \frac{d}{3} \sqrt{\frac{f_{sy}}{f_c}} \quad (4)$$



Slika 8. Lokalni mehanizem odziva mozniaka: (a) evidentiran v testu, (b) računski model.

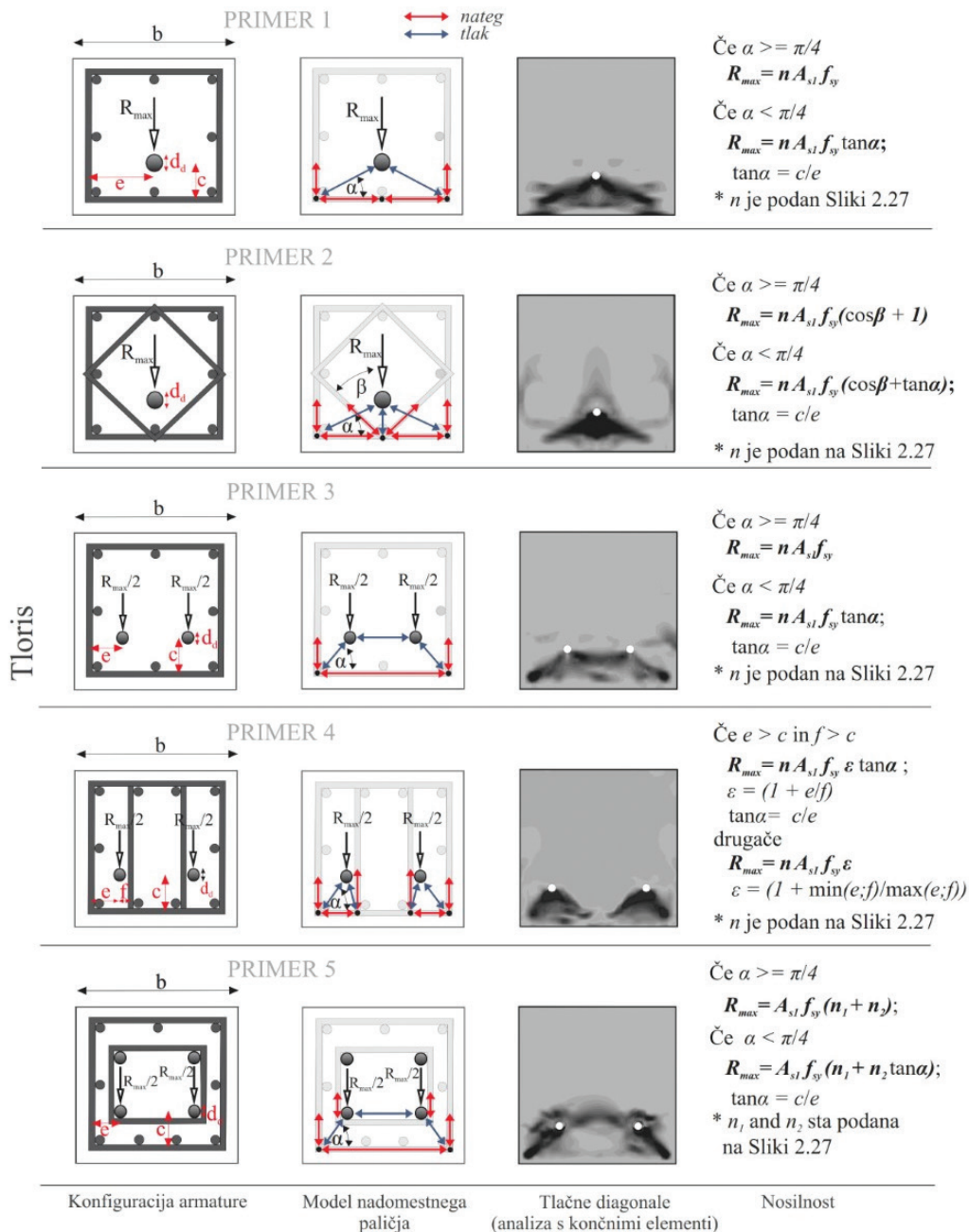
Ko vrednost a izraženo z enačbo (4) upoštevamo v enačbi (1) dobimo končni izraz za nosilnost stika v primeru lokalne porušitve:

$$R_{max} = F_{max} = 3f_c \frac{d}{3} \sqrt{\frac{f_{sy}}{f_c}} d = d^2 \sqrt{f_c f_{sy}} \quad (5)$$

Enačbo (5), s katero lahko ocenimo nosilnost mozničnega stika pri lokalnem mehanizmu odziva, smo v članku izpeljali na ponostavljen način. V [Zoubek, 2015b] je pokazano, da se v enaki obliki lahko uporablja tudi v bolj splošnih primerih. Iz enačbe (5) je razvidno, da na nosilnost mozničnega stika ugodno vpliva tako večji premer moznika kot tudi boljša kvaliteta betona v okolici moznika in večja meja elastičnosti jekla moznika.

3.2 Nosilnost v primeru globalnega mehanizma odziva

V primeru globalne porušitve smo nosilnost stika določili ob predpostavki, da tik pred njegovo porušitvijo prenos sile med gredo in stebrom zagotavljajo le stremena (glejte razlago v 2. poglavju). Intenziteta vodoravne sile, ki se lahko prenese med stebrom in gredo, je potem odvisna od količine stremen okoli moznika ter od konfiguracije stremen in moznikov. V prvem stolpcu na sliki 9 so prikazane različne konfiguracije moznikov in stremen, ki se običajno pojavljajo v projektantski praksi. Pri vsaki izmed njih sta v zadnjem



Slika 9. Nosilnost stika v primeru globalnega mehanizma odziva za različne konfiguracije stremen in moznikov.

stolpcu na sliki 9 prikazana dva izraza, s katerima lahko ocenimo nosilnost stika R_{max} (maksimalno vodoravno silo, ki se lahko prenese med gredo in stebrom) v primeru globalnih poškodb in globalne porušitve.

Nosilnost stika R_{max} smo določili z modelom nadomestnega paličja, ki je za vsako izmed konfiguracij predstavljeno v drugem stolpcu na sliki 9. V vseh obravnavnih primerih smo model nadomestnega paličja in oceno nosilnosti preverili tudi z ustreznimi analizami z metodo končnih elementov s programom ABAQUS ([Abaqus, 2011], [Zoubek, 2014]). Za analizo so bili uporabljeni osemvozliščni C3D8R-elementi. Rezultati teh analiz so prikazani v tretjem stolpcu na sliki 9, kjer temno obarvana področja predstavljajo tlačne diagonale v nadomestnih paličjih.

Postopek izpeljave izrazov za oceno nosilnosti v primeru globalne porušitve stika bomo pokazali na primeru 1 na sliki 9. Več podrobnosti lahko najdemo v ([Zoubek, 2015a] in [Zoubek, 2015b]). V primeru 1 je nadomestno paličje sestavljeno iz dveh tlačnih diagonal C , preko katerih se vodoravna sila v mozniku F prenese do stremen, ki so obremenjena z nateznima silama T_1 in T_2 (glej sliko 10).

Iz prikazanega modela paličja sledi, da je:

$$T_1 = C \sin \alpha = F/2 \quad (6)$$

$$T_2 = C \cos \alpha = F \cot \alpha / 2 \quad (7)$$

Potem lahko silo v mozniku F določimo kot:

$$F = 2T_1 \quad (8)$$

$$F = 2T_2 \tan \alpha \quad (9)$$

Maksimalna sila F je dosežena, ko se stremena plastificirajo. Kateri krak stremen se bo prej plastificiral, je odvisno od naklona tlačnih diagonal α oziroma od razdalje med moznikom in stremenami. Če je ta kot manjši od 45° , se bo plastificiral krak, ki je pravokoten na smer obremenjevanja. Potem je največja vrednost sile F_{max} :

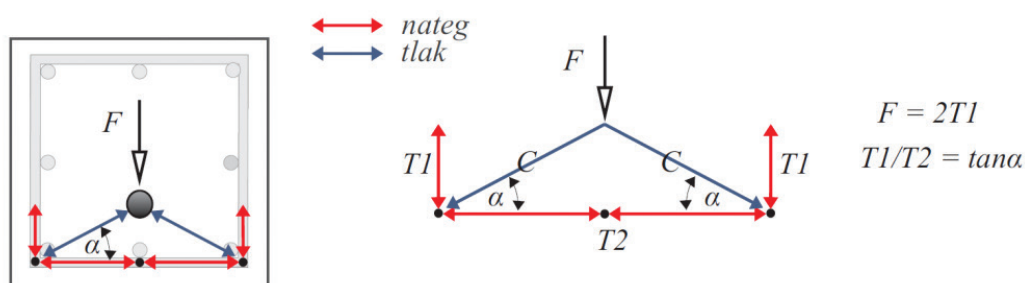
$$F_{max} = 2T_2 \tan \alpha = 2A_{s1} f_{sy} \tan \alpha \quad (10)$$

Če je razdalja moznika od stremen večja in je kot $\alpha > 45^\circ$, je maksimalna sila F :

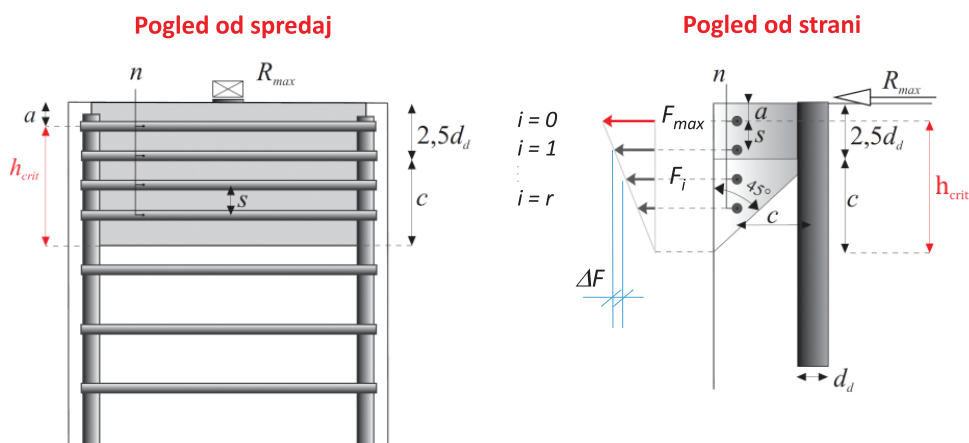
$$F_{max} = 2T_1 = 2A_{s1} f_{sy} \quad (11)$$

Z enačbo [10] oziroma [11] je določena največja možna sila v prvi, najbolj obremenjeni plasti stremen, ki je najbližje vrhu stebra ali dnu grede. To še ni nosilnost stika, saj se v območju

PRIMER 1



Slika 10. Model nadomestnega paličja v primeru enega moznika in dvostriznih stremen.



število stremen n vzdolž kritičnega področja h_{crit}

$$n = r + 1 = \frac{h_{crit}}{s} + 1$$

sile v stremenih

$$F_i = F_{max} - i \Delta F$$

Slika 11. Sile v stremenih v kritičnem področju vzdolž moznika.

stika na dolžini $h_{crit} = 2,5d + c - a$ (glejte sliko 11) vzdolž možnika aktivira več plasti stremen, v katerih se sile približno linearno zmanjšujejo z oddaljenostjo od prve, najbolj obremenjene plasti stremen (to so pokazale analize z metodo končnih elementov in eksperimenti). Nosilnost stika R_{max} je vsota sil v vseh aktiviranih plasteh stremen na območju stika v trenutku, ko se plastificira prva plast stremen. Stremena prevzamejo celotne obremenitve vzdolž kritičnega dela možnika.

Glede na to, da je razdalja med posameznimi plastmi stremen s običajno enaka vzdolž celotnega kritičnega območja, je pojava sile ΔF med posameznimi plastmi stremen možno določiti kot:

$$\Delta F = \frac{F_{max}}{\frac{h_{crit}}{s}} = \frac{F_{max}}{r} = \frac{F_{max}}{(n-1)} \quad (12)$$

Pri tem je F_{max} sila v najbolj obremenjenem stremenu, ki se je plastificiralo, h_{crit} dolžina kritičnega območja, s razdalja med stremeni, r število razdalj med stremeni v kritičnem območju, n število plasti stremen v kritičnem območju ($r = n - 1$).

Upoštevajoč rezultate eksperimentov, opisanih v poglavju 4.1, in rezultate analiz s programom ABAQUS, smo ugotovili, da lahko dolžino kritičnega območja stika h_{crit} ocenimo kot:

$$h_{crit} = 2,5d + c - a, \quad (13)$$

Pri tem je d premer možnika, c je razdalja možnika od osi stremen v smeri obremenjevanja in a oddaljenost prve plasti stremen od vrha stebra ali dna grede (glejte sliko 11).

Silo v posamezni plasti stremen F_i lahko določimo kot

$$F_i = F_{max} - i\Delta F, \quad (14)$$

kjer i predstavlja število razdalj s med i -to plastjo stremen in prvo plastjo stremen ($i = 0$), ki se je plastificirala (glejte sliko 11).

Nosilnost stika R_{max} določimo tako, da sile F_i v posameznih plasteh stremen seštejemo:

$$\begin{aligned} R_{max} &= \sum_{i=0}^n F_i = \sum_{i=0}^n (F_{max} - i\Delta F) = (r+1)F_{max} - \Delta F \sum_{i=1}^r i = \\ nF_{max} - \frac{r(r+1)}{2}\Delta F &= nF_{max} - \frac{r(r+1)}{2} \frac{F_{max}}{(n-1)} = nF_{max} - \frac{(n-1)n}{2} \frac{F_{max}}{(n-1)} = \\ nF_{max} - \frac{n}{2}F_{max} &= n \frac{F_{max}}{2} \end{aligned} \quad (15)$$

Končni rezultat v enačbi (15) pomeni, da lahko nosilnost možničnega stika določimo tako, da povprečno silo v stremenih v kritičnem območju stika pomnožimo s številom plasti teh stremen.

V primeru, ko je kot $\alpha < 45^\circ$, nosilnost stika potem znaša:

$$R_{max} = \frac{nF_{max}}{2} = \frac{n \cdot 2A_{s1}f_{sy}\tan\alpha}{2} = nA_{s1}f_{sy}\tan\alpha, \quad (16)$$

v ostalih primerih pa:

$$R_{max} = \frac{nF_{max}}{2} = \frac{n \cdot 2A_{s1}f_{sy}}{2} = nA_{s1}f_{sy}. \quad (17)$$

Če količnik $r = \frac{h_{crit}}{s}$ ni celo število, lahko za r in posledično tudi za število aktiviranih stremen n upoštevamo tudi decimalno število. S tem upoštevamo, da zagotovljena stremena v popolnosti prevzamejo obremenitve stika vzdolž celotnega kritičnega območja.

Iz enačb (16) in (17) je razvidno, da je nosilnost možničnega stika v primeru globalnega mehanizma odvisna od nosilnosti stremen in od lege možnika glede na stremena.

4 OVREDNOTENJE POSTOPKA ZA OCENO NOSILNOSTI MOZNIKOV

Izraza za oceno nosilnosti možničnih stikov smo izpeljali in ovrednotili s pomočjo eksperimentov, ki so bili opravljeni v okviru evropskega projekta SAFECAST na UL FGG [Fischinger, 2012] in National Technical University of Athens (NTUA) [Psycharis, 2012]. V te raziskave je bil vključen dokaj širok nabor različnih konfiguracij možničnih stikov. V poglavju 4.1 je predstavljen povzetek vseh opravljenih eksperimentov, v poglavju 4.2 pa so primerjane izmerjene in računsko ocenjene vrednosti nosilnosti stikov.

4.1 Povzetek eksperimentov












Povzetek osnovnih značilnosti možničnih stikov, ki so bili preizkušeni na UL FGG in NTUA, je podan na sliki 12. V drugem stolpcu so prikazani karakteristični prečni prerezi, iz katerih je razvidna konfiguracija stremen in možnikov v preizkušancih. Podatki o številu možnikov, njihovem premeru in oddaljenosti od roba stebrov so razvidni iz oznak eksperimentov v prvem stolpcu slike 12. Na primer: oznaka 1D28d250 pomeni: en možnik (1D) premera 28 mm (28d), ki je 250 mm oddaljen od roba stebra. Preizkušeni so stiki z enim centrično ali ekscentrično postavljenim možnikom treh značilnih premerov ($\emptyset 25$ mm, $\emptyset 28$ mm in $\emptyset 32$ mm) in stiki z dvema ekscentrično postavljenima možnikoma dveh različnih premerov ($\emptyset 16$ mm in $\emptyset 25$ mm).

Izmerjene povprečne vrednosti tlačne trdnosti betona (f_{cm}) so bile med 30 MPa in 50 MPa. Srednja vrednost meje elastičnosti jekla možnika (f_{ym}) je bila med 540 MPa in 580 MPa. V vseh primerih je srednja vrednost meje elastičnosti jekla stremen (f_{sym}) znašala 560 MPa. Omenjene lastnosti materialov so prikazane v 4. stolpcu na sliki 12.

V vseh primerih so bila upoštevana razmeroma gosta dvostržna stremena različnih premerov (glejte peti stolpec na sliki 12). Upoštevani so bili značilni premeri stremen 8 mm, 10 mm in 12 mm. V večini primerov je medsebojna razdalja stremen znašala 5 cm, v določenih primerih pa je ta razdalja zmanjšana na 4 cm.

V tretjem stolpcu na sliki 12 je za vsak obravnavni primer podan tudi tip nadomestnega paličja, s katerim je ocenjena nosilnost stika, in sicer v skladu s oznakami na sliki 9. V zadnjem stolpcu na sliki 12 so podane vrednosti naslednjih količin: e – razdalja med stremeni in možnikom prečno na smer obtežbe; c – razdalja med stremeni in možnikom v smeri obtežbe; a – razdalja med prvim najbolj kritičnim stremenom in vrhom stebra.

V vseh preizkušancih, ki so bili testirani na UL FGG v laboratoriju na ZAG-u (prvih pet primerov na sliki 12), so bili stebri kvadratni z dimenzijami $b/h = 50/50$ cm. V prvih treh primerih so bile grede T-prereza, katerega višina je znašala 60 cm, višina pasnice je bila 20 cm, širina stojine 22 cm in širina pasnice 50 cm (glejte sliko 2). V testih z oznako S7-2 in S8-2 (četrti in peti vrstica na sliki 12) so bile pravokotne grede dimenzij $b/h = 50/60$ cm podprte s kratkimi konzolami dolžine 25 cm in višine 30 cm. V vseh testih, izvedenih na NTUA (spodnjih šest primerov na sliki 12), so bili stebri in grede pravokotnega prereza dimenzij $b/h = 40/60$ cm.

Preizkušavec	Prerez kritičnega elementa	Konfiguracija armature (slika 9)	Trdnost materialov	Stremena	e/c/a [cm] (slika 11)
1D28d250 (S1-2)	a)	 Primer 1	$f_{cm} = 50\text{MPa}$ $f_{ym} = 580\text{MPa}$ $f_{sym} = 560\text{MPa}$	$\phi 10/4\text{cm}$	21.5/21.5/2.5
1D28d200 (S5-2)	a)	 Primer 1	$f_{cm} = 50\text{MPa}$ $f_{ym} = 580\text{MPa}$ $f_{sym} = 560\text{MPa}$	$\phi 10/4\text{cm}$	16.5/16.5/2.5
1D28d125 (S6-2)	a)	 Primer 1	$f_{cm} = 50\text{MPa}$ $f_{ym} = 580\text{MPa}$ $f_{sym} = 560\text{MPa}$	$\phi 10/4\text{cm}$	21.5/9/2.5
2D25d100 (S7-2)	a)	 Primer 3	$f_{cm} = 50\text{MPa}$ $f_{ym} = 540\text{MPa}$ $f_{sym} = 560\text{MPa}$	$\phi 8/5\text{cm}$	6.5/7/7
2D25d100 (S8-2)	a)	 Primer 3	$f_{cm} = 50\text{MPa}$ $f_{ym} = 540\text{MPa}$ $f_{sym} = 560\text{MPa}$	$\phi 8/5\text{cm}$	6.5/7/7
2D25d100	b)	 Primer 3	$f_{cm} = 35\text{MPa}$ $f_{ym} = 580\text{MPa}$ $f_{sym} = 560\text{MPa}$	$\phi 12/5\text{cm}$	6.5/6.5/7
2D25d150	b)	 Primer 3	$f_{cm} = 30\text{MPa}$ $f_{ym} = 580\text{MPa}$ $f_{sym} = 560\text{MPa}$	$\phi 12/5\text{cm}$	6.5/11.5/7
2D25d200	b)	 Primer 3	$f_{cm} = 30\text{MPa}$ $f_{ym} = 580\text{MPa}$ $f_{sym} = 560\text{MPa}$	$\phi 12/5\text{cm}$	6.5/16.5/7
1D25d100	b)	 Primer 1	$f_{cm} = 35\text{MPa}$ $f_{ym} = 580\text{MPa}$ $f_{sym} = 560\text{MPa}$	$\phi 12/5\text{cm}$	16.5/6.5/7
2D16d100	b)	 Primer 3	$f_{cm} = 35\text{MPa}$ $f_{ym} = 560\text{MPa}$ $f_{sym} = 560\text{MPa}$	$\phi 12/5\text{cm}$	6.5/6.5/7
1D32d200	b)	 Primer 1	$f_{cm} = 30\text{MPa}$ $f_{ym} = 560\text{MPa}$ $f_{sym} = 560\text{MPa}$	$\phi 12/5\text{cm}$	16.5/16.5/7

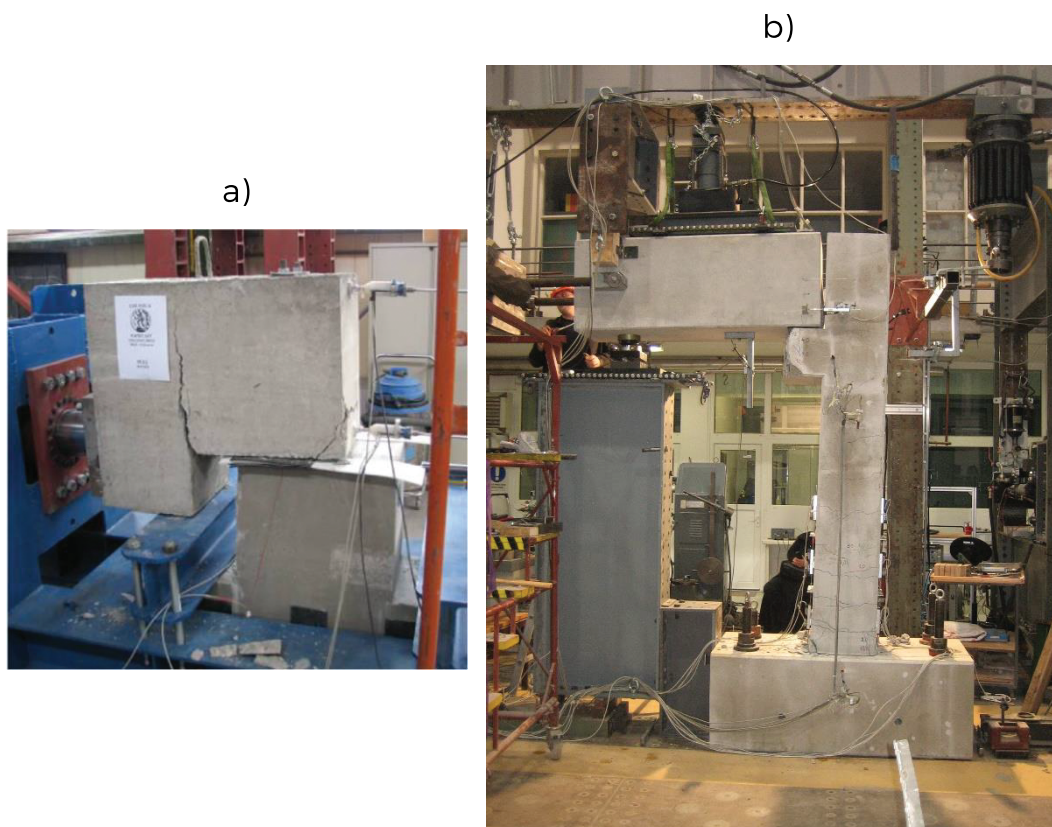
Pojasnilo: a) Testi, narejeni na UL FGG, b) Testi, narejeni na NTUA

Slika 12. Podatki o preizkušancih, testiranih na UL FGG in NTUA.

Vsi testi so bili ciklični. V eksperimentih, izvedenih na NTUA, so bili omogočeni le medsebojni pomiki med gredami in stebri, medsebojni zasuki pa so bili zanemarljivo majhni (slika 13a). Preizkušanci so bili obremenjeni v horizontalni smeri s pomočjo batov, pritrjenih na grede. Na preizkušavec ni bila z bati nanesena nikakršna navpična obtežba.

V testih, ki smo jih naredili na UL FGG v laboratoriju na ZAG-u, so bili omogočeni tudi relativni zasuki med gre-

dami in stebri (slika 13b). Tudi v tem primeru so bili preizkušanci v horizontalni smeri obremenjeni s pomočjo batov, pritrjenih na nosilce. V nasprotju s testi, izvedenimi na NTUA, so bili preizkušanci obremenjeni tudi z navpično obtežbo, ki je bila nanesena z dodatnim batom na sredini nosilca. Intenziteta navpične sile je bila 100 kN. Več podrobnosti o testih je prikazanih v [Fischinger, 2012] in [Zoubek, 2015b].

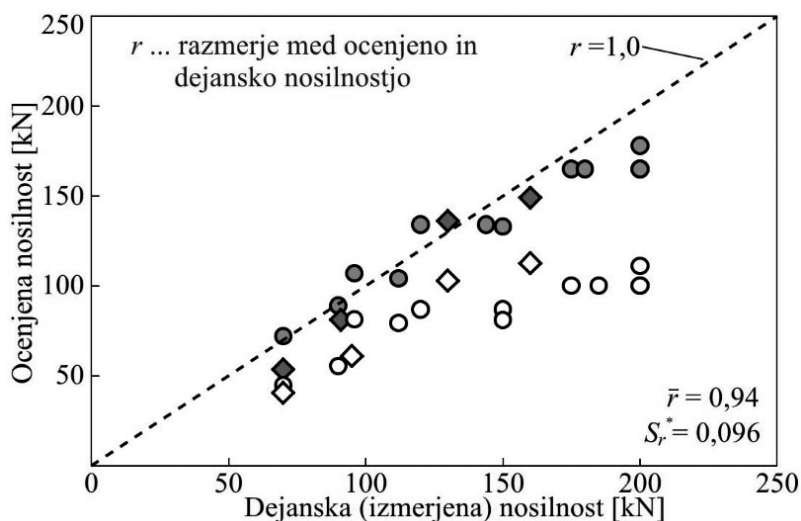


Slika 13. Zasnova preizkušancev: a) na NTUA, b) na UL FGG.

4.2 Primerjava ocenjene in izmerjene nosilnosti

Za vse primere, ki smo jih prikazali v poglavju 4.1, smo izračunali nosilnost stikov v primeru lokalnega oziroma globalnega mehanizma porušitve. Uporabili smo izraze, ki smo jih predstavili v poglavju 3. Za nosilnost smo upoštevali manjšo vrednost. Računsko ocenjene nosilnosti smo primerjali z izmerjenimi

vrednostmi oziroma z vodoravnimi silami, s katerimi so bili preizkušanci obremenjeni v trenutku porušitve. Primerjava analitično ocenjenih in izmerjenih vrednosti nosilnosti je prikazana na sliki 14. S simbolom kroga so označeni primeri, pri katerih smo ugotovili, da je bolj kritičen lokalni, s simbolom romba pa primeri, pri katerih je bil bolj kritičen globalni mehanizem porušitve. Temno obarvani simboli prikazujejo nosilnosti, ki so določene, upoštevajoč povprečne izmerjene lastnosti materialov.



- Lokalna porušitev (srednje vrednosti materialnih karakteristik)
- ◆ Globalna porušitev (srednje vrednosti materialnih karakteristik)
- Lokalna porušitev (projektne vrednosti materialnih karakteristik)
- ◇ Globalna porušitev (projektne vrednosti materialnih karakteristik)

Slika 14. Primerjava ocenjenih (navpična os) in izmerjenih (vodoravna os) nosilnosti mozničnih stikov, prikazanih na sliki 12.

S črtkano diagonalno črto so prikazane enake izračunane in izmerjene nosilnosti. Razvidno je, da je odstopanje rezultatov od te črte razmeroma majhno in da so v večini primerov izračunane nosilnosti nekoliko konservativne. Tudi rezultati statistične obdelave podatkov potrjujejo predhodno opažanje. Povprečna vrednost razmerja med analitično določenimi in izmerjenimi nosilnostmi zanaša $\bar{r} = 0,94$, standardna deviacija pa $S_r^* = 0,096$.

Glede na to, da moramo pri projektiranju vedno zagotoviti določeno varnost, smo za primerjavo izračunali tudi nosilnosti stikov s projektnimi vrednostmi lastnosti materialov. Te vrednosti so na sliki 14 prikazane z belo obarvanimi simboli.

5 SKLEP

Moznični stiki med gredami in stebri so eni izmed ključnih elementov, od katerih je odvisna potresna varnost in integriteta montažnih hal. Dovolj močni stiki skupaj s stebri, projektiranimi v skladu z zahtevami standarda Evrokod 8 [SIST, 2006], zagotavljajo zadostno varnost enoetažnih montažnih hal.

Moznični stik je dovolj močan, če je zagotovljen ustrezen mozni in je dovolj stremenske armature okoli moznika. Še pred kratkim nismo poznali dovolj celovitih postopkov za njihovo projektiranje in določanje nosilnosti. Prevladujoča praksa je bila takšna, da so bili ob napačnih predpostavkah mozniki preverjeni le na čisti strig, stremena okoli moznika pa so bila izbrana večinoma v skladu s konstrukcijskimi pravili dobre prakse. Tudi druge po svetu so bili postopki za projektiranje takšnih stikov nepopolni ali celo neustrezni.

Za tako pomembne konstrukcije elemente nujno potrebuje mo zanesljive in preverjene postopke za projektiranje, ki omogočajo eksplicitno kontrolo njihove nosilnosti. Slednje smo razvili na UL FGG na osnovi obsežnih eksperimentalnih in analitičnih raziskav.

V članku smo najprej pokazali osnovne značilnosti potresnega odziva mozničnih stikov stebrov in gred, ki so značilni za enoetažne armiranobetonske montažne hale. Njihova potresni odziv in nosilnost sta odvisna od oddaljenosti od robov stebrov in gred.

V moznikih, ki so dovolj daleč od robov, se bo aktiviral lokalni mehanizem odziva. Zanj je značilno, da se beton drobi lokalno okoli moznika zaradi velikih tlačnih napetosti. Posledično se med betonom in moznikom ustvari zev, moznik se zato upogibno deformira in na koncu zaradi upogibnih deformacij pretrga.

Ko je razdalja med moznikom in robovi stebrov in gred razmeroma majhna, se aktivira globalni mehanizem odziva. Pri tem so poškodbe betona, ki jih povzročajo velike glavne natezne napetosti, bolj obsežne in zajemajo celotno območje med moznikom in stremeni stebrov in gred. Ker je beton močno poškodovan, je nosilnost stika odvisna le od tistih plasti stremen, ki se aktivirajo v kritičnem področju vzdolž moznika.

V članku smo opisali postopka, s katerima lahko ocenimo nosilnost mozničnih stikov pri lokalnem in globalnem mehanizmu odziva. Postopka smo verificirali z rezultati eksperimentov in pokazali, da lahko na ta način dovolj natančno ocenimo nosil-

nost stikov, ki se najbolj pogosto pojavijo v projektantski praksi. Če se bodo predlagani izrazi v praksi uporabljali skupaj z obremenitvami, določenimi z metodo načrtovanja nosilnosti, lahko pričakujemo, da bo varnost stikov ustrezna.

6 ZAHVALA

Predstavljeno študijo smo naredili v okviru projekta Sedmega okvirnega programa Evropske skupnosti SAFECAST »Performance of Innovative Mechanical Connections in Precast Building Structures under Seismic Conditions« (št. pogodbe 218417). Eksperimente smo opravili na Zavodu za gradbeništvo (ZAG) v Ljubljani. Raziskave je delno financirala tudi Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije. Avtorji se iskreno zahvaljujemo dr. Mihi Kramarju za njegov prispevek k načrtovanju in izvedbi eksperimentov.

7 LITERATURA

ABAQUS Theory Manual, version 6.11-3, Dassault Systèmes, 2011.

Bournas, D.A., Negro, P., Taucer, F.F., Performance of industrial buildings during the Emilia earthquakes in Northern Italy and recommendations for their strengthening, Bulletin of Earthquake Engineering, 12, 2383-404, doi.org/10.1007/s10518-013-9466-z, 2013.

Fischinger, M., Zoubek, B., Kramar, M., Isakovic, T., Cyclic Response of Dowel Connections in Precast Structures, 15th World Conference on Earthquake Engineering, Portugal, Lisbon, 24-28th September, 2012.

Fuchs, W., Eligehausen, R., Breen, J.E., Concrete Capacity Design (CCD) Approach for Fastening to Concrete, ACI Structural Journal, 92(1), 73-94, 1995.

Kramar, M., Isaković, T., Fischinger, M., Seismic Collapse Risk of Precast Industrial Buildings with Strong Connections, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 39(8), 847-868, doi: 10.1002/eqe.970, 2010.

Leonhardt, F., Vorlesungen über Massivbau – Zweiter Teil, Sonderfälle der Bemessung im Stahlbetonbau (Lectures in Concrete Structures – Second Part, Special Cases of Calculations. In German), Springer-Verlag, 1975.

Magliulo, G., Ercolino, M., Petrone, C., Coppola, O., Manfredi, G., The Emilia earthquake: Seismic performance of precast reinforced concrete buildings, Earthquake Spectra, 30, 891-912, doi.org/10.1193/091012EQS285M, 2014.

Psycharis, I.N. in Mouzakis, H.P., Shear resistance of pinned connections of precast members to monotonic and cyclic loading, Engineering Structures, 41, 413-427, 2012.

SIST, SIST EN 1998-1:2006, Evrokod 8: Projektiranje potresno-odpornih konstrukcij – 1. del: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2006

Toniolo, G., SAFECAS Project: European research on seismic behavior of the connections of precast structures, 15th World Conference on Earthquake Engineering, Portugal, Lisbon, 24-28th September, 2012.

Vintzeleou, EN., Tassios, TP., Mathematical model for dowel action under monotonic and cyclic conditions, Magazine of Concrete Research, 38, 13-22, 1986.

Zoubek, B., Fahjan, Y., Fischinger, M., Isaković, T., Nonlinear finite element modelling of centric dowel connections in precast buildings, Computers and Concrete, 14(4), 463-477, doi: 10.12989/cac.2014.14.4.463, 2014.

Zoubek, B., Fischinger, M., Isaković, T., Estimation of the cyclic capacity of beam-to-column dowel connections in precast industrial buildings, Bulletin of Earthquake Engineering, 7(7), 2145-2168, doi: 10.1007/s10518-014-9711-0, 2015a.

Zoubek, B., Vpliv stikov na potresni odziv montažnih armirano-betonskih konstrukcij : doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 231 str., <http://drugg.fgg.uni-lj.si/5398/>, 2015b.

DODATEK

Na primeru preizkušanca 1D28d125, ki je predstavljen na sliki D1 in v tretji vrstici na sliki 12, bomo ilustrirali postopek računa nosilnosti mozničnega stika za primer lokalnega in globalnega mehanizma odziva.

D1.1 Nosilnost v primeru lokalne porušitve

Podatki

Premer moznika znaša $d = 2,8$ cm, tlačna trdnost betona je $f_{cm} = 5$ kN/cm² in meja elastičnosti jekla moznika je $f_{sy} = 58$ kN/cm².

$$R_{max} = d^2 \sqrt{f_c f_{sy}} = 2,8^2 \sqrt{5 \cdot 58} = 134 \text{ kN}$$

D1.2 Nosilnost v primeru globalne porušitve

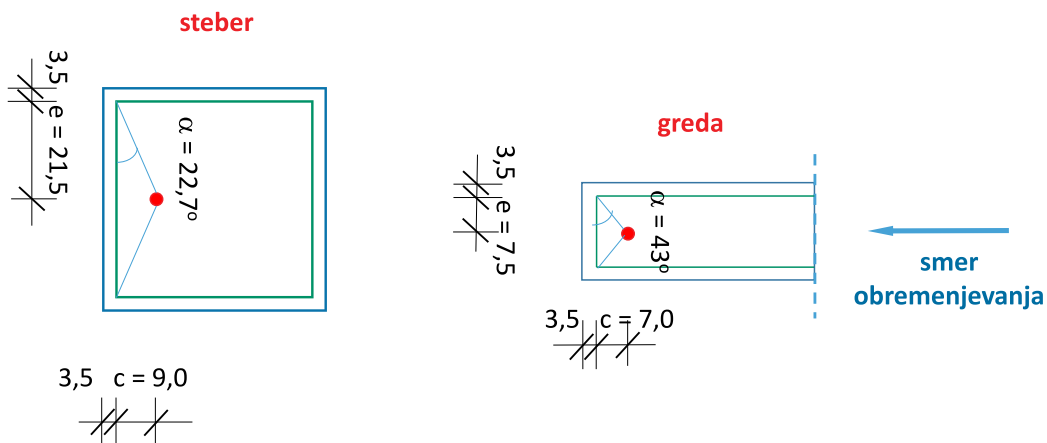
Podatki

Stremena so dvostrizna premera $\varnothing 10$ mm ($A_{st1} = 0,79$ cm²) na razdalji $s = 4$ cm. Ustvari se nadomestno paličje, ki je na sliki 9 prikazano kot primer 1.

Tlačna trdnost betona je $f_{cm} = 5$ kN/cm² in meja elastičnosti stremen je $f_{sym} = 56$ kN/cm².

V stebri je v smeri obremenjevanja moznik oddaljen od stremen $c = 9$ cm, pravokotno na to smer pa $e = 21,5$ cm. Prva plast stremen je od vrha stebra oddaljena $a = 2,5$ cm.

V gredi je v smeri obremenjevanja moznik oddaljen od stremen $c = 7$ cm, pravokotno na to smer pa $e = 7,5$ cm. Prva plast stremen je od dna grede oddaljena $a = 4,0$ cm.



Slika D1. Lega moznika v stebri in gredi (tloris).

Dolžina kritičnega področja h_{crit} znaša:

v stebri

$$h_{crit} = 2,5d + c - a = 2,5 \cdot 2,8 + 9 - 2,5 = 13,5 \text{ cm}$$

v gredi

$$h_{crit} = 2,5d + c - a = 2,5 \cdot 2,8 + 7 - 4,0 = 10 \text{ cm}$$

Število aktiviranih stremen:

v stebri

$$n = \frac{h_{crit}}{s} + 1 = \frac{13,5}{4} + 1 = 4,4$$

v gredi

$$n = \frac{h_{crit}}{s} + 1 = \frac{10}{4} + 1 = 3,5$$

Naklon tlačne diagonale α in ustrezen tangens kota α :

v stebri

$$\alpha = 22,7^\circ; \tan \alpha = \frac{c}{e} = \frac{9}{21,5} = 0,42$$

v gredi

$$\alpha = 43,0^\circ; \tan \alpha = \frac{c}{e} = \frac{7}{7,5} = 0,93$$

Nosilnost v primeru globalne porušitve znaša:

v stebri

$$R_{max} = n A_{s1} f_{sym} \tan \alpha = 4,4 \cdot 0,79 \cdot 56 \cdot 0,42 = 82 \text{ kN}$$

v gredi

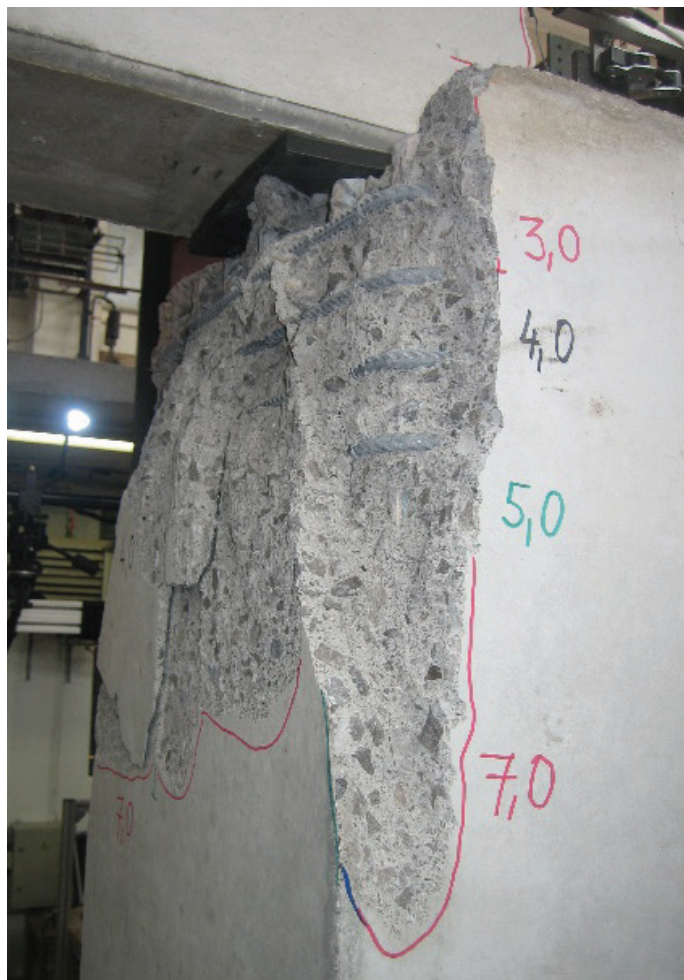
$$R_{max} = n A_{s1} f_{sym} \tan \alpha = 3,5 \cdot 0,79 \cdot 56 \cdot 0,93 = 144 \text{ kN}$$

V zgornjih dveh primerih smo za izračun nosilnost možnika uporabili izraz (16), ker je v obeh primerih naklon tlačne diagonale bil manjši od 45° .

D1.3 Komentar rezultatov

Nosilnost, ki ustreza globalnemu mehanizmu porušitve, je manjša od tiste pri lokalni porušitvi. Kritično je območje stika v stebri, saj je kot α bistveno manjši v stebri kot v gredi. V stebri je ta kot $\alpha = 22,7^\circ$ ($\tan \alpha = 0,42$), v gredi pa približno dvakrat večji $\alpha = 43,0^\circ$ ($\tan \alpha = 0,93$).

Torej v obravnavanem primeru lahko pričakujemo globalno porušitev v stebri. To je pokazal tudi eksperiment (glejte sliko D2). Izmerjena nosilnost je znašala 95 kN, kar je nekoliko več od analitično ocenjene vrednosti 82 kN.



Slika D2. Poškodbe možničnega stika v stebri.

Danilo Malnar, univ. dipl. inž. grad.
danilo.malnar@cgp.si
CGP d. d.,
Ljubljanska cesta 36, 8000 Novo mesto



Strokovni članek
UDK 624.152:711.553.2(497.4Koper)

PROJEKTIRANJE IN GRADNJA PODZEMNE PARKIRNE HIŠE V KOPRU

DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN UNDERGROUND CAR PARK IN KOPER

Povzetek

V članku je predstavljen celovit prikaz izvedbe projektiranja in gradnje podzemne parkirne hiše pod Muzejskim trgom v Kopru. V prvem delu članka so predstavljeni razlogi za gradnjo objekta in način izvedbe javnega razpisa. V nadaljevanju so predstavljene projektne rešitve in opisani tehnološki izzivi med gradnjo. Celotna izvedba investicije je poleg gradnje parkirne hiše obsegala še ureditev trga, nov priključek s predorom in obnovo Tomosove stolpnice. Gradnja v mestnem središču v neposredni bližini večstanovanjskih objektov je bila zahtevna tako v projektantskem, organizacijskem kot tudi tehnološkem smislu.

Ključne besede: konkurenčni dialog, projektiranje in izvajanje, varovanje gradbene jame, tehnologija bele kadi

Summary

The article presents a detailed description of the design and construction of an underground garage under the Museum Square in Koper. The first part of the article describes the preconditions for the construction and the implementation of the public tender. It also presents the design solutions and technological challenges during the construction. Besides the construction of the underground garage, the project also included the construction of the square, the new tunnel connection and the renovation of the Tomos skyscraper. To conclude, the construction in the city centre in close proximity to multi-residential buildings was extremely challenging in terms of design, organisation and technology.

Key words: competitive dialogue, design and construction, pit protection, waterproofing system

1 SPLOŠNO

Na lokaciji Muzejskega trga se je že leta 2008 načrtovala podzemna parkirna hiša z nadzemnim poslovnim delom. Takratni investitor je bilo podjetje Kranjska investicijska družba (v nadaljevanju KID). Takratni projekt se je zaradi neuspešnega soglasja z Zavodom za varstvo kulturne dediščine (v nadaljevanju ZVKD) ustavil [PN, 2021]. Projekt izgradnje podzemne parkirne hiše v središču Kopra je ponovno oživel v kombinaciji z obnovo stare Tomosove stolpnice v Kopru.

Lokacija podzemne parkirne hiše je umeščena v severni del starega mestnega jedra Kopra. Izvedba podzemne parkirne hiše je ključnega pomena za ureditev prometa v starem mestnem jedru. Hkrati predstavlja velik prispevek k razvoju historičnega dela mesta z vidika prebivalcev, obiskovalcev in drugih uporabnikov starega mestnega jedra mesta Koper.

Investitor oz. naročnik izgradnje podzemne parkirne hiše je Mestna občina Koper. Ta se je kot zavezanec Zakona o javnem naročanju odločil za oddajo javnega naročila po postopku konkurenčnega dialoga. To zajema tako projektiranje kot izgradnjo. Gre za postopek, ki se uporablja pri zahtevnejših, kompleksnejših gradnjah, kjer ni možno vnaprej določiti končne rešitve. Tak postopek oddaje javnega naročila pri nas ni pogost.

Postopek je potekal v treh fazah. Naročnik je najprej pripravil splošne tehnične specifikacije – osnutek projektne naloge in pogoje za ponudnika. Prva faza javnega naročila je predstavljala preverbo sposobnosti ponudnikov. Zatem je sledil konkurenčni dialog, v katerem je s kandidati iskal optimalne tehnične rešitve za izvedbo parkirne hiše predvsem z vidika izkopa in zaščite gradbene jame, vprašanja vpliva obveznosti izvedbe postopka presoje vplivov na okolje in pridobitve okoljevarstvenega soglasja, možne načine plačila stolpnice Tomos, predstavitev in zagovor rešitev. Po štirih krogih dialoga je naročnik našel najustreznejše rešitve in jih vpeljal v končno projektno nalogo. V tretji fazi je naročnik oblikoval končno razpisno dokumentacijo, na katero so ponudniki lahko oddali končno ponudbo.

Hkrati z vodenjem postopka za oddajo javnega naročila za podzemno parkirno hišo je naročnik izvedel javno zbiranje ponudb za prodajo nepremičnin, in sicer stolpnico Tomos in parkirna mesta v parkirni hiši. S tem si je zagotovil del finančnih sredstev za plačilo investicije.

V konkretnem primeru je bil izbrani ponudnik skupina z vodilnim partnerjem CGP, d. d., s partnerjema Clip Plus, d. o. o., in CGP ING., d. o. o., in Clip plus, d. o. o.

2 UDELEŽENCI PRI GRADNJI

Investitor: Mestna Občina Koper
 Izvajalec: vodilni partner CGP, d. d., s partnerjema Clip Plus, d. o. o., in CGP ING., d. o. o.
 Projektant: arhitektura – AB Vintar, s. p., konstrukcija – Gravitas, d. o. o.
 geoteh. raziskave, VGJ, in predor – Irgo consulting, d. o. o., in drugi
 Nadzor: Proctor, d. o. o.

3 PROJEKTIRANJE

V fazi postopka konkurenčnega dialoga smo kot ponudnik pripravili idejno zasnovo, ki je bila na stopnji idejnega projekta. Projektne rešitve je bilo treba razdelati do te mere, da smo kot ponudnik lahko predstavili optimalno rešitev, upoštevajoč vse robne pogoje.

Gradnja podzemne parkirne hiše je umeščena na arheološko zelo občutljivo območje. Na lokaciji so bile že pred tem opravljene arheološke raziskave v času načrtovanja podobnega objekta pri zasebnem investitorju KID. Pred pričetkom zemeljskih del je bilo treba opraviti manjkajoče arheološke raziskave ter evidentirati tehnično dediščino – masivno podzemno poldrugo stoletje staro vodno cisterno [Delo, 2021].

Na severu lokacije je na nabrežju Belveder naravna vrednota državnega pomena, in sicer platana velikih dimenzij. Na severozahodnem delu podzemne parkirne hiše stoji večstanovanjski blok etažnosti K +P + 9, grajen v začetku 70. let prejšnjega stoletja. Na vzhodnem delu je v bližini dvoetažna stavba nekdanje pošte, danes prostori FAMNIT Univerze na Primorskem, na južnem delu je v neposredni bližini hostel Museum in na vzhodu večstanovanjski objekt in poslovni objekt z apartmaji. Objekt se po izvedbenem prostorskem aktu lahko gradi do parcelne meje.

Investicijska dokumentacija je predvidevala dve varianti: izgradnjo parkirne hiše v treh ali v štirih etažah. V fazi konkurenčnega dialoga je bila izbrana rešitev s tremi etažami. Merilo za izbor je bilo seveda tudi število parkirnih mest. Predstavljena je bila različica z vstopom v garažo z vrha, to je z nivoja pritličja, kar je bila najugodnejša rešitev, vendar je naročnik vztrajal z vidika prometne ureditve z dostopom v tretjo etažo s Kopaljškega nabrežja. Varianta z dostopom v tretjo kletno etažo nam je predstavljala težji izziv. Uvoz je bilo treba načrtovati na severovzhodnem delu objekta, ki poteka ravno pod zaščiteno platano. Upoštevati smo morali vpliv nivoja gladine morja – stoletne in petstoletne vode, tehnologijo izvedbe uvoznog-izvoznega predora (»cut and cover«, izkoplji in pokrij, ali zelo kratek klasičen predor po novi avstrijski metodi gradnje predorov, v nadaljevanju NATM) in seveda povečanje stroška gradnje ter daljši čas izvedbe.



Slika 1. Najpogostejši makroelementi z računskimi modeli.

V fazi postopka oddaje javnega naročila smo že imeli določene arhivske podatke geoloških raziskav na predmetni lokaciji. Zaradi nezanesljivih podatkov smo se odločili opraviti nove dodatne raziskave, ki so se nam zelo obrestovale pri izboru najoptimalnejše izbire zaščite varovanja gradbene jame, temeljenja objekta, zaščite objekta pred vplivom zaledne in podtalne vode ter gradnjo predora. Velik izziv pa je predstavljala izbira načina podpiranja varovalne konstrukcije gradbene jame.

V fazi idejne zasnove smo obravnavali šest različnih najoptimalnejšega izbora zaščite objekta pred požarom. Izbrana je bila različica po ameriški smernici (NFPA) s šprinkler bazenom v četrti etaži, t. i. tehnični etaži.

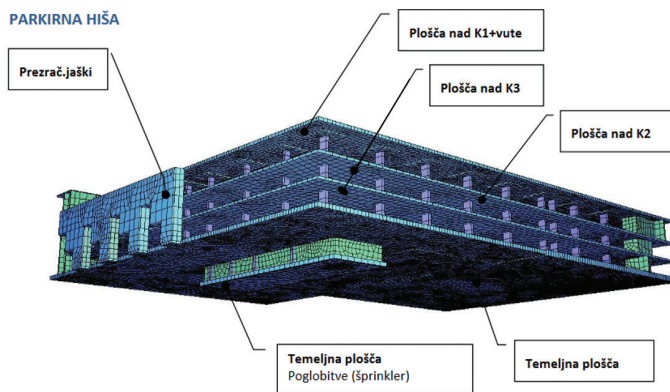
4 OPIS KONSTRUKCIJE

Objekt je zasnovan v treh primarnih podzemnih etažah, četrto, tehnično etažo in mestnim trgom v parterju. Velikost etaže znaša 75,60 x 66,25 m z izrezom 16,10 x 32,00 m na SZ strani.

Tlak tehnične etaže je 90 cm pod morsko gladino. Svetla višina posamezne etaže znaša 2,70 m, skupna višina konstrukcije nad temeljno ploščo tretje etaže pa 9,10 m.

Skupno število parkirnih mest znaša 465, od tega je 23 parkirnih mest (5 %) predvidenih za invalide [AB Vintar, 2021].

Objekt je temeljen na temeljni plošči debeline 50 cm in 55 cm. V delu, kjer je predvidena možna nadgradnja (večetažni objekt), pa 75 cm, kar zagotavlja enakomeren vnos obtežb v temeljna tla.



Slika 2. Računski model konstrukcije podzemne parkirne hiše.

Stebri v kletih K3-K1 so dimenzij 40/80 cm, 40/120 cm, 40/150 cm in 25/120 cm in so trdnostnega razreda C35/45. Stopniščne rame so montažne [GRAVITAS, 2020].

Objekt je grajen po tehnologiji vodonepropustne konstrukcije (t. i. tehnologija bele kadi). Glede na namen uporabe je objekt uvrščen v skupino vodonepropustnosti A2. Temeljna plošča je omejena na širino razpoke 0,10 mm pa do 0,15 mm. Obodne stene v nižjih etažah so omejene na širino razpoke 0,1 mm in zgornja do 0,2 mm [Lohmeyer, 2009].

Zgoraj določene največje širine razpok ne smejo biti presežene v naslednjih obtežnih primerih:

- vsiljene obremenitve v času gradnje zaradi hidratacije betona,
- navidezno stalne kombinacije vplivov v času uporabe objekta (MSU).

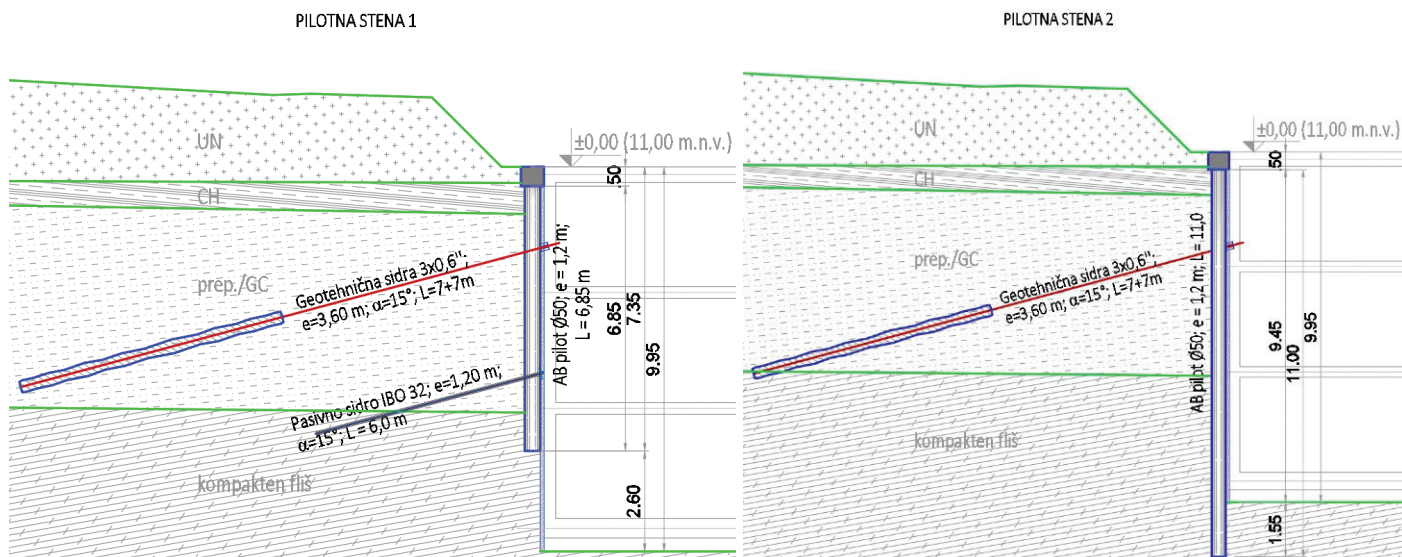
		debelina	krovni sloj	količina betona (m ³)
temeljna plošča (K4+K3)	C30/37, XC4 XD2 PV-II	50-55 cm	zunaj 5 cm znotraj 4 cm	2655
AB obodne stene (K3-K1)	C30/37 XC4/XD2 PV-II obod. C30/37 XC3/PV-I notr.	30 cm obodne 30, 25, 25 cm notr.	zunaj 5 cm znotraj 3 cm	1309
medetažni plošči	C30/37 XC4 XD2 PV-II	30 cm	3 cm	2550
plošča nad K1 z vutami	C30/37 XC4 XD2 PV-II	40 cm	zgoraj 5 cm spodaj 3 cm	2059
stebri	C35/45 XC1	40/80 cm, 40/120 cm, 40/150 cm in 25/120 cm	3 cm	2059
		skupaj konstr.		9009

Preglednica 1. Razčlenitev konstrukcije parkirne podzemne hiše po vrsti in količini uporabljenega betona [CGP, 2019b].

Zunanje obodne stene kletnih etaž (od K3-K1) so debeline 30 cm. Plošče nad kletjo 3 in nad kletjo 2 so debeline 30 cm. Plošča nad kletjo 1 je debeline 40 cm, nad stebri pa se izvedejo lokalne odebelitve plošče (»vute« - proti preboju). Vsi naštetih konstrukcijski elementi so iz betona trdnostnega razreda C30/37.

5 GEOTEHNIČNI IN HIDROLOŠKI POGOJI TER ZAŠČITA GRADBENE JAME

V zgodnji fazi projekta smo posvetili veliko pozornosti izbiri zaščite gradbene jame. Njena zaščita (dolžine 293 m) je predstavljala velik finančni zalogaj. Prve ocene so kazale, da bo tre-



Slika 3. Karakteristični prerez varovalne konstrukcije zaščite gradbene jame, levo 2-krat sidrana PS1 in desno PS2, podprta v dno GJ in 1-krat sidrana.

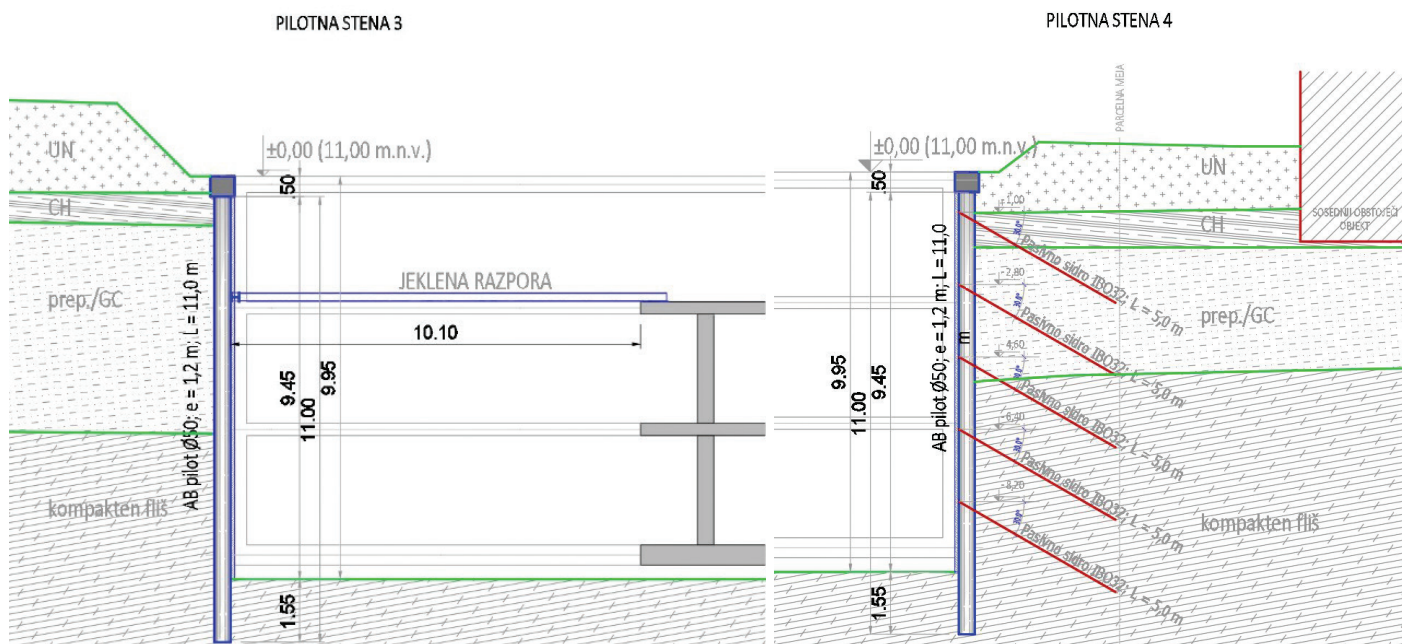
ba investirati okoli 1,2-1,4 mio. € (uvrtani piloti premera 100 cm dolžine 18 m, 3-krat sidrani). To pomeni ca. 375 €/m² zaščite gradbene jame. Pred nadaljnjimi fazami projektiranja smo naredili dodatne geotehnične preiskave in ugotovili, da so geotehnične karakteristike tal ugodnejše.

V zgornjih plasteh se je do globine 1,8 m pojavljal umeten nasip (UN), do globine 2,5 m je sledila mastna težkognetna glina (CH), do globine 6,6–7,8 m preperela flišna hribina (prep/GC) in v nadaljevanju flišni kompaktni lapor (slika 3).

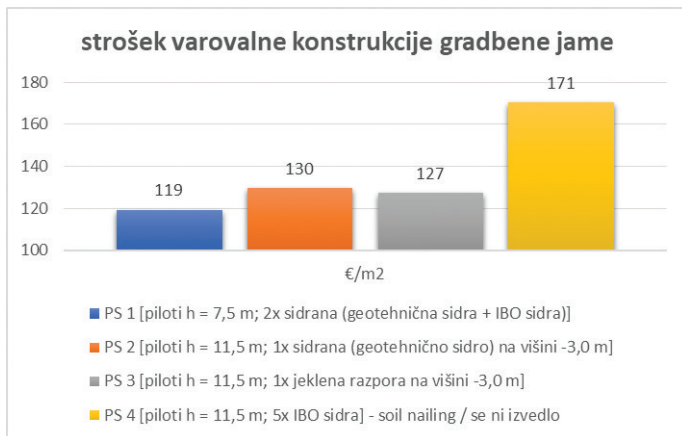
Ob hidrogeološki spremljavi vrstnih del v geomehanskih vrtnah se je ugotovilo, da se na kontaktu umetnega nasipa in

spodaj ležečih slabše prepustnih kamnin nahajajo določene količine viseče podzemne vode, ki odteka skladno z naklonom plasti proti severu.

Varovalna konstrukcija gradbene jame, izvedena s piloti, se je po PGD predvidela le na delu izkopa v »manj nosilnih« materialih (nasip, glina, preperina fliša), pri čemer pa je bil vertikalni izkop v »dobro nosilnem« kompaktnem flišu izveden prosto, brez varovalne konstrukcije (samo torkret). Začasno varovanje oboda gradbene jame smo zasnovali kot varovanje z začasno vertikalno varovalno konstrukcijo, narejeno iz uvrtnih armiranobetonskih pilotov, delno podprtih z dvema nivojema začas-



Slika 4. Karakteristični prerez varovalne konstrukcije gradbene jame, levo razprta PS3 in desno PS4, podprta po principu s pilotno steno in sidrana s pasivnimi sidri – soil nailing (se ni izvedlo).



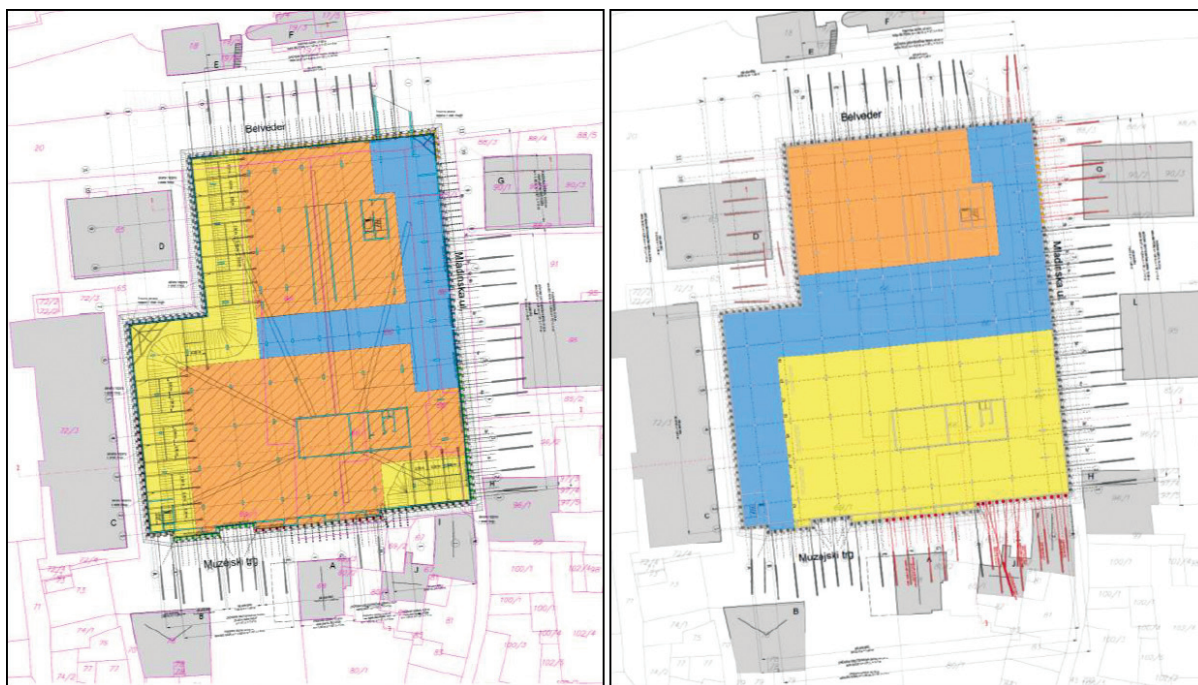
Slika 5. Strošek varovalne konstrukcije gradbene jame na enoto mere.

nih jeklenih razpor, ki se bodo med gradnjo začasno podprle na novi predvideni objekt (jug, zahod, severovzhodni vogal), in dvema nivojema začnih geotehničnih vrhnih sider (sever, jug in vzhod).

- pilotna stena L=11,5 m, podprta v podlago in 1-krat razpiranje (PS3).

Skladno z izbrano tehnologijo varovanja gradbene jame z uporabo razpiranja (delno) je bilo treba temu prilagajati faznost in tehnologijo izgradnje objekta. V fazi gradnje smo za poseg z začasnimi geotehničnimi sidri pridobili ustrezna dovoljenja in soglasja lastnikov sosednjih parcel zaradi posega v njihova zemljišča. S tem se je lahko varovanje gradbene jame tudi na območju varovanja, predvidenem z razpiranjem, izvedlo z začasnimi geotehničnimi sidri.

Pri projektiranju varovanja gradbene jame smo poleg geotehničnih karakteristik tal posvetili veliko pozornosti okoliškemu objektom. V neposredni bližini stoji na SZ strani 9-nadstropni stolpič, na Z strani stavba primorske univerze ter na J in Z strani poslovni objekti. Pri projektiranju smo analizirali obstoječe stavbe, njihove posejke med gradnjo in izvedli vse potrebne monitoringe opazovanj. V času geotehničnih in zemeljskih del smo ves čas sledili napredovanju arheološkim raziskavam. Tehnologijo gradnje smo morali prilagajati tudi evidentiranju obstoječe vodne cisterne (slika 13) in neevidentiranim komunalnim vodom (prevezave ...).



Slika 6. Situacija varovanja gradbene jame, predvidena po PZI (levo) in izvedena (desno) [IRGO, 2020a].

V fazi izdelave PGD je bila ocenjena vrednost del za zaščito gradbene jame ca. 800.000 €.

Optimizacijo varovalne konstrukcije smo v fazi PZI izvedli z različnimi ukrepi:

- do globine ca. 1,5 m široki izkop,
- sidrana pilotna stena do trdne flišne podlage v dveh nivojih, piloti dolžine 7,5 m (PS1),
- pilotna stena L=11,5 m, podprta v podlago in 1-krat sidrana (PS2),

6 UREDITEV PODZEMNIH VODA

Zaradi ugotovljene prisotnosti podtalne vode na lokaciji izgradnje objekta, ki se pojavlja kot meteorna voda v sloju umetnega nasipa oz. kot precejna voda skozi razpoke v laporju, je bilo treba pod temeljno ploščo objekta predvideti in izvesti ustrezno tamponsko-drenažno blazino. Ta služi za zajem precejne vode, ki lahko ob stenah objekta priteka na območje temeljne plošče objekta. Z ustreznim oblikovanjem dna izkopa in izvedbo

drenažne blazine (kamniti drobljenec 0-63 mm ali drenažni beton) se je precejna voda, ki je prihajala skozi razpoke v laporju, ustrezno usmerila do črpalnega jaška v 4. tehnični etaži. Dotok viseče podtalne vode iz sloja umetnega nasipa in njenega precejanja ob stenah objekta proti dnu objekta (pod temeljno ploščo) smo v celoti preprečili z izvedbo ustrezne tesnitve kontakta zemljina (sloj umetnega nasipa)-stena objekta (kontakt betoniranje brez morebitnih vert. drenažnih slojev).

S tem smo zagotovili:

- da ni direktne obremenitve sile vzgonskega pritiska podtalne vode na dno temeljne plošče, da ni direktnega vpliva predvidene izgradnje novega objekta na obstoječi nivo viseče podtalne vode. Morebitno zniževanje (izsuševanje) visečega nivoja podtalne vode bi lahko pomenilo morebiten vpliv na poseda nje sosednjih objektov.

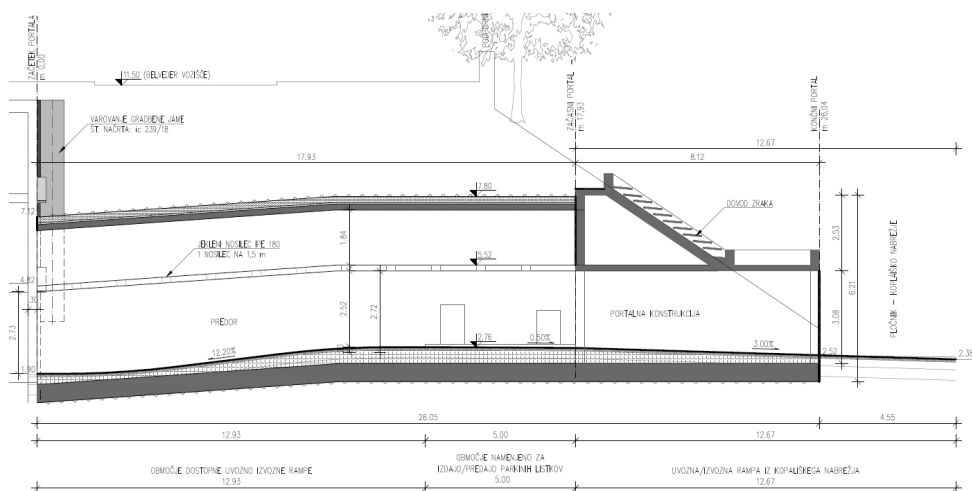
Odvodnjavanje kletnih etaž je urejeno tako, da se vsa morebitna izlita voda preko črpalke v tehnični etaži odvaja v kanalizacijo na vzhodni strani objekta. V primeru požara se bo voda

zadržala v tretji etaži. Glede na ugotovljeno stopnjo onesnaženosti se prečrpa v kanalizacijo oz. izčrpa iz talnega jaška, umeščenega ob uvozu predora.

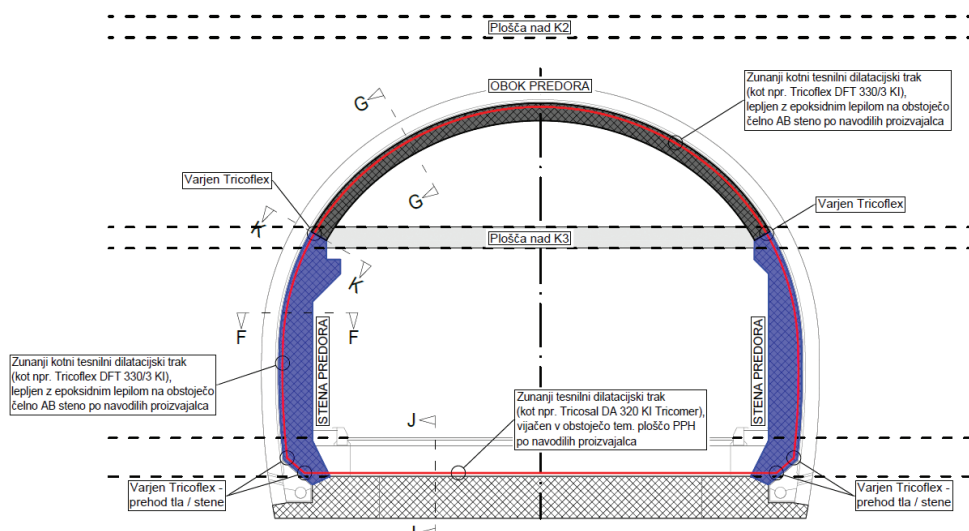
Uvoz in izvoz v parkirno hišo poteka skozi predor s Kopaljškega nabrežja. Cestišče je v predoru dvignjeno nad koto stoletne poplavne kote morja (+2,76 m. n. v.). Za primer petstoletne vode je dodatno predvidena postavitev montažno-demontažne protipoplavne pregrade v zadnjem delu portalnega objekta. Višina pregrade je +3,80 m. n. v., kar je ≈ 50 cm nad poplavno koto.

7 PREDOR, PLATANA

Za potrebe dostopa (uvoza in izvoza) s Kopaljškega nabrežja v parkirno hišo v tretjo kletno etažo sta izvedena portalna konstrukcija in predor. Na širšem območju posega se nahaja za varovano drevo platana, za katero je bilo narejeno izvedeniško mnenje. Starodavna platana, ki naj bi na Muzejskem trgu stala še iz Napoleonovih časov [REGIONAL, 2021], je morala ostati nedotaknjena.



Slika 7. Vzdolžni prerez predora.



Slika 8. Stik predora s konstrukcijo objekta.

Dovoz skozi predor, po katerem promet poteka dvosmerno, je dolžine 17,93 m (podzemni del). Uvoz je izveden s Kopališkega nabrežja, predor pa parkirno hišo v tretji kleti seka približno pravokotno. Celotna razdalja med garažno hišo in izvozom na Kopališko nabrežje oziroma do končnega portala dovoza skozi predor znaša 26,04 m. Širina predora je 6,5 m, svetla višina cestnega dela predora je 2,5 m (v zgornjem delu je kanal za prezračevanje). Izkopni profil predora je 43,03 m², svetli profil predora pa 13,75 m². Izkop predora je potekal v dveh tipičnih slojih. V zgornjem delu predorske cevi je izkop potekal v plasti preperelega fliša, ki je mestoma prehajal v drobnozrnat grušč laporja (GC). Spodnji del predorske cevi je bil izkopen v nepreperelih flišnih plasteh, v katerih prevladuje lapor. Višina nadkritja nad primarno konstrukcijo je 3,8 m do 4,5 m. Izkop predora je potekal s podpornim tipom BT3. Mestoma je bilo zaznati pojave krušenja kamnine, zato so izkop prilagodili in je potekal s podpornim tipom BT7 [IRGO, 2020b]. Izkop predora je bil izveden skladno z načeli nove avstrijske metode za gradnjo predorov (NATM).

8 PROMETNA UREDITEV V PODZEMNI PARKIRNI HIŠI

Prometni režim v garaži je enosmeren. Ob dovoznih poteh so obojestransko urejena parkirna mesta, ki so na dovozno pot orientirana pravokotno. Vsa parkirna mesta so dolžine 5,0 m. Širina parkirnih mest zaradi prilagajanja arhitekturnim elementom je različna. Generalno so vsa parkirna mesta širine 2,50 m do 2,80 m. Stebri so umaknjeni od roba parkirnega mesta, kar zagotavlja ustrezen nivo usluge v garaži [PRO-INI, 2018].

9 PROMETNA UREDITEV V ČASU GRADNJE

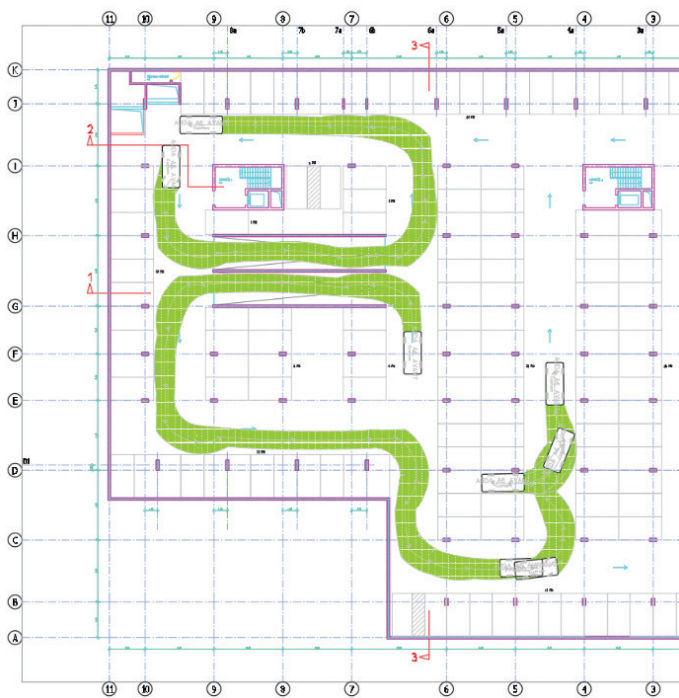
Gradbišče je umeščeno v center mesta Koper. Dostopi do delovišča so bili na začetku z Belvederske ulice, kasneje po izgradnji predora tudi s Kopališkega nabrežja. Oskrba gradbišča ni smela potekati čez strogi center mesta, ampak iz smeri Luke Koper (Kopališko nabrežje – enosmerna cesta). Začasni promet smo na Kopališkem nabrežju uredili izmenično enosmerno s pomočjo signalistov (faza pripravljavnih in zemeljskih del). Na Belvederski ulici pa se je lahko uredil enosmerno izmenično. Uporabili smo tipsko shemo N-1 (izmenično enosmerno s semaforjem) in N-6 (modificirana). Po izgradnji primarne obloge predora (na Kopališko nabrežje) pa je vsa oskrba delovišča s težkimi vozili potekala že skozi predor. Končna ureditev prometa je urejena tako, da je vstop v garažno hišo možen tako iz centra mesta kot iz smeri Luke Koper.

10 UREDITEV TRGA

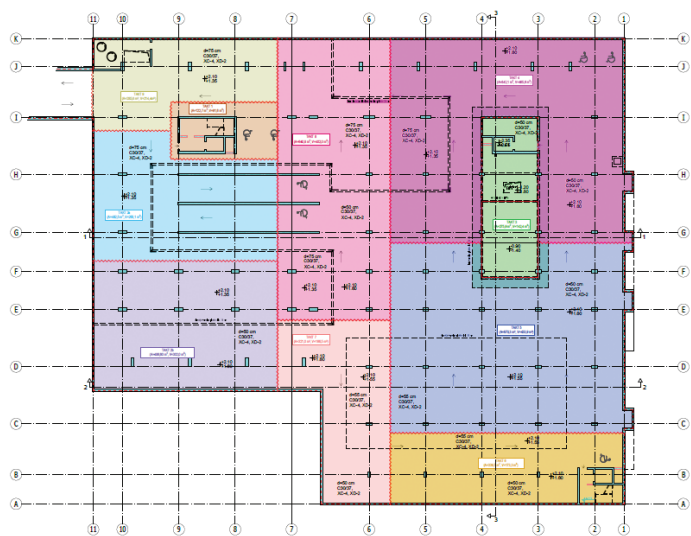
Ureditev ploščadi je bila projektirana po posebnem projektu, v zamiku, ko je bil objekt že v zaključni fazi. Projekt ureditve nad stropno ploščo je zajemal celovito ureditev trga s parkom. Zato je investitor pripravil poseben natečaj. Sprva je bilo po soglasju ZVKD-ja predvidena ureditev trga s tlakovanjem. V nadaljevanju projekta pa se je pri investitorju izkazal interes po zelenih površinah z drevesi, kar pa je bil nov izziv, ker se teža tlaka ni smela povečevati (že izvedena stropna plošča) glede na prvotno rešitev s tlakovanjem. Uporabljena je kombinacija vulkanskega peska (lapillo) in zemlje.

11 TEHNOLOGIJA GRADNJE IN TERMINSKO NAPREDOVANJE DEL

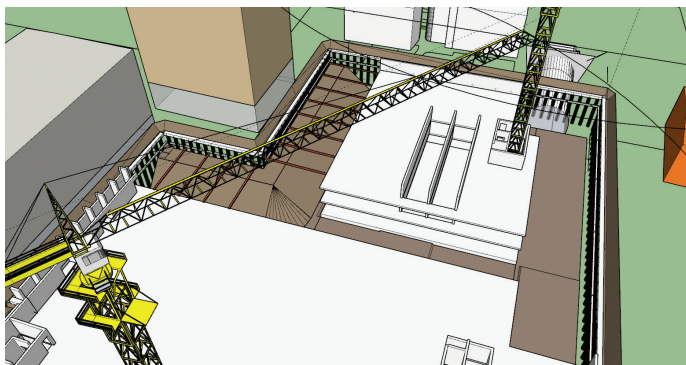
Objekt se je gradil v več fazah po tlorisni razdelbi. Prva faza je bila izvedba tehnične etaže (klet 4), sledili so gradnja južnega dela do razpor, severni del in dokončanje vmesnega koridorja



Slika 9. 2D-analiza manevrov vožnje v tipični etaži s simulacijo vozila tipa Audi A6 avant.



Slika 10. Taktni plan temeljne plošče (9 taktov), grajene v različnih časovnih zamikih.

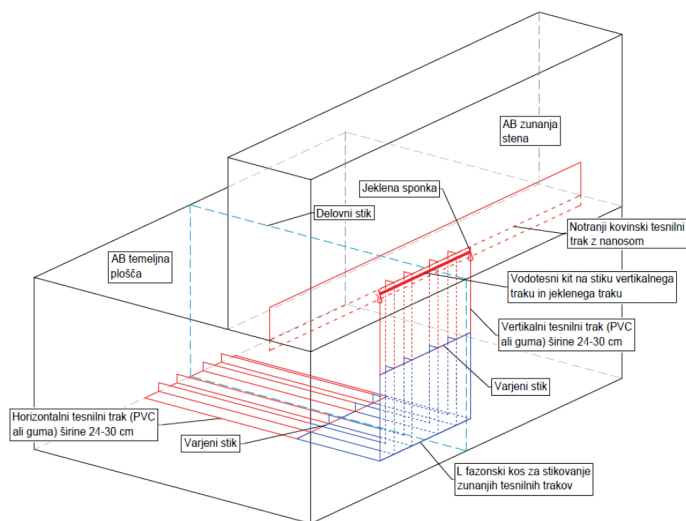


Slika 11. 3D-simulacija gradnje.

(slika 6 desno). Razlog je bil seveda način podpiranja zaščite gradbene jame.

Sprva se je načrtovalo razpiranje proti stanovanjskemu bloku na severozahodni strani objekta (slika 11). Kasneje pa se je izvedlo razpiranje proti objektu FAMNIT Univerze na Primorskem (slika 6 desno in slika 14). Pri gradnji so se vertikalni transporti gradbenih materialov izvedli z dvema stolpnima žerjavoma, sidranima v armiranobetonsko temeljno ploščo kletne etaže 3 [CGP, 2019a].

Zaščita objekta pred vdorom vode in vlage je zagotovljena z vodonepropustno konstrukcijo (gradnja po principu bele kadi). Pred pričetkom izvedbe del so se pripravili kontrolni preračuni razpok v armiranobetonski konstrukciji na vsiljene obremenitve in podrobni tehnološki načrti izvedbe vodonepropustne konstrukcije [CGP, 2019c]. Ključni za takšen pristop so ustrezna zasnova konstrukcije, omejitve širine razpoke poleg stalnih in spremenljivih vplivov tudi na vsiljene obremenitve, ki nastanejo med gradnjo in po njej (zadostna armatura na ključnih mestih), določitev stopnje suhosti konstrukcije, ustrezna receptura betona, skrbno načrtovanje in izvedba detajlov (predvsem delovnih stikov, spojev in prebojev), pravilna vgradnja in nega svežega betona, zagotavljanje kakovosti izvedbe.



Slika 12. Detajl vgradnje tesnilnih trakov na mestu križanj delovnih stikov.



Slika 13. Vodna cisterna, januar 2020.

Marca 2018 je bila podpisana pogodba, konec aprila 2018 vložena vloga za gradbeno dovoljenje, oktobra 2018 pridobljeno gradbeno dovoljenje, sledila sta pritožba in pridobljeno pravnomočno gradbeno dovoljenje maja 2019 [E-KoperCapodistria, 2021]. Maja 2019 smo pričeli gradnjo. Izvedli smo 55.000 m³ izkopa, vgradili 9000 m³ betona, zaopazili 21.500 m² betonske konstrukcije, tri etaže podzemne in tehnično etažo, povprečna globina gradbene jame je bila 12 m, tloris etaže je 4500 m². Gradnja podzemne garažne hiše je tako potekala od maja 2019 do decembra 2020. Sledilo je pridobivanje uporabnega dovoljenja, ki je bilo pridobljeno maja 2021. V drugi fazi se je pričela izgradnja parka nad garažo.



Slika 14. Razpiranje gradbene jame, april 2020.

12 ZAKLJUČEK

Kot izvajalec smo s podpisom pogodbe po principu »design-build« nase prevzeli veliko odgovornost. V sodelovanju z našimi partnerji, projektanti, naročnikom, nadzorom, sosedi in ostalimi deležniki smo projekt uspešno zaključili.

Nase smo prevzeli vsa tveganja v povezavi s projektiranjem v fazi ponudbe in oceno investicije, nadaljnje faze projektiranja, pridobitev dovoljenj za gradnjo, izgradnjo in pridobivanjem uporabnega dovoljenja.

Pri projektiranju in gradnji smo imeli veliko izzivov: visoke vode morske gladine (500 let), vpliv viseče vode, pomanjkljiv kataster obstoječih vodov, arheološke raziskave, nezaupljivost okoliških prebivalcev in subjektov (univerza, apartmaji, lokali),



Slika 15. Pogled na gradbeno delovišče, april 2020.



Slika 16. Notranjost garaže, avgust 2021.

ureditev deponije za presežke izkopov, vključno s pridobitvi dovoljenja za deponijo, faznost del (kombinacija sidranje in razpiranje), epidemija koviida, prometna ureditev v fazi izvajanja del, utesnenost ureditve delovišča, funkcionalni ključ, sprememba vsebine na koti 0,00 (med projektom), menjava župana, menjava vodje investicije ...

Prednosti modela »design-build« je predvsem v hitrejši gradnji. Rok gradnje se tako lahko skrajša tudi do 30 %. Občutno se zmanjša tudi strošek gradnje, saj se po znanih podatkih ti lahko znižajo tudi za več kot 10 % vrednosti. Naročnik je pri takšnem pristopu zavarovan, ker se cena projekta ne spreminja [LEAN.ING, 2021].

Kot pri vseh investicijskih projektih je še posebno pri tej metodi pomembno, da naročnik obvladuje projekt, kar pomeni, da točno ve, katere cilje želi pri projektu doseči. Predvsem so pomembni cilji glede kvalitete. Zato je zelo pomembno, da naročnik pred izborom izvajalca po metodi »design-build« natančno opiše vse tehnične lastnosti zelenega objekta ter da v fazi gradnje nadzira doseganje teh lastnosti z usposobljenim kadrom.

Ponudnik ima možnost prilagajanja projekta v vseh fazah projektiranja. Prilagoditve morajo biti skladne s projektno nalogo, zahtevami soglasodajalcev, prostorskimi akti in gradbenim

dovoljenjem. Zaradi fiksne cene izvajalec prevzema veliko tveganje, zato je primoran ves čas slediti spremembam cen virov na trgu. Od sklenitve posla do dejanske realizacije po predvideni časovnici je lahko velik razkorak pri stroških.

Za nas, izvajalce, je bil ta projekt poseben, ker smo prvič obvladovali projekt po postopku oddaje javnega naročila na podlagi konkurenčnega dialoga, združenega s prodajo nepremičnine nekdanje Tomosove stolpnice v obliki kupnine za izgradnjo podzemne parkirne hiše.



Slika 17. Pogled na obnovljeno stolpnico Tomos (levo) in park nad podzemno parkirno hišo, avgust 2021.



Slika 18. Vhod v parkirno hišo (desno), avgust 2021.

13 LITERATURA

AB Vintar, Projekt izvedenih del, Javna podzemna parkirna hiša pod Muzejskim trgom v Kopru, števil. projekta 003-2017, AB Vintar, projektiranje in inženiring, Igor Vintar s.p., Ljubljana, 2021.

CGP, Načrt organizacije ureditve gradbišča, Podzemna parkirna hiša pod Muzejskim trgom v Kopru, št. elaborata 01-TS/4/9-18, CGP d.o., Novo mesto, 2019a.

CGP, Projekt izvedbe betonske konstrukcije, Podzemna parkirna hiša pod Muzejskim trgom v Kopru, št. projekta 21/032-CGP/19, CGP d.o., Novo mesto, 2019b.

CGP, Tehnološki elaborat izvedbe vodonepropustne konstrukcije, Podzemna parkirna hiša pod Muzejskim trgom v Kopru, št. elaborata 01-TS/3/121-19, CGP d.o., Novo mesto, december 2019, 2019c.

Delo, spletna stran Dela - <https://www.delo.si/novice/slovenija/ministrstvo-podprlo-garazo-pod-muzejskim-trgom>, Delo Časopisno založniško podjetje d.o.o., Ljubljana, datum vpogleda 9.2.2021, 2021.

E-KoperCapodistria, spletna stran portala E-KoperCapodistria - <https://ekopercapodistria.si/novice/gradbeno-dovoljenje-za-gradnjo-podzemne-garazne-hise-na-muzejskem-trgu-je-pravnomocno>, Multimedijški center Vizija d.o.o., Koper, datum vpogleda 9.2.2021, 2021.

GRAVITAS, Načrt izvedenih del, Javna podzemna parkirna hiša pod Muzejskim trgom v Kopru, števil. načrta 03/2017, GRAVITAS d.o.o., Ljubljana, 2020.

IRGO, Načrt izvedenih del, Javna podzemna parkirna hiša pod Muzejskim trgom v Kopru, števil. načrta 3009562, IRGO CONSULTING d.o.o., Ljubljana, 2020a.

IRGO, Načrt izvedenih del, Javna podzemna parkirna hiša pod Muzejskim trgom v Kopru, števil. načrta ic 125/20, IRGO CONSULTING d.o.o., Ljubljana, 2020b.

LEAN.ING, spletna stran podjetja - <https://www.lean-ing.com/single-post/2020/03/21/design-build-metoda-izvajanja-investicijskih-projektov>, LEAN.ING, vodenje investicijskih projektov, d.o.o., Sempeter pri Gorici, datum vpogleda 9.9.2021, 2021.

Lohmeyer, G., Ebeling, K., Weiße Wannen – einfach und sicher, Verlag Bau+Technik GmbH, 2009.

PN, spletna stran Primorskih novic - <http://www.primorske.si/2011/11/11/koper-cisterna-ostaja-jabolko-spora>, Primorske novice, časopisno založniška družba d.o.o., Koper, datum vpogleda 9.2.2021, 2021.

PRO-INI, Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja, Javna podzemna parkirna hiša pod Muzejskim trgom v Kopru, PRO-INI d.o.o., števil. načrta 230/17, Ljubljana, marec 2018, 2018.

REGIONAL, Spletna stran portala Regional - <https://www.regionalbala.si/novica/koper-je-dobil-nov-vhod-v-mesto-cev-predora-podzemne-garaze-na-muzejskem-trgu-je-predrt>-foto-video, Regional, digitalni mediji d.o.o., datum vpogleda 4.9.2021, 2021.

35 LET DRUŠTVA ZA CESTE SEVEROVZHODNE SLOVENIJE

Društvo za ceste severovzhodne Slovenije je bilo ustanovljeno leta 1985 kot Društvo za ceste Maribor, sami temelji društvenega delovanja slovenskih cestnoprometnih strokovnjakov, na katerih je v osemdesetih letih prejšnjega stoletja temeljila ustanovitev Društva za ceste Maribor, pa segajo v sredino 60. let prejšnjega stoletja. Začetki delovanja slovenske cestnoprometne stroke pa so bili vse prej kot lahki. Po koncu druge svetovne vojne so se cestnoprometni strokovnjaki v 50. in 60. letih prejšnjega stoletja zbirali predvsem v Društvu inženirjev in tehnikov SR Slovenije. Samostojno slovensko Društvo za ceste SR Slovenije je bilo ustanovljeno šele 24. decembra 1965.

Društvo za ceste SRS je v tem obdobju aktivno sodelovalo s Cestnim skladom SRS in pozneje z Republiško skupnostjo za ceste. Njegovo delovanje je bilo usmerjeno k pripravi tehničnih predpisov, organiziranju izobraževalnih srečanj ter strokovnih ekskurzij, kar je omogočalo boljše načrtovanje, gradnjo in vzdrževanje cest. Številne od teh strokovnih dogodkov je finančno podprla tudi Svetovna banka za obnovo in razvoj (IBRD), da bi cestnoprometne strokovnjake izobraževali in informirali o najnovejših tehničnih in tehnoloških dosežkih.

V tem obdobju so slovenski cestnoprometni strokovnjaki intenzivno sodelovali tudi s kolegi iz jugoslovanskega območja in tujine: Jugoslovansko društvo za ceste (Jugoslovensko društvo za puteve) oziroma Zveza društev za ceste Jugoslavije (Savez društava za puteve Jugoslavije), v kateri so sodelovala društva za ceste VIA-VITA iz posameznih republik.

Društvo za ceste SR Slovenije je zaradi različnih pogledov članstva konec 70. let prejšnjega stoletja prenehalo delovati. Leta 1981 je bilo na novo ustanovljeno društvo cestnoprometnih strokovnjakov z nazivom Društvo za ceste Ljubljana, Društvo za ceste Maribor pa štiri leta pozneje, torej 1985.

Ožji iniciativni odbor za ustanovitev društva je 17. februarja 1983 na podlagi podane vloge v skladu s tedanjimi predpisi o ustanavljanju društev pridobil pozitivno soglasje tedanje SZDL (Socialistične zveze delovnega ljudstva). Delo pri ustanavljanju društva je nato za več kot dve leti zastalo, po pričevanjih takratnih udeležencev zaradi burnega družbenega dogajanja in kopice operativnih obveznosti posameznih članov iniciativne-

ga odbora, ki pa se je v začetku leta 1985 le ponovno sestel in točno dve leti po prejemu soglasja k ustanovitvi društva, 18. februarja 1985, podal pisno vlogo za registracijo društva, v kateri je navedel tudi imena desetih ustanovnih članov. Ustanovni člani društva so bili: Janez Bojc, Stanislav Tominc, Veljko Gačič, Jasna Kajzer Resnik, Franc Krajncič, Bojan Pavlinič, Janez Andrej Žnidarič, Zdravko Katič, Ivan Martin Lipičnik in Radmilo Perunović.

Ustanovna skupščina društva je bila sklicana in izpeljana 12. junija 1985, predsednik predsedstva ustanovne skupščine društva pa je bil Vlado Breščak. Na podlagi dostavljenega zapisnika in prilog iz ustanovne skupščine društva je bila 26. decembra 1985 pri Skupščini občine Maribor izdana odločba o vpisu društva v register društev, potrjena pa so bila tudi pripravljena Pravila društva. Številni člani društva so se po njegovi ustanovitvi poleg svojih rednih delovnih obveznosti aktivno vključili v delovanje tako na nivoju republike kot tudi federacije.

Delovanje v jugoslovanskem prostoru je bilo prekinjeno z odhodom Slovenije iz skupne zvezne države ter njeno osamosvojitvijo leta 1991. Z ustanovitvijo nove države se je članstvo društva bolj ali manj aktivno vključilo v delo v slovenskem prostoru cestnoprometnega gospodarstva, ki je dobivalo zalet s pričetkom izgradnje slovenskega avtocestnega programa.

Po osamosvojitvi Slovenije sta društvi za ceste Ljubljana in Maribor 25. aprila 1991 ustanovili Družbo za raziskave v cestni in prometni stroki (DRC) po vzoru avstrijskega združenja FSV – *Österreichische Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen*, ki je pomembno prispeval k razvoju cestne in prometne stroke. V kasnejših letih pa so enakopravni družbeniki DRC postali še Društvo za ceste Primorske, ustanovljeno leta 1995 v Ajdovščini, Društvo za ceste Dolenjske, ustanovljeno leta 1996 v Novem mestu in Združenje asfalterjev Slovenije, ki je bilo ustanovljeno kot Društvo asfalterjev Slovenije aprila 1996 v Gornji Radgoni. Družba je v prvih mesecih po osamosvojitvi države s svojo vlogo krovne zveze civilnih društev s področja cest in prometa pomenila veliko spodbudo za nadaljnje delovanje slovenske cestnoprometne stroke. Njen temeljni cilj je bil pospeševanje ra-

zvoja znanstvenih in izobraževalnih dejavnosti ter prenos tehničnih znanj na področju razvoja cest, prometa in drugih prometnih dejavnosti na eni strani ter na drugi čim hitrejši prevzem evropskih in izdelava slovenskih tehničnih predpisov na področju načrtovanja in gradnje cestne infrastrukture ter opustitev jugoslovanskih standardov in predpisov, katerim so bile pred osamosvojitvijo podrejene vse dejavnosti pri načrtovanju, gradnji, vzdrževanju in upravljanju prometne infrastrukture.

Dogodki, ki so se v prvem desetletju nove države v slovenskem cestnoprometnem gospodarstvu izredno intenzivno in plodno dogajali tako v državi kot tudi na širšem območju severovzhodne Slovenije, so pokazali, da v tem prostoru stroka zelo potrebuje strokovno združenje, ki bi povezovalo in združevalo članstvo iz Štajerske, Pomurja in Koroške. Zato se je Društvo za ceste Maribor na redni letni skupščini članstva decembra 2008 preimenovalo v **DCM Društvo za ceste Severovzhodne Slovenije**. S tem je na simboličen način združilo članstvo z območja Celja, Koroške, Maribora, Podravja, Pomurja in Posavja.

V vseh obdobjih delovanja društva so bile njegove najpomembnejše društvene aktivnosti naslednje:

- organiziranje druženja in izobraževanja članstva in druge zainteresirane javnosti,
- seznanjanje članstva s pomembnimi novostmi na področjih cest in prometa,
- priprava strokovnih mnenj posameznih članov ali društva v celoti v okvirih reševanja realnih cestnoprometnih problemov in priprava različnih strateških dokumentov na nivoju države in lokalne samouprave, kar je potekalo z aktivnim sodelovanjem članov društva v posameznih organih in skupinah,
- razvijanje sodelovanja, tekmovanja, kreativnosti in razvoja na področju izgradnje cest in urejanja prometa,
- priprava okroglih miz, simpozijev, posvetov, predavanj in aktivnosti, povezanih s problematiko cest, okolja in cestnega prometa, ter sodelovanje pri organizaciji slovenskih strokovnih kongresov, srečanj in podobnih strokovnih dogodkov,
- organiziranje strokovnih ekskurzij,
- promoviranje tehniške in prometne kulture.

V vseh teh 35 letih delovanja je društvo štelo od 120 do 150 članic in članov. Redno društveno aktivnih je bilo od 10 do 15% članstva, preostali pa so sodelovali v različnih oblikah druženja članstva, spremljali delovanje društva, prejeli potrebne informacije o delovanju društva ter se udeleževali strokovnih posvetovanj, izobraževanj, ekskurzij, zborov članov in drugih aktivnosti društva.

Najpomembnejša dejavnost društva je vsakoletno organiziranje strokovnega posveta s področij gradenj cestne ali železniške infrastrukture, urejanja prometa in trajnostne mobilnosti ne samo v regiji, temveč v celotni državi in tudi zunaj nje. Udeležba na posvetih je vedno zadovoljiva, saj vedno presega 100 udeležencev, včasih pa tudi 150.

V letu 2020, ko smo v društvu zaznamovali 35 let delovanja, smo želeli organizirati strokovni posvet z naslovom »Sloven-

sko gradbeništvo pred izzivi izgradnje velikih prometnih infrastrukturnih projektov«. Žal se je zgodila epidemija kovida in smo bili primorani posvet prestaviti v leto 2021, kar nam je tudi uspelo – poročilo bo objavljeno v eni od naslednjih števil Gradbenega vestnika.

Da pa nas obletnica ne bi neopazno obšla, smo v društvu pripravili Zbornik o delovanju društva od leta 1985 do leta 2020. V njem smo v prvem delu na pregleden način prikazali delovanje našega društva od ustanovitve do danes, v drugem pa opisali najpomembnejše projekte inženirskih gradenj s področja prometa, ki so se v severovzhodni Sloveniji izvedli v preteklih 35 letih. Verjamem, da se bo marsikateri bralec »našel« v katerem od teh projektov, bodisi kot projektant, izvajalec, nadzornik, predstavnik investitorja ali upravnega organa oz. v kakšni drugi funkciji, povezani z opisno gradnjo.

Zbornik je objavljen na spletni strani društva www.dcm-svs.si.

Predsednik društva

Boris Stergar, univ. dipl. inž. grad.



35 LET

DRUŠTVO
ZA
CESTE
SEVEROVZHODNE
SLOVENIJE

1985
2020

FOTOREPORTAŽA PREDOR KARAVANKE – GRADNJA VZHODNE PREDORSKE CEVI IN SPREMLJAJOČIH OBJEKTOV



Slika 1. Začasní portal vzhodne cevi predora Karavanke.

Lokacija: Hrušica (Jesenice)

Investitor: DARS, d. d.

Inženirji: JV DRI, upravljanje investicij, d. o. o., Projekt Nova Gorica, d. d., ZIL Inženiring, d. d.

Projektanti: JV ELEA iC, d. o. o., IRGO Consulting, d. o. o., Geoportal, d. o. o., IBE, d. d., LINEAL, d. o. o., PNZ, d. o. o., Institut IGH, d. d.

Izvajalec: Cengiz Insaat Sanayi Ticaret A.S. (Turčija)

Geološka, geotehnična in hidrološka spremljava gradnje objekta: JV IRGO Consulting, d. o. o., ELEA iC, d. o. o.,

Geoportal, d. o. o., GeoZS, ZAG, Geoinženiring, d. o. o.

Zunanja kontrola kvalitete: JV ZAG, GI ZRMK, d. o. o.

Koordinator za VZD: Lozej, d. o. o.

Osnovni podatki o novogradnji

Dolžina predora: skupaj 7948 m (od tega 7822 m podzemni del); SLO stran – 3546 m (od tega 3446 m podzemni del)

Lega nove cevi predora: na vzhodni strani, vzporedno z obstoječo cevjo na medosni razdalji 70 m v smeri jug-sever

Vzdolžni prerez predora: vzdolžni padec nove predorske cevi znaša 1,35 % v smeri iz notranjosti proti portalu predora na južni strani. Vertikalni lom nivelete predora se nahaja na A-strani ca. 500 m od meje A - SLO. Višinska kota vozišča pri vstopu v predor je na 620 m.

Obe predorski cevi bosta med seboj povezani z 28 prečnimi rovi. Na SLO strani je predvidenih 12 prečnih rorov, od katerih je 10 pohodnih oz. prevoznih (za potrebe intervencije ali vzdrževanja in kot ubežne poti v primeru izrednih dogodkov), ter 2, ki sta namenjena prezračevalnemu sistemu.

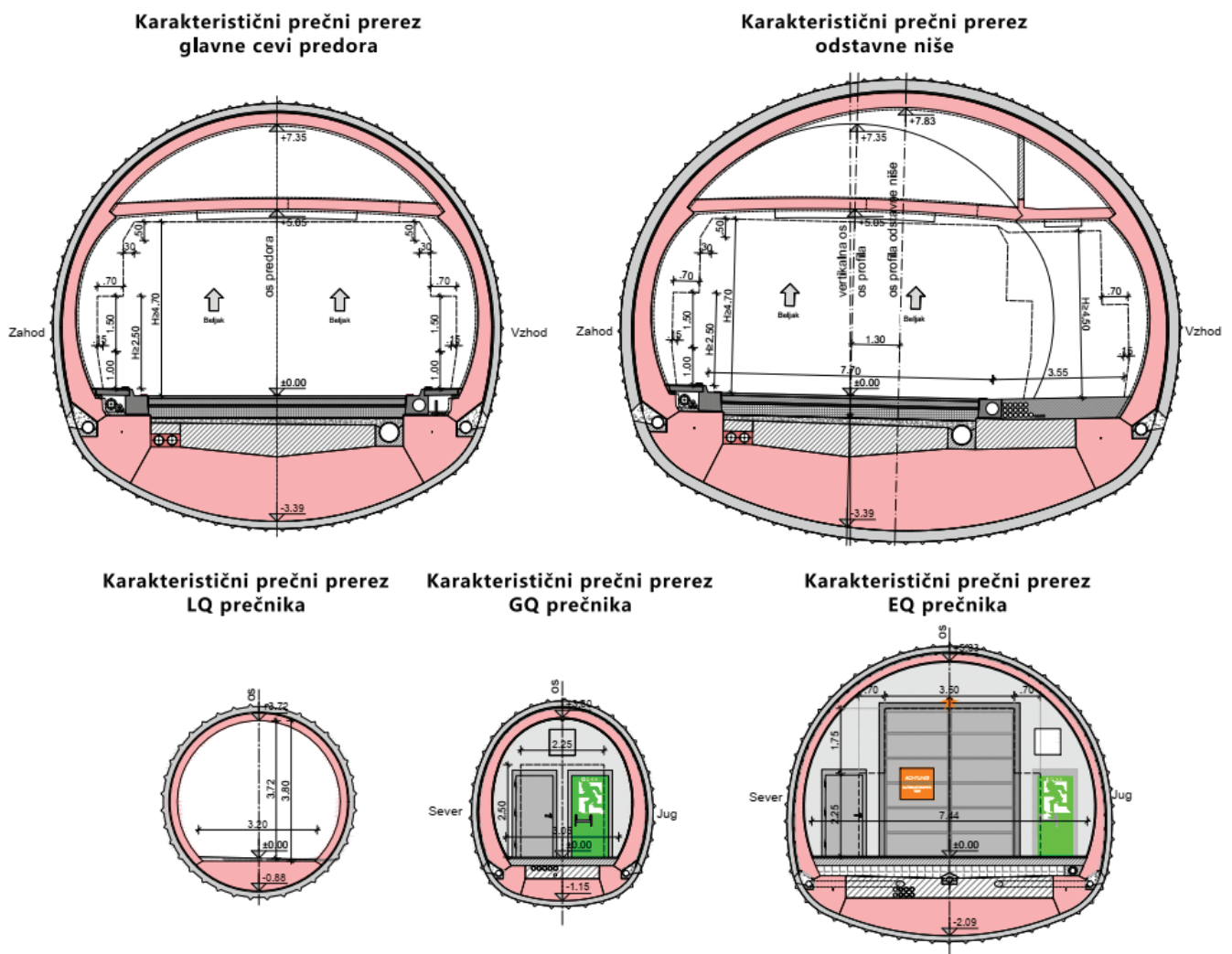
V novi predorski cevi je predvidenih še 8 odstavnih niš, dolžina posamezne odstavne niše bo 112 m. Na SLO strani so predvidene 4 odstavne niše.

Za potrebe zajema pitne vode pa je v predoru na stacionaži ca. 3000 m predvidena še izgradnja podzemne kaverne z bazenom ter vrtinami in ostalo opremo za zbiranje in odvod podzemne vode.

Za potrebe vzdrževanja in funkcioniranja predora z opremo pa bo v predoru na SLO strani izvedenih še 116 manjših niš (revizijske niše, niše za hidrant, niše za klic v sili ...).

Zunaj predora je predvidena dogradnja portalnega objekta z galerijo v skupni dolžini 100 m ter manjkajoča AC-navezava na polni profil v dolžini ca. 620 m z mostom M-1 dolžine ca. 165 m ter spremljajoče ureditve, vezane na gradnje pri projektu.

Velikost prečnega prereza predorske cevi je določena z zahtevanim svetlim profilom ter potrebno velikostjo prezračevalnega kanala. Ta je lociran v zgornjem delu predora in je z vmesno ploščo ločen od svetlega profila predora.



Slika 2. Karakteristični prečni prerezi v predoru Karavanke.

Skupna širina vozišča znaša 7,70 m (2 x 3,5 m vozni pas in 2 x 0,35 m robni pas). Vozišče v predoru je predvideno v betonski izvedbi. Vertikalna višina svetlega profila predorske cevi znaša 4,70 m. Zaradi vzdrževanja in nujnih primerov sta na vsaki strani vozišča predvidena hodnika, ki sta 0,18 m dvignjena nad površino ceste, z nagibom 2 % proti vozišču. Najmanjša širina hodnikov znaša 1,15 m, svetla višina pa 2,5 m.

Predvidena količina vseh izkopov iz predorske cevi znaša 420.000 m³ v raščnem stanju, ki bo v večini deponiran na odlagališčih, predvidenih z Uredbo o DPN za dograditev AC-predora Karavanke.

Trenutno (januar 2022) je izkopana slaba polovica predora na SLO strani. Predviden preboj predorske cevi je v septembru 2023, zaključek vseh del skupaj z vgradnjo elektrostrojne opreme pa v maju 2025 in je usklajen z avstrijsko stranjo.

Vzporedno z razvojem del na gradbišču se s pomočjo BIM-modelov spremlja napredek del na objektih, ki so trenutno v izvedbi.



Slika 3. Pogled v predor z izvedenimi temelji in talnim obokom.



Slika 4. Vrtanje vrtin za miniranje.



Slika 5. Montaža jeklenega loka (palični nosilec).



Slika 6. Izkop za talni obok iz brizganega betona.



Slika 7. Betoniranje temeljev notranje obloge predora.



Slika 8. Betoniranje talnega oboka iz litega betona v polni širini predora.



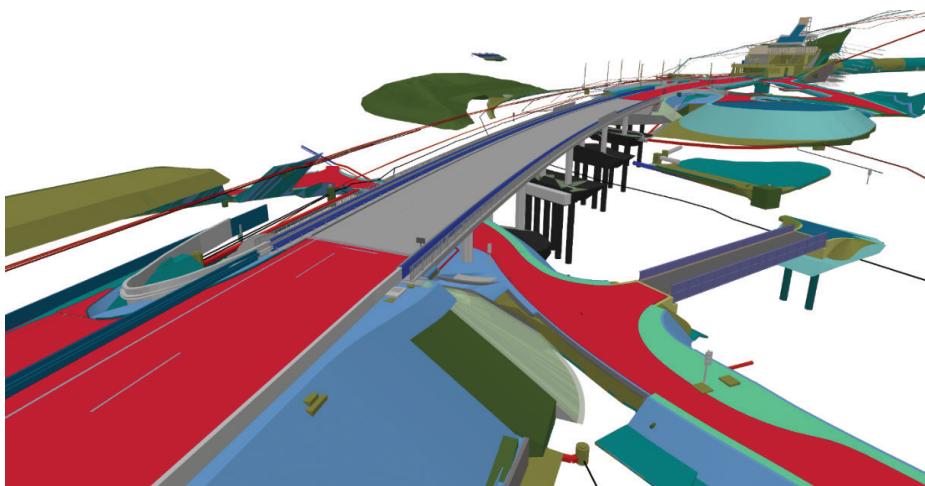
Slika 9. Betoniranje prekladne plošče mostu M-1 (1. faza).



Slika 10. Dokončana izgradnja mostu M-2 (Hrušica) s priključnimi cestami.



Slika 11. Vgradnja izkopanega materiala iz predora na lokaciji odlagališča 4 – Mojstrana.



Slika 12. BIM-model projekta.

Fotografije: arhiv DARS, d. d.

POPRAVEK

V Gradbenem vestniku december 2021 smo v rubriki Fotoreportaža z gradbišča: Stanovanjska soseska Novo Brdo, Ljubljana, na strani 303 pri navedbi podatkov o projektu naredili napako, saj nismo navedli informacije o izvajalcu funkcionalne enote E3. Pravilni podatki o projektu so naslednji:

Lokacija: Ljubljana, Pot Rdečega križa

Investitor: Stanovanjski sklad Republike Slovenije, javni sklad (SSRS)

Projektant arhitekture: DEKLEVA GREGORIČ ARHITEKTI, projektiranje, d. o. o.

Projektant gradbenih konstrukcij: CBD gradbeno in poslovno projektiranje, d. o. o.

Izvajalec:

Izvajalci funkcionalne enote E2: GORENJSKA GRADBENA DRUŽBA, d. d., s partnerjema KOLEKTOR KOLING, d. o. o., in GP KRK, d. d.

Izvajalci funkcionalne enote E3: CGP, d. d., s partnerjem SGP GRADITELJ, d. d.

Čas gradnje: 2019–2021

Vsem prizadetim se za napako iskreno opravičujemo.

Uredništvo Gradbenega vestnika

NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Aleks Mahmutović, Posebnosti BIM načrtovanja za uporabo razširjene resničnosti v procesu gradnje, mentor doc. dr. Matevž Dolenc, somentor doc. dr. Robert Klinc;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=134173>

I. STOPNJA - UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Aleksandar Nikolovski, Kapacitetna in prometno varnostna analiza izbranega obstoječega križišča v mestu Kumanovo (Severna Makedonija), mentor doc. dr. Tomaž Maher, somentor viš. pred. dr. Rok Marsetič;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=134170>

II. STOPNJA - MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO (smeri Gradbene konstrukcije, Geotehnika-hidrotehnika, Nizke gradnje)

Simon Brdar, Potresnoodporno projektiranje 22-nadstropne armiranobetonske stavbe, mentor prof. dr. Matjaž Dolšek, somentor asist. dr. Anže Babič;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=134146>

Aleksander Felc, Harmonična analiza visoke lesene stavbe, mentor prof. dr. Boštjan Brank, somentor asist. Blaž Kurent;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=134147>

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM STAVBARSTVO

Filip Gruden, Higrotermalni odziv stavbnega ovoja na pojav plesni v dvostanovanjskem objektu, mentorica doc. dr. Mateja Dovjak, somentor izr. prof. dr. Tomaž Hozjan;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=134148>

Jure Stamač, Hrup v vzgojno-varstvenih ustanovah in predlogi rešitev z vidika varovanja zdravja, mentorica doc. dr. Mateja Dovjak, somentor Mirko Čudina;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=134149>

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

Marcos Alexopoulos, Uporaba produktov reanaliz za namen hidrološkega modeliranja: izbrani primeri v Sloveniji, mentor doc. dr. Nejc Bezak, somentorica izr. prof. dr. Mojca Šraj;
<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=134156>

NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO, PROMETNO INŽENIRSTVO IN ARHITEKTURO

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Nuša Mernik, Sanacija in površinska zaščita armiranobetonske fasade objekta Hmezad, mentor prof. dr. Andrej Štrukelj;
<https://dk.um.si/>

Rubriko ureja **Eva Okorn**, gradb.zveza@siol.net

9.-10.2.2022

Strokovno srečanje GBC Slovenija - Tehnični in zakonodajni vidiki zunanjega toplotnega ovoja in OVE
Spletna konferenca
<https://gbc-slovenia.si/dogodki-in-izobrazevanja>

11.-14.3.2022

ICBMC 2022 – 7th International Conference on Building Materials and Construction
Singapur
www.icbmc.org/

27.-29.3.2022

ICOCE 2022 – 6th International Conference on Civil Engineering
Hibridna konferenca
Singapur
www.icoce.org

15.-18.4.2022

ICCEMS 2022 — 7th International Conference on Civil Engineering and Materials Science
Hibridna konferenca
Čiba, Japonska
www.iccem.org

1.-5.5.2022

ICSMGE 2022 - 20th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering
Hibridna konferenca
Sydney, Avstralija
www.icsmge2022.org

23.-25.5.2022

CIVILMEET2022 – International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering
München, Nemčija
www.albedomeetings.com/2022/civilmeet

25.5.2022

Strokovni posvet Društva za ceste severovzhodne Slovenije – Mariborski prometni infrastrukturni izzivi do leta 2030
Maribor, Slovenija
www.dcm-svs.si

16.-18.6.2022

GSCAEE2022 – 2nd Global Summit on Civil, Architectural and Environmental Engineering
Kopenhagen, Danska
www.thescientistt.com/civil-structural-environmental-engineering/2022

27.-29.6.2022

IS-Cambridge 2022 — 10th International Symposium on Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground
Cambridge,
Združeno kraljestvo Velike Britanije in Severne Irske
www.is-cambridge2020.eng.cam.ac.uk

22.-24.8.2022

GMINFRA 2022 — Global Meet on Infrastructure and Construction
Pariz, Francija
<https://primemeetings.org/2022/infrastructure-construction>

5.-7.9.2022

17th Danube - European Conference on Geotechnical Engineering
Bukarešta, Romunija
<https://sites.google.com/view/17decgero/home>

12.-15.9.2022

EUROCK 2022 — Rock and Fracture Mechanics in Rock Engineering and Mining
Helsinki, Finska
www.eurock2022.com

13.-17.9.2022

ICOSSAR 2021-2022, 13th International Conference on Structural Safety & Reliability
Šanghaj, Kitajska
www.icossar2021.org

16.-18.11.2022

DFI-PFSF Piling & Ground Improvement Conference 2022
Sydney, Avstralija
<https://events.american-tradeshows.com/pilingconference2022>

25.-28.6.2023

9th International Congress on Environmental Geotechnics
Kreta, Grčija
www.iceg2022.org

17.-21.9.2023

12 ICG - 12th International Conference on Geosynthetics
Rim, Italija
www.12icg-roma.org

Rubriko ureja **Eva Okorn**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: gradb.zveza@siol.net